

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

HELOISA EMI HOGA

**PROPRIEDADES VOLUMÉTRICAS E VISCOSIMÉTRICAS DE SOLUÇÕES
LÍQUIDAS BINÁRIAS CONTENDO METIL *TERC*-BUTIL ÉTER (MTBE) +
ALCOÓIS: ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM**

São Bernardo do Campo

2010

HELOISA EMI HOGA

**PROPRIEDADES VOLUMÉTRICAS E VISCOSIMÉTRICAS DE SOLUÇÕES
LÍQUIDAS BINÁRIAS CONTENDO METIL *TERC*-BUTIL ÉTER (MTBE) +
ALCOÓIS: ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Centro Universitário da FEI como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Belchior Tôrres

São Bernardo do Campo

2010

Hoga, Heloisa Emi

Propriedades volumétricas e viscosimétricas de soluções líquidas binárias contendo metil terc-butil éter (MTBE) + alcoóis: estudo experimental e modelagem / Heloisa Emi Hoga. São Bernardo do Campo, 2010.

172 f. : il.

Dissertação - Centro Universitário da FEI.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Belchior Tôrres

1. Propriedades Excesso. 2. Éter. 3. Alcoóis. 4. Modelo ERAS. I. Tôrres, Ricardo Belchior, orient. II. Título.

CDU 661.722

Dedico este trabalho
aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível:

A minha família, por todo o apoio de todos os dias,

Ao professor Ricardo Belchior Tôrres pela convivência diária, paciência, incentivo e ensinamentos ao longo deste trabalho,

Aos meus amigos do FEI pela motivação ao longo desses anos,

A todos os funcionários e técnicos da FEI, principalmente do Laboratório de Engenharia Química, que ajudaram e colaboraram neste trabalho.

*For every complex problem there is an answer
that is clear, simple, and wrong.*

*(Para cada problema complexo existe uma
resposta que é clara, simples e errada).*

H L Mencken (escritor americano, 1880-1956)

RESUMO

Propriedades excesso têm sido um caminho qualitativo e quantitativo para prever o desvio da idealidade de soluções líquidas binárias. Além disso, as grandezas excesso têm sido usadas para desenvolver modelos e novas teorias de soluções. Neste estudo, densidade e viscosidade de soluções líquidas binárias de metil terc-butil éter (MTBE) + metanol, ou etanol, ou 1-propanol, ou 2-propanol, ou 1-butanol, ou 1-pentanol, ou 1-hexanol têm sido determinadas como em função da composição a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica. Os dados de densidade e viscosidade foram determinados, respectivamente, usando um densímetro (Anton Paar, Modelo 4500) e um viscosímetro (Anton Paar, Modelo SVM 3000). As temperaturas estudadas foram de 293,15, 298,15, 303,15 e 308,15 K. Os resultados experimentais foram usados para calcular o volume molar excesso (V_m^E) e a viscosidade excesso ($\Delta\eta$). Os valores de V_m^E e de $\Delta\eta$ foram negativos em toda faixa de composição para todas as temperaturas e sistemas estudados. As propriedades excesso foram correlacionadas usando um polinômio do tipo Redlich-Kister e outras propriedades volumétricas foram calculadas. Além disso, os valores do volume molar excesso foram usados para testar a aplicabilidade do modelo da Solução Associada Real Estendido (Modelo ERAS).

Palavras-chave: Propriedades excesso. Éter. Alcoóis. Modelo ERAS.

ABSTRACT

Excess properties have been a qualitative and quantitative way to predict ideality deviation of liquid binary mixtures. Moreover the excess properties have been used to development molecular theories and new solution models. In this study, density and viscosity of binary mixture of Methyl tert-butyl ether (MTBE) + methanol, or ethanol, or 1-propanol, or 2-propanol, or 1-butanol, or 1-pentanol, or 1-hexanol have been determined as a function of composition at several temperatures and atmospheric pressure. The density and viscosity data were determined using a densimeter (Anton Paar, Model DMA 4500) and a viscosimeter (Anton Paar, Model SVM 3000), respectively. The temperatures studied were 293.15, 298.15, 303.15 and 308.15 K. The experimental results have been used to calculate the excess molar volume (V_m^E) and deviation excess ($\Delta\eta$). The V_m^E and $\Delta\eta$ values were negative over the complete mole fraction composition for all temperatures and systems studied. The excess properties were correlated by using a Redlich-Kister polynomial equation and others volumetric properties were calculated. Moreover, the V_m^E experimental data have been used to test the applicability of the Extended Real Associated Solution Model (ERAS-Model).

Key words: Excess Properties. Ether. Alcohols. ERAS Model.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Relevância do Tema	18
1.2	Objetivos.....	19
2	Revisão bibliográfica.....	20
2.1	MTBE (Metil <i>terc</i> -Butil Éter)	20
2.2	Alcoóis.....	21
2.2.1	Metanol.....	21
2.2.2	Etanol.....	22
2.2.3	1-Propanol	23
2.2.4	2-Propanol	23
2.2.5	1-Butanol	23
2.2.6	1-Pentanol.....	24
2.2.7	1-Hexanol	24
2.3	Estudo de Propriedades Volumétricas e Viscosimétricas.....	25
3	Formalismo Termodinâmico	37
3.1	Funções excesso	37
3.2	Existência de Relações Análogas	37
3.3	Grandezas Parciais Molares	41
3.4	Volume Molar e Parcial Molar Excesso em Soluções Diluídas.....	43
3.5	Volume Molar Aparente.....	43
4	Modelagem	46
4.1	Contribuição Física (Teoria de Flory)	47
4.2	Contribuição Química	47
4.3	Equações do Modelo ERAS	48
5	Metodologia e procedimento experimental	51
5.1	Metodologia.....	51
5.2	Reagentes.....	51
5.3	Densímetro de Oscilação Mecânica	54
5.4	Viscosímetro de rotação	55
5.5	Procedimento Experimental	57
6	Resultados e Discussões	58
7	Conclusões.....	83
	Referência Bibliográfica.....	84
	APÊNDICE	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Comparação entre as medidas experimentais de densidade e os valores encontrados na literatura a diferentes temperaturas.....	52
Tabela 2 Comparação entre as medidas experimentais de viscosidades e os valores encontrados na literatura.....	53
Tabela 3 Coeficientes A_j da equação (6.3) para o volume molar excesso a diferentes temperaturas.....	60
Tabela 4 Coeficientes A_j da equação (6.3) para a viscosidade excesso a diferentes temperaturas.....	61
Tabela 5 Volume parcial molar e volume parcial molar excesso à diluição infinita do MTBE nos Alcoóis à diferentes temperaturas e à pressão atmosférica.....	71
Tabela 6 Volume parcial molar e volume parcial molar excesso à diluição infinita dos Alcoóis no MTBE à diferentes temperaturas e à pressão atmosférica.....	72
Tabela 7 Propriedades e parâmetros dos componentes puros: Constante de associação, K ; pressão característica, P^* ; volume molar, V ; volume característico, V^* ; coeficiente de expansão térmica, α ; compressibilidade isotérmica, κ ; relação área/volume, S	74
Tabela 8 Parâmetros de interação do modelo ERAS para soluções binárias de MTBE + álcool a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica.....	82

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela A 1 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	93
Tabela A 2 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	94
Tabela A 3 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	95
Tabela A 4 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	96
Tabela A 5 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	97
Tabela A 6 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	98
Tabela A 7 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	99
Tabela A 8 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	100
Tabela A 9 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	101
Tabela A 10 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	102
Tabela A 11 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	103
Tabela A 12 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	104
Tabela A 13 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	105
Tabela A 14 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	106
Tabela A 15 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.....	107

Tabela A 16 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 2- <i>propanol</i> } a T = 308,15 K e pressão atmosférica.	108
Tabela A 17 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>butanol</i> } a T = 293,15 K e pressão atmosférica.	109
Tabela A 18 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>butanol</i> } a T = 298,15 K e pressão atmosférica.	110
Tabela A 19 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>butanol</i> } a T = 303,15 K e pressão atmosférica.	111
Tabela A 20 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>butanol</i> } a T = 308,15 K e pressão atmosférica.	112
Tabela A 21 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>pentanol</i> } a T = 293,15 K e pressão atmosférica.	113
Tabela A 22 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>pentanol</i> } a T = 298,15 K e pressão atmosférica.	114
Tabela A 23 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>pentanol</i> } a T = 303,15 K e pressão atmosférica.	115
Tabela A 24 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>pentanol</i> } a T = 308,15 K e pressão atmosférica.	116
Tabela A 25 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>hexanol</i> } a T = 293,15 K e pressão atmosférica.	117
Tabela A 26 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>hexanol</i> } a T = 298,15 K e pressão atmosférica.	118
Tabela A 27 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>hexanol</i> } a T = 303,15 K e pressão atmosférica.	119
Tabela A 28 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>hexanol</i> } a T = 308,15 K e pressão atmosférica.	120
Tabela A 29 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) <i>etanol</i> } a T = 293,15 K e pressão atmosférica.	121
Tabela A 30 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) <i>etanol</i> } a T = 298,15 K e pressão atmosférica.	121
Tabela A 31 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) <i>etanol</i> } a T = 303,15 K e pressão atmosférica.	122
Tabela A 32 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) <i>etanol</i> } a T = 308,15 K e pressão atmosférica.	122
Tabela A 33 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema { x_1 MTBE + (1 - x_1) 1- <i>propanol</i> } a T = 293,15 K e pressão atmosférica.	123

Tabela A 34 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-propanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	123
Tabela A 35 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-propanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	124
Tabela A 36 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-propanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	124
Tabela A 37 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 2\text{-propanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	125
Tabela A 38 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 2\text{-propanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	125
Tabela A 39 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 2\text{-propanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	126
Tabela A 40 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 2\text{-propanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	126
Tabela A 41 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-butanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	127
Tabela A 42 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-butanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	127
Tabela A 43 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-butanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	128
Tabela A 44 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-butanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	128
Tabela A 45 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-pentanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	129
Tabela A 46 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-pentanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	129
Tabela A 47 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-pentanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	130
Tabela A 48 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-pentanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	130
Tabela A 49 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-hexanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	131
Tabela A 50 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-hexanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	131
Tabela A 51 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-hexanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	132
Tabela A 52 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) 1\text{-hexanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.	132
Tabela A 53 - Massa molar e densidade dos componentes puros para diferentes temperaturas	138
Tabela A 54 - Valores da densidade das soluções para os diferentes sistemas a diferentes composições e temperaturas.	139
Tabela A 55 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + metanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	140
Tabela A 56 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + etanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	141

Tabela A 57 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	142
Tabela A 58 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 2-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	143
Tabela A 59 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-butanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	144
Tabela A 60 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-pentanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	145
Tabela A 61 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-hexanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	146
Tabela A 62 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + metanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	147
Tabela A 63 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + etanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	148
Tabela A 64 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	149
Tabela A 65 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 2-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	150
Tabela A 66 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-butanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	151
Tabela A 67 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-pentanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	152
Tabela A 68 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-hexanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	153
Tabela A 69 - Valores calculados da incerteza do volume molar excesso para as diferentes composições e temperaturas.	154
Tabela A 70 - Viscosidade dos componentes puros para diferentes temperaturas.	155
Tabela A 71 - Valores da viscosidade das soluções para os diferentes sistemas a diferentes composições e temperaturas.	156
Tabela A 72 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + etanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	157
Tabela A 73 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	158

Tabela A 74 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 2-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.	159
Tabela A 75 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE(1) + 1-butanol(2) para diferentes composições e temperaturas	160
Tabela A 76 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-pentanol (2) para diferentes composições e temperaturas	161
Tabela A 77 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE(1) + 1-hexanol(2) para diferentes composições e temperaturas	162
Tabela A 78 - Valores calculados da incerteza da viscosidade excesso para as diferentes composições e temperaturas	163

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tubo oscilador em U do densímetro da Anton Paar (DMA 4500) (Manual de Instruções DMA 4500).	54
Figura 2 - Viscosímetro de rotação da Anton Paar (SVM 3000).	56
Figura 3 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	62
Figura 4 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	62
Figura 5 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	63
Figura 6 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	63
Figura 7 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	64
Figura 8 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	64
Figura 9 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	65
Figura 10 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	66
Figura 11 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	66
Figura 12 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	67
Figura 13 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	67
Figura 14 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	68
Figura 15 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, Δ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).	68
Figura 16 - Valores de v_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— —) Contribuição Química.	75

- Figura 17 - Valores de v_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— —) Contribuição Química. 76
- Figura 18 - Valores de v_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— —) Contribuição Química. 77
- Figura 19 - Valores de v_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— —) Contribuição Química. 78
- Figura 20 - Valores de v_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— —) Contribuição Química. 79
- Figura 21 - Valores de v_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— —) Contribuição Química. 80
- Figura 22 - Valores de v_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— —) Contribuição Química. 81

1 INTRODUÇÃO

1.1 Relevância do Tema

Dados experimentais de densidade e viscosidade são necessários em muitos cálculos na Engenharia Química envolvendo fluxo de fluido e transferência de massa e calor. Além disso, o conhecimento da dependência de propriedades volumétricas e viscosimétricas em função da composição de sistemas complexos, tais como substâncias associantes e suas misturas, é de fundamental importância em projetos e operações de processos químicos, nas indústrias químicas e petroquímicas, incluindo extração supercrítica, surfatantes e desenvolvimentos de processos de separação (MCGLASHAN, 1985; SCHNEIDER, 1991). O conhecimento dos comportamento experimental dessas grandezas é de grande interesse para a compreensão de interações intermoleculares presentes no sistema.

Muitos dos estudos termodinâmicos têm se concentrado em obter dados de equilíbrio de fases, incluindo o comportamento de fases a altas pressões e propriedades críticas de sistemas de interesse industrial. Entretanto, descrições de propriedades termodinâmicas excesso dessas misturas, tais como o volume excesso (V^E) e viscosidade excesso, ($\Delta\eta$), são menos comuns.

As funções excesso constituem um caminho qualitativo e quantitativo para expressar a extensão para a qual uma solução real desvia da idealidade. Essas funções são usadas extensivamente em uma grande variedade de campos da ciência, incluindo química e engenharia química.

Em especial o volume excesso é uma grandeza de grande interesse para estudos, pois a complexidade associada ao seu comportamento juntamente com a facilidade de obtê-lo experimentalmente e com grande precisão, fazem com que esta grandeza seja de grande importância no desenvolvimento e teste de modelos e teorias de soluções.

Das propriedades de transporte de maior interesse, o conhecimento do comportamento da viscosidade e, conseqüentemente das propriedades derivadas dela, é de grande importância devido ao fato da viscosidade ser uma propriedade muito utilizada em projetos de processos industriais.

1.2 Objetivos

Este estudo tem como objetivo a determinação experimental da densidade e viscosidade de soluções líquidas binárias de (MTBE + metanol, ou + etanol, ou + 1-propanol, ou + 2-propanol, ou + 1-butanol, ou + 1-pentanol, ou + 1-hexanol) em toda faixa de composição a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica. Os dados de densidade serão determinados usando um densímetro de oscilação mecânica (Modelo DMA 4500) e as viscosidades serão medidas através de um viscosímetro (Modelo Stabinger SVM 3000/G2), ambos fabricados pela Anton Paar. As temperaturas estudadas serão as seguintes: 293,15 K, 298,15 K, 303,15 K e 308,15 K. Os dados experimentais das densidades e das viscosidades dos componentes puros e das soluções serão usados para calcular o volume molar excesso (V_m^E) e a viscosidade excesso ($\Delta\eta$) dos sistemas estudados. Com os dados experimentais do V_m^E outras propriedades volumétricas serão calculadas, dentre elas, os volumes parciais molares, os volumes parciais molares excesso e os respectivos volumes parciais molares à diluição infinita, e os volumes molares aparentes de cada componente. Os dados experimentais do V_m^E serão ainda usados para testar a aplicabilidade do Modelo de Solução Real Associado Estendido (Modelo ERAS). Não foi encontrado, ao menos para o conhecimento deste trabalho, nenhum estudo sistemático semelhante para os sistemas aqui propostos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Compostos oxigenados (éter e álcool) têm sido importantes aditivos de gasolina desde a década passada. No início, esses compostos eram utilizados como componentes para aumentar a octanagem da gasolina e depois eles também têm desempenhado um importante papel na combustão da gasolina assim como na redução das emissões provenientes do processo.

Na presente revisão bibliográfica buscou-se apresentar em um primeiro momento a importância dos componentes envolvidos no presente estudo. Depois foram apresentados trabalhos na literatura contendo estudos experimentais de grandezas excessivas contendo éteres e alcoóis assim como estudo contendo a aplicabilidade do Modelo ERAS de sistemas similares ao estudado neste trabalho.

2.1 MTBE (Metil *terc*-Butil Éter)¹

Mais de 95% de MTBE produzido é usado em reservatórios de gasolina. A importância do MTBE é baseada principalmente na sua excepcional propriedade de elevar a octanagem quando adicionada na gasolina. As propriedades antidetonantes são especialmente importantes devido principalmente ao baixo custo e por diminuir problemas ambientais, o que faz do MTBE uma alternativa na substituição dos compostos alquilados.

Além do aumento do número de octano, a adição do MTBE no combustível tem outros efeitos positivos. Não é necessária nenhuma modificação nos veículos. A pressão de vapor da gasolina é diminuída, o que faz a emissão de vapor durante o abastecimento de combustível no automóvel ser reduzida. A adição de MTBE na gasolina ainda reduz as emissões do escapamento, particularmente o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos não-queimados, aromáticos policíclicos e outros compostos particulados contendo carbono. Embora MTBE tenha calor de combustão menor do que a gasolina, a adição de mais de 20% em volume não causa nenhum prejuízo ao motor e não aumenta o consumo do combustível.

MTBE é também usado em indústria petroquímica para produção de isobuteno, metacroleína, ácido metacrílico e de isopreno. Ele também é usado em reações químicas, tal como as reações de Grignard. Devido a sua tendência insignificante em formar peróxidos, alta

¹ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A16, 1990, pág. 543-550

temperatura de ignição e limite de explosão pequeno, o MTBE é um bom solvente para uso analítico. Ele é também usado como um dissolvente para extração, sendo um exemplo o seu uso como solvente de remoção de cera de óleo de hidrocarbonetos.

2.2 Alcoóis

Industrialmente, os alcoóis mais importantes são: o metanol, o etanol, o 1-propanol, o 1-butanol, o 2-metil-1-propanol (álcool isobutílico), os alcoóis plastificantes (C6-C11) e os alcoóis oleosos (C12-C18).

Alcoóis são também usados como solventes e diluentes para pinturas (principalmente os alcoóis C6-C11), como intermediários na produção de ésteres e toda a faixa de compostos orgânicos, como agentes de flotação e como lubrificantes. O uso de alcoóis tem aumentado excessivamente com a utilização de metanol, etanol e álcool tert-butílico como combustíveis ou aditivos de combustíveis.

2.2.1 Metanol²

Aproximadamente 70% do metanol produzido mundialmente é usado nas sínteses químicas dos seguintes compostos (por ordem de importância): formaldeídos, MTBE, ácido acético, metilmetacrilato e dimetil tereftalato. Pequenas proporções são utilizadas para a produção de energia, apesar do grande potencial que o metanol tem para essa finalidade. Como fonte de energia, o metanol pode ser utilizado como: combustível para motor de ciclo Otto, e como alternativa no setor de combustível.

O metanol, por ter o ponto de congelamento baixo e ser completamente miscível em água, permite o seu uso em sistemas de refrigeração, tanto na forma pura como em misturas com água e glicóis. É também usado como anticongelantes em circuitos frios e quentes e, comparado aos compostos anticongelantes (etileno glicol, propileno glicol, e glicerol), apresenta vantagem pelo fato de ter uma baixa viscosidade a baixas temperaturas.

Grandes quantidades de metanol são usadas para proteger os gasodutos contra a formação de hidratos gasosos a baixas temperaturas. O metanol é adicionado ao gás natural na estação de bombeamento, transportado na forma líquida no oleoduto, e recuperado no final do

² Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A16, 1990, pág. 465-486

oleoduto. O metanol pode ser reciclado depois da remoção da água absorvida pelo gás natural por destilação.

Metanol é também usado como agente absorvedor em depurador de gás. A remoção de dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio com metanol a baixas temperaturas tem a vantagem de que os traços de metanol contidos no gás purificado geralmente não interferir nos processos subsequentes.

O uso de metanol puro como solvente é limitado, porém é freqüente a sua adição em misturas de solventes.

2.2.2 Etanol³

Etanol é um composto orgânico com várias aplicações, principalmente, na indústria de bebida alcoólica, como solvente, como matéria-prima nas sínteses orgânicas e como combustível.

Na maioria dos países, o etanol produzido pelo processo de fermentação tem sido usado para bebidas e processo químicos específicos. Países, como o Brasil e a Índia, usam a fermentação do etanol para propósito industrial.

O etanol é o mais importante solvente depois da água. Suas principais aplicações comerciais são na produção de cosméticos, detergentes, desinfetantes, produtos farmacêuticos, e no processamento de alimentos. Tanto o etanol obtido por síntese como o etanol obtido a partir de processos fermentativos podem ser utilizados para essas finalidades. Entretanto, o etanol obtido por processos fermentativos é preferível (particularmente na Europa) para aplicações que envolvem consumo humano como nos cosméticos, e produtos farmacêuticos.

Etanol também é usado para produzir vários produtos químicos, dentre alguns pode-se citar: acetaldeído, butadieno, dietil-éter, etil-acetato, etilaminas, etileno, glicóis-éteres e outros produtos formados pela reação com oxido de etileno ou epóxidos.

O Brasil é o maior produtor mundial de álcool obtido a partir da cana-de-açúcar. A maioria do etanol é usado como combustível e somente uma pequena fração é empregada como matéria-prima para a produção de solventes.

³ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A9, 1987, pág. 587-653

2.2.3 1-Propanol⁴

Como solvente, o 1-propanol é usado principalmente na produção de tintas de impressão, pintura, cosméticos, pesticidas e inseticidas. O 1-propanol também é usado para produzir glicóis-éteres.

2.2.4 2-Propanol⁵

O 2-propanol é usado como solvente na produção de tintas e surfactantes. Outras aplicações incluem o seu papel como álcool antisséptico, como solvente, na produção de material de base de cosméticos e inseticidas, para sínteses orgânicas e para lavagem de metal usados em circuitos de solda elétrica.

O uso como solvente eletrônico está crescendo, mas o mercado é ainda pequeno. O 2-propanol é também usado como um solvente na produção de tintas de impressão de alto desempenho. Na indústria farmacêutica, o 2-propanol é muito utilizada no processamento de solventes durante a produção de medicamentos.

O 2-propanol também é muito usado como intermediário químicos, principalmente na aminação redutiva para produzir monoisopropil-amina (para produção de herbicida e pesticida) e como fonte para produção de isopropil-acetato.

2.2.5 1-Butanol⁶

1-Butanol é usado diretamente como solvente para produção de vernizes. Ele é também utilizado no controle da viscosidade e no melhoramento de propriedades de fluido de vernizes, tintas, colas e resinas. Nos EUA, Alemanha e Bélgica, o 1-butanol é usada para produção de butilaminas. O 1-butanol possui também numerosas aplicações nos setores de plásticos e têxtil. É usado também como banho de coagulação para fiação de fibras acrílicas e no tingimento das fibras de poli(álcool vinil).

⁴ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A22, 1993, pág. 173-183

⁵ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A22, 1993, pág. 173-183

⁶ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A4, 1985, pág. 463-474

2.2.6 1-Pentanol⁷

O 1-pentanol é usado como solvente, agente extrator e material de partida para aditivos lubrificantes (zinco dipentil ditiofosfatos). É usado também como solvente na reação de diaminas e para a produção de oleofinas sulfurizadas, poliacrilatos e derivados do ácido piridina-2,3-dicarboxílico. O 1-pentanol é usado ainda como agente extrator na purificação de ácido fosfórico e na separação de cloreto de estrôncio pela solução aquosa de cloretos.

Outra aplicação industrialmente importante do 1-pentanol encontra-se na síntese de material de partida para produção de cristais líquidos, corantes, temperos, e catalisadores especiais.

1-pentanol é ainda usado como material de partida para varias sínteses na indústria farmacêutica. Exemplos incluem a produção de derivados de isoindolinona, 2-alkylbenzimidazoles e derivados de piridina-pirazina. O 1-pentanol é empregado na produção de muitos ésteres que são aplicados em diferentes campos da indústria.

2.2.7 1-Hexanol⁸

O 1-hexanol é usado como solvente, como material básico para indústria de perfumes, e para a produção de plastificantes. Esse álcool tem propriedades muito boas como solvente para gorduras e óleos.

⁷ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A19, 1991, pág. 49-60

⁸ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. A1, 1985, pág. 279-303

2.3 Estudo de Propriedades Volumétricas e Viscosimétricas

Heintz (1985) determinou a energia de Gibbs excesso, entalpia excesso e volume excesso das misturas de alcanóis + alcanos (etanol, propanol, hexanol, octanol, decanol e dodecanol + hexano e nonano) na faixa de temperatura entre $T = 298,15$ e $T = 333,15$ K. Neste trabalho, o autor combinou o modelo de associação de Kretschmer-Wiebe com a equação de estado desenvolvida por Flory. Tal combinação deu origem ao chamado Modelo de Solução Associada Real Estendido, ou simplesmente modelo ERAS (Extended Real Associated Solution). O modelo foi capaz de descrever simultaneamente os valores de G^E , H^E e V^E . Os resultados obtidos pelo autor apresentaram boa concordância com os dados experimentais de G^E e H^E das misturas de (alcanol+alcano). O modelo foi capaz de descrever também os dados experimentais de V^E de diferentes misturas de (alcanol + alcano), os quais apresentaram valores negativos, positivos e um comportamento sigmoidal em função da composição.

Funke et al. (1989) determinaram a energia de Gibbs excesso, entalpia excesso e volume excesso de sistemas binários de (amina + álcool) e (amina + alcano). Os alcoóis, aminas e alcanos estudados foram respectivamente, metanol, etanol, 1-propanol, 1-butanol, butilamina, dietilamina, trietilamina, heptano e hexano. Os autores utilizaram o modelo ERAS para a correlação das grandezas termodinâmicas dos sistemas estudados. O modelo ERAS foi capaz de descrever todas as funções excesso, desde os valores positivos em sistemas (amina + alcano) até os valores fortemente negativos encontrados nos sistemas (álcool + amina).

Farkova et al. (1995) determinaram os dados de equilíbrio líquido-vapor (ELV), dos sistemas binários contendo metanol + butil-metil-éter, ou + tert-butil-metil-éter, ou + etil-propil-éter, ou + diisopropil-éter, ou + butil-etil-éter. Os dados foram correlacionados usando as equações de Redlich-Kister, Wilson e NRTL.

Toghiani et al. (1996) determinaram dados experimentais de ELV dos sistemas binários MTBE (metil *terc*-butil éter) + metanol e TAME (*terc*-amil metil éter) + metanol. Para o sistema (MTBE + metanol), as pressões e temperaturas estudadas foram, respectivamente, 53,33 e 101,33 kPa e 313,15 K e 333,15 K. Os resultados a 101,33 kPa apresentaram uma excelente concordância com os dados disponíveis na literatura. Para o sistema (TAME + metanol), as temperaturas estudadas foram 333,15 e 343,15 K. Em todos os sistemas estudados as pressões de vapor determinadas foram correlacionadas usando a

equação de Antoine e os resultados de ELV foram analisados usando 3 modelos para a predição do coeficiente de atividade.

Kammerer e Lichtenthaler (1996) determinaram a entalpia molar excesso de misturas binárias [tert-amil-metil éter (TAME) + n-heptano, ou + n-octano, ou + iso-octano, ou + metanol] a temperatura de 298,15 e 313,15 K e à pressão atmosférica. Os resultados experimentais foram usados para testar a aplicabilidade do modelo ERAS. Os valores de entalpia excesso foram positivos em toda a faixa de fração molar para todas as misturas binárias estudadas. O modelo ERAS possibilitou uma interpretação teórica das entalpias molares excesso e o desempenho do modelo apresentou boa concordância com os dados experimentais.

Coto et al. (1997) determinaram experimentalmente dados de ELV de soluções binárias dos sistemas (MTBE + metanol) e (TAME + metanol), a temperaturas entre $T = 288,15$ K e $T = 338,15$ K. Os dados de ELV foram correlacionados usando o modelo UNIQUAC e a equação de estado de Peng-Robinson em combinação com a regra de mistura de Wong-Sandler. Os sistemas apresentaram desvios positivos da lei de Raoult com formação de azeótropo. As predições de composições e pressões de vapor foram feitas usando diferentes versões do modelo de contribuição de grupo UNIFAC e do modelo modificado de Huron-Vidal de segunda ordem (MHV2). Para descrever os dados de entalpia excesso e de ELV, foram usados os modelos ERAS e LFAS (Lattice-Fluid Associated Solution) para estudar os efeitos de interação da ligação de hidrogênio nestas misturas. Entretanto, os valores de parâmetros que melhor descreveram os dados de H^E não conseguiram descrever com bons resultados os dados experimentais de ELV. Os resultados a partir desses cálculos foram comparados com os resultados obtidos pelo modelo LF de Sanchez-Lacombe.

Domanska (1997) determinou, através das medidas de densidade, o volume molar excesso de 12 misturas de (hidrocarbonetos + éteres de cadeias ramificadas) {(heptano, 2,2,4-trimetilpentano, 1-hepteno ou tolueno) + (metil-1,1-dimetiletil-éter, ou + etil-1,1-dimetiletil-éter, ou + metil-1,1-dimetilpropil-éter)}, a temperatura de $T = 289,15$ K e $T = 308,15$ K e à pressão atmosférica. Os valores de volumes excesso de todas as misturas, exceto os sistemas (tolueno + éter), apresentaram valores positivos em toda a faixa de composição. Os resultados experimentais foram correlacionados com a teoria de Prigogine-Flory-Patterson (PFP). O modelo PFP foi capaz de descrever o volume molar excesso para essas misturas.

Hofman e Casanova (1997) testaram a aplicabilidade do modelo ERAS para descrever as propriedades termodinâmicas excesso das misturas de (n-alcoóis + monoéteres não-ramificadas). A versão original do modelo foi testada e uma nova proposta foi apresentada pelos autores. A nova versão do modelo proposta pelos autores obteve resultados aceitáveis para prever os dados de H^E , V^E e ELV. Os autores concluíram que a versão modificada do modelo teve resultados comparáveis com os valores preditos pelo modelo UNIFAC modificado com 6 parâmetros. Os resultados obtidos com a versão original do Modelo ERAS mostrou ser inadequado para os sistemas estudados.

Khalfaoui et al. (1997) determinaram dados experimentais de densidades e índices de refração de misturas binárias e ternárias de água + alcoóis (metanol e 1-butanol) a 293,15 K. Foram também determinados dados de ELV dos sistemas binários de (metanol + água) e (2-propanol + água) à pressão atmosférica. Em ambos os sistemas foram calculadas a energia livre de Gibbs excesso. Os dados experimentais de ELV foram comparados com os resultados preditos pelas equações de Wilson, NRTL e UNIQUAC. Os autores concluíram que o desempenho do modelo foi muito satisfatório em concordância com o dados experimentais.

Lozano et al. (1997) determinaram os dados experimentais de ELV de sistemas binárias de (MTBE + 1-hexeno), (n-hexano + 1-hexeno) e (benzeno + n-heptano) a temperatura de $T = 313,15$ K e $T = 298,15$ K. Os dados de G^E foram correlacionados usando a equação de Margules. Os sistemas (MTBE + 1-hexeno) e (1-hexeno + n-hexano) apresentaram comportamento próximo ao comportamento de uma mistura ideal.

Mohren e Heintz (1997) estudaram dados de H^E e de V^E de misturas de sete poliéteres e poliaminas + 1-propanol. Os resultados experimentais foram correlacionados usando uma nova versão do modelo ERAS. Nessa nova proposta, foi considerada a associação cruzada múltipla das moléculas de alanol auto-associadas com diferentes centros de molécula de poliéter ou poliamina representada por átomos de oxigênio ou grupos NH_2/NH dessas moléculas. O modelo ERAS de associação cruzada múltipla calculou também a possível auto-associação dos poliéteres e poliaminas. O modelo foi capaz de descrever as propriedades excesso pelo ajuste simultâneo dos parâmetros para os dados experimentais de H^E e V^E . Os valores de H^E apresentaram valores positivos para as misturas (poliéteres + 1-propanol) e negativos para as misturas (poliaminas + 1-propanol). Os valores do V^E foram negativos para os sistemas estudados. Em alguns casos, a descrição quantitativa do modelo MCA-ERAS para H^E e V^E falhou para descrever a assimetria das curvas dos dados experimentais.

Aucouturier et al. (1999) determinaram os dados experimentais de densidade das soluções aquosas de polietileno glicóis (PEGs) de várias massas molares (300, 400 e 600 g/mol) em toda faixa de composição a temperatura de 298,15K. Para o sistema contendo o PEG300 foi determinada a capacidade calorífica a temperatura de 298,15K, em soluções diluídas. Também foram medidas as densidades e as capacidades caloríficas de PEG300 + água a temperatura de 278 a 328K. Foram calculados os volumes molares excesso e as capacidades caloríficas molares excesso. Os autores verificaram que os volumes excesso foram negativos, e tornaram-se mais negativo com o aumento da massa molar de PEG e com a diminuição da temperatura. Concluíram ainda que os volumes molares excesso tornaram-se mais negativo com o aumento do comprimento da cadeia. A capacidade calorífica excesso apresentou valores positivos, e tornaram-se mais positivo com o aumento da temperatura.

Bich et al. (1999) determinaram a entalpia molar excesso de misturas líquidas de (1-propanol + MTBE + iso-octano) usando calorimetria de fluxo, incluindo os três sistemas binários. O modelo ERAS foi usado para descrever os resultados experimentais. Os valores da entalpia excesso foram positivos em toda a faixa de composição. Os resultados foram explicados, pelos autores, devido ao efeito térmico das quebras das fortes ligações de hidrogênio dos alcoóis predominar sobre o efeito térmico resultante da interação entre os componentes presentes nas misturas. Os resultados preditos pelo modelo ERAS na mistura ternária apresentaram resultados satisfatórios.

Canosa et al. (1999) determinaram a densidade, o índice de refração e a velocidade do som das misturas binárias de (dietil-éter + metanol, ou + etanol, ou + n-hexano ou + n-heptano) a temperaturas de $T = 288,15$ K e $T = 298,15$ K, à pressão atmosférica e em toda a faixa de composição. Foram calculados os volumes molares excesso, índice de refração excesso e compressibilidades isentrópicas excesso das soluções. Também foram calculados os volumes parciais molares excesso e os seus correspondentes à diluição infinita. Os volumes molares excesso foram positivos, e diminuiu com o comprimento da cadeia do carbônica. O índice de refração excesso foram positivos em toda a faixa de composição para todas as misturas. As compressibilidades isentrópicas excesso foi negativa nos sistemas binários (dietil-éter + n-heptano e dietil-éter + etanol), e positiva para o sistema (dietil-éter + n-hexano). Para o sistema (dietil-éter + metanol), a curva experimental apresentou um comportamento sigmóidal. As compressibilidades isentrópicas excesso apresentaram comportamento semelhante ao encontrado para os volumes molares excesso.

Domanska et al. (1999) determinaram o equilíbrio sólido-líquido (ESL) de 8 misturas de *n*-alcanos (octadecano, eicosano, docosano, tetracosano, pentacosano, hexacosano, heptacosano, octacosano) com MTBE a temperaturas acima de 280 K. Os resultados experimentais de solubilidade foram comparados com os valores calculados pelas equações de Wilson, UNIQUAC e NRTL utilizando os parâmetros obtidos a partir do ESL. A melhor correlação dos dados de solubilidade foi obtida pela equação de NRTL. Neste estudo também foi determinado o equilíbrio líquido-líquido (ELL) das misturas binárias de (água + etil-1,1-dimetiletil-éter, ou + metil-1,1-dimetilpropil-éter, ou + etil-1,1-dimetilpropil-éter), a temperaturas entre $T = 300$ K e $T = 360$ K e o volume molar das misturas binárias de (etil-1,1-dimetilpropil-éter + hexano, ou + octano, ou + decano, ou + dodecano, ou + tetradecano, ou + hexadecano, ou + ciclohexano e ou +1-heptino) a $T = 298,15$ K e $T = 308,15$ K. Os autores concluíram que os volumes molares excesso de todas as misturas, exceto com 1-heptino, apresentaram valores positivos em toda a faixa de composição. Os resultados experimentais foram correlacionadas com o polinômio de Redlich-Kister e comparados com os resultados preditos pela teoria de PFP.

Kammerer et al. (1999) determinaram os dados experimentais de ELV de misturas binárias de etanol + ETBE (etil *terc*-butil éter) a temperaturas de $T = 313,15$, $333,15$, $353,15$ e $373,15$ K. Os dados experimentais obtidos na literatura dos sistemas (metanol + MTBE) e (metanol + TAME) foram usados para testar a aplicabilidade dos modelos UNIQUAC e ERAS. Os desvios da lei de Raoult apresentados pelos sistemas estudados foram positivos, com formação de azeótropo. O modelo UNIQUAC foi possível descrever quantitativamente os dados experimentais do ELV. Mesmo a altas temperaturas, as previsões foram razoavelmente boas. Já o modelo ERAS, usado para descrever os dados do ELV para os sistemas (etanol + ETBE) e (metanol + MTBE), não apresentou resultados satisfatórios quando comparado com o modelo UNIQUAC.

Pal e Kumar (1999) determinaram os volumes molares excesso de misturas binárias líquidas de (*n*-alkanol + 2,5-dioxahexano, ou + 2,5,8-trioxanonano, ou + 2,5,8,11-tetraoxadodecano, ou + 3,6,9-trioxaundecano, ou + 5,8,11-trioxapentadecano) a temperatura de $298,15$ K e à pressão atmosférica. Os resultados foram usados para calcular os volumes molares parciais excesso dos componentes. Os valores do V^E estudados foram negativos, exceto para os sistemas (1-pentanol + 2,5,8-trioxanonano e ou + 2,5,8,11-tetraoxadodecano),

em toda a faixa de composição. O valor de V^E aumentou com o aumento do comprimento da cadeia do n-alcanol.

Rezanova et al. (1999) obtiveram resultados experimentais de volume molar excesso e entalpia molar excesso de misturas binárias contendo metanol, etanol, 2-propanol, 1-butanol, e 2-butanol com DIPE (diisopropil éter) e/ou DBE (dibutil éter) a $T = 298,15$ K. Os dados experimentais dos sistemas estudados, assim como outros sistemas (alcoóis + ether), foram usados para testar a aplicabilidade do modelo ERAS.

Gonzalez et al. (2000) determinaram dados experimentais de misturas binárias de MTBE, TAME e ETBE com n-alcanos, ciclohexano, benzeno, 1-alcanol ou 2-alcanol. Os dados experimentais do ELV, entalpias molares excesso, coeficientes de atividade, ESL foram correlacionados usando o modelo DISQUAC. O modelo apresentou bons resultados para descrever os dados experimentais, exceto para descrever os dados de ELV de misturas contendo n-alcanos, o qual apresentou melhores resultados usando o modelo UNIFAC.

Kammerer et al. (2000) estudaram o volume molar excesso para a mistura binária e entalpia molar excesso para mistura ternária de metanol, TAME, n-heptano e 2,2,4-trimetilpentano (iso-octano). Esses autores estudaram o ELV tanto dos sistemas binários quanto ternários. Os dados experimentais foram usados para testar a aplicabilidade dos modelos ERAS e UNQUAC para descrever as diversas propriedades excesso. O modelo ERAS foi capaz de obter um bom ajuste dos dados experimentais para o V^E e H^E dos sistemas binários. Para a predição da H^E dos sistemas ternários, o modelo conseguiu resultados satisfatório usando apenas os parâmetros binários. No entanto, o modelo ERAS falhou para descrever os dados experimentais de ELV. Já o modelo UNQUAC foi capaz de descrever satisfatoriamente os dados experimentais de ELV de todos os sistemas binários estudados, assim como os sistemas ternários usando somente os parâmetros do modelo para os sistemas binários.

Nikam et al. (2000) apresentaram resultados experimentais de densidade e de viscosidade, a temperaturas de $T = 303,15$, $308,15$ e $313,15$ K, de misturas binárias contendo (benzonitrila + metanol, ou + etanol, ou + 1-propanol, ou + 1-butanol, ou + 1-pentanol e ou + 2-metil-2-propanol) em toda faixa de composição. Esses autores calcularam os volumes molares excesso e a viscosidade excesso. Os valores de V^E foram negativos para misturas de benzonitrila com todos os alcanóis, exceto para o 2-metil-2-propanol. Os valores negativos do

V^E foram atribuídos à interação entre as diferentes moléculas através da ligação de hidrogênio. O aumento de V^E com o aumento do comprimento da cadeia de alcoóis foi atribuído as interações dipolo-dipolo fracas para alcoóis de cadeia carbônica longas devido a diminuição da polaridade com o aumento do comprimento da cadeia. Altos valores de V^E para (benzonitrila + 2-metil-2-propanol) foram atribuídos a efeitos estéricos. Para os sistemas (benzonitrila + metanol ou + 2-metil-2-propanol), os valores negativos de V^E aumentaram com o aumento da temperatura, enquanto que para os sistemas (benzonitrila + 1-propanol, ou + 1-butanol ou + 1-pentanol), os valores de V^E negativos diminuíram com o aumento da temperatura. Os valores da viscosidade excesso foram todos negativos, e tornaram mais negativo com o aumento do comprimento da cadeia e da ramificação dos alcoóis.

Rezanova et al. (2000) determinaram o volume molar excesso e entalpia molar excesso dos sistemas {TAME + etanol, ou + 1-propanol, ou + 2-propanol, ou + 1-butanol, ou + 2-butanol, ou +1-octanol} à temperatura de 298,15K. Os resultados foram usados para testar a aplicabilidade do modelo ERAS para descrever as propriedades excesso. Os volumes excesso estudados para os sistemas foram negativos em toda a faixa de composição, enquanto que entalpias excesso foram positivas. O modelo ERAS foi capaz de descrever quantitativamente os resultados experimentais das grandezas excesso estudadas.

Rezanova e Lichtenthaler (2000) determinaram o volume molar excesso e entalpia molar excesso, a temperatura de $T = 298,15$ K, de 12 misturas binárias de alanol (etanol, 1-butanol, ou iso-butanol) ou alcanos {n-heptano, iso-octano (2,2,4-trimetilpentano) ou n-octano} com butil-vinil-éter ou iso-butil-vinil-éter. A aplicabilidade do modelo ERAS foi testada para esses sistemas. Com exceção do sistema (iso-butanol + butil-vinil-éter) a dependência do V^E com a composição mostrou um comportamento sigmóidal, com valores positivos na região diluída dos alcoóis e negativos na região concentrada dos mesmos. O H^E é positivo para todas as misturas. Para o sistema (iso-butanol + butil-vinil-éter), os valores de V^E foram positivos em toda a faixa de composição. Os valores de H^E para (1-butanol + butil-vinil-éter) apresentaram valores muito altos comparados com as entalpias excesso para esse sistema, reportado por outros autores. O modelo ERAS foi capaz de descrever simultaneamente os valores experimentais do volume excesso e da entalpia excesso para todos os sistemas estudados.

Bernazzani et al. (2001) determinaram o volume molar excesso de DBE + composto orgânico a temperatura de $T = 298,15$ K. Os valores do volume molar excesso foram positivos

para os sistemas (DBE + propilamina, ou + butilamina, ou + propanona, ou + tetrahydrofurano) e negativo para os sistemas (DBE + metanol, ou + butanol, ou + dietil-éter, ou + ciclopentanona, ou + acetonitrila).

Jiménez et al. (2001) determinaram o volume molar excesso a temperatura de $T = 298,15$ e $308,15$ K, e a entalpia molar excesso a temperatura de $308,15$ K do sistema (di-n-butil-éter + 1-propanol + n-octano) e os respectivos sistemas binários. Os dados experimentais foram comparados com as predições obtidas pelos modelos UNIFAC I (versão de Tassios), UNIFAC II (versão de Larsen), UNIFAC III (versão de Gmehling) e Nitta-Chao. Os valores do volume molar excesso a $T = 298,15$ e $308,15$ K apresentaram valores negativos e positivos, enquanto que os valores para a entalpia molar excesso foram positivos em toda a faixa de composição. As propriedades excesso do sistema ternário apresentaram valores positivos e negativos.

Ihmels e Gmehling (2002) determinaram as densidades de cinco misturas gravimetricamente preparadas de diisopropil-éter (DIPE) + 1-butanol, em fase líquida e a diferentes composições. As densidades foram medidas a temperaturas de $T = 273$ a 473 K e a pressões acima de 35 MPa. A partir desses dados, os volumes excesso foram calculados. Os dados experimentais foram correlacionados com o novo sistema de correlação de densidade tridimensional (TRIDEN). Volumes excesso foram calculados e comparados com valores da literatura. Com poucas exceções, volumes excessos mostraram uma boa concordância com os dados da literatura para a faixa da temperatura estudadas. Os valores das densidades do 1-butanol mostraram muita boa concordância com os dados da literatura.

Pal e Kumar (2003) estudaram o volume molar excesso de misturas binárias de (1-propanol + di-dimetil-glicol, ou + mono-dimetil-glicol, ou + tri-dimetil-glicol, ou + tetra-dimetil-glicol) a temperaturas de $288,15$, $298,15$ e $308,15$ K e à pressão atmosférica. Os valores do volume molar excesso foram negativos para todos os sistemas estudados. Os valores do volume molar excesso aumentaram com o aumento da temperatura na seguinte sequência: di-dimetil-glicol > mono-dimetil-glicol > tri-dimetil-glicol > tetra-dimetil-glicol.

Segade et al. (2003) determinaram dados experimentais de ELV das misturas binárias de (1-propanol + MTBE) na faixa de temperatura entre $298,15$ K e $338,15$ K. Os dados experimentais foram usados para testar a aplicabilidade dos modelos UNIQUAC, ERAS e UNIFAC. Os desvios da lei de Raoult foram positivos e relativamente grandes. Os valores de

energia de Gibbs excesso de 1-propanol + MTBE foram positivos e diminuíram com o aumento da temperatura. Para as predições dos dados de ELV usando o modelo UNIFAC modificado, as pressões de vapor foram muito bem correlacionadas com o modelo a $T = 298,15$ e $T = 313,15$ K. Entretanto, à temperatura de $T = 318,15$ K e $T = 328,15$ K, as pressões de vapor foram superestimadas pelo modelo na região rica em álcool.

Piñeiro (2004) determinou o volume molar excesso e a capacidade calorífica isobárica à temperatura de $T = 298,15$ K de 11 sistemas contendo {diisopropil éter (DIPE) + alcoóis (de metanol a 1-undecanol)}, (DIPE + n-heptano) e (2,4-dimetilpentano + 1-octanol). O autor também determinou a entalpia molar excesso do sistema (DIPE + n-heptano) para obter os parâmetros de auto-associação do DIPE usados na aplicação de uma nova versão do modelo ERAS (SERAS – Symetrical Extended Real Associated Solution). Os resultados obtidos com o modelo SERAS apresentaram excelente concordância com os dados experimentais.

Valtz et al. (2004) determinaram, a partir de dados de densidades, volume molar excesso de misturas binárias de (água + dietileno-glicol-amina), e (trietileno-glicol + água, ou + metanol, ou + etanol, ou + 1-propanol) à pressão atmosférica e a temperaturas entre 283,15 e 363,15 K, com intervalo de 10 K em toda faixa de composição. Os autores concluíram que em todos os sistemas investigados, os valores do V^E foram negativos. Para sistemas contendo água, V^E aumentou com a temperatura enquanto que o efeito inverso foi observado para sistemas contendo alcoóis, isto é, para esses sistemas V^E tornou-se mais negativo com o aumento da temperatura. Os valores absolutos diminuíram na seguinte seqüência: água > metanol > etanol > 1-propanol.

Chen et al. (2005) determinaram dados de viscosidade e densidade de misturas binárias de (NMP + metanol, ou + etanol, ou + n-propanol, ou + iso-propanol, ou + 1-butanol ou + iso-butanol) a temperaturas de 293,15, 298,15 e 303,15 K e à pressão atmosférica, em toda faixa de composição. Os dados experimentais dessas grandezas foram usados para calcular a viscosidade excesso ($\Delta\eta$), o volume molar excesso (V^E) e a energia de Gibbs de ativação excesso (G^{*E}). Em todos os sistemas estudados os valores de $\Delta\eta$ e G^{*E} foram positivos, enquanto que os valores de V^E foram negativos. Os desvios da idealidade dos sistemas estudados foram atribuídos a forte associação cruzada entre moléculas de álcool e de NMP, através da ligação de hidrogênio O-H...N.

Mato et al. (2005) determinaram, através da densidade, o volume molar excesso do sistema ternário (MTBE + 1-propanol + heptano) e dos 3 sistemas binários envolvendo esses componentes à temperatura de $T = 298,15$ K e à pressão atmosférica. Foram aplicadas várias equações empíricas para estimar as propriedades da mistura ternária a partir das misturas binárias experimentais. A contribuição ternária para o volume molar excesso foi negativa, com a exceção da região próxima a composição rica em 1-propanol.

Mato et al (2005) determinaram dados de densidades de mistura terciária de (MTBE + 1-propanol + decano) e de misturas binárias de (MTBE + 1-propanol e 1-propanol + decano), à temperatura de $T = 289,15$ K e à pressão atmosférica. Foram usadas equações empíricas para estimar as propriedades da mistura ternária a partir das misturas binárias. Para correlacionar os dados experimentais foram usadas equações apropriadas, como a equação de Redlich-Kister, equação de Brandreth e colaboradores e a equação de Nagata e Tamura. Os valores do volume molar da mistura binária 1-propanol + decano foram simétricos e positivos em toda a faixa de composição. A curva experimental do sistema binário MTBE + 1-propanol foi também simétrica, mas os valores experimentais do volume molar excesso foram negativos.

Roy et al. (2005) determinaram dados de densidades e de viscosidade de misturas binárias de (1,3-dioxolano + metanol, ou + etanol, ou + 1-propanol, ou + 2-propanol, ou + 1-butanol, ou + 2-butanol, ou + *t*-butanol ou + álcool iso-amil), em toda faixa de composição à $T = 303,15$ K e à pressão atmosférica. Os dados experimentais dessas grandezas foram usados para calcular o volume molar excesso, viscosidade excesso e energia de ativação de Gibbs excesso. Os dados de viscosidade foram correlacionados com a equação de Grunberg e Nissan. Os valores da viscosidade excesso foram ajustados usando a equação de Redlich-Kister e os resultados foram discutidos em termos de interação molecular e efeitos estruturais. Além disso, as compressibilidades isentrópicas excesso foram calculadas a partir das medidas de velocidades ultra-sônicas dessas misturas binárias. Os valores de volumes molares excesso foram negativos para misturas de (1,3-dioxolano + metanol). O valor positivo aumentou com o aumento do comprimento da cadeia do álcool na seguinte sequência: MeOH < EtOH < 1-PrOH < 2-PrOH < 1-BuOH < *i*-AmOH < 2-BuOH < *t*-BuOH. Os autores justificaram os valores de V^E negativos devido a presença de fortes interações moleculares entre os componentes presentes na mistura.

Verdes et al. (2005) determinaram o volume molar excesso da mistura ternária de (MTBE + 1-pentanol + decano) e das misturas binárias de (MTBE + 1-pentanol) e (1-pentanol + decano), a temperatura de $T = 298,15$ K e à pressão atmosférica. Os valores do volume molar excesso foram calculados a partir de medidas de densidade. Para estimar as propriedades ternárias a partir dos resultados das misturas binárias, foram aplicadas as expressões empíricas de Kohler, Jacob e Fitzner, Colinet, Knobloch e Schwartz, Tsao e Smith, Toop, Scatchard e colaboradores, Hillert, e Mathieson e Thyane. Os volumes experimentais para a mistura binária (MTBE + decano) e (1-pentanol + decano) foram positivos e negativos para o sistema (MTBE + 1-pentanol), em toda a faixa de composição. A contribuição ternária do volume molar excesso é negativa em toda a faixa de composição.

Verdes et al. (2005) determinaram o volume molar excesso da mistura ternária de (MTBE + 1-pentanol + octano) e das misturas binárias de (MTBE + 1-pentanol) e (1-pentanol + octano), à temperatura de $T = 298,15$ K e à pressão atmosférica. A contribuição ternária do volume molar excesso foi negativa em toda a faixa de composição.

Verdes et al. (2005) determinaram dados de densidades da mistura ternária de (MTBE + 1-pentanol + heptano) e das misturas binárias constituídas desses componentes. Os dados experimentais foram usados para calcular o volume molar excesso. Os valores negativos para os sistemas estudados foram justificados, pelos autores, como resultado de ligação de hidrogênio de $\text{OH} \cdots \text{O}$ entre as moléculas de 1-pentanol e MTBE.

Alonso-Tristán et al. (2006) determinaram dados experimentais de ELV à temperatura de $T = 313,15$ K do sistema ternário (TAME + metanol + hexano). A regressão dos dados experimentais foi feita pelo método de Barker usando a expansão de Wohl e as equações de NRTL, Wilson e UNIQUAC. O sistema ternário apresentou desvios positivos da idealidade. Os valores experimentais da energia de Gibbs excesso foram comparados com os valores preditos pelos modelos.

Aznarez et al. (2006) mediram as viscosidades cinemáticas e as densidades das misturas de (dimetil-tetraetileno-glicol-éter + 2-propanol, ou + 2-butanol ou + 2-pentanol) a temperaturas de $T = 288,15$ e $T = 318,15$ K e à pressão atmosférica, em toda a faixa de composição. Os dados experimentais foram usados para calcular a viscosidade dinâmica, a viscosidade dinâmica excesso e a energia de ativação de Gibbs excesso para esses sistemas. A viscosidade excesso para os sistemas apresentaram valores negativos.

Pang et al. (2007) determinaram dados de densidade e viscosidade de soluções aquosas de 1-propanol e 2-propanol, à temperatura entre 293,15K e 333,15K. Para correlacionar os dados de viscosidade, foram usados as equações polinomiais de Power Law e a teoria de Eyring. Os autores concluíram que o 2-propanol tem a energia de ativação mais alta do que 1-propanol. Os valores da viscosidade diminuíram com a temperatura para as soluções estudadas e a densidades diminuíram com a temperatura e a concentração de álcool.

Besbes et al. (2009) determinaram dados experimentais de densidade e viscosidade dinâmica do sistema (1,4-dioxano + água) em várias temperaturas a partir de 298,15 K e a 0,1 MPa. A partir dos dados experimentais foram calculados o volume molar excesso, a viscosidade excesso e a energia livre de ativação excesso. Os valores da viscosidade excesso foram positivos enquanto os valores do volume molar excesso apresentaram valores negativos.

Gómez-Marigliano et al. (2010) determinaram dados de ELV, densidades, velocidades do som e índices de refração de misturas líquidas binárias de [1-propanol + 2-metoxi-2-metilpropano (MTBE), ou + 2-isopropoxipropano (DIPE), ou + 2-metoxi-2-metilbutano (TAME)] a 298,15K. Os dados experimentais foram usados para calcular os volumes molares excesso, compressibilidades isentrópicas, desvios de compressibilidades isentrópicas e desvios de refrações molares. Para os três sistemas binários, os volumes molares excesso foram negativos em toda faixa de composição. Os desvios de compressibilidades isentrópicas das misturas foram negativas em toda faixa de composição para todos os éteres, seguindo a tendência negativa de DIPE > MTBE > TAME. Os dados de ELV foram preditos usando os métodos: ASOG, UNIFAC, UNIFAC-Dormund e UNIFAC-Lyngby. Esses métodos não conseguiram apresentar boa concordância com os resultados experimentais.

3 FORMALISMO TERMODINÂMICO

3.1 Funções excesso

Funções excesso têm sido um caminho qualitativo e quantitativo para descrever o desvio do comportamento de uma solução real em relação a uma solução ideal. O uso do termo função excesso vinha sendo empregado de forma confusa, como foi observado por Guggenheim (1967). Missen (1969) redefiniu o conceito esclarecendo as dúvidas a respeito do tipo de função que poderia ser definida como grandeza excesso e das relações termodinâmicas aplicáveis a uma determinada grandeza que poderiam ser estendidas às suas similares excesso.

O termo função excesso foi introduzido por Scatchard e Hemer (1935), embora a idéia de conceito tivesse sido usada anteriormente por Scatchard (1931). Scatchard (1937) (e Scatchard e Raymond (1938)) definiu uma função excesso como sendo a diferença entre o valor dessa função de uma solução num estado qualquer e o valor dessa função de uma solução ideal (ou solução diluída ideal), nas mesmas condições de temperatura e pressão.

O conceito de função excesso é aplicável para as propriedades extensivas e intensivas, molares e parciais molares de soluções.

3.2 Existência de Relações Análogas

Seja M uma grandeza extensiva de um sistema com m componentes. Definindo-se o sistema a partir das variáveis independentes $T, P, n_1, \dots$, tem-se $M = f(T, P, n_1, \dots)$. Define-se a grandeza excesso como sendo:

$$M^E(T, P, n_1, \dots) = M(T, P, n_1, \dots) - M^{\text{ideal}}(T, P, n_1, \dots) \quad (3.1)$$

Ex.: G^E, H^E, V^E .

Para as grandezas molares, tem-se

$$M_m^E(T, P, x_1, \dots) = M_m(T, P, x_1, \dots) - M_m^{\text{ideal}}(T, P, x_1, \dots) \quad (3.2)$$

Ex.: G_m^E, H_m^E, V_m^E

Para as grandezas parciais molares, tem-se:

$$\overline{M}_i^E(T, P, x_1 \dots) = \overline{M}_i(T, P, x_1 \dots) - \overline{M}_i^{\text{ideal}}(T, P, x_1 \dots) \quad (3.3)$$

Ex.: $\overline{G}_i^E = \frac{\partial G^E}{\partial n_i}(T, P, n_j) = RT \ln \gamma_i$ (3.4)

Em grande parte das grandezas excesso há a existência de relações análogas às funções termodinâmicas usuais. Alguns exemplos são:

$$H = U + PV \quad H^E = U^E + PV^E \quad (3.5)$$

$$G = H - TS \quad G^E = H^E - TS^E \quad (3.6)$$

$$A = U - TS \quad A^E = U^E - TS^E \quad (3.7)$$

$$Cp = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_{P,x} \quad Cp^E = \left(\frac{\partial H^E}{\partial T} \right)_{P,x} \quad (3.8)$$

$$\left[\frac{\partial(\mu_i/T)}{\partial T} \right]_{P,x} = -\frac{\overline{H}_i}{T^2} \quad \left[\frac{\partial(\mu_i^E/T)}{\partial T} \right]_{P,x} = -\frac{\overline{H}_i^E}{T^2} \quad (3.9)$$

Analogamente as derivadas parciais das funções extensivas excesso são análogas às aquelas das funções extensivas. Por exemplo, a derivada da equação (3.6) em relação a T fornece:

$$\left(\frac{\partial G^E}{\partial T} \right)_{P, n_1 \dots} = -S^E \quad (3.10)$$

Da equação (3.6) tem-se que:

$$\left(\frac{\partial(G^E/T)}{\partial T} \right)_{P, n_1 \dots} = -\frac{H^E}{T^2} \quad (3.11)$$

Substituindo a equação (3.5) na equação (3.6) e derivando em relação a P tem-se:

$$\left(\frac{\partial G^E}{\partial P} \right)_{T, n_1 \dots} = V^E \quad (3.12)$$

Tomando as equações (3.11) e (3.12) em termos de grandezas parciais molares e utilizando a definição de $\overline{G}_i^E = RT \ln \gamma_i$, é possível concluir que:

$$\left(\frac{\partial \ln \gamma_i}{\partial T} \right)_{P, x_1 \dots} = - \frac{\overline{H}_i^E}{RT^2} \quad (3.13)$$

$$\left(\frac{\partial \ln \gamma_i}{\partial P} \right)_{T, x_1 \dots} = - \frac{\overline{V}_i^E}{RT} \quad (3.14)$$

Derivando a equação (3.6) em relação a P obtém-se uma relação entre o volume excesso e a entalpia excesso:

$$\left(\frac{\partial G^E}{\partial P} \right)_{T, n_1 \dots} = \left(\frac{\partial H^E}{\partial P} \right)_{T, n_1 \dots} - T \left(\frac{\partial S^E}{\partial P} \right)_{T, n_1 \dots} \quad (3.15)$$

Fazendo uso da relação de Maxwell (PRAUSNITZ; LICHTENTHALER; AZEVEDO, 1999):

$$\left(\frac{\partial S^E}{\partial P} \right)_{T, n_1 \dots} = - \left(\frac{\partial V^E}{\partial T} \right)_{P, n_1 \dots} \quad (3.16)$$

é possível obter:

$$\left(\frac{\partial H^E}{\partial P} \right)_{T, n_1 \dots} = V^E - T \left(\frac{\partial V^E}{\partial T} \right)_{P, n_1 \dots} \quad (3.17)$$

Entretanto, a analogia em termos de função excesso não é encontrada em certas propriedades intensivas. Um exemplo pode ser observado para o coeficiente de expansão térmica. A sua definição é dada por:

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_{P,x} \quad (3.18)$$

$$\beta^{\text{ideal}} = \frac{1}{V^{\text{ideal}}} \left(\frac{\partial V^{\text{ideal}}}{\partial T} \right)_{P,x} \quad (3.19)$$

Por definição:

$$\beta^E = \beta - \beta^{\text{ideal}} \quad (3.20)$$

logo

$$\beta^E = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_{P,x} - \frac{1}{V^{\text{ideal}}} \left(\frac{\partial V^{\text{ideal}}}{\partial T} \right)_{P,x} \quad (3.21)$$

ou

$$\beta^E = \frac{1}{V} \left[\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_{P,x} - \frac{V}{V^{\text{ideal}}} \left(\frac{\partial V^{\text{ideal}}}{\partial T} \right)_{P,x} \right] \quad (3.22)$$

Substituindo $V = V^E + V^{\text{ideal}}$, tem-se:

$$\beta^E = \frac{1}{V} \left\{ \left(\frac{\partial (V^E + V^{\text{ideal}})}{\partial T} \right)_{P,x} - \frac{V^E + V^{\text{ideal}}}{V^{\text{ideal}}} \left(\frac{\partial V^{\text{ideal}}}{\partial T} \right)_{P,x} \right\} \quad (3.23)$$

$$\beta^E = \frac{1}{V} \left[\left(\frac{\partial V^E}{\partial T} \right)_{P,x} + \left(\frac{\partial V^{\text{ideal}}}{\partial T} \right)_{P,x} - \frac{V^E}{V^{\text{ideal}}} \left(\frac{\partial V^{\text{ideal}}}{\partial T} \right)_{P,x} - \left(\frac{\partial V^{\text{ideal}}}{\partial T} \right)_{P,x} \right] \quad (3.24)$$

Finalmente, tem-se:

$$\beta^E = \frac{1}{V} \left[\left(\frac{\partial V^E}{\partial T} \right)_{P,x} - V^E \beta^{\text{ideal}} \right] \neq \frac{1}{V^E} \left(\frac{\partial V^E}{\partial T} \right)_{P,x} \quad (3.25)$$

3.3 Grandezas Parciais Molares

Grandezas parciais molares podem ser calculadas a partir de grandezas molares aparentes ou a partir de grandezas molares da solução.

Define-se o volume molar de uma solução binária como sendo:

$$V_m = \frac{V}{n_1 + n_2}, \quad (3.26)$$

onde V é o volume da solução e n_1 e n_2 são os números de moles dos componentes 1 e 2, respectivamente.

O volume parcial molar de um componente 1 em uma solução binária, constituída dos componentes 1 e 2 pode ser expresso como (GUGGENHEIM, 1967):

$$\bar{V}_1 = \left(\frac{\partial V}{\partial n_1} \right)_{T,P,n_2} \quad (3.27)$$

Derivando a equação (3.26) em relação ao componente 1, tem-se:

$$\left(\frac{\partial V_m}{\partial n_1} \right)_{T,P,n_2} = \frac{(n_1 + n_2)(\partial V / \partial n_1)_{T,P,n_2} - V}{(n_1 + n_2)^2}. \quad (3.28)$$

contudo,

$$V = V_m(n_1 + n_2) \quad (3.29)$$

logo,

$$\left(\frac{\partial V_m}{\partial n_1} \right)_{T,P,n_2} = \frac{\bar{V}_1}{(n_1 + n_2)} - \frac{V_m}{(n_1 + n_2)}. \quad (3.30)$$

É possível escrever a fração molar como:

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (3.31)$$

e, assim

$$\left(\frac{\partial x_1}{\partial n_1}\right)_{T,P,n_2} = \frac{n_2}{(n_1 + n_2)^2} \quad (3.32)$$

Usando a derivação em cadeia, a equação (3.30) pode ser escrita como:

$$\left(\frac{\partial V_m}{\partial x_1}\right)_{T,P} \left(\frac{\partial x_1}{\partial n_1}\right)_{T,P,n_2} = \frac{\bar{V}_1}{(n_1 + n_2)} - \frac{V_m}{(n_1 + n_2)} = \left(\frac{\partial V_m}{\partial x_1}\right)_{T,P} \frac{n_2}{(n_1 + n_2)^2} \cdot \quad (3.33)$$

Multiplicando a equação (3.33) por $(n_1 + n_2)$, obtém-se:

$$\bar{V}_1 - V_m = \left(\frac{\partial V_m}{\partial x_1}\right)_{T,P} \left(\frac{n_2}{n_1 + n_2}\right) \quad (3.34)$$

Portanto, é possível expressar o volume parcial molar como:

$$\bar{V}_1 = V_m + x_2 \left(\frac{\partial V_m}{\partial x_1}\right)_{T,P} \quad (3.35-1)$$

De maneira análoga, deduz-se o volume parcial molar do componente 2 como:

$$\bar{V}_2 = V_m + x_1 \left(\frac{\partial V_m}{\partial x_2}\right)_{T,P} \quad (3.35-2)$$

Em termos de função excesso, os volumes parciais molares excesso dos componentes 1 e 2 são, respectivamente:

$$\bar{V}_1^E = V_m^E + (1 - x_1) \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}\right)_{T,P} \quad (3.36-1)$$

e

$$\bar{V}_2^E = V_m^E + (1 - x_2) \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}\right)_{T,P} \quad (3.36-2)$$

3.4 Volume Molar e Parcial Molar Excesso em Soluções Diluídas

O estudo do volume molar e parcial molar excesso em soluções diluídas é de grande interesse, principalmente, porque nessas soluções as moléculas do soluto estão essencialmente isoladas uma das outras e as principais interações são soluto-solvente e solvente-solvente. Logo, as derivadas parciais das funções excesso à diluição infinita tornam-se importantes, já que nessa região a interação soluto-soluto desaparece. Portanto, os valores das funções parciais molares excesso à diluição infinita são uma importante fonte de informações a respeito da interação soluto-solvente.

3.5 Volume Molar Aparente

O volume molar aparente, representado por V_ϕ , é uma grandeza relacionada com o volume parcial molar. Apesar de pouca utilidade termodinâmica, essa grandeza pode ser usada como uma alternativa para determinar o volume parcial molar.

Segundo o teorema de Euler:

$$M = \sum_{i=1}^{i=m} n_i \overline{M}_i, \quad (3.37)$$

onde M é uma grandeza extensiva e $\overline{M}_i$ a grandeza parcial molar correspondente.

A relação entre M e M_{ϕ_j} , a grandeza molar aparente do componente j , (ACREE, 1984) é:

$$M = n_j M_{\phi_j} + \sum_{i=1; i \neq j}^{i=m} n_i M_i^0, \quad (3.38)$$

onde M_i^0 é a grandeza molar do componente puro i .

Assim,

$$M_{\phi_j} = \frac{M - \sum_{i=1; i \neq j}^{i=m} n_i M_i^0}{n_j} \quad (3.39)$$

Derivando a equação (3.39) com respeito a n_j , a seguinte relação entre a grandeza parcial molar $\overline{M}_j$ e a grandeza molar aparente M_{ϕ_j} pode ser obtida:

$$\left(\frac{\partial M}{\partial n_j} \right)_{T,P,n_i \neq n_j} = \overline{M}_j = M_{\phi_j} + n_j \left(\frac{\partial M_{\phi_j}}{\partial n_j} \right)_{T,P,n_i \neq n_j} \quad (3.40)$$

É possível perceber que:

$$\lim_{n_j \rightarrow 0} M_{\phi_j} = \overline{M}_j \quad (3.41)$$

significando que, quando o componente j encontra-se à diluição infinita, a grandeza parcial molar e a grandeza molar aparente são idênticas.

Pode-se mostrar a relação existente entre uma grandeza molar aparente e uma grandeza molar excesso. Tomando-se como exemplo o volume molar aparente de uma solução binária constituída dos componentes 1 e 2, pela equação (3.39), tem-se:

$$V_{\phi_1} = \frac{V_m - x_2 V_2^0}{x_1}, \quad (3.42-1)$$

onde V_m é o volume molar da solução, x_1 é a fração molar do componente 1, x_2 é a fração molar do componente 2 e V_2^0 o volume molar do componente 2 puro.

De forma semelhante, obtém-se:

$$V_{\phi_2} = \frac{V_m - x_1 V_1^0}{x_2}. \quad (3.42-2)$$

De acordo com o teorema de Euler:

$$V_m = x_1 \overline{V}_1 + x_2 \overline{V}_2. \quad (3.43)$$

A substituindo da equação (3.43) na (3.42), leva a:

$$V_{\phi_1} = \frac{x_1 \overline{V}_1 + x_2 \overline{V}_2 - x_2 V_2^0}{x_1}. \quad (3.44)$$

Entretanto,

$$V^E = V - V^{\text{ideal}} \quad (3.45)$$

assim,

$$V_m^E = x_1 \bar{V}_1 + x_2 \bar{V}_2 - x_1 V_1^0 - x_2 V_2^0 \quad (3.46)$$

Substituindo a equação (3.46) na equação (3.44), obtém-se:

$$V_{\phi_1} = \frac{V_m^E + x_1 V_1^0}{x_1} \quad (3.47-1)$$

Analogamente, é possível obter:

$$V_{\phi_2} = \frac{V_m^E + x_2 V_2^0}{x_2} \quad (3.47-2)$$

4 MODELAGEM

Parte das teorias de soluções líquidas prevê desvios da idealidade como resultado de um efeito estrutural, decorrente do efeito do volume livre ou empacotamento das moléculas; e de um efeito energético, devido às interações.

Modelos como o UNIFAC, UNIQUAC, NRTL (PRAUSNITZ; LICHTENTHALER; AZEVEDO, 1999) ou DISQUAC (KEHIAIAN, 1983) têm sido aplicados às propriedades excesso de misturas líquidas para prever a energia de Gibbs excesso e entalpia excesso. Um modelo de associação termodinamicamente consistente foi introduzido por Kretschmer e Wiebe (1954) e, posteriormente, desenvolvido por Renon e Prausnitz (1967) e Kehiaian (1968). Esses autores adicionaram o assim chamado termo de interação física no método associado. Embora esses modelos sejam adequados para descrever H^E e G^E , eles não são apropriados para prever o volume excesso, devido à restrição do modelo reticulado rígido.

Para o cálculo de grandezas volumétricas, torna-se necessária a introdução de uma equação de estado. Consequentemente, o uso de uma equação de estado combinada com um modelo de associação oferece uma solução para esse problema. Os trabalhos de Brandani e Prausnitz (1981), Aguirre-Ode (1983) e por Wenzel et al. (1982) apresentam alguns modelos combinados.

Em 1985, Andreas Heintz (1985) propôs uma nova teoria que combina um modelo de solução associada com a equação de estado desenvolvida por Flory. Tal combinação deu origem ao chamado modelo de solução associada real estendido, ou simplesmente, modelo ERAS. O modelo ERAS foi originalmente desenvolvido para descrever propriedades termodinâmicas de soluções binárias e tem sido aplicado às soluções contendo componentes auto-associantes, não associantes e sistemas com formação de associação cruzada entre os componentes presentes na solução. O modelo tem ainda sido utilizado para descrever dados de V^E , H^E , G^E , equilíbrio líquido-vapor (ELV), equilíbrio líquido-líquido (ELL), coeficiente de atividade e volume molar aparente de soluções binárias, bem como V^E e H^E de soluções ternárias.

4.1 Contribuição Física (Teoria de Flory)

A contribuição física das propriedades excesso expressa no Modelo ERAS é derivada da equação de estado desenvolvido por Flory et al. (1964) e Flory (1964), o qual não é baseada somente aos componentes puros, mas também das misturas. Esta teoria para soluções líquidas é baseada na teoria de Prigogine (1957) de divisão de moléculas em segmentos.

O método de Flory constitui numa equação de estado formulada em termos das grandezas dos fluidos puros, e não baseada nas grandezas características do fluido real. Isso permite elaborar uma regra de mistura baseada nos efeitos dos volumes livres ou empacotamento das moléculas de diferentes tamanhos, e nas interações físicas.

A equação de estado de Flory é expressa na forma reduzida através da seguinte expressão:

$$\frac{\tilde{P}\tilde{V}}{\tilde{T}} = \frac{\tilde{V}^{1/3}}{\tilde{V}^{1/3} - 1} - \frac{1}{\tilde{V}\tilde{T}} \quad (4.1)$$

onde $\tilde{P}$, $\tilde{V}$ e $\tilde{T}$ são as grandezas reduzidas para a pressão P , o volume molar V e a temperatura T , respectivamente. Essas grandezas são definidas como a relação entre as grandezas do fluido e suas respectivas grandezas características, ou seja:

$$\tilde{P} = \frac{P}{P^*} \quad \tilde{V} = \frac{V}{V^*} \quad \text{e} \quad \tilde{T} = \frac{T}{T^*} \quad (4.2)$$

As grandezas características dos componentes puros e da solução estão definidas mais adiante.

4.2 Contribuição Química

A contribuição química das propriedades excesso do modelo advém das interações químicas entre as moléculas, especificamente, das ligações de hidrogênio. Compreende-se que há um equilíbrio de associação de cadeia linear dos componentes A e B e a possibilidade de associação cruzada entre os componentes (KAMMERER et al., 2000):





As constantes de associação K_i são compreendidas em ser independentes do comprimento da cadeia i e suas dependência da temperatura é dada pela seguinte equação:

$$K_i = K_{i0} \exp \left[-\frac{\Delta h_i^*}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad i = (A, B, AB) \quad (4.6)$$

onde Δh_i^* é a entalpia de associação devido as ligações de hidrogênio e K_{i0} é a constante de associação à temperatura T_0 .

4.3 Equações do Modelo ERAS

O modelo ERAS foi usado para correlacionar os resultados experimentais das soluções estudadas. Este modelo é aplicado às propriedades excesso e é dividido em contribuição física e contribuição química, para considerar as diferentes interações intermoleculares entre as moléculas na mistura.

As equações para o volume molar excesso V^E para um sistema binário composto de A e B, são dadas por:

$$V^E = V_F^E + V_Q^E, \quad (4.7)$$

onde

$$V_F^E = (x_A V_A^* + x_B V_B^*) (\tilde{V}_M - \Phi_A \tilde{V}_A - \Phi_B \tilde{V}_B) \quad (4.8)$$

e

$$V_Q^E = \tilde{V}_M \left[x_A \Delta v_A^* K_A (\phi_{A1} - \phi_{A1}^0) + x_B \Delta v_B^* K_B (\phi_{B1} - \phi_{B1}^0) + \frac{x_A K_{AB} \Delta v_{AB}^* \phi_{B1} (1 - K_A \phi_{A1})}{V_B / V_A (1 - K_B \phi_{B1}) + K_{AB} \phi_{B1}} \right], \quad (4.9)$$

onde x_A é a fração molar do componente A e x_B é a fração molar do componente B.

As frações volumétricas dos componentes A e B são expressas em termos das frações molares e dos volumes característicos dos dois componentes e são dadas por:

$$\Phi_A = 1 - \Phi_B = \frac{x_A V_A^*}{x_A V_A^* + x_B V_B^*} \quad (4.10)$$

ϕ_{A1} e ϕ_{B1} são, respectivamente, as frações volumétricas dos monômeros de A e de B na solução e são obtidas pela resolução simultânea das equações abaixo:

$$\Phi_A = \frac{\phi_{A1}}{(1 - K_A \phi_{A1})^2} \left(1 + \frac{V_A K_{AB} \phi_{B1}}{V_B (1 - K_B \phi_{B1})} \right) \quad (4.11)$$

$$\Phi_B = \frac{\phi_{B1}}{(1 - K_B \phi_{B1})^2} \left(1 + \frac{K_{AB} \phi_{A1}}{(1 - K_A \phi_{A1})} \right) \quad (4.12)$$

A fração volumétrica do monômero no líquido puro, ϕ_{i1}^0 é obtida fazendo $\Phi_A = 1$ e $\Phi_B = 0$ para o componente A puro e $\Phi_A = 0$ e $\Phi_B = 1$ para o componente B puro.

A temperatura e pressão características da solução são dadas pelas respectivas expressões:

$$T_M^* = \frac{P_M^*}{P_A^* \Phi_A / T_A^* + P_B^* \Phi_B / T_B^*} \quad (4.13)$$

e

$$P_M^* = P_A^* \Phi_A + P_B^* \Phi_B - \Phi_A \theta_B \chi_{AB}, \quad (4.14)$$

onde χ_{AB} é o parâmetro de interação física e θ_B é a fração superficial, definida por:

$$\theta_B \equiv 1 - \theta_A = \frac{(S_B / S_A) \Phi_B}{\Phi_A + (S_B / S_A) \Phi_B}. \quad (4.15)$$

S_A e S_B são as relações entre a área e o volume das moléculas A e B, determinadas pelo método de Bondi (1964).

Os volumes característicos V_i^* (i=A, B) são calculados a partir dos dados de coeficientes de expansão térmica β_i das substâncias puras, usando a seguinte equação:

$$V_i^* = V_i \left[\frac{1 - (\beta_i - \beta_i^*) T}{1 + 4/3 (\beta_i - \beta_i^*) T} \right]^3 \quad (4.16)$$

com

$$\beta_i^* = \frac{\Delta v_i^*}{V_i^*} \frac{\Delta h_i^*}{RT^2} \left[\frac{(4K_i + 1)^{1/2} - 2K_i(4K_i + 1)^{-1/2} - 1}{2K_i} \right] \quad (4.17)$$

A pressão característica P_i^* é obtida a partir do coeficiente de compressibilidade κ_i pela seguinte expressão:

$$P_i^* = (\beta_i - \beta_i^*) T \tilde{V}_i^2 \left(\kappa_i - \beta_i^* T \frac{\Delta v_i^*}{\Delta h_i^*} \right)^{-1} \quad (4.18)$$

A temperatura característica T_i^* é obtida diretamente através da equação de Flory, podendo ser expressa como:

$$T_i^* = \left(\frac{\tilde{V}_i^{1/3}}{\tilde{V}_i^{1/3} - 1} \right) \left(\tilde{P}_i \tilde{V}_i + \frac{1}{\tilde{V}_i} \right)^{-1} T \quad (4.19)$$

Nas equações do modelo, χ_{AB} , K_{AB} e Δv_{AB}^* são parâmetros relacionados com as interações e associações entre os compostos A e B e foram determinados através de regressão dos pontos experimentais de V^E .

5 METODOLOGIA E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

5.1 Metodologia

A densidade dos componentes puros e das soluções foi determinada usando um densímetro de oscilação mecânica fabricado pela Anton Paar (Modelo DMA 4500), o qual foi calibrado com água e ar. Esse equipamento é capaz de fornecer medidas de densidade com resolução de $1 \times 10^{-5} \text{ g.cm}^{-3}$ em uma faixa de densidade entre 0 – 3 g.cm^{-3} . O volume da amostra necessário para a realização da medida é de aproximadamente 1 cm^3 . A temperatura do tubo oscilador é controlada automaticamente através de um dispositivo eletrônico Peltier permitindo a realização de medidas de densidade sem a necessidade de um banho termostatzado externo. A faixa de temperatura de trabalho com o dispositivo Peltier varia entre 0 e 90 °C com resolução de 0,01°C.

A viscosidade dos componentes puros e das soluções foi determinada usando um viscosímetro Stabinger fabricado pela Anton Paar (Modelo SVM 3000 / G2), o qual foi calibrado pelo fabricante com óleos especiais. Conforme o fabricante, esse equipamento é capaz de fornecer medidas de viscosidade com reprodutibilidade de $\pm 0,35 \%$ das medidas experimentais em uma faixa de densidade entre 0,2 – 20000 mPa.s para a viscosidade dinâmica e 0,2 – 20000 $\text{mm}^2.\text{s}$ para a viscosidade cinemática. O volume da amostra necessário para a realização da medida é de aproximadamente 2,5 cm^3 . A temperatura na célula de medição é controlada automaticamente através de um dispositivo eletrônico Peltier permitindo a realização de medidas de viscosidade sem a necessidade de um banho termostatzado externo. A faixa de temperatura de trabalho com o dispositivo Peltier varia entre 0 e 90 °C.

5.2 Reagentes

De acordo com as especificações nos rótulos das embalagens, os reagentes usados neste estudo apresentaram os seguintes teores mínimos de pureza: MTBE do tipo Chromasolv (Sigma-Aldrich, min 99,8%), Metanol (Merck, pureza > 99,9%), Etanol (Merck, pureza > 99,9%), 1-Propanol (Merck, pureza > 99,5%), 2-propanol (JT Baker, min 99,9%), 1-butanol (Merck, min 99,5%), 1-pentanol (Riedel-de Haen AG, pureza min 99%), 1-hexanol (Fluka

Chemika, pureza > 98%). Todos os reagentes foram utilizados sem purificações adicionais. As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores experimentais das densidades e viscosidades dos componentes e a comparação com valores encontrados na literatura.

Tabela 1 Comparação entre as medidas experimentais de densidade e os valores encontrados na literatura a diferentes temperaturas.

Componente	T / K	ρ / g.cm ⁻³	
		Experimental	Literatura
Metil terc-butil éter	293,15	0,74062	0,74065[Landaverde-Cortes e Iglesias-Silva]
	298,15	0,73541	0,7356[Verdes et al.], 0,73540[Landaverde-Cortes e Iglesias-Silva]
	303,15	0,73011	0,73010[Landaverde-Cortes e Iglesias-Silva]
	308,15	0,72477	0,72482[Landaverde-Cortes e Iglesias-Silva]
Metanol	293,15	0,79124	0,79303[Valtz et al.], 0,79190[Gonzalez et al.] 0,7915[Pereira et al.]
	298,15	0,78657	0,78679[Blanco e Ortega], 0,78720[Gonzalez et al.]
	303,15	0,78185	0,78363[Valtz et al.], 0,78248[Gonzalez et al.] 0,7822[Pereira et al.]
	308,15	0,77710	0,77660[García-Miaja et al.], 0,776998[Sakurai e Nakagawa]
Etanol	293,15	0,78952	0,7896[García-Miaja et al.], 0,789454[Kijevcanin et al.]
	298,15	0,78527	0,7853[García-Miaja et al.], 0,785164[Kijevcanin et al.] 0,78506[Chen et al.]
	303,15	0,78095	0,7834[Bhuiyan e Uddin], 0,7810[García-Miaja et al.] 0,780853[Kijevcanin et al.]
	308,15	0,77660	0,7790[Bhuiyan e Uddin], 0,7767[García-Miaja et al.] 0,776510[Kijevcanin et al.]
1-Propanol	293,15	0,80354	0,80362[Nikam et al.], 0,80350[Zarei et al.] 0,80428[Pang et al.]
	298,15	0,79967	0,79960[Jimenez et al.], 0,79949[Zarei et al.] 0,80021[Pang et al.]
	303,15	0,79563	0,79558[Jimenez et al.], 0,79546[Zarei et al.], 0,79642[Pang et al.]
	308,15	0,79151	0,79162[Jimenez et al.], 0,79227[Pang et al.]
2-Propanol	293,15	0,78522	0,78513[Zarei et al.], 0,78535[Pang et al.]
	298,15	0,78105	0,78093[Zarei et al.], 0,78110[Pang et al.]
	303,15	0,77678	0,77666[Zarei et al.], 0,77712[Pang et al.]
	308,15	0,77245	0,77288[Pang et al.]
1-butanol	293,15	0,80965	0,80956[Liau et al.]
	298,15	0,80584	0,80614[Chen et al.]
	303,15	0,80200	0,80195[Liau et al.], 0,8024[Nikam et al.]
	308,15	0,79812	0,7985[Nikam et al.]
1-Pentanol	293,15	0,81441	0,81462[Al-Jimaz et al.]
	298,15	0,81079	0,8110[Orge et al.], 0,81094[Al-Jimaz et al.]
	303,15	0,80710	0,80723[Mutalik et al.], 0,80679[Nikam et al.]
	308,15	0,80338	0,80345[Al-Jimaz et al.]
1-Hexanol	293,15	0,81880	0,81882[Al-Jimaz et al.]
	298,15	0,81526	0,81523[Al-Jimaz et al.]
	303,15	0,81166	0,81200[Venkatesu et al.]
	308,15	0,80804	0,80834[Al-Jimaz et al.]

Tabela 2 Comparação entre as medidas experimentais de viscosidades e os valores encontrados na literatura.

Componente	T / K	η / mPa.s	
		Experimental	Literatura
Metil terc-butil éter	293,15	0,34146	0,3861[Viswanathan e Rao]
	298,15	0,32018	0,3354[Francesconi e Castellari]
			0,41[Domanska e Zołek-Tryznowska]
	303,15	0,29660	0,3687[Viswanathan e Rao]
	308,15	0,28120	0,349[Reddy et al.]
Metanol			0,38[Domanska e Zołek-Tryznowska]
	293,15	0,58030	0,593[Chen et al.]
	298,15	0,53936	0,5514[Chen et al.]
	303,15	0,50068	0,514[Nikam et al.]
			0,5086[Chen et al.]
Etanol			0,50409[Roy et al.]
	308,15	0,46470	0,480[Nikam et al.]
	293,15	1,1988	1,194[Zeberg-Mikkelsen et al.]
	298,15	1,0859	1,0784[Chen et al.]
	303,15	0,98855	0,9824[Chen et al.], 0,965[Nikam et al.]
1-Propanol	308,15	0,90371	0,881[Nikam et al.]
	293,15	2,2191	2,147[Jimenez et al.], 2,197[Pang et al.]
	298,15	1,9637	1,915[Jimenez et al.], 1,947[Pang et al.]
	303,15	1,7403	1,714[Jimenez et al.], 1,726[Pang et al.]
	308,15	1,5500	1,560[Jimenez et al.], 1,542[Pang et al.]
2-Propanol	293,15	2,4346	2,414[Pang et al.]
	298,15	2,0816	2,070[Pang et al.]
	303,15	1,7913	1,785[Pang et al.]
	308,15	1,5471	1,546[Pang et al.]
1-Butanol	293,15	2,9800	2,941[Rodriguez et al.], 2,9679[Liau et al.]
	298,15	2,6062	2,5723[Chen et al.], 2,620[Rodriguez et al.]
	303,15	2,2894	2,2705[Chen et al.], 2,255[Rodriguez et al.]
			2,2896[Liau et al.], 2,246[Nikam et al.]
	308,15	2,0183	1,982[Nikam et al.]
1-Pentanol	293,15	4,0457	4,0321[Al-Jimaz et al.]
	298,15	3,4988	3,5190[Al-Jimaz et al.], 3,403[Mutalik et al.]
	303,15	3,0367	2,959[Mutalik et al.], 2,973[Nikam et al.]
	308,15	2,6469	2,6387[Al-Jimaz et al.]
1-Hexanol	293,15	5,4182	5,3614[Al-Jimaz et al.]
	298,15	4,6216	4,4029[Al-Jimaz et al.]
	303,15	3,9632	3,8951[Ali et al.]
	308,15	3,4172	3,6045[Al-Jimaz et al.]

5.3 Densímetro de Oscilação Mecânica

O densímetro de oscilação mecânica da Anton Paar é fácil de operar, utiliza uma pequena quantidade de amostra e é capaz de fornecer dados de densidade com grande precisão e com muita rapidez. O densímetro contém um dispositivo Peltier que permite uma rápida variação das medidas de densidades com a temperatura.

O princípio de operação desse densímetro se baseia na variação da frequência natural de um oscilador cheio com gás ou líquido (Figura 1). A massa e, portanto, a densidade do líquido ou gás, varia essa frequência natural devido a variação da massa do oscilador, pela introdução do fluido (líquido ou gás) .

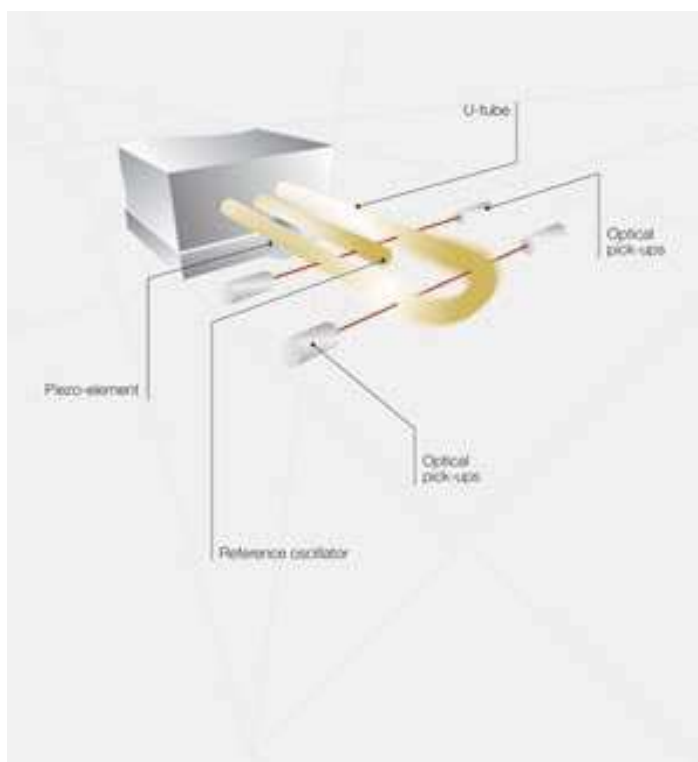


Figura 1 - Tubo oscilador em U do densímetro da Anton Paar (DMA 4500) (Manual de Instruções DMA 4500).

5.4 Viscosímetro de rotação

Este viscosímetro de rotação com geometria cilíndrica é construído segundo o princípio de Couette modificado, com um tubo exterior em rápida rotação e um rotor de medição interior, com uma rotação mais lenta (Figura 2).

A medição com viscosímetros de rotação está baseada em uma medição de torque e de rotação. No interior do viscosímetro há um ímã em rotação que cria um campo de corrente induzida com um momento de frenagem exata que depende da revolução. O torque da corrente induzida é medida com uma resolução extremamente alta, por estar em combinação com um sistema termostático-termoelétrico integrado.

A pequena célula de medição contém um tubo em rotação com velocidade constante. O tubo é preenchido com uma amostra e nela flutua um rotor de medição com um ímã integrado. Devido a baixa densidade do rotor, este se mantém centrado mediante uma força centrífuga. O rotor flutuando livremente não requer nenhum rolamento, e onde não há rolamento, não há fricção. Isto também faz com que o instrumento seja insensível às vibrações. Um pequeno volume da amostra permite uma mudança de temperatura extremamente rápida devido a um sistema Peltier.

Pouco depois do início da medição, o rotor alcança uma velocidade estável. Isto é determinado pelo equilíbrio entre o efeito de frenagem da corrente induzida e das forças propulsoras de cisalhamento da amostra. A viscosidade dinâmica se calcula mediante a velocidade do rotor.

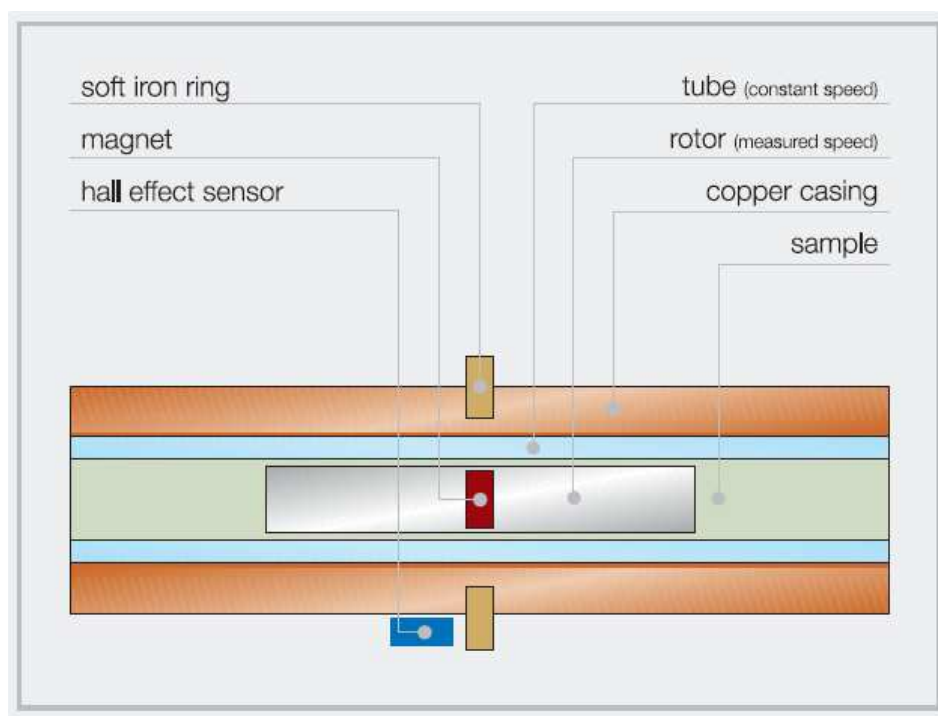
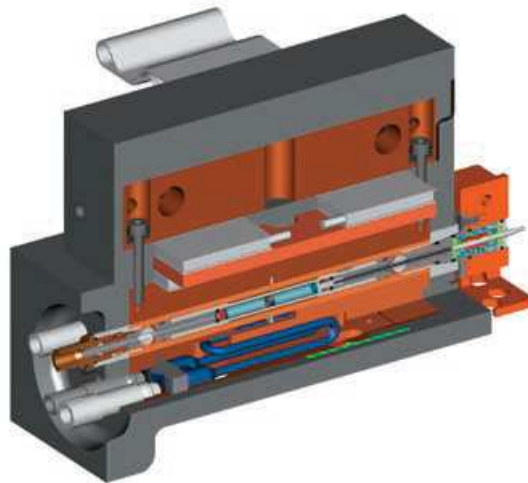


Figura 2 - Viscosímetro de rotação da Anton Paar (SVM 3000).

5.5 Procedimento Experimental

A calibração do densímetro foi realizada seguindo a programação de manutenção preventiva pela empresa Polimate, que é a representante da Anton Paar no Brasil. Além disso o equipamento era calibrado semanalmente usando procedimentos padrões. Já o viscosímetro, uma vez que necessita de óleos especiais, foi calibrado pela Polimate durante as manutenções preventivas.

As soluções para as medidas de densidade foram preparadas em frascos de 10 cm³ através de medidas das massas dos componente puros. Foi utilizada uma balança analítica fabricada pela OHAUS Adventurer, (Modelo AR2140 com resolução de 0,0001g) para essas medidas.

Os componentes puros eram mantidos em frascos de 100 cm³ e a temperatura do laboratório era mantida a 19 °C. Esses procedimentos adotados tiveram como objetivo reduzir as perdas por evaporação na pesagem dos componentes puros evitando assim erros nas pesagens, o que levaria a valores incorretos das composições.

As frações molares das soluções foram calculadas utilizando a seguinte fórmula:

$$x_1 = \frac{m_1 / M_1}{m_1 / M_1 + m_2 / M_2} \quad (5.1)$$

onde x , m e M representam, respectivamente, fração molar, massa e massa molar dos componentes puros.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O V_m^E foi calculado a partir da densidade dos componentes puros e das respectivas soluções utilizando a seguinte equação:

$$V^E = x_1 M_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_1} \right) + x_2 M_2 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (6.1)$$

onde x_i , M_i , ρ_i representam a fração molar, a massa molar e a densidade do componente i e ρ é a densidade da solução.

A viscosidade excesso foi determinada pela seguinte expressão:

$$\Delta\eta = \eta - (x_1\eta_1 + x_2\eta_2), \quad (6.2)$$

onde η_i e η são as viscosidades dinâmicas dos componentes puros e da solução, respectivamente.

Os valores experimentais das grandezas excesso foram ajustados através de um polinômio do tipo Redlich-Kister. Várias versões desses polinômios são encontradas na literatura para descrever o comportamento de funções excesso. No presente estudo utilizou-se a seguinte equação:

$$Y_m^E = x_2(1-x_2) \sum_{j=0}^{j=n} A_j (1-2x_2)^j \quad (6.3)$$

onde Y representa V_m^E ou $\Delta\eta$.

O desvio padrão foi determinado pela seguinte equação:

$$\sigma = [\sum \{Y_{(\text{expt})}^E - Y_{(\text{cal})}^E\}^2 / (N - n)]^{1/2} \quad (6.4)$$

na qual N é o número de dados experimentais e n é o número de coeficientes do polinômio.

Os resultados experimentais de densidade, propriedades volumétricas, viscosidade e viscosidade excesso estão apresentados nas Tabelas (A1-A52) do apêndice. Os coeficiente A_j encontram-se nas tabelas 3 e 4, juntamente com os valores do desvio padrão.

As figuras 1 - 7 mostram os valores do volume molar excesso em função da composição e temperatura. Para todos os sistemas estudados V_m^E é negativo em toda faixa de composição e torna-se mais negativo com o aumento da temperatura. A contração do volume molar excesso obedece a seguinte seqüência: 1-hexanol > 1-pentanol > 1-butanol > 1-propanol > metanol > etanol > 2-propanol. O comportamento negativo do V_m^E pode ser atribuído a fortes interações específicas ou interações químicas entre os componentes presentes nas soluções ou a efeitos estruturais decorrentes de acomodações das moléculas de um componente no outro causados pelas diferenças dos volumes molares e dos volumes livres entre os componentes presentes na solução. Valores negativos do volume molar excesso para sistemas contendo éteres e alcoóis têm sido explicados como uma consequência de ligações de hidrogênio e formação de complexo entre o éter (um composto não associado) e o álcool (um composto associado) (LETCHER e GOVENDER, 1997; KAMMERER et al., 2000; REZANOVA e LITCHENTHALER, 2000; ROY; SINHA; SINHA, 2005; CANOSA; RODRIGUEZ; TOJO, 1999; BERNAZZANI et al., 2001). Para todos os sistemas estudados o volume molar excesso torna-se mais negativo com o aumento da temperatura mas o efeito da temperatura no volume molar excesso é pequeno na faixa de temperatura estudada.

Tabela 3 Coeficientes A_i da equação (6.3) para o volume molar excesso a diferentes temperaturas.

T/K	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	σ
x_1 MTBE + (1 - x_1) metanol						
293,15	-2,59570	0,09562	-0,23221	0,03754	-0,41528	0,0051
298,15	-2,63650	0,07336	-0,25523	0,01441	-0,29686	0,0043
303,15	-2,68839	0,04957	-0,22449	0,02938	-0,34468	0,0044
308,15	-2,74517	0,03187	-0,19260	0,01924	-0,33951	0,0045
x_1 MTBE + (1 - x_1) etanol						
293,15	-2,04525	0,09305	0,00648	-0,00257	-0,70859	0,0046
298,15	-2,08841	0,08901	-0,04617	-0,01298	-0,62477	0,0047
303,15	-2,14148	0,07537	-0,02844	-0,05281	-0,63275	0,0048
308,15	-2,18778	0,03940	-0,01168	-0,05330	-0,63127	0,0048
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-propanol						
293,15	-2,57346	0,11002	-0,42496	-0,05369	-0,08385	0,0058
298,15	-2,61222	0,18073	-0,37116	-0,13837	-0,06786	0,0062
303,15	-2,70205	0,16763	-0,31866	-0,14427	-0,08440	0,0061
308,15	-2,77995	0,14392	-0,35750	-0,13833	-0,00777	0,0060
x_1 MTBE + (1 - x_1) 2-propanol						
293,15	-0,99241	0,02795	-0,25951	-0,01583	0,08312	0,0025
298,15	-1,00092	0,02538	-0,28163	-0,06918	0,10707	0,0023
303,15	-1,01190	0,00838	-0,22482	-0,07499	0,01186	0,0023
308,15	-1,01983	-0,00182	-0,17801	-0,15163	-0,06863	0,0023
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-butanol						
293,15	-2,75395	0,33185	-0,40562	-0,01575	0,04692	0,0032
298,15	-2,88547	0,36145	-0,27023	-0,03053	-0,10503	0,0025
303,15	-3,00008	0,36175	-0,25644	-0,03690	-0,11814	0,0027
308,15	-3,11881	0,36815	-0,24205	-0,04966	-0,11733	0,0027
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-pentanol						
293,15	-2,97845	0,53407	-0,32808	0,03327	-0,34187	0,0045
298,15	-3,12085	0,54330	-0,27431	0,09016	-0,35267	0,0041
303,15	-3,27151	0,57112	-0,31197	0,09066	-0,29329	0,0040
308,15	-3,43034	0,58786	-0,30160	0,10156	-0,28813	0,0040
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-hexanol						
293,15	-3,17770	0,70030	-0,33382	0,18147	-0,19868	0,0025
298,15	-3,34879	0,72498	-0,29009	0,17438	-0,29470	0,0032
303,15	-3,52392	0,75761	-0,31081	0,19544	-0,26920	0,0031
308,15	-3,71212	0,79848	-0,35760	0,20700	-0,21392	0,0026

* A_i e σ em $\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

Tabela 4 Coeficientes A_i da equação (6.3) para a viscosidade excesso a diferentes temperaturas

T/K	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	σ
x_1 MTBE + (1 - x_1) etanol						
293,15	-1,04564	-0,55764	-0,23949	-0,01233	0,03063	0,0014
298,15	-0,92498	-0,49285	-0,18975	0,00792	0,04998	0,0024
303,15	-0,81822	-0,43316	-0,10907	-0,06349	0,06759	0,0022
308,15	-0,75172	-0,36164	-0,12233	-0,02106	0,06286	0,0019
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-propanol						
293,15	-2,52398	-1,64501	-0,89851	-0,16151	0,02164	0,0059
298,15	-2,16055	-1,35635	-0,70668	-0,07454	-0,07862	0,0050
303,15	-1,82791	-1,07844	-0,39212	-0,13596	-0,29652	0,0056
308,15	-1,61218	-0,83837	-0,32007	-0,11871	-0,34538	0,0039
x_1 MTBE + (1 - x_1) 2-propanol						
293,15	-3,13982	-2,08413	-1,18218	-1,11686	-0,77070	0,0053
298,15	-2,58885	-1,68026	-0,91933	-0,84078	-0,57427	0,0049
303,15	-2,13387	-1,35497	-0,67874	-0,63180	-0,44287	0,0042
308,15	-1,79622	-1,10653	-0,41947	-0,40543	-0,43906	0,0038
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-butanol						
293,15	-3,54650	-2,06993	-1,06362	-0,56838	-0,22765	0,0032
298,15	-2,99103	-1,71588	-0,92784	-0,44488	-0,01186	0,0025
303,15	-2,53334	-1,44061	-0,76536	-0,30023	0,07313	0,0040
308,15	-2,16219	-1,14244	-0,65499	-0,26215	0,06605	0,0039
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-pentanol						
293,15	-5,00483	-2,88868	-1,42788	-0,80551	-0,53499	0,0019
298,15	-4,18170	-2,34102	-1,09697	-0,66538	-0,40066	0,0020
303,15	-3,48997	-1,89015	-0,81705	-0,50429	-0,31500	0,0032
308,15	-2,93978	-1,50809	-0,66513	-0,38280	-0,24953	0,0017
x_1 MTBE + (1 - x_1) 1-hexanol						
293,15	-6,89024	-3,84501	-1,99159	-0,88840	-0,23952	0,0030
298,15	-5,67470	-2,98867	-1,24293	-0,63945	-0,58663	0,0066
303,15	-4,68418	-2,36566	-0,82621	-0,45565	-0,56979	0,0075
308,15	-3,87641	-1,93356	-0,93662	-0,24897	-0,01762	0,0051

* A_i e σ em mPa.s

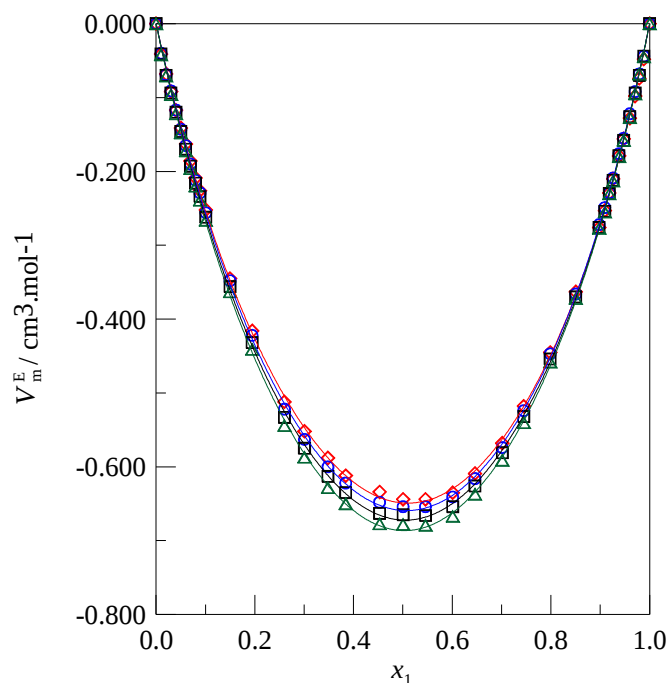


Figura 3 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

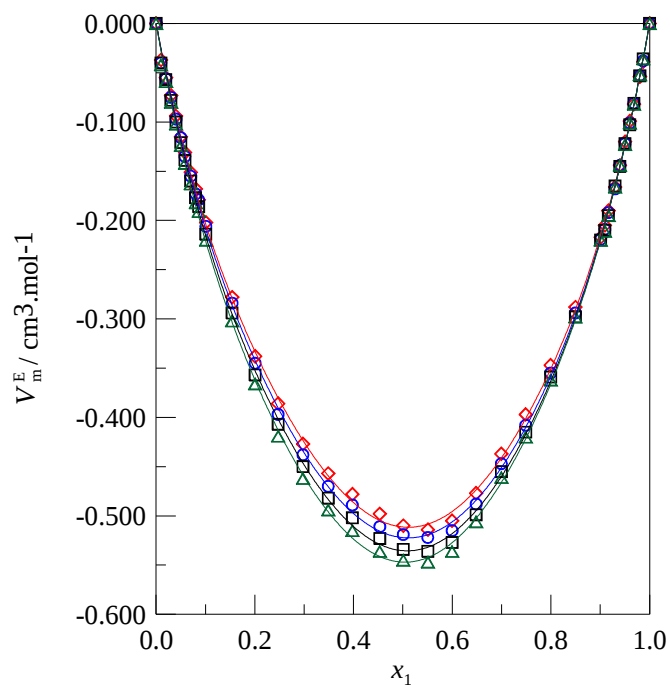


Figura 4 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

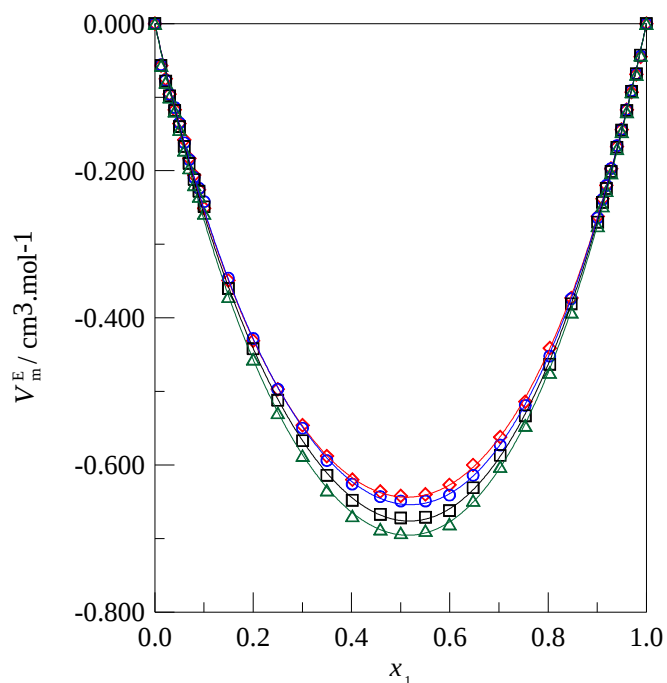


Figura 5 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

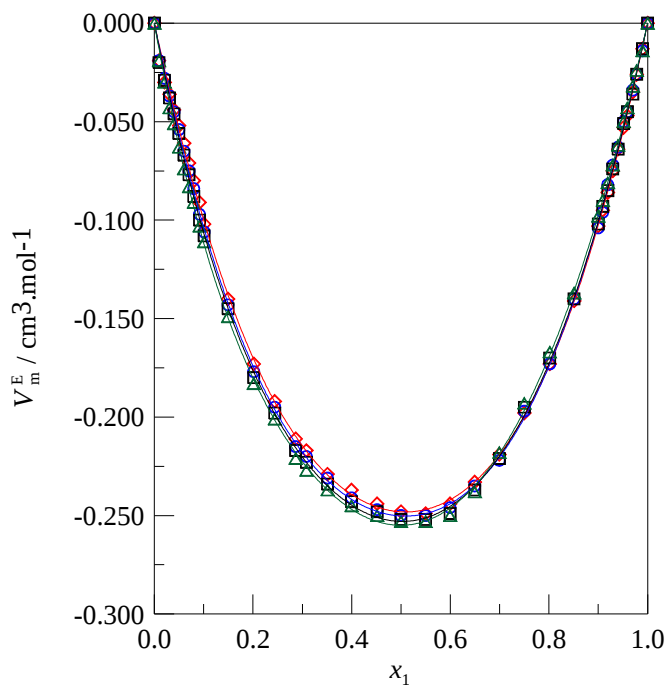


Figura 6 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

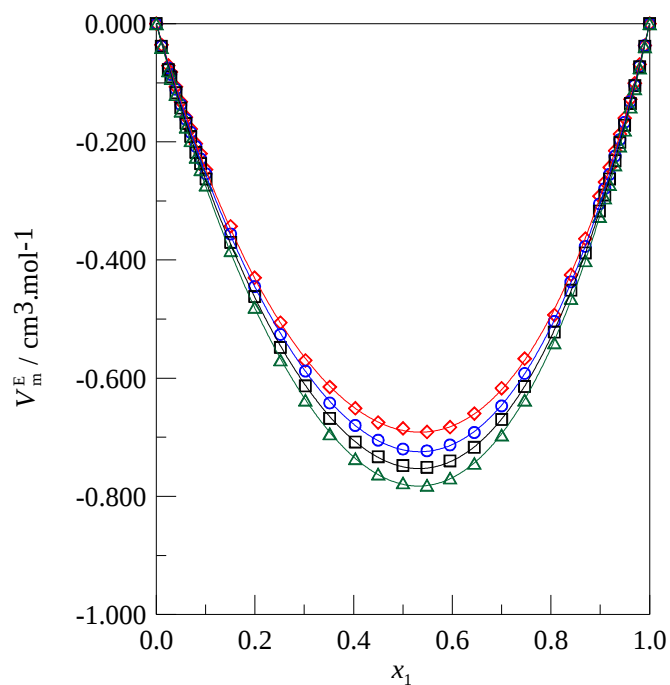


Figura 7 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3)

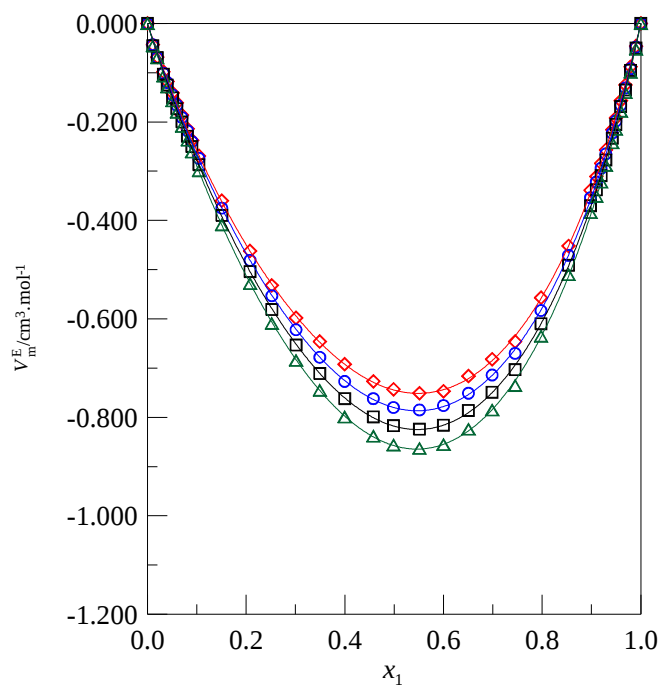


Figura 8 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

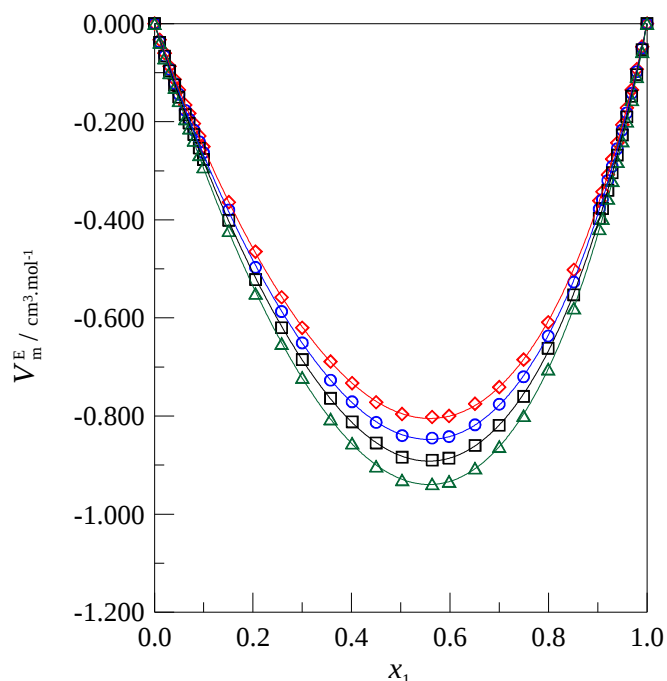


Figura 9 - Volume molar excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

As figuras 8 - 13 mostram os valores da viscosidade excesso em função da composição e temperatura. Uma vez que as viscosidades das soluções do sistema MTBE + Metanol eram próximas da incerteza do viscosímetro, não foi possível estudar a viscosidade excesso para esse sistema.

Para todos os sistemas estudados $\Delta\eta$ é negativo em toda faixa de composição e temperatura. A magnitude dos desvios negativos aumenta como o aumento da cadeia carbônica, isto é: 1-hexanol > 1-pentanol > 1-butanol > 2-propanol > 1-propanol > etanol. Os desvios negativos para a viscosidade excesso de sistemas têm sido explicados por muitos autores (NIKAM et al., 2000; ROY; SINHA; SINHA, 2005; AZNAREZ, HOLGADO, ARANCIBIA, 2006; GÓMEZ-MARIGLIANO et al., 2010) como consequência de interações específicas entre os componentes presentes na mistura. Os valores negativos da viscosidade excesso juntamente com os valores negativos do volume excesso fortalecem a hipótese de que os efeitos químicos podem ter uma grande contribuição para os valores negativos das grandezas excesso. A viscosidade excesso diminui (torna-se menos negativa) com o aumento da temperatura e, ao contrário do volume molar excesso, o efeito da temperatura é significativo no comportamento da viscosidade excesso

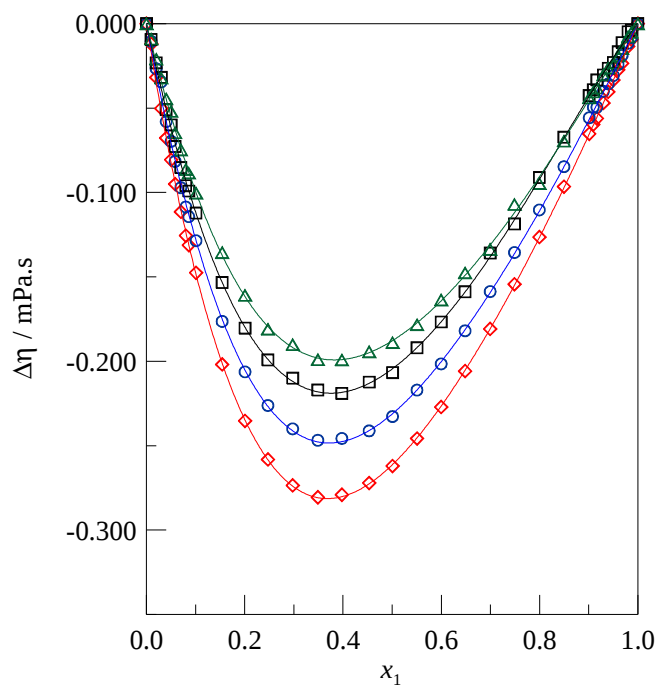


Figura 10 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

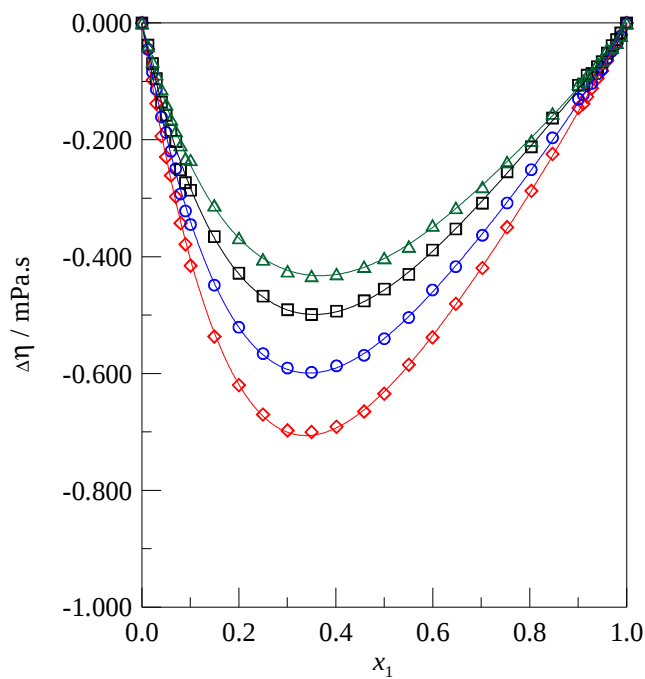


Figura 11 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

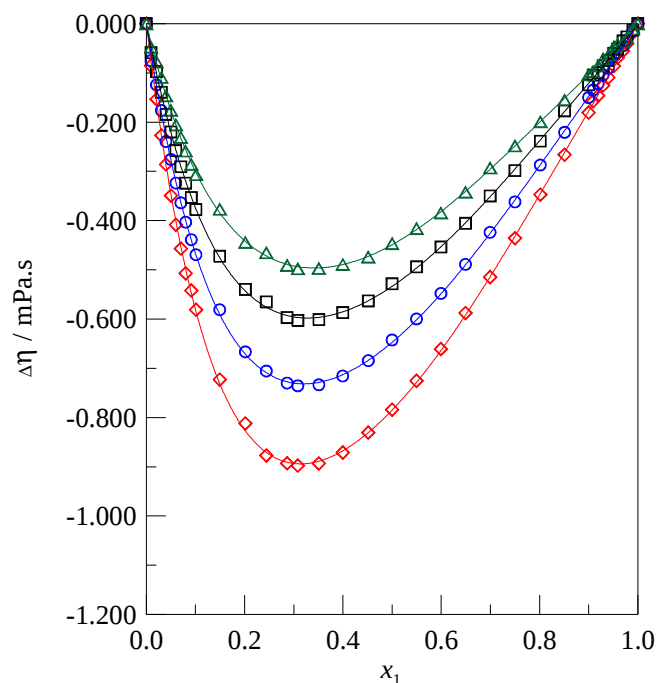


Figura 12 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

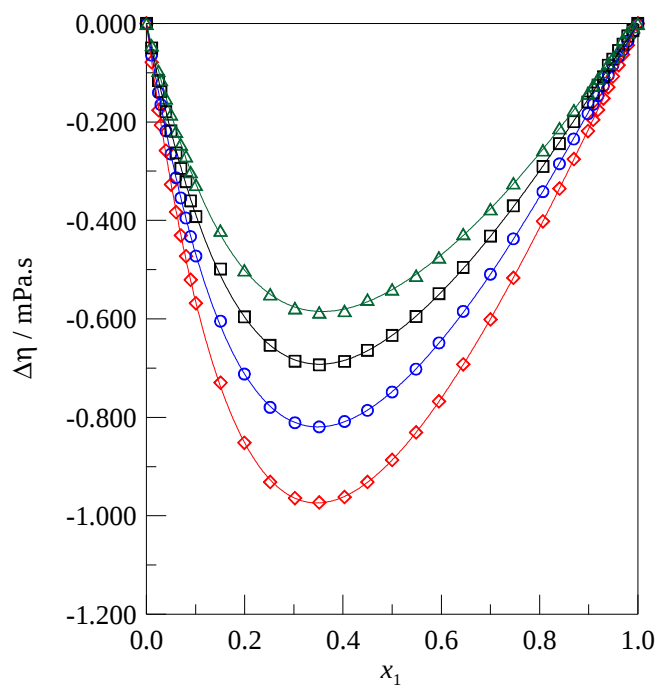


Figura 13 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

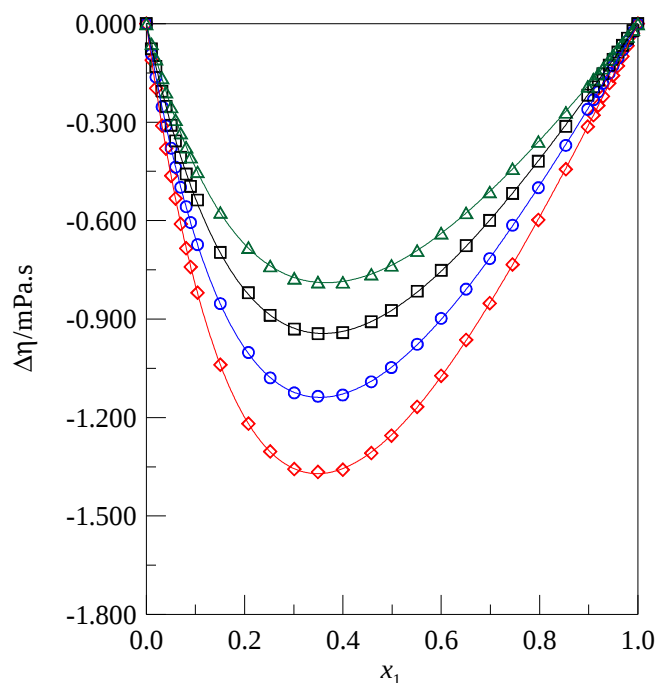


Figura 14 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

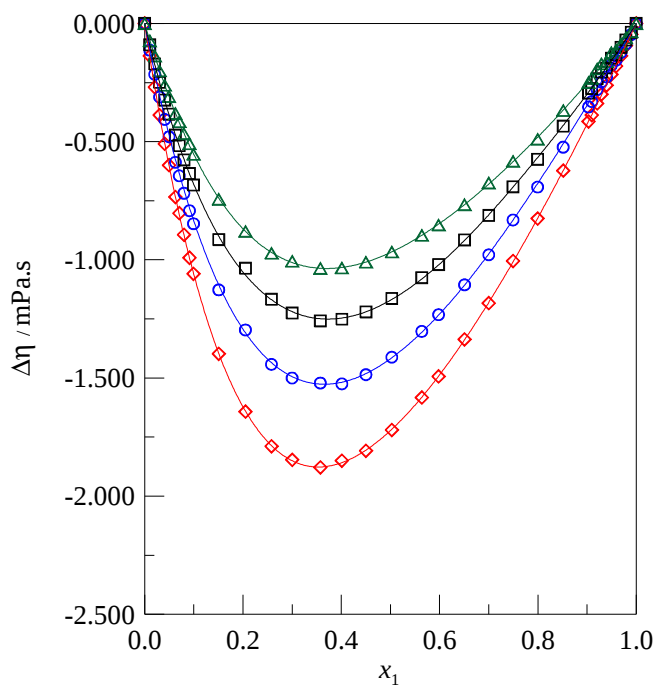


Figura 15 - Viscosidade excesso em função da composição para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica: $\diamond$ 293,15 K, $\circ$ 298,15 K, $\square$ 303,15 K, $\triangle$ 308,15 K. As linhas sólidas representam a correlação pela equação (6.3).

Os volumes parciais molares excesso, $\bar{V}_1^E = (\bar{V}_1 - V_1^o)$ e $\bar{V}_2^E = (\bar{V}_2 - V_2^o)$, foram calculados a partir do V_m^E e dos volumes molares dos componentes puros. Os volumes parciais molares, $\bar{V}_1$ e $\bar{V}_2$, foram calculados utilizando as seguintes equações:

$$\bar{V}_1 = V_m^E + V_1^o - x_2 \left(\partial V_m^E / \partial x_2 \right)_{p,T} \quad (6.5)$$

$$\bar{V}_2 = V_m^E + V_2^o + (1 - x_2) \left(\partial V_m^E / \partial x_2 \right)_{p,T} \quad (6.6)$$

Diferenciando a Eq. (6.3) em relação a x_2 e combinando os resultados da diferenciação com as Eqs. (6.5) e (6.6), obtêm-se as seguintes equações para os volumes parciais molares do componente 1 ($\bar{V}_1$) e do componente 2 ($\bar{V}_2$):

$$\bar{V}_1 = V_1^o + x_2^2 \sum_{j=0}^{j=n} A_j (1 - 2x_2)^j + 2x_2^2 (1 - x_2) \sum_{j=0}^{j=n} A_j(j) (1 - 2x_2)^{j-1} \quad (6.7)$$

e

$$\bar{V}_2 = V_2^o + (1 - x_2)^2 \sum_{j=0}^{j=n} A_j (1 - 2x_2)^j - 2x_2 (1 - x_2)^2 \sum_{j=0}^{j=n} A_j(j) (1 - 2x_2)^{j-1} \quad (6.8)$$

Parte do interesse deste trabalho consistirá no cálculo do volume parcial molar à diluição infinita dos componentes. As grandezas parciais à diluição infinita são de interesse, uma vez que, à diluição infinita a interação soluto-soluto desaparece. Os valores das grandezas parciais à diluição infinita proporcionam informações a respeito da interação soluto-solvente independentemente do efeito da composição. Portanto, da Eq. (6.7), tomando $x_2 = 1$ e $x_1 = 0$, obtém-se:

$$\bar{V}_1^\infty = V_1^o + \sum_{j=0}^{j=n} A_j (-1)^j. \quad (6.9)$$

Analogamente, tomando $x_2 = 0$ na Eq. (6.8), obtém-se:

$$\bar{V}_2^\infty = V_2^o + \sum_{j=0}^{j=n} A_j. \quad (6.10)$$

As Eqs. (6.9) e (6.10) representam, respectivamente, os volumes parciais molares do componente 1 ($\bar{V}_1^\infty$) e do componente 2 ($\bar{V}_2^\infty$) à diluição infinita. Sabe-se, entretanto, que a equação de Redlich-Kister e suas derivadas nem sempre proporcionam a melhor

representação dessas grandezas à diluição infinita. Será usada outra aproximação para o cálculo dessas grandezas, a qual poderá ser mais conveniente e mais exata, calculando os volumes parciais molares à diluição infinita através dos volumes molares aparentes.

O volume molar aparente do componente 1, (V_{ϕ_1}), e o volume molar aparente do componente 2, (V_{ϕ_2}), podem ser expressos como:

$$V_{\phi_1} = (V_m - x_2 V_2^0) / x_1 \quad (6.11)$$

e

$$V_{\phi_2} = (V_m - x_1 V_1^0) / x_2 \quad (6.12)$$

Os volumes molares aparentes podem ser expressos, em função do volume molar excesso, através das seguintes equações:

$$V_{\phi_1} = V_1^0 + (V_m^E / x_1) \quad (6.13)$$

e

$$V_{\phi_2} = V_2^0 + (V_m^E / x_2). \quad (6.14)$$

Uma extrapolação gráfica ou analítica do V_{ϕ_1} para $x_1 = 0$ ($x_2 = 1$) levará ao valor desejado do $\bar{V}_1^\infty$ e uma extrapolação do V_{ϕ_2} para $x_2 = 0$ ($x_1 = 1$) levará ao valor desejável do $\bar{V}_2^\infty$. O volume parcial molar à diluição infinita será também calculado a partir do volume molar excesso usando um método baseado na extrapolação do “volume reduzido”. Esse método será obtido rearranjando a Eq. (6.13) e dividindo por x_2 :

$$V_m^E / x_1 x_2 = (V_{\phi_1} - V_1^0) / x_2. \quad (6.15)$$

A extrapolação linear do “volume reduzido” representado por $V_m^E / x_1 x_2$ para $x_1 = 0$ levará ao valor desejado do $\bar{V}_1^\infty$. Para uma extrapolação semelhante do $V_m^E / x_1 x_2$ para $x_2 = 1$ obtém-se $\bar{V}_2^\infty$. O método de obtenção do $\bar{V}_1^\infty$ e $\bar{V}_2^\infty$ utilizando as Eqs. (6.9) e (6.10), pela extrapolação do V_{ϕ_1} e V_{ϕ_2} ou pela extrapolação do $V_m^E / x_1 x_2$ para $x_1 = 0$ ou 1 deverão levar a valores equivalentes dos volumes parciais molares à diluição infinita.

Os valores dos volumes parciais molares à diluição infinita calculados pelos três métodos assim como os valores dos volumes parciais molares excesso à diluição infinita são apresentados nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 Volume parcial molar e volume parcial molar excesso à diluição infinita do MTBE nos Alcoóis à diferentes temperaturas e à pressão atmosférica

T / K	V_1^o $\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\bar{V}_1^{oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.9)	$\bar{V}_1^{oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.13)	$\bar{V}_1^{oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.15)	$\bar{V}_1^{E,oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.7)
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}$					
293,15	119,04	115,66	114,44	114,46	-3,116
298,15	119,88	116,60	115,35	115,40	-3,104
303,15	120,75	117,41	116,16	116,19	-3,182
308,15	121,64	118,31	116,98	116,97	-3,229
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}$					
293,15	119,03	116,19	114,67	114,65	-2,670
298,15	119,87	117,04	115,17	115,12	-2,695
303,15	120,74	117,92	116,00	116,03	-2,792
308,15	121,63	118,82	116,73	116,66	-2,856
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}$					
293,15	119,03	115,89	113,65	113,63	-3,025
298,15	119,87	116,77	114,57	114,57	-3,009
303,15	120,74	117,61	115,44	115,36	-3,082
308,15	121,63	118,48	116,31	116,29	-3,137
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}$					
293,15	119,03	117,84	116,64	116,63	-1,143
298,15	119,87	118,74	117,55	117,52	-1,207
303,15	120,74	119,58	118,33	118,25	-1,281
308,15	121,63	120,52	119,31	119,37	-1,414
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}$					
293,15	119,01	115,58	115,16	115,17	-2,792
298,15	119,86	116,27	115,85	115,80	-2,928
303,15	120,73	117,03	116,71	116,74	-3,048
308,15	121,62	117,82	117,38	117,39	-3,158
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}$					
293,15	119,01	114,79	114,53	114,47	-3,085
298,15	119,85	115,47	115,36	115,36	-3,117
303,15	120,72	116,18	116,06	116,03	-3,216
308,15	121,61	116,90	116,93	116,87	-3,331
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}$					
293,15	119,01	114,42	115,67	115,67	-2,827
298,15	119,86	115,02	115,95	116,01	-3,035
303,15	120,73	115,67	116,86	116,82	-3,150
308,15	121,62	116,33	117,75	117,74	-3,275

Tabela 6 Volume parcial molar e volume parcial molar excesso à diluição infinita dos Alcoóis no MTBE à diferentes temperaturas e à pressão atmosférica.

T / K	$V_2^o / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\bar{V}_2^{oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.10)	$\bar{V}_2^{oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.14)	$\bar{V}_2^{oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.15)	$\bar{V}_2^{E,oo} / \text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ Equação (6.18)
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}$					
293,15	40,49	37,38	35,95	36,66	-3,280
298,15	40,73	37,63	36,69	37,22	-3,202
303,15	40,98	37,80	36,93	37,40	-3,255
308,15	41,23	38,00	37,17	37,63	-3,250
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}$					
293,15	58,35	55,69	55,18	55,48	-2,708
298,15	58,67	55,98	55,54	55,94	-2,719
303,15	58,99	56,21	56,11	56,23	-2,713
308,15	59,32	56,48	56,50	56,58	-2,707
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}$					
293,15	74,80	71,77	70,57	70,53	-3,098
298,15	75,16	72,15	71,00	70,99	-3,067
303,15	75,55	72,46	71,49	71,52	-3,103
308,15	75,93	72,79	71,99	71,92	-3,135
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}$					
293,15	76,54	75,38	75,18	75,24	-1,177
298,15	76,95	75,73	75,46	75,48	-1,137
303,15	77,37	76,08	76,07	76,07	-1,151
308,15	77,81	76,39	76,30	76,31	-1,104
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}$					
293,15	91,55	88,75	87,62	87,61	-3,403
298,15	91,98	89,05	87,99	88,06	-3,549
303,15	92,42	89,37	88,37	88,37	-3,656
308,15	92,87	89,71	88,79	88,76	-3,754
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}$					
293,15	108,24	105,16	103,24	103,25	-4,118
298,15	108,72	105,61	103,56	103,53	-4,278
303,15	109,22	106,00	103,81	103,79	-4,442
308,15	109,72	106,39	104,10	104,07	-4,613
$x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}$					
293,15	124,78	121,95	119,95	119,99	-4,503
298,15	125,32	122,29	120,17	120,21	-4,731
303,15	125,88	122,73	120,35	120,40	-4,956
308,15	126,44	123,16	120,58	120,52	-5,192

Os resultados experimentais de V_m^E foram usados para testar a aplicabilidade do modelo ERAS para todas sistemas estudados. Os parâmetros dos componentes puros usados nos cálculos do modelo encontram-se na tabela 7. Estudos têm mostrado que os valores de Δh_B^* e Δv_B^* para os alcoóis são, respectivamente, $-25,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ e $-5,6 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$. Os parâmetros das associações cruzadas K_{AB} , Δv_{AB}^* e χ_{AB} , podem ser vistos na tabela 8. Os valores destes parâmetros apresentam coerência com os valores apresentados por outros autores que testaram o modelo ERAS para descrever grandezas excesso de sistemas contendo éteres e alcoóis.

As figuras 14 – 20 mostram os valores experimentais de V_m^E e os cálculos do Modelo ERAS. A contribuição química é negativa para todas as temperaturas e para todos os sistemas estudados. Já a contribuição física apresenta valores positivos para quase todos os sistemas. Na luz do modelo, ambas as contribuições (física e química) são importantes para o modelo descrever os resultados experimentais do volume molar excesso. A soma dessas contribuições permitiu ao modelo ERAS descrever de forma satisfatória os resultados experimentais.

Tabela 7 Propriedades e parâmetros dos componentes puros: Constante de associação, K ; pressão característica, P^* ; volume molar, V ; volume característico, V^* ; coeficiente de expansão térmica, β ; compressibilidade isotérmica, κ ; relação área/volume, S .

Componente	$T(K)$	K	P^* (J cm ⁻³)	V (cm ³ mol ⁻¹)	V^* (cm ³ mol ⁻¹)	β (x10 ⁴ K ⁻¹)	κ (x10 ⁴ MPa ⁻¹)	S (nm ⁻¹)
MTBE	293,15	0	525,1 ^p	119,26 ^p	89,38 ^p	14,75 ^p	14,45 ^p	14,71 ^a
	298,15	0	485,1 ^p	119,91 ^a	90,29 ^b	14,20 ^b	15,39 ^b	14,71 ^a
	303,15	0	445,1 ^p	120,56 ^p	91,2 ^p	13,65 ^p	16,32 ^p	14,71 ^a
	308,15	0	405,1 ^b	121,21 ^b	92,10 ^b	13,10 ^b	17,26 ^b	14,71 ^a
Metanol	293,15	1175 ^c	424,3 ^c	40,47 ^c	32,06 ^c	11,80 ^c	12,10 ^c	16,49 ^f
	298,15	986 ^d	423,1 ^d	40,72 ^d	32,13 ^e	11,89 ^d	12,48 ^d	16,49 ^f
	303,15	834 ^e	418 ^e	41,02 ^e	32,23 ^e	11,95 ^e	12,92 ^e	16,49 ^f
	308,15	657 ^p	415,5 ^p	41,28 ^p	32,31 ^p	12,03 ^p	13,32 ^p	16,49 ^f
Etanol	293,15	377 ^d	422,7 ^d	58,37 ^d	46,8 ^d	11,2 ^d	11,05 ^d	15,22 ^g
	298,15	317 ^h	413 ^h	58,66 ^h	46,90 ^h	11,20 ^h	11,53 ^h	15,22 ^g
	303,15	267 ^d	403,9 ^d	58,99 ^d	47,1 ^d	11,2 ^d	11,95 ^d	15,22 ^g
	308,15	228 ^g	397,6 ⁱ	59,33 ⁱ	47,25 ^g	11,16 ⁱ	12,30 ⁱ	15,22 ^g
1-Propanol	293,15	235 ^c	428,4 ^c	74,78 ^c	60,90 ^c	10,2 ^c	9,55 ^c	14,90 ^j
	298,15	197 ^h	414,1 ^d	75,12 ^h	61,09 ^h	10,2 ^d	10,06 ^h	14,90 ^j
	303,15	166 ^c	399,8 ^c	75,54 ^c	61,30 ^c	10,2 ^c	10,57 ^c	14,90 ^j
	308,15	130,4 ^p	385,5 ^p	75,9 ^p	61,5 ^p	10,2 ^p	11,08 ^p	14,90 ^j
2-Propanol	293,15	156 ^o	399,0 ^c	76,58 ^c	61,97 ^c	10,53 ^c	10,81 ^c	14,87 ^f
	298,15	131 ^h	380 ^h	76,95 ^h	62,31 ^h	10,60 ^h	11,30 ^h	14,87 ^f
	303,15	111 ^k	383 ^k	77,40 ^c	62,04 ^k	10,68 ^a	11,82 ^a	14,87 ^f
	308,15	87,6 ^p	375 ^p	77,8 ^p	62,23 ^p	10,75 ^p	12,32 ^p	14,87 ^f
1-Butanol	293,15	209 ^c	432,6 ^c	91,56 ^c	75,62 ^c	9,24 ^c	9,34 ^c	14,56 ^c
	298,15	175 ^d	396,7 ^d	91,98 ^d	75,7 ^d	9,32 ^d	9,42 ^d	14,56 ^c
	303,15	148 ^c	412,8 ^c	92,43 ^c	75,77 ^c	9,39 ^c	9,49 ^c	14,56 ^c
	308,15	116,3 ^p	404,4 ^a	92,86 ^p	75,84 ^p	9,46 ^p	9,56 ^p	14,56 ^c
1-Pentanol	293,15	140 ^p	447,2 ^p	108,22 ^p	88,95 ^p	8,6 ^p	8,55 ^p	14,33 ⁿ
	298,15	135 ^l	436,1 ^m	108,7 ^m	89,2 ^m	9,000 ^l	8,820 ^l	14,33 ⁿ
	303,15	130 ⁿ	425 ⁿ	109,18 ⁿ	89,45 ⁿ	9,39 ⁿ	9,09 ⁿ	14,33 ⁿ
	308,15	125 ^p	413,9 ^p	109,66 ^p	89,7 ^p	9,78 ^p	9,36 ^p	14,33 ⁿ
1-Hexanol	293,15	138 ^p	381 ^p	125,68 ^p	104,92 ^p	8,08 ^p	8,09 ^p	14,18 ⁿ
	298,15	120 ^h	405 ^h	125,26 ^h	104,27 ^h	8,58 ^h	8,36 ^h	14,18 ⁿ
	303,15	102 ⁿ	429 ⁿ	125,84 ⁿ	103,62 ⁿ	9,08 ⁿ	8,63 ⁿ	14,18 ⁿ
	308,15	84 ^p	453 ^p	126,42 ^p	102,97 ^p	9,58 ^p	8,9 ^p	14,18 ⁿ

^aRef. [Bich et al], ^bRef. [Domanska], ^cRef. [Tôres et al], ^dRef. [Funke et al], ^eRef. [Jain et al], ^fRef. [Rezanova et al], ^gRef. [García-Miaja et al], ^hRef. [Heintz], ⁱRef. [Bender e Heintz], ^jRef. [Mohren e Heintz], ^kRef. [Oswal et al], ^lRef. [Galvão e Francesconi], ^mRef. [Hofman e Casanova], ⁿRef. [Oswal], ^oCalculado da equação (4.7), ^pEstimado.

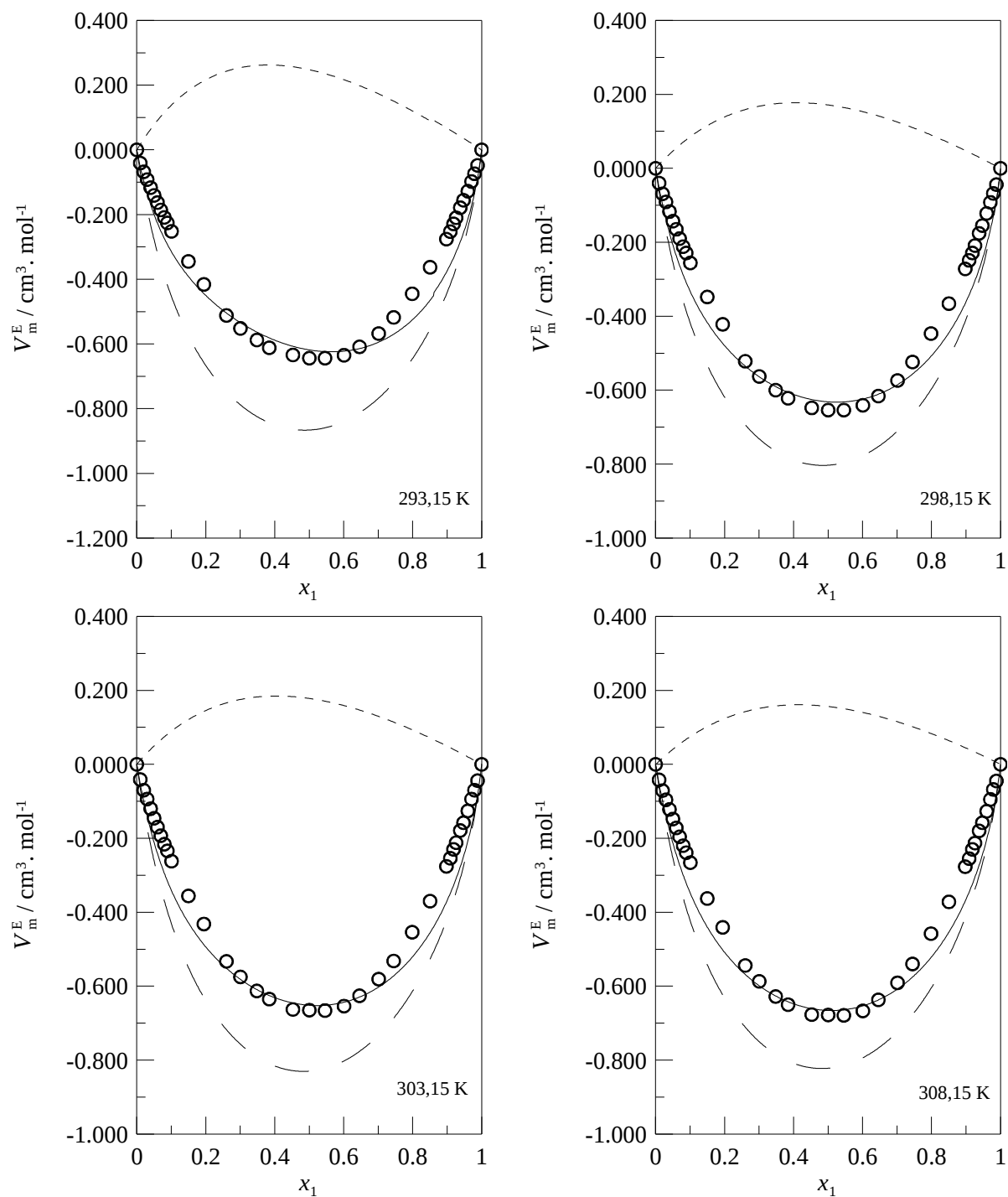


Figura 16 – Valores de V_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— · —) Contribuição Química.

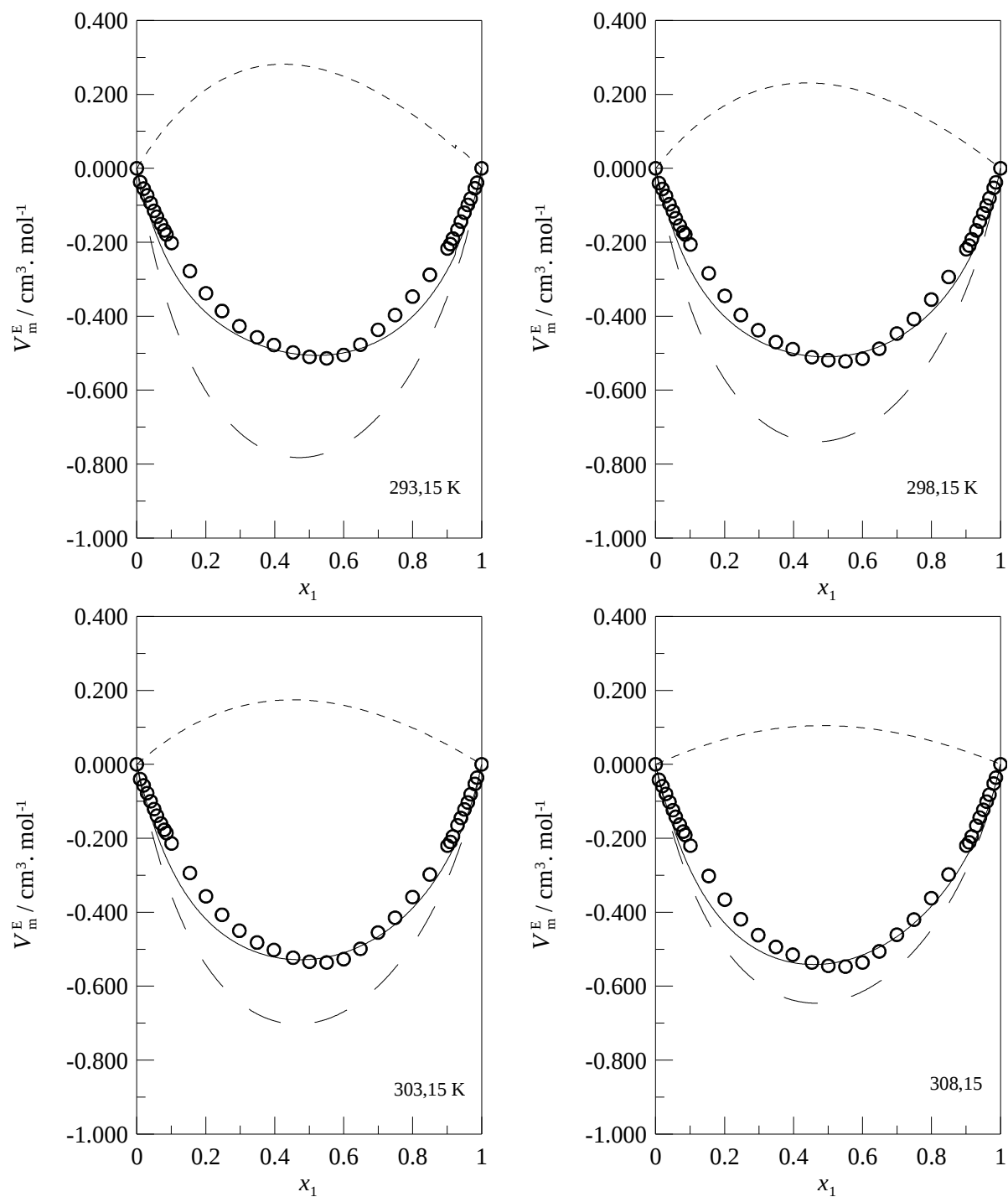


Figura 17 - Valores de V_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— · —) Contribuição Química.

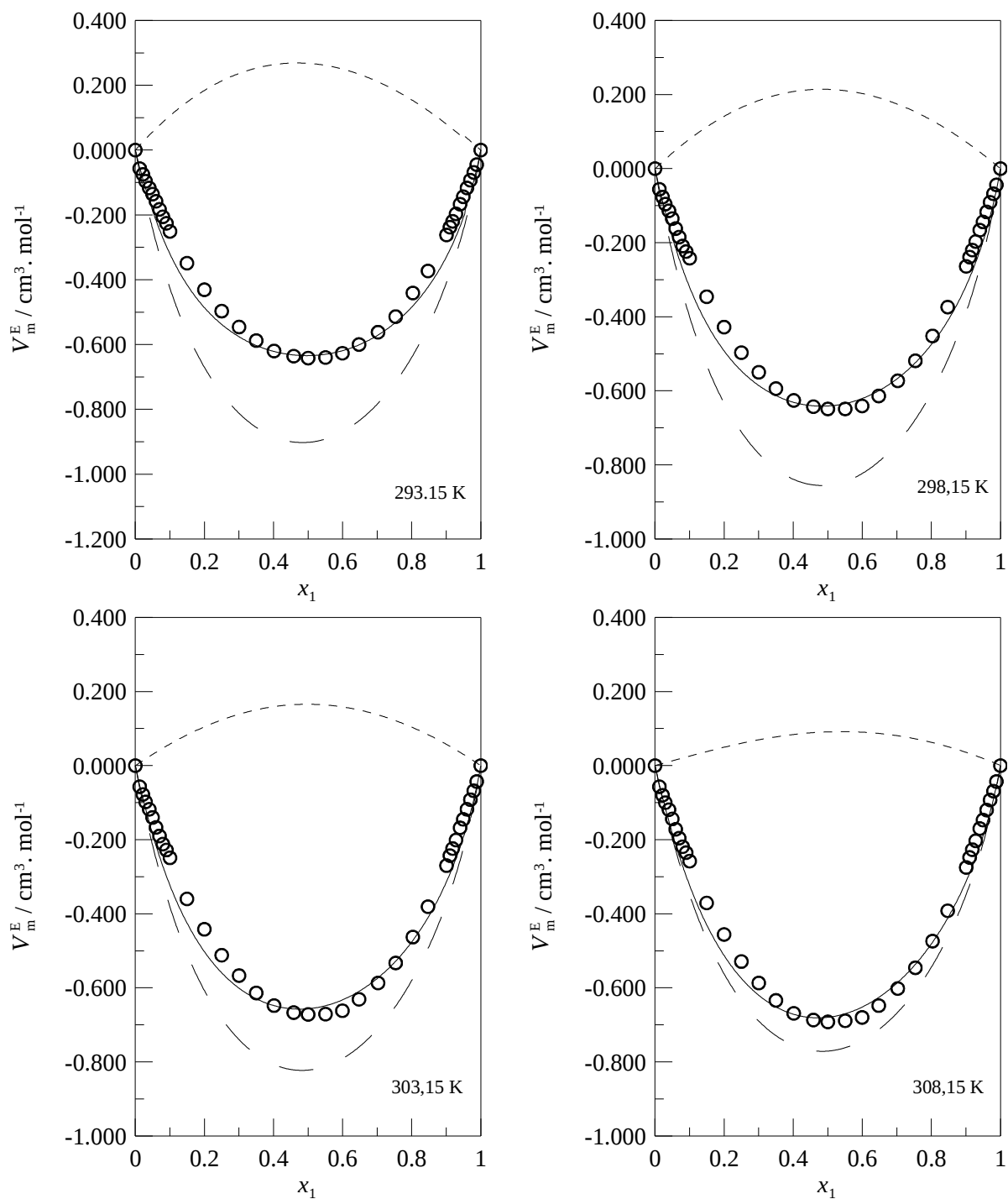


Figura 18 - Valores de V_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— · —) Contribuição Química.

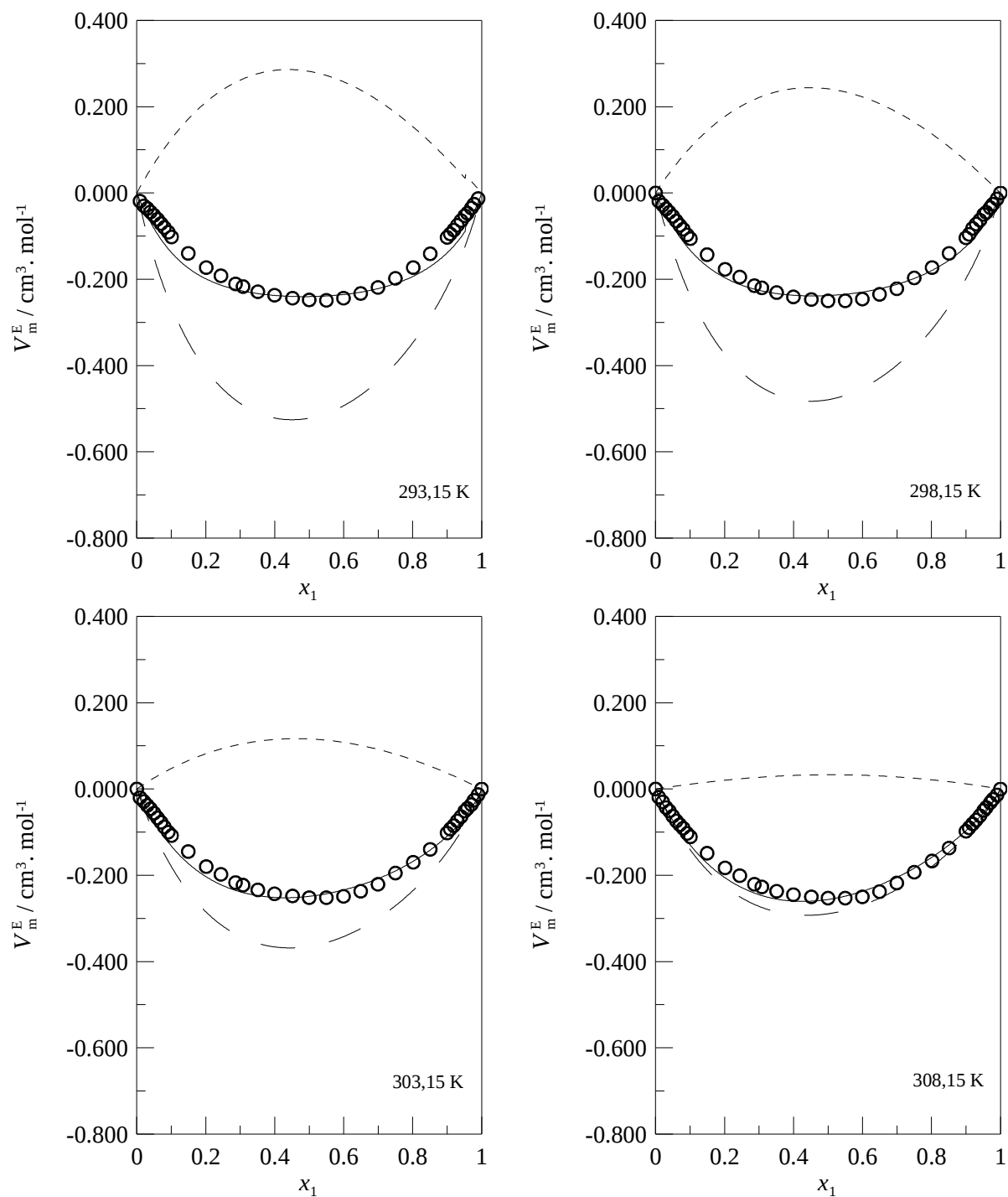


Figura 19 - Valores de V_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— · —) Contribuição Química.

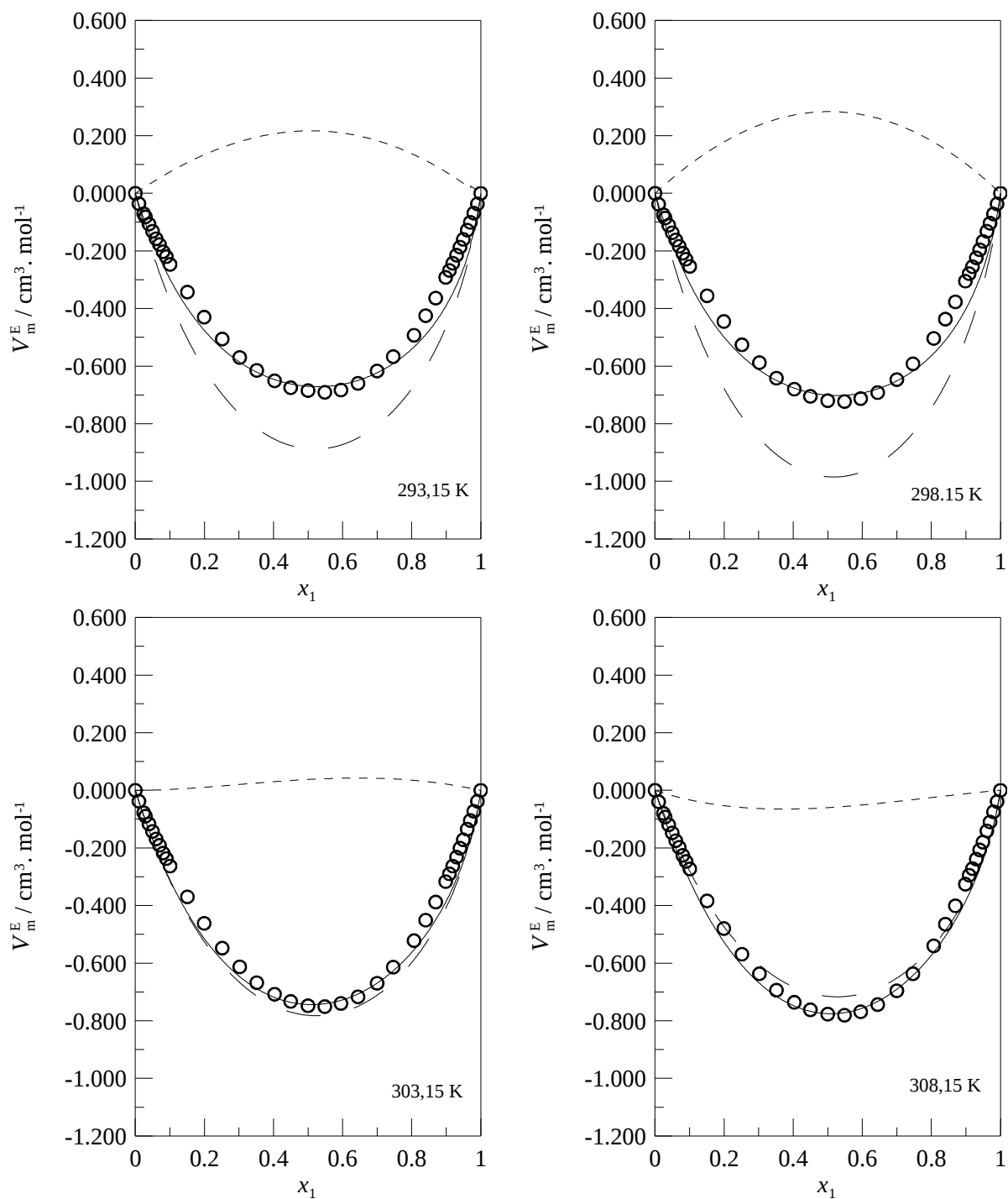


Figura 20 - Valores de V_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— · —) Contribuição Química.

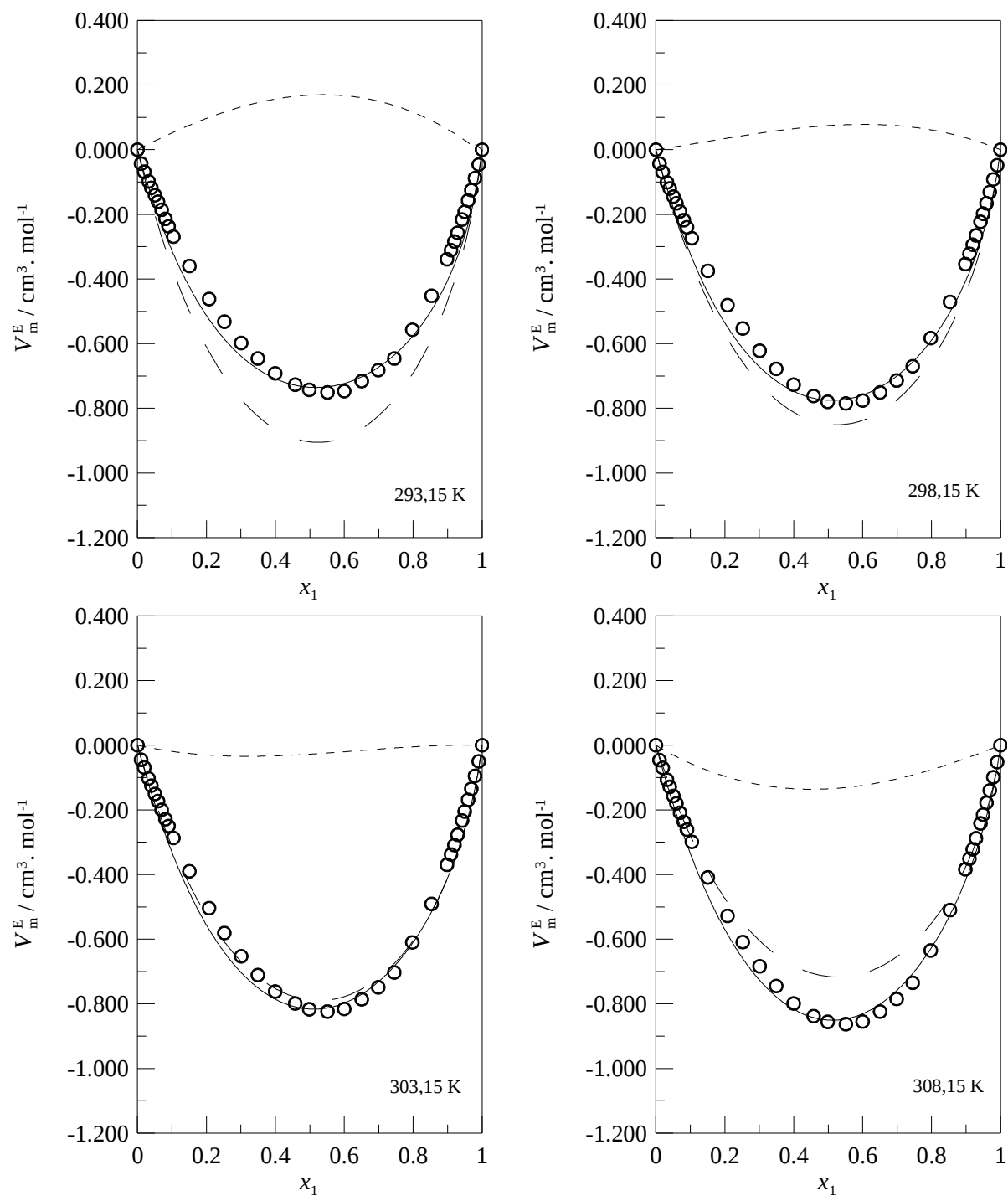


Figura 21 - Valores de V_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (- · -) Contribuição Química.

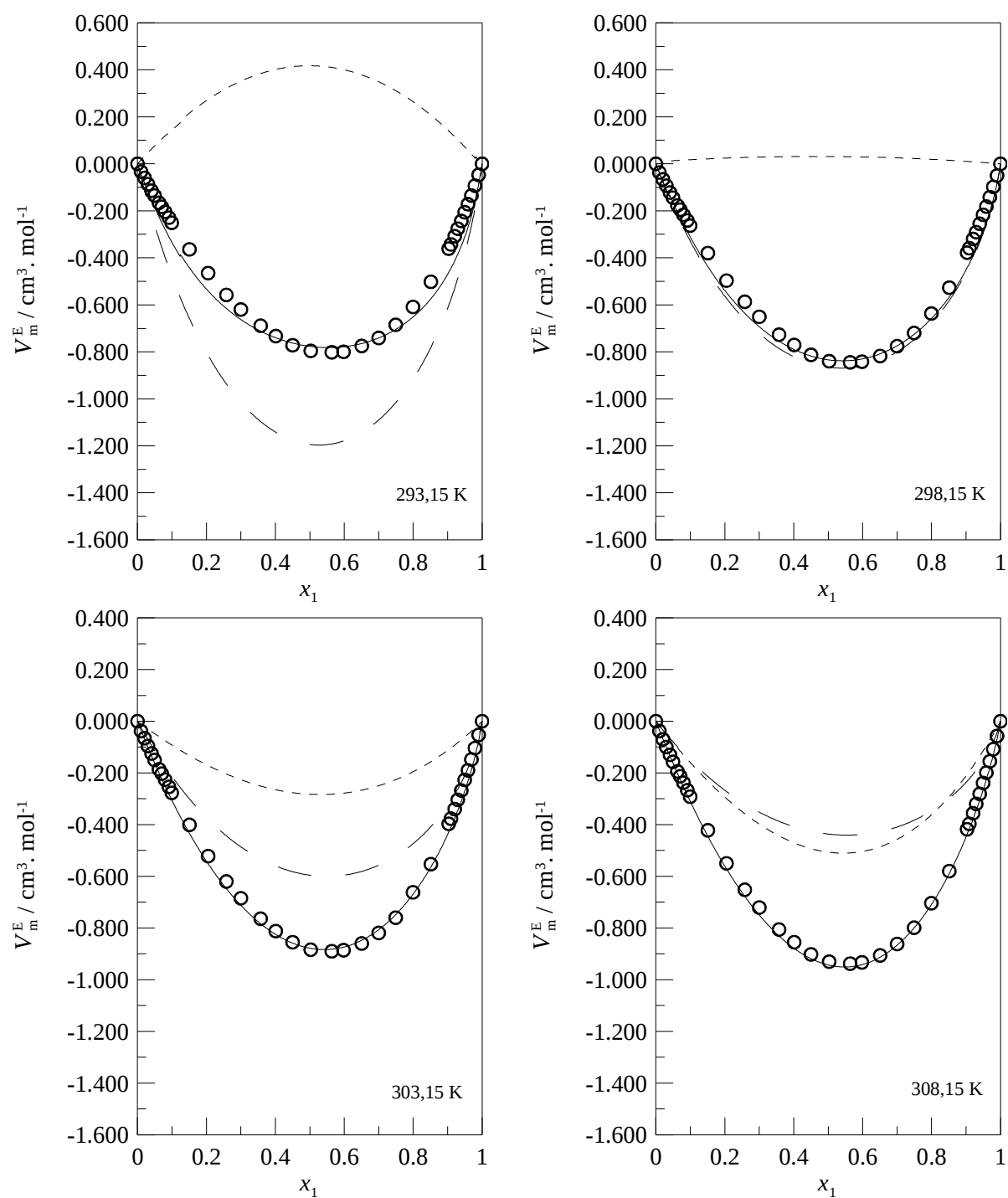


Figura 22 - Valores de V_m^E em função da fração molar do MTBE a diferentes temperaturas para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$. (O) Experimental; (—) Modelo ERAS; (---) Contribuição Física; (— · —) Contribuição Química.

Tabela 8 Parâmetros de interação do modelo ERAS para soluções binárias de MTBE + álcool a diferentes temperaturas e à pressão atmosférica

Sistema	T (K)	K_{AB}	$\Delta v_{AB}^* / \text{cm}^3 \text{mol}^{-1}$	$\chi_{AB} / \text{J cm}^{-3}$
MTBE + Metanol	293,15	16,1	-12,9	12,0
	298,15	12,0	-12,9	12,0
	303,15	11,4	-12,9	12,0
	308,15	9,4	-12,9	12,0
MTBE + Etanol	293,15	24,8	-9,1	10,0
	298,15	18,9	-9,1	10,0
	303,15	14,6	-9,1	10,0
	308,15	10,7	-9,1	10,0
MTBE + 1-Propanol	293,15	19,8	-9,7	10,0
	298,15	15,1	-9,7	10,0
	303,15	12,2	-9,7	10,0
	308,15	8,8	-9,7	10,0
MTBE + 2-Propanol	293,15	12,8	-7,6	3,0
	298,15	9,4	-7,6	3,0
	303,15	5,5	-7,6	3,0
	308,15	3,5	-7,6	3,0
MTBE + 1-Butanol	293,15	7,0	-13,1	10,0
	298,15	7,4	-13,1	10,0
	303,15	4,5	-13,1	10,0
	308,15	3,4	-13,1	10,0
MTBE + 1-Pentanol	293,15	6,7	-12,7	10,0
	298,15	5,9	-12,7	10,0
	303,15	5,1	-12,7	10,0
	308,15	4,3	-12,7	10,0
MTBE + 1-Hexanol	293,15	11,2	-13,2	2,0
	298,15	5,7	-13,2	2,0
	303,15	2,9	-13,2	2,0
	308,15	1,8	-13,2	2,0

7 CONCLUSÕES

Os valores negativos para as grandezas excesso das soluções estudadas neste trabalho pode ser consequência, principalmente, de efeitos estruturais e efeitos específicos.

Os efeitos estruturais são resultantes das acomodações intersticiais em virtude das diferenças nos volumes molares e nos volumes livres dos diferentes componentes presentes na solução. No presente estudo, o volume molar do MTBE é consideravelmente maior dos que os volumes molares dos alcoóis, a exceção ocorre com o 1-hexanol.

Os efeitos específicos decorrentes de ligações de hidrogênio e a formação de complexos entre o MTBE e os alcoóis podem ter contribuído para o resultado negativo das grandezas excesso. Esta hipótese tem sido compartilhada por outros autores (KAMMERER et al., 1999; GÓMEZ-MARIGLIANO et al., 2010). Um estudo sistemático da entalpia excesso e da energia de Gibbs excesso poderia contribuir para o fortalecimento dessa hipótese. Entretanto, não foi encontrado um estudo sistemático dessas grandezas excesso para os sistemas estudados no presente trabalho.

Os valores menores dos volumes parciais molares à diluição infinita dos componentes presentes nos sistemas quando comparado aos respectivos volumes molares dos componentes puro e os valores negativos dos volumes parciais molares excesso à diluição infinita podem também corroborar as hipóteses acima.

O modelo ERAS foi capaz de prever qualitativa e quantitativamente de forma satisfatória os resultados experimentais do volume molar excesso para todos os sistemas estudados. Para a descrição do modelo, as contribuições físicas e químicas tiveram um papel importante no desempenho do modelo.

Para trabalhos futuros é proposto um estudo experimental e o teste do modelo ERAS para a entalpia excesso e para a energia de Gibbs molar excesso para todos os sistemas estudados neste trabalho.

Como outra sugestão propõe-se um estudo experimental e de modelagem de grandezas excesso para sistemas contendo MTBE e aminas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACREE, W. E. Thermodynamics Properties of Nonelectrolyte Solutions, **Academic Press** (1984).

AGUIRRE-ODE, F., Thermodynamics of Associated Solution with Volume Effects. **Fluid Phase Equilibria**, v. 13, p. 321-329, 1983.

ALI, A.; HYDER, S.; NAIN, A. K. Studies on molecular interactions in binary liquid mixtures by viscosity and ultrasonic velocity measurements at 303.15 K. **Journal of Molecular Liquids**, v. 79, p. 89-99, 1999.

ALONSO-TRISTÁN, C.; SEGOVIA, J. J.; CHAMORRO, C. R.; MONTERO, E. A.; VILLAMAÑÁN, M. A. Vapour-liquid equilibrium of octane enhancing additives in gasolines 7: Total pressure data and G^E for the ternary mixture tert-amyl methyl ether (TAME), methanol and hexane at 313.15 K. **Fluid Phase Equilibria**, v. 245, p. 52-56, 2006.

AL-JIMAZ, A. S.; AL-KANDARY, J. A., ABDUL-LATIF, A.-H. M.. Densities and viscosities for binary mixtures of phenetole with 1-pentanol, 1-hexanol, 1-heptanol, 1-octanol, 1-nonanol, and 1-decanol at different temperatures. **Fluid Phase Equilibria**, v. 218, p. 247-260, 2004.

AZNAREZ, S.; DE RUIZ HOLGADO, M. M. E. F.; ARANCIBIA, E. L. Viscosities of mixtures of 2-alkanols with tetraethyleneglycol dimethyl ether at different temperatures. **Journal of Molecular Liquids**, v. 124, p. 78-83, 2006.

BENDER, M.; HEINTZ, A. Thermodynamics of 1-alkanol + n-alkane mixtures based on predictions of the eras model. **Fluid Phase Equilibria**, v. 89, n. 1, p. 197-215, 1993.

BERNAZZANI, L.; CECCANTI, N.; CONTI, G.; GIANNI, P.; MOLLIKA, V.; TINE, M. R.; LEPORI, L.; MATTEOLI, E.; SPANEDDA, A. Volumetric properties of (an organic compound + di-n-butyl ether) at $T = 298.15$ K. **Journal of Chemical Thermodynamics**, v. 33, p. 629-641, 2001.

BESBES, R.; OUERFELLI, N.; LATROUS, H. Density, dynamic viscosity, and derived properties of binary mixtures of 1,4 dioxane with water at $T = 298.15$ K. **Journal of Molecular Liquids**, v. 145, p. 1-4, 2009.

BICH, E.; PAPAIOANNOU, D.; HEINTZ, A.; TUSEL-LANGER, E.; LICHTENTHALER, R. N. Excess enthalpy of the system propan-1-ol+MTBE+i-octane. Experimental results and ERAS model calculations. **Fluid Phase Equilibria**, v. 156, p. 115-135, 1999.

BHUIYAN, M.M.H.; UDDIN, M.H. Excess molar volumes and excess viscosities for mixtures of N,N-dimethylformamide with methanol, ethanol and 2-propanol at different temperatures. **Journal of Molecular Liquids**, v. 138, p. 139-146, 2008.

BLANCO, A. M.; ORTEGA, J. Experimental study of miscibility, density and isobaric vapor-liquid equilibrium values for mixtures of methanol in hydrocarbons (C5, C6). **Fluid Phase Equilibria**, v. 122, p. 207-222, 1996.

BONDI, A., van der Waals volumes and Radii. **The Journal of Physical Chemistry**, v. 68, p. 441-451, 1964.

BRANDANI, V.; PRAUSNITZ, J. M. A Free-Volume Non-Random-Mixing Theory for Liquid Mixtures. **Fluid Phase Equilibria**, v. 7, p. 233, 1981.

CANOSA, J.; RODRIGUEZ, A.; TOJO, J. Binary mixture properties of diethyl ether with alcohols and alkanes from 288.15 K to 298.15 K. **Fluid Phase Equilibria**, v. 156, p. 57-71, 1999.

CHEN, S.-d.; LEI, Q.-f.; FANG, W.-j. Viscosities and densities for binary mixtures of N-methylpiperazine with methanol, ethanol, n-propanol, iso-propanol, 1-butanol and iso-butanol at 293.15, 298.15 and 303.15 K. **Fluid Phase Equilibria**, v. 234, p. 22-33, 2005.

COTO, B.; MÖSSNER, F.; PANDO, C.; RUBIO, R. G.; RENUNCIO, J. A. R. Vapor-liquid equilibrium of the methanol---[1,1-dimethylethyl methyl ether (MTBE) or 1,1-dimethylpropyl methyl ether (TAME)] systems, **Fluid Phase Equilibria**, v. 133, p. 89-103, 1997.

DOMANSKA, U.; ZOŁEK-TRYZNOWSKA, Z. "Temperature and composition dependence of the density and viscosity of binary mixtures of (hyperbranched polymer, B-U3000 + 1-alcohol, or ether)". **J. Chem. Thermodynamics**, v. 41, p. 821-828, 2009.

DOMANSKA, U. The excess molar volumes of (hydrocarbon + branched chain ether) systems at 298.15 K and 308.15 K, and the application of PFP theory. **Fluid Phase Equilibria**, v. 130, p. 207-222, 1997.

DOMANSKA, U.; LACHWA, J.; MORAWSKI, P. Phase Equilibria and Volumetric Properties in Binary Mixtures Containing Branched Chain Ethers (Methyl 1,1-Dimethylethyl Ether or Ethyl 1,1-Dimethylethyl Ether or Methyl 1,1-Dimethylpropyl Ether or Ethyl 1,1-Dimethylpropyl Ether). **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 44, p. 974-984, 1999.

FARKOVA, J.; LINEK, J.; WICHTERLE, I. Isothermal vapour-liquid equilibria and excess volumes in the methanol-aliphatic ether systems. **Fluid Phase Equilibria**, v. 109, p. 53-65, 1995.

FLORY, P. J., ORWOLL, R. A., VRIJ, A.; Statistical Thermodynamics of chain molecule liquids. I An equation state for normal paraffin Hydrocarbons. **Journal of the American Chemical Society**, v. 86, p. 3507, 1964.

FLORY, P. J., Statistical Thermodynamics of liquid mixtures. **Journal of the American Chemical Society**, v. 87, p. 1833, 1965.

FRANCESCONI, R.; CASTELLARI, C. Densities, Viscosities, Refractive Indices, and Excess Molar Enthalpies of Methyl tert-Butyl Ether + Components of Pine Resins and

Essential Oils at 298.15 K. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 46, n. 6, p. 1520-1525, 2001.

FUNKE, H.; WETZEL, W.; HEINTZ, A. New applications of the ERAS model. Thermodynamics of amine + alkane and alcohol + amine mixtures. **Pure Applied Chemistry**, v. 61, p. 1429-1439, 1989.

GALVÃO, A.C., FRANCESCONI, A.Z. ERAS modeling of the excess molar enthalpies of binary liquid mixtures of 1-pentanol and 1-hexanol with acetonitrile at atmospheric pressure and 288, 298, 313 and 323 K. **Thermochimica Acta**, v. 450, p. 81-86, 2006.

GARCÍA-MIAJA, G.; TRONCOSO, J.; ROMANÍ, L. Excess properties for binary systems ionic liquid + ethanol: Experimental results and theoretical description using the ERAS model. **Fluid Phase Equilibria**, v. 274, p. 59-67, 2008.

GÓMEZ-MARIGLIANO, A. C.; ARCE, A.; RODIL, E.; SOTO, A. Isobaric Vapor-Liquid Equilibria at 101.32kPa and Densities, Speeds of Sound, and Refractive Indices at 298.15 K for MTBE or DIPE or TAME + 1-Propanol Binary Systems. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 55, p. 92-97, 2010.

GONZALEZ, B.; CALVAR, N.; GOMEZ, E.; DOMINGUEZ, A. Density, dynamic viscosity, and derived properties of binary mixtures of methanol or ethanol with water, ethyl acetate, and methyl acetate at $T = (293.15, 298.15, \text{ and } 303.15) \text{ K}$. **Journal of Chemical Thermodynamics**, v. 39, p. 1578-1588, 2007.

GONZALEZ, J. A.; CARMONA, F. J.; RIESCO, N.; FUENTE, I. G. D. L.; COBOS, J. C. Thermodynamics of mixtures containing ethers. Part I : DISQUAC characterization of systems of MTBE, TAME or ETBE with n-alkanes, cyclohexane, benzene, alkan-1-ols or alkan-2-ols. Comparison with Dortmund UNIFAC results. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v. 2, p. 2587-2597, 2000.

GUGGENHEIM, E. A. **Thermodynamics an advanced treatment for chemists and physicists**. Editora North-Holland Publishing Co. – Amsterdam. (1967).

HEINTZ, A. A new theoretical approach for predicting excess properties of alkanol/alkane mixtures. **Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie**, v. 89, p. 172-181, 1985.

HOFMAN, T.; CASANOVA, C. Application of the extended real associated solution model to predict thermodynamic properties of n-alcohol + linear monoether mixtures. **Fluid Phase Equilibria**, v. 133, p. 193-211, 1997.

IHMELS, E. C.; GMEHLING, J. Liquid Densities and Excess Volumes of Diisopropyl Ether (DIPE) + 1-Butanol Mixtures from 273 to 473 K and Pressures up to 35 MPa. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 47, p. 1314-1319, 2002.

JAIN, D.M.; SHAH, V.; RABADIYA, S.; OSWAL, S.; Viscosity and excess molar volume of binary mixtures of methanol with n-butylamine and di-n-butylamine at 303.15, 313.15 and 323.15 K. Characterization in terms of ERAS model. **Journal of Molecular Liquids**, v. 144, p. 65-70, 2009.

JIMENEZ, E.; FRANJO, C.; SEGADE, L.; LEGIDO, J. L.; PAZ ANDRADE, M. I. Viscosities and Densities for the 1-Propanol + n -Heptane System at Several Temperatures. **Journal of Solution Chemistry**, v. 27, p. 569-579, 1998.

JIMÉNEZ, E.; SEGADE, L.; FRANJO, C.; PIÑEIRO, M. M.; ANDRADE, M. I. P. "Experimental and predicted excess molar volumes and excess molar enthalpies for di-n-butyl ether + 1-propanol + n-octane at 298.15 and 308.15 K. **Fluid Phase Equilibria**, v. 179, p. 363-383, 2001.

KAMMERER, K.; LICHTENTHALER, R. N. Excess enthalpy H^E of binary mixtures containing alkanes, methanol and tert-amyl-methyl ether (TAME). **Thermochimica Acta**, v. 271, p. 49-58, 1996.

KAMMERER, K.; OSWALD, G.; REZANOVA, E.; SILKENBÄUMER, D.; LICHTENTHALER, R. N. Thermodynamic excess properties and vapor-liquid equilibria of binary and ternary mixtures containing methanol, tert-amyl methyl ether and an alkane. **Fluid Phase Equilibria**, v. 167, p. 223-241, 2000.

KAMMERER, K.; SCHNABEL, S.; SILKENBÄUMER, D.; LICHTENTHALER, R. N. Vapor-liquid equilibria of binary mixtures containing an alcohol and a branched ether. Experimental results and modeling. **Fluid Phase Equilibria**, v. 162, p. 289-301, 1999.

KEHIAIAN, H. V. Group Contribution Methods for Liquid Mixtures. A Critical Review. **Fluid Phase Equilibria**, v. 13, p. 243-252, 1983.

KEHIAIAN, H.. Thermodynamic Excess Functions of Associated Mixtures. A General Approach. **Bull. Acad., Pol., Sci., Ser. Sci. Chem.** v. 16, p. 165, 1968.

KHALFAOUI, B.; MENIAI, A. H., BORJA, R. Thermodynamic properties of water + normal alcohols and vapor-liquid equilibria for binary systems of methanol or 2-propanol with water. **Fluid Phase Equilibria**, v. 127, p. 181-190, 1997.

KIJEVČANIN, M. Lj.; ŠERBANOVIĆ, S.P.; RADOVIĆ, I.R.; DJORDJEVIĆ, B.D.; TASIĆ, A. Ž. Volumetric properties of the ternary system ethanol + chloroform + benzene at temperature range (288.15–313.15) K: Experimental data, correlation and prediction by cubic EOS. **Fluid Phase Equilibria**, v. 251, p. 78-92, 2007.

KRETSCHMER, C. B.; WIEBE, R., Thermodynamics of Alcohol-Hydrocarbon Mixtures. **Journal of Chemical Physics**, v. 22, p. 1697, 1954.

LANDAVERDE-CORTES, D. C.; IGLESIAS-SILVA, G. A. Densities and Viscosities of MTBE + Nonane or Decane at $p = 0.1$ MPa from (273.15 to 363.15) K. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 53, p. 288-292, 2008.

LETCHER, T. M.; GOVENDER, P. U. The excess molar volumes of (an alkanol + a branched chain ether) at the temperature 298.15 K and the application of the ERAS model. **Fluid Phase Equilibria**, v. 140, p. 207-220, 1997.

LIAU, W.-R.; TANG, M.; CHEN, Y.-P. Densities and Viscosities of Butyl Acrylate + 1-Butanol and Ethyl Laurate + 1-Butanol at 293.15, 303.15, and 313.15 K. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 43, p. 826-829, 1998.

LOZANO, L. M.; MONTERO, E. A.; MARTÍN, M. C.; VILLAMAÑÁN, M. A. Isothermal vapor-liquid equilibria of binary mixtures containing methyl tert-butyl ether (MTBE) and / or substitution hydrocarbons. **Fluid Phase Equilibria**, v. 133, p. 155-162, 1997.

MATO, M. M.; CEBREIRO, S. M.; VERDES, P. V.; PALLAS, A. V.; LEGIDO, J. L. ; ANDRADE, M. I. P. Experimental and Predicted Excess Molar Volumes of the Ternary System Tert-butylmethylether+1-propanol+heptane at 298.15 K. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 80, p. 345-349, 2005.

MATO, M. M.; CEBREIRO, S. M.; VERDES, P. V.; PALLAS, A. V.; LEGIDO, J. L.; ANDRADE, M. I. P. Study on volumetric measurement and correlations for MTBE+1-propanol+decane at 298.15 K and atmospheric pressure. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 80, p. 317-321, 2005.

MCGLASHAN, M.L. Phase-Equilibria in Fluid Mixtures, **Pure Applied Chemistry**, v. 57, p. 89-103, 1985.

MCGLASHAN, M.L. Phase-Equilibria in Fluid Mixtures. **Journal of Chemical Thermodynamics**, v. 17, p. 301-319, 1985.

MISSEN, R. W. Use of the term excess function. **Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals**, v. 8, p. 81, 1969.

MOHREN, S.; HEINTZ, A. Excess properties of propan-1-ol + polyether and propan-1-ol + polyamine mixtures. Experimental results of H^E and V^E and application of a multiple cross-association theory based on the ERAS model. **Fluid Phase Equilibria**, v. 133, p. 247-264, 1997.

MUTALIK, V.; MANJESHWAR, L. S.; SAIRAM, M.; AMINABHAVI, T.M. Excess molar volumes, deviations in viscosity and refractive index of the binary mixtures of mesitylene with ethanol, propan-1-ol, propan-2-ol, butan-1-ol, pentan-1-ol, and 3-methylbutan-1-ol at 298.15, 303.15, and 308.15 K. **Journal of Molecular Liquids**, v. 129, p. 147-154, 2006.

NIKAM, P. S.; JAGDALE, B. S.; SAWANT, A. B.; HASAN, M. Densities and Viscosities for Binary Mixtures of Benzonitrile with Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Butan-1-ol, Pentan-1-ol, and 2-Methylpropan-2-ol at (303.15, 308.15 and 313.15) K. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 45, p. 214-218, 2000.

ORGE, B.; IGLESIAS, M.; MARINO, G.; DOMINGUEZ, M.; PINEIRO, M. M.; TOJO, J. Mixing properties of benzene + 2-methyl-2-butanol + pentanol at 298.15 K. Experimental results and comparison between ERAS model and cubic EOS estimations for excess molar volumes. **Fluid Phase Equilibria**, v. 170, p. 151-163, 2000.

OSWAL, S.L., Studies of viscosity and excess molar volume of binary mixtures: 5. Characterization of excess molar volume of 1-alkanol with alkylamines, dialkylamines and

trialkylamines in terms of the ERAS model. **Thermochimica Acta**, v. 425, n. 1-2, p. 59-68, 2005.

OSWAL, S.L.; PRAJAPATI, K. D.; GHAEI, N. Y.; IJARDAR, S. P., Speeds of sound, isentropic compressibilities and excess molar volumes of an alkanol + cycloalkane at 303.15 K: II. Results for alkan-2-ols + cyclohexane and alkan-1-ols + methylcyclohexane and theoretical interpretation. **Fluid Phase Equilibria**, v. 218, p. 131-140, 2004.

PAL, A.; KUMAR, A. "Volumetric properties of (n-alkanol + polyether) systems at 298.15 K." **Fluid Phase Equilibria**, v. 161, p. 153-168, 1999.

PAL, A.; KUMAR, A. Temperature Dependence of the Volumetric Properties of Binary Mixtures Containing Polyethers and 1-Propanol. **International Journal of Thermophysics**, v. 24, p. 1073-1087, 2003.

PANG, F.-M.; SENG, C.-E.; TENG, T.-T.; IBRAHIM, M. H. Densities and viscosities of aqueous solutions of 1-propanol and 2-propanol at temperatures from 293.15K to 333.15K. **Journal of Molecular Liquids**, v. 136, p. 71-78, 2007.

PEREIRA, S.M.; RIVAS, M.A.; LEGIDO, J.L.; IGLESIAS, T.P. Speeds of sound, densities, isentropic compressibilities of the system (methanol + polyethylene glycol dimethyl ether 250) at temperatures from 293.15 to 333.15K. **Journal of Chemical Thermodynamics**, v. 35, p. 383-391, 2003.

PIÑEIRO, Á. Excess volumes and isobaric heat capacities of diisopropyl ether with several alkanols at 298.15K. Application of the symmetrical extended real associated solution model. **Fluid Phase Equilibria**, v. 216, p. 245-256, 2004.

PRAUSNITZ, J.M.; LICHTENTHALER, AZEVEDO, E.G. **Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria**, 3ª Edição. Editora Prentice Hall PTR. 1999.

PRIGOGINE, I., **The molecular Theory of Solution**, North-Holland Publishing Company, 1957.

RENON, H.; PRAUSNITZ, J. M., On the Thermodynamics of Alcohol-Hydrocarbon Solutions. **Chemical Engineering Science**, v. 22, p. 299, 1967.

REZANOVA, E. N.; KAMMERER, K.; LICHTENTHALER, R. N. Excess Properties of Binary Alkanol + Diisopropyl Ether (DIPE) or + Dibutyl Ether (DBE) Mixtures and the Application of the Extended Real Associated Solution Model. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 44, p. 1235-1239, 1999.

REZANOVA, E. N.; KAMMERER, K.; LICHTENTHALER, R. N. Excess molar volumes and enthalpies of {an alkanol + tert -amyl methyl ether (TAME)}. **The Journal of Chemical Thermodynamics**, v. 32, p. 1569-1579, 2000.

REZANOVA, E. N.; LICHTENTHALER, R. N. Excess properties of binary mixtures of an alkanol or an alkane with butyl-vinyl ether or iso-butyl-vinyl ether. **The Journal of Chemical Thermodynamics**, v. 32, p. 517-528, 2000.

RODRIGUEZ, A.; CANOSA, J.; DOMINGUEZ, A.; TOJO, J. Viscosities of dimethyl carbonate with alcohols at several temperatures UNIFAC-VISCO interaction parameters (–OCO–/alcohol). **Fluid Phase Equilibria**, v. 216, p. 167-174, 2004.

ROY, M. N.; SINHA, A.; SINHA, B. Excess Molar Volumes, Viscosity Deviations and Isentropic Compressibility of Binary Mixtures Containing 1,3-Dioxolane and Monoalcohols at 303.15K. **Journal of Solution Chemistry**, v. 34, p. 1311-1325, 2005.

SCATCHARD, GEORGE; HAMER, WALTER J. The application of Equation for the chemical potentials to partially miscible solutions. **Journal of the American Chemical Society**, v. 57, p. 1805, 1935.

SCATCHARD, GEORGE. Equilibria in Non electrolyte solutions in relation to the vapor pressures and densities of the components. **Chemical Reviews**, v. 8, p. 321, 1931.

SCATCHARD, GEORGE. Change of volume on mixing and the equations for non-electrolyte mixtures. **Transactions of the Faraday Society**, v. 33, p. 160-166, 1937.

SCATCHARD, G.; RAYMOND, C. L. Vapor-Liquid Equilibrium. II. Chloroform - Ethanol Mixtures at 35, 45 and 55° C. **Journal of the American Chemical Society**, v. 60, p. 1278-1287, 1938.

SCHNEIDER, G. M. High Pressure Investigations on Fluid System – A Challenge to Experiment, Theory and Application. **Pure Applied Chemistry**, v. 63, p. 1313-1326, 1991.

SEGADE, L.; LLANO, J. J. d.; JIMÉNEZ, E.; RÍO, A. d.; PANDO, C.; RENUNCIO, J. A. R. Vapor-liquid equilibria of propan-1-ol+1,1-dimethylethyl methyl ether (MTBE) mixtures. Experimental results and modeling. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v.5, p. 2858-2861, 2003.

SHOEMAKER, D. P.; GARLAND, C. W.; NIBLER, J. W. **Experiments in Physical Chemistry**. WCB McGraw-Hill, the 6° ed, p. 55, 1996.

SURESH REDDY, K.V.N.; SRINIVASA RAO, P.; KRISHNAIAH, A. Experimental and theoretical values of sound speeds and viscosities for the binary systems of MTBE with hydrocarbons. **Journal of Molecular Liquids**, v. 135, p. 14-20, 2007.

TOGHIANI, R. K.; TOGHIANI, H.; VENKATESWARLU, G. Vapor-liquid equilibria for methyl tert-butyl ether + methanol and tert-amyl methyl ether + methanol. **Fluid Phase Equilibria**, v. 122, p. 157-168, 1996.

TÔRRES, R.B., FRANCESCONI, A.Z.; Volpe, P.L.O. Experimental study and modelling using the ERAS-Model of the excess molar volume of acetonitrile–alkanol mixtures at different temperatures and atmospheric pressure. **Fluid Phase Equilibria**, v. 210, n. 2, p. 287-306, 2003.

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th, completely revised edition, vol. A1, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany (1985), p. 279-303

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th, completely revised edition, vol. A4, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany (1985), p. 463-474

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th, completely revised edition, vol. A9, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany (1987), p. 587-653

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th, completely revised edition, vol. A16, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany (1990), p. 543-550

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th, completely revised edition, vol. A16, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany (1990), p. 465-486

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th, completely revised edition, vol. A19, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany (1991), p. 49-60

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th, completely revised edition, vol. A22, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany (1993), p. 173-183

VALTZ, A.; TEODORESCU, M.; WICHTERLE, I.; RICHON, D. Liquid densities and excess molar volumes for water + diethylene glycolamine, and water, methanol, ethanol, 1-propanol + triethylene glycol binary systems at atmospheric pressure and temperatures in the range of 283.15-363.15. **Fluid Phase Equilibria**, v. 215, p. 129-142, 2004.

VENKATESU, P.; SEKHAR, G.C.; PRABHAKARA RAO, M. V.; HOFMAN, T. Excess molar volumes of *N,N*-dimethylformamide + 2-pentanone + alkan-1-ols mixed solvent systems at 303.15K. **Thermochimica Acta**, v. 443, p. 62-71, 2006.

VERDES, P. V.; MATO, M. M.; SALGADO, J.; LEGIDO, J. L.; ANDRADE, M. I. P. Application of Several Empirical Methods to MTBE + 1-Pentanol + Octane. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 80, p. 329-332, 2005.

VERDES, P. V.; MATO, M. M.; SALGADO, J.; LEGIDO, J. L.; ANDRADE, M. I. P. Measurements and analysis of excess molar volumes for the ternary mixture MTBE + 1-pentanol + decane. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 80, p. 323-327, 2005.

VERDES, P. V.; MATO, M. M.; SALGADO, J.; VILLAVARDE, X.; LEGIDO, J. L.; ANDRADE, M. I. P. Excess molar volumes for methyl tert-butyl ether(MTBE)+1-pentanol+heptane at 298.15 K. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 80, p. 333-337, 2005.

VISWANATHAN, S.; PRASAD, M. A. R. H. L. Densities and Viscosities of Binary Liquid Mixtures of Anisole or Methyl tert-Butyl Ether with Benzene, Chlorobenzene, Benzonitrile, and Nitrobenzene. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 45, p. 764-770, 2000.

WENZEL, H.; MOORWOOD, R.A.S.; BAUMGÄRTNER, M., Calculation of Liquid-Vapor Equilibrium of Associated Systems by an equation of state, **Fluid Phase Equilibria**, v. 9, p. 225-266, 1982.

ZAREI, H. A.; ASADI, S.; ILOUKHANI, H. Temperature dependence of the volumetric properties of binary mixtures of (1-propanol, 2-propanol and 1,2-propanediol) at ambient pressure (81.5 kPa). **Journal of Molecular Liquids**, v. 141, p. 25-30, 2008.

ZEBERG-MIKKELSEN, C. K.; WATSON, G.; BAYLAUCQ, A.; GALLIERO, G.; BONED, C. Comparative experimental and modeling studies of the viscosity behavior of ethanol + C7 hydrocarbon mixtures versus pressure and temperature. **Fluid Phase Equilibria**, v. 245, p. 6-19, 2006.

APÊNDICE

Tabela A 1 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0100	0,79062	-0,041	114,91	40,45	115,99	40,49	-3,047	-0,001
0,0201	0,78969	-0,068	115,64	40,42	116,05	40,49	-2,983	-0,003
0,0301	0,78874	-0,092	115,98	40,40	116,12	40,49	-2,918	-0,006
0,0402	0,78783	-0,117	116,13	40,37	116,19	40,48	-2,851	-0,010
0,0502	0,78696	-0,141	116,23	40,34	116,25	40,48	-2,785	-0,014
0,0601	0,78610	-0,163	116,32	40,32	116,32	40,47	-2,719	-0,020
0,0696	0,78532	-0,186	116,36	40,29	116,38	40,47	-2,655	-0,026
0,0799	0,78447	-0,209	116,42	40,26	116,45	40,46	-2,587	-0,032
0,0888	0,78372	-0,226	116,49	40,24	116,51	40,45	-2,528	-0,039
0,1008	0,78279	-0,252	116,53	40,21	116,59	40,44	-2,449	-0,048
0,1498	0,77911	-0,345	116,73	40,09	116,90	40,40	-2,135	-0,090
0,1945	0,77601	-0,416	116,90	39,97	117,17	40,36	-1,867	-0,133
0,2600	0,77199	-0,512	117,07	39,80	117,52	40,29	-1,517	-0,206
0,3006	0,76958	-0,552	117,20	39,70	117,71	40,23	-1,325	-0,258
0,3482	0,76692	-0,588	117,35	39,59	117,91	40,16	-1,125	-0,327
0,3841	0,76507	-0,612	117,44	39,50	118,05	40,10	-0,989	-0,386
0,4527	0,76167	-0,634	117,64	39,33	118,27	39,97	-0,761	-0,519
0,5004	0,75946	-0,644	117,76	39,21	118,42	39,87	-0,624	-0,626
0,5458	0,75752	-0,644	117,86	39,08	118,54	39,76	-0,506	-0,738
0,6009	0,75529	-0,635	117,99	38,91	118,67	39,61	-0,378	-0,888
0,6459	0,75348	-0,609	118,10	38,78	118,76	39,48	-0,286	-1,021
0,7014	0,75136	-0,568	118,23	38,59	118,86	39,30	-0,188	-1,201
0,7449	0,74975	-0,518	118,34	38,46	118,91	39,13	-0,125	-1,359
0,7986	0,74776	-0,445	118,48	38,28	118,97	38,90	-0,064	-1,586
0,8504	0,74592	-0,363	118,61	38,07	119,01	38,63	-0,025	-1,863
0,8978	0,74427	-0,276	118,73	37,80	119,03	38,30	-0,006	-2,195
0,9091	0,74388	-0,253	118,76	37,71	119,03	38,20	-0,003	-2,290
0,9184	0,74353	-0,229	118,79	37,69	119,03	38,12	-0,002	-2,373
0,9259	0,74326	-0,210	118,81	37,66	119,03	38,05	-0,001	-2,444
0,9379	0,74281	-0,179	118,85	37,61	119,04	37,93	0,000	-2,565
0,9473	0,74248	-0,156	118,87	37,53	119,04	37,82	0,001	-2,667
0,9598	0,74206	-0,128	118,90	37,31	119,04	37,68	0,001	-2,812
0,9706	0,74168	-0,098	118,93	37,17	119,04	37,55	0,001	-2,948
0,9791	0,74136	-0,074	118,96	36,97	119,04	37,43	0,000	-3,064
0,9881	0,74104	-0,048	118,99	36,41	119,04	37,30	0,000	-3,193

Tabela A 2 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0100	0,78593	-0,040	115,82	40,69	116,84	40,73	-3,039	-0,001
0,0201	0,78500	-0,069	116,45	40,66	116,90	40,73	-2,975	-0,002
0,0301	0,78401	-0,091	116,84	40,64	116,97	40,73	-2,911	-0,005
0,0402	0,78309	-0,117	116,97	40,61	117,03	40,72	-2,846	-0,009
0,0502	0,78224	-0,143	117,03	40,58	117,10	40,72	-2,781	-0,013
0,0601	0,78136	-0,165	117,12	40,55	117,16	40,71	-2,718	-0,018
0,0696	0,78058	-0,190	117,15	40,53	117,22	40,71	-2,656	-0,024
0,0799	0,77971	-0,212	117,22	40,50	117,29	40,70	-2,589	-0,031
0,0888	0,77895	-0,229	117,29	40,48	117,34	40,69	-2,533	-0,037
0,1008	0,77800	-0,256	117,34	40,45	117,42	40,68	-2,456	-0,046
0,1498	0,77425	-0,348	117,55	40,32	117,72	40,64	-2,153	-0,088
0,1945	0,77113	-0,422	117,71	40,21	117,98	40,60	-1,893	-0,133
0,2600	0,76708	-0,522	117,87	40,03	118,33	40,52	-1,548	-0,210
0,3006	0,76465	-0,563	118,00	39,93	118,52	40,47	-1,357	-0,265
0,3482	0,76197	-0,600	118,15	39,81	118,72	40,39	-1,154	-0,338
0,3841	0,76007	-0,622	118,26	39,72	118,86	40,33	-1,016	-0,399
0,4527	0,75667	-0,648	118,44	39,55	119,09	40,20	-0,782	-0,534
0,5004	0,75442	-0,654	118,57	39,43	119,24	40,10	-0,640	-0,642
0,5458	0,75246	-0,654	118,68	39,30	119,36	39,98	-0,518	-0,755
0,6009	0,75018	-0,641	118,82	39,13	119,49	39,83	-0,388	-0,907
0,6459	0,74837	-0,616	118,93	39,00	119,59	39,69	-0,295	-1,043
0,7014	0,74623	-0,574	119,06	38,81	119,68	39,51	-0,197	-1,229
0,7449	0,74460	-0,524	119,17	38,68	119,74	39,34	-0,133	-1,393
0,7986	0,74258	-0,447	119,32	38,51	119,80	39,10	-0,072	-1,627
0,8504	0,74074	-0,366	119,45	38,29	119,84	38,83	-0,032	-1,903
0,8978	0,73905	-0,272	119,57	38,07	119,87	38,51	-0,010	-2,222
0,9091	0,73866	-0,249	119,60	37,99	119,87	38,42	-0,007	-2,310
0,9184	0,73833	-0,229	119,63	37,93	119,87	38,34	-0,005	-2,387
0,9259	0,73807	-0,209	119,65	37,91	119,87	38,28	-0,004	-2,452
0,9379	0,73760	-0,176	119,69	37,89	119,87	38,17	-0,002	-2,563
0,9473	0,73728	-0,155	119,71	37,78	119,88	38,08	-0,001	-2,655
0,9598	0,73683	-0,122	119,75	37,69	119,88	37,95	0,000	-2,785
0,9706	0,73646	-0,092	119,78	37,60	119,87	37,83	0,000	-2,905
0,9791	0,73613	-0,068	119,81	37,49	119,88	37,73	0,000	-3,006
0,9881	0,73582	-0,044	119,83	37,03	119,88	37,61	0,000	-3,118

Tabela A 3 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0100	0,78119	-0,041	116,61	40,93	117,63	40,98	-3,115	-0,001
0,0201	0,78024	-0,070	117,26	40,91	117,70	40,97	-3,049	-0,002
0,0301	0,77926	-0,094	117,61	40,88	117,76	40,97	-2,983	-0,005
0,0402	0,77832	-0,120	117,77	40,85	117,83	40,97	-2,916	-0,009
0,0502	0,77744	-0,146	117,84	40,82	117,90	40,96	-2,850	-0,014
0,0601	0,77657	-0,170	117,92	40,80	117,96	40,96	-2,784	-0,019
0,0696	0,77575	-0,193	117,98	40,77	118,03	40,95	-2,720	-0,025
0,0799	0,77488	-0,216	118,04	40,74	118,09	40,94	-2,652	-0,032
0,0888	0,77412	-0,234	118,10	40,72	118,15	40,94	-2,593	-0,038
0,1008	0,77316	-0,262	118,15	40,69	118,23	40,93	-2,514	-0,047
0,1498	0,76936	-0,356	118,37	40,56	118,55	40,89	-2,201	-0,090
0,1945	0,76621	-0,432	118,52	40,44	118,81	40,84	-1,934	-0,136
0,2600	0,76210	-0,533	118,69	40,26	119,16	40,76	-1,581	-0,214
0,3006	0,75964	-0,575	118,83	40,16	119,36	40,71	-1,386	-0,271
0,3482	0,75693	-0,613	118,98	40,04	119,56	40,63	-1,180	-0,345
0,3841	0,75501	-0,635	119,09	39,95	119,71	40,57	-1,040	-0,409
0,4527	0,75159	-0,663	119,28	39,77	119,94	40,43	-0,803	-0,549
0,5004	0,74929	-0,665	119,42	39,65	120,09	40,32	-0,659	-0,661
0,5458	0,74732	-0,666	119,53	39,52	120,21	40,20	-0,535	-0,778
0,6009	0,74503	-0,654	119,66	39,34	120,35	40,05	-0,402	-0,933
0,6459	0,74318	-0,626	119,78	39,22	120,44	39,91	-0,306	-1,071
0,7014	0,74101	-0,581	119,92	39,04	120,54	39,72	-0,204	-1,257
0,7449	0,73936	-0,532	120,03	38,89	120,61	39,56	-0,138	-1,420
0,7986	0,73733	-0,454	120,18	38,73	120,67	39,33	-0,074	-1,651
0,8504	0,73547	-0,370	120,31	38,51	120,71	39,05	-0,032	-1,925
0,8978	0,73378	-0,276	120,44	38,27	120,74	38,73	-0,010	-2,246
0,9091	0,73339	-0,254	120,47	38,19	120,74	38,64	-0,007	-2,335
0,9184	0,73304	-0,230	120,50	38,16	120,74	38,56	-0,005	-2,414
0,9259	0,73278	-0,212	120,51	38,12	120,74	38,50	-0,003	-2,481
0,9379	0,73232	-0,179	120,55	38,10	120,74	38,39	-0,002	-2,593
0,9473	0,73200	-0,158	120,58	37,98	120,74	38,29	-0,001	-2,688
0,9598	0,73156	-0,126	120,61	37,84	120,74	38,16	0,000	-2,823
0,9706	0,73117	-0,094	120,65	37,78	120,74	38,03	0,000	-2,947
0,9791	0,73085	-0,070	120,67	37,64	120,75	37,93	0,000	-3,053
0,9881	0,73053	-0,044	120,70	37,25	120,75	37,81	0,000	-3,171

Tabela A 4 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ metanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0100	0,77642	-0,042	117,44	41,18	118,48	41,23	-3,161	
0,0201	0,77546	-0,071	118,09	41,15	118,54	41,22	-3,095	-0,002
0,0301	0,77446	-0,096	118,46	41,13	118,61	41,22	-3,028	-0,005
0,0402	0,77351	-0,122	118,60	41,10	118,68	41,22	-2,960	-0,009
0,0502	0,77261	-0,148	118,69	41,07	118,74	41,21	-2,893	-0,014
0,0601	0,77173	-0,172	118,76	41,04	118,81	41,21	-2,827	-0,019
0,0696	0,77090	-0,196	118,82	41,02	118,87	41,20	-2,762	-0,025
0,0799	0,77002	-0,220	118,88	40,99	118,94	41,20	-2,693	-0,032
0,0888	0,76925	-0,239	118,94	40,96	119,00	41,19	-2,634	-0,038
0,1008	0,76827	-0,266	119,00	40,93	119,08	41,18	-2,554	-0,047
0,1498	0,76443	-0,363	119,21	40,80	119,40	41,14	-2,237	-0,091
0,1945	0,76124	-0,441	119,37	40,68	119,67	41,09	-1,967	-0,137
0,2600	0,75708	-0,544	119,54	40,49	120,03	41,01	-1,611	-0,218
0,3006	0,75459	-0,587	119,68	40,39	120,22	40,95	-1,414	-0,275
0,3482	0,75187	-0,628	119,83	40,27	120,43	40,88	-1,206	-0,353
0,3841	0,74992	-0,650	119,94	40,17	120,57	40,81	-1,064	-0,418
0,4527	0,74645	-0,677	120,14	39,99	120,81	40,67	-0,823	-0,564
0,5004	0,74412	-0,678	120,28	39,87	120,96	40,55	-0,677	-0,679
0,5458	0,74212	-0,679	120,40	39,74	121,09	40,43	-0,552	-0,801
0,6009	0,73981	-0,667	120,53	39,56	121,22	40,27	-0,416	-0,961
0,6459	0,73793	-0,637	120,65	39,44	121,32	40,13	-0,318	-1,103
0,7014	0,73574	-0,591	120,80	39,25	121,43	39,94	-0,214	-1,293
0,7449	0,73407	-0,540	120,91	39,11	121,49	39,77	-0,146	-1,458
0,7986	0,73201	-0,458	121,06	38,95	121,56	39,54	-0,080	-1,690
0,8504	0,73013	-0,372	121,20	38,74	121,60	39,27	-0,036	-1,961
0,8978	0,72843	-0,277	121,33	38,51	121,62	38,95	-0,012	-2,274
0,9091	0,72804	-0,255	121,36	38,43	121,63	38,87	-0,008	-2,361
0,9184	0,72769	-0,230	121,39	38,40	121,63	38,79	-0,006	-2,438
0,9259	0,72743	-0,213	121,41	38,36	121,63	38,73	-0,004	-2,502
0,9379	0,72697	-0,180	121,45	38,34	121,63	38,62	-0,002	-2,612
0,9473	0,72665	-0,158	121,47	38,22	121,64	38,53	-0,001	-2,703
0,9598	0,72621	-0,127	121,50	38,08	121,64	38,40	-0,001	-2,833
0,9706	0,72582	-0,095	121,54	38,01	121,63	38,28	0,000	-2,953
0,9791	0,72549	-0,068	121,57	37,95	121,64	38,17	0,000	-3,055
0,9881	0,72518	-0,045	121,59	37,47	121,64	38,06	0,000	-3,169

Tabela A 5 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0097	0,78903	-0,037	115,20	58,32	116,43	58,35	-2,604	-0,001
0,0198	0,78828	-0,055	116,27	58,30	116,48	58,35	-2,547	-0,003
0,0301	0,78754	-0,073	116,59	58,28	116,54	58,35	-2,486	-0,006
0,0402	0,78685	-0,094	116,70	58,26	116,61	58,34	-2,425	-0,011
0,0502	0,78637	-0,115	116,74	58,22	116,67	58,32	-2,363	-0,016
0,0583	0,78566	-0,131	116,79	58,22	116,72	58,33	-2,312	-0,020
0,0700	0,78487	-0,151	116,88	58,19	116,79	58,33	-2,239	-0,027
0,0801	0,78420	-0,168	116,93	58,17	116,86	58,32	-2,175	-0,034
0,0861	0,78396	-0,179	116,96	58,14	116,89	58,30	-2,136	-0,038
0,1009	0,78299	-0,202	117,02	58,12	116,99	58,29	-2,043	-0,048
0,1540	0,77959	-0,278	117,22	58,01	117,31	58,26	-1,718	-0,085
0,2006	0,77677	-0,338	117,35	57,92	117,57	58,22	-1,459	-0,117
0,2471	0,77406	-0,386	117,47	57,83	117,80	58,19	-1,234	-0,149
0,2975	0,77122	-0,427	117,60	57,73	118,00	58,15	-1,026	-0,191
0,3487	0,76846	-0,457	117,72	57,64	118,18	58,10	-0,853	-0,243
0,3976	0,76594	-0,478	117,83	57,55	118,31	58,03	-0,715	-0,307
0,4532	0,76317	-0,498	117,93	57,45	118,44	57,96	-0,584	-0,398
0,5007	0,76096	-0,510	118,02	57,34	118,55	57,87	-0,487	-0,489
0,5505	0,75876	-0,514	118,10	57,21	118,64	57,76	-0,394	-0,597
0,5998	0,75662	-0,505	118,19	57,10	118,73	57,65	-0,309	-0,710
0,6484	0,75448	-0,477	118,30	57,00	118,81	57,53	-0,231	-0,825
0,6995	0,75235	-0,437	118,40	56,90	118,87	57,41	-0,156	-0,949
0,7490	0,75035	-0,397	118,50	56,77	118,93	57,28	-0,093	-1,074
0,7995	0,74836	-0,347	118,59	56,63	118,98	57,13	-0,044	-1,222
0,8496	0,74644	-0,288	118,69	56,44	119,02	56,94	-0,011	-1,415
0,9009	0,74451	-0,217	118,79	56,17	119,03	56,65	0,004	-1,706
0,9093	0,74420	-0,205	118,80	56,10	119,03	56,59	0,004	-1,768
0,9166	0,74390	-0,190	118,82	56,08	119,03	56,53	0,005	-1,825
0,9299	0,74335	-0,166	118,86	55,99	119,04	56,41	0,005	-1,939
0,9398	0,74296	-0,144	118,88	55,96	119,04	56,32	0,004	-2,034
0,9501	0,74254	-0,120	118,91	55,94	119,04	56,21	0,004	-2,142
0,9597	0,74215	-0,099	118,93	55,89	119,04	56,10	0,003	-2,253
0,9680	0,74184	-0,082	118,95	55,80	119,04	56,00	0,002	-2,356
0,9802	0,74135	-0,054	118,98	55,61	119,04	55,83	0,001	-2,524
0,9868	0,74110	-0,039	119,00	55,42	119,04	55,73	0,000	-2,623

Tabela A 6 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0097	0,78478	-0,040	115,77	58,63	117,24	58,67	-2,630	-0,001
0,0198	0,78399	-0,056	117,04	58,61	117,30	58,67	-2,573	-0,003
0,0301	0,78323	-0,075	117,38	58,59	117,36	58,66	-2,512	-0,006
0,0402	0,78254	-0,097	117,46	58,57	117,42	58,66	-2,451	-0,010
0,0502	0,78201	-0,116	117,56	58,53	117,48	58,64	-2,390	-0,015
0,0583	0,78132	-0,135	117,56	58,53	117,53	58,65	-2,340	-0,019
0,0700	0,78051	-0,155	117,65	58,50	117,61	58,64	-2,267	-0,026
0,0801	0,77982	-0,173	117,71	58,48	117,67	58,64	-2,204	-0,033
0,0861	0,77952	-0,179	117,79	58,46	117,71	58,62	-2,166	-0,037
0,1009	0,77856	-0,206	117,83	58,43	117,80	58,61	-2,074	-0,047
0,1540	0,77508	-0,284	118,03	58,32	118,12	58,57	-1,753	-0,085
0,2006	0,77221	-0,345	118,15	58,22	118,38	58,54	-1,497	-0,119
0,2471	0,76946	-0,397	118,27	58,13	118,60	58,50	-1,271	-0,155
0,2975	0,76656	-0,438	118,40	58,03	118,81	58,46	-1,061	-0,199
0,3487	0,76375	-0,470	118,53	57,94	118,99	58,40	-0,882	-0,254
0,3976	0,76116	-0,489	118,64	57,84	119,13	58,34	-0,739	-0,319
0,4532	0,75836	-0,511	118,74	57,74	119,27	58,26	-0,601	-0,410
0,5007	0,75608	-0,519	118,84	57,64	119,38	58,17	-0,498	-0,501
0,5505	0,75383	-0,522	118,93	57,51	119,48	58,07	-0,401	-0,608
0,5998	0,75167	-0,515	119,02	57,39	119,56	57,95	-0,314	-0,722
0,6484	0,74951	-0,488	119,12	57,29	119,64	57,84	-0,234	-0,840
0,6995	0,74732	-0,447	119,23	57,19	119,71	57,70	-0,159	-0,968
0,7490	0,74530	-0,408	119,33	57,05	119,78	57,57	-0,096	-1,101
0,7995	0,74327	-0,355	119,43	56,90	119,82	57,41	-0,047	-1,258
0,8496	0,74131	-0,294	119,53	56,72	119,86	57,21	-0,014	-1,459
0,9009	0,73934	-0,219	119,63	56,46	119,87	56,92	0,001	-1,752
0,9093	0,73904	-0,209	119,64	56,37	119,87	56,86	0,002	-1,812
0,9166	0,73872	-0,192	119,66	56,37	119,88	56,80	0,003	-1,868
0,9299	0,73818	-0,168	119,70	56,27	119,88	56,68	0,003	-1,980
0,9398	0,73779	-0,144	119,72	56,28	119,88	56,60	0,003	-2,072
0,9501	0,73738	-0,122	119,75	56,23	119,88	56,49	0,003	-2,176
0,9597	0,73697	-0,101	119,77	56,16	119,88	56,38	0,002	-2,282
0,9680	0,73666	-0,081	119,79	56,14	119,87	56,29	0,002	-2,381
0,9802	0,73615	-0,053	119,82	55,96	119,88	56,12	0,001	-2,540
0,9868	0,73592	-0,038	119,83	55,77	119,87	56,03	0,000	-2,633

Tabela A 7 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0097	0,78044	-0,040	116,59	58,95	118,02	58,99	-2,725	-0,001
0,0198	0,77964	-0,057	117,83	58,94	118,08	58,99	-2,666	-0,003
0,0301	0,77887	-0,078	118,16	58,92	118,14	58,99	-2,603	-0,006
0,0402	0,77816	-0,100	118,26	58,89	118,20	58,98	-2,540	-0,011
0,0502	0,77763	-0,121	118,33	58,85	118,27	58,97	-2,476	-0,016
0,0583	0,77691	-0,139	118,37	58,85	118,32	58,97	-2,424	-0,020
0,0700	0,77608	-0,160	118,46	58,82	118,39	58,97	-2,349	-0,028
0,0801	0,77537	-0,177	118,53	58,80	118,46	58,96	-2,283	-0,034
0,0861	0,77509	-0,186	118,58	58,78	118,50	58,94	-2,244	-0,039
0,1009	0,77411	-0,214	118,62	58,74	118,59	58,93	-2,148	-0,049
0,1540	0,77056	-0,294	118,83	58,63	118,93	58,89	-1,815	-0,089
0,2006	0,76762	-0,357	118,96	58,53	119,19	58,86	-1,549	-0,124
0,2471	0,76479	-0,407	119,09	58,44	119,43	58,82	-1,314	-0,161
0,2975	0,76183	-0,450	119,23	58,34	119,65	58,77	-1,096	-0,207
0,3487	0,75896	-0,482	119,36	58,24	119,83	58,72	-0,911	-0,263
0,3976	0,75632	-0,502	119,48	58,15	119,98	58,65	-0,762	-0,330
0,4532	0,75345	-0,523	119,59	58,04	120,12	58,57	-0,620	-0,423
0,5007	0,75115	-0,534	119,68	57,93	120,23	58,48	-0,515	-0,518
0,5505	0,74885	-0,536	119,77	57,81	120,33	58,37	-0,416	-0,629
0,5998	0,74663	-0,527	119,87	57,68	120,42	58,25	-0,326	-0,747
0,6484	0,74443	-0,499	119,98	57,58	120,50	58,13	-0,245	-0,870
0,6995	0,74219	-0,455	120,09	57,48	120,57	57,99	-0,168	-1,002
0,7490	0,74014	-0,415	120,19	57,34	120,64	57,86	-0,104	-1,138
0,7995	0,73806	-0,359	120,29	57,21	120,69	57,70	-0,053	-1,296
0,8496	0,73608	-0,298	120,39	57,02	120,72	57,50	-0,018	-1,494
0,9009	0,73407	-0,220	120,50	56,78	120,74	57,22	-0,001	-1,779
0,9093	0,73377	-0,210	120,51	56,68	120,74	57,16	0,001	-1,838
0,9166	0,73347	-0,195	120,53	56,66	120,74	57,10	0,001	-1,892
0,9299	0,73290	-0,165	120,57	56,63	120,75	56,99	0,002	-2,000
0,9398	0,73251	-0,145	120,59	56,59	120,75	56,90	0,002	-2,089
0,9501	0,73209	-0,122	120,62	56,55	120,75	56,80	0,002	-2,189
0,9597	0,73171	-0,103	120,64	56,44	120,75	56,70	0,002	-2,291
0,9680	0,73137	-0,081	120,66	56,45	120,74	56,61	0,001	-2,386
0,9802	0,73087	-0,053	120,69	56,32	120,75	56,45	0,001	-2,540
0,9868	0,73061	-0,036	120,71	56,25	120,74	56,36	0,000	-2,630

Tabela A 8 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0097	0,77608	-0,042	117,34	59,28	118,84	59,33	-2,788	-0,001
0,0198	0,77526	-0,059	118,64	59,27	118,91	59,32	-2,728	-0,003
0,0301	0,77447	-0,080	118,98	59,24	118,97	59,32	-2,664	-0,006
0,0402	0,77374	-0,102	119,09	59,22	119,03	59,31	-2,599	-0,011
0,0502	0,77320	-0,124	119,15	59,18	119,10	59,30	-2,534	-0,016
0,0583	0,77246	-0,142	119,20	59,18	119,15	59,31	-2,482	-0,021
0,0700	0,77161	-0,163	119,30	59,15	119,23	59,30	-2,405	-0,028
0,0801	0,77089	-0,182	119,36	59,13	119,30	59,29	-2,338	-0,035
0,0861	0,77060	-0,191	119,41	59,10	119,34	59,27	-2,298	-0,039
0,1009	0,76960	-0,220	119,45	59,07	119,43	59,26	-2,201	-0,050
0,1540	0,76597	-0,302	119,67	58,95	119,77	59,22	-1,863	-0,091
0,2006	0,76296	-0,366	119,81	58,85	120,04	59,18	-1,592	-0,128
0,2471	0,76008	-0,419	119,94	58,76	120,28	59,14	-1,353	-0,167
0,2975	0,75706	-0,462	120,08	58,65	120,50	59,10	-1,131	-0,215
0,3487	0,75412	-0,494	120,22	58,55	120,69	59,04	-0,942	-0,274
0,3976	0,75143	-0,515	120,34	58,46	120,84	58,97	-0,790	-0,344
0,4532	0,74850	-0,536	120,45	58,35	120,99	58,89	-0,644	-0,441
0,5007	0,74615	-0,545	120,55	58,24	121,10	58,79	-0,536	-0,539
0,5505	0,74380	-0,547	120,64	58,11	121,20	58,68	-0,433	-0,653
0,5998	0,74153	-0,536	120,74	57,99	121,30	58,56	-0,341	-0,774
0,6484	0,73929	-0,506	120,86	57,89	121,38	58,43	-0,257	-0,898
0,6995	0,73700	-0,461	120,97	57,79	121,46	58,30	-0,177	-1,031
0,7490	0,73491	-0,420	121,07	57,66	121,52	58,16	-0,111	-1,167
0,7995	0,73280	-0,362	121,18	57,52	121,58	58,00	-0,057	-1,323
0,8496	0,73078	-0,298	121,28	57,34	121,61	57,81	-0,021	-1,517
0,9009	0,72875	-0,220	121,39	57,10	121,63	57,53	-0,002	-1,795
0,9093	0,72845	-0,211	121,40	57,00	121,63	57,48	0,000	-1,852
0,9166	0,72814	-0,195	121,42	56,99	121,63	57,42	0,001	-1,905
0,9299	0,72757	-0,166	121,46	56,96	121,64	57,31	0,002	-2,010
0,9398	0,72717	-0,144	121,48	56,93	121,64	57,23	0,002	-2,097
0,9501	0,72676	-0,123	121,51	56,86	121,64	57,13	0,002	-2,195
0,9597	0,72636	-0,101	121,53	56,81	121,64	57,02	0,002	-2,294
0,9680	0,72603	-0,082	121,55	56,77	121,64	56,94	0,001	-2,388
0,9802	0,72552	-0,052	121,58	56,68	121,64	56,78	0,001	-2,538
0,9868	0,72526	-0,036	121,60	56,61	121,64	56,70	0,000	-2,626

Tabela A 9 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0126	0,80292	-0,057	114,51	74,73	116,08	74,79	-2,949	-0,001
0,0219	0,80220	-0,075	115,60	74,71	116,14	74,79	-2,893	-0,002
0,0298	0,80164	-0,096	115,82	74,69	116,19	74,79	-2,845	-0,005
0,0403	0,80081	-0,117	116,12	74,67	116,25	74,79	-2,781	-0,008
0,0500	0,80012	-0,136	116,30	74,65	116,31	74,78	-2,722	-0,012
0,0599	0,79940	-0,158	116,39	74,62	116,37	74,77	-2,661	-0,017
0,0699	0,79872	-0,183	116,41	74,59	116,43	74,77	-2,601	-0,023
0,0798	0,79825	-0,206	116,44	74,54	116,48	74,74	-2,542	-0,029
0,0900	0,79726	-0,226	116,51	74,55	116,55	74,76	-2,480	-0,036
0,1003	0,79641	-0,251	116,52	74,53	116,60	74,77	-2,419	-0,044
0,1495	0,79303	-0,349	116,68	74,40	116,89	74,73	-2,132	-0,087
0,1999	0,78956	-0,431	116,87	74,28	117,17	74,67	-1,853	-0,141
0,2500	0,78615	-0,497	117,03	74,15	117,43	74,61	-1,595	-0,202
0,3003	0,78274	-0,546	117,20	74,03	117,67	74,54	-1,356	-0,270
0,3500	0,77947	-0,588	117,34	73,91	117,88	74,47	-1,140	-0,343
0,4015	0,77615	-0,620	117,48	73,78	118,08	74,39	-0,939	-0,427
0,4585	0,77251	-0,636	117,63	73,64	118,28	74,28	-0,743	-0,531
0,5002	0,76991	-0,642	117,74	73,53	118,41	74,20	-0,615	-0,616
0,5505	0,76688	-0,640	117,86	73,38	118,54	74,07	-0,480	-0,732
0,5994	0,76394	-0,627	117,98	73,24	118,66	73,94	-0,366	-0,859
0,6475	0,76106	-0,600	118,09	73,10	118,75	73,80	-0,271	-1,003
0,7026	0,75785	-0,562	118,22	72,91	118,84	73,61	-0,182	-1,194
0,7536	0,75492	-0,514	118,34	72,72	118,91	73,40	-0,116	-1,402
0,8033	0,75201	-0,441	118,47	72,56	118,95	73,16	-0,068	-1,641
0,8471	0,74951	-0,373	118,58	72,36	118,98	72,91	-0,038	-1,888
0,9007	0,74640	-0,262	118,73	72,16	119,01	72,55	-0,014	-2,248
0,9107	0,74577	-0,238	118,77	72,13	119,02	72,47	-0,011	-2,323
0,9185	0,74532	-0,220	118,79	72,09	119,02	72,41	-0,009	-2,383
0,9282	0,74476	-0,197	118,82	72,05	119,02	72,33	-0,007	-2,461
0,9400	0,74407	-0,167	118,85	72,00	119,03	72,23	-0,004	-2,560
0,9493	0,74355	-0,144	118,87	71,95	119,02	72,15	-0,003	-2,642
0,9599	0,74294	-0,117	118,90	71,87	119,02	72,06	-0,002	-2,738
0,9698	0,74237	-0,093	118,93	71,70	119,03	71,96	-0,001	-2,830
0,9796	0,74182	-0,069	118,96	71,39	119,03	71,86	0,000	-2,927
0,9882	0,74132	-0,045	118,98	71,00	119,03	71,78	0,000	-3,014

Tabela A 10 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0126	0,79892	-0,056	115,41	75,10	116,94	75,16	-2,933	-0,001
0,0219	0,79821	-0,077	116,34	75,08	116,99	75,16	-2,877	-0,002
0,0298	0,79761	-0,096	116,65	75,06	117,04	75,16	-2,828	-0,005
0,0403	0,79670	-0,114	117,05	75,05	117,11	75,16	-2,764	-0,008
0,0500	0,79603	-0,135	117,16	75,02	117,16	75,15	-2,706	-0,012
0,0599	0,79534	-0,162	117,16	74,99	117,22	75,14	-2,645	-0,017
0,0699	0,79462	-0,185	117,21	74,96	117,28	75,14	-2,585	-0,022
0,0798	0,79412	-0,209	117,25	74,91	117,34	75,11	-2,525	-0,029
0,0900	0,79305	-0,224	117,38	74,92	117,41	75,13	-2,463	-0,035
0,1003	0,79228	-0,242	117,45	74,90	117,46	75,12	-2,402	-0,043
0,1495	0,78885	-0,346	117,55	74,76	117,75	75,08	-2,114	-0,085
0,1999	0,78528	-0,428	117,72	74,63	118,03	75,03	-1,834	-0,137
0,2500	0,78180	-0,497	117,87	74,50	118,29	74,97	-1,575	-0,196
0,3003	0,77833	-0,550	118,03	74,38	118,53	74,91	-1,336	-0,260
0,3500	0,77499	-0,594	118,17	74,25	118,74	74,84	-1,122	-0,332
0,4015	0,77160	-0,626	118,30	74,12	118,94	74,75	-0,924	-0,415
0,4585	0,76788	-0,643	118,46	73,98	119,13	74,65	-0,731	-0,520
0,5002	0,76522	-0,649	118,56	73,87	119,25	74,56	-0,607	-0,608
0,5505	0,76210	-0,649	118,68	73,72	119,39	74,44	-0,476	-0,730
0,5994	0,75914	-0,641	118,79	73,57	119,50	74,30	-0,367	-0,866
0,6475	0,75621	-0,614	118,91	73,43	119,59	74,15	-0,275	-1,020
0,7026	0,75293	-0,573	119,05	73,24	119,67	73,94	-0,189	-1,225
0,7536	0,74992	-0,519	119,17	73,06	119,74	73,72	-0,125	-1,446
0,8033	0,74701	-0,452	119,30	72,87	119,79	73,47	-0,076	-1,694
0,8471	0,74441	-0,374	119,42	72,72	119,82	73,22	-0,044	-1,942
0,9007	0,74127	-0,264	119,57	72,51	119,84	72,88	-0,018	-2,290
0,9107	0,74064	-0,239	119,61	72,48	119,85	72,80	-0,014	-2,361
0,9185	0,74018	-0,220	119,63	72,46	119,86	72,74	-0,012	-2,418
0,9282	0,73961	-0,197	119,66	72,42	119,86	72,67	-0,009	-2,490
0,9400	0,73891	-0,166	119,69	72,39	119,86	72,58	-0,006	-2,581
0,9493	0,73835	-0,144	119,72	72,33	119,87	72,51	-0,004	-2,655
0,9599	0,73774	-0,117	119,75	72,24	119,87	72,43	-0,003	-2,742
0,9698	0,73719	-0,091	119,77	72,14	119,87	72,34	-0,001	-2,824
0,9796	0,73664	-0,068	119,80	71,82	119,87	72,25	-0,001	-2,909
0,9882	0,73614	-0,044	119,82	71,43	119,87	72,18	0,000	-2,986

Tabela A 11 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0126	0,79486	-0,057	116,24	75,48	117,74	75,54	-3,004	-0,001
0,0219	0,79413	-0,078	117,18	75,46	117,79	75,54	-2,946	-0,003
0,0298	0,79353	-0,098	117,44	75,44	117,84	75,54	-2,897	-0,005
0,0403	0,79261	-0,118	117,82	75,43	117,91	75,54	-2,831	-0,008
0,0500	0,79193	-0,140	117,93	75,39	117,97	75,53	-2,771	-0,012
0,0599	0,79121	-0,167	117,96	75,36	118,03	75,53	-2,709	-0,017
0,0699	0,79047	-0,190	118,01	75,34	118,09	75,52	-2,647	-0,023
0,0798	0,78992	-0,212	118,08	75,29	118,15	75,49	-2,586	-0,029
0,0900	0,78885	-0,228	118,20	75,30	118,22	75,51	-2,523	-0,036
0,1003	0,78808	-0,249	118,25	75,27	118,27	75,50	-2,460	-0,043
0,1495	0,78461	-0,360	118,33	75,13	118,57	75,46	-2,165	-0,086
0,1999	0,78094	-0,442	118,52	75,00	118,85	75,41	-1,879	-0,139
0,2500	0,77738	-0,512	118,68	74,86	119,12	75,35	-1,615	-0,198
0,3003	0,77384	-0,567	118,84	74,74	119,36	75,28	-1,373	-0,266
0,3500	0,77045	-0,614	118,98	74,60	119,58	75,21	-1,155	-0,340
0,4015	0,76699	-0,648	119,12	74,47	119,78	75,12	-0,954	-0,428
0,4585	0,76321	-0,667	119,28	74,32	119,97	75,01	-0,759	-0,540
0,5002	0,76049	-0,672	119,39	74,20	120,10	74,91	-0,633	-0,634
0,5505	0,75730	-0,671	119,51	74,06	120,23	74,79	-0,499	-0,763
0,5994	0,75428	-0,662	119,63	73,90	120,34	74,64	-0,387	-0,906
0,6475	0,75127	-0,631	119,76	73,76	120,44	74,48	-0,292	-1,067
0,7026	0,74792	-0,587	119,90	73,57	120,53	74,27	-0,202	-1,279
0,7536	0,74486	-0,533	120,02	73,38	120,60	74,04	-0,135	-1,503
0,8033	0,74189	-0,463	120,16	73,20	120,65	73,80	-0,083	-1,752
0,8471	0,73924	-0,381	120,28	73,06	120,68	73,55	-0,048	-1,999
0,9007	0,73606	-0,270	120,43	72,83	120,71	73,21	-0,019	-2,342
0,9107	0,73541	-0,243	120,47	72,82	120,72	73,13	-0,016	-2,412
0,9185	0,73494	-0,224	120,50	72,80	120,73	73,07	-0,013	-2,468
0,9282	0,73437	-0,201	120,52	72,75	120,73	73,00	-0,010	-2,539
0,9400	0,73365	-0,168	120,56	72,74	120,73	72,91	-0,007	-2,628
0,9493	0,73309	-0,145	120,59	72,69	120,74	72,85	-0,005	-2,700
0,9599	0,73247	-0,118	120,62	72,61	120,74	72,76	-0,003	-2,785
0,9698	0,73191	-0,092	120,64	72,49	120,74	72,68	-0,002	-2,865
0,9796	0,73135	-0,068	120,67	72,19	120,74	72,59	-0,001	-2,948
0,9882	0,73084	-0,043	120,69	71,87	120,74	72,52	0,000	-3,023

Tabela A 12 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0126	0,79076	-0,057	117,10	75,87	118,57	75,93	-3,060	-0,001
0,0219	0,79002	-0,080	117,99	75,85	118,63	75,93	-3,002	-0,002
0,0298	0,78940	-0,100	118,27	75,83	118,68	75,93	-2,953	-0,004
0,0403	0,78845	-0,119	118,68	75,81	118,74	75,93	-2,887	-0,008
0,0500	0,78777	-0,144	118,75	75,78	118,80	75,92	-2,827	-0,012
0,0599	0,78704	-0,172	118,77	75,75	118,87	75,91	-2,765	-0,016
0,0699	0,78628	-0,196	118,83	75,72	118,93	75,91	-2,703	-0,022
0,0798	0,78572	-0,219	118,88	75,67	118,99	75,88	-2,642	-0,028
0,0900	0,78463	-0,235	119,02	75,68	119,05	75,90	-2,579	-0,035
0,1003	0,78385	-0,258	119,05	75,65	119,11	75,89	-2,517	-0,043
0,1495	0,78030	-0,371	119,14	75,50	119,40	75,85	-2,225	-0,087
0,1999	0,77655	-0,456	119,34	75,37	119,68	75,80	-1,940	-0,142
0,2500	0,77292	-0,529	119,51	75,23	119,95	75,73	-1,674	-0,206
0,3003	0,76932	-0,587	119,67	75,10	120,20	75,66	-1,427	-0,278
0,3500	0,76585	-0,634	119,81	74,96	120,42	75,58	-1,203	-0,357
0,4015	0,76232	-0,669	119,96	74,82	120,63	75,49	-0,995	-0,449
0,4585	0,75845	-0,687	120,13	74,67	120,83	75,37	-0,791	-0,564
0,5002	0,75568	-0,692	120,24	74,55	120,96	75,28	-0,658	-0,660
0,5505	0,75242	-0,689	120,37	74,40	121,10	75,15	-0,518	-0,790
0,5994	0,74934	-0,680	120,49	74,24	121,22	75,00	-0,401	-0,936
0,6475	0,74628	-0,648	120,62	74,10	121,32	74,84	-0,303	-1,100
0,7026	0,74286	-0,602	120,77	73,91	121,41	74,62	-0,210	-1,318
0,7536	0,73974	-0,546	120,90	73,72	121,48	74,39	-0,141	-1,549
0,8033	0,73672	-0,474	121,03	73,53	121,54	74,13	-0,088	-1,806
0,8471	0,73404	-0,392	121,16	73,37	121,57	73,88	-0,052	-2,059
0,9007	0,73079	-0,275	121,32	73,17	121,60	73,53	-0,022	-2,405
0,9107	0,73013	-0,248	121,36	73,16	121,61	73,46	-0,018	-2,474
0,9185	0,72965	-0,227	121,38	73,15	121,62	73,40	-0,015	-2,528
0,9282	0,72907	-0,203	121,41	73,10	121,62	73,33	-0,011	-2,597
0,9400	0,72834	-0,170	121,45	73,10	121,62	73,25	-0,008	-2,683
0,9493	0,72778	-0,147	121,48	73,03	121,63	73,18	-0,006	-2,753
0,9599	0,72715	-0,120	121,51	72,95	121,63	73,10	-0,004	-2,833
0,9698	0,72658	-0,093	121,53	72,84	121,63	73,02	-0,002	-2,909
0,9796	0,72601	-0,069	121,56	72,57	121,63	72,94	-0,001	-2,986
0,9882	0,72549	-0,043	121,59	72,32	121,63	72,88	0,000	-3,055

Tabela A 13 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0093	0,78482	-0,019	116,98	76,51	117,90	76,53	-1,125	0,000
0,0206	0,78414	-0,030	117,57	76,51	117,92	76,54	-1,100	-0,001
0,0305	0,78355	-0,036	117,85	76,50	117,95	76,53	-1,079	-0,001
0,0398	0,78300	-0,044	117,93	76,49	117,97	76,53	-1,058	-0,002
0,0499	0,78241	-0,052	117,99	76,48	117,99	76,53	-1,037	-0,004
0,0601	0,78175	-0,061	118,01	76,48	118,01	76,54	-1,015	-0,005
0,0702	0,78119	-0,071	118,02	76,47	118,03	76,54	-0,994	-0,007
0,0799	0,78066	-0,080	118,02	76,46	118,05	76,53	-0,974	-0,010
0,0914	0,78012	-0,091	118,03	76,43	118,07	76,52	-0,951	-0,013
0,1009	0,77962	-0,102	118,02	76,42	118,09	76,52	-0,931	-0,015
0,1493	0,77701	-0,140	118,09	76,37	118,19	76,50	-0,835	-0,033
0,2014	0,77427	-0,173	118,16	76,32	118,29	76,48	-0,734	-0,057
0,2440	0,77196	-0,192	118,25	76,29	118,38	76,46	-0,653	-0,080
0,2863	0,76995	-0,211	118,29	76,24	118,45	76,43	-0,575	-0,105
0,3081	0,76887	-0,217	118,32	76,22	118,49	76,42	-0,536	-0,118
0,3510	0,76672	-0,229	118,37	76,19	118,56	76,40	-0,461	-0,144
0,3995	0,76443	-0,237	118,43	76,15	118,64	76,37	-0,382	-0,174
0,4516	0,76208	-0,244	118,48	76,10	118,72	76,34	-0,305	-0,208
0,4999	0,75997	-0,248	118,53	76,05	118,78	76,30	-0,242	-0,241
0,5497	0,75786	-0,249	118,57	75,99	118,84	76,27	-0,185	-0,280
0,5994	0,75580	-0,244	118,62	75,94	118,89	76,22	-0,137	-0,325
0,6493	0,75377	-0,233	118,67	75,88	118,93	76,17	-0,098	-0,380
0,6993	0,75180	-0,219	118,71	75,82	118,96	76,10	-0,068	-0,448
0,7499	0,74984	-0,198	118,76	75,75	118,98	76,01	-0,044	-0,532
0,8015	0,74789	-0,173	118,81	75,68	119,00	75,91	-0,027	-0,636
0,8509	0,74605	-0,141	118,86	75,60	119,01	75,79	-0,015	-0,753
0,8997	0,74425	-0,103	118,91	75,51	119,02	75,66	-0,007	-0,884
0,9089	0,74391	-0,095	118,92	75,51	119,02	75,64	-0,006	-0,910
0,9191	0,74354	-0,086	118,93	75,48	119,02	75,61	-0,005	-0,939
0,9294	0,74317	-0,075	118,94	75,47	119,02	75,56	-0,004	-0,969
0,9401	0,74278	-0,064	118,95	75,46	119,02	75,53	-0,003	-1,000
0,9512	0,74237	-0,053	118,97	75,45	119,02	75,50	-0,002	-1,033
0,9587	0,74211	-0,047	118,97	75,40	119,02	75,48	-0,001	-1,055
0,9700	0,74170	-0,035	118,99	75,38	119,02	75,44	-0,001	-1,089
0,9777	0,74142	-0,026	119,00	75,35	119,02	75,42	0,000	-1,112
0,9897	0,74099	-0,013	119,01	75,25	119,02	75,39	0,000	-1,147

Tabela A 14 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0093	0,78063	-0,019	117,84	76,92	118,68	76,94	-1,188	0,000
0,0206	0,77992	-0,028	118,52	76,92	118,70	76,94	-1,161	-0,001
0,0305	0,77933	-0,037	118,67	76,91	118,73	76,94	-1,138	-0,002
0,0398	0,77877	-0,045	118,74	76,90	118,76	76,94	-1,117	-0,003
0,0499	0,77817	-0,054	118,79	76,89	118,78	76,94	-1,094	-0,004
0,0601	0,77751	-0,065	118,79	76,88	118,80	76,95	-1,071	-0,006
0,0702	0,77693	-0,075	118,81	76,87	118,82	76,94	-1,048	-0,009
0,0799	0,77638	-0,084	118,82	76,86	118,84	76,94	-1,027	-0,011
0,0914	0,77585	-0,097	118,81	76,84	118,86	76,93	-1,002	-0,014
0,1009	0,77532	-0,106	118,81	76,82	118,88	76,92	-0,981	-0,018
0,1493	0,77262	-0,143	118,91	76,77	118,99	76,91	-0,877	-0,037
0,2014	0,76981	-0,177	118,99	76,72	119,10	76,88	-0,768	-0,063
0,2440	0,76745	-0,195	119,07	76,69	119,19	76,87	-0,680	-0,087
0,2863	0,76538	-0,215	119,11	76,64	119,27	76,83	-0,596	-0,111
0,3081	0,76426	-0,220	119,15	76,62	119,31	76,82	-0,554	-0,124
0,3510	0,76206	-0,231	119,21	76,60	119,39	76,80	-0,475	-0,150
0,3995	0,75973	-0,241	119,27	76,55	119,48	76,77	-0,391	-0,179
0,4516	0,75731	-0,247	119,32	76,50	119,56	76,74	-0,310	-0,212
0,4999	0,75515	-0,250	119,37	76,45	119,62	76,71	-0,244	-0,244
0,5497	0,75298	-0,250	119,41	76,40	119,68	76,67	-0,186	-0,282
0,5994	0,75088	-0,246	119,46	76,34	119,73	76,62	-0,139	-0,328
0,6493	0,74881	-0,235	119,51	76,28	119,77	76,57	-0,100	-0,385
0,6993	0,74681	-0,222	119,55	76,21	119,80	76,50	-0,070	-0,456
0,7499	0,74478	-0,197	119,61	76,16	119,82	76,41	-0,048	-0,544
0,8015	0,74280	-0,173	119,65	76,08	119,84	76,30	-0,031	-0,650
0,8509	0,74092	-0,140	119,70	76,01	119,85	76,19	-0,018	-0,766
0,8997	0,73910	-0,104	119,75	75,92	119,86	76,06	-0,009	-0,890
0,9089	0,73876	-0,096	119,76	75,90	119,86	76,04	-0,008	-0,913
0,9191	0,73835	-0,082	119,78	75,94	119,86	76,01	-0,006	-0,939
0,9294	0,73799	-0,072	119,79	75,92	119,86	75,98	-0,005	-0,965
0,9401	0,73760	-0,063	119,80	75,90	119,86	75,95	-0,004	-0,992
0,9512	0,73718	-0,050	119,81	75,91	119,86	75,92	-0,003	-1,020
0,9587	0,73692	-0,045	119,82	75,85	119,86	75,90	-0,002	-1,038
0,9700	0,73651	-0,034	119,83	75,82	119,86	75,88	-0,001	-1,064
0,9777	0,73623	-0,026	119,84	75,77	119,86	75,86	-0,001	-1,082
0,9897	0,73580	-0,014	119,85	75,58	119,86	75,83	0,000	-1,108

Tabela A 15 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0093	0,77634	-0,020	118,63	77,35	119,48	77,37	-1,258	0,000
0,0206	0,77562	-0,029	119,35	77,34	119,50	77,37	-1,229	-0,001
0,0305	0,77501	-0,038	119,49	77,33	119,54	77,36	-1,204	-0,002
0,0398	0,77443	-0,046	119,59	77,32	119,56	77,36	-1,180	-0,004
0,0499	0,77382	-0,056	119,62	77,31	119,59	77,36	-1,154	-0,005
0,0601	0,77315	-0,067	119,62	77,30	119,61	77,37	-1,129	-0,008
0,0702	0,77255	-0,077	119,64	77,29	119,64	77,37	-1,103	-0,010
0,0799	0,77200	-0,088	119,64	77,28	119,66	77,36	-1,079	-0,013
0,0914	0,77145	-0,100	119,64	77,25	119,69	77,35	-1,050	-0,017
0,1009	0,77089	-0,108	119,67	77,24	119,71	77,34	-1,026	-0,020
0,1493	0,76812	-0,145	119,76	77,19	119,83	77,32	-0,908	-0,040
0,2014	0,76524	-0,180	119,84	77,14	119,95	77,30	-0,786	-0,066
0,2440	0,76282	-0,198	119,93	77,11	120,05	77,29	-0,691	-0,089
0,2863	0,76069	-0,217	119,98	77,06	120,13	77,25	-0,602	-0,112
0,3081	0,75955	-0,223	120,01	77,04	120,18	77,24	-0,559	-0,125
0,3510	0,75730	-0,234	120,07	77,01	120,26	77,23	-0,478	-0,151
0,3995	0,75491	-0,243	120,13	76,97	120,34	77,19	-0,395	-0,181
0,4516	0,75243	-0,248	120,19	76,92	120,42	77,16	-0,315	-0,215
0,4999	0,75022	-0,252	120,23	76,87	120,49	77,12	-0,251	-0,251
0,5497	0,74801	-0,252	120,28	76,82	120,54	77,08	-0,194	-0,293
0,5994	0,74587	-0,249	120,32	76,75	120,59	77,03	-0,147	-0,341
0,6493	0,74375	-0,237	120,37	76,70	120,63	76,98	-0,107	-0,398
0,6993	0,74169	-0,221	120,42	76,64	120,66	76,91	-0,075	-0,467
0,7499	0,73962	-0,195	120,48	76,59	120,69	76,83	-0,050	-0,549
0,8015	0,73760	-0,170	120,53	76,52	120,71	76,73	-0,031	-0,647
0,8509	0,73570	-0,140	120,57	76,44	120,72	76,62	-0,017	-0,755
0,8997	0,73384	-0,102	120,63	76,36	120,73	76,50	-0,008	-0,875
0,9089	0,73349	-0,093	120,64	76,35	120,73	76,48	-0,006	-0,899
0,9191	0,73311	-0,085	120,65	76,33	120,73	76,45	-0,005	-0,926
0,9294	0,73274	-0,074	120,66	76,31	120,73	76,41	-0,004	-0,954
0,9401	0,73234	-0,064	120,67	76,30	120,73	76,38	-0,003	-0,983
0,9512	0,73191	-0,051	120,68	76,32	120,73	76,35	-0,002	-1,014
0,9587	0,73164	-0,045	120,69	76,28	120,73	76,33	-0,001	-1,035
0,9700	0,73124	-0,036	120,70	76,17	120,73	76,30	-0,001	-1,067
0,9777	0,73094	-0,026	120,71	76,20	120,73	76,27	0,000	-1,090
0,9897	0,73050	-0,013	120,72	76,08	120,74	76,24	0,000	-1,125

Tabela A 16 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0093	0,77197	-0,019	119,54	77,78	120,25	77,80	-1,385	0,000
0,0206	0,77124	-0,030	120,15	77,77	120,27	77,80	-1,353	-0,001
0,0305	0,77065	-0,043	120,23	77,76	120,31	77,80	-1,324	-0,003
0,0398	0,77006	-0,051	120,35	77,75	120,34	77,80	-1,296	-0,005
0,0499	0,76937	-0,063	120,37	77,75	120,37	77,80	-1,266	-0,007
0,0601	0,76884	-0,074	120,40	77,72	120,39	77,79	-1,236	-0,010
0,0702	0,76822	-0,083	120,44	77,71	120,42	77,79	-1,206	-0,014
0,0799	0,76762	-0,091	120,49	77,70	120,45	77,79	-1,177	-0,017
0,0914	0,76696	-0,103	120,50	77,69	120,48	77,78	-1,143	-0,021
0,1009	0,76639	-0,111	120,53	77,68	120,51	77,78	-1,114	-0,025
0,1493	0,76355	-0,149	120,63	77,63	120,65	77,75	-0,972	-0,047
0,2014	0,76059	-0,183	120,72	77,57	120,80	77,73	-0,828	-0,074
0,2440	0,75812	-0,201	120,81	77,54	120,92	77,72	-0,719	-0,096
0,2863	0,75594	-0,221	120,85	77,49	121,01	77,68	-0,620	-0,118
0,3081	0,75477	-0,227	120,89	77,47	121,05	77,67	-0,572	-0,130
0,3510	0,75247	-0,237	120,95	77,45	121,14	77,66	-0,485	-0,154
0,3995	0,75002	-0,245	121,02	77,40	121,23	77,63	-0,399	-0,183
0,4516	0,74748	-0,250	121,08	77,36	121,31	77,59	-0,319	-0,218
0,4999	0,74522	-0,253	121,12	77,31	121,37	77,56	-0,256	-0,255
0,5497	0,74297	-0,253	121,17	77,25	121,43	77,51	-0,200	-0,300
0,5994	0,74079	-0,250	121,21	77,19	121,48	77,46	-0,154	-0,353
0,6493	0,73863	-0,238	121,26	77,13	121,51	77,40	-0,115	-0,413
0,6993	0,73650	-0,218	121,32	77,09	121,55	77,33	-0,083	-0,482
0,7499	0,73440	-0,193	121,37	77,04	121,57	77,25	-0,056	-0,562
0,8015	0,73234	-0,167	121,42	76,97	121,59	77,16	-0,035	-0,653
0,8509	0,73041	-0,137	121,47	76,90	121,61	77,06	-0,019	-0,750
0,8997	0,72852	-0,098	121,52	76,83	121,62	76,96	-0,009	-0,856
0,9089	0,72817	-0,090	121,53	76,82	121,62	76,93	-0,007	-0,877
0,9191	0,72778	-0,081	121,54	76,81	121,62	76,91	-0,006	-0,901
0,9294	0,72741	-0,072	121,55	76,79	121,62	76,88	-0,004	-0,926
0,9401	0,72701	-0,062	121,56	76,76	121,62	76,85	-0,003	-0,952
0,9512	0,72658	-0,050	121,57	76,77	121,62	76,82	-0,002	-0,980
0,9587	0,72630	-0,043	121,58	76,76	121,63	76,80	-0,001	-0,999
0,9700	0,72588	-0,032	121,59	76,74	121,63	76,77	-0,001	-1,028
0,9777	0,72559	-0,024	121,60	76,72	121,63	76,75	0,000	-1,049
0,9897	0,72516	-0,014	121,61	76,44	121,63	76,72	0,000	-1,082

Tabela A 17 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0104	0,80906	-0,036	115,54	91,51	116,27	91,54	-2,739	0,000
0,0243	0,80813	-0,071	116,09	91,47	116,34	91,54	-2,662	-0,002
0,0294	0,80777	-0,082	116,23	91,46	116,37	91,54	-2,634	-0,003
0,0396	0,80709	-0,107	116,32	91,43	116,43	91,54	-2,578	-0,005
0,0498	0,80641	-0,132	116,37	91,40	116,48	91,54	-2,523	-0,008
0,0601	0,80574	-0,158	116,38	91,38	116,54	91,53	-2,468	-0,012
0,0699	0,80507	-0,178	116,46	91,35	116,59	91,53	-2,416	-0,016
0,0804	0,80438	-0,203	116,48	91,32	116,65	91,52	-2,360	-0,021
0,0898	0,80372	-0,220	116,55	91,30	116,69	91,52	-2,311	-0,026
0,1006	0,80295	-0,247	116,55	91,28	116,76	91,52	-2,255	-0,032
0,1507	0,79954	-0,343	116,74	91,15	117,02	91,48	-2,000	-0,069
0,1993	0,79626	-0,430	116,86	91,02	117,25	91,44	-1,764	-0,116
0,2516	0,79270	-0,506	117,00	90,88	117,49	91,38	-1,522	-0,176
0,3022	0,78927	-0,570	117,13	90,74	117,71	91,31	-1,304	-0,243
0,3515	0,78587	-0,615	117,27	90,60	117,91	91,23	-1,105	-0,318
0,4031	0,78233	-0,651	117,40	90,46	118,10	91,15	-0,914	-0,406
0,4497	0,77915	-0,675	117,51	90,33	118,26	91,06	-0,757	-0,495
0,4999	0,77569	-0,685	117,64	90,18	118,41	90,95	-0,606	-0,605
0,5485	0,77239	-0,691	117,76	90,02	118,54	90,82	-0,477	-0,728
0,5953	0,76920	-0,683	117,87	89,87	118,65	90,69	-0,370	-0,865
0,6445	0,76582	-0,660	117,99	89,70	118,74	90,52	-0,274	-1,033
0,6999	0,76200	-0,617	118,13	89,50	118,83	90,30	-0,185	-1,257
0,7466	0,75877	-0,567	118,26	89,31	118,89	90,07	-0,126	-1,482
0,8067	0,75466	-0,493	118,40	89,00	118,95	89,73	-0,070	-1,824
0,8404	0,75226	-0,425	118,51	88,88	118,97	89,50	-0,046	-2,046
0,8695	0,75022	-0,364	118,59	88,76	118,98	89,29	-0,030	-2,256
0,8983	0,74809	-0,292	118,69	88,67	118,99	89,06	-0,018	-2,481
0,9092	0,74732	-0,268	118,72	88,59	119,00	88,97	-0,014	-2,572
0,9188	0,74662	-0,243	118,75	88,55	119,00	88,89	-0,011	-2,654
0,9299	0,74583	-0,215	118,78	88,48	119,00	88,79	-0,008	-2,750
0,9398	0,74511	-0,187	118,81	88,43	119,01	88,70	-0,006	-2,839
0,9492	0,74442	-0,160	118,84	88,40	119,01	88,62	-0,004	-2,926
0,9607	0,74359	-0,128	118,88	88,28	119,01	88,51	-0,003	-3,035
0,9697	0,74297	-0,101	118,90	88,22	119,00	88,42	-0,002	-3,122
0,9796	0,74224	-0,069	118,94	88,16	119,01	88,32	-0,001	-3,219
0,9902	0,74147	-0,037	118,97	87,78	119,01	88,22	0,000	-3,327

Tabela A 18 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0104	0,80525	-0,038	116,23	91,94	116,99	91,97	-2,869	0,000
0,0243	0,80431	-0,075	116,77	91,90	117,07	91,97	-2,787	-0,002
0,0294	0,80394	-0,086	116,93	91,89	117,10	91,97	-2,757	-0,003
0,0396	0,80324	-0,111	117,05	91,86	117,16	91,97	-2,697	-0,006
0,0498	0,80254	-0,137	117,11	91,83	117,22	91,97	-2,637	-0,010
0,0601	0,80184	-0,162	117,16	91,80	117,28	91,96	-2,577	-0,014
0,0699	0,80116	-0,184	117,23	91,78	117,34	91,96	-2,520	-0,018
0,0804	0,80044	-0,208	117,27	91,75	117,40	91,95	-2,459	-0,023
0,0898	0,79979	-0,229	117,31	91,72	117,45	91,95	-2,405	-0,028
0,1006	0,79899	-0,254	117,34	91,70	117,52	91,95	-2,343	-0,035
0,1507	0,79553	-0,356	117,50	91,56	117,80	91,91	-2,064	-0,071
0,1993	0,79217	-0,445	117,63	91,43	118,05	91,87	-1,809	-0,116
0,2516	0,78855	-0,526	117,77	91,28	118,31	91,81	-1,553	-0,174
0,3022	0,78501	-0,588	117,92	91,14	118,54	91,74	-1,327	-0,241
0,3515	0,78160	-0,642	118,04	90,99	118,74	91,67	-1,125	-0,317
0,4031	0,77798	-0,680	118,18	90,84	118,93	91,57	-0,935	-0,411
0,4497	0,77473	-0,705	118,30	90,70	119,08	91,47	-0,780	-0,509
0,4999	0,77123	-0,720	118,42	90,54	119,23	91,35	-0,631	-0,631
0,5485	0,76784	-0,723	118,55	90,38	119,36	91,22	-0,503	-0,767
0,5953	0,76457	-0,713	118,67	90,22	119,47	91,07	-0,395	-0,917
0,6445	0,76114	-0,692	118,79	90,04	119,57	90,89	-0,296	-1,098
0,6999	0,75724	-0,647	118,94	89,83	119,66	90,65	-0,203	-1,332
0,7466	0,75392	-0,592	119,07	89,64	119,73	90,42	-0,138	-1,561
0,8067	0,74965	-0,504	119,24	89,38	119,79	90,08	-0,075	-1,903
0,8404	0,74722	-0,437	119,34	89,23	119,81	89,85	-0,048	-2,125
0,8695	0,74515	-0,377	119,42	89,09	119,83	89,64	-0,030	-2,336
0,8983	0,74300	-0,305	119,52	88,97	119,84	89,41	-0,017	-2,565
0,9092	0,74221	-0,279	119,55	88,90	119,85	89,32	-0,013	-2,659
0,9188	0,74151	-0,255	119,58	88,83	119,85	89,23	-0,010	-2,744
0,9299	0,74069	-0,224	119,62	88,78	119,85	89,13	-0,008	-2,845
0,9398	0,73996	-0,196	119,65	88,72	119,86	89,04	-0,005	-2,939
0,9492	0,73925	-0,167	119,69	88,69	119,86	88,94	-0,004	-3,032
0,9607	0,73839	-0,132	119,72	88,63	119,86	88,83	-0,002	-3,150
0,9697	0,73775	-0,104	119,75	88,56	119,86	88,73	-0,001	-3,245
0,9796	0,73701	-0,072	119,78	88,47	119,86	88,62	-0,001	-3,354
0,9902	0,73622	-0,037	119,82	88,15	119,86	88,50	0,000	-3,475

Tabela A 19 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0104	0,80138	-0,038	117,04	92,38	117,74	92,42	-2,986	0,000
0,0243	0,80043	-0,078	117,51	92,34	117,82	92,41	-2,901	-0,003
0,0294	0,80006	-0,090	117,65	92,32	117,86	92,41	-2,870	-0,004
0,0396	0,79935	-0,117	117,76	92,29	117,92	92,41	-2,807	-0,006
0,0498	0,79863	-0,143	117,85	92,27	117,98	92,41	-2,745	-0,010
0,0601	0,79791	-0,169	117,92	92,24	118,04	92,40	-2,682	-0,014
0,0699	0,79721	-0,191	118,00	92,21	118,10	92,40	-2,623	-0,019
0,0804	0,79649	-0,218	118,02	92,18	118,17	92,39	-2,559	-0,024
0,0898	0,79581	-0,237	118,08	92,16	118,22	92,39	-2,503	-0,030
0,1006	0,79500	-0,263	118,12	92,13	118,30	92,39	-2,438	-0,036
0,1507	0,79147	-0,370	118,28	91,99	118,59	92,35	-2,148	-0,074
0,1993	0,78804	-0,462	118,42	91,85	118,85	92,30	-1,881	-0,121
0,2516	0,78435	-0,548	118,56	91,69	119,12	92,24	-1,615	-0,181
0,3022	0,78075	-0,613	118,70	91,54	119,35	92,17	-1,380	-0,251
0,3515	0,77725	-0,668	118,83	91,39	119,56	92,09	-1,171	-0,330
0,4031	0,77356	-0,708	118,98	91,24	119,76	92,00	-0,974	-0,428
0,4497	0,77024	-0,733	119,10	91,09	119,92	91,89	-0,814	-0,531
0,4999	0,76666	-0,748	119,24	90,93	120,07	91,76	-0,660	-0,659
0,5485	0,76320	-0,751	119,36	90,76	120,21	91,62	-0,527	-0,802
0,5953	0,75986	-0,740	119,49	90,59	120,32	91,46	-0,415	-0,959
0,6445	0,75635	-0,717	119,62	90,41	120,42	91,28	-0,312	-1,147
0,6999	0,75237	-0,670	119,78	90,19	120,52	91,03	-0,214	-1,390
0,7466	0,74898	-0,614	119,91	90,00	120,59	90,80	-0,146	-1,626
0,8067	0,74463	-0,522	120,09	89,72	120,65	90,45	-0,079	-1,978
0,8404	0,74214	-0,451	120,19	89,59	120,68	90,21	-0,051	-2,204
0,8695	0,74003	-0,388	120,28	89,44	120,69	90,00	-0,033	-2,420
0,8983	0,73786	-0,317	120,38	89,30	120,71	89,76	-0,019	-2,654
0,9092	0,73705	-0,290	120,41	89,23	120,72	89,67	-0,014	-2,749
0,9188	0,73633	-0,263	120,44	89,17	120,72	89,58	-0,011	-2,836
0,9299	0,73550	-0,232	120,48	89,10	120,72	89,48	-0,008	-2,939
0,9398	0,73474	-0,201	120,52	89,08	120,72	89,38	-0,006	-3,035
0,9492	0,73403	-0,172	120,55	89,03	120,73	89,29	-0,004	-3,129
0,9607	0,73315	-0,135	120,59	88,97	120,73	89,17	-0,002	-3,249
0,9697	0,73249	-0,105	120,62	88,95	120,72	89,07	-0,001	-3,346
0,9796	0,73174	-0,073	120,65	88,86	120,72	88,96	-0,001	-3,457
0,9902	0,73094	-0,038	120,69	88,53	120,73	88,84	0,000	-3,581

Tabela A 20 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0104	0,79750	-0,040	117,76	92,82	118,52	92,86	-3,094	0,000
0,0243	0,79652	-0,080	118,31	92,78	118,61	92,86	-3,006	-0,003
0,0294	0,79614	-0,093	118,46	92,77	118,64	92,86	-2,973	-0,004
0,0396	0,79541	-0,120	118,58	92,74	118,71	92,86	-2,908	-0,007
0,0498	0,79468	-0,148	118,65	92,71	118,77	92,85	-2,844	-0,010
0,0601	0,79395	-0,175	118,71	92,68	118,84	92,85	-2,779	-0,015
0,0699	0,79324	-0,198	118,78	92,65	118,90	92,85	-2,717	-0,019
0,0804	0,79250	-0,226	118,81	92,62	118,97	92,84	-2,652	-0,025
0,0898	0,79181	-0,247	118,87	92,59	119,02	92,83	-2,593	-0,030
0,1006	0,79098	-0,273	118,91	92,57	119,10	92,83	-2,527	-0,037
0,1507	0,78738	-0,384	119,07	92,42	119,40	92,80	-2,226	-0,076
0,1993	0,78388	-0,480	119,22	92,27	119,67	92,75	-1,950	-0,125
0,2516	0,78011	-0,569	119,36	92,11	119,95	92,68	-1,676	-0,187
0,3022	0,77643	-0,637	119,52	91,96	120,19	92,61	-1,433	-0,260
0,3515	0,77286	-0,694	119,65	91,80	120,41	92,53	-1,217	-0,343
0,4031	0,76910	-0,736	119,80	91,64	120,61	92,43	-1,013	-0,445
0,4497	0,76570	-0,762	119,93	91,49	120,78	92,32	-0,848	-0,553
0,4999	0,76205	-0,777	120,07	91,32	120,94	92,18	-0,688	-0,687
0,5485	0,75852	-0,781	120,20	91,14	121,07	92,03	-0,551	-0,837
0,5953	0,75511	-0,769	120,33	90,97	121,19	91,87	-0,434	-1,002
0,6445	0,75152	-0,744	120,47	90,78	121,30	91,67	-0,328	-1,198
0,6999	0,74746	-0,696	120,63	90,55	121,40	91,42	-0,226	-1,452
0,7466	0,74400	-0,637	120,77	90,36	121,47	91,18	-0,156	-1,696
0,8067	0,73955	-0,540	120,96	90,08	121,54	90,81	-0,085	-2,059
0,8404	0,73701	-0,465	121,07	89,95	121,57	90,57	-0,056	-2,291
0,8695	0,73485	-0,401	121,16	89,79	121,58	90,35	-0,036	-2,510
0,8983	0,73264	-0,326	121,26	89,66	121,60	90,12	-0,020	-2,748
0,9092	0,73180	-0,295	121,30	89,62	121,61	90,02	-0,016	-2,844
0,9188	0,73109	-0,272	121,33	89,52	121,61	89,93	-0,012	-2,932
0,9299	0,73024	-0,239	121,36	89,46	121,61	89,83	-0,009	-3,036
0,9398	0,72947	-0,207	121,40	89,43	121,61	89,73	-0,006	-3,132
0,9492	0,72876	-0,180	121,43	89,33	121,62	89,64	-0,005	-3,227
0,9607	0,72786	-0,141	121,48	89,28	121,62	89,52	-0,003	-3,347
0,9697	0,72718	-0,110	121,50	89,24	121,62	89,42	-0,001	-3,444
0,9796	0,72641	-0,075	121,54	89,18	121,62	89,31	-0,001	-3,555
0,9902	0,72559	-0,039	121,58	88,92	121,62	89,19	0,000	-3,679

Tabela A 21 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0105	0,81389	-0,043	114,95	108,19	116,00	108,24	-3,016	-0,001
0,0197	0,81334	-0,068	115,54	108,17	116,05	108,23	-2,958	-0,002
0,0321	0,81256	-0,098	115,96	108,14	116,13	108,23	-2,878	-0,005
0,0401	0,81206	-0,118	116,07	108,11	116,19	108,23	-2,826	-0,008
0,0506	0,81139	-0,141	116,22	108,09	116,25	108,22	-2,758	-0,012
0,0595	0,81083	-0,161	116,30	108,06	116,31	108,22	-2,701	-0,016
0,0699	0,81018	-0,186	116,35	108,04	116,38	108,21	-2,633	-0,022
0,0811	0,80949	-0,214	116,37	108,00	116,45	108,21	-2,560	-0,028
0,0901	0,80893	-0,237	116,39	107,98	116,51	108,20	-2,501	-0,034
0,1042	0,80803	-0,269	116,42	107,94	116,59	108,20	-2,411	-0,043
0,1506	0,80502	-0,360	116,61	107,82	116,88	108,16	-2,120	-0,078
0,2078	0,80127	-0,462	116,77	107,66	117,21	108,11	-1,788	-0,127
0,2520	0,79832	-0,532	116,89	107,53	117,44	108,07	-1,554	-0,172
0,3010	0,79501	-0,598	117,01	107,38	117,68	108,01	-1,321	-0,230
0,3492	0,79165	-0,646	117,15	107,25	117,88	107,94	-1,116	-0,299
0,3996	0,78814	-0,692	117,26	107,09	118,07	107,86	-0,926	-0,385
0,4577	0,78400	-0,727	117,41	106,90	118,26	107,73	-0,735	-0,506
0,4985	0,78106	-0,743	117,51	106,76	118,38	107,63	-0,615	-0,607
0,5512	0,77721	-0,751	117,63	106,57	118,52	107,48	-0,478	-0,758
0,5999	0,77361	-0,747	117,75	106,37	118,63	107,32	-0,365	-0,920
0,6506	0,76972	-0,716	117,90	106,19	118,73	107,13	-0,264	-1,113
0,6986	0,76604	-0,682	118,02	105,98	118,81	106,92	-0,182	-1,324
0,7451	0,76249	-0,646	118,13	105,71	118,88	106,68	-0,116	-1,561
0,7976	0,75812	-0,557	118,31	105,49	118,95	106,36	-0,060	-1,881
0,8534	0,75355	-0,452	118,48	105,15	118,99	105,93	-0,022	-2,307
0,8980	0,74974	-0,339	118,64	104,92	119,01	105,50	-0,005	-2,739
0,9098	0,74875	-0,311	118,67	104,79	119,01	105,37	-0,003	-2,870
0,9195	0,74792	-0,284	118,70	104,71	119,01	105,25	-0,002	-2,985
0,9289	0,74710	-0,257	118,74	104,62	119,01	105,13	-0,001	-3,102
0,9419	0,74596	-0,216	118,78	104,52	119,01	104,96	0,000	-3,273
0,9495	0,74529	-0,192	118,81	104,45	119,01	104,86	0,001	-3,380
0,9594	0,74440	-0,157	118,85	104,36	119,01	104,71	0,001	-3,526
0,9688	0,74356	-0,125	118,88	104,24	119,01	104,57	0,001	-3,671
0,9792	0,74263	-0,088	118,92	103,99	119,01	104,39	0,000	-3,842
0,9902	0,74163	-0,046	118,97	103,53	119,01	104,20	0,000	-4,033

Tabela A 22 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0105	0,81025	-0,043	115,75	108,68	116,81	108,72	-3,048	-0,001
0,0197	0,80968	-0,069	116,36	108,65	116,87	108,72	-2,990	-0,002
0,0321	0,80889	-0,101	116,72	108,62	116,95	108,71	-2,910	-0,005
0,0401	0,80837	-0,120	116,86	108,59	117,00	108,71	-2,858	-0,007
0,0506	0,80769	-0,145	116,99	108,57	117,07	108,71	-2,790	-0,011
0,0595	0,80712	-0,166	117,06	108,54	117,12	108,70	-2,732	-0,015
0,0699	0,80645	-0,191	117,11	108,51	117,19	108,70	-2,665	-0,020
0,0811	0,80573	-0,218	117,16	108,48	117,26	108,69	-2,592	-0,026
0,0901	0,80514	-0,240	117,20	108,46	117,32	108,69	-2,533	-0,032
0,1042	0,80423	-0,274	117,21	108,42	117,40	108,68	-2,443	-0,040
0,1506	0,80120	-0,375	117,35	108,28	117,69	108,65	-2,154	-0,074
0,2078	0,79736	-0,481	117,52	108,12	118,01	108,60	-1,824	-0,124
0,2520	0,79434	-0,553	117,65	107,98	118,25	108,55	-1,592	-0,170
0,3010	0,79096	-0,622	117,77	107,83	118,48	108,49	-1,360	-0,232
0,3492	0,78757	-0,678	117,90	107,68	118,68	108,42	-1,156	-0,306
0,3996	0,78399	-0,727	118,02	107,51	118,87	108,32	-0,965	-0,400
0,4577	0,77975	-0,762	118,17	107,32	119,07	108,19	-0,771	-0,531
0,4985	0,77676	-0,780	118,27	107,17	119,19	108,08	-0,649	-0,640
0,5512	0,77280	-0,785	118,41	106,97	119,33	107,92	-0,506	-0,801
0,5999	0,76909	-0,776	118,55	106,78	119,45	107,75	-0,389	-0,972
0,6506	0,76516	-0,751	118,69	106,58	119,56	107,55	-0,282	-1,175
0,6986	0,76139	-0,714	118,82	106,35	119,64	107,33	-0,195	-1,394
0,7451	0,75772	-0,670	118,94	106,10	119,71	107,09	-0,125	-1,639
0,7976	0,75330	-0,583	119,12	105,84	119,79	106,75	-0,065	-1,968
0,8534	0,74861	-0,471	119,30	105,51	119,83	106,31	-0,023	-2,405
0,8980	0,74473	-0,354	119,46	105,25	119,85	105,87	-0,006	-2,850
0,9098	0,74370	-0,322	119,50	105,15	119,85	105,73	-0,003	-2,986
0,9195	0,74285	-0,294	119,54	105,07	119,85	105,62	-0,002	-3,104
0,9289	0,74201	-0,265	119,57	104,99	119,85	105,49	-0,001	-3,225
0,9419	0,74085	-0,223	119,62	104,89	119,86	105,32	0,000	-3,402
0,9495	0,74017	-0,198	119,65	104,80	119,86	105,21	0,001	-3,512
0,9594	0,73928	-0,166	119,68	104,64	119,86	105,06	0,001	-3,664
0,9688	0,73842	-0,131	119,72	104,51	119,86	104,90	0,001	-3,815
0,9792	0,73746	-0,092	119,76	104,31	119,86	104,73	0,000	-3,993
0,9902	0,73644	-0,048	119,81	103,83	119,86	104,53	0,000	-4,191

Tabela A 23 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0105	0,80655	-0,045	116,44	109,17	117,58	109,22	-3,147	-0,001
0,0197	0,80595	-0,069	117,20	109,15	117,64	109,21	-3,087	-0,002
0,0321	0,80515	-0,103	117,50	109,11	117,72	109,21	-3,006	-0,005
0,0401	0,80463	-0,125	117,60	109,09	117,77	109,21	-2,952	-0,007
0,0506	0,80393	-0,151	117,75	109,06	117,84	109,21	-2,883	-0,011
0,0595	0,80335	-0,173	117,81	109,03	117,90	109,20	-2,825	-0,015
0,0699	0,80267	-0,200	117,87	109,00	117,97	109,20	-2,756	-0,020
0,0811	0,80194	-0,229	117,90	108,97	118,04	109,19	-2,682	-0,026
0,0901	0,80133	-0,250	117,96	108,94	118,10	109,19	-2,623	-0,031
0,1042	0,80041	-0,287	117,96	108,90	118,18	109,18	-2,532	-0,040
0,1506	0,79730	-0,390	118,12	108,76	118,47	109,15	-2,239	-0,075
0,2078	0,79340	-0,504	118,28	108,59	118,80	109,09	-1,904	-0,128
0,2520	0,79033	-0,581	118,40	108,44	119,04	109,04	-1,666	-0,178
0,3010	0,78688	-0,653	118,54	108,29	119,28	108,98	-1,427	-0,243
0,3492	0,78341	-0,711	118,67	108,13	119,50	108,90	-1,214	-0,322
0,3996	0,77975	-0,762	118,80	107,95	119,70	108,80	-1,014	-0,420
0,4577	0,77542	-0,799	118,96	107,75	119,90	108,66	-0,809	-0,558
0,4985	0,77236	-0,817	119,07	107,59	120,03	108,55	-0,680	-0,671
0,5512	0,76833	-0,824	119,21	107,39	120,18	108,38	-0,529	-0,839
0,5999	0,76455	-0,816	119,35	107,18	120,30	108,20	-0,407	-1,017
0,6506	0,76051	-0,786	119,50	106,97	120,41	107,99	-0,295	-1,230
0,6986	0,75667	-0,749	119,64	106,73	120,50	107,76	-0,205	-1,463
0,7451	0,75292	-0,703	119,77	106,46	120,58	107,50	-0,133	-1,723
0,7976	0,74839	-0,610	119,96	106,20	120,65	107,14	-0,071	-2,072
0,8534	0,74359	-0,491	120,15	105,87	120,70	106,68	-0,027	-2,533
0,8980	0,73963	-0,370	120,31	105,59	120,72	106,22	-0,008	-2,994
0,9098	0,73859	-0,338	120,35	105,47	120,72	106,08	-0,005	-3,134
0,9195	0,73772	-0,309	120,39	105,38	120,72	105,96	-0,003	-3,255
0,9289	0,73685	-0,277	120,43	105,33	120,72	105,84	-0,002	-3,379
0,9419	0,73567	-0,233	120,48	105,20	120,72	105,66	-0,001	-3,559
0,9495	0,73496	-0,205	120,51	105,16	120,73	105,55	0,000	-3,670
0,9594	0,73404	-0,169	120,55	105,05	120,73	105,39	0,000	-3,823
0,9688	0,73317	-0,135	120,59	104,90	120,73	105,24	0,000	-3,975
0,9792	0,73220	-0,095	120,63	104,63	120,73	105,06	0,000	-4,152
0,9902	0,73116	-0,050	120,67	104,13	120,73	104,87	0,000	-4,350

Tabela A 24 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0105	0,80282	-0,046	117,28	109,68	118,36	109,72	-3,260	-0,001
0,0197	0,80220	-0,070	118,06	109,65	118,42	109,72	-3,198	-0,002
0,0321	0,80139	-0,107	118,30	109,61	118,50	109,72	-3,114	-0,005
0,0401	0,80086	-0,129	118,39	109,59	118,56	109,71	-3,059	-0,007
0,0506	0,80015	-0,157	118,52	109,56	118,63	109,71	-2,988	-0,011
0,0595	0,79956	-0,180	118,58	109,53	118,69	109,71	-2,928	-0,015
0,0699	0,79887	-0,209	118,63	109,50	118,76	109,70	-2,857	-0,020
0,0811	0,79811	-0,237	118,69	109,46	118,84	109,70	-2,781	-0,026
0,0901	0,79750	-0,261	118,73	109,43	118,90	109,69	-2,720	-0,031
0,1042	0,79655	-0,299	118,73	109,39	118,97	109,69	-2,627	-0,040
0,1506	0,79339	-0,409	118,88	109,24	119,27	109,65	-2,326	-0,076
0,2078	0,78941	-0,528	119,06	109,06	119,62	109,60	-1,982	-0,131
0,2520	0,78628	-0,609	119,18	108,91	119,86	109,54	-1,737	-0,183
0,3010	0,78275	-0,684	119,33	108,75	120,11	109,47	-1,491	-0,253
0,3492	0,77921	-0,745	119,47	108,58	120,33	109,39	-1,270	-0,336
0,3996	0,77548	-0,799	119,60	108,40	120,54	109,29	-1,063	-0,441
0,4577	0,77106	-0,838	119,77	108,18	120,75	109,14	-0,850	-0,586
0,4985	0,76793	-0,856	119,88	108,02	120,88	109,02	-0,715	-0,706
0,5512	0,76381	-0,863	120,03	107,80	121,04	108,84	-0,558	-0,883
0,5999	0,75995	-0,855	120,17	107,59	121,17	108,66	-0,430	-1,072
0,6506	0,75583	-0,824	120,33	107,37	121,29	108,43	-0,313	-1,296
0,6986	0,75190	-0,785	120,48	107,12	121,38	108,19	-0,218	-1,539
0,7451	0,74806	-0,735	120,61	106,84	121,46	107,92	-0,142	-1,811
0,7976	0,74342	-0,635	120,82	106,58	121,54	107,55	-0,077	-2,175
0,8534	0,73851	-0,510	121,02	106,24	121,59	107,07	-0,031	-2,653
0,8980	0,73447	-0,384	121,19	105,95	121,61	106,59	-0,010	-3,129
0,9098	0,73341	-0,351	121,23	105,83	121,61	106,45	-0,007	-3,273
0,9195	0,73253	-0,322	121,27	105,72	121,61	106,32	-0,004	-3,397
0,9289	0,73164	-0,288	121,31	105,66	121,61	106,20	-0,003	-3,524
0,9419	0,73043	-0,242	121,36	105,55	121,62	106,01	-0,001	-3,709
0,9495	0,72972	-0,215	121,39	105,46	121,62	105,90	-0,001	-3,823
0,9594	0,72878	-0,178	121,43	105,34	121,62	105,74	0,000	-3,979
0,9688	0,72788	-0,140	121,47	105,23	121,62	105,59	0,000	-4,134
0,9792	0,72689	-0,099	121,52	104,97	121,62	105,41	0,000	-4,316
0,9902	0,72583	-0,052	121,56	104,43	121,62	105,20	0,000	-4,518

Tabela A 25 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0103	0,81826	-0,033	115,82	124,75	116,24	124,78	-2,770	0,000
0,0204	0,81768	-0,060	116,07	124,72	116,30	124,78	-2,713	-0,001
0,0304	0,81711	-0,087	116,16	124,69	116,35	124,78	-2,656	-0,003
0,0408	0,81651	-0,114	116,22	124,66	116,41	124,77	-2,597	-0,005
0,0495	0,81600	-0,135	116,28	124,64	116,46	124,77	-2,548	-0,007
0,0625	0,81523	-0,166	116,35	124,60	116,54	124,77	-2,474	-0,011
0,0705	0,81474	-0,183	116,41	124,58	116,58	124,76	-2,430	-0,014
0,0799	0,81417	-0,204	116,46	124,56	116,63	124,76	-2,377	-0,017
0,0912	0,81349	-0,229	116,49	124,53	116,70	124,76	-2,315	-0,022
0,0994	0,81301	-0,251	116,49	124,50	116,74	124,75	-2,270	-0,026
0,1508	0,80987	-0,364	116,60	124,35	117,02	124,72	-1,996	-0,056
0,2050	0,80642	-0,465	116,75	124,19	117,29	124,68	-1,726	-0,098
0,2579	0,80299	-0,558	116,85	124,03	117,53	124,63	-1,483	-0,152
0,3000	0,80017	-0,620	116,95	123,89	117,71	124,57	-1,305	-0,206
0,3574	0,79620	-0,689	117,08	123,71	117,93	124,48	-1,082	-0,296
0,4012	0,79309	-0,733	117,19	123,56	118,09	124,40	-0,926	-0,379
0,4501	0,78954	-0,772	117,30	123,37	118,25	124,29	-0,767	-0,488
0,5028	0,78558	-0,796	117,43	123,18	118,40	124,15	-0,612	-0,627
0,5637	0,78083	-0,802	117,59	122,94	118,56	123,96	-0,452	-0,819
0,5980	0,77811	-0,800	117,68	122,79	118,64	123,83	-0,372	-0,944
0,6508	0,77376	-0,775	117,82	122,56	118,75	123,62	-0,263	-1,163
0,7000	0,76962	-0,741	117,95	122,31	118,84	123,37	-0,178	-1,404
0,7493	0,76532	-0,685	118,10	122,04	118,90	123,09	-0,110	-1,689
0,7994	0,76079	-0,609	118,25	121,75	118,96	122,74	-0,058	-2,040
0,8514	0,75591	-0,502	118,43	121,40	118,99	122,29	-0,023	-2,492
0,9030	0,75084	-0,361	118,62	121,06	119,01	121,73	-0,005	-3,056
0,9095	0,75020	-0,343	118,64	120,99	119,01	121,64	-0,004	-3,137
0,9204	0,74910	-0,308	118,68	120,91	119,01	121,50	-0,002	-3,280
0,9294	0,74816	-0,276	118,72	120,87	119,01	121,37	-0,001	-3,404
0,9397	0,74710	-0,243	118,76	120,76	119,02	121,23	0,000	-3,553
0,9495	0,74608	-0,206	118,80	120,71	119,01	121,08	0,000	-3,701
0,9589	0,74509	-0,172	118,84	120,60	119,02	120,93	0,000	-3,850
0,9690	0,74404	-0,135	118,88	120,44	119,02	120,76	0,000	-4,017
0,9791	0,74295	-0,093	118,92	120,31	119,02	120,59	0,000	-4,196
0,9899	0,74178	-0,047	118,97	120,10	119,02	120,39	0,000	-4,395

Tabela A 26 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0103	0,81471	-0,037	116,21	125,29	116,88	125,32	-2,972	0,000
0,0204	0,81412	-0,066	116,62	125,26	116,95	125,32	-2,909	-0,002
0,0304	0,81353	-0,093	116,80	125,23	117,01	125,32	-2,848	-0,003
0,0408	0,81292	-0,122	116,88	125,20	117,07	125,32	-2,783	-0,006
0,0495	0,81240	-0,144	116,95	125,17	117,13	125,32	-2,729	-0,008
0,0625	0,81162	-0,177	117,02	125,13	117,21	125,31	-2,649	-0,013
0,0705	0,81112	-0,195	117,09	125,11	117,26	125,31	-2,600	-0,016
0,0799	0,81054	-0,217	117,14	125,09	117,31	125,30	-2,542	-0,020
0,0912	0,80983	-0,241	117,21	125,06	117,38	125,30	-2,473	-0,025
0,0994	0,80936	-0,263	117,21	125,03	117,43	125,29	-2,424	-0,030
0,1508	0,80615	-0,380	117,33	124,87	117,73	125,26	-2,122	-0,061
0,2050	0,80270	-0,497	117,43	124,70	118,03	125,22	-1,827	-0,105
0,2579	0,79915	-0,587	117,58	124,53	118,29	125,16	-1,563	-0,161
0,3000	0,79626	-0,651	117,69	124,39	118,48	125,10	-1,372	-0,216
0,3574	0,79223	-0,727	117,82	124,19	118,72	125,01	-1,137	-0,310
0,4012	0,78905	-0,771	117,93	124,03	118,88	124,92	-0,974	-0,398
0,4501	0,78543	-0,813	118,05	123,84	119,05	124,81	-0,809	-0,515
0,5028	0,78139	-0,840	118,19	123,63	119,21	124,66	-0,648	-0,665
0,5637	0,77653	-0,845	118,36	123,38	119,37	124,45	-0,482	-0,871
0,5980	0,77375	-0,842	118,45	123,23	119,46	124,32	-0,399	-1,003
0,6508	0,76932	-0,818	118,60	122,98	119,57	124,09	-0,284	-1,235
0,7000	0,76505	-0,776	118,75	122,73	119,66	123,83	-0,193	-1,487
0,7493	0,76067	-0,720	118,89	122,45	119,74	123,54	-0,119	-1,782
0,7994	0,75602	-0,637	119,06	122,15	119,80	123,18	-0,062	-2,144
0,8514	0,75104	-0,527	119,24	121,78	119,84	122,71	-0,024	-2,609
0,9030	0,74585	-0,378	119,44	121,43	119,85	122,13	-0,004	-3,196
0,9095	0,74520	-0,359	119,46	121,35	119,86	122,04	-0,003	-3,281
0,9204	0,74407	-0,320	119,51	121,30	119,85	121,89	-0,001	-3,431
0,9294	0,74314	-0,291	119,54	121,19	119,85	121,76	0,000	-3,562
0,9397	0,74204	-0,255	119,59	121,09	119,86	121,60	0,000	-3,719
0,9495	0,74101	-0,217	119,63	121,02	119,86	121,44	0,001	-3,876
0,9589	0,73999	-0,182	119,67	120,90	119,86	121,29	0,001	-4,035
0,9690	0,73891	-0,142	119,71	120,75	119,86	121,11	0,001	-4,214
0,9791	0,73779	-0,098	119,76	120,65	119,86	120,92	0,000	-4,405
0,9899	0,73660	-0,050	119,81	120,34	119,86	120,70	0,000	-4,620

Tabela A 27 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0103	0,81110	-0,038	117,06	125,84	117,64	125,88	-3,086	0,000
0,0204	0,81049	-0,066	117,48	125,81	117,70	125,88	-3,021	-0,002
0,0304	0,80990	-0,096	117,56	125,78	117,77	125,87	-2,958	-0,003
0,0408	0,80927	-0,125	117,66	125,75	117,83	125,87	-2,892	-0,006
0,0495	0,80875	-0,150	117,69	125,72	117,89	125,87	-2,836	-0,008
0,0625	0,80796	-0,186	117,75	125,68	117,97	125,87	-2,754	-0,013
0,0705	0,80744	-0,203	117,85	125,66	118,02	125,86	-2,703	-0,016
0,0799	0,80685	-0,226	117,89	125,63	118,08	125,86	-2,644	-0,020
0,0912	0,80614	-0,254	117,94	125,60	118,15	125,85	-2,574	-0,025
0,0994	0,80566	-0,277	117,94	125,57	118,20	125,85	-2,523	-0,029
0,1508	0,80239	-0,401	118,07	125,40	118,51	125,81	-2,215	-0,062
0,2050	0,79886	-0,522	118,18	125,22	118,81	125,77	-1,912	-0,109
0,2579	0,79526	-0,620	118,32	125,04	119,08	125,71	-1,641	-0,168
0,3000	0,79230	-0,685	118,44	124,90	119,28	125,65	-1,443	-0,227
0,3574	0,78818	-0,764	118,59	124,69	119,53	125,55	-1,197	-0,326
0,4012	0,78494	-0,812	118,70	124,52	119,70	125,46	-1,027	-0,420
0,4501	0,78124	-0,855	118,83	124,32	119,87	125,33	-0,853	-0,543
0,5028	0,77712	-0,884	118,97	124,10	120,04	125,17	-0,683	-0,701
0,5637	0,77216	-0,890	119,15	123,84	120,22	124,96	-0,508	-0,917
0,5980	0,76931	-0,886	119,24	123,67	120,31	124,82	-0,420	-1,056
0,6508	0,76478	-0,860	119,40	123,41	120,43	124,57	-0,299	-1,300
0,7000	0,76044	-0,819	119,55	123,14	120,52	124,31	-0,203	-1,565
0,7493	0,75596	-0,760	119,71	122,85	120,60	124,00	-0,126	-1,878
0,7994	0,75114	-0,662	119,90	122,58	120,66	123,62	-0,067	-2,259
0,8514	0,74609	-0,553	120,08	122,16	120,70	123,13	-0,026	-2,749
0,9030	0,74079	-0,397	120,29	121,78	120,72	122,52	-0,005	-3,363
0,9095	0,74012	-0,377	120,31	121,71	120,72	122,43	-0,004	-3,452
0,9204	0,73899	-0,340	120,36	121,61	120,72	122,27	-0,002	-3,608
0,9294	0,73800	-0,304	120,40	121,57	120,72	122,13	-0,001	-3,744
0,9397	0,73689	-0,268	120,44	121,43	120,73	121,97	0,000	-3,907
0,9495	0,73583	-0,227	120,49	121,38	120,73	121,80	0,000	-4,070
0,9589	0,73479	-0,190	120,53	121,25	120,73	121,64	0,000	-4,235
0,9690	0,73368	-0,148	120,58	121,12	120,73	121,46	0,000	-4,419
0,9791	0,73255	-0,104	120,62	120,92	120,73	121,26	0,000	-4,617
0,9899	0,73133	-0,053	120,67	120,59	120,73	121,04	0,000	-4,838

Tabela A 28 - Densidade, volume molar excesso, volume molar aparente, volume parcial molar e volume parcial molar excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	ρ	V_m^E	$V_{\phi 1}$	$V_{\phi 2}$	$\bar{V}_1$	$\bar{V}_2$	$\bar{V}_1^E$	$\bar{V}_2^E$
	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0103	0,80746	-0,038	117,93	126,40	118,40	126,44	-3,211	0,000
0,0204	0,80685	-0,070	118,19	126,37	118,47	126,44	-3,144	-0,001
0,0304	0,80624	-0,100	118,33	126,34	118,54	126,44	-3,078	-0,003
0,0408	0,80560	-0,130	118,42	126,31	118,60	126,44	-3,010	-0,005
0,0495	0,80507	-0,157	118,45	126,28	118,66	126,43	-2,954	-0,008
0,0625	0,80426	-0,194	118,52	126,24	118,75	126,43	-2,869	-0,012
0,0705	0,80374	-0,213	118,59	126,21	118,80	126,43	-2,818	-0,015
0,0799	0,80314	-0,238	118,64	126,18	118,86	126,42	-2,757	-0,019
0,0912	0,80242	-0,267	118,68	126,15	118,93	126,42	-2,686	-0,025
0,0994	0,80192	-0,292	118,68	126,12	118,98	126,41	-2,634	-0,029
0,1508	0,79859	-0,422	118,82	125,94	119,30	126,38	-2,319	-0,063
0,2050	0,79500	-0,550	118,93	125,75	119,61	126,33	-2,009	-0,113
0,2579	0,79132	-0,652	119,09	125,56	119,89	126,26	-1,729	-0,177
0,3000	0,78830	-0,721	119,21	125,41	120,09	126,20	-1,523	-0,240
0,3574	0,78411	-0,806	119,36	125,19	120,35	126,09	-1,265	-0,346
0,4012	0,78080	-0,855	119,48	125,01	120,53	126,00	-1,085	-0,444
0,4501	0,77703	-0,902	119,61	124,80	120,72	125,87	-0,900	-0,573
0,5028	0,77281	-0,930	119,77	124,57	120,90	125,70	-0,719	-0,738
0,5637	0,76775	-0,938	119,95	124,29	121,08	125,48	-0,534	-0,964
0,5980	0,76484	-0,933	120,06	124,12	121,18	125,33	-0,441	-1,110
0,6508	0,76021	-0,906	120,22	123,85	121,30	125,07	-0,313	-1,367
0,7000	0,75577	-0,862	120,38	123,57	121,40	124,79	-0,214	-1,649
0,7493	0,75119	-0,799	120,55	123,25	121,48	124,46	-0,133	-1,981
0,7994	0,74631	-0,704	120,74	122,93	121,55	124,06	-0,072	-2,387
0,8514	0,74109	-0,580	120,94	122,54	121,59	123,54	-0,029	-2,906
0,9030	0,73568	-0,418	121,16	122,14	121,61	122,89	-0,007	-3,551
0,9095	0,73500	-0,397	121,18	122,06	121,61	122,80	-0,006	-3,643
0,9204	0,73383	-0,356	121,23	121,97	121,61	122,64	-0,003	-3,805
0,9294	0,73283	-0,320	121,27	121,91	121,61	122,49	-0,002	-3,947
0,9397	0,73169	-0,281	121,32	121,78	121,62	122,33	-0,001	-4,115
0,9495	0,73061	-0,239	121,36	121,71	121,62	122,16	0,000	-4,283
0,9589	0,72954	-0,199	121,41	121,60	121,62	121,99	0,000	-4,452
0,9690	0,72841	-0,155	121,46	121,45	121,62	121,80	0,000	-4,641
0,9791	0,72725	-0,108	121,51	121,27	121,62	121,60	0,000	-4,842
0,9899	0,72601	-0,057	121,56	120,84	121,62	121,38	0,000	-5,067

Tabela A 29 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0097	1,1741	-0,012	0,5505	0,4798	-0,246
0,0198	1,1457	-0,032	0,5998	0,4564	-0,227
0,0301	1,1185	-0,050	0,6484	0,4361	-0,206
0,0402	1,0922	-0,068	0,6995	0,4156	-0,181
0,0502	1,0726	-0,081	0,7490	0,3998	-0,154
0,0583	1,0494	-0,095	0,7995	0,3844	-0,126
0,0700	1,0230	-0,111	0,8496	0,3715	-0,097
0,0801	1,0003	-0,126	0,9009	0,3589	-0,065
0,0861	0,9912	-0,131	0,9093	0,3573	-0,060
0,1009	0,9622	-0,148	0,9166	0,3534	-0,056
0,1540	0,8624	-0,202	0,9299	0,3520	-0,047
0,2006	0,7889	-0,235	0,9398	0,3500	-0,040
0,2471	0,7261	-0,258	0,9501	0,3480	-0,033
0,2975	0,6675	-0,274	0,9597	0,3458	-0,027
0,3487	0,6166	-0,281	0,9680	0,3444	-0,024
0,3976	0,5761	-0,279	0,9802	0,3418	-0,014
0,4532	0,5354	-0,272	0,9868	0,3421	-0,010
0,5007	0,5062	-0,262			

Tabela A 30 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0097	1,0666	-0,011	0,5505	0,4482	-0,217
0,0198	1,0427	-0,027	0,5998	0,4260	-0,202
0,0301	1,0270	-0,034	0,6484	0,4083	-0,182
0,0402	0,9956	-0,058	0,6995	0,3900	-0,159
0,0502	0,9782	-0,070	0,7490	0,3751	-0,136
0,0583	0,9582	-0,082	0,7995	0,3616	-0,110
0,0700	0,9337	-0,097	0,8496	0,3488	-0,085
0,0801	0,9146	-0,109	0,9009	0,3384	-0,056
0,0861	0,9061	-0,114	0,9093	0,3382	-0,049
0,1009	0,8805	-0,129	0,9166	0,3338	-0,050
0,1540	0,7920	-0,176	0,9299	0,3326	-0,040
0,2006	0,7263	-0,206	0,9398	0,3294	-0,036
0,2471	0,6707	-0,226	0,9501	0,3264	-0,031
0,2975	0,6182	-0,240	0,9597	0,3256	-0,024
0,3487	0,5722	-0,247	0,9680	0,3247	-0,019
0,3976	0,5357	-0,246	0,9802	0,3226	-0,012
0,4532	0,4987	-0,241	0,9868	0,3209	-0,008
0,5007	0,4708	-0,233			

Tabela A 31 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0097	0,9713	-0,009	0,5505	0,4155	-0,192
0,0198	0,9506	-0,023	0,5998	0,3967	-0,177
0,0301	0,9348	-0,032	0,6484	0,3808	-0,159
0,0402	0,9088	-0,051	0,6995	0,3632	-0,136
0,0502	0,8930	-0,060	0,7490	0,3459	-0,119
0,0583	0,8745	-0,073	0,7995	0,3381	-0,091
0,0700	0,8540	-0,085	0,8496	0,3271	-0,067
0,0801	0,8364	-0,096	0,9009	0,3159	-0,043
0,0861	0,8291	-0,099	0,9093	0,3136	-0,039
0,1009	0,8060	-0,112	0,9166	0,3143	-0,033
0,1540	0,7283	-0,153	0,9299	0,3136	-0,030
0,2006	0,6694	-0,180	0,9398	0,3107	-0,026
0,2471	0,6185	-0,199	0,9501	0,3068	-0,023
0,2975	0,5731	-0,210	0,9597	0,3066	-0,017
0,3487	0,5309	-0,217	0,9680	0,3062	-0,011
0,3976	0,4954	-0,219	0,9802	0,3040	-0,005
0,4532	0,4638	-0,212	0,9868	0,3005	-0,004
0,5007	0,4353	-0,207			

Tabela A 32 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ etanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0097	0,8840	-0,009	0,5505	0,3790	-0,178
0,0198	0,8659	-0,021	0,5998	0,3630	-0,164
0,0301	0,8484	-0,032	0,6484	0,3487	-0,148
0,0402	0,8298	-0,045	0,6995	0,3313	-0,134
0,0502	0,8165	-0,052	0,7490	0,3273	-0,107
0,0583	0,7986	-0,065	0,7995	0,3084	-0,095
0,0700	0,7813	-0,075	0,8496	0,3025	-0,070
0,0801	0,7634	-0,086	0,9009	0,2963	-0,044
0,0861	0,7578	-0,088	0,9093	0,2948	-0,040
0,1009	0,7369	-0,100	0,9166	0,2965	-0,038
0,1540	0,6689	-0,136	0,9299	0,2908	-0,030
0,2006	0,6147	-0,161	0,9398	0,2884	-0,026
0,2471	0,5661	-0,181	0,9501	0,2842	-0,023
0,2975	0,5259	-0,190	0,9597	0,2829	-0,019
0,3487	0,4855	-0,199	0,9680	0,2820	-0,015
0,3976	0,4552	-0,199	0,9802	0,2809	-0,008
0,4532	0,4257	-0,194	0,9868	0,2794	-0,005
0,5007	0,3994	-0,189			

Tabela A 33 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 293,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0126	2,1394	-0,044	0,5505	0,5953	-0,585
0,0219	2,0690	-0,098	0,5994	0,5508	-0,538
0,0298	2,0138	-0,138	0,6475	0,5181	-0,481
0,0403	1,9484	-0,194	0,7026	0,4767	-0,419
0,0500	1,8847	-0,229	0,7536	0,4509	-0,350
0,0599	1,8346	-0,261	0,8033	0,4202	-0,288
0,0699	1,7796	-0,297	0,8471	0,4014	-0,224
0,0798	1,7358	-0,343	0,9007	0,3802	-0,145
0,0900	1,6700	-0,379	0,9107	0,3705	-0,138
0,1003	1,6268	-0,415	0,9185	0,3679	-0,126
0,1495	1,4122	-0,537	0,9282	0,3645	-0,112
0,1999	1,2338	-0,620	0,9400	0,3597	-0,094
0,2500	1,0885	-0,670	0,9493	0,3573	-0,082
0,3003	0,9663	-0,697	0,9599	0,3554	-0,064
0,3500	0,8694	-0,700	0,9698	0,3490	-0,049
0,4015	0,7809	-0,691	0,9796	0,3454	-0,035
0,4585	0,6993	-0,665	0,9882	0,3440	-0,020
0,5002	0,6508	-0,635			

Tabela A 34 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 298,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0126	1,8860	-0,045	0,5505	0,5528	-0,504
0,0219	1,8319	-0,084	0,5994	0,5200	-0,457
0,0298	1,7897	-0,114	0,6475	0,4813	-0,417
0,0403	1,7351	-0,161	0,7026	0,4449	-0,363
0,0500	1,6833	-0,187	0,7536	0,4165	-0,308
0,0599	1,6349	-0,220	0,8033	0,3922	-0,251
0,0699	1,5889	-0,249	0,8471	0,3750	-0,197
0,0798	1,5516	-0,293	0,9007	0,3537	-0,130
0,0900	1,4925	-0,322	0,9107	0,3499	-0,123
0,1003	1,4594	-0,345	0,9185	0,3536	-0,107
0,1495	1,2746	-0,449	0,9282	0,3411	-0,103
0,1999	1,1194	-0,521	0,9400	0,3383	-0,087
0,2500	0,9917	-0,566	0,9493	0,3241	-0,079
0,3003	0,8841	-0,591	0,9599	0,3246	-0,061
0,3500	0,7946	-0,598	0,9698	0,3290	-0,048
0,4015	0,7210	-0,587	0,9796	0,3252	-0,036
0,4585	0,6452	-0,569	0,9882	0,3242	-0,023
0,5002	0,6047	-0,540			

Tabela A 35 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 303,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0126	1,6757	-0,038	0,5505	0,5121	-0,430
0,0219	1,6307	-0,070	0,5994	0,4831	-0,389
0,0298	1,5935	-0,096	0,6475	0,4499	-0,353
0,0403	1,5481	-0,135	0,7026	0,4145	-0,308
0,0500	1,5025	-0,158	0,7536	0,3944	-0,255
0,0599	1,4623	-0,184	0,8033	0,3655	-0,212
0,0699	1,4292	-0,203	0,8471	0,3506	-0,163
0,0798	1,3907	-0,251	0,9007	0,3303	-0,106
0,0900	1,3384	-0,273	0,9107	0,3277	-0,105
0,1003	1,3012	-0,286	0,9185	0,3317	-0,089
0,1495	1,1512	-0,366	0,9282	0,3205	-0,087
0,1999	1,0159	-0,428	0,9400	0,3153	-0,075
0,2500	0,9045	-0,468	0,9493	0,3106	-0,066
0,3003	0,8090	-0,491	0,9599	0,3102	-0,052
0,3500	0,7291	-0,499	0,9698	0,3092	-0,039
0,4015	0,6608	-0,493	0,9796	0,3054	-0,028
0,4585	0,5966	-0,476	0,9882	0,3046	-0,017
0,5002	0,5568	-0,455			

Tabela A 36 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-propanol}\}$ a $T = 308,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0126	1,4940	-0,039	0,5505	0,4715	-0,382
0,0219	1,4556	-0,066	0,5994	0,4457	-0,346
0,0298	1,4238	-0,087	0,6475	0,4153	-0,316
0,0403	1,3857	-0,113	0,7026	0,3818	-0,280
0,0500	1,3470	-0,139	0,7536	0,3602	-0,238
0,0599	1,3089	-0,164	0,8033	0,3345	-0,201
0,0699	1,2758	-0,185	0,8471	0,3255	-0,155
0,0798	1,2516	-0,209	0,9007	0,3080	-0,105
0,0900	1,2034	-0,232	0,9107	0,3020	-0,099
0,1003	1,1809	-0,234	0,9185	0,3014	-0,090
0,1495	1,0415	-0,312	0,9282	0,2934	-0,085
0,1999	0,9225	-0,368	0,9400	0,2950	-0,069
0,2500	0,8231	-0,404	0,9493	0,2879	-0,064
0,3003	0,7398	-0,425	0,9599	0,2939	-0,045
0,3500	0,6694	-0,433	0,9698	0,2843	-0,042
0,4015	0,6082	-0,429	0,9796	0,2803	-0,034
0,4585	0,5495	-0,417	0,9882	0,2819	-0,021
0,5002	0,5119	-0,402			

Tabela A 37 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 293,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0093	2,3245	-0,085	0,4999	0,6000	-0,784
0,0206	2,2325	-0,154	0,5497	0,5545	-0,725
0,0305	2,1446	-0,227	0,5994	0,5151	-0,661
0,0398	2,0660	-0,286	0,6493	0,4839	-0,588
0,0499	1,9818	-0,349	0,6993	0,4525	-0,515
0,0601	1,9012	-0,408	0,7499	0,4259	-0,436
0,0702	1,8316	-0,457	0,8015	0,4066	-0,347
0,0799	1,7611	-0,507	0,8509	0,3844	-0,266
0,0914	1,6927	-0,542	0,8997	0,3678	-0,181
0,1009	1,6338	-0,581	0,9089	0,3718	-0,158
0,1493	1,3908	-0,723	0,9191	0,3617	-0,146
0,2014	1,1931	-0,812	0,9294	0,3609	-0,125
0,2440	1,0503	-0,877	0,9401	0,3548	-0,109
0,2863	0,9352	-0,893	0,9512	0,3550	-0,086
0,3081	0,8850	-0,898	0,9587	0,3558	-0,069
0,3510	0,8018	-0,893	0,9700	0,3466	-0,055
0,3995	0,7225	-0,871	0,9777	0,3447	-0,041
0,4516	0,6544	-0,830	0,9897	0,3420	-0,019

Tabela A 38 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 298,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0093	1,9884	-0,075	0,4999	0,5578	-0,642
0,0206	1,9194	-0,124	0,5497	0,5128	-0,600
0,0305	1,8526	-0,176	0,5994	0,4770	-0,548
0,0398	1,7731	-0,239	0,6493	0,4481	-0,489
0,0499	1,7187	-0,276	0,6993	0,4253	-0,424
0,0601	1,6528	-0,324	0,7499	0,3980	-0,362
0,0702	1,5949	-0,364	0,8015	0,3819	-0,287
0,0799	1,5384	-0,403	0,8509	0,3613	-0,221
0,0914	1,4791	-0,439	0,8997	0,3459	-0,150
0,1009	1,4317	-0,469	0,9089	0,3448	-0,135
0,1493	1,2346	-0,581	0,9191	0,3398	-0,122
0,2014	1,0574	-0,667	0,9294	0,3374	-0,104
0,2440	0,9465	-0,706	0,9401	0,3317	-0,091
0,2863	0,8443	-0,730	0,9512	0,3361	-0,067
0,3081	0,8004	-0,736	0,9587	0,3309	-0,059
0,3510	0,7290	-0,733	0,9700	0,3247	-0,045
0,3995	0,6613	-0,716	0,9777	0,3228	-0,033
0,4516	0,6008	-0,684	0,9897	0,3204	-0,015

Tabela A 39 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 303,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0093	1,7164	-0,059	0,4999	0,5139	-0,528
0,0206	1,6612	-0,097	0,5497	0,4738	-0,494
0,0305	1,6062	-0,139	0,5994	0,4395	-0,454
0,0398	1,5472	-0,184	0,6493	0,4129	-0,406
0,0499	1,4965	-0,220	0,6993	0,3938	-0,350
0,0601	1,4431	-0,258	0,7499	0,3695	-0,298
0,0702	1,3954	-0,291	0,8015	0,3520	-0,239
0,0799	1,3478	-0,324	0,8509	0,3397	-0,177
0,0914	1,2992	-0,353	0,8997	0,3193	-0,124
0,1009	1,2603	-0,378	0,9089	0,3254	-0,104
0,1493	1,0931	-0,472	0,9191	0,3152	-0,099
0,2014	0,9479	-0,540	0,9294	0,3121	-0,086
0,2440	0,8652	-0,565	0,9401	0,3070	-0,075
0,2863	0,7635	-0,597	0,9512	0,3045	-0,060
0,3081	0,7251	-0,603	0,9587	0,3021	-0,052
0,3510	0,6639	-0,601	0,9700	0,3020	-0,035
0,3995	0,6057	-0,587	0,9777	0,2983	-0,027
0,4516	0,5514	-0,563	0,9897	0,2943	-0,013

Tabela A 40 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 2-propanol}\}$ a $T = 308,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0093	1,4879	-0,047	0,4999	0,4673	-0,446
0,0206	1,4436	-0,077	0,5497	0,4345	-0,416
0,0305	1,3988	-0,109	0,5994	0,4032	-0,384
0,0398	1,3496	-0,146	0,6493	0,3822	-0,342
0,0499	1,3074	-0,175	0,6993	0,3678	-0,293
0,0601	1,2643	-0,206	0,7499	0,3487	-0,248
0,0702	1,2259	-0,231	0,8015	0,3323	-0,199
0,0799	1,1859	-0,259	0,8509	0,3136	-0,155
0,0914	1,1452	-0,286	0,8997	0,3030	-0,104
0,1009	1,1121	-0,307	0,9089	0,2980	-0,097
0,1493	0,9806	-0,377	0,9191	0,2968	-0,085
0,2014	0,8473	-0,444	0,9294	0,2986	-0,071
0,2440	0,7741	-0,465	0,9401	0,2930	-0,064
0,2863	0,6933	-0,491	0,9512	0,2959	-0,047
0,3081	0,6588	-0,498	0,9587	0,2906	-0,042
0,3510	0,6054	-0,497	0,9700	0,2819	-0,037
0,3995	0,5521	-0,489	0,9777	0,2804	-0,029
0,4516	0,5010	-0,474	0,9897	0,2830	-0,011

Tabela A 41 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0104	2,8747	-0,079	0,5485	0,6999	-0,831
0,0243	2,7406	-0,176	0,5953	0,6397	-0,767
0,0294	2,6965	-0,207	0,6445	0,5850	-0,692
0,0396	2,6182	-0,258	0,6999	0,5300	-0,601
0,0498	2,5221	-0,327	0,7466	0,4912	-0,517
0,0601	2,4390	-0,383	0,8067	0,4474	-0,402
0,0699	2,3661	-0,431	0,8404	0,4251	-0,335
0,0804	2,2964	-0,473	0,8695	0,4080	-0,276
0,0898	2,2237	-0,521	0,8983	0,3889	-0,219
0,1006	2,1440	-0,568	0,9092	0,3832	-0,195
0,1507	1,8504	-0,730	0,9188	0,3778	-0,175
0,1993	1,6000	-0,852	0,9299	0,3717	-0,152
0,2516	1,3824	-0,931	0,9398	0,3683	-0,130
0,3022	1,2165	-0,964	0,9492	0,3654	-0,108
0,3515	1,0772	-0,973	0,9607	0,3580	-0,085
0,4031	0,9523	-0,962	0,9697	0,3560	-0,063
0,4497	0,8598	-0,931	0,9796	0,3489	-0,044
0,4999	0,7724	-0,886	0,9902	0,3456	-0,020

Tabela A 42 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0104	2,5182	-0,064	0,5485	0,6476	-0,702
0,0243	2,4105	-0,140	0,5953	0,5937	-0,649
0,0294	2,3743	-0,165	0,6445	0,5452	-0,585
0,0396	2,2979	-0,218	0,6999	0,4937	-0,509
0,0498	2,2273	-0,265	0,7466	0,4586	-0,437
0,0601	2,1559	-0,313	0,8067	0,4167	-0,342
0,0699	2,0927	-0,354	0,8404	0,3961	-0,285
0,0804	2,0279	-0,395	0,8695	0,3799	-0,235
0,0898	1,9690	-0,433	0,8983	0,3651	-0,183
0,1006	1,9034	-0,472	0,9092	0,3591	-0,164
0,1507	1,6562	-0,605	0,9188	0,3547	-0,147
0,1993	1,4374	-0,712	0,9299	0,3493	-0,127
0,2516	1,2500	-0,780	0,9398	0,3491	-0,105
0,3022	1,1030	-0,811	0,9492	0,3479	-0,085
0,3515	0,9815	-0,819	0,9607	0,3391	-0,067
0,4031	0,8743	-0,808	0,9697	0,3310	-0,054
0,4497	0,7902	-0,786	0,9796	0,3267	-0,036
0,4999	0,7125	-0,749	0,9902	0,3214	-0,017

Tabela A 43 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0104	2,2200	-0,050	0,5485	0,5981	-0,595
0,0243	2,1263	-0,116	0,5953	0,5512	-0,549
0,0294	2,0937	-0,138	0,6445	0,5060	-0,496
0,0396	2,0324	-0,179	0,6999	0,4595	-0,432
0,0498	1,9731	-0,218	0,7466	0,4275	-0,370
0,0601	1,9082	-0,263	0,8067	0,3876	-0,290
0,0699	1,8574	-0,294	0,8404	0,3679	-0,244
0,0804	1,8094	-0,321	0,8695	0,3544	-0,200
0,0898	1,7520	-0,360	0,8983	0,3371	-0,159
0,1006	1,6952	-0,392	0,9092	0,3333	-0,141
0,1507	1,4886	-0,499	0,9188	0,3301	-0,125
0,1993	1,2943	-0,596	0,9299	0,3249	-0,108
0,2516	1,1320	-0,654	0,9398	0,3290	-0,085
0,3022	0,9992	-0,686	0,9492	0,3225	-0,072
0,3515	0,8930	-0,693	0,9607	0,3169	-0,055
0,4031	0,7970	-0,686	0,9697	0,3107	-0,042
0,4497	0,7267	-0,664	0,9796	0,3076	-0,025
0,4999	0,6568	-0,634	0,9902	0,2976	-0,014

Tabela A 44 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-butanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0104	1,9582	-0,044	0,5485	0,5512	-0,512
0,0243	1,8818	-0,096	0,5953	0,5073	-0,475
0,0294	1,8550	-0,114	0,6445	0,4692	-0,427
0,0396	1,8001	-0,151	0,6999	0,4236	-0,377
0,0498	1,7497	-0,184	0,7466	0,3950	-0,324
0,0601	1,6967	-0,219	0,8067	0,3578	-0,257
0,0699	1,6541	-0,245	0,8404	0,3465	-0,212
0,0804	1,6121	-0,269	0,8695	0,3327	-0,176
0,0898	1,5637	-0,301	0,8983	0,3165	-0,142
0,1006	1,5138	-0,327	0,9092	0,3137	-0,126
0,1507	1,3337	-0,421	0,9188	0,3112	-0,111
0,1993	1,1688	-0,501	0,9299	0,3050	-0,098
0,2516	1,0292	-0,550	0,9398	0,3048	-0,081
0,3022	0,9132	-0,578	0,9492	0,3006	-0,069
0,3515	0,8189	-0,587	0,9607	0,2958	-0,054
0,4031	0,7323	-0,584	0,9697	0,2998	-0,032
0,4497	0,6743	-0,561	0,9796	0,2964	-0,018
0,4999	0,6081	-0,540	0,9902	0,2892	-0,007

Tabela A 45 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 293,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0105	3,8950	-0,111	0,5512	0,8364	-1,167
0,0197	3,7753	-0,197	0,5999	0,7504	-1,073
0,0321	3,6154	-0,311	0,6506	0,6719	-0,964
0,0401	3,5159	-0,380	0,6986	0,6060	-0,852
0,0506	3,3941	-0,463	0,7451	0,5517	-0,734
0,0595	3,2923	-0,533	0,7976	0,4971	-0,598
0,0699	3,1764	-0,610	0,8534	0,4455	-0,443
0,0811	3,0609	-0,684	0,8980	0,4101	-0,314
0,0901	2,9702	-0,741	0,9098	0,4017	-0,279
0,1042	2,8409	-0,820	0,9195	0,3954	-0,249
0,1506	2,4496	-1,039	0,9289	0,3880	-0,222
0,2078	2,0580	-1,219	0,9419	0,3807	-0,181
0,2520	1,8090	-1,304	0,9495	0,3752	-0,158
0,3010	1,5744	-1,357	0,9594	0,3682	-0,129
0,3492	1,3868	-1,366	0,9688	0,3623	-0,100
0,3996	1,2068	-1,359	0,9792	0,3563	-0,067
0,4577	1,0422	-1,308	0,9902	0,3533	-0,030
0,4985	0,9442	-1,255			

Tabela A 46 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 298,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0105	3,3720	-0,093	0,5512	0,7702	-0,977
0,0197	3,2731	-0,163	0,5999	0,6941	-0,898
0,0321	3,1432	-0,253	0,6506	0,6222	-0,809
0,0401	3,0593	-0,312	0,6986	0,5627	-0,716
0,0506	2,9580	-0,380	0,7451	0,5167	-0,614
0,0595	2,8722	-0,437	0,7976	0,4653	-0,500
0,0699	2,7780	-0,499	0,8534	0,4172	-0,371
0,0811	2,6834	-0,558	0,8980	0,3855	-0,261
0,0901	2,6062	-0,606	0,9098	0,3772	-0,232
0,1042	2,4948	-0,673	0,9195	0,3701	-0,208
0,1506	2,1677	-0,853	0,9289	0,3658	-0,182
0,2078	1,8369	-1,002	0,9419	0,3564	-0,151
0,2520	1,6188	-1,079	0,9495	0,3540	-0,129
0,3010	1,4177	-1,125	0,9594	0,3458	-0,105
0,3492	1,2540	-1,135	0,9688	0,3405	-0,081
0,3996	1,0977	-1,131	0,9792	0,3352	-0,053
0,4577	0,9530	-1,091	0,9902	0,3291	-0,024
0,4985	0,8668	-1,048			

Tabela A 47 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 303,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0105	2,9319	-0.076	0,5512	0,7102	-0.815
0,0197	2,8522	-0.131	0,5999	0,6401	-0.752
0,0321	2,7429	-0.206	0,6506	0,5765	-0.676
0,0401	2,6752	-0.252	0,6986	0,5215	-0.600
0,0506	2,5883	-0.310	0,7451	0,4765	-0.517
0,0595	2,5167	-0.357	0,7976	0,4332	-0.419
0,0699	2,4380	-0.407	0,8534	0,3868	-0.313
0,0811	2,3565	-0.458	0,8980	0,3594	-0.218
0,0901	2,2942	-0.496	0,9098	0,3526	-0.192
0,1042	2,2136	-0.537	0,9195	0,3467	-0.172
0,1506	1,9269	-0.697	0,9289	0,3396	-0.153
0,2078	1,6475	-0.819	0,9419	0,3307	-0.126
0,2520	1,4569	-0.889	0,9495	0,3276	-0.109
0,3010	1,2813	-0.930	0,9594	0,3227	-0.086
0,3492	1,1346	-0.945	0,9688	0,3170	-0.066
0,3996	1,0001	-0.941	0,9792	0,3104	-0.045
0,4577	0,8735	-0.908	0,9902	0,3035	-0.021
0,4985	0,7962	-0.874			

Tabela A 48 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-pentanol}\}$ a $T = 308,15$ K e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0105	2,5615	-0.061	0,5512	0,6515	-0.691
0,0197	2,4932	-0.107	0,5999	0,5895	-0.638
0,0321	2,4063	-0.165	0,6506	0,5309	-0.576
0,0401	2,3442	-0.208	0,6986	0,4812	-0.512
0,0506	2,2741	-0.253	0,7451	0,4421	-0.442
0,0595	2,2143	-0.292	0,7976	0,4011	-0.359
0,0699	2,1490	-0.333	0,8534	0,3584	-0.269
0,0811	2,0794	-0.376	0,8980	0,3315	-0.191
0,0901	2,0278	-0.406	0,9098	0,3257	-0.169
0,1042	1,9493	-0.451	0,9195	0,3192	-0.152
0,1506	1,7155	-0.575	0,9289	0,3137	-0.135
0,2078	1,4734	-0.682	0,9419	0,3102	-0.108
0,2520	1,3123	-0.738	0,9495	0,3054	-0.095
0,3010	1,1593	-0.775	0,9594	0,3007	-0.076
0,3492	1,0335	-0.787	0,9688	0,2966	-0.058
0,3996	0,9139	-0.787	0,9792	0,2916	-0.039
0,4577	0,8008	-0.763	0,9902	0,2863	-0.018
0,4985	0,7313	-0.736			

Tabela A 49 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 293,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0103	5,2229	-0,137	0,5637	0,9727	-1,583
0,0204	5,0392	-0,270	0,5980	0,8885	-1,493
0,0304	4,8703	-0,388	0,6508	0,7769	-1,337
0,0408	4,6961	-0,509	0,7000	0,6805	-1,183
0,0495	4,5617	-0,600	0,7493	0,6088	-1,005
0,0625	4,3611	-0,734	0,7994	0,5397	-0,826
0,0705	4,2522	-0,803	0,8514	0,4782	-0,623
0,0799	4,1131	-0,894	0,9030	0,4240	-0,415
0,0912	3,9590	-0,991	0,9095	0,4180	-0,388
0,0994	3,8522	-1,059	0,9204	0,4077	-0,338
0,1508	3,2525	-1,398	0,9294	0,3999	-0,300
0,2050	2,7329	-1,643	0,9397	0,3904	-0,262
0,2579	2,3176	-1,789	0,9495	0,3820	-0,216
0,3000	2,0470	-1,846	0,9589	0,3740	-0,181
0,3574	1,7240	-1,878	0,9690	0,3661	-0,136
0,4012	1,5299	-1,850	0,9791	0,3582	-0,094
0,4501	1,3238	-1,808	0,9899	0,3508	-0,046
0,5028	1,1447	-1,720			

Tabela A 50 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 298,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0103	4,4601	-0,113	0,5637	0,8921	-1,303
0,0204	4,3145	-0,215	0,5980	0,8156	-1,232
0,0304	4,1751	-0,311	0,6508	0,7149	-1,106
0,0408	4,0360	-0,406	0,7000	0,6305	-0,979
0,0495	3,9252	-0,479	0,7493	0,5658	-0,832
0,0625	3,7614	-0,587	0,7994	0,5033	-0,692
0,0705	3,6697	-0,645	0,8514	0,4484	-0,524
0,0799	3,5555	-0,718	0,9030	0,3970	-0,354
0,0912	3,4333	-0,792	0,9095	0,3923	-0,330
0,0994	3,3433	-0,847	0,9204	0,3825	-0,280
0,1508	2,8424	-1,127	0,9294	0,3756	-0,248
0,2050	2,4400	-1,297	0,9397	0,3661	-0,226
0,2579	2,0667	-1,443	0,9495	0,3603	-0,177
0,3000	1,8282	-1,500	0,9589	0,3542	-0,156
0,3574	1,5603	-1,522	0,9690	0,3441	-0,123
0,4012	1,3684	-1,525	0,9791	0,3370	-0,086
0,4501	1,1971	-1,486	0,9899	0,3303	-0,047
0,5028	1,0448	-1,412			

Tabela A 51 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 303,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0103	3,8318	-0,091	0,5637	0,8183	-1,076
0,0204	3,7136	-0,172	0,5980	0,7488	-1,020
0,0304	3,5997	-0,249	0,6508	0,6592	-0,916
0,0408	3,4862	-0,324	0,7000	0,5829	-0,812
0,0495	3,3949	-0,384	0,7493	0,5230	-0,691
0,0625	3,2588	-0,472	0,7994	0,4676	-0,574
0,0705	3,1848	-0,517	0,8514	0,4172	-0,434
0,0799	3,0896	-0,578	0,9030	0,3679	-0,295
0,0912	2,9914	-0,635	0,9095	0,3635	-0,275
0,0994	2,9125	-0,684	0,9204	0,3535	-0,234
0,1508	2,4931	-0,915	0,9294	0,3485	-0,205
0,2050	2,1733	-1,036	0,9397	0,3396	-0,188
0,2579	1,8478	-1,167	0,9495	0,3326	-0,148
0,3000	1,6356	-1,225	0,9589	0,3253	-0,132
0,3574	1,3923	-1,258	0,9690	0,3206	-0,100
0,4012	1,2387	-1,251	0,9791	0,3139	-0,070
0,4501	1,0903	-1,220	0,9899	0,3069	-0,037
0,5028	0,9538	-1,164			

Tabela A 52 – Viscosidade e viscosidade excesso para o sistema $\{x_1 \text{ MTBE} + (1 - x_1) \text{ 1-hexanol}\}$ a $T = 308,15 \text{ K}$ e pressão atmosférica.

x_1	η	$\Delta\eta$	x_1	η	$\Delta\eta$
	mPa.s	mPa.s		mPa.s	mPa.s
0,0103	3,3099	-0,073	0,5637	0,7502	-0,896
0,0204	3,2142	-0,137	0,5980	0,6862	-0,852
0,0304	3,1201	-0,200	0,6508	0,6063	-0,767
0,0408	3,0265	-0,261	0,7000	0,5443	-0,674
0,0495	2,9511	-0,309	0,7493	0,4810	-0,583
0,0625	2,8387	-0,381	0,7994	0,4306	-0,490
0,0705	2,7791	-0,415	0,8514	0,3890	-0,368
0,0799	2,6991	-0,466	0,9030	0,3464	-0,250
0,0912	2,6212	-0,509	0,9095	0,3436	-0,232
0,0994	2,5494	-0,553	0,9204	0,3351	-0,192
0,1508	2,1980	-0,744	0,9294	0,3282	-0,170
0,2050	1,8923	-0,879	0,9397	0,3202	-0,161
0,2579	1,6339	-0,972	0,9495	0,3124	-0,123
0,3000	1,4677	-1,006	0,9589	0,3083	-0,112
0,3574	1,2574	-1,036	0,9690	0,3023	-0,087
0,4012	1,1221	-1,034	0,9791	0,2969	-0,061
0,4501	0,9929	-1,010	0,9899	0,2898	-0,034
0,5028	0,8711	-0,966			

Cálculos das Incertezas

As grandezas físicas determinadas experimentalmente têm uma incerteza intrínseca, que advém das características dos aparelhos usados na sua determinação e mesmo do experimentador.

Uma medida experimental só adquire o verdadeiro significado quando acompanhada de uma indicação da sua incerteza. Os valores obtidos por medidas diretas de várias grandezas são geralmente reunidas em uma fórmula para calcular um resultado final.

O resultado numérico final para V_m^E , considerando essa grandeza como função da composição, densidade e temperatura, pode ser expresso como:

$$V_m^E = V_m^E(x_1, x_2, \rho, \rho_1, \rho_2, T), \quad (\text{A.1})$$

onde $x_1, x_2, \rho, \rho_1, \rho_2$ e T são as medidas individuais e as suas incertezas são dadas respectivamente por $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta \rho, \Delta \rho_1, \Delta \rho_2$ e ΔT .

Variações infinitesimais nas medidas produzem a variação dV_m^E no resultado final (SHOEMAKER, 1996):

$$dV_m^E = \frac{\partial V_m^E}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial V_m^E}{\partial x_2} dx_2 + \frac{\partial V_m^E}{\partial \rho} d\rho + \frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1} d\rho_1 + \frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2} d\rho_2 + \frac{\partial V_m^E}{\partial T} dT \quad (\text{A.2})$$

Se os erros forem suficientemente pequenos para que os valores das derivadas parciais não sejam afetados pelas variações, tem-se aproximadamente:

$$\Delta V_m^E = \frac{\partial V_m^E}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial V_m^E}{\partial x_2} \Delta x_2 + \frac{\partial V_m^E}{\partial \rho} \Delta \rho + \frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1} \Delta \rho_1 + \frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2} \Delta \rho_2 + \frac{\partial V_m^E}{\partial T} \Delta T \quad (\text{A.3})$$

Uma expressão mais rigorosa e estatisticamente correta seria elevar ao quadrado a equação anterior e desprezar os termos cruzados, isto é:

$$(\Delta V_m^E)^2 = \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1} \right)^2 (\Delta x_1)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2} \right)^2 (\Delta x_2)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho} \right)^2 (\Delta \rho)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1} \right)^2 (\Delta \rho_1)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2} \right)^2 (\Delta \rho_2)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial T} \right)^2 (\Delta T)^2 \quad (\text{A.4})$$

Extraindo a raiz quadrada, a expressão final para a incerteza no volume molar excesso, ΔV_m^E , é:

$$\Delta V_m^E = \sqrt{\left(\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho} \Delta \rho\right)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1} \Delta \rho_1\right)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2} \Delta \rho_2\right)^2 + \left(\frac{\partial V_m^E}{\partial T} \Delta T\right)^2} \quad (\text{A.5})$$

O mesmo é aplicado para o resultado numérico final de $\Delta\eta$, considerando essa grandeza como função da composição, viscosidade e temperatura, que pode ser expresso como:

$$\Delta\eta = \Delta\eta(x_1, x_2, \eta, \eta_1, \eta_2, T), \quad (\text{A.6})$$

onde $x_1, x_2, \eta, \eta_1, \eta_2$ e T são as medidas individuais e as suas incertezas são dadas respectivamente por $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta\eta, \Delta\eta_1, \Delta\eta_2$ e ΔT .

Variações infinitesimais nas medidas produzem a variação $d\Delta\eta$ no resultado final:

$$d(\Delta\eta) = \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2} dx_2 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta} d\eta + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1} d\eta_1 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2} d\eta_2 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T} dT \quad (\text{A.7})$$

Se os erros forem suficientemente pequenos para que os valores das derivadas parciais não sejam afetados pelas variações, tem-se aproximadamente:

$$\Delta(\Delta\eta) = \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2} \Delta x_2 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta} \Delta\eta + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1} \Delta\eta_1 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2} \Delta\eta_2 + \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T} \Delta T \quad (\text{A.8})$$

Uma expressão mais rigorosa e estatisticamente correta seria elevar ao quadrado a equação anterior e desprezar os termos cruzados, isto é:

$$(\Delta(\Delta\eta))^2 = \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1}\right)^2 (\Delta x_1)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2}\right)^2 (\Delta x_2)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta}\right)^2 (\Delta\eta)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1}\right)^2 (\Delta\eta_1)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2}\right)^2 (\Delta\eta_2)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}\right)^2 (\Delta T)^2 \quad (\text{A.9})$$

Extraindo a raiz quadrada, a expressão final para a incerteza na viscosidade excesso, $\Delta(\Delta\eta)$, é:

$$\Delta(\Delta\eta) = \sqrt{\left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta} \Delta\eta\right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1} \Delta\eta_1\right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2} \Delta\eta_2\right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T} \Delta T\right)^2} \quad (\text{A.10})$$

As incertezas nas medidas individuais foram consideradas como a metade do valor da menor escala. Portanto, as incertezas nas densidades, considerando a resolução do densímetro como $1 \cdot 10^{-5} \text{ g cm}^{-3}$, foram:

$$\Delta\rho = \Delta\rho_1 = \Delta\rho_2 = \pm 0,000005 \text{ g cm}^{-3}$$

e as incertezas nas viscosidades, considerando que neste trabalho a resolução do viscosímetro como sendo $1 \cdot 10^{-4}$ mPa·s, foram:

$$\Delta\eta = \Delta\eta_1 = \Delta\eta_2 = \pm 0,00005 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

As incertezas nas frações molares foram dadas por:

$$\Delta x_1 = \left(\frac{\partial x_1}{\partial m_1} \right)_{m_2} \Delta m_1 + \left(\frac{\partial x_1}{\partial m_2} \right)_{m_1} \Delta m_2 \quad (\text{A.11})$$

onde Δm_i foram as incertezas nas massas que, considerando a resolução da balança como sendo $1 \cdot 10^{-4}$ g, temos:

$$\Delta m_1 = \Delta m_2 = \pm 0,00005 \text{ g}$$

Então, as incertezas nas frações molares a serem calculadas foram:

$$\Delta x_1 = \left(\frac{\partial x_1}{\partial m_1} \right)_{m_2} \Delta m_1 + \left(\frac{\partial x_1}{\partial m_2} \right)_{m_1} \Delta m_2 \quad (\text{A.12})$$

e

$$\Delta x_2 = \left(\frac{\partial x_2}{\partial m_1} \right)_{m_2} \Delta m_1 + \left(\frac{\partial x_2}{\partial m_2} \right)_{m_1} \Delta m_2 \quad (\text{A.13})$$

As frações molares x_1 e x_2 são expressas pelas seguintes equações:

$$x_1 = \frac{m_1 / M_1}{m_1 / M_1 + m_2 / M_2} \quad (\text{A.14})$$

e

$$x_2 = \frac{m_2 / M_2}{m_1 / M_1 + m_2 / M_2} \quad (\text{A.15})$$

As derivadas parciais das frações molares foram calculadas através das expressões abaixo:

$$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} = \frac{m_2 / M_1 M_2}{(m_1 / M_1 + m_2 / M_2)^2} \quad (\text{A.16})$$

$$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} = -\frac{m_1 / M_1 M_2}{(m_1 / M_1 + m_2 / M_2)^2} \quad (\text{A.17})$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} = -\frac{m_2 / M_1 M_2}{(m_1 / M_1 + m_2 / M_2)^2} \quad (\text{A.18})$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} = \frac{m_1 / M_1 M_2}{(m_1 / M_1 + m_2 / M_2)^2} \quad (\text{A.19})$$

As incertezas na temperatura, considerando a resolução do dispositivo Peltier (0-90°C) como sendo $1 \cdot 10^{-2}$ K, foram de $\pm 0,005$ K.

O volume molar excesso é expresso pela seguinte equação:

$$V_m^E = x_1 M_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_1} \right) + x_2 M_2 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (\text{A.20})$$

As derivadas parciais do volume molar excesso foram calculadas através das expressões abaixo:

$$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1} = M_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_1} \right) \quad (\text{A.21})$$

$$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2} = M_2 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (\text{A.22})$$

$$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho} = - \left(\frac{x_1 M_1 + x_2 M_2}{\rho^2} \right) \quad (\text{A.23})$$

$$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1} = \frac{x_1 M_1}{\rho_1^2} \quad (\text{A.24})$$

$$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2} = \frac{x_2 M_2}{\rho_2^2} \quad (\text{A.25})$$

A viscosidade excesso é expressa pela seguinte equação:

$$\Delta \eta = \eta - (x_1 \eta_1 + x_2 \eta_2) \quad (\text{A.26})$$

As derivadas parciais da viscosidade excesso foram calculadas através das expressões abaixo:

$$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1} = -\eta_1 \quad (\text{A.27})$$

$$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2} = -\eta_2 \quad (\text{A.28})$$

$$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta} = 1 \quad (\text{A.29})$$

$$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1} = -x_1 \quad (\text{A.30})$$

$$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2} = -x_2 \quad (\text{A.31})$$

As derivadas do volume molar excesso em função da temperatura, $\frac{\partial V_m^E}{\partial T}$, e da viscosidade excesso em função da temperatura, $\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}$, foram calculadas estendendo a equação de Redlich-Kister para representar V_m^E e $\Delta\eta$ como uma função da temperatura e composição, considerando os coeficientes A_j como uma função polinomial da temperatura, isto é:

$$A_j(T) = \sum_{l=0}^P A_{jl} T^l \quad (\text{A.32})$$

Neste trabalho, uma dependência linear ou quadrática foi suficiente para a determinação dos parâmetros de A_{jl} .

As frações molares utilizadas para os cálculos das incertezas foram as que mais se aproximaram de 10, 50 e 90% da fração molar do componente 2 presente na solução.

Tabela A 53 - Massa molar e densidade dos componentes puros para diferentes temperaturas

Componente	$M / \text{g.mol}^{-1}$	$\rho / \text{g.cm}^{-3}$			
		293,15 K	298,15 K	303,15 K	308,15 K
MTBE	88,15	0,74062	0,73541	0,73011	0,72477
Metanol	32,04	0,79124	0,78657	0,78185	0,77710
Etanol	46,07	0,78952	0,78527	0,78095	0,77660
1-Propanol	60,10	0,80354	0,79967	0,79563	0,79151
2-Propanol	60,10	0,78522	0,78105	0,77678	0,77245
1-Butanol	74,12	0,80965	0,80584	0,80200	0,79812
1-Pentanol	88,15	0,81441	0,81079	0,80710	0,80338
1-Hexanol	102,17	0,81880	0,81526	0,81166	0,80804

Tabela A 54 - Valores da densidade das soluções para os diferentes sistemas a diferentes composições e temperaturas.

Sistemas	$\rho / \text{g.cm}^{-3}$			
	293,15 K	298,15 K	303,15 K	308,15 K
$x_2 = 0,1$				
MTBE (1) + metanol (2)	0,74427	0,73905	0,73378	0,72843
MTBE (1) + etanol (2)	0,74451	0,73934	0,73407	0,72875
MTBE (1) + 1-propanol (2)	0,74640	0,74127	0,73606	0,73079
MTBE (1) + 2-propanol (2)	0,74425	0,73910	0,73384	0,72852
MTBE (1) + 1-butanol (2)	0,74809	0,74300	0,73786	0,73264
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	0,74974	0,74473	0,73963	0,73447
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	0,75084	0,74585	0,74079	0,73568
$x_2 = 0,5$				
MTBE (1) + metanol (2)	0,75946	0,75442	0,74929	0,74412
MTBE (1) + etanol (2)	0,76096	0,75608	0,75115	0,74615
MTBE (1) + 1-propanol (2)	0,76991	0,76522	0,76049	0,75568
MTBE (1) + 2-propanol (2)	0,75997	0,75515	0,75022	0,74522
MTBE (1) + 1-butanol (2)	0,77569	0,77123	0,76666	0,76205
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	0,78106	0,77676	0,77236	0,76793
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	0,78558	0,78139	0,77712	0,77281
$x_2 = 0,9$				
MTBE (1) + metanol (2)	0,7827	0,77800	0,77316	0,76827
MTBE (1) + etanol (2)	0,78299	0,77856	0,77411	0,76960
MTBE (1) + 1-propanol (2)	0,79641	0,79228	0,78808	0,78385
MTBE (1) + 2-propanol (2)	0,77962	0,77532	0,77089	0,76639
MTBE (1) + 1-butanol (2)	0,80295	0,79899	0,79500	0,79098
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	0,80803	0,80423	0,80041	0,79655
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	0,81301	0,80936	0,80566	0,80192

Tabela A 55 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + metanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$10^3 \frac{\partial V_m^E}{\partial T}$ (cm ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,5982	2,5575	-148,7787	144,3127	5,2310	-2,6878
298,15	-0,6018	2,6207	-150,8878	146,3570	5,2935	-2,7555
303,15	-0,6138	2,6856	-153,0630	148,4857	5,3577	-2,8233
308,15	-0,6229	2,7564	-155,3196	150,6862	5,4233	-2,8910
$x_2 = 0,5$						
293,15	-2,9751	1,6914	-104,2280	80,4450	25,5728	-2,5008
298,15	-3,0367	1,7328	-105,6252	81,5802	25,8774	-2,5008
303,15	-3,1038	1,7781	-107,0765	82,7646	26,1901	-2,5008
308,15	-3,1778	1,8247	-108,5696	83,9911	26,5113	-2,5008
$x_2 = 0,9$						
293,15	-6,4263	0,4397	-61,5155	16,1984	46,0142	-0,1661
298,15	-6,5732	0,4523	-62,2753	16,4279	46,5598	-0,3285
303,15	-6,7342	0,4637	-63,0575	16,6673	47,1248	-0,4909
308,15	-6,8982	0,4771	-63,8627	16,9138	47,7026	-0,6533

Tabela A 56 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + etanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$10^3 \frac{\partial V_m^E}{\partial T}$ (cm ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,6283	3,5233	-151,5074	144,7952	7,3255	-0,6455
298,15	-0,6437	3,6401	-153,6337	146,8542	7,4050	-0,4929
303,15	-0,6579	3,7629	-155,8475	148,9941	7,4872	-0,3403
308,15	-0,6726	3,8906	-158,1313	151,2021	7,5713	-0,1877
$x_2 = 0,5$						
293,15	-3,1958	2,1834	-115,9432	80,4797	36,9131	-2,4012
298,15	-3,2883	2,2575	-117,4447	81,6197	37,3148	-2,4012
303,15	-3,3934	2,3328	-118,9914	82,8091	37,7288	-2,4012
308,15	-3,4968	2,4141	-120,5915	84,0340	38,1517	-2,4012
$x_2 = 0,9$						
293,15	-6,4487	0,4985	-82,0689	16,2112	66,4267	0,2885
298,15	-6,6514	0,5168	-83,0055	16,4417	67,1492	0,3522
303,15	-6,8691	0,5326	-83,9626	16,6809	67,8940	0,4160
308,15	-7,0932	0,5510	-84,9495	16,9281	68,6566	0,4798

Tabela A 57 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$10^3 \frac{\partial V_m^E}{\partial T}$ (cm ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,9217	5,7193	-153,2261	144,7453	9,2459	2,3556
298,15	-0,9443	5,9098	-155,3542	146,7955	9,3368	1,8291
303,15	-0,9727	6,1029	-157,5613	148,9344	9,4316	1,3026
308,15	-1,0002	6,3032	-159,8419	151,1413	9,5288	0,7761
$x_2 = 0,5$						
293,15	-4,5280	3,2475	-125,0605	80,3873	46,5447	-3,5455
298,15	-4,6662	3,3722	-126,5981	81,5259	46,9859	-3,5465
303,15	-4,8198	3,4799	-128,1778	82,7138	47,4631	-3,5474
308,15	-4,9732	3,5935	-129,8148	83,9394	47,9537	-3,5484
$x_2 = 0,9$						
293,15	-8,3377	0,6501	-99,1902	16,1179	83,7890	-1,5970
298,15	-8,6007	0,6897	-100,2270	16,3462	84,5831	-1,6606
303,15	-8,8778	0,7132	-101,2982	16,5844	85,4422	-1,7241
308,15	-9,1654	0,7353	-102,3944	16,8301	86,3255	-1,7877

Tabela A 58 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 2-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$10^3 \frac{\partial V_m^E}{\partial T}$ (cm ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,5837	4,2066	-154,0650	144,6019	9,7741	0,5419
298,15	-0,6017	4,3625	-156,2195	146,6581	9,8783	0,5769
303,15	-0,6170	4,5223	-158,4670	148,7951	9,9872	0,6120
308,15	-0,6311	4,6846	-160,7898	151,0000	10,1000	0,6471
$x_2 = 0,5$						
293,15	-3,0337	2,5362	-128,3364	80,3358	48,7590	-0,4749
298,15	-3,1366	2,6342	-129,9799	81,4781	49,2786	-0,4749
303,15	-3,2397	2,7342	-131,6939	82,6654	49,8219	-0,4749
308,15	-3,3426	2,8359	-133,4670	83,8903	50,3847	-0,4749
$x_2 = 0,9$						
293,15	-5,9556	0,5556	-103,5383	16,2221	87,6222	1,609
298,15	-6,1701	0,5746	-104,6900	16,4523	88,5602	1,646
303,15	-6,3902	0,5971	-105,8967	16,6929	89,5365	1,682
308,15	-6,6101	0,6182	-107,1439	16,9403	90,5500	1,719

Tabela A 59 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-butanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$10^3 \frac{\partial V_m^E}{\partial T}$ (cm ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-1,1788	7,5367	-154,9623	144,3359	11,5001	-0,3664
298,15	-1,2212	7,7826	-157,0928	146,4039	11,6091	-0,6559
303,15	-1,2632	8,0372	-159,2890	148,5331	11,7206	-0,9454
308,15	-1,3031	8,3036	-161,5670	150,7339	11,8348	-0,1235
$x_2 = 0,5$						
293,15	-5,3747	4,0011	-134,8406	80,3202	56,5594	-6,0518
298,15	-5,5655	4,1231	-136,4047	81,4688	57,0927	-6,0517
303,15	-5,7543	4,2555	-138,0357	82,6559	57,6408	-6,0515
308,15	-5,9500	4,3922	-139,7108	83,8807	58,2011	-6,0514
$x_2 = 0,9$						
293,15	-9,2328	0,7571	-117,1514	16,1588	101,7132	-3,6970
298,15	-9,5367	0,7840	-118,3155	16,3899	102,6723	-3,6926
303,15	-9,8531	0,8091	-119,5061	16,6287	103,6579	-3,6882
308,15	-10,1808	0,8348	-120,7239	16,8751	104,6656	-3,6837

Tabela A 60 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-pentanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$10^3 \frac{\partial V_m^E}{\partial T}$ (cm ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-1,4382	9,3376	-156,8198	144,2863	13,5592	-1,3152
298,15	-1,4903	9,6453	-158,9369	146,3377	13,6806	-1,7783
303,15	-1,5441	9,9644	-161,1363	148,4699	13,8059	-2,2415
308,15	-1,5979	10,2973	-163,4083	150,6697	13,9337	-2,7046
$x_2 = 0,5$						
293,15	-6,1367	4,6189	-144,4952	80,0755	66,6557	-7,5277
298,15	-6,3548	4,7604	-146,0995	81,2139	67,2523	-7,5277
303,15	-6,5781	4,9098	-147,7688	82,3970	67,8686	-7,5278
308,15	-6,8105	5,0625	-149,4786	83,6177	68,4986	-7,5278
$x_2 = 0,9$						
293,15	-9,9037	0,8520	-135,0104	16,7365	119,0622	-0,7522
298,15	-10,2311	0,8841	-136,2893	16,9744	120,1278	-0,7546
303,15	-10,5777	0,9102	-137,5933	17,2217	121,2288	-0,7571
308,15	-10,9349	0,9381	-138,9301	17,4768	122,3541	-0,7595

Tabela A 61 - Valores das derivadas parciais do volume molar excesso em relação a composição, densidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-hexanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_1}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial x_2}$ (cm ³ .mol ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_1}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$\frac{\partial V_m^E}{\partial \rho_2}$ (cm ⁶ .mol ⁻¹ .g ⁻¹)	$10^3 \frac{\partial V_m^E}{\partial T}$ (cm ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-1,6136	14,0966	-165,3847	151,5167	15,1832	-2,6290
298,15	-1,6713	11,6611	-160,9052	147,1602	14,9155	-2,4949
303,15	-1,7340	12,0409	-163,1109	149,3044	15,0481	-2,3609
308,15	-1,7986	12,4350	-165,3847	151,5167	15,1832	-2,2269
$x_2 = 0,5$						
293,15	-6,8038	7,4272	-159,2689	84,3611	77,8024	-8,8906
298,15	-7,0435	5,4337	-155,7904	81,9356	76,4305	-8,8906
303,15	-7,2937	5,5979	-157,5071	83,1294	77,1081	-8,8907
308,15	-7,5521	5,7657	-159,2689	84,3611	77,8024	-8,8908
$x_2 = 0,9$						
293,15	-10,5896	2,6281	-156,7104	16,6757	140,9243	-4,2598
298,15	-10,9421	0,9151	-153,8425	16,1962	138,4393	-4,3157
303,15	-11,3119	0,9406	-155,2588	16,4322	139,6667	-4,3717
308,15	-11,6927	0,9665	-156,7104	16,6757	140,9243	-4,4276

Tabela A 62 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + metanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	m_1 (g)	m_2 (g)	$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_1$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_2$
$x_2 = 0,1$								
293,15	7,4372	0,3078	0,0123	-0,2982	-0,1429	-0,0123	0,2982	0,1429
298,15	7,4372	0,3078	0,0123	-0,2982	-0,1429	-0,0123	0,2982	0,1429
303,15	7,4372	0,3078	0,0123	-0,2982	-0,1429	-0,0123	0,2982	0,1429
308,15	7,4372	0,3078	0,0123	-0,2982	-0,1429	-0,0123	0,2982	0,1429
$x_2 = 0,5$								
293,15	8,3119	3,0165	0,0301	-0,0829	-0,0264	-0,0301	0,0829	0,0264
298,15	8,3119	3,0165	0,0301	-0,0829	-0,0264	-0,0301	0,0829	0,0264
303,15	8,3119	3,0165	0,0301	-0,0829	-0,0264	-0,0301	0,0829	0,0264
308,15	8,3119	3,0165	0,0301	-0,0829	-0,0264	-0,0301	0,0829	0,0264
$x_2 = 0,9$								
293,15	1,9500	6,3247	0,0465	-0,0143	0,0161	-0,0465	0,0143	-0,0161
298,15	1,9500	6,3247	0,0465	-0,0143	0,0161	-0,0465	0,0143	-0,0161
303,15	1,9500	6,3247	0,0465	-0,0143	0,0161	-0,0465	0,0143	-0,0161
308,15	1,9500	6,3247	0,0465	-0,0143	0,0161	-0,0465	0,0143	-0,0161

Tabela A 63 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + etanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	m_1 (g)	m_2 (g)	$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_1$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_2$
$x_2 = 0,1$								
293,15	8,6170	0,4954	0,0104	-0,1802	-0,0849	-0,0104	0,1802	0,0849
298,15	8,6170	0,4954	0,0104	-0,1802	-0,0849	-0,0104	0,1802	0,0849
303,15	8,6170	0,4954	0,0104	-0,1802	-0,0849	-0,0104	0,1802	0,0849
308,15	8,6170	0,4954	0,0104	-0,1802	-0,0849	-0,0104	0,1802	0,0849
$x_2 = 0,5$								
293,15	5,7960	3,0211	0,0431	-0,0828	-0,0198	-0,0431	0,0828	0,0198
298,15	5,7960	3,0211	0,0431	-0,0828	-0,0198	-0,0431	0,0828	0,0198
303,15	5,7960	3,0211	0,0431	-0,0828	-0,0198	-0,0431	0,0828	0,0198
308,15	5,7960	3,0211	0,0431	-0,0828	-0,0198	-0,0431	0,0828	0,0198
$x_2 = 0,9$								
293,15	1,3738	6,4006	0,0660	-0,0142	0,0259	-0,0660	0,0142	-0,0259
298,15	1,3738	6,4006	0,0660	-0,0142	0,0259	-0,0660	0,0142	-0,0259
303,15	1,3738	6,4006	0,0660	-0,0142	0,0259	-0,0660	0,0142	-0,0259
308,15	1,3738	6,4006	0,0660	-0,0142	0,0259	-0,0660	0,0142	-0,0259

Tabela A 64 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	m_1 (g)	m_2 (g)	$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_1$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_2$
$x_2 = 0,1$								
293,15	6,5817	0,4948	0,0136	-0,1808	-0,0836	-0,0136	0,1808	0,0836
298,15	6,5817	0,4948	0,0136	-0,1808	-0,0836	-0,0136	0,1808	0,0836
303,15	6,5817	0,4948	0,0136	-0,1808	-0,0836	-0,0136	0,1808	0,0836
308,15	6,5817	0,4948	0,0136	-0,1808	-0,0836	-0,0136	0,1808	0,0836
$x_2 = 0,5$								
293,15	5,1507	3,5087	0,0485	-0,0713	-0,0114	-0,0485	0,0713	0,0114
298,15	5,1507	3,5087	0,0485	-0,0713	-0,0114	-0,0485	0,0713	0,0114
303,15	5,1507	3,5087	0,0485	-0,0713	-0,0114	-0,0485	0,0713	0,0114
308,15	5,1507	3,5087	0,0485	-0,0713	-0,0114	-0,0485	0,0713	0,0114
$x_2 = 0,9$								
293,15	1,0352	6,3314	0,0872	-0,0143	0,0365	-0,0872	0,0143	-0,0365
298,15	1,0352	6,3314	0,0872	-0,0143	0,0365	-0,0872	0,0143	-0,0365
303,15	1,0352	6,3314	0,0872	-0,0143	0,0365	-0,0872	0,0143	-0,0365
308,15	1,0352	6,3314	0,0872	-0,0143	0,0365	-0,0872	0,0143	-0,0365

Tabela A 65 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 2-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	m_1 (g)	m_2 (g)	$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_1$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_2$
$x_2 = 0,1$								
293,15	6,8764	0,5224	0,0131	-0,1727	-0,0798	-0,0131	0,1727	0,0798
298,15	6,8764	0,5224	0,0131	-0,1727	-0,0798	-0,0131	0,1727	0,0798
303,15	6,8764	0,5224	0,0131	-0,1727	-0,0798	-0,0131	0,1727	0,0798
308,15	6,8764	0,5224	0,0131	-0,1727	-0,0798	-0,0131	0,1727	0,0798
$x_2 = 0,5$								
293,15	4,4481	3,0343	0,0562	-0,0824	-0,0131	-0,0562	0,0824	0,0131
298,15	4,4481	3,0343	0,0562	-0,0824	-0,0131	-0,0562	0,0824	0,0131
303,15	4,4481	3,0343	0,0562	-0,0824	-0,0131	-0,0562	0,0824	0,0131
308,15	4,4481	3,0343	0,0562	-0,0824	-0,0131	-0,0562	0,0824	0,0131
$x_2 = 0,9$								
293,15	1,0517	6,3866	0,0863	-0,0142	0,0360	-0,0863	0,0142	-0,0360
298,15	1,0517	6,3866	0,0863	-0,0142	0,0360	-0,0863	0,0142	-0,0360
303,15	1,0517	6,3866	0,0863	-0,0142	0,0360	-0,0863	0,0142	-0,0360
308,15	1,0517	6,3866	0,0863	-0,0142	0,0360	-0,0863	0,0142	-0,0360

Tabela A 66 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-butanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	m_1 (g)	m_2 (g)	$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_1$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_2$
$x_2 = 0,1$								
293,15	5,9488	0,5664	0,0154	-0,1613	-0,0730	-0,0154	0,1613	0,0730
298,15	5,9488	0,5664	0,0154	-0,1613	-0,0730	-0,0154	0,1613	0,0730
303,15	5,9488	0,5664	0,0154	-0,1613	-0,0730	-0,0154	0,1613	0,0730
308,15	5,9488	0,5664	0,0154	-0,1613	-0,0730	-0,0154	0,1613	0,0730
$x_2 = 0,5$								
293,15	4,7883	4,0286	0,0522	-0,0621	-0,0049	-0,0522	0,0621	0,0049
298,15	4,7883	4,0286	0,0522	-0,0621	-0,0049	-0,0522	0,0621	0,0049
303,15	4,7883	4,0286	0,0522	-0,0621	-0,0049	-0,0522	0,0621	0,0049
308,15	4,7883	4,0286	0,0522	-0,0621	-0,0049	-0,0522	0,0621	0,0049
$x_2 = 0,9$								
293,15	0,8647	6,5032	0,1046	-0,0139	0,0453	-0,1046	0,0139	-0,0453
298,15	0,8647	6,5032	0,1046	-0,0139	0,0453	-0,1046	0,0139	-0,0453
303,15	0,8647	6,5032	0,1046	-0,0139	0,0453	-0,1046	0,0139	-0,0453
308,15	0,8647	6,5032	0,1046	-0,0139	0,0453	-0,1046	0,0139	-0,0453

Tabela A 67 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-pentanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	m_1 (g)	m_2 (g)	$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_1$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_2$
$x_2 = 0,1$								
293,15	6,0334	0,6855	0,0152	-0,1336	-0,0592	-0,0152	0,1336	0,0592
298,15	6,0334	0,6855	0,0152	-0,1336	-0,0592	-0,0152	0,1336	0,0592
303,15	6,0334	0,6855	0,0152	-0,1336	-0,0592	-0,0152	0,1336	0,0592
308,15	6,0334	0,6855	0,0152	-0,1336	-0,0592	-0,0152	0,1336	0,0592
$x_2 = 0,5$								
293,15	3,3662	3,3866	0,0743	-0,0738	0,0002	-0,0743	0,0738	-0,0002
298,15	3,3662	3,3866	0,0743	-0,0738	0,0002	-0,0743	0,0738	-0,0002
303,15	3,3662	3,3866	0,0743	-0,0738	0,0002	-0,0743	0,0738	-0,0002
308,15	3,3662	3,3866	0,0743	-0,0738	0,0002	-0,0743	0,0738	-0,0002
$x_2 = 0,9$								
293,15	0,6853	5,8922	0,1362	-0,0158	0,0602	-0,1362	0,0158	-0,0602
298,15	0,6853	5,8922	0,1362	-0,0158	0,0602	-0,1362	0,0158	-0,0602
303,15	0,6853	5,8922	0,1362	-0,0158	0,0602	-0,1362	0,0158	-0,0602
308,15	0,6853	5,8922	0,1362	-0,0158	0,0602	-0,1362	0,0158	-0,0602

Tabela A 68 - Valores das massas dos componentes puros, das derivadas parciais da fração molar em relação a massa de cada componente e das incertezas na fração molar para o sistema MTBE (1) + 1-hexanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T (K)	m_1 (g)	m_2 (g)	$\frac{\partial x_1}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_1}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_1$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_1} (\text{g}^{-1})$	$\frac{\partial x_2}{\partial m_2} (\text{g}^{-1})$	$10^4 \Delta x_2$
$x_2 = 0,1$								
293,15	7,3420	0,9144	0,0119	-0,0958	-0,0419	-0,0119	0,0958	0,0419
298,15	7,3420	0,9144	0,0119	-0,0958	-0,0419	-0,0119	0,0958	0,0419
303,15	7,3420	0,9144	0,0119	-0,0958	-0,0419	-0,0119	0,0958	0,0419
308,15	7,3420	0,9144	0,0119	-0,0958	-0,0419	-0,0119	0,0958	0,0419
$x_2 = 0,5$								
293,15	2,9545	3,3865	0,0846	-0,0738	0,0054	-0,0846	0,0738	-0,0054
298,15	2,9545	3,3865	0,0846	-0,0738	0,0054	-0,0846	0,0738	-0,0054
303,15	2,9545	3,3865	0,0846	-0,0738	0,0054	-0,0846	0,0738	-0,0054
308,15	2,9545	3,3865	0,0846	-0,0738	0,0054	-0,0846	0,0738	-0,0054
$x_2 = 0,9$								
293,15	0,5931	6,2294	0,1509	-0,0144	0,0683	-0,1509	0,0144	-0,0683
298,15	0,5931	6,2294	0,1509	-0,0144	0,0683	-0,1509	0,0144	-0,0683
303,15	0,5931	6,2294	0,1509	-0,0144	0,0683	-0,1509	0,0144	-0,0683
308,15	0,5931	6,2294	0,1509	-0,0144	0,0683	-0,1509	0,0144	-0,0683

Tabela A 69 - Valores calculados da incerteza do volume molar excesso para as diferentes composições e temperaturas.

Sistemas	T (K)			
	293,15	298,15	303,15	308,15
$x_2 = 0,1$				
MTBE (1) + metanol (2)	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$
MTBE (1) + etanol (2)	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$
MTBE (1) + 1-propanol (2)	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$
MTBE (1) + 2-propanol (2)	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$
MTBE (1) + 1-butanol (2)	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$
$x_2 = 0,5$				
MTBE (1) + metanol (2)	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$
MTBE (1) + etanol (2)	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0008$
MTBE (1) + 1-propanol (2)	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$
MTBE (1) + 2-propanol (2)	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$
MTBE (1) + 1-butanol (2)	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0009$	$\pm 0,0009$
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	$\pm 0,0009$	$\pm 0,0009$	$\pm 0,0009$	$\pm 0,0009$
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0010$
$x_2 = 0,9$				
MTBE (1) + metanol (2)	$\pm 0,0004$	$\pm 0,0004$	$\pm 0,0004$	$\pm 0,0004$
MTBE (1) + etanol (2)	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0006$
MTBE (1) + 1-propanol (2)	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$
MTBE (1) + 2-propanol (2)	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$	$\pm 0,0007$
MTBE (1) + 1-butanol (2)	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0008$
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	$\pm 0,0009$	$\pm 0,0009$	$\pm 0,0009$	$\pm 0,0009$
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0011$	$\pm 0,0011$

Tabela A 70 - Viscosidade dos componentes puros para diferentes temperaturas.

Componente	η / mPa·s			
	293,15 K	298,15 K	303,15 K	308,15 K
MTBE	0,34146	0,32018	0,29660	0,28120
Etanol	1,1988	1,0859	0,98855	0,90371
1-Propanol	2,2191	1,9637	1,7403	1,5500
2-Propanol	2,4346	2,0816	1,7913	1,5471
1-Butanol	2,9800	2,6062	2,2894	2,0183
1-Pentanol	4,0457	3,4988	3,0367	2,6469
1-Hexanol	5,4182	4,6216	3,9632	3,4172

Tabela A 71 - Valores da viscosidade das soluções para os diferentes sistemas a diferentes composições e temperaturas.

Sistemas	η / mPa·s			
	293,15 K	298,15 K	303,15 K	308,15 K
$x_2 = 0,1$				
MTBE (1) + etanol (2)	0,35892	0,33842	0,31593	0,29633
MTBE (1) + 1-propanol (2)	0,38025	0,35370	0,33037	0,30806
MTBE (1) + 2-propanol (2)	0,36785	0,34596	0,31931	0,30301
MTBE (1) + 1-butanol (2)	0,38895	0,36518	0,33710	0,31659
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	0,41014	0,38551	0,35947	0,33156
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	0,42409	0,39707	0,36799	0,34644
$x_2 = 0,5$				
MTBE (1) + etanol (2)	0,50622	0,47085	0,43526	0,39944
MTBE (1) + 1-propanol (2)	0,65086	0,60478	0,55687	0,51193
MTBE (1) + 2-propanol (2)	0,60004	0,55780	0,51392	0,46734
MTBE (1) + 1-butanol (2)	0,77246	0,71256	0,65680	0,60813
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	0,94425	0,86688	0,79621	0,73136
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	1,14470	1,04480	0,95385	0,87116
$x_2 = 0,9$				
MTBE (1) + etanol (2)	0,96224	0,88055	0,80599	0,73686
MTBE (1) + 1-propanol (2)	1,62680	1,45940	1,30120	1,18090
MTBE (1) + 2-propanol (2)	1,63380	1,43170	1,26030	1,11210
MTBE (1) + 1-butanol (2)	2,14400	1,90340	1,69520	1,51380
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	2,84090	2,49480	2,21360	1,94930
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	3,85220	3,34330	2,91250	2,54940

Tabela A 72 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + etanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2}$	$10^3 \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}$
(K)	(mPa·s)	(mPa·s)				(mPa·s·K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,3394	-1,1948	1,0000	-0,9009	-0,0991	5,0194
298,15	-0,3182	-1,0852	1,0000	-0,9009	-0,0991	4,6933
303,15	-0,2895	-0,9867	1,0000	-0,9009	-0,0991	4,3671
308,15	-0,2789	-0,8981	1,0000	-0,9009	-0,0991	4,0410
$x_2 = 0,5$						
293,15	-0,3413	-1,1964	1,0000	-0,5007	-0,4993	4,9543
298,15	-0,3207	-1,0875	1,0000	-0,5007	-0,4993	4,9543
303,15	-0,2962	-0,9886	1,0000	-0,5007	-0,4993	4,9543
308,15	-0,2772	-0,9002	1,0000	-0,5007	-0,4993	4,9543
$x_2 = 0,9$						
293,15	-0,3383	-1,1964	1,0000	-0,1009	-0,8991	4,8500
298,15	-0,3193	-1,0865	1,0000	-0,1009	-0,8991	4,3373
303,15	-0,3005	-0,9875	1,0000	-0,1009	-0,8991	3,8246
308,15	-0,2831	-0,8993	1,0000	-0,1009	-0,8991	3,3120

Tabela A 73 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2}$	$10^3 \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}$
(K)	(mPa·s)	(mPa·s)				(mPa·s·K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,3398	-2,2098	1,0000	-0,9007	-0,0993	11,5848
298,15	-0,3215	-1,9581	1,0000	-0,9007	-0,0993	10,7577
303,15	-0,2934	-1,7375	1,0000	-0,9007	-0,0993	9,9305
308,15	-0,2877	-1,5470	1,0000	-0,9007	-0,0993	9,1034
$x_2 = 0,5$						
293,15	-0,3398	-2,2319	1,0000	-0,5002	-0,4998	15,3558
298,15	-0,3215	-1,9698	1,0000	-0,5002	-0,4998	15,3558
303,15	-0,2934	-1,7318	1,0000	-0,5002	-0,4998	15,3558
308,15	-0,2877	-1,5408	1,0000	-0,5002	-0,4998	15,3558
$x_2 = 0,9$						
293,15	-0,3398	-2,2319	1,0000	-0,1003	-0,8997	2,9423
298,15	-0,3215	-1,9698	1,0000	-0,1003	-0,8997	2,7572
303,15	-0,2934	-1,7318	1,0000	-0,1003	-0,8997	2,5722
308,15	-0,2877	-1,5408	1,0000	-0,1003	-0,8997	2,3872

Tabela A 74 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 2-propanol (2) para diferentes composições e temperaturas.

T	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2}$	$10^3 \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}$
(K)	(mPa·s)	(mPa·s)				(mPa·s·K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,3391	-2,4283	1,0000	-0,8997	-0,1003	20,3357
298,15	-0,3194	-2,0806	1,0000	-0,8997	-0,1003	19,6355
303,15	-0,2934	-1,7907	1,0000	-0,8997	-0,1003	18,9352
308,15	-0,2797	-1,5476	1,0000	-0,8997	-0,1003	18,2350
$x_2 = 0,5$						
293,15	-0,3391	-2,4283	1,0000	-0,4999	-0,5001	22,4206
298,15	-0,3194	-2,0806	1,0000	-0,4999	-0,5001	22,4206
303,15	-0,2934	-1,7907	1,0000	-0,4999	-0,5001	22,4206
308,15	-0,2797	-1,5476	1,0000	-0,4999	-0,5001	22,4206
$X = 0,9$						
293,15	-0,3391	-2,4253	1,0000	-0,1009	-0,8991	6,6401
298,15	-0,3168	-2,0788	1,0000	-0,1009	-0,8991	5,9404
303,15	-0,2920	-1,7891	1,0000	-0,1009	-0,8991	5,2408
308,15	-0,2808	-1,5464	1,0000	-0,1009	-0,8991	4,5411

Tabela A 75 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE(1) + 1-butanol(2) para diferentes composições e temperaturas

T	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2}$	$10^3 \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}$
(K)	(mPa·s)	(mPa·s)				(mPa·s·K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,3388	-2,9818	1,0000	-0,8983	-0,1017	66,1201
298,15	-0,3157	-2,6063	1,0000	-0,8983	-0,1017	65,7264
303,15	-0,2934	-2,2900	1,0000	-0,8983	-0,1017	65,3328
308,15	-0,2817	-2,0191	1,0000	-0,8983	-0,1017	64,9391
$x_2 = 0,5$						
293,15	-0,3395	-2,9775	1,0000	-0,4999	-0,5001	23,0454
298,15	-0,3157	-2,6060	1,0000	-0,4999	-0,5001	23,0454
303,15	-0,2922	-2,2881	1,0000	-0,4999	-0,5001	23,0454
308,15	-0,2792	-2,0159	1,0000	-0,4999	-0,5001	23,0454
$x_2 = 0,9$						
293,15	-0,3395	-2,9775	1,0000	-0,1006	-0,8994	-40,9166
298,15	-0,3157	-2,6060	1,0000	-0,1006	-0,8994	-42,1421
303,15	-0,2922	-2,2881	1,0000	-0,1006	-0,8994	-43,3677
308,15	-0,2792	-2,0159	1,0000	-0,1006	-0,8994	-44,5932

Tabela A 76 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE (1) + 1-pentanol (2) para diferentes composições e temperaturas

T	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2}$	$10^3 \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}$
(K)	(mPa·s)	(mPa·s)				(mPa·s·K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,3468	-4,0448	1,0000	-0,8980	-0,1020	24,4487
298,15	-0,3224	-3,4984	1,0000	-0,8980	-0,1020	24,1913
303,15	-0,2980	-3,0367	1,0000	-0,8980	-0,1020	23,9339
308,15	-0,2810	-2,6472	1,0000	-0,8980	-0,1020	23,6765
$x_2 = 0,5$						
293,15	-0,3407	-4,0466	1,0000	-0,4985	-0,5015	34,3554
298,15	-0,3203	-3,4992	1,0000	-0,4985	-0,5015	34,3554
303,15	-0,2947	-3,0367	1,0000	-0,4985	-0,5015	34,3554
308,15	-0,2805	-2,6466	1,0000	-0,4985	-0,5015	34,3554
$x_2 = 0,9$						
293,15	-0,3407	-4,0466	1,0000	-0,1042	-0,8958	8,5684
298,15	-0,3203	-3,4992	1,0000	-0,1042	-0,8958	8,3119
303,15	-0,2947	-3,0367	1,0000	-0,1042	-0,8958	8,0553
308,15	-0,2805	-2,6466	1,0000	-0,1042	-0,8958	7,7987

Tabela A 77 - Valores das derivadas parciais da viscosidade excesso em relação a composição, viscosidade e temperatura para o sistema MTBE(1) + 1-hexanol(2) para diferentes composições e temperaturas

T	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial x_2}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_1}$	$\frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial \eta_2}$	$10^3 \frac{\partial(\Delta\eta)}{\partial T}$
(K)	(mPa·s)	(mPa·s)				(mPa·s·K ⁻¹)
$x_2 = 0,1$						
293,15	-0,3460	-5,4267	1,0000	-0,9030	-0,0970	35,2497
298,15	-0,3337	-4,6299	1,0000	-0,9030	-0,0970	33,6824
303,15	-0,3073	-3,9692	1,0000	-0,9030	-0,0970	32,1151
308,15	-0,2923	-3,4217	1,0000	-0,9030	-0,0970	30,5478
$x_2 = 0,5$						
293,15	-0,3419	-5,4154	1,0000	-0,5028	-0,4972	50,3268
298,15	-0,3201	-4,6177	1,0000	-0,5028	-0,4972	50,3261
303,15	-0,2953	-3,9604	1,0000	-0,5028	-0,4972	50,3255
308,15	-0,2773	-3,4147	1,0000	-0,5028	-0,4972	50,3248
$x_2 = 0,9$						
293,15	-0,3419	-5,4154	1,0000	-0,0994	-0,9006	13,7966
298,15	-0,3201	-4,6177	1,0000	-0,0994	-0,9006	12,1749
303,15	-0,2953	-3,9604	1,0000	-0,0994	-0,9006	10,5532
308,15	-0,2773	-3,4147	1,0000	-0,0994	-0,9006	8,9315

Tabela A 78 - Valores calculados da incerteza da viscosidade excesso para as diferentes composições e temperaturas

Sistemas	T (K)			
	293,15	298,15	303,15	308,15
$x_2 = 0,1$				
MTBE (1) + etanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-propanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 2-propanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-butanol (2)	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$
$x_2 = 0,5$				
MTBE (1) + etanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-propanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 2-propanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-butanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$
$x_2 = 0,9$				
MTBE (1) + etanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-propanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 2-propanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-butanol (2)	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$
MTBE (1) + 1-pentanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$
MTBE (1) + 1-hexanol (2)	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,0001$



Densímetro da Anton Paar (Modelo DMA 4500)



Viscosímetro Stabinger da Anton Paar (Modelo SVM 3000/G2)