UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ESTUDO EXPERIMENTAL DAS SOLUBILIDADES DE ALGUNS ÁCIDOS EM MISTURAS HIDRO-ALCOÓLICAS

Ms. MAURO LÚCIO NAVES OLIVEIRA

Uberlândia – MG

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ESTUDO EXPERIMENTAL DAS SOLUBILIDADES DE ALGUNS ÁCIDOS EM MISTURAS HIDRO-ALCOÓLICAS

Ms. MAURO LÚCIO NAVES OLIVEIRA

Orientador: Profº. Dr MOILTON RIBEIRO FRANCO JÚNIOR

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Química

Uberlândia – MG

2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48e Oliveira, Mauro Lúcio Naves, 1959-
Estudo experimental das solubilidades de alguns ácidos em misturas hidro-alcoólicas [manuscrito] / Mauro Lúcio Naves Oliveira. - 2010.
340 f. : il.

Orientador: Moilton Ribeiro Franco Júnior.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Inclui bibliografia.

1. Separação (Tecnologia) - Teses. 2. Solventes - Teses. 2. Compostos orgânicos - Teses. I. Franco Júnior, Moilton Ribeiro. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. IV. Título.

CDU: 66.066

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM ENGENHARIA QUÍMICA, EM 06 DE NOVEMBRO DE 2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Moilton Ribeiro Franco Jr.
Orientador (PPGEQ/UFU)

Profª. Drª. Miria Hespanhol Miranda Reis
PPGEQ/UFU

Prof°. Dr. Sandro Pioli Zela
UNEMAT

Prof. Dr. Marcelo Bacci
UFTM

Dedico esta Tese

Aos meus pais, a minha esposa Cláudia Landin Negreiros e as minhas filhas Luiza Negreiros Naves e Laura Negreiros Naves.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Moilton Ribeiro Franco Junior pela orientação, paciência, confiança e amizade.

Ao órgão de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) que concedeu a bolsa de doutorado.

Ao Prof°. Dr. André Luiz dos Santos da Faculdade de Ciências Integradas do Pontal (UFU), agradeço pelas sugestões e orientações durante a qualificação deste trabalho.

Ao Prof°. Dr. Sandro Pioli Zela da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), agradeço pelas sugestões e orientações durante a defesa deste trabalho.

Ao Prof°. Dr. Marcelo Bacci da Universidade do Triângulo Mineiro (UFTM), agradeço pelas sugestões e orientações durante a defesa deste trabalho.

A Profª. Drª. Miria Hespanhol Miranda Reis (PPGEQ) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), agradeço pelas sugestões e orientações durante a qualificação e defesa deste trabalho.

Ao Prof°. Dr. Marcos A. de Souza Barrozo, Profª. Drª. Marcia Gonçalves Coelho e demais professores da FEQ/UFU.

Aos Técnicos Administrativos da FEQUI/UFU, Edio José Alves, Silvino Joaquim Correa, Jose Henrique Borges e Anisio Ferreira Martins Junior pelo excelente serviço prestado.

Ao amigo Ricardo Amâncio Malogoni e demais colegas pós-graduação.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....i

Lista de Tabelas.....v

Lista de Símbolos..... xxi

Resumo.....xxv

Abstract.....xxvii

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....1

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Análise termodinâmica do processo de solubilização.....5

2.2. Análise Termodinâmica da Solubilidade de eletrólitos.....6

2.3. Métodos experimentais para determinação de solubilidade.....8

CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Aparato experimental.....19

3.2. Reagentes.....21

3.3. Sistemas Estudados.....22

CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – INTRODUÇÃO

4.2 – O ÁCIDO BÓRICO

4.2.1 – Solubilidades do ácido bórico em água, em etanol e em misturas de etanol e água. 28

4.2.2 – Solubilidades do ácido bórico em água e em misturas de n-propanol e água.....30

4.2.3 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido bórico em solventes puros.....32

4.2.4 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.....35

4.3 – O ÁCIDO DL-MÁLICO

4.3.1 – Solubilidades do ácido dl-málico em solventes puros e em misturas de solventes.....43

4.3.1.1 – Solubilidades do ácido dl-málico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.....43
4.3.1.2 – Solubilidades do ácido dl-málico em água e em misturas de n-propanol e água 45
4.3.2 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido dl-málico em solventes puros.....48
4.3.3 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.....51

4.4 – O ÁCIDO SUCCÍNICO

4.4.1– Solubilidades do ácido succínico em solventes puros e em misturas de solventes..... 59
4.4.1.1 – Solubilidades do ácido succínico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.....59
4.4.1.2 – Solubilidades do ácido succínico em água e em misturas de n-propanol e água.....61
4.4.2 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido succínico em solventes puros.....63
4.4.3 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.....66

4.5 – O ÁCIDO CÍTRICO

4.5.1– Solubilidades do ácido cítrico em solventes puros e em misturas de solventes.....73
4.5.2 – Solubilidades do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água. 73
4.5.3 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido bórico em solventes puros.....75
4.5.5 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.....78

4.6 – O ÁCIDO SALICÍLICO

4.6.1- Solubilidades do ácido salicílico em solventes puros e em misturas de solventes.....83
4.6.1.1 – Solubilidades do ácido salicílico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.....83
4.6.1.2 – Solubilidades do ácido salicílico em água e em misturas de n-propanol e água. 85
4.6.2 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido salicílico em solventes puros.....88
4.6.3 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.....91

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....99

CAPÍTULO VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....101

Anexo 1. Especificações dos ácidos.....107

Anexo 2. Planejamento de Experimentos.....111

Apêndice A. Curvas De Calibração Dos Termopares.....123

Apêndice B. Variação Das Massas Durante A Secagem.....125

Apêndice C – Planejamento de experimento do ácido bórico

C.1 – Planejamento de experimento do ácido bórico em água.....161
C.2 – Planejamento de experimento em n-propanol.

Apêndice D. Planejamento de experimento do ácido DL-Málico

D.1 – Planejamento de experimento do ácido DL-Málico em água.....169
D.2 – Planejamento de experimento em n-propanol.

Apêndice E. Planejamento de experimento do ácido Succínico

E.1. Planejamento de experimento do ácido Succínico em água.....177
E.2 – Planejamento de experimento em n-propanol

Apêndice F. Planejamento de experimento do ácido Citrico

F.1 – Planejamento de experimento do ácido Cítrico em água.....185
F.2 – Planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol.

Apêndice G. Planejamento de experimento do ácido Salicílico

G.2 – Planejamento de experimento do ácido Salicílico em n-propanol.....191

Apêndice H. Dados experimentais na secagem do ácido bórico em solventes puros e em misturas de solventes.

H.1. Dados experimentais de secagem do ácido bórico em n-propanol.....195
H.2. Dados experimentais de secagem do ácido bórico em misturas de solventes.
H.2.1. Dados experimentais de secagem do ácido bórico em misturas de etanol e água.
H.2.2. Dados experimentais de secagem do ácido bórico em misturas de n-propanol e água.

Apêndice I. Dados experimentais na secagem do ácido dl-málico em solventes puros e em misturas de solventes.

I.1. Dados experimentais de secagem do ácido dl-málico em solventes puros.....201
I.1.1. Dados experimentais de secagem do ácido dl-málico em água.
I.1.2. Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em etanol.
I.1.3. Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em n-propanol.
I.2. Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em mistura de solventes.
I.2.1 Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água.

Apêndice J. Dados experimentais na secagem do ácido succínico em solventes puros e em misturas de solventes.

J.1. Dados experimentais de secagem do ácido succínico em solventes puros.....247
J.1.1. Dados experimentais de secagem do ácido succínico em água.
J.2. Dados experimentais de secagem do ácido succínico em mistura de solventes.
J.2.1 Dados experimentais de secagem do ácido succínico em mistura de etanol e água.
J.2.2 Dados experimentais de secagem do ácido succínico em mistura de n-propanol e água.

Apêndice K. Dados experimentais na secagem do ácido cítrico em solventes puros e em misturas de solventes.

K.1. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em solventes puros.....269
K.1.1. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em água.
K.1.2. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em etanol.
K.1.3. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em n-propanol
K.2. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em mistura de etanol e água.

Apêndice L. Dados experimentais na secagem do ácido salicílico em misturas de solventes.

L.1. Dados experimentais de secagem do ácido salicílico em mistura de solventes.....277
L.1.1 Dados experimentais de secagem do ácido salicílico em mistura de etanol e água.
L.2.1. Dados experimentais da secagem do ácido salicílico em misturas n-propanol e água.

Apêndice M. Dados Experimentais Do Ácido Bórico.....285

Apêndice N. Dados Experimentais Para O Ácido Succínico.....299

Apêndice O. Dados Experimentais Do Ácido Cítrico.....309

Apêndice P. Dados Experimentais Do Ácido Dl-Málico.....317

Apêndice Q. Dados Experimentais Do Ácido Salicílico.....329

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2: Aparato experimental - 1. Célula de vidro encamisada, 2. Solução, 3. Excesso do sal, 4. Agitador Magnético, 5. Isolante, 6. Banho Isolado, 7. Bomba e termostatico, 8. Termômetro, 9. Septo, 10. Camisa, 11. Seringa Termostatizada.

Figura 2.3: Aparato experimental usado: 1. Solução, 2. Excesso de sal, 3. Agitador Magnético, 4. Camisa, 5. Isolante, 6. Termômetro, 7. Septo, 8. Entrada de água de termostatização, 9. Saída de água de termostatização, 10. Seringa Termostatizada.

Figura 3.1: Esquema do aparato experimental: 1, 2 e 3 células de equilíbrio; 4, 5 e 6, agitadores magnéticos; 7, banho termostático; 8, mangueiras de látex.

Figura 3.2: Foto da célula utilizada para obtenção dos dados experimentais: (1,2), junções de entrada e saída de Água; (3,4), pontos de amostragem; 5, posição de introdução de rolha de vedação e suporte para fixar os termopares.

Figura 4.01: Variação das massas durante o processo de secagem do ácido bórico em mistura de etanol e água (0,2052 de etanol e água) à 30 ºC.

Figura 4.02: Solubilidades do ácido bórico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Figura 4.03: Variação das massas durante o processo de secagem do ácido bórico em mistura de n-propanol e água (0,7974de n-propanol e água) à 40 ºC.

Figura 4.04: Solubilidades do ácido bórico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Figura 4.05: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido bórico em água, etanol e n-propanol.

Figura 4.06: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau.

Figura 4.07: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido bórico em etanol.

Figura 4.08: Representação gráfica dos pontos experimentais do sistema ácido bórico-água-n-propanol, ajustados por um polinômio do 3º grau.

Figura 4.09: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido bórico em etanol.

Figura 4.10. Variação das massas durante o processo de secagem do ácido dl-málico em mistura de etanol e água (0,3985 de etanol e água) à 30 ºC.

Figura 4.11: Solubilidades do ácido dl-málico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Figura 4.12: Variação das massas durante o processo de secagem do ácido dl-málico em mistura de n-propanol e água (0,2024 de n-propanol e água) à 50 ºC.

Figura 4.13: Solubilidades do ácido dl-málico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Figura 4.14: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido dl-málico em água, etanol e n-propanol.

Figura 4.15: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau.

Figura 4.16: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido dl-málico em etanol.

Figura 4.17: Representação gráfica dos pontos experimentais do sistema ácido dl-málico-água-n-propanol, ajustados por um polinômio do 3º grau.

Figura 4.18: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido dl-málico em n-propanol.

Figura 4.19: Variação das massas durante o processo de secagem do ácido succínico em mistura de etanol e água (0,1989 de etanol e água) à 60 ºC.

Figura 4.20: Solubilidades do ácido succínico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Figura 4.21: Variação das massas durante o processo de secagem do ácido succínico em mistura de n-propanol e água (0,4026 de n-propanol e água) à 20 ºC.

Figura 4.22: Solubilidades do ácido succínico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Figura 4.23: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido succínico em água, etanol e n-propanol.

Figura 4.24: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau

Figura 4.25: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido succínico em etanol.

Figura 4.26: Representação gráfica dos pontos experimentais do sistema ácido succínico-água-n-propanol, ajustados por um polinômio do 3º grau.

Figura 4.27: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido succínico em n-propanol.

Figura 4.28. Variação das massas durante o processo de secagem do ácido cítrico em mistura de etanol e água (0,3985 de etanol e água) à 40 ºC.

Figura 4.29: Solubilidades do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Figura 4.30: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido cítrico em água, etanol e n-propanol.

Figura 4.31: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau.

Figura 4.32: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido cítrico em etanol.

Figura 4.28. Variação das massas durante o processo de secagem do ácido cítrico em mistura de etanol e água (0,3985 de etanol e água) à 40 ºC.

Tabela 4.31: Solubilidades experimentais do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Figura 4.29: Solubilidades do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Figura 4.30: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido cítrico em água, etanol e n-propanol.

Figura 4.31: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau.

Figura 4.32: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido cítrico em etanol.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Especificação dos reagentes utilizados para a obtenção dos dados experimentais.

Tabela 3.2: Matriz do planejamento de experimentos.

Tabela 3.3 Sistemas estudados com seus respectivos tempos de agitação e de decantação.

Tabela 4.01: Solubilidades experimentais do ácido bórico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Tabela 4.02: Solubilidades experimentais do ácido bórico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Tabela 4.03: Solubilidades do ácido bórico em diferentes solventes em função da temperatura.

Tabela 4.04: Parâmetros obtidos com equação 4.02, para o ácido bórico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Tabela 4.05: Solubilidades do ácido bórico em diferentes solventes em função da temperatura.

Tabela 4.06: Parâmetros obtidos com equação 4.05, para o ácido bórico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Tabela 4.07: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido bórico-etanol-água.

Tabela 4.08: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido bórico em água e em misturas de etanol e água.

Tabela 4.09: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido bórico- n-propanol-água.

Tabela 4.10: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido bórico em água e em misturas de n-propanol e água

Tabela 4.11: Solubilidades experimentais do ácido dl-málico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Tabela 4.12: Solubilidades experimentais do ácido dl-málico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Tabela 4.13: Solubilidades do ácido dl-málico em diferentes solventes em função da temperatura.

Tabela 4.14: Parâmetros obtidos com equação 4.02, para o ácido dl-málico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Tabela 4.15: Solubilidades do ácido dl-málico em diferentes solventes em função das temperaturas.

Tabela 4.16: Parâmetros obtidos com equação 4.03, para o ácido dl-málico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Tabela 4.17: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido dl-málico-etanol-água .

Tabela 4.18: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido dl-málico em água e em misturas de etanol e água.

Tabela 4.19: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido dl-málico-n-propanol-água.

Tabela 4.20: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido dl-málico em água e em misturas de n-propanol e água.

Tabela 4.21: Solubilidades experimentais do ácido succínico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Tabela 4.22: Solubilidades experimentais do ácido succínico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água

Tabela 4.23: Solubilidades do ácido succínico em diferentes solventes em função da temperatura.

Tabela 4.24: Parâmetros obtidos com equação 4.04, para o ácido succínico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Tabela 4.25: Solubilidades do ácido succínico em diferentes solventes em função da temperatura.

Tabela 4.26: Parâmetros obtidos com equação 4.05, para o ácido succínico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K

Tabela 4.27: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido succínico-etanol-água .

Tabela 4.28: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido succínico em água e em misturas de etanol e água.

Tabela 4.29: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido succínico-n-propanol-água.

Tabela 4.30: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido succínico em água e em misturas de n-propanol e água.

Tabela 4.31: Solubilidades experimentais do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Tabela 4.32: Solubilidades do ácido cítrico em diferentes solventes em função da temperatura.

Tabela 4.33: Parâmetros obtidos com equação 4.02, para o ácido cítrico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Tabela 4.34: Solubilidades do ácido cítrico em diferentes solventes em função da temperatura.

Tabela 4.35: Parâmetros obtidos com equação 4.03, para o ácido cítrico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Tabela 4.36: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido cítrico-etanol-água .

Tabela 4.37: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido cítrico em água e em misturas de etanol e água.

Tabela B.01: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Bórico em água no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela B.02: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Bórico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela B.03: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em água no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela B.04: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela B.05: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Succínico em água no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela B.06: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Succínico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela B.07: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Cítrico em água no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela B.08: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Cítrico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C.

Tabela B.09: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido salicilico em água no set-point de temperatura de 32 °C

Tabela C.01: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido bórico em água.

Tabela C.02: Resumo estatístico dos dados experimentais de solubilidades do ácido bórico em água de acordo com a matriz planejamento de experimento.

Tabela C.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido bórico em água.

Tabela C.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido bórico em água.(R^2 : 0,7305).

Tabela C.05: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido bórico em n-propanol.

Tabela C.06: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido Bórico em n-propanol.

Tabela C.07: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido bórico em n-propanol.

Tabela C.08: Análise estatística dos efeitos para o ácido bórico em n-propanol(R^2 : 0,8663).

Tabela D.01: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido dl-Málico em água.

Tabela D.02: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido dl-Málico em água.

Tabela D.03: Matriz planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em água.

Tabela D.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido dl-málico em água.

Tabela D.05: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido dl-Málico em n-propanol.

Tabela D.06: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido dl-Málico em n-Propanol.

Tabela D.07: Matriz planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em n-propanol.

Tabela D.08: Análise estatística dos efeitos para o ácido dl-málico em n-Propanol.(R^2 : 0,5581).

Tabela E.01: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido succínico em água.

Tabela E.02: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido Succínico em água.

Tabela E.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido Succínico em água.

Tabela E.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em água.(R^2 : 0,3586).

Tabela E.05: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido succínico em n-propanol.

Tabela E.06: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido Succínico em n-propanol

Tabela E.07: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido Succínico em n-propanol.

Tabela E.08: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em n-Propanol.(R^2 : 0,8810).

Tabela F.01: Planejamento de experimento para o ácido cítrico anidro em água

Tabela F.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

Tabela F.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido cítrico em água.

Tabela F.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em água.(R^2 : 0,9314).

Tabela F.05: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

Tabela F.06: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido cítrico em n-propanol.

Tabela F.07: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em água.(R^2 : 0,3261).

Tabela G.01: Planejamento de experimento para o ácido Salicílico em n-propanol

Tabela G.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido Salicílico em n-propanol.

Tabela G.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido Salicílico em n-propanol.

Tabela G.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em n-Propanol.(R^2 : 0,7216).

Tabela H.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido bórico e etanol em diversas temperaturas.

Tabela H.02: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela H.03: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela H.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela H.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela H.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela H.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela H.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela H.09: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela H.10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela H.11: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela I.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido dl-málico e água em diversas temperaturas.

Tabela I.02: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido dl-málico e etanol em diversas temperaturas.

Tabela I.03: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido dl-málico e n-propanol em diversas temperaturas.

Tabela I.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela I.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela I.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela I.0.7: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela I.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela I.09: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela I.10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela I.11: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela I.12: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela I.13: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela J.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido succínico e água em diversas temperaturas.

Tabela J.02: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido succínico e etanol em diversas temperaturas.

Tabela J.03: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido succínico e n-propanol em diversas temperaturas.

Tabela J.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela J.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela J.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela J.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela J.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela J.09: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela J.10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela J.11: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela J.12: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela J.13: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela K**.01:** Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido cítrico e água em diversas temperaturas.

Tabela K.**02:** Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido cítrico e etanol em diversas temperaturas.

Tabela K.**03:** Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido cítrico e n-propanol em diversas temperaturas.

Tabela K.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela K.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela K.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela K.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela K.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela L.01: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela L.02: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela L.03: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela L.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela L.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela L.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela L.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela L.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela L.09: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela L. 10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela M.3: Resumo estatístico dos pontos experimentais para o ácido bórico em água.

Tabela M.4: Médias estatísticas dos pontos experimentais com as repetições para o ácido bórico em água.

Tabela M.5: Médias estatísticas dos pontos experimentais com as repetições para o ácido bórico em água.

Tabela M.6: Resultados para o sistema binário ácido bórico em etanol.

Tabela M.7: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em etanol.

Tabela M.8: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em etanol

Tabela M.9: Resultados para o sistema binário (ácido bórico em n-propanol) em diversas temperaturas.

Tabela M.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em n-propanol.

Tabela M.11: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em n-propanol.

Tabela M.12: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela M.13: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Tabela M.14: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*)

Tabela M.15: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Tabela M.16: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*)

Tabela M.17: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela M.18: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*)

Tabela M.19: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela M.20: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*)

Tabela M.21: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Tabela M.22: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Tabela M.24: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Tabela M.25: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Tabela M.26: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Tabela M.27: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela M.28: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Tabela M.29: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela M.30: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Tabela M.31: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Tabela N.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido succínico em água.

Tabela N.03: Resultados para o sistema binário (ácido succínico em etanol) em diversas temperaturas

Tabela N.04: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido succínico em etanol.

Tabela N.05: Resultados para o sistema binário (ácido succínico em n-propanol) em diversas temperaturas

Tabela N.06: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido succínico em n-propanol.

TabelaN.07: Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela N.08: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etaanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

TabelaN.09: Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela N.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

TabelaN.11: Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela N.12: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela N.13: Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC.

Tabela N.14: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela N.16: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Tabela 4.17:Resultados para o sistema ternárioácido Succínico, n-propanol e águaem diversas concentrações de solventes à 20 ºC(set-point)

Tabela 4.18: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Tabela 4.19:Resultados para o sistema ternárioácido Succínico, n-propanol e águaem diversas concentrações de solventes à 30 ºC(set-point)

Tabela 4.21:Resultados para o sistema ternárioácido Succínico, n-propanol e águaem diversas concentrações de solventes à 40 ºC(set-point)

Tabela 4.22: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela 4.23: Resultados para o sistema ternário: ácido Succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(set-point)

Tabela 4.24: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela 4.25: Resultados para o sistema ternário: ácido Succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(set-point)

Tabela 4.26: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário: Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Tabela O.01: Resultados para o sistema binário ácido Cítrico em Água em diversas temperaturas

Tabela O.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

Tabela O.03: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

Tabela O.04: Resultados para o sistema binário (ácido cítrico em etanol) em diversas temperaturas

Tabela O.05: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em etanol.

Tabela O.06: Resultados binários para o sistema (ácido cítrico em 1-propanol) em diversas temperaturas

Tabela O.07: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em n-propanol.

Tabela O.08: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(set-point)

Tabela O.4.09: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Tabela O 4.10: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(set-point)

Tabela O 4.11: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Tabela O 4.12: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(set-point)

Tabela O 4.13: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela O 4.14: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(set-point)

Tabela O 4.15: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela O 4.16: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(set-point)

Tabela P.01: Resultados para o sistema binário dl-Málico em água em diversas temperaturas.

Tabela P.03: Resultados para o sistema binário dl-Málico em etanol.

Tabela P.04: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido dl-málico em etanol.

Tabela P.05: Resultados binários para o sistema dl-Málico em n-propanol.

Tabela P.06: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido dl-málico em etanol.

Tabela P.07: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*)

Tabela P.08: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Tabela P.09: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*)

Tabela P.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Tabela P.11: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*)

Tabela P.12: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela P.13: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*)

Tabela P.14: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela P.15: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*)

Tabela P.16: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Tabela P.17: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*)

Tabela P.19: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*)

Tabela P.20: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Tabela P.21: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*)

Tabela P.22: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela P.23: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*)

Tabela P.24: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela P.25: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*)

Tabela P.26: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Tabela Q.01: Resultados para o sistema binário: ácido Salicílico em água, em diversas temperaturas.

Tabela Q.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido salicílico em água.

Tabela Q.03: Resultados para o sistema binário: ácido Salicílico em etanol, em diversas temperaturas.

Tabela Q.04: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido salicílico em etanol.

Tabela Q.05: Resultados para o sistema binário (ácido salicílico em n-propanol) em diversas temperaturas.

Tabela Q.06: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido salicílico em n-propanol.

Tabela Q.07: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(set-point).

Tabela Q.08: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC.

Tabela Q.09: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(set-point).

Tabela Q.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC.

Tabela Q.11: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(set-point)

Tabela Q.12: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Tabela Q.13: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(set-point)

Tabela Q.14: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Tabela Q.15: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(set-point)

LISTA DE SÍMBOLOS

Simbologia:

A_{ij} : Amostragens nos experimentos;

A_D : Amostragens nos experimentos da fase densa;

A_L : Amostragens nos experimentos da fase leve;

m_i : Concentração molal.

c_i : Concentração molar.

$M_{\nu+}X_{\nu-}$: Eletrólito eletricamente neutro.

ν_+ : Número de íons positivos (cátions).

z_+ : Carga dos cátions.

ν_- : Número de íons negativos (ânions).

z_- : carga dos ânions.

W: Fração mássica.

m_w : massa de água (g);

m_e : massa de etanol (g);

m_p : massa de 1-propanol (g);

m_{sol} : Massa da solução(g);

m_f : Massa do frasco (g);

m_{al} : Massa do algodão (g);

m_r :m_f +m_{al} : Massa do recipiente (g);

m_s : m_{sol} + m_r : Massa do sistema (g);

m_{sec} : m_r + m_a : Massa seca(g);

m_a : Massa de ácido cristalizada(g);

n_{sol} : número de mols da mistura de solventes;

n_1 : número de mols dos solutos;

n_2 **:** número de mols dos solventes;

X_1 : fração molar do soluto (ácido);

R : Constante universal dos gases.

RA_{ij} : Reprodução das amostragens nos experimentos binários e/ou ternários;

R_{ij} : Amostragem no planejamento de experimento;

$\overline{RR_j}$: Reprodução das amostragens no planejamento de experimento;

$\overline{R}_j$: Médias das amostragens no planejamento de experimento;

S_{ac} : Solubilidade em água calculada (g ácido /100 g de solução);

S_{ae} : Solubilidade em água experimental (g ácido /100 g de solução);

S_{ec} : Solubilidade em etanol calculada (g ácido /100 g de solução);

S_{ee} : Solubilidade em etanol experimental (g ácido /100 g de solução);

S_{cp} : Solubilidade calculada por uma função polinomial (g ácido /100 g de solução);

S_{cs} : Solubilidade calculada por uma superfície quadrática (g ácido /100 g de solução);

S_{pe} : Solubilidade em água calculada (g ácido /100 g de solução);

S_{pc} : Solubilidade em água calculada (g ácido /100 g de solução);

S_{20} : Solubilidade a 20 ºC (g ácido /100 g de solução);

S_{30} : Solubilidade a 30 ºC (g ácido /100 g de solução);

S_{40} : Solubilidade a 40 ºC (g ácido /100 g de solução);

S_{50} : Solubilidade a 50 ºC (g ácido /100 g de solução);

S_{60} : Solubilidade a 60 ºC (g ácido /100 g de solução);

S : Solubilidade do ácido (g ácido /100 g de solução);

$\overline{S}_i$: Solubilidade média do ácido para o experimento i (g ácido /100 g de solução);

T : Temperatura(K).

t_{ag} : tempo de agitação (min);

t_d : tempo de repouso (min);

t_s : tempo de secagem (min);

T_t : temperatura medidas nas termoresistências (K);

T_b : temperatura medidas no banho termostático (K);

T_{co} : temperaturas corrigidas (K);

X_w : Fração molar do solvente em água;

X_e : Fração molar do solvente em etanol;

X_p : Fração molar do solvente em n-propanol;

X_K : Fração molar em mistura hidro-alcoolicas;

Δm : variação da massa (g)

Letras Gregas:

a_i : Atividade do componente i.

γ_i : Coeficiente de atividade do componente i.

$\gamma_i^{(c)}$: Coeficiente de atividade com a concentração expressa em termos de molaridade.

$\gamma_i^{(m)}$: Coeficiente da atividade com a concentração expressa em termos da molalidade.

ξ_i : Concentração qualquer do componente i.

σ : desvio padrão;

μ_i^* : Potencial químico de i no estado padrão, independente da composição, mas dependente da temperatura, da pressão, e da natureza do soluto e do solvente

μ_i : Potencial químico do componente i.

μ_i^0 : Potencial químico da espécie química i em algum estado padrão.

τ : massa de ácido por massa de solução;

Subscritos:

i : número do experimento;

j : número da amostragem**;**

k : referente ao soluto.

RESUMO

Dados de solubilidade de compostos químicos em água e em misturas de solventes são fundamentais no projeto de equipamentos industriais de separação, tais como: cristalizadores, extratores, evaporadores, lixiviadores e unidades de absorção. A precisão que se obtém, em projetos de equipamentos para a indústria química, está intimamente relacionada com a qualidade dos dados experimentais utilizados para a obtenção de parâmetros de equações que serão utilizadas. No caso industrial da extração líquido-líquido, por exemplo, os dados de solubilidade de compostos orgânicos e inorgânicos são fundamentais e nem sempre estão disponíveis na literatura. Este trabalho tem como objetivo o estudo experimental das solubilidades de alguns ácidos em mistura hidro-alcoólicas. Os solventes selecionados para este estudo foram, água, etanol e n-propanol, sendo os mesmos de suma importância em processos de extração em indústrias químicas, alimentícias e farmacêuticas. Os ácidos selecionados foram: bórico, dl-málico, succínico, cítrico e o salicílico. O aparato experimental utilizado para a realização dos experimentos foi desenvolvido por OLIVEIRA (2004) no estudo do equilíbrio líquido-líquido. Este aparato é constituído por células de equilíbrio, agitadores magnéticos, termopares e banho termostático. Inicialmente foi realizado um estudo para determinar um valor aproximado do tempo de agitação e o tempo de decantação das misturas, a serem empregados nos experimentos. Para isto, foi realizado um planejamento de experimento não fatorial do composto central (BOX & HUNTER, 1957) com alfa por rotatividade (1,414). As respostas de cada experimento foram à maximização da solubilidade em função da agitação e da decantação. Definidas as condições de agitação e de decantação que maximizam a solubilidade dos referidos ácidos, foram realizados experimentos isotérmicos e isobáricos para a determinação das solubilidades dos ácidos de interesse, em solventes puros e em misturas, de solventes em várias concentrações e nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 ºC. Com os resultados experimentais obtidos para cada sistema, utilizou-se de equações empíricas, na forma polinomial e na forma exponencial e de uma superfície quadrática para ajuste de parâmetros, a modelos conhecidos, dos dados experimentais.

Palavras–chave: Solventes; solubilidades; misturas; ácidos; compostos orgânicos.

ABSTRACT

Solubility data of chemistry compounds in water and in solvent mixtures are fundamental in the project of separation industrial equipments, such as: crystallizers, extractors, evaporators, leachates and absorption units. The accuracy that it is obtained in projects of chemistry industry equipment is closely related with the quality of experimental data used to obtain the parameters of the equations that will be used.In the industrial case of liquid-liquid extraction, The data about solubility of organic and inorganic compounds are fundamental and not always are available in the literature. This research has as objective the experimental study of the solubility of some acids in hidro-alchoolic mixture.The solvents selected for this study were water, etanol and n-propanol, which are of sum importance in extraction process in chemistry, food and pharmaceutical industry. The selected acids were : bórico, dl-málico, succínio, citric e o salicílico. The apparatus selected to do the experiments was developed by OLIVEIRA(2004) in the study of liquid-liquid equilibrium. This apparatus is constituted by equilibrium cells, magnetic shakers, termopares and thermostatic bath. In the beginning it was done a study to determine na approximate value of shaking time and the decantation time of the mixtures (to be used in the experiments). So, it was done a experiment planning not factorial of the central compound(BOX & HUNTER, 1957) with alfa by rotation(1,414). The answers of each experiment were a maximization of solubility in function of shaking and decantation. Defined the conditions of shaking and decantation that maximize the solubility of the referred acids, were done isothermal and isobaric experiments to determine the solubility of the acids that interest, in pure solvents and in solvent mixture in several concentrations and in temperatures of 20, 30, 40, 50 and 60 ºC. With the experimental results obtained for each system, it was used empiric equations, in the polynomial form and in the exponential form and in a quadratic surface to adjust the parameters to known models of experimental data.

Keywords: Solvents; solubility; mixtures; acids; organic chemicals.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Dados de solubilidade de compostos químicos em água e em misturas de solventes são fundamentais no projeto de equipamentos industriais de separação, tais como: cristalizadores, extratores, evaporadores, lixiviadores e unidades de absorção. A solubilidade em água de compostos orgânicos é um dado importante em indústrias químicas, farmacêuticas, alimentícias e em aplicações ambientais (RAN *et al*., 2002). BERNARDES *et al*. (2004) indicaram que a falta de dados experimentais de solubilidade de solutos em solventes limita estudos de desenvolvimento de modelos preditivos.

A precisão que se obtém, em projetos de equipamentos para a indústria química, está intimamente relacionada com a qualidade dos dados experimentais utilizados para a obtenção de parâmetros de equações que serão utilizadas. No caso industrial da extração líquido-líquido, os dados de solubilidade de compostos orgânicos e inorgânicos são fundamentais e nem sempre estão disponíveis na literatura. As deficiências existentes de dados de solubilidade, o longo tempo despendido para obter os dados, o alto custo da análise (ORBEY & SANDLER, 1991) e a importância industrial dos processos de separação em Engenharia Química (MARCHE *et al*., 2003 a) motivaram este trabalho de pesquisa.

Este trabalho tem como objetivo o estudo experimental das solubilidades de alguns ácidos em solventes puros e em mistura de solventes. Os solventes selecionados, para este estudo, foram a água, o etanol e o n-propanol, sendo os mesmos de suma importância em processos de extração em indústrias químicas, alimentícias e farmacêuticas.

Os ácidos selecionados, também devido as suas importâncias industriais, foram o ácido salicílico (importante intermediário na produção da aspirina, como aditivos alimentares entre outros), o ácido cítrico (importante na indústria alimentícia, entre outros), o ácido bórico (usado como antisséptico, aditivo alimentar, além de outras aplicações), o ácido succínico (aplicado como aditivo alimentar, entre outras aplicações) e o ácido dl-málico (usado na indústria farmacêutica, como aditivo alimentar, além de outras aplicações).

O aparato utilizado para a realização dos experimentos foi desenvolvido por OLIVEIRA (2004) no estudo do equilíbrio líquido-líquido. O equipamento é constituído por células de

equilíbrio, agitadores magnéticos, termopares e banho termostático. Uma descrição completa do referido aparato pode ser encontra no Capítulo III, deste trabalho.

Com o intuito de determinar um valor aproximado do tempo de agitação e o tempo de decantação das misturas, a serem empregados nos experimentos, foi realizado um planejamento de experimento para determinar as condições de agitação e de decantação dos experimentos. O tipo de planejamento selecionado foi o planejamento não fatorial do composto central (BOX & HUNTER, 1957), cujo embasamento teórico está apresentado no Anexo 2. Utilizando alfa por rotatividade (1,4142) foi determinada a matriz planejamento de experimentos com as variáveis agitação e decantação, mantendo-se a temperatura constante. As respostas de cada experimento foram a maximização da solubilidade em função da agitação e da decantação.

Os experimentos a serem realizados, com base na matriz do planejamento de experimentos (Tabela 3.1) foram realizados para os referidos ácidos em água e para os ácidos em n-propanol. Os dados experimentais estão alocados nos Apêndices C, D, E, F e G. As respostas, ou seja, as condições de agitação e de decantação que fornecem a máxima solubilidade encontram-se alocadas no Capítulo III (Tabela 3.2) deste estudo.

Após a determinação das melhores condições de agitação e de decantação que maximizam as solubilidades dos referidos ácidos em misturas de solventes puros, foram realizados experimentos isotérmicos e isobáricos para a determinação das solubilidades dos ácidos de interesse, em solventes puros, nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 ºC. Durante a realização dos experimentos todas as variáveis relevantes ao experimento, ou seja, tempo de agitação, temperatura da mistura e tempo de decantação, foram mantidas constantes. O procedimento utilizado para a realização dos experimentos encontra-se descrito no Capítulo III, e os dados experimentais estão elencados nos apêndices H, I, J, K, L (dados durante o procedimento de secagem) e nos apêndices M, N, O, P e Q.

Com os dados experimentais obtidos para cada sistema, conforme se apresentam na Tabela 3.3, foram realizados os cálculos das solubilidades experimentais. Utilizando-se de equações empíricas, na forma polinomial e na forma exponencial, apresentadas no Capítulo VI deste estudo. Dessa forma foi realizado um ajuste de parâmetros a modelos conhecidos dos dados experimentais. Os resultados obtidos encontram-se apresentados e discutidos no Capítulo IV, denominado Resultados e Discussões.

Após, a realização dos experimentos e análise das solubilidades para os sistemas binários (ácido-solvente), foram realizados experimentos com os ácidos em misturas contendo etanol e água e em misturas contendo n-propanol e água; nas concentrações molares de 0,20, 0,40, 0,60 e 0,80 (fração molar de n-propanol ou etanol em água), seguindo o mesmo procedimento do sistema binário. Os resultados obtidos e analisados encontram-se descritos no Capítulo III, bem como nos apêndices H, I, J, K, L (dados durante o procedimento de secagem) e nos apêndices M, N, O, P e Q.

De posse dos resultados experimentais obtidos, foram realizadas tentativas de modelagem para ajustar os mesmos, utilizando-se três tipos de equações empíricas. As equações utilizadas foram: uma função polinomial de 3º grau, uma função exponencial, e uma superfície quadrática em que a solubilidade foi considerada uma função da fração do co-solvente e da temperatura do sistema. Os resultados e discussões estão relacionados no Capítulo IV deste estudo.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Análise termodinâmica do processo de solubilização.

Ao se discutir solubilidade de solutos não voláteis, segundo PRAUSNITZ *et al*. (1999), primeiramente deve-se observar a termodinâmica das soluções que contêm um soluto não volátil em um solvente volátil. Como apresentado abaixo, para um componente i a temperatura, pressão e composição conhecidas, a atividade a_i e o coeficiente de atividade γ_i são relacionados ao potencial químico μ_i:

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i = \mu_i^0 + RT \ln(\gamma_i \xi_i) \qquad (2.1)$$

em que μ_i^0 representa o potencial químico de i em um estado padrão convenientemente definido e ξ_i é alguma concentração convenientemente definida. Para misturas de líquidos voláteis e não eletrólitos, define-se μ_i^0 como potencial padrão do líquido i puro a temperatura e pressão do sistema. Nesse caso, as frações molares (ou volumétricas) são tipicamente usadas para ξ_i.

Em uma mistura contendo um soluto não volátil dissolvido num solvente, usa–se a equação 2.1 para o solvente com a definição convencional de μ_i^0. Entretanto, para um soluto não volátil, um líquido i puro, a temperatura e pressão do sistema, não é o estado padrão conveniente porque na maioria dos casos, em temperaturas e pressões normais, um soluto não volátil puro não pode existir como um líquido.

Para o soluto dissolvido, o potencial químico é escrito como

$$\mu_i = \mu_i^* + RT \ln a_i = \mu_i^* + RT \ln(\gamma_i \xi_i) \qquad (2.2)$$

em que μ_i^* é o potencial químico de i no estado padrão, independente da composição, mas dependente da temperatura, da pressão, e da natureza do soluto e do solvente. Uma escolha conveniente para μ_i^* é o potencial químico de i em uma solução ideal hipotética de i no solvente, na temperatura e pressão do sistema e com concentração unitária (ξ_i=1). Nesta solução ideal, γ_i = 1 para todas as composições. Na solução real, se $\gamma_i \to 1$ também $\xi_i \to 0$.

Não e correto afirmar que o estado padrão para o soluto é o soluto a temperatura e pressão do sistema na diluição infinita; pois, na diluição infinita, o potencial químico do soluto é infinito.

O potencial químico do soluto i no estado padrão, deve estar em uma concentração fixa (não nula). Essa concentração é unitária. A concentração unitária é usada porque tem logaritmo zero.

Quando fazemos $\xi_i = c_i$, a equação anterior fica:

$$\mu_i = \mu_i^{\Diamond} + RT\ln(\gamma_i^{(c)}\xi_i) \qquad (2.3)$$

onde o $\gamma_i^{(c)}$ é o coeficiente de atividade com a concentração expressa em termos de molaridade. O estado padrão é o estado hipotético, ideal, 1 – molar de uma solução do soluto i no solvente j. Porque no comportamento real a solução se comporta como ideal na diluição infinita $\gamma_i^{(c)} \to 1$ e $c_i \to 0$.

É mais conveniente usar a escala de molalidade para a concentração porque assim não requer dados de densidade. Quando fazemos $\xi_i = m_i$, obtém - se

$$\mu_i = \mu_i^{\otimes} + RT\ln(\gamma_i^{(m)}\xi_i) \qquad (2.4)$$

onde $\gamma_i^{(m)}$ é o coeficiente da atividade com a concentração expressa em termos da molalidade. O estado padrão é hipotético de uma solução 1-molal, ideal do soluto i no solvente j. Porque no comportamento real a solução se comporta como ideal na diluição infinita $\gamma_i^{(m)} \to 1$ e $m_i \to 0$.

2.2. Análise Termodinâmica da Solubilidade de eletrólitos

O equacionamento matemático descrito no item 2.1, conforme apresentado por PRAUSNITZ *et al*. (1999), define a atividade e o coeficiente da atividade de um soluto não dissociável. Entretanto, em uma solução eletrolítica, o soluto se dissocia em cátions e ânions. Os cátions e os ânions não são componentes independentes por estarem equilibrando as cargas uns dos outros. Por exemplo, quando um mol de um eletrólito forte como o cloreto de sódio (NaCl) é dissolvido em um quilograma da água, tem-se uma solução 1 - molal desse sal que dissocia inteiramente numa solução 1 - molal de íons positivos sódio e a uma solução 1 - molal de íons negativos cloreto.

As medidas termodinâmicas fornecem as propriedades não da espécie iônica i individual, mas do eletrólito neutro formado por cátions e por ânions. Em uma solução de um eletrólito, a eletroneutralidade impõe a circunstância de que o número de mols da espécie iônica individual

não pode ser variado independentemente. No NaCl aquoso há três espécies mas somente dois componentes.

Quando dissolvido em um solvente de elevada constante dielétrica como a água, um eletrólito eletricamente neutro $M_{\nu+}X_{\nu-}$, dissocia - se em ν_+ íons positivos (cátions) cada um com uma carga z_+, e em ν_- íons negativos (ânions) com carga z_-. As cargas são dadas nas unidades normalizadas onde $z_+ = 1$ para um próton. A dissociação é representada por

$$M_{\nu^+} X_{\nu^-} \rightarrow \nu_+ M^{z+} + \nu_- M^{z-} \tag{2.5}$$

A eletroneutralidade requer que

$$\nu_+ z_+ + \nu_- z_- = 0 \tag{2.6}$$

Por exemplo, na dissociação

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-} \tag{2.7}$$

temos ν_+ =2, z_+ = 1, ν_- = 1, e z_- = -2.

A equação 2.7, de dissociação do ácido, expressa um equilíbrio químico. O critério para o equilíbrio químico é

$$\mu_{M_{\nu_+}X_{\nu_-}} = \nu_+ \mu_{M^{z^+}} + \nu_- \mu_{X^{z^-}} \tag{2.8}$$

Utilizando a escala de molalidade para o coeficiente de atividade e fazendo as substituições adequadas, deduz – se ao potencial químico do eletrólito:

$$\mu_{M_{\nu_+}X_{\nu_-}} = \mu^{\otimes}_{M_{\nu_+}X_{\nu_-}} + \nu_+ RT \ln(m_+\gamma_+) + \nu_- RT \ln(m_-\gamma_-) \tag{2.9}$$

no qual o sobrescrito (m) nos coeficientes de atividade γ_+ e γ_+ foi suprimido por questões de simplificação e também o termo

$$\mu^{\otimes}_{M_{\nu_+}X_{\nu_-}} = \nu_+ \mu^{\otimes}_{M^{z^+}} + \nu_- \mu^{\otimes}_{X^{z^-}} \tag{2.10}$$

sendo o termo $\mu_i^{\otimes}(M^{z^+})$ o potencial químico do íon M (com carga z_+) em uma solução ideal hipotética na qual a molalidade do íon M seja unitária. Para o termo $\mu_i^{\otimes}(M^{z^-})$ a definição é análoga. Reescrevendo a equação 2.9, do potencial do eletrólito, obtemos:

$$\begin{aligned} \mu_{MX} &= \mu^{\otimes}_{MX} + \nu_+ RT \ln(m_+^{\nu^+} m_-^{\nu^-}) + RT \ln(\gamma_+^{\nu^+} \gamma_-^{\nu^-}) \\ &= \mu^{\otimes}_{MX} + \nu_+ RT \ln(a_+^{\nu^+} a_-^{\nu^-}) \end{aligned} \tag{2.11}$$

Onde, por questões de simplificação, os subscritos no eletrólito MX foram omitidos.

O coeficiente de atividade iônica médio e a molalidade iônica média, são definidos:

$$\gamma_{-}^{+} = (\gamma_{+}^{\nu^{+}} \gamma_{-}^{\nu^{-}})^{1/\nu} \quad (2.12)$$

$$m_{-}^{+} = (\nu_{+}^{\nu_{+}} \nu_{-}^{\nu_{-}})^{\frac{1}{\nu}} m \quad (2.13)$$

onde: $v = v_{+} + v_{-}$. Após substituir as equações 2.12 e 2.13 na equação 2.11, obtém – se o potencial químico do eletrólito

$$\begin{aligned} \mu_{MX} &= \mu_{MX}^{\otimes} + \nu RT \ln(m_{-}^{+} \gamma_{-}^{+(m)}) \\ &= \mu_{MX}^{\otimes} + \nu RT \ln(a_{-}^{+(m)}) \end{aligned} \quad (2.14)$$

com

$$a_{-}^{+} = [(a_{+})^{\nu_{+}} (a_{-})^{\nu_{-}})]^{\frac{1}{\nu}} = m_{-}^{+} \gamma_{-}^{+(m)} \quad (2.15)$$

na qual, a_{-}^{+} é a atividade iônica média. Para eletrólitos fortes, onde a dissociação está essencialmente completa, $m_{+} = \nu_{+} m_{MX}$ e $m_{-} = \nu_{-} m_{MX}$. O coeficiente de atividade iônica médio é

$$\gamma_{-}^{+(m)} = \frac{a_{-}^{+}}{m_{MX} (\nu_{+}^{\nu_{+}} \nu_{-}^{\nu_{-}})^{1/\nu}} \quad (2.16)$$

Deste modo, de acordo com a equação 2.16 que relaciona coeficiente de atividade do eletrólito com a molalidade e a atividade do mesmo, percebe – se que se pode relacionar a solubilidade do referido componente com o seu coeficiente de atividade, através do termo de concentração m_{MX}.

2.3. Métodos experimentais para determinação de solubilidade

Neste tópico, serão descritos alguns métodos e aparelhagens que foram encontrados na literatura para a determinação experimental do equilíbrio de fases que envolvem de alguma forma aspectos de solubilidade.

A medida direta de dados de equilíbrio (pressão, temperatura e composição) de fases é uma informação importante na elaboração de projetos de unidades de industriais. Mesmo após a implantação das unidades de produção, há a necessidade de dados experimentais devido à variabilidade do processo produtivo.

Os métodos experimentais para a investigação de equilíbrio de fases podem ser divididos em duas classes principais (DOHRN e BRUNNER, 1995), levando-se em conta a maneira como a composição dos componentes nas fases é determinada: métodos analíticos (ou

métodos diretos simplificados) e métodos sintéticos (ou métodos indiretos). A seguir, apresenta-se um resumo esquemático dos métodos de análise do equilíbrio de fases.

Métodos analíticos
- → Métodos Isotérmicos
- → Métodos isobárico e isotérmicos
  - → Métodos de fluxo contínuo
  - → Métodos de semi-fluxo

Métodos sintéticos
- → Métodos Isobáricos
- → Métodos sintéticos visuais
- → Métodos sintéticos Não-visuais
- → Métodos sintéticos que usam as equações do equilíbrio, associadas com as equações de balanço material.

Outros métodos

Os métodos analíticos envolvem a determinação das composições das fases em coexistência. Isto pode ser feito recolhendo-se amostras de cada fase e analisando-as fora da célula de equilíbrio, à pressão normal. Tal metodologia foi empregada no desenvolvimento deste trabalho. No método sintético, prepara-se uma mistura de composição conhecida em uma célula de equilíbrio, e então, observa-se o comportamento (DEITERS e SCHNEIDER, 1986).

CHIAVONE & RASMUSSEN (1993) estudaram a solubilidade de brometo de potássio e cloreto de potássio em misturas de solventes a diferentes temperaturas. Na Figura 2.2 é apresentado um esquema do aparato experimental utilizado.

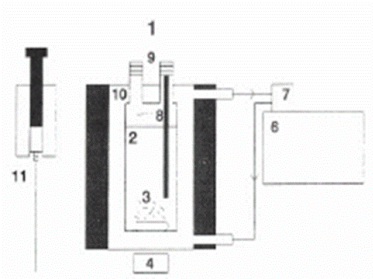

Figura 2.2. Aparato experimental utilizado por CHIAVONE & RASMUSSEN (1993) – (1. Célula de vidro encamisada, 2. Solução, 3. Excesso do sal, 4. Agitador Magnético, 5. Isolante, 6. Banho Isolado, 7. Bomba e termostatico, 8. Termômetro, 9. Septo, 10. Camisa, 11. Seringa Termostatizada).

A célula de vidro era carregada com sal seco e com o solvente, gravimetricamente, em composições previamente estabelecidas com precisão de 0,1 mg. A quantidade de sal era colocada em um pequeno excesso além da quantidade estimada, a fim de garantir o estabelecimento do equilíbrio sólido–líquido. A célula era então fechada, durante o experimento, para evitar evaporação do solvente e conseqüente mudança na composição da mistura. A temperatura era controlada pela circulação de água, na camisa da célula, advinda de um banho termostático. Depois de estabilizada a temperatura, procedia – se à agitação da mistura por um período de 1½ h, seguido de um período de decantação de ½ h. A amostragem era então feita com uma seringa termostatizada. As solubilidades dos sais eram determinadas por gravimetria.

PINHO & MACEDO (1996) usaram um aparato experimental muito semelhante ao de CHIAVONE & RASMUSSEN para determinar a solubilidade de cloreto de sódio e cloreto de potássio em misturas de solventes a diferentes temperaturas. Na Figura 2.3 é apresentado um esquema do aparato experimental utilizado.

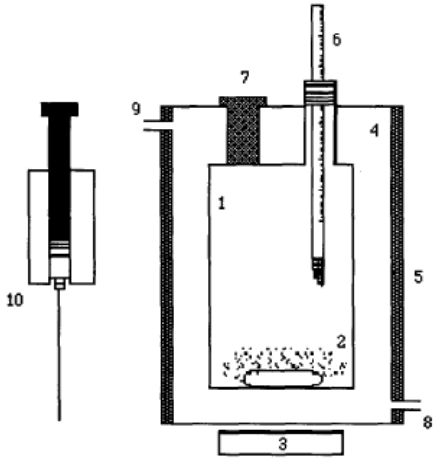

Figura 2.3. Aparato experimental usado por PINHO & MACEDO (1996) (1. Solução, 2. Excesso de sal, 3. Agitador Magnético, 4. Camisa, 5. Isolante, 6. Termômetro, 7. Septo, 8. Entrada de água de termostatização, 9. Saída de água de termostatização, 10. Seringa Termostatizada).

No procedimento experimental empregado por PINHO & MACEDO (1996) a diferença estava no tempo de agitação empregado que era de 2 h. Depois da decantação, era feita amostragem pelo uso de uma seringa de vidro termostatizada e estas amostras eram analisadas por gravimetria.

GUPTA *et al*. (1997) determinaram a solubilidade do antibiótico cloranfenicol em cinco sistemas aquosos contendo n-hexano, clorofórmio, éter dietílico e etil-acetato. Para determinar a

solubilidade, o cloranfenicol era dissolvido em água destilada até uma concentração de 2 mg/mL. A partir de então eram feitas convenientes diluições até concentrações de 0,5; 1,0 e 1,5 mg/mL. Convenientes volumes da solução de antibiótico eram adicionados ao solvente apropriado ou à mistura de solventes apropriada em frascos transparentes. Formavam – se duas fases líquidas, orgânica e aquosa, que permaneciam em contato por 2 h a 30°C, num banho de agitação mecânica. A concentração do cloranfenicol, na fase aquosa, era determinada através de um espectrofotômetro, num comprimento de onda de 278 nm. A concentração do cloranfenicol, na fase orgânica, era determinada através de balanço de massa.

TRYPUC & BIALOWICZ (1997) determinaram as solubilidades de metavanato de amônio (NH_4VO_3) em água + amônia, preparando-se seis soluções. A concentração de amônia (NH_3) era aumentada em aproximadamente 1 mol.dm^{-3}. A fim de evitar perdas de amônia (NH_3), as soluções preparadas foram armazenadas em garrafas firmemente fechadas com tampas de borracha, equipadas nas extremidades com dois tubos de vidro com tubos de borracha e prendedores rosqueáveis. Este procedimento assegurou que não ocorresse nenhuma mudança nas concentrações de amônia (NH_3) nas soluções preparadas. O tempo de termostatização das amostras foi de 96 h, tendo uma agitação constante para assegurar completa estabilização do equilíbrio entre a solução e a fase sólida à temperatura dada. A concentração de íons VO_3^- foi determinada pelo método manganométrico. Para concentrações pequenas de íons VO_3^- o resultado foi confirmado por análise espectrofotométrica. A concentração total de amônia foi determinada por um método de destilação. A identificação das fases sólidas em equilíbrio com a solução foram executadas por métodos analíticos e de difratometria de raios-X.

WAGNER *et al.* (1998) estudaram a solubilidade do cloreto de sódio em misturas de solventes. Para tanto, usaram cilindros de vidro, que possuíam no fundo acoplada uma placa de vidro sinterizada. Dentro desses cilindros era pesado o eletrólito, na quantidade que garantisse a saturação da solução e sobrasse uma pequena quantidade de cristais no fundo do cilindro. Uma quantidade de mistura de solventes previamente preparadas era adicionada e então o cilindro era fechado. Os cilindros a partir deste momento eram colocados dentro de um banho ultrasônico, para facilitar a solubilização, antes de serem transferidos para o banho termostático agitado. O tempo de agitação dentro do banho termostático agitado era de 48 h. Para separar a solução saturada dos cristais de sal remanescentes, imediatamente após a agitação os cilindros eram evacuados através da conexão dos mesmos a uma bomba de vácuo que era acoplada ao fundo dos

mesmos. A quantidade de sal remanescente era seca a 240°C e a massa de sal na solução saturada era determinada pela diferença de massas entre a colocada no cilindro e a remanescente no fundo do mesmo.

PINO-GARCIA & RASMUSON (1998) trabalharam com um método dinâmico para encontrar a solubilidade do sal dissódio lobenzarítico ($C_{14}H_8ClNNa_2O_4$) em água + etanol a 15, 30 e 50°C. O conjunto experimental consistia de um banho termostático e de agitadores magnéticos em série. Foram colocados sobre os agitadores garrafas de vidro preenchidas com 3 g de soluto e 45 cm^3 da respectiva mistura de solventes. Os tubos foram selados com um parafilme para evitar perdas por evaporação. Cada tubo foi imerso na água do banho, e a suspensão foi continuamente agitada a uma dada temperatura. Pelo menos 96 h foram necessárias para assegurar que o equilíbrio fosse alcançado. Então, o resíduo não dissolvido foi deixado em repouso por 12 h à temperatura constante. Uma amostra de 5 cm^3 de solução saturada clara foi transferida com uma seringa pré-aquecida através de uma membrana (filtro) de 0,45 μm para o interior de um vaso previamente pesado. A massa do vaso com a solução saturada foi medida, e então, os septos foram removidos para que o solvente evaporasse no ar a 40°C por 8 dias. Após isto, o sólido foi colocado em um dessecador a vácuo para que a massa ficasse constante e, então, determinou-se a solubilidade do mesmo.

DUBBS & GUPTA (1998) determinaram a solubilidade de vitamina E e vitamina K_3 em uma mistura de etanol + água, preparando-se soluções saturadas de vitaminas em misturas contendo etanol e água. Estas soluções foram deixadas em repouso para alcançar o equilíbrio com excesso de vitamina, em um banho termostático a 33 ± 0,1°C. O contato entre os componentes foi promovido por agitação das amostras, utilizando-se um agitador magnético submerso no banho e posteriormente, colocado em repouso. Depois de 24 h em repouso, as amostras foram analisadas usando espectrofotometria UV com um $\lambda_{máx}$ de 338,3 para a vitamina K_3 e de 291,6 nm para a vitamina E. Concentrações altas das amostras foram diluídas usando etanol para obter baixas absorbâncias na faixa de calibração linear. De cada célula, em equilíbrio, depois das primeiras 24 h, amostras foram coletadas em intervalos de 4 h, para confirmar que o equilíbrio havia sido atingido. Cada experimento foi repetido três vezes observando-se que os resultados de solubilidade apresentaram um erro relativo menor que 5% em relação à média.

MAEDA et al. (2002) determinaram a solubilidade de sais contendo sulfatos e cloretos em água a 313 ± 0,5 K, levando em conta o efeito do íon comum. Através de dados da literatura,

eram preparadas soluções insaturadas do segundo sal na mesma concentração. Então era adicionado o primeiro sal às soluções em diferentes concentrações. Esta mistura era agitada em um banho termostático por vários dias. Algumas soluções saturadas, era uma solução saturada do primeiro sal, foram obtidas. Para determinar a solubilidade do primeiro sal, foi costruída uma curva de calibração num refratômetro, usando soluções insaturadas e uma saturada de concentração conhecida do primeiro sal.

STENGER *et al.* (2002) estudaram a solubilidade de bromato de cálcio monohidratado ($Ca(BrO_3)_2.H_2O$) em água, determinando-se uma curva térmica diferencial, indicando perda de água nas temperaturas de 130 a 150°C e decomposição de bromato de cálcio de 270 a 300°C. A determinação da solubilidade foi feita usando uma geladeira, câmara de temperatura ambiente, banho termostático, ou forno para altas temperaturas. As soluções foram preparadas com 5 mL de água e um excesso de sólido, em vasos de 25 mL. Pelo menos 24 h foram necessárias para a saturação com mistura ocasional e um período de sedimentação de pelo menos 2 h. Precauções foram tomadas para evitar hiposaturação e supersaturação. Amostras de 0,50 ou 1,00 mL foram coletadas com pipetas graduadas de 0,01 mL e medidas em provetas de 20 mL cobertas. A seguir, diluiu-se este volume, e alíquotas foram tituladas iodometricamente com tiossulfato de sódio 0,1 M. Análises termogravimétricas (ATG) foram realizadas. Finalmente, os cristais foram pesados em recipientes de cerâmica aquecidos lentamente a uma taxa de 2,5°C.min^{-1} de 25 a 400°C em um fluxo de nitrogênio puro.

BOCHOVE *et al.* (2002) estudaram o equilíbrio líquido-líquido-líquido em misturas de água+2-heptanona+caprolactana+sulfato de amônio a diversas temperaturas. O aparato experimental consistia de um vaso de vidro agitado e encamisado com um ponto de amostragem para cada fase líquida. A temperatura era mantida constante pelo uso de um banho termostático. A mistura a ser estudada era obtida através da pesagem dos componentes puros de forma se obter uma quantidade mais ou menos igual de cada fase líquida. As misturas eram agitadas por 4 h e em seguida procedia-se a um tempo de decantação de 12 h. Depois era feita a amostragem com uma seringa. As concentrações dos componentes orgânicos nas fases eram determinadas por cromatografia gasosa, enquanto as concentrações de água eram determinadas por titulação de Karl-Fischer e as concentrações de sulfato de amônio eram determinadas através de titulação fotométrica.

QING *et al*. 2002, obtiveram dados de solubilidade dos ácidos tereftalaldeídico, p-toluênico, benzóico, tereftálico e isoftálico em dimetilformamida, a várias temperaturas. Os dados de solubilidade eram obtidos através de um feixe de laser usado para determinar a temperatura da mistura sólido-líquido de composição conhecida. O sistema de monitoramento a laser consistia de um gerador de laser, um conversor fotoelétrico e um indicador de intensidade luminosa. O aparato usado para determinação da solubilidade era composto de um vaso de vidro, célula de equilíbrio, dotado de uma camisa, pela qual circulava a água advinda de um controlador termoelétrico que mantinha a temperatura da solução no interior da célula de equilíbrio. A célula era carregada gravimetricamente com os solventes e o soluto de interesse. Procedia-se então um lento aquecimento da mistura no interior da célula. Um agitador magnético promovia a agitação da mistura no interior da célula e um condensador era conectado à celula para evitar perdas de solvente por evaporação. A temperatura era medida através de um termômetro que era inserido na parte superior da célula de equilíbrio. No instante em que o último cristal do sólido se solubilizava, a intensidade do laser era máxima, a temperatura era guardada e determinava-se a solubilidade do sólido no solvente.

BOCHOVE & LOOS (2003), estudaram o equilíbrio líquido-líquido-líquido em misturas de água+benzeno+caprolactana+sulfato de amônio a diversas temperaturas. O aparato experimental consistia de uma célula de equilíbrio encamisada, com pontos de amostragem para cada fase. A temperatura era controlada através da água proveniente de um banho termostático conectado à camisa da célula de equilíbrio. As misturas líquidas eram preparadas gravimetricamente diretamente dentro da célula de equilíbrio. A partir de então a célula era apoiada sobre um agitador magnético para proceder-se à agitação que durava um período de 4 h, seguida de um período de decantação de 12 h . A amostragem era feita através dos pontos de amostragem de cada fase com o uso de uma seringa de vidro. As concentrações dos componentes orgânicos nas fases eram determinadas por cromatografia gasosa, enquanto as concentrações de água eram determinadas por titulação de Karl-Fischer e as concentrações de sulfato de amônio eram determinadas através de titulação fotométrica.

OLIVEIRA (2004) desenvolveu um aparato experimental para coleta de dados experimentais de sistemas binários em fase líquida. As misturas n-butanol e água, metanol e hexano, benzeno e água foram as selecionadas para o desenvolvimento do experimental. As três células, conectadas em série a um banho termostático, operavam isotermicamente numa faixa de

temperatura que variou de 5 a 80 ºC e na pressão de 692 mmHg. As misturas eram preparadas e alimentadas às células. Após atingir-se o equilíbrio, as fases líquidas eram amostradas e analisadas em um cromatógrafo de gás. Curvas de calibração permitiram a determinação da concentração molar de equilíbrio. Os resultados eram analisados e comparados com dados existente na literatura, demonstrando boa eficiência do equipamento experimental.

JIN *et al.* (2004) determinaram a solubilidade do ácido benzóico em dióxido de carbono (CO_2) supercrítico, misturado a um outro solvente, a várias temperaturas. Para tanto, usaram uma célula de equilíbrio de alta pressão com um volume útil de 376 mL. A célula era imersa num banho agitado de água à temperatura constante. A temperatura era mantida invariável por um controlador de temperatura. A temperatura era determinada por um termômetro de resistência de platina inserido na célula e a pressão medida por um medidor de pressão calibrado. O dióxido de carbono (CO_2) era pressurizado por uma bomba, enquanto o outro solvente era comprimido por uma bomba de alta pressão. A concentração do outro solvente era controlada por uma bomba do tipo "gauge" reguladora de alta pressão. O dióxido de carbono (CO_2) e o outro solvente eram misturados, em um vaso aquecido por uma resistência elétrica, e então eram colocados na célula de equilíbrio, que já estava previamente carregada com a quantidade apropriada do ácido. No interior da célula de equilíbrio, os solventes e o soluto atingiam o equilíbrio através de transferência de massa, em aproximadamente 30 min. O dióxido de carbono (CO_2) saturado fluía através de uma válvula de descompressão e passava no interior de dois tubos em U, deixando soluto no interior dos tubos. Este soluto coletado nestes tubos era pesado e depois seco, obtendo-se o dado de solubilidade do ácido no dióxido de carbono (CO_2) em estado supercrítico. O volume total necessário de dióxido de carbono (CO_2) era medido por um medidor de vazão de gás de fluxo úmido à temperatura ambiente e pressão atmosférica.

APELBLAT *et al.* (2005), determinaram a solubilidade de ácidos benzeno policarboxílicos em água. Após a agitação e decantação, estabelecido o equilíbrio sólido-líquido à temperatura desejada, as amostras de soluções saturadas dos ácidos benzenocarboxílicos eram pesadas e então tituladas com soluções de hidróxido de sódio (NaOH), de concentração conhecida, obtendo-se o quanto de soluto (ácido) estava presente na amostra através da estequiometria da reação de neutralização do ácido pelo hidróxido de sódio (NaOH). Dessa forma, através de um método de análise titulométrico, eram obtidos os dados de solubilidade do ácido. Os resultados obtidos eram, em geral, valores médios de três ou quatro determinações.

Uma linha interessante de estudos experimentais para determinação de solubilidade é o caso da presença de sais inorgânicos em solventes. Particularmente, o trabalho de PINHO & MACEDO (2005) consistia na medida da solubilidade do cloreto de sódio (NaCl), brometo de sódio (NaBr), e cloreto de sódio (KCl) em água, metanol, etanol e em misturas binárias destes solventes. O método consistia da preparação de soluções saturadas submetidas à temperatura constante. A célula de equilíbrio era carregada com massas conhecidas de todos os componentes. Promovia-se a agitação da solução por 3 horas na temperatura desejada. Deixava-se repousar por ½ h e retirava-se o solvente restante. As amostras eram colocadas em um forno por 3 dias a 393,15 K para formar cristais. Após o resfriamento que durava 1 dia, as amostras eram pesadas. Segundo os autores, a metodologia mostrou-se acurada para o obtenção dos dados de equilíbrio, estando em concordância com aqueles já publicados na literatura. Os gráficos publicados mostraram a veracidade da afirmação dos pesquisadores.

Recentemente, WANG & CHENG (2005) empregaram um método estático para medir a solubilidade de puerarina em água, etanol e acetona na faixa de temperatura de 288,2 a 328,2 K. A puerarina é um importante medicamento utilizado no tratamento de doenças cardio-vasculares. A célula utilizada consistia em um frasco selado e encamisado. O soluto foi adicionado em excesso com o respectivo solvente e agitado através de um agitador magnético. Após atingir o equilíbrio deixou-se a solução decantar por 2 h, e a seguir as amostras foram filtradas e analisadas por espectrofotometria UV. Eles perceberam que com o aumento da temperatura a solubilidade da puerarina em água aumentava, e por outro lado, decrescia na presença de etanol e acetona. A equação modificada de Apelblat (WANG & WANG, 2004; HAO *et al.*, 2004; ZHAO *et al.*) foi empregada para correlacionar os dados de solubilidade obtidos para os três solventes.

Uma célula de equilíbrio encamisada e com uma barra magnética foi utilizada por JENNINGS & WESPFENNIG (2005) para medir a solubilidade de oito diferentes n-alcanos variando de tetracosano a tetratetracontano ($C_{24}H_{50}$-$C_{44}H_{90}$) em solventes químicos. No trabalho, também foram determinados dados de solubilidade em tolueno para todos os n-alcanos estudados, além de dados de solubilidade de n-hexatriacontano ($C_{36}H_{74}$) em vários solventes e sistemas de mistura de solventes, sendo que o ponto de dissolução foi determinado por observação visual e com a ajuda de uma fonte luminosa. Os autores apresentaram tabelas mostrando os efeitos na solubilidade com o aumento do número de carbonos em vários solventes.

OLIVEIRA *et al*. (2006) determinaram a solubilidade do ácido benzóico em água pura e em misturas binárias de solventes, tais como: água-etanol, água-1,4 dioxano e água-DMF na faixa de temperatura de 303,25 até 352,95 K. O aparato experimental consistia de um vaso encamisado de vidro pyrex denominado de célula, conectado por uma mangueira de látex a um banho termostático. Esta célula encontrava-se apoiada sobre um agitador magnético. A camisa externa, por onde circulava água proveniente do banho termostático, providenciava a termostatização da mistura. A célula era carregada gravimetricamente, utilizando-se balança analítica. A partir do momento em que a temperatura se estabilizava procedia-se a 1, 5 h de agitação e 2 h de decantação. A amostragem era feita através de seringa de vidro e o método de análise era titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) com concentração conhecida. A quantidade de ácido presente na amostra era determinada através da estequiometria da reação de neutralização do ácido benzóico, obtendo-se o dado de solubilidade do ácido no solvente.

MALAGONI (2006) utilizou um sistema composto por duas células conectadas em série para determinação da solubilidade de solutos, especialmente os orgânicos, em água. O equipamento consistia de dois vasos de vidro pyrex, denominados de células, interligados por um tubo de aço inoxidável com dispositivo para manter a temperatura superior à ambiente. O primeiro vaso continha o soluto puro e foi denominado de célula de composto puro. Possuía uma camisa externa por onde circulava água proveniente de um banho termostatizado e, uma câmara interna, onde estava disposto o soluto. Uma entrada, na base deste vaso, possibilitava o escoamento de um gás de arraste, N_2, que arrastava o soluto para o segundo vaso, denominado de célula de saturação. Partes do soluto eram dissolvidas em água puras, contidas em um segundo vaso, a outra parte era descarregada na atmosfera. Amostragens da fase líquida foram realizadas, temporalmente, até a condição de saturação. O processo de dissolução era monitorado por amostragens feitas através de um septo de silicone que se encontra na base da célula de saturação. A amostra líquida era analisada por cromatografia gasosa, empregando-se cromatógrafo dotado de detector de ionização de chama (DIC) obtendo-se as concentrações das soluções. O experimento finalizava quando a concentração amostrada não se alterava.

Os resultados obtidos mostraram excelente concordância comparada com outros da literatura. Os dados de solubilidade em função da temperatura foram empregados na obtenção de parâmetros de equações disponíveis na literatura.

PIRES (2007) fez estudos de solubilidade de um eletrólito em solvente puro, e em mistura de solventes. Foram avaliados quatorze sistemas, sendo que em alguns houve formação de duas fases líquidas. A análise da fase líquida foi feita utilizando o método gravimétrico, bem como o titulométrico. As medidas foram realizadas a várias temperaturas, à pressão atmosférica constante. O equipamento experimental empregado no trabalho, consistia-se de dois vasos encamisados de vidro pyrex conectados em série, denominados de células, interligados por uma mangueira de látex e conectados a um banho termostático. Cada célula foi apoiada sobre um agitador magnético. A camisa externa, por onde circulava água proveniente do banho termostático, providenciava a termostatização da mistura. As células eram carregadas gravimetricamente com o eletrólito e os solventes de forma a preparar as mistura sólido-líquido dentro das mesmas. Estabilizada a temperatura, o período de agitação da mistura era de uma hora e meia para os sistemas salinos, e 1 h para os ácidos, seguidos de um tempo de decantação, que durava cerca de 3 horas para os sais e 2 h para os ácidos. A amostragem era feita, apenas da fase líquida utilizando seringa de vidro. Nos casos em que o sistema apresentava a formação de uma segunda fase líquida, ambas eram amostradas. Alguns resultados de solubilidade eletrólito-solvente puro mostraram boa concordância com valores fornecidos pela literatura. Dados originais de solubilidade foram obtidos. Os valores de solubilidade em função da temperatura foram empregados na obtenção de parâmetros de equações disponíveis na literatura úteis na correlação de solubilidades em função da temperatura.

CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Aparato experimental

Para a coleta de dados experimentais de solubilidade dos ácidos que foram utilizados neste estudo, empregou-se o mesmo aparato desenvolvido por OLIVEIRA (2004), conforme apresentado na Figura abaixo.

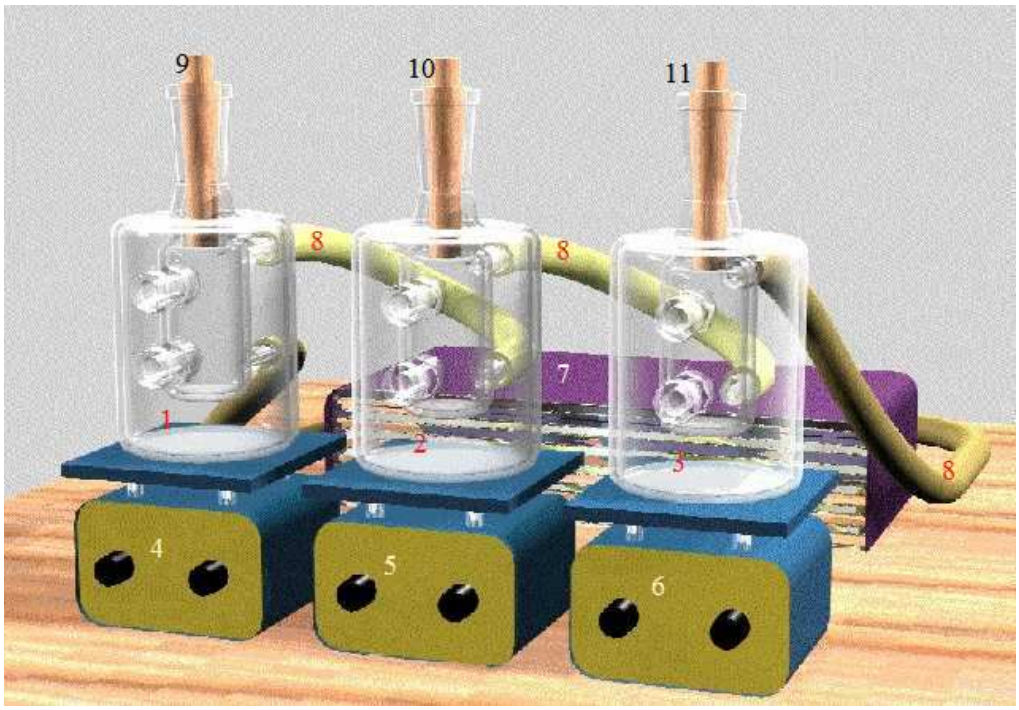

Figura 3.1 Esquema do aparato experimental utilizado neste trabalho (1, 2 e 3 células de equilíbrio; 4, 5 e 6, agitadores magnéticos; 7, banho termostático; 8, mangueiras de látex; 9,10 e 11, posicionamento dos termopares).

A Figura 3.1 apresenta, esquematicamente, o aparato utilizado. Nesta Figura pode-se conferir os agitadores responsáveis pelo processo de agitação das misturas, bem como as células de vidro usadas no processo. Conforme mostrado na Figura 3.1, o aparato utilizado consiste de células de equilíbrio acopladas em série por meio de mangueiras de látex, e o conjunto destas receberá, através de camisa externa, água proveniente de um banho termostático fabricado pela Tecnal, modelo TE-184. A homogeneização das misturas, contidas no interior das células, foi realizada através da inserção de barras magnéticas revestidas em teflon, no interior das misturas sólido–líquido, por meio de agitadores magnéticos, Marca Tecnal, Modelo TE 0852, nos quais estavam apoiadas. As velocidades de rotação das barras foram fixadas em função da posição das escalas dos agitadores e determinadas experimentalmente através de um tacômetro. Após a

determinação das velocidades de rotação, estes valores foram mantidos constantes para todos os experimentos desenvolvidos neste trabalho.

Figura 3.2 Foto da célula utilizada para obtenção dos dados experimentais [(1,2), junções de entrada e saída de Água; (3,4), pontos de amostragem; 5, posição de introdução de rolha de vedação e suporte para fixar os termopares].

A Figura 3.2 permite visualizar, do lado esquerdo, as junções de entrada (1) e saída (2) de água pela camisa, e do lado direito, os dois pontos (3 e 4) nos quais se realiza a amostragem da fase líquida em equilíbrio com a fase sólida. Septos de silicone foram colocados nestes pontos de amostragem para vedar as células de equilíbrio e permitir a amostragem através de seringa. Na parte superior da célula, introduz-se rolha de teflon que serve como sistema de vedação e suporte para os termopares. Os termopares de Marca Ecil do tipo TT-2 foram introduzidos pela parte superior das células, sendo mergulhados e fixados em uma extensão de 5 cm no interior da mistura líquida. Para as leituras das temperaturas, utilizou-se indicadores digital, Marca *Bellumo*, Modelo FK 100A C3V001 CE. Os termopares foram previamente calibrados com o auxílio de um termômetro padrão (produzido da Magyar Tudomânyos Akadêmia), utilizando a metodologia empregada por Oliveira (2004). As curvas de calibração são apresentadas no apêndice A.

Seringas, com volumes internos de 5 a 10 mL de capacidade, foram utilizadas para retirada de amostras das fases líquidas e introduzidas em tubos de ensaio previamente pesados em uma balança analítica de Modelo 521/2 e Marca Nova Ética com precisão de 0,0001g. Um pedaço de algodão foi utilizado na parte superior de tubo de ensaio após a introdução da amostra coletada, com o objetivo de reter possíveis sólidos vaporizados durante o processo de secagem das amostras. Fato este observado em ensaios iniciais de secagem de solução aquosa de ácido bórico, quando solução saturada de ácido bórico em água foi seca, em estufa, utilizando Becker tampado com vidro de relógio. Observou-se neste experimento que, após 24 horas de secagem, o vidro de relógio apresentou um sólido de cor branca aderido à sua superfície que estava voltada para a solução. A secagem foi processada em estufa (Marca Odontobrás) à temperatura constante de 74 ºC. Este valor de temperatura está baseado no processo industrial de secagem do ácido cítrico e sendo este também inferior à temperatura de ebulição da água à pressão atmosférica local.

3.2. Reagentes

Os reagentes químicos empregados para a obtenção das misturas binárias e ternárias, foram utilizados conforme as especificações determinadas pelos fabricantes, sem que houvesse uma purificação complementar, os quais estão elencados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Especificação dos reagentes utilizados para a obtenção dos dados experimentais.

Reagentes	Marca	Teor de pureza (%)
Ácido Bórico (PA)	Vetec	99,5
Ácido Citríco anidro (PA)	Vetec	99,0
Ácido dl-Malico (PA)	Vetec	99,5
Ácido Salicílico (PA)	Isofar	99,0
Ácido Succínico (PA)	Isofar	99,0
Etanol	Isofar	99,9
n-Propanol	Isofar	99,9

As especificações de todos os reagentes, conforme informações dos fabricantes, estão completamente descritas e alocadas no Anexo 1, deste trabalho. A água utilizada, como um dos componentes de mistura, foi bi-destilada através de destilador produzido pela Quimis, Modelo G.341.25, e deionizada através de um deionizador contendo resinas trocadoras de íons, fabricado por E.J. Krieger & Cia Ltda, Modelo Permution.

3.3. Sistemas Estudados

As solubilidades de ácidos orgânicos e inorgânicos em solventes puros e em misturas destes foram alvo de estudo. Experimentos foram executados de modo que as células fossem operadas isotermicamente nas temperaturas ajustadas para 20, 30, 40, 50 e 60 ºC. As misturas dos ácidos e solventes foram preparadas diretamente nas células de equilíbrio, com a introdução da massa de ácido correspondente à aproximadamente um terço da capacidade volumétrica das células e, em seguida, foi introduzido o solvente ou misturas deste em quantidade suficiente para completar o volume útil das mesmas. Após isso, as células eram vedadas por meio de rolhas construídas em PVC (OLIVEIRA, 2004), nas quais se encontravam fixados os termopares.

Na preparação das misturas binárias de solventes, inicialmente foram calculadas as massas destes para uma determinada fração molar, previamente definida em 0,20, 0,40, 0,60 e 0,80 de álcool (etanol ou n-propanol) em água. Com as massas teóricas calculadas, foi quantificada a massa do solvente e do co-solvente por meio de uma balança analítica. De posse das massas quantificadas, foram, então, calculadas as reais frações molares.

Um banho termostático foi utilizado para a estabilização e manutenção das temperaturas das células de equilíbrio sólido-líquido. Após a estabilização das mesmas, as células foram agitadas de acordo com o tempo de agitação pré-determinado, em cada caso, através de elaboração de um planejamento de experimentos que encontram apresentados nos apêndices C, D, E, F e G deste trabalho. Na seqüência, a agitação era desligada e a mistura sólido-líquido era deixada em repouso por um período de tempo, também pré-determinado pelo planejamento de experimento descrito a seguir.

Com o objetivo de verificar a influência do tempo de agitação e do tempo de decantação na solubilização de ácido orgânicos e inorgânicos foram desenvolvidos planejamentos de experimentos para cada ácido estudado: ácido Bórico, dl-Málico, Succínico, Cítrico e Salicílico. Como este trabalho consiste em estudar as solubilidades dos referidos ácidos em solventes puros: água, etanol e n-propanol e em misturas destes em diversas concentrações e temperaturas; o planejamento foi elaborado pelo método do composto central (ver Anexo 2) não fatorial e superfície de resposta, utilizando α por rotatibilidade e igual a -1,4142.

Os procedimentos em laboratório mostraram que seria necessário, para esse trabalho, verificar a influência da agitação para um tempo mínimo de 60 minutos e o valor central de 120

minutos; para a decantação, o tempo mínimo foi de 60 minutos e o valor central de 180 minutos. Mantendo todas as outras condições fixas e constantes, como velocidade de agitação em rpm e temperatura a aproximadamente 303 K. Estipulado, assim, as condições experimentais, calculam-se o valor de Δ (delta) definido pela equação 3.1:

$$\alpha = \frac{\delta_i - \delta_o}{(\delta_1 - \delta_{-1})/2} = \frac{\delta_i - \delta_o}{\Delta} \tag{3.1}$$

Foram encontrados os valores iguais a 42,4328 minutos para o tempo de agitação e 84,8667 minutos para o tempo de decantação. Com os valores de delta, calculam-se os valores das variáveis codificadas -α , -1 , 0 , +1 , +α , para o tempo de agitação e para o tempo de decantação, resultando na matriz de planejamento de experimentos esboçada na Tabela 3.2.

Na Tabela 3.2 estão apresentadas as variáveis codificadas, as variáveis experimentais e as respostas, esquematizadas pela simbologia R_{ij} , onde os subscritos *i* representam a ordem cronológica para a realização dos experimentos, e *j* o número de repetição de cada experimento. Em alguns casos foram efetuadas replicatas, representados pela simbologia RR_{ij}, de pontos experimentais com o objetivo de verificar a reprodutibilidade dos mesmos. Sendo assim, em cada planejamento de experimento foram realizados no mínimo 10 experimentos com, no mínimo, 30 amostragens.

Tabela 3.2: Matriz do planejamento de experimentos

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais	
A	D	t_{ag} (min)	t_d (min)
1,0000	1,0000	162	265
-1,0000	-1,0000	78	95
1,4142	0,0000	180	180
-1,0000	1,0000	78	265
0,0000	1,4142	120	300
0,0000	0,0000	120	180
1,0000	-1,0000	162	95
-1,4142	0,0000	60	180
0,0000	-1,4142	120	60
0,0000	0,0000	120	180

Embora as solubilidades tenham sido estudadas em três solventes distintos: água, etanol e n-propanol, os estudos dos tempos de agitação e decantação foram realizados somente para a

água e o n-propanol, pois o etanol possui polaridade intermediária. O resultado que maximiza a solubilidade deste será utilizado, por inferência, para os sistemas com o etanol. Os resultados obtidos da análise dos planejamentos de experimentos e que foram utilizados encontram-se relacionados na Tabela 3.3.

Após o processo de agitação e decantação, realizava-se o procedimento de amostragem da fase líquida em equilíbrio com a sólida (ELS- Equilíbrio Sólido-Líquido). Seringas de 5 a 10 mL de capacidade foram utilizadas para a coleta de 3 a 7 mL da fase líquida. Em alguns casos, como o do ácido Salicílico em etanol e n-propanol, foi necessário o aquecimento da agulha da seringa para que não ocorresse a solidificação da fase líquida devido à alta temperatura (alta taxa de transferência de calor) e à alta solubilidade do ácido. Durante o procedimento de amostragem foi observado, visualmente, a formação ou não de segunda fase líquida na mistura. Caso não fosse observada a formação de uma segunda fase líquida, a amostragem era feita, preferencialmente, no ponto de amostragem de número 3 (Figura 3.2), evitando assim a possível perturbação na fase sólida durante o processo de sucção da amostra pela seringa. Verificou-se a formação de uma segunda fase líquida na mistura para o sistema n-propanol+água+ácido salicílico a 40 e 50 ºC. Nestes sistemas a amostragem da fase densa (de maior densidade) era feita no ponto de amostragem de número 4 e o da fase leve (de menor densidade) era feita o ponto de amostragem de número 3, conforme Figura 3.2. A amostra coletada era, então, transferida para tubos de ensaios previamente pesados e identificados, com pedaços de algodão, quantificado conjuntamente com o tubo de ensaio, no intuito de reter possível massa de ácido volatilizado no procedimento de secagem. A massa do conjunto _tubo de ensaio, algodão, amostra da solução_ foi determinada por meio de uma balança analítica e introduzido em uma estufa para a realização do procedimento de secagem.

A secagem foi efetuada na temperatura constante de aproximadamente 74 ºC até obter massa aproximadamente constante. Durante o andamento da secagem, a variação da massa era verificada, periodicamente, por intermédio da pesagem das mesmas, em intervalos de 24 em 24 horas, conforme relatados nos apêndices H, I, J, K e L. Na pesagem, para a verificação da massa seca, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em um dessecador contendo sílica-gel, com o objetivo de proceder ao resfriamento até a temperatura ambiente, sem que as mesmas absorvessem água proveniente da umidade do ar. Após um período não inferior a 30 minutos, as amostras resfriadas eram pesadas em uma balança analítica.

Tabela 3.3 Sistemas estudados com seus respectivos tempo de agitação e de decantação.

Sistemas estudados	Tempo de agitação (min)	Tempo de decantação (min)
Ácido Bórico em Água Ácido Bórico em Etanol Ácido Bórico em n-Propanol Ácido Bórico em mistura de Etanol e Água Ácido Bórico em mistura de n-Propanol e Água	180	180
Ácido Cítrico em Água Ácido Cítrico em Etanol Ácido Cítrico em n-Propanol Ácido Cítrico em mistura de Etanol e Água	180	180
Ácido Dl-Málico em Água Ácido Dl-Málico em Etanol Ácido Dl-Málico em n-Propanol Ácido Dl-Málico em mistura de Etanol e Água Ácido Dl-Málico em mistura de n-Propanol e Água	162	265
Ácido Succínico em Água Ácido Succínico em Etanol Ácido Succínico em n-Propanol Ácido Succínico em mistura de Etanol e Água Ácido Succínico em mistura de n-Propanol e Água	162	265
Ácido Salicílico em Água Ácido Salicílico em Etanol Ácido Salicílico em n-Propanol Ácido Salicílico em mistura de Etanol e Água Ácido Salicílico em mistura de n-Propanol e Água	162	120

Com as massas quantificadas antes e pós-secagem, pode-se determinar a solubilidade do ácido na mistura. Outrossim, os resultados estão relacionados em apêndices M, N, O, P e Q e no capítulo a seguir, denominado Resultados e Discussões.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Introdução

Neste capítulo, encontram-se apresentados os resultados experimentais para os sistemas relacionados na Tabela 3.3, alocada no capítulo III deste trabalho. Esses resultados estão apresentados em forma de Tabelas e Gráficos. Inicialmente serão apresentados os resultados para os sistemas relacionados com o ácido bórico, seguidos pelos sistemas contendo ácido dl-málico, ácido succínico, ácido cítrico e ácido salicílico, respectivamente.

Encontram-se elencados também, neste capítulo, em forma de Tabelas e Figuras, os resultados experimentais de solubilidades dos ácidos em solventes puros e em mistura de solventes em diversas concentrações, nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 ºC.

Os resultados apresentados em forma de Tabelas foram obtidos por meio de realização de experimentos, conforme metodologia descrita no capítulo III deste trabalho. Nessas Tabelas, as colunas X_K estão representadas as frações molares do co-solvente (etanol ou n-propanol) em água, seguido pelas colunas das temperaturas (K), das solubilidades experimentais calculadas em gramas de ácido por 100 gramas de solução, bem como os respectivos desvios padrões das tréplicas de cada experimento.

As soluções, cujas frações molares estão relacionadas na coluna X_k, foram previamente preparadas conforme metodologia descrita no capítulo Materiais e Métodos deste trabalho. As temperaturas foram medidas por meio de termopares calibrados e corrigidos conforme equação de ajuste descritas no Apêndice A. As solubilidades foram calculadas utilizando-se a equação:

$$S\ (g/100g\ de\ solução) = \frac{m_a\ (g)}{m_s\ (g)}\ x\,100 \qquad (4.01)$$

As massas das soluções (m_s) foram obtidas por meio da diferença entre as massas dos recipientes com solução e das massas dos recipientes vazios (algodão + frasco). As massas dos ácidos (m_a), foram obtidas com as massas secas (Apêndices H, I, J, K e L). O critério adotado para a seleção do valor de m_{sec} foi aquele que apresentasse o menor valor numérico. Se não ocorresse reação no sistema, não haveria geração de massas no mesmo. Sendo assim, as possíveis oscilações nos valores numéricos das massas secas, poderiam, então, ser atribuídas à absorção de água proveniente da umidade relativa do ar durante o procedimento de pesagem.

A primeira Figura de cada subitem, relacionada aos resultados experimentais de solubilidade, exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do experimento realizado com os referidos ácidos em mistura de água com um co-solvente (etanol ou n-propanol), em que três amostras foram retiradas do experimento realizado a uma dada temperatura e numa determinada concentração de água em co-solvente.

4.2 – O ácido bórico

Nos subitens a seguir estão apresentados os dados experimentais para o ácido bórico em água, em etanol, em n-propanol, em misturas de etanol e água, e em misturas de n-propanol e água, em diversas concentrações e temperaturas.

4.2.1 – Solubilidades do ácido bórico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Na Figura 4.01 observa-se que as massas contidas nos recipientes, durante o procedimento de pesagem, apresentaram um valor mínimo no terceiro dia de secagem e, a partir deste, as massas passaram a oscilar. Este ponto de mínimo foi o escolhido para a determinação das massas secas, para o referido experimento. Seguindo os mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido bórico.

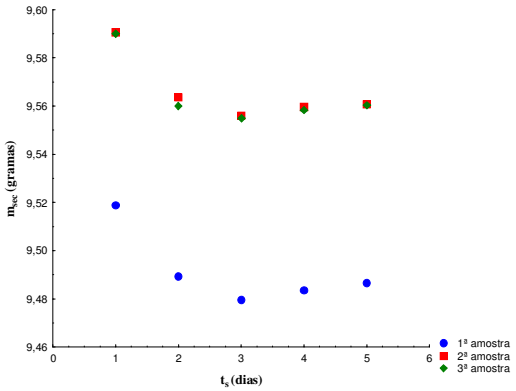

Figura 4.01. Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido bórico em mistura de etanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,2052 (etanol em água) e T= 30 ºC.

A Tabela 4.01 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido bórico em água pura, em etanol e em misturas de etanol e água. Nela pode-se verificar que a solubilidade do ácido bórico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução.

Entretanto, com a presença de etanol formando uma mistura líquida, a solubilidade do ácido bórico diminui, passando por um mínimo, nas temperaturas de 50 e 60 ºC, quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) entre 0,60 e 0,80 de etanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.02.

Tabela 4.01: Solubilidades experimentais do ácido bórico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Amostras	X_k	T_t (K)	S (g/100g de solução)	Desvios
A_{1j}	0,0000	293,6	3,6202	0,7716
A_{2j}	0,2052	293,4	2,7094	0,0543
A_{3j}	0,4026	293,6	2,5285	0,0995
A_{4j}	0,6042	293,4	2,1135	0,0622
A_{5j}	0,7958	293,4	2,3770	0,1599
A_{6j}	1,0000	294,0	1,9027	0,0322
A_{1j}	0,0000	303,3	4,7204	0,4986
A_{2j}	0,2052	304,6	3,7546	0,1533
A_{3j}	0,4026	304,6	3,5065	0,0638
A_{4j}	0,6042	304,3	3,0430	0,1034
A_{5j}	0,7958	304,4	3,0007	0,0312
A_{6j}	1,0000	303,6	2,6936	0,0643
A_{1j}	0,0000	313,0	5,6882	0,4747
A_{2j}	0,2052	313,5	5,2084	0,4047
A_{3j}	0,4026	313,6	4,5129	0,0514
A_{4j}	0,6042	313,3	3,9685	0,1613
A_{5j}	0,7958	313,8	4,2543	0,2854
A_{6j}	1,0000	313,0	3,4851	0,0572
A_{1j}	0,0000	322,3	8,2617	0,0262
A_{2j}	0,2052	323,3	7,4240	0,6676
A_{3j}	0,4026	323,2	5,4780	0,7279
A_{4j}	0,6042	323,1	5,0459	0,1368
A_{5j}	0,7958	323,2	4,6548	0,1185
A_{6j}	1,0000	323,1	7,0943	1,4121
A_{1j}	0,0000	332,6	9,2439	0,9600
A_{2j}	0,2052	333,2	8,8818	0,3654
A_{3j}	0,4026	333,3	7,4586	0,2556
A_{4j}	0,6042	332,3	6,0837	0,3024
A_{5j}	0,7958	333,0	5,9395	0,6674
A_{6j}	1,0000	332,5	8,7593	0,3003

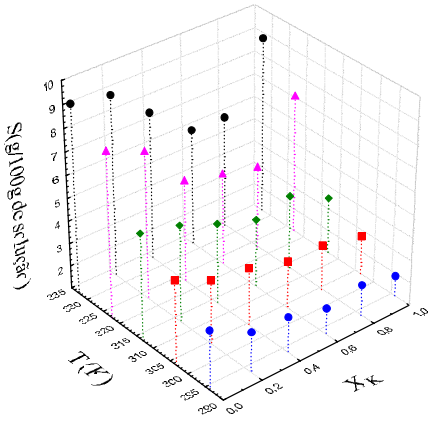

Figura 4.02: Solubilidades do ácido bórico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

4.2.2 – Solubilidades do ácido bórico em água e em misturas de n-propanol e água

A Figura 4.04 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido bórico em mistura de n-propanol e água. Observa-se, nessa Figura, que valor mínimo ocorreu no terceiro dia de secagem e, a partir deste, as massas passaram a oscilar. Este ponto de mínimo foi o escolhido para a determinação das massas secas, para o referido experimento. Seguindo os mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido bórico.

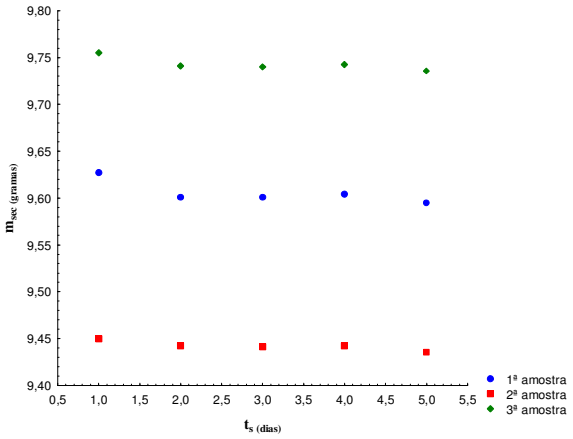

Figura 4.03: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido bórico em mistura de n-propanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,7974 (n-propanol em água) e T= 40 ºC.

A Tabela 4.02 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido bórico em água pura, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água. Nela é possível verificar que a solubilidade do ácido bórico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução. Entretanto, com a introdução de n-propanol na mistura líquida, a solubilidade do ácido bórico diminui**,** para uma dada temperatura, passando por um mínimo quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) entre 0,60 e 0,80 de n-propanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.04.

Tabela 4.02: Solubilidades experimentais do ácido bórico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Amostras	X_k	T_t (K)	S (g/100g de solução)	Desvios
A_{1j}	0,0000	293,6	3,6202	0,7716
A_{2j}	0,2052	293,6	2,1949	0,1860
A_{3j}	0,5996	293,2	0,8349	0,0813
A_{4j}	0,7974	293,3	0,9954	0,1986
A_{5j}	1,0000	293,3	2,6857	0,3222
A_{1j}	0,0000	303,3	4,7204	0,4986
A_{2j}	0,2052	303,3	3,1292	0,2012
A_{3j}	0,5996	303,1	1,2435	0,1563
A_{4j}	0,7974	303,3	1,6510	0,1541
A_{5j}	1,0000	304,3	3,5993	0,7885
A_{1j}	0,0000	313,0	5,6882	0,4747
A_{2j}	0,2052	313,3	4,6008	0,4381
A_{3j}	0,5996	312,6	1,8935	0,1010
A_{4j}	0,7974	313,6	2,1105	0,1747
A_{5j}	1,0000	313,5	4,3040	1,1270
A_{1j}	0,0000	322,3	8,2617	0,0262
A_{2j}	0,4026	322,7	5,6342	0,0965
A_{3j}	0,5996	322,7	2,4022	0,1853
A_{4j}	0,7974	322,4	2,6087	1,5734
A_{5j}	1,0000	329,6	6,4548	0,3634
A_{1j}	0,0000	332,6	9,2439	0,9600
A_{2j}	0,4026	331,7	5,6398	0,4508
A_{3j}	0,5996	331,3	3,7940	0,3047
A_{4j}	0,7974	332,1	2,7250	0,4581
A_{5j}	1,0000	332,5	7,0930	0,2478

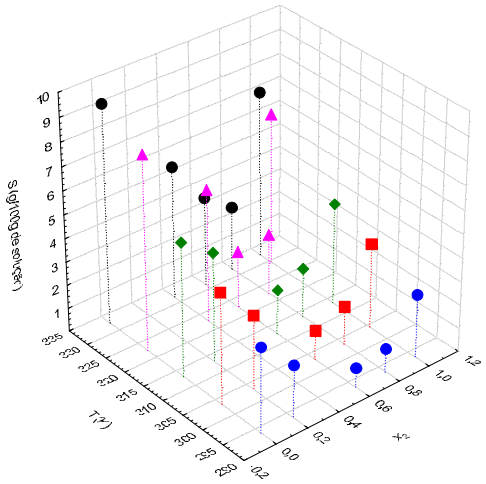

Figura 4.04: Solubilidades do ácido bórico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

4.2.3 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido bórico em solventes puros

Após a obtenção das solubilidades experimentais do ácido bórico em água, em etanol e em n-propanol, apresentadas nas Tabelas 4.01 e 4.02, foram utilizadas a equação 4.02 (polinômio de segundo grau – parâmetros a, b e c) e a equação 4.03 (função exponencial - com parâmetros a' e b'), a seguir apresentadas, ambas sendo equações empíricas visando buscar um modelo que melhor represente os dados experimentais. São elas:

$$S_{cp} / (g/100g) = a / (g/100g) + b / (g/100g).(T/K) + c / (g/100g).(T/K)^2 \qquad (4.02)$$

$$S_{ce} / (g/100g) = a' / (g/100g).Exp[\, b' / (K)^{-1}.(T/K)] \qquad (4.03)$$

Em que S_{cp} e S_{ce} são as solubilidades calculadas, em função das temperaturas, nas equações 4.02 e 4.03, respectivamente. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 4.03 e Tabela 4.04.

Os desvios definidos pelo método dos mínimos quadrados, conforme equação 4.04, estão alocados nas Tabela 4.03 e Tabela 4.06.

$$\sigma = \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{(S_{ci} - S_i)^2}{n} \right]^{1/2} \qquad (4.04)$$

Em que S_{ci} são as solubilidades calculadas pela equação 4.02 ou 4.04, S_i são as solubilidades experimentais e n o número de pontos experimentais.

Tabela 4.03: Solubilidades do ácido bórico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)
293,9	3,6202	5,7971	294,0	1,9027	3,7369	293,3	2,6857	6,3194
303,4	4,7204	7,1765	303,6	2,6936	4,4101	304,3	3,5993	7,3402
313,2	5,6882	8,7253	313,0	3,4851	5,8193	313,5	4,3040	8,4727
322,9	8,2617	10,3693	323,1	6,2081	8,1607	329,6	6,4548	11,0656
332,3	9,2439	12,3717	332,5	8,7593	11,1097	332,5	7,0930	11,6153

Na Tabela 4.03, verificamos que a função polinomial (equação 4.02) não apresentou bom ajuste, fato este observável através dos desvios padrão alocados na Tabela 4.04.

Tabela 4.04: Parâmetros obtidos com equação 4.02 para o ácido bórico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a (g/100g)	b (g/100g) T^{-1}	c (g/100g) T^{-2}	σ (g/100g)
Água	44,1882	-0,395	0,0009	2,6161
Etanol	358,0069	-2,4398	0,0042	2,0541
n-Propanol	112,9779	-0,8036	0,0015	4,1542

Na Tabela 4.05 estão alocados os resultados das solubilidades experimentais e os resultados calculados com a equação 4.03 (função exponencial) em função das temperaturas.

Tabela 4.05: Solubilidades do ácido bórico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)
293,6	3,6202	3,6977	294,0	1,9027	1,8389	293,3	2,6857	2,7398
303,3	4,7204	4,7125	303,6	2,6936	2,7102	304,3	3,5993	3,5794
313,0	5,6882	6,0057	313,0	3,4851	3,9622	313,5	4,3040	4,4761
322,3	8,2617	7,5777	323,1	6,2081	5,9586	329,6	6,4548	6,6193
332,6	9,2439	9,8033	332,5	8,7593	8,7110	332,5	7,0930	7,1025

Na referida Tabela, podemos observar os valores das solubilidades calculados para todos os solventes. Estes estão em concordância com os respectivos valores das solubilidades experimentais. Fato que também pode ser observado na Tabela 4.06, onde estão relacionados os parâmetros da equação 4.03 e seus respectivos desvios.

Tabela 4.06: Parâmetros obtidos com equação 4.05 para o ácido bórico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a' (g/100g)	*b'*	σ (g/100g)
Água	0,0024	0,0250	0,4214
Etanol	$1,277 \times 10^{-5}$	0,0404	0,2435
N-Propanol	0,0022	0,0243	0,1096

De acordo com os resultados apresentados anteriormente, pode-se concluir que a equação empírica 4.02 não deve ser utilizada para ajustes dos sistemas citados, pois os desvios apresentaram valores elevados e os parâmetros *a* também apresentaram valores elevados (maiores ou igual a 44,1882), o que implica que a solubilidade do ácido bórico em água, por exemplo, tenderia a 44,1882 g/100g de solução saturada quando a temperatura tendesse a 0 K. Conforme os princípios termodinâmicos, quando a temperatura termodinâmica tende a zero, a energia livre de mistura tenderá também a zero e, portanto, a espontaneidade do processo não existirá fazendo com que não ocorra miscibilidade das duas substâncias, conseqüentemente as solubilidades deveriam ser nulas.

No caso da equação 4.03 (função exponencial), tanto os valores dos desvios quanto os valores encontrados para o parâmetro *a'* são aceitáveis, pois não apresentam valores elevados.

Portanto, pode-se concluir que, dentre as equações empíricas, a que melhor se ajusta aos dados experimentais para o ácido bórico em misturas de solventes é a função exponencial.

No gráfico a seguir, estão ilustrados os valores das solubilidades experimentais do ácido bórico em água destilada e deionizada (S_{ae}), em etanol (S_{ee}), e em n-propanol (S_{pe}), bem como os valores das solubilidades calculadas (equação 4.03) para o ácido bórico em água (S_{ac}), em etanol (S_{ec}), e em n-propanol (S_{pe}). Com o intuito de se observar o comportamento das solubilidades experimentais e das solubilidades calculadas pela equação empírica que apresentaram melhor ajuste dos dados, utilizou-se um gráfico, representado na Figura 4.05, para tal finalidade.

Na Figura 4.05 pode-se observar, também, que a solubilidade do ácido bórico em água é maior que a solubilidade do ácido bórico em etanol e em n-propanol. E ainda, que a solubilidade em etanol é maior que as solubilidades em n-propanol, até à temperatura de 320 K, e que a partir desta temperatura os valores das solubilidades se invertem.

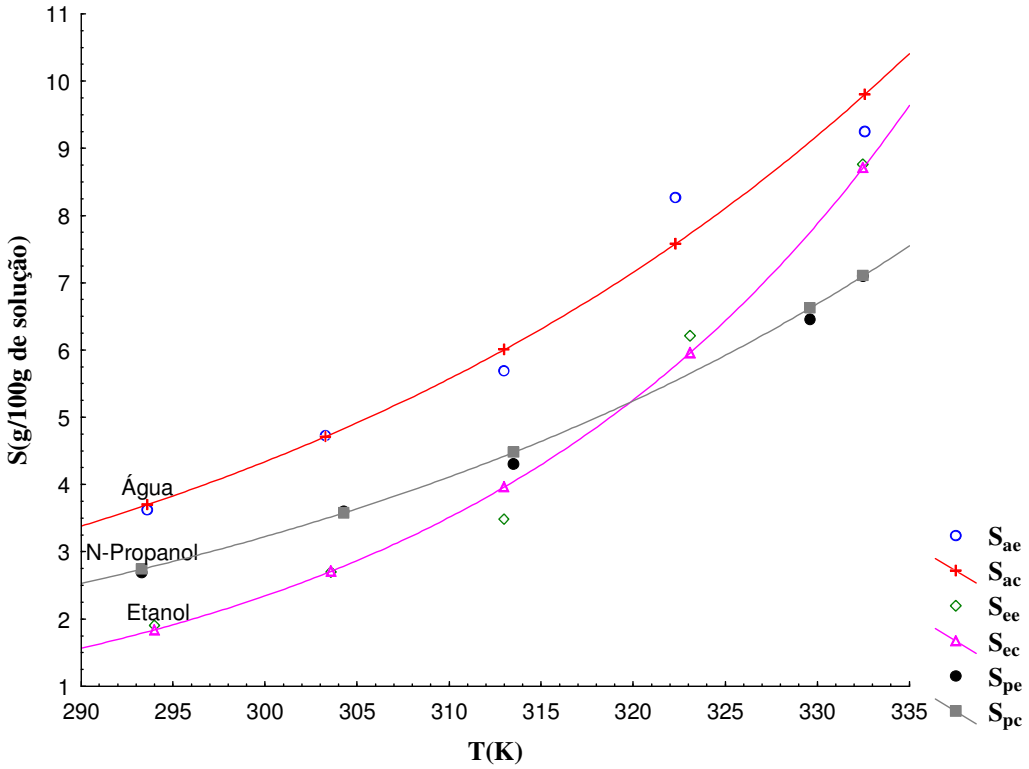

Figura 4.05: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido bórico em água, etanol e n-propanol.

4.2.4 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.

Neste subitem serão mostrados os resultados obtidos nos ajustes de todos os dados experimentais de solubilidades para o ácido bórico. Aqui, as equações empíricas escolhidas para o ajuste dos dados experimentais foram uma função polinomial de terceiro grau e uma superfície quadrática, as quais estão abaixo relacionadas e denominadas de equação 4.05 e equação 4.06, respectivamente.

$$S_{cp} = a_1 + b_1.X_2 + c_1.X_2^{\ 2} + d_1.X_2^{\ 3} \quad (4.05)$$

$$S_{cs} = a_2 + b_2.X_2 - c_2.T + d_2.X_2^2 + e_2.X_2.T + f_2.T^2 \quad (4.06)$$

Onde S_{cp} e S_{cs} são as solubilidades calculadas, X_2 são as frações molares iniciais de etanol em água, T são as temperaturas absolutas, a_1; b_1; c_1 e d_1 são os parâmetros da equação 4.05 e a_2; b_2 ; c_2 ; d_2 ; e_2 e f_2 são os parâmetros da equação 4.06.

As cinco isotermas obtidas pelo ajuste, empregando-se a equação 4.05, estão apresentadas na Figura 4.06. Nesta Figura a solubilidade do ácido é apresentada em função da fração molar inicial de etanol (X_2) na mistura líquida.

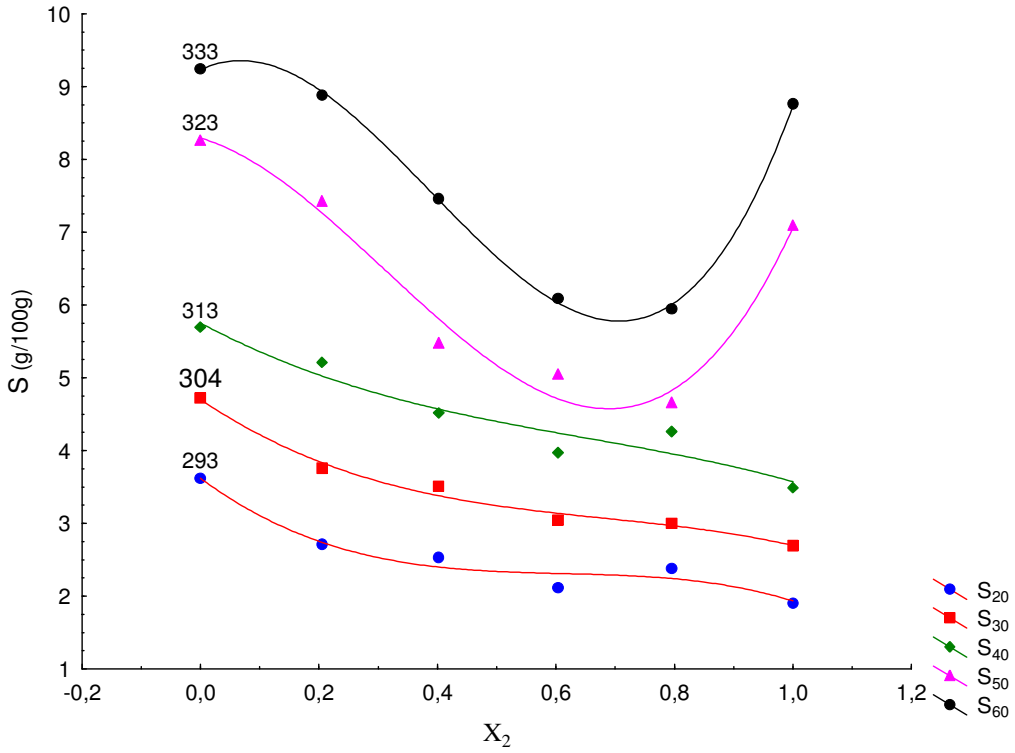

Figura 4.06: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau.

Na Tabela 4.07 encontram-se elencados os valores dos parâmetros de ajuste das equações na forma polinomial para as solubilidades experimentais do ácido bórico em etanol.

Tabela 4.07: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido bórico- etanol-água.

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	3,6206	-6,0180	9,4988	-5,1664
304	4,7019	-5,4814	6,7901	-3,3146
313	5,7544	- 4,3804	4,4825	-2,2833
323	8,2922	-2,3338	16,7242	17,8273
333	9,2270	3,9392	-31,8744	27,4466

Com relação à equação 4.06, foi utilizado um programa computacional no qual todos os dados das solubilidades experimentais (S_{ep}), as frações molares iniciais de etanol na mistura (X_2) e as temperaturas (K), estão representados. A superfície gerada com os dados experimentais está representada na Figura 4.07.

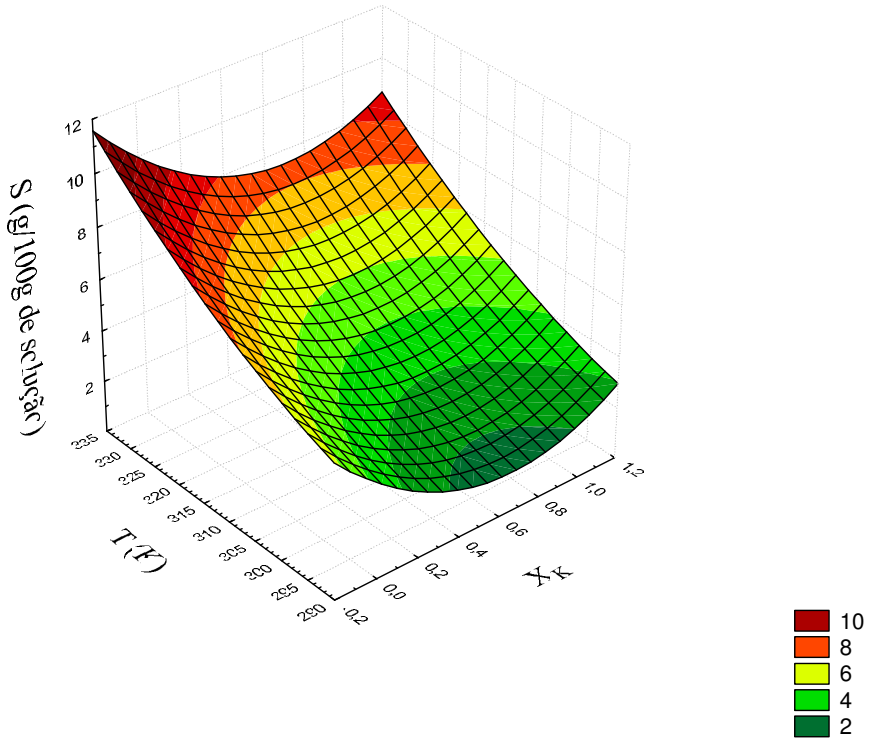

Figura 4.07: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido bórico em etanol.

A equação que representa esta superfície e que foi utilizada para determinar as solubilidades calculadas é:

$$S_{cs} = 98{,}1382 - 3{,}94*X_2 - 0{,}7275*T + 5{,}0182*X_2*X_2 - 0{,}0094*X_2*T + 0{,}0014*T*T \qquad (4.07)$$

Uma vez realizados os ajustes de parâmetros para as equações 4.06 e 4.07 foi possível determinar as solubilidades calculadas em função das temperaturas, bem como os respectivos desvios. Estes resultados estão apresentados na Tabela 4.08.

Tabela 4.08: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido bórico em água e em misturas de etanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cs}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	293,6	3,6202	5,2255		3,6206	
0,2052	293,4	2,7094	4,0436		2,7410	
0,4026	293,6	2,5285	3,3416	1,2170	2,4001	0,1126
0,6042	293,4	2,1135	2,9917		2,3124	
0,7958	293,4	2,3770	3,0545		2,2430	
1,0000	294,0	1,9027	3,5269		1,9346	
0,0000	303,3	4,7204	6,2747		4,7019	
0,2052	304,6	3,7546	5,2506		3,8344	
0,4026	304,6	3,5065	4,5097	1,3902	3,3794	0,0740
0,6042	304,3	3,0430	4,1210		3,1377	
0,7958	304,4	3,0007	4,1758		2,9695	
1,0000	303,6	2,6936	4,5357		2,6960	
0,0000	313,0	5,6882	7,5873		5,7544	
0,2052	313,5	5,2084	6,4602		5,0246	
0,4026	313,6	4,5129	5,7175	1,5672	4,5684	0,1878
0,6042	313,3	3,9685	5,3041		4,2405	
0,7958	313,8	4,2543	5,4025		3,9565	
1,0000	313,0	3,4851	5,7233		3,5732	
0,0000	322,3	8,2617	9,0932		8,2922	
0,2052	323,3	7,4240	8,0487		7,2631	
0,4026	323,2	5,4780	7,2557	1,4415	5,8052	0,2155
0,6042	323,1	5,0459	6,8503		4,7089	
0,7958	323,2	4,6548	6,8766		4,8281	
1,0000	323,1	7,0943	7,2751		7,0615	
0,0000	332,6	9,2439	11,0436		9,2270	
0,2052	333,2	8,8818	9,9264		8,9303	
0,4026	333,3	7,4586	9,1527	1,8622	7,4376	0,0442
0,6042	332,3	6,0837	8,5466		6,0249	
0,7958	333,0	5,9395	8,6768		6,0083	
1,0000	332,5	8,7593	8,9759		8,7384	

De acordo com os resultados da Tabela 4.08 pode-se notar que os ajustes, utilizando as equações polinomiais, apresentaram melhores resultados, não só em relação aos valores dos desvios, mas também em relação aos valores dos parâmetros a_1(s) que correspondem exatamente aos valores das solubilidades do ácido bórico em água. Ou seja, quando X_2 (fração do etanol em água) for zero, a solubilidade calculada corresponde à solubilidade experimental do ácido bórico em água pura.

No caso do ajuste realizado com a superfície quadrática, embora possua a vantagem de ser uma única função para representar todos os dados experimentais, os valores dos desvios foram elevados. Entretanto, a equação 4.07 poderia ser utilizada para uma estimativa dos valores das solubilidades do ácido bórico em mistura de etanol e água nas temperaturas mais elevadas.

Seguindo a mesma metodologia e equações utilizadas para o ajuste das solubilidades do sistema ternário ácido bórico-etanol-água, foram realizados, empregando-se as mesmas equações, os ajustes para o sistema: ácido bórico-água-n-propanol. Na Figura 4.08, pode-se observar as isotermas polinomiais de ajustes cujos parâmetros estão elencados na Tabela 4.09.

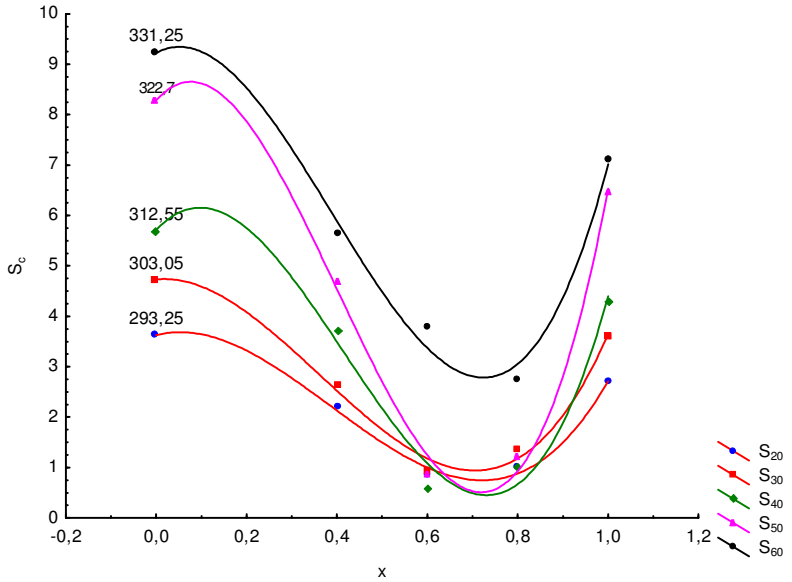

Figura 4.08: Representação gráfica dos pontos experimentais do sistema ácido bórico-água-n-propanol, ajustados por um polinômio do 3º grau.

Na Tabela 4.09, pode-se perceber que os parâmetros a_1 apresentam valores próximos aos das solubilidades do ácido bórico em água. Isto demonstra, em termos de coeficientes angulares, que a função polinomial se ajusta adequadamente aos dados experimentais.

Tabela 4.09: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido bórico- n-propanol-água.

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	3,6283	2,2470	-22,8786	19,7212
304	4,7319	0,8957	-25,4248	23,4422
313	5,7125	9,5258	-55,5876	44,7494
323	8,2807	10,1063	-73,1770	61,3199
333	9,2235	4,8578	-50,2783	43,2091

Seguindo a metodologia aplicada para o sistema ácido bórico-etanol-água, foi determinada, utilizando um programa computacional, a superfície quadrática para o sistema bórico-água-n-propanol, apresentada na Figura 4.09. A equação 4.08, descrita a seguir, obtida com os dados experimentais das solubilidades em função da fração molar inicial de etanol-água e da temperatura.

$$S_{cs} = 207,9862+3,6297*X_2-1,4171*T+12,539*X_2*X_2-0,0601*X_2*T+0,0025*T*T \qquad (4.08)$$

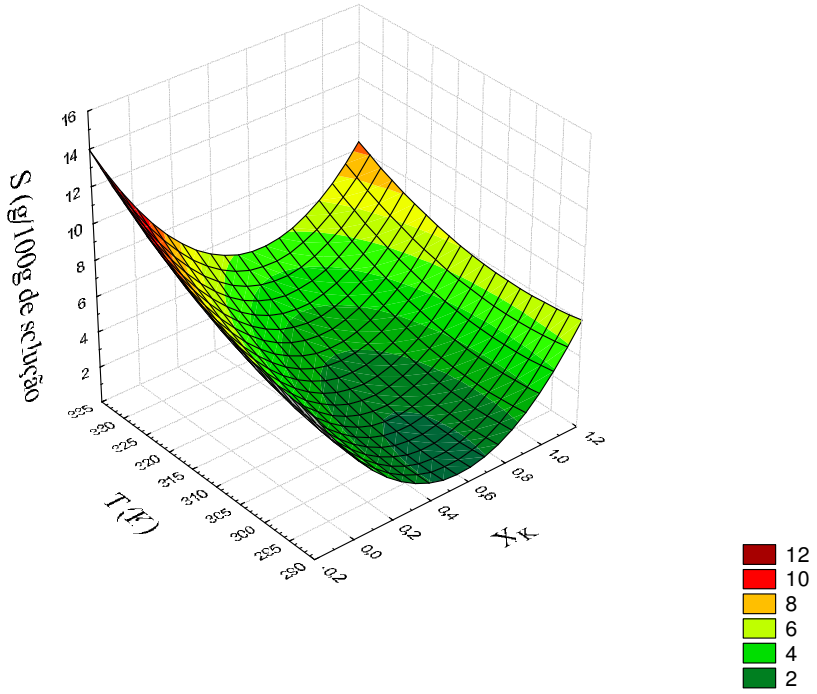

Figura 4.09: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido bórico em etanol.

Com as equações polinomiais, cujos parâmetros estão alocados na Tabela 4.07 e com a equação 4.08, foram calculadas as solubilidades e os resultados que se encontram apresentados na Tabela 4.10.

Observando-se os valores dos desvios (calculados com a equação 4.04), para a função quadrática, conclui-se que esta função não pode ser utilizada para ajuste dos dados. Não só pelos valores elevados dos desvios, como também pelo valor do parâmetro (a_2 = 207,9862). Este valor estaria representando a solubilidade do ácido bórico em água quando a temperatura tendesse a zero K, valor este que está incoerente com os princípios termodinâmicos.

Tabela 4.10: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido bórico em água e em misturas de n-propanol e água.

X_2	T/K	S/(g/100g)	S_{cs}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	293,6	3,6202	7,4280		3,6283	
0,4026	293,6	2,1949	3,8177		2,1116	
0,5996	293,2	0,8349	3,5267	3,0162	1,0015	0,1010
0,7974	293,3	0,9954	4,2242		0,8719	
1,0000	293,3	2,6857	5,9544		2,7179	
0,0000	303,3	4,7204	8,1570		4,7319	
0,4026	303,3	2,6197	4,3120		2,5012	
0,5996	303,1	0,9449	3,8991	2,8199	1,1816	0,1436
0,7974	303,3	1,3412	4,4889		1,1656	
1,0000	304,3	3,5993	6,1392		3,6450	
0,0000	313,0	5,6882	9,3564		5,7125	
0,4026	313,3	3,7068	5,3140		3,4577	
0,5996	312,6	0,5877	4,7172	3,3849	1,0859	0,3022
0,7974	313,6	1,0216	5,2844		0,6522	
1,0000	313,5	4,3040	6,7583		4,4001	
0,0000	322,3	8,2617	10,9481		8,2807	
0,4026	322,7	4,6845	6,7118		4,4900	
0,5996	322,7	0,8613	6,0818	3,7777	1,2505	0,2360
0,7974	322,4	1,1893	6,3842		0,9008	
1,0000	329,6	6,4548	8,8602		6,5299	
0,0000	332,6	9,2439	13,2156		9,2235	
0,4026	331,7	5,6398	8,4642		5,8495	
0,5996	331,3	3,7940	7,6459	3,7975	3,3747	0,2543
0,7974	332,1	2,7250	8,0450		3,0359	
1,0000	332,5	7,0930	9,3765		7,0121	

Para as funções polinomiais de terceiro grau, os ajustes dos dados experimentais foram adequados, pois os valores dos desvios foram relativamente baixos e os parâmetros que representam as solubilidades do ácido bórico em água (a_1) estão em concordância.

4.3 – O ácido dl-málico

4.3.1- Solubilidades do ácido dl-málico em solventes puros e em misturas de solventes

Nos subitens a seguir estão apresentados os dados experimentais para o ácido dl-málico em água, em etanol, em n-propanol, em misturas de etanol e água, e em misturas de n-propanol e água, em diversas concentrações e temperaturas.

4.3.1.1– Solubilidades do ácido dl-málico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

A Figura 4.10 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido dl-málico em mistura de etanol e água. Nesta Figura observa-se que, próximo ao 13º dia as massas contidas nos recipientes apresentavam coloração amarela, mantendo esta característica até o 20º dia. A partir do 20º dia, as massas secas contidas nos tubos de ensaio começaram a mudar da cor amarela para a cor branca, do fundo do tubo para a interfase sólido-gás, até que toda a massa seca apresentasse a coloração branca. Após o 27º dia, as massas secas ficaram constantes e de cor branca. Este foi o ponto de mínimo escolhido para a determinação das massas secas para o referido experimento. Seguindo os mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido dl-málico.

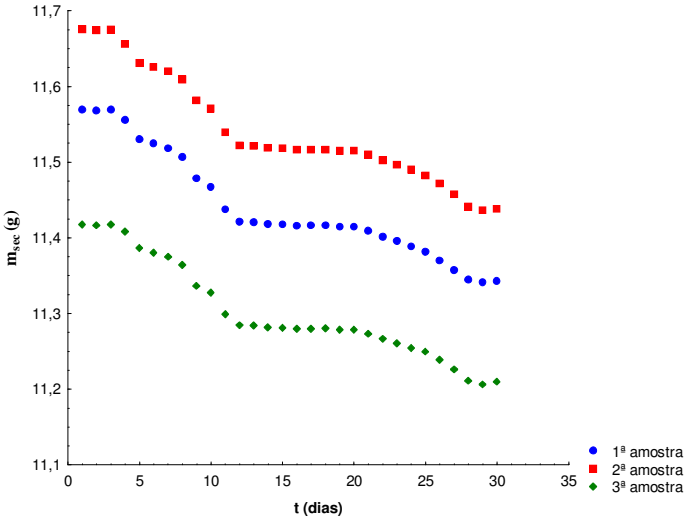

Figura 4.10: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido dl-málico em mistura de etanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,3985 (etanol em água) e T= 30 ºC.

A Tabela 4.11 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido dl-málico em água pura, em etanol e em misturas de etanol e água. Nela pode-se verificar que a solubilidade do ácido dl-málico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução. Entretanto, com a presença de etanol formando uma mistura líquida, a solubilidade do ácido dl-málico diminui passando por um mínimo quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) em torno de 0,80 de etanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.11.

Tabela 4.11: Solubilidades experimentais do ácido dl-málico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Amostras	X_k	T_t (K)	S (g/100g de solução)	Desvios
A_{1j}	0,0000	294,3	48,3321	0,2516
A_{2j}	0,2024	293,4	41,0338	0,4248
A_{3j}	0,3986	293,5	34,4515	0,5390
A_{4j}	0,6065	293,4	28,9314	0,6405
A_{5j}	0,8028	293,5	24,6527	0,8316
A_{6j}	1,0000	294,0	43,6904	0,1905
A_{1j}	0,0000	303,5	53,4344	0,2095
A_{2j}	0,2024	303,8	48,8962	0,8612
A_{3j}	0,3986	303,8	44,8484	0,4521
A_{4j}	0,6065	303,8	37,1526	0,3094
A_{5j}	0,8028	303,8	29,9296	0,0762
A_{6j}	1,0000	303,2	43,8569	1,9060
A_{1j}	0,0000	312,8	57,3794	0,3995
A_{2j}	0,2024	313,2	56,3462	0,3228
A_{3j}	0,3986	313,2	52,5519	0,5114
A_{4j}	0,6065	313,2	46,0486	0,1713
A_{5j}	0,8028	313,2	42,2425	1,7143
A_{6j}	1,0000	312,8	43,7389	4,3911
A_{1j}	0,0000	321,9	59,9713	0,2072
A_{2j}	0,2024	322,3	62,2985	0,4211
A_{3j}	0,3986	322,3	60,0678	1,9939
A_{4j}	0,6065	322,2	53,1130	0,3167
A_{5j}	0,8028	322,2	46,9679	0,8241
A_{6j}	1,0000	322,8	49,9995	0,7297

Continua...

Tabela 4.11: Continuação

A_{1j}	0,0000	331,2	62,5359	0,9595
A_{2j}	0,2024	332,1	61,8401	0,7366
A_{3j}	0,3986	332,1	62,4722	0,7967
A_{4j}	0,6065	332,1	58,1146	0,3790
A_{5j}	0,8028	332,1	50,5350	0,5231
A_{6j}	1,0000	332,6	58,7009	0,6447

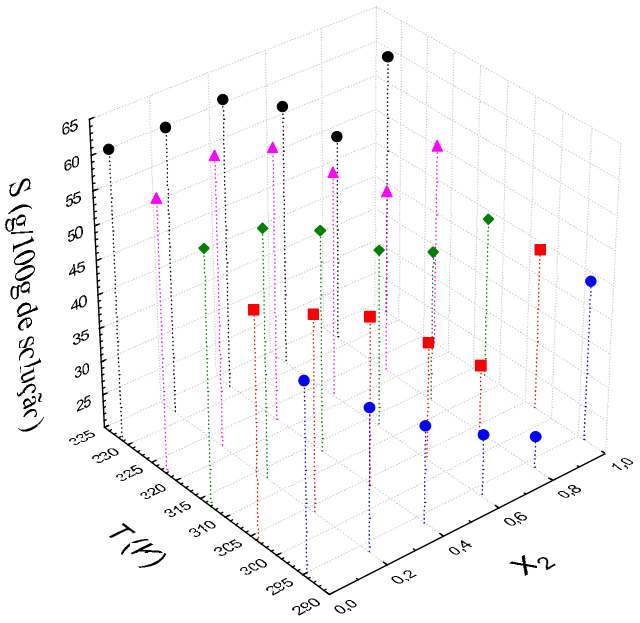

Figura 4.11: Solubilidades do ácido dl-málico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

4.3.1.2 – Solubilidades do ácido dl-málico em água e em misturas de n-propanol e água

A Figura 4.12 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido dl-málico em mistura de n-propanol e água. Nesta Figura observa-se que, próximo ao 13º dia as massas contidas nos recipientes apresentavam coloração amarela, mantendo esta característica até o 21º dia. A partir do 21º dia, as massas secas contidas nos tubos de ensaio começaram a mudar da cor amarela para a cor branca, do fundo do tubo para a interfase sólido-

gás, até que toda a massa seca apresentasse a coloração branca. Após o 27º dia, as massas secas ficaram constantes e de cor branca. Este foi o ponto de mínimo escolhido para a determinação das massas secas para o referido experimento. Seguindo os mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido dl-málico.

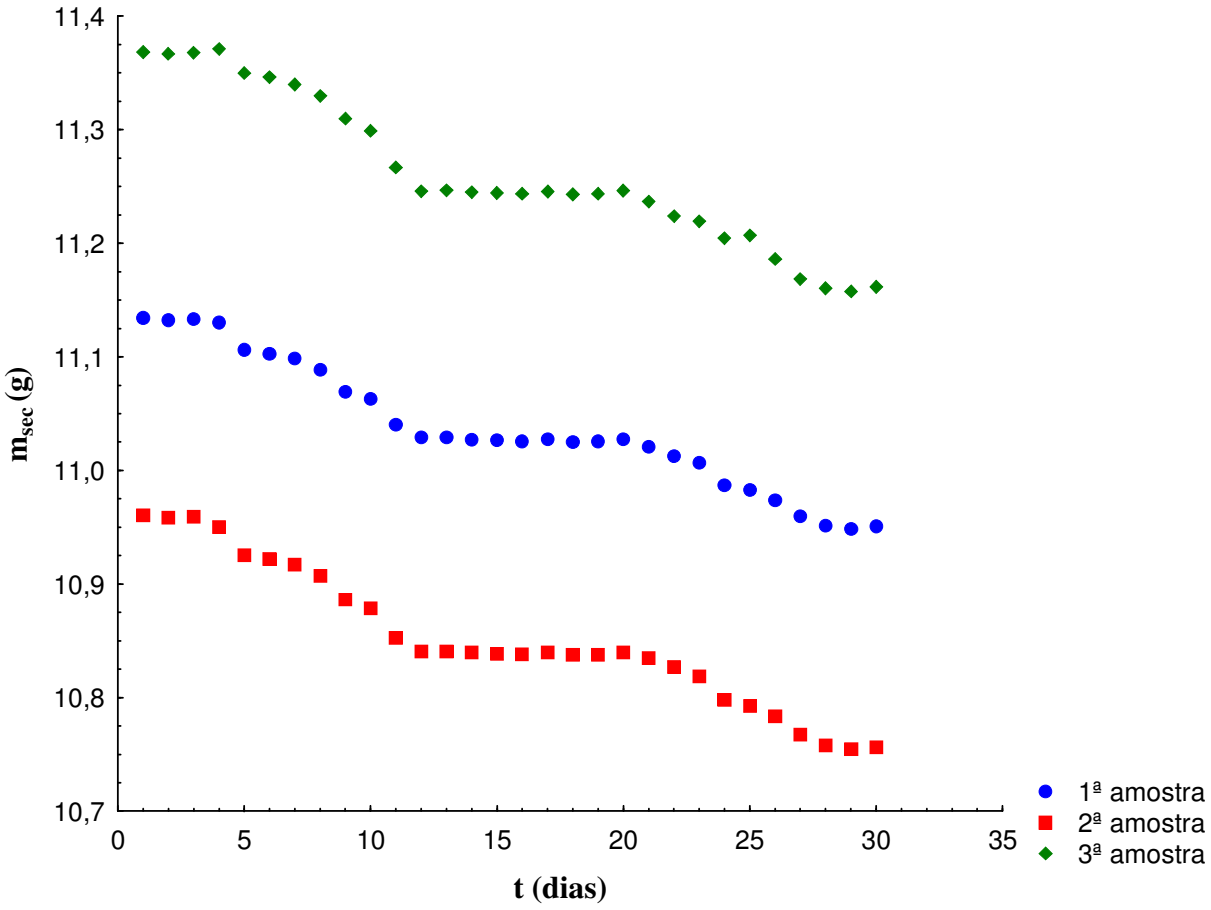

Figura 4.12: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido dl-málico em mistura de n-propanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,2024 (n-propanol em água) e T= 50 ºC.

A Tabela 4.12 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido dl-málico em água pura, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água. Nela é possível verificar que a solubilidade do ácido dl-málico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução. Entretanto, com a introdução de n-propanol na mistura líquida, a solubilidade do ácido dl-málico diminui, para uma dada temperatura, passando por um mínimo

quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) em torno de 0,80 de n-propanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.14.

Tabela 4.12: Solubilidades experimentais do ácido dl-málico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Amostras	X_k	T_t (K)	S (g/100g de solução)	Desvios
A_{1j}	0,0000	294,3	48,3321	0,2516
A_{2j}	0,2016	293,3	43,1827	0,8288
A_{3j}	0,4005	293,3	33,2328	0,5747
A_{4j}	0,6022	293,5	24,2373	1,1515
A_{5j}	0,8023	293,5	15,2520	0,2958
A_{6j}	1,0000	294,0	31,1669	0,4581
A_{1j}	0,0000	303,5	53,4344	0,2095
A_{2j}	0,2024	303,8	47,9213	0,9104
A_{3j}	0,3986	303,8	40,6394	0,4679
A_{4j}	0,6065	303,4	25,5139	1,4579
A_{5j}	0,8028	303,4	22,5498	0,6776
A_{6j}	1,0000	303,2	29,7296	1,2979
A_{1j}	0,0000	312,8	57,3794	0,3995
A_{2j}	0,2016	313,8	54,2615	1,1237
A_{3j}	0,4005	313,4	47,1151	1,4430
A_{4j}	0,6022	313,8	34,7499	0,4672
A_{5j}	0,8023	313,2	25,9526	1,2920
A_{6j}	1,0000	312,8	33,3762	2,3332
A_{1j}	0,0000	321,9	59,9713	0,2072
A_{2j}	0,2016	322,1	62,1861	0,5774
A_{3j}	0,4005	322,1	55,2019	1,2131
A_{4j}	0,6022	322,1	42,7723	0,1901
A_{5j}	0,8023	322,0	33,5304	1,5593
A_{6j}	1,0000	322,7	31,8465	1,2016
A_{1j}	0,0000	331,2	62,5359	0,9595
A_{2j}	0,2016	331,7	67,1555	0,3677
A_{3j}	0,4005	331,7	64,1754	0,3231
A_{4j}	0,6022	331,7	54,4046	2,2433
A_{5j}	0,8023	331,7	43,8325	0,9698
A_{6j}	1,0000	331,5	34,1482	0,4828

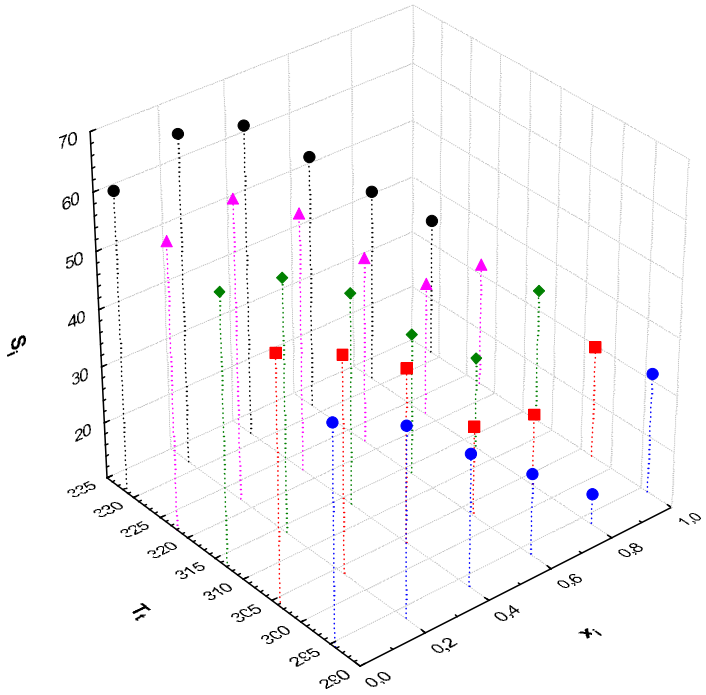

Figura 4.13: Solubilidades do ácido dl-málico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

4.3.2 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido dl-málico em solventes puros

Após a obtenção das solubilidades experimentais do ácido dl-málico em água, em etanol e em n-propanol, apresentadas nas Tabelas 4.11 e 4.12, foram utilizadas as equações 4.02 e 4.03, anteriormente descrita. Em que S_{cp} e S_{ce} são as solubilidades calculadas, em função das temperaturas, nas equações 4.02 e 4.03, respectivamente. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 4.13 e Tabela 4.15.

Os desvios definidos pelo método dos mínimos quadrados, conforme equação 4.04, anteriormente descrita, estão alocados nas Tabelas 4.14 e 4.16. Em que S_{ci} são as solubilidades calculadas pela equação 4.02 ou 4.03, S_i são as solubilidades experimentais e n o número de pontos experimentais.

Tabela 4.13: Solubilidades do ácido dl-málico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)
294,3	48,3321	48,2687	294,0	43,6904	40,3016	294,0	31,1669	30,7321
303,5	53,4344	53,0717	303,2	43,8569	38,7369	303,2	29,7296	31,0455
312,8	57,3794	57,0112	312,8	43,7389	40,2805	312,8	33,3762	31,6973
321,9	59,9713	59,9870	322,8	49,9995	45,3381	322,7	31,8465	32,7170
331,2	62,5359	62,1419	332,6	58,7009	53,7097	331,5	34,1482	33,9196
322,0	60,0481	60,0052						

Na Tabela 4.13, verifica-se que a função polinomial (equação 4.02) não apresentou bom ajuste para o sistema ácido málico-etanol, porém apresentou bons resultados para os outros dois sistemas; fato este observável através do desvio médio alocado na Tabela 4.14.

Tabela 4.14: Parâmetros obtidos com equação 4.02, para o ácido dl-málico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a (g/100g)	b (g/100g) T^{-1}	c (g/100g) T^{-2}	σ (g/100g)
Água	-569,1733	3,6284	-0,0052	0,9302
Etanol	1659,1832	-10,6808	0,0176	4,3889
n-propanol	181,1719	-1,0409	0,0018	1,0535

Na Tabela 4.15 estão alocados os resultados das solubilidades experimentais e os resultados calculados com a equação 4.03 (função exponencial) em função das temperaturas.

Tabela 4.15: Solubilidades do ácido dl-málico em diferentes solventes em função das temperaturas.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)
294,3	48,3321	49,6490	294,0	43,6904	41,4456	294,0	31,1669	30,8971
303,5	53,4344	52,9173	303,2	43,8569	44,4063	303,2	29,7296	31,6742
312,8	57,3794	56,4261	312,8	43,7389	47,7215	312,8	33,3762	32,5059
321,9	59,9713	60,0731	322,8	49,9995	51,4382	322,7	31,8465	33,3865
331,2	62,5359	64,0420	332,6	58,7009	55,3614	331,5	34,1482	34,1893
322,0	60,0481	60,1001						

Na referida Tabela, podemos observar os valores das solubilidades calculados para todos os solventes. Estes estão em concordância com os respectivos valores das solubilidades experimentais. Fato que também pode ser observado na Tabela 4.16, onde estão relacionados os parâmetros da equação 4.03 e seus respectivos desvios.

Tabela 4.16: Parâmetros obtidos com equação 4.03, para o ácido dl-málico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a' (g/100g)	b'	σ (g/100g)
Água	6,5172	0,0069	0,2673
Etanol	4,5694	0,0075	2,6239
N-Propanol	13,9693	0,0027	1,1820

De acordo com os resultados apresentados anteriormente, pode-se concluir que a equação empírica 4.02 pode ser utilizada para ajustes das solubilidades do ácido dl-málico em água e em n-propanol, dentro das condições experimentais trabalhadas. Entretanto, os valores dos parâmetros a foram elevados para as solubilidades do ácido em etanol e em n-propanol, e para solubilidades em água o valor foi negativo. Valor negativo para o parâmetro a implicaria em valor negativo de solubilidade quando a temperatura tendesse a 0 K, o que implicaria em uma inconsistência termodinâmica.

No caso da equação 4.03 (função exponencial), os valores dos desvios são aceitáveis e os valores encontrados para o parâmetro a' não apresentam nenhuma inconsistência. Mas, apesar dos valores do parâmetro a' não apresentarem nenhuma inconsistência termodinâmica, estes apresentaram valores muito elevados. Isso implica em dizer que a equação não pode ser extrapolada na representação dos dados experimentais.

Portanto, podemos concluir que, dentre as equações empíricas, a que melhor se ajusta aos dados experimentais para o ácido dl-málico em misturas de solventes, é a função exponencial.

No gráfico a seguir, estão ilustrados os valores das solubilidades experimentais do ácido dl-málico em água destilada e deionizada (S_{ae}), em etanol (S_{ee}), e em n-propanol (S_{pe}), bem como os valores das solubilidades calculadas (equação 4.03) para o ácido dl-málico em água (S_{ac}), em etanol (S_{ec}), e em n-propanol (S_{pe}). Com o intuito de melhor observamos o comportamento das

solubilidades experimentais e das solubilidades calculadas pela equação empírica que apresentaram melhor ajuste dos dados, foi mostrado num gráfico representado na Figura 4.16.

Na Figura 4.14 pode-se observar, também, que a solubilidade do ácido dl-málico em água é maior que a solubilidade do ácido dl-málico em etanol e em n-propanol. E ainda, que a solubilidade em etanol é maior que as solubilidades em n-propanol.

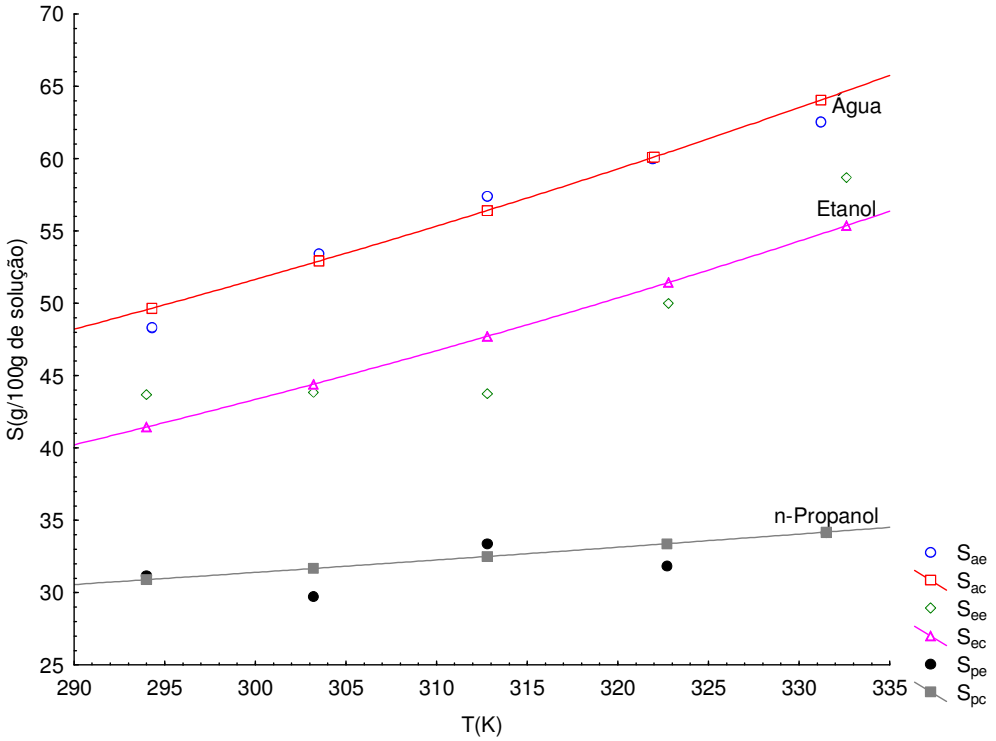

Figura 4.14: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido dl-málico em água, etanol e n-propanol.

4.3.3 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.

Neste subitem serão mostrados os resultados obtidos nos ajustes de todos os dados experimentais de solubilidades para o ácido succínico. Seguindo a mesma metodologia aplicada aos outros ácidos, foram utilizadas as equações 4.05 e 4.06 descritas anteriormente, reapresentadas a seguir.

$$S_{cp} = a_1 + b_1.X_2 + c_1.X_2^{\ 2} + d_1.X_2^{\ 3} \quad (4.05)$$

$$S_{cs} = a_2 + b_2.X_2 - c_2.T + d_2.X_2^2 + e_2.X_2.T + f_2.T^2 \quad (4.06)$$

Onde S_{cp} e S_{cs} são as solubilidades calculadas, X_2 são as frações molares iniciais de etanol em água, T são as temperaturas absolutas, a_1; b_1; c_1 e d_1 são os parâmetros da equação 4.05 e a_2;b_2 ; c_2 ; d_2 ; e_2 e f_2 são os parâmetros da equação 4.06.

As cinco isotermas obtidas pelo ajuste, empregando-se a equação 4.05, estão apresentadas na Figura 4.15. Nesta Figura a solubilidade do acido é apresentada em função da fração molar inicial de etanol (X_2) na mistura liquida.

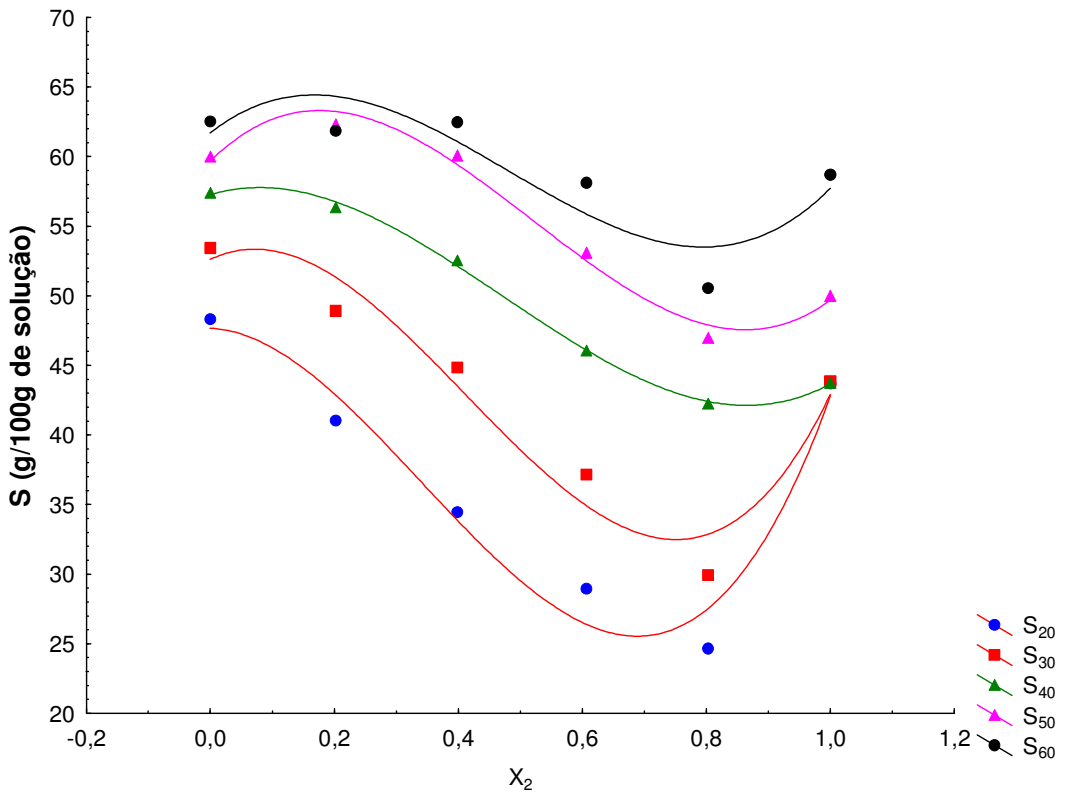

Figura 4.15: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau.

Na Tabela 4.17 encontram-se elencados os valores dos parâmetros de ajuste das equações na forma polinomial para as solubilidades experimentais do ácido dl-málico em etanol.

Tabela 4.17: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido dl-málico-etanol-água.

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	47,6708	-2,0746	-134,0165	131,2148
304	52,6099	21,3428	-163,7929	132,7434
313	57,2639	13,3114	-91,4619	64,5546
323	59,6654	44,3192	-151,4568	97,1568
333	61,6931	35,1497	-127,2305	88,1205

Com relação à equação 4.06, foi utilizado um programa computacional no qual todos os dados das solubilidades experimentais (S_{ep}), as frações molares iniciais de etanol na mistura (X_2) e as temperaturas (K), estão representados. A superfície gerada com os dados experimentais está representada na Figura 4.16.

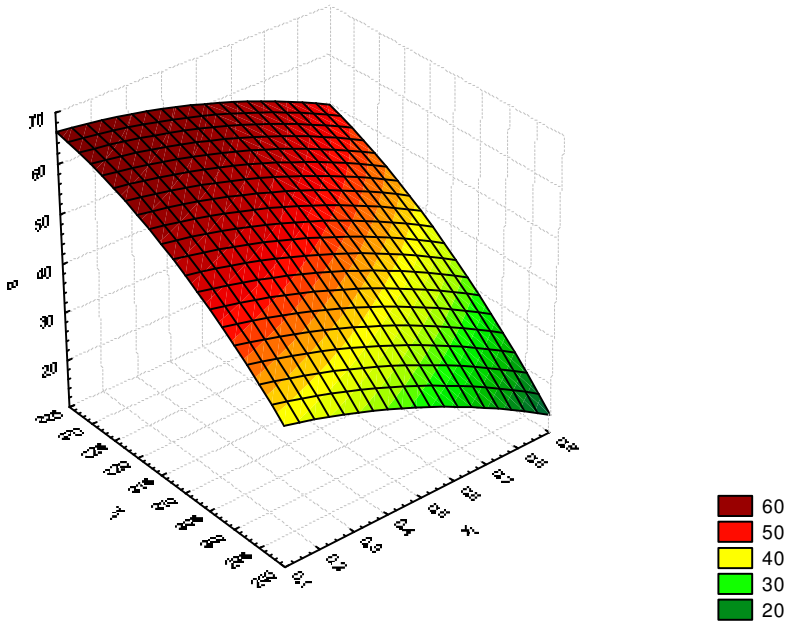

Figura 4.16: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido dl-málico em etanol.

A equação que representa esta superfície e que foi utilizada para determinar as solubilidades calculadas é:

$$S = -1025{,}8339-81{,}9626*X_2+6{,}3454*T-16{,}3886*X_2*X_2+0{,}232*X_2*T-0{,}0092*T*T \qquad (4.09)$$

Uma vez realizados os ajustes de parâmetros para as equações 4.05 e 4.09 foi possível determinar as solubilidades calculadas em função das temperaturas, bem como os respectivos desvios. Estes resultados estão apresentados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido dl-málico em água e em misturas de etanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cs}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	294,3	48,3321	44,7824	12,1176	47,6708	1,8067
0,2024	293,4	41,0338	40,4542		42,8488	
0,3986	293,5	34,4515	35,8996		33,8609	
0,6065	293,4	28,9314	29,4827		26,3892	
0,8028	293,5	24,6527	22,3347		27,5232	
1,0000	294,0	43,6904	14,3593		42,7945	
0,0000	303,5	53,4344	52,5623	8,1666	52,6099	1,9525
0,2024	303,8	48,8962	49,7946		51,3204	
0,3986	303,8	44,8484	45,6096		43,5001	
0,6065	303,8	37,1526	39,7981		34,9189	
0,8028	303,8	29,9296	33,0106		32,8621	
1,0000	303,2	43,8569	24,3244		42,9032	
0,0000	312,8	57,3794	58,8439	4,4626	57,2639	0,2543
0,2024	313,2	56,3462	56,5246		56,7466	
0,3986	313,2	52,5519	52,7675		52,1264	
0,6065	313,2	46,0486	47,4094		46,0956	
0,8028	313,2	42,2425	41,0499		42,4044	
1,0000	312,8	43,7389	33,0623		43,6680	
0,0000	321,9	59,9713	63,4499	4,2702	59,6654	0,6744
0,2024	322,3	62,2985	61,4910		63,2366	
0,3986	322,3	60,0678	58,1481		59,4203	
0,6065	322,2	53,1130	53,1732		52,5081	
0,8028	322,2	46,9679	47,2236		47,9012	
1,0000	322,8	49,9995	40,3611		49,6846	
0,0000	331,2	62,5359	66,5829	5,7557	61,6931	1,9857
0,2024	332,1	61,8401	65,1354		64,3260	
0,3986	332,1	62,4722	62,2385		61,0698	
0,6065	332,1	58,1146	57,7921		55,8700	
0,8028	332,1	50,5350	52,2933		53,5059	
1,0000	332,6	58,7009	45,7287		57,7328	

De acordo com os resultados da Tabela 4.18 pode-se notar que os ajustes, utilizando as equações polinomiais, apresentaram melhores resultados, não só em relação aos valores dos desvios, mas também em relação aos valores dos parâmetros a_1(s) que correspondem exatamente aos valores das solubilidades do ácido dl-málico em água. Ou seja, quando X_2 (fração do etanol em água) for zero, a solubilidade calculada corresponde à solubilidade experimental do ácido dl-málico em água pura.

No caso do ajuste realizado com a superfície quadrática, os valores dos desvios foram elevados. Entretanto, como pode ser notado na referida tabela que os desvios foram elevados basicamente devido as solubilidades do ácido dl-málico em etanol, fato este que não foi observado nas solubilidades do citado ácido em água e em mistura deste com o etanol. Conseqüentemente, a equação 4.09 pode ser utilizada para estimar dos valores das solubilidades do ácido dl-málico em mistura de etanol, no intervalo de concentração de 0 a 0,8028 de etanol em água.

Seguindo a mesma metodologia, e equações utilizadas para o ajuste das solubilidades do sistema ternário ácido dl-málico-etanol-água, foram realizados, empregando-se as mesmas equações, os ajustes para o sistema: ácido dl-málico-água-n-propanol. Na Figura 4.17 pode-se observar as isotermas polinomiais de ajustes cujos parâmetros estão elencados na Tabela 4.19.

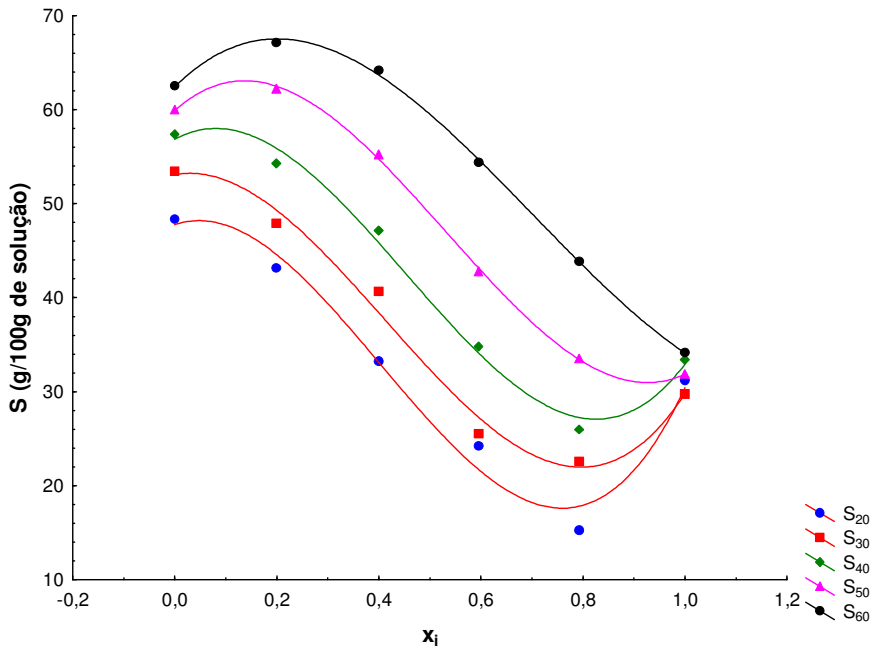

Figura 4.17: Representação gráfica dos pontos experimentais do sistema ácido dl-málico-água-n-propanol, ajustados por um polinômio do 3º grau.

Na Tabela 4.19, pode-se perceber que os parâmetros a_1 apresentam valores próximos aos das solubilidades do ácido dl-málico em água. Isto demonstra, em termos dos coeficientes angulares, que a função polinomial se ajusta adequadamente aos dados experimentais.

Tabela 4.19: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido dl-málico- n-propanol-água.

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293,4	47,7765	18,0983	-204,6254	169,1779
303,8	53,0962	9,7029	-171,7123	138,6961
313,2	56,8496	29,7520	-203,0785	149,4169
322,3	59,8940	49,1854	-207,2486	130,0223
332,1	62,4371	53,7429	-156,2943	74,2426

Seguindo a metodologia aplicada para o sistema ácido dl-málico-etanol-água, foi determinada (utilizando um programa computacional) a superfície quadrática para o sistema dl-málico-água-n-propanol, apresentada na Figura 4.18. A equação 4.10, obtida com os dados experimentais das solubilidades em função da fração molar inicial de etanol-água e da temperatura.

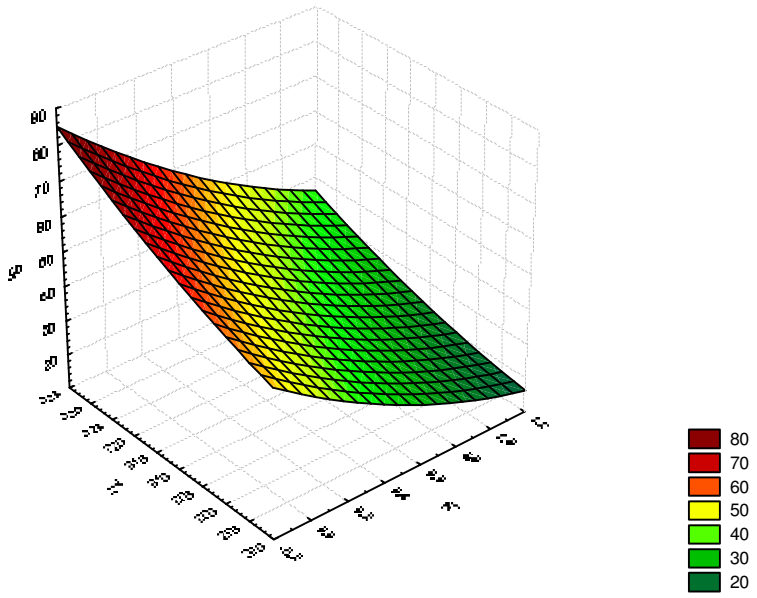

Figura 4.18: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido dl-málico em n-propanol.

$$S_{cs} = 350{,}3217+19{,}9323*X_2-2{,}545*T+9{,}3872*X_2*X_2-0{,}1912*X_2*T+0{,}0052*T*T \quad (4.10)$$

Com as equações polinomiais, cujos parâmetros estão alocados na Tabela 4.19 e com a equação 4.10, foram calculadas as solubilidades e os resultados que se encontram apresentados na Tabela 4.20.

Tabela 4.20: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido dl-málico em água e em misturas de n-propanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cs}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	294,3	48,3321	51,7131		47,7765	
0,2016	293,3	43,1827	44,2970		44,4948	
0,4005	293,3	33,2328	38,2316	7,3702	33,0709	1,7250
0,6022	293,5	24,2373	32,9176		21,4148	
0,8023	293,5	15,2520	28,3152		17,9507	
1,0000	294,0	31,1669	24,6656		30,4273	
0,0000	303,5	53,4344	56,8979		53,0962	
0,2024	303,8	47,9213	49,7439		49,2099	
0,3986	303,8	40,6394	43,3650	6,5499	38,4655	1,1821
0,6065	303,4	25,5139	37,1956		26,7606	
0,8028	303,4	22,5498	32,3179		21,9788	
1,0000	303,2	29,7296	28,0626		29,7829	
0,0000	312,8	57,3794	63,0337		56,8496	
0,2016	313,8	54,2615	56,0511		55,8182	
0,4005	313,4	47,1151	48,9502	6,2796	45,7900	1,0890
0,6022	313,8	34,7499	43,0233		33,7513	
0,8023	313,2	25,9526	37,3070		27,1642	
1,0000	312,8	33,3762	32,5458		32,9400	
0,0000	321,9	59,9713	69,1899		59,8940	
0,2016	322,1	62,1861	61,9766		62,4520	
0,4005	322,1	55,2019	54,8198	6,3080	54,7027	0,2921
0,6022	322,1	42,7723	48,3207		42,7507	
0,8023	322,0	33,5304	42,6279		33,0998	
1,0000	322,7	31,8465	38,1730		31,8531	
0,0000	331,2	62,5359	77,8236		62,4371	
0,2016	331,7	67,1555	69,8888		67,5278	
0,4005	331,7	64,1754	62,3631	7,9014	63,6609	0,3442
0,6022	331,7	54,4046	55,4899		54,3352	
0,8023	331,7	43,8325	49,4260		43,2917	
1,0000	331,5	34,1482	44,0306		34,1283	

Observando-se os valores dos desvios, calculados com a equação 4.04, para a função quadrática, conclui-se que esta função não pode ser utilizada para ajuste dos dados. Não só pelos valores elevados dos desvios como também pelo valor do parâmetro (a_2 = 350,3217). Este valor estaria representando a solubilidade do ácido dl-málico em água quando a temperatura tendesse a zero K, valor este que está incoerente com os princípios termodinâmicos.

Para as funções polinomiais de terceiro grau, os ajustes dos dados experimentais foram adequados, pois os valores dos desvios foram relativamente baixos e os parâmetros que representam as solubilidades do ácido dl-málico em água (a_1) estão em concordância.

4.4 – O ácido succínico

4.4.1- Solubilidades do ácido succínico em solventes puros e em misturas de solventes

Nos subitens a seguir estão apresentados os dados experimentais para o ácido succínico em água, em etanol, em n-propanol, em misturas de etanol e água, e em misturas de n-propanol e água, em diversas concentrações e temperaturas.

4.4.1.1 – Solubilidades do ácido succínico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

A Figura 4.19 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido succínico em mistura de etanol e água. Nesta Figura observa-se que as massas contidas nos recipientes, durante o procedimento de pesagem, apresentaram um valor mínimo no vigésimo dia de secagem e, a partir deste, as massas passaram a oscilar. Este ponto de mínimo foi o escolhido para a determinação das massas secas, para o referido experimento. Seguindo os mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido succínico.

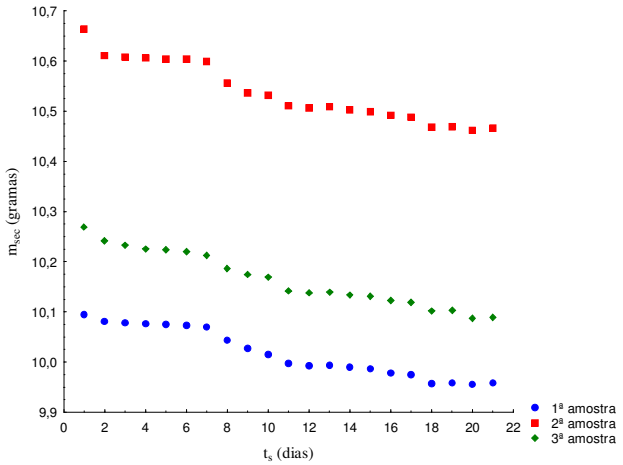

Figura 4.19: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido succínico em mistura de etanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,1989 (etanol em água) e T= 60 ºC.

A Tabela 4.21 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido succínico em água pura, em etanol e em misturas de etanol e água. Nela pode-se verificar que a solubilidade do ácido succínico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da

solução. Porém, com a presença de etanol formando uma mistura líquida, a solubilidade do ácido succínico aumenta passando por um máximo quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) em torno de 0,40 de etanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.20.

Tabela 4.21: Solubilidades experimentais do ácido succínico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Amostras	X_K	T(K)	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,0000	293,5	5,9866	5,9087	6,0601	0,0631
A_{2j}	0,1989	293,3	10,0219	9,9764	10,1074	0,0741
A_{3j}	0,4005	293,8	12,7243	12,6769	12,8181	0,0812
A_{4j}	0,5957	294,8	12,6599	12,3644	12,8265	0,2566
A_{5j}	0,7926	293,7	10,4492	9,1953	11,1795	1,0908
A_{6j}	1,0000	293,4	7,3115	6,9388	7,5249	0,2155
A_{1j}	0,0000	303,2	8,9117	8,8719	8,9399	0,0355
A_{2j}	0,1989	303,1	15,1000	14,8039	15,6720	0,4955
A_{3j}	0,4005	303,8	17,1841	16,9985	17,4255	0,2189
A_{4j}	0,5957	302,3	16,8579	16,3972	17,3977	0,5049
A_{5j}	0,7926	304,0	14,5209	14,3731	14,6963	0,1634
A_{6j}	1,0000	303,0	8,8937	8,8274	8,9899	0,0853
A_{1j}	0,0000	313,0	12,8425	12,7510	12,9094	0,0820
A_{2j}	0,1989	313,1	20,3230	20,1583	20,5252	0,1863
A_{3j}	0,4005	313,8	22,2762	22,1778	22,3884	0,1060
A_{4j}	0,5957	312,3	21,0577	20,7451	21,2389	0,2719
A_{5j}	0,7926	314,0	18,5434	18,3420	18,7190	0,1899
A_{6j}	1,0000	308,4	10,6184	10,4636	10,7262	0,1374
A_{1j}	0,0000	322,7	17,3250	17,3078	17,3422	0,0172
A_{2j}	0,1989	322,6	26,8711	26,6501	27,1011	0,2256
A_{3j}	0,4005	322,3	28,2596	27,7697	28,6268	0,4415
A_{4j}	0,5957	315,4	26,3040	26,0979	26,5977	0,2612
A_{5j}	0,7926	323,5	23,2738	23,2093	23,3925	0,1029
A_{6j}	1,0000	322,6	13,3758	12,8038	13,8247	0,5214
A_{1j}	0,0000	332,1	23,5045	23,4133	23,5885	0,0878
A_{2j}	0,1989	332,4	35,5923	35,4929	35,7370	0,1282
A_{3j}	0,4005	332,3	35,3358	35,1212	35,5781	0,2297
A_{4j}	0,5957	323,2	32,9223	32,6902	33,1894	0,2515
A_{5j}	0,7926	333,2	28,9464	28,7457	29,0595	0,1743
A_{6j}	1,0000	332,2	16,6612	16,3033	16,8720	0,3116

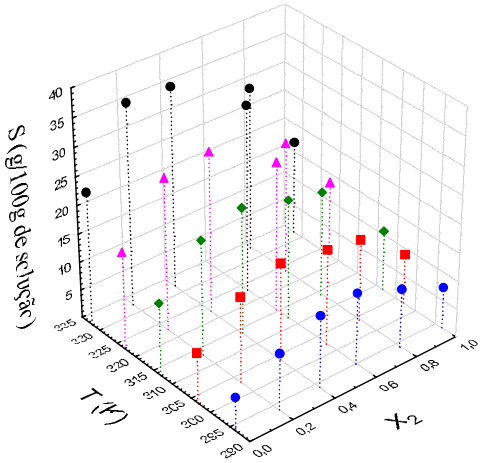

Figura 4.20: Solubilidades do ácido succínico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

4.4.1.2 – Solubilidades do ácido succínico em água e em misturas de n-propanol e água

A Figura 4.21 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido succínico em mistura de n-propanol e água.

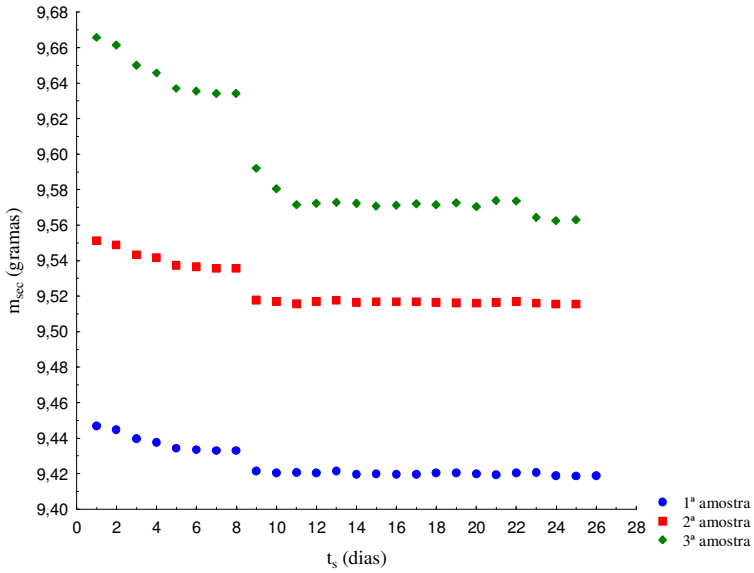

Figura 4.21: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido succínico em mistura de n-propanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,4026 (n-propanol em água) e T= 20 ºC.

A Tabela 4.22 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido succínico em água pura, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água. Nela é possível verificar que a solubilidade do ácido succínico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução. Porém, com a introdução de n-propanol na mistura líquida, a solubilidade do ácido succínico aumenta, para uma dada temperatura, passando por um máximo quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) em torno de 0,40 de n-propanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.22.

Tabela 4.22: Solubilidades experimentais do ácido succínico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,0000	293,5	5,9866	5,9087	6,0601	0,0631
A_{2j}	0,4026	294,1	9,3687	9,1745	9,5945	0,2118
A_{3j}	0,5996	294,2	7,2875	6,9751	7,7004	0,3730
A_{4j}	0,7974	293,9	5,3744	5,2657	5,4855	0,1099
A_{6j}	1,0000	293,4	2,6317	2,5263	2,7956	0,1006
A_{1j}	0,0000	303,2	8,9117	8,8719	8,9399	0,0355
A_{2j}	0,4026	304,1	11,6675	11,5513	11,7303	0,1007
A_{3j}	0,5996	307,1	10,3354	10,1383	10,4452	0,1711
A_{4j}	0,7974	304,1	7,0836	6,6284	7,5443	0,4580
A_{6j}	1,0000	302,9	3,2414	3,0856	3,5059	0,2302
A_{1j}	0,0000	313,0	12,8425	12,7510	12,9094	0,0820
A_{2j}	0,4026	314,4	16,4667	15,9263	16,9519	0,5150
A_{3j}	0,5996	314,9	13,7672	13,7034	13,8729	0,0922
A_{4j}	0,7974	314,4	10,1055	9,9175	10,3221	0,2038
A_{6j}	1,0000	312,8	4,6262	4,4726	4,7225	0,1344
A_{1j}	0,0000	322,7	17,3250	17,3078	17,3422	0,0172
A_{2j}	0,4026	322,3	21,0553	20,7093	21,4772	0,3895
A_{3j}	0,5996	322,0	16,7453	16,4155	17,0320	0,3105
A_{4j}	0,7974	322,4	12,5372	12,0309	13,0610	0,5153
A_{6j}	1,0000	322,5	6,1348	5,9852	6,4309	0,2565
A_{1j}	0,0000	332,1	23,5045	23,4133	23,5885	0,0878
A_{2j}	0,4026	332,8	27,4003	26,6692	27,8598	0,6401
A_{3j}	0,5996	332,7	23,3764	22,8544	23,7791	0,4737
A_{4j}	0,7974	332,8	16,8496	16,2495	17,8478	0,8703
A_{6j}	1,0000	332,2	8,5758	8,1074	8,8936	0,4142

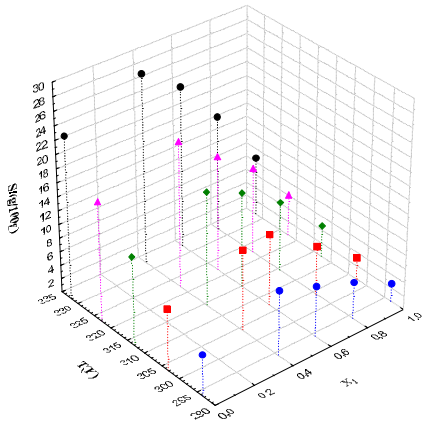

Figura 4.22: Solubilidades do ácido succínico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

4.4.2 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido succínico em solventes puros

Após a obtenção das solubilidades experimentais do ácido succínico em água, em etanol e em n-propanol, apresentadas nas Tabelas 4.21 e 4.22, foram utilizadas as equações 4.02 e a equação 4.03, anteriormente descrita. Em que S_{cp} e S_{ce} são as solubilidades calculadas, em função das temperaturas, nas equações 4.02 e 4.03, respectivamente. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 4.23 e Tabela 4.25.

Os desvios definidos pelo método dos mínimos quadrados, conforme equação 4.04, anteriormente descrita, estão alocados nas Tabela 4.24 e Tabela 4.25. Em que S_{ci} são as solubilidades calculadas pela equação 4.02 ou 4.03, S_i são as solubilidades experimentais e n o número de pontos experimentais.

Tabela 4.23: Solubilidades do ácido succínico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			N-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)
293,39	5,96994	8,4654	293,3	7,4769	6,3325	293,3	2,6750	4,6993
293,49	6,003206	8,4904	293,4	7,1460	6,3482	293,4	2,5884	4,7048
303,15	8,911698	11,4317	303,0	8,8937	8,0249	302,9	3,2414	5,4873
313,01	12,84252	15,5117	308,4	10,6184	9,1220	312,8	4,6262	6,8597
322,67	17,32498	20,5649	322,6	13,3758	12,5356	322,5	6,1348	8,7558
332,14	23,50453	26,5333	332,2	16,6612	15,2776	332,2	8,5758	11,1976

Na Tabela 4.23, verificamos que a função polinomial (equação 4.02) não apresentou resultados satisfatório para os ajustes, fato este observável através dos desvios padrão alocados na Tabela 4.24.

Tabela 4.24: Parâmetros obtidos com equação 4.02, para o ácido succínico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a (g/100g)	b (g/100g) T^{-1}	c (g/100g) T^{-2}	σ (g/100g)
Água	417,3677	-3,0367	0,0056	2,5009
Etanol	124,0133	-0,9585	0,0019	1,1225
N-propanol	238,2629	-1,6469	0,0029	2,3221

Na Tabela 4.25, apresentada abaixo, estão alocados os resultados das solubilidades experimentais e os resultados calculados com a equação 4.03 (função exponencial) em função das temperaturas.

Tabela 4.25: Solubilidades do ácido succínico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			N-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)
293,4	5,96994	6,8723	293,3	7,4769	7,3564	293,3	2,6750	2,2358
293,5	6,003206	6,8968	293,4	7,1460	7,3719	293,4	2,5884	2,2426
303,2	8,911698	9,7274	303,0	8,8937	9,0272	302,9	3,2414	2,9935
313,0	12,84252	13,8179	308,4	10,6184	10,1166	312,8	4,6262	4,0446
322, 7	17,32498	19,4892	322,6	13,3758	13,6508	322,5	6,1348	5,4318
332,1	23,50453	27,3029	332,2	16,6612	16,7159	332,2	8,5758	7,2947

Na referida Tabela, podemos observar os valores das solubilidades calculados para todos os solventes. Estes estão em concordância com os respectivos valores das solubilidades experimentais. Fato que também pode ser observado na Tabela 4.26, onde estão relacionados os parâmetros da equação 4.03 e seus respectivos desvios.

Tabela 4.26: Parâmetros obtidos com equação 4.03, para o ácido succínico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a' (g/100g)	*b'*	σ (g/100g)
Água	0,0002	0,0356	0,8799
Etanol	0,0151	0,0211	0,2626
N-Propanol	0,0003	0,0304	0,6889

De acordo com os resultados apresentados anteriormente, pode-se concluir que a equação empírica 4.02 não deve ser utilizada para ajustes das solubilidades do referido ácido quando em presença de água e n-propanol, mas poderia ser utilizada para o cálculo aproximado em presença de etanol (dentro da faixa experimental deste trabalho). Com relação ao parâmetro a, os valores encontrados foram significativamente altos; o que implica na impossibilidade de se utilizar a equação polinomial em temperatura inferiores.

Com relação aos resultados obtidos com a equação 4.03 (função exponencial), tanto os valores dos desvios quanto os valores encontrados para o parâmetro a' são aceitáveis, pois não apresentam valores elevados.

Portanto, pode-se concluir que, dentre as equações empíricas, a que melhor se ajusta aos dados experimentais, para o ácido succínico, em misturas de solventes, é a função exponencial.

No gráfico a seguir, estão ilustrados os valores das solubilidades experimentais do ácido succínico em água destilada e deionizada (S_{ae}), em etanol (S_{ee}), e em n-propanol (S_{pe}), bem como os valores das solubilidades calculadas (equação 4.03) para o ácido succínico em água (S_{ac}), em etanol (S_{ec}), e em n-propanol (S_{pe}). Com o intuito de melhor se observar o comportamento das solubilidades experimentais e das solubilidades calculadas pela equação empírica que apresentaram melhor ajuste dos dados, foi mostrado num gráfico representado na Figura 4.23.

Na Figura 4.23 pode-se observar, também, que a solubilidade do ácido succínico em água é maior que a solubilidade do ácido succínico em etanol e em n-propanol.

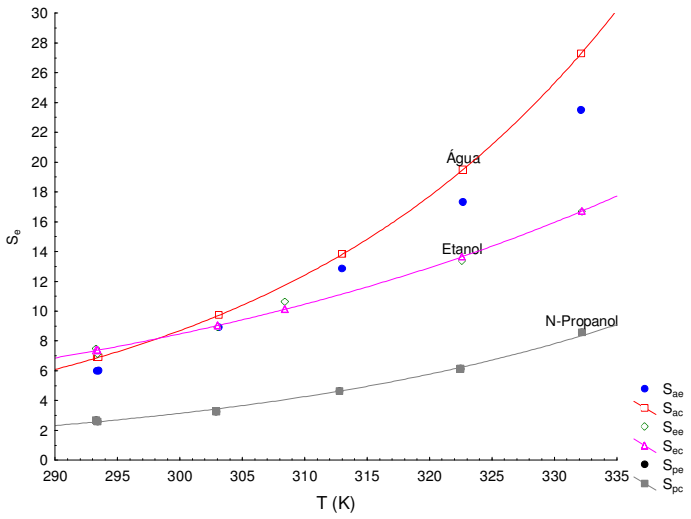

Figura 4.23: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido succínico em água, etanol e n-propanol.

4.4.3 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.

Neste subitem serão mostrados os resultados obtidos nos ajustes de todos os dados experimentais de solubilidades para o ácido succínico. Seguindo a mesma metodologia aplicada aos outros ácidos, foram utilizadas as equações 4.05 e 4.06 descritas anteriormente, reapresentadas a seguir.

$$S_{cp} = a_1 + b_1.X_2 + c_1.X_2^{\ 2} + d_1.X_2^{\ 3} \qquad (4.05)$$

$$S_{cs} = a_2 + b_2.X_2 - c_2.T + d_2.X_2^2 + e_2.X_2.T + f_2.T^2 \qquad (4.06)$$

Onde S_{cp} e S_{cs} são as solubilidades calculadas, X_2 são as frações molares iniciais de etanol em água, T são as temperaturas absolutas, a_1; b_1; c_1 e d_1 são os parâmetros da equação 4.05 e a_2;b_2 ; c_2 ; d_2 ; e_2 e f_2 são os parâmetros da equação 4.06.

As cinco isotermas obtidas pelo ajuste, empregando-se a equação 4.05, estão apresentadas na Figura 4.24. Nesta Figura a solubilidade do acido é apresentada em função da fração molar inicial de etanol (X_2) na mistura liquida.

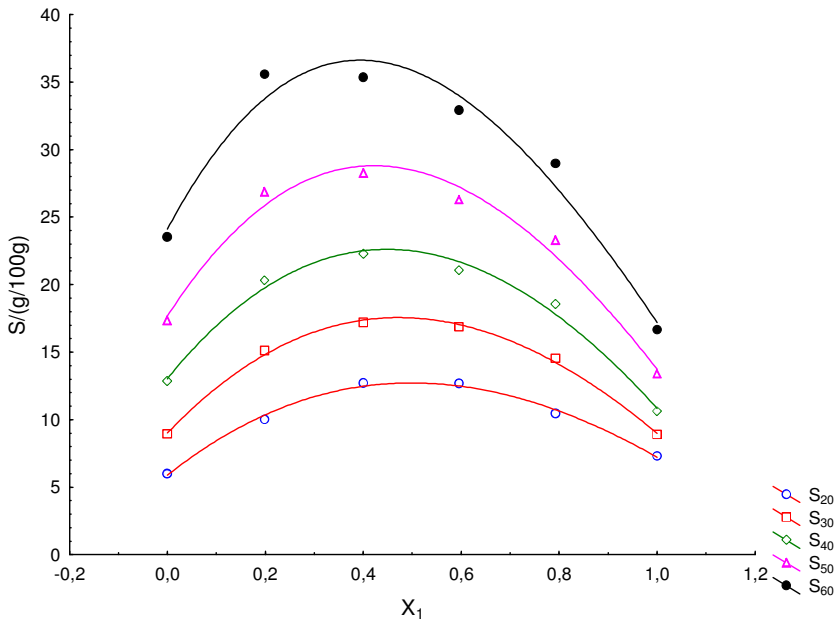

Figura 4.24: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau.

Na Tabela 4.27, apresentada abaixo, encontram-se elencados os valores dos parâmetros de ajuste das equações na forma polinomial para as solubilidades experimentais do ácido succínico em etanol.

Tabela 4.27: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido succínico-etanol-água .

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	5,8798	28,8251	-33,0713	5,5851
304	9,0085	37,9232	-45,5281	7,5803
313	13,0415	44,5562	-55,8157	9,0596
323	17,6697	56,0179	-77,6239	17,6723
333	24,1035	68,093	-103,3491	28,3564

Com relação à equação 4.06, foi utilizado um programa computacional no qual todos os dados das solubilidades experimentais (S_{ep}), as frações molares iniciais de etanol na mistura (X_2) e as temperaturas (K), estão representados. A superfície gerada com os dados experimentais está representada na Figura 4.25.

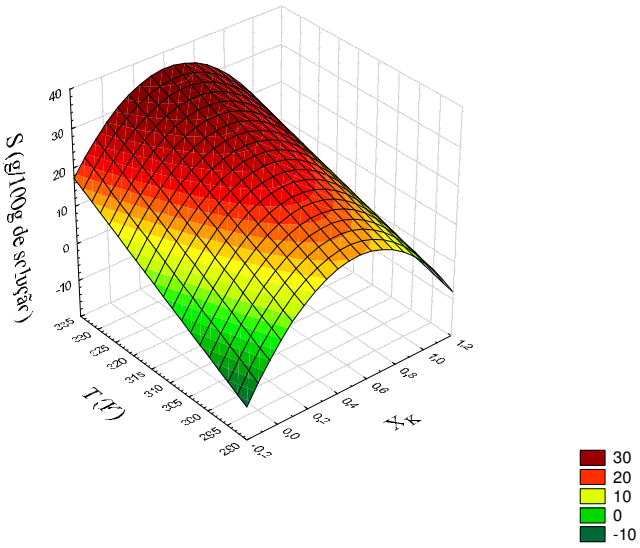

Figura 4.25: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido succínico em etanol.

A equação que representa esta superfície e que foi utilizada para determinar as solubilidades calculadas é:

$$S=-166,4528+115,1114*X_2+0,5662*T-48,2697*X_2*X_2-0,2225*X_2*T+3,6297E-5*T*T \quad (4.11)$$

Uma vez realizados os ajustes de parâmetros para as equações 4.05 e 4.11 foi possível determinar as solubilidades calculadas em função das temperaturas, bem como os respectivos desvios. Estes resultados estão apresentados na Tabela 4.28.

Tabela 4.28: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido succínico em misturas de etanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{ce}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	293,5	5,9866	5,8798	0,2214	2,8536	2,5496
0,1989	293,3	10,0219	10,3487		10,7421	
0,4005	293,8	12,7243	12,4784		15,2086	
0,5957	294,8	12,6599	12,4959		15,9866	
0,7926	293,7	10,4492	10,7317		12,0896	
1,0000	293,4	7,3115	7,2187		4,3551	
0,0000	303,2	8,9117	9,0085	0,2061	8,5558	1,8682
0,1989	303,1	15,1000	14,8099		16,0693	
0,4005	303,8	17,1841	17,3810		20,1964	
0,5957	302,3	16,8579	17,0457		19,4016	
0,7926	304,0	14,5209	14,2394		16,3285	
1,0000	303,0	8,8937	8,9839		7,8624	
0,0000	313,0	12,8425	13,0415	0,4840	14,3238	2,3406
0,1989	303,1	20,3230	19,7669		16,0693	
0,4005	303,8	22,2762	22,5154		20,1964	
0,5957	302,3	21,0577	21,6921		19,4016	
0,7926	304,0	18,5434	17,8035		16,3285	
1,0000	308,4	10,6184	10,8416		9,8382	
0,0000	322,7	17,3250	17,6697	0,7891	20,0397	1,5088
0,1989	322,6	26,8711	25,8798		26,6901	
0,4005	322,3	28,2596	28,7893		29,4430	
0,5957	315,4	26,3040	27,2298		25,3762	
0,7926	323,5	23,2738	22,1045		24,3747	
1,0000	322,6	13,3758	13,7360		15,0440	
0,0000	332,1	23,5045	24,1035	1,2619	25,5854	2,5023
0,1989	332,4	35,5923	33,7817		32,0381	
0,4005	332,3	35,3358	36,6292		34,4515	
0,5957	323,2	32,9223	33,9864		28,9395	
0,7926	333,2	28,9464	27,2679		28,3874	
1,0000	332,2	16,6612	17,2038		18,5717	

De acordo com os resultados da Tabela 4.28 pode-se notar que os ajustes, utilizando as equações polinomiais, apresentaram melhores resultados, não só em relação aos valores dos desvios, mas também em relação aos valores dos parâmetros a_1(s) que correspondem exatamente aos valores das solubilidades do ácido succínico em água. Ou seja, quando X_2 (fração do etanol em água) for zero, a solubilidade calculada corresponde à solubilidade experimental do ácido succínico em água pura.

No caso do ajuste realizado com a superfície quadrática, os valores dos desvios foram elevados. Entretanto, a equação 4.11 poderia ser utilizada para uma estimativa dos valores das solubilidades do ácido succínico em mistura de etanol e água.

Mantendo a metodologia anterior e os mesmos tipos de equações, utilizadas para o ajuste das solubilidades do sistema ternário ácido succínico-etanol-água, foram realizados os ajustes para o sistema: ácido succínico-água-n-propanol. Na Figura 4.26 pode-se observar as isotermas polinomiais de ajustes cujos parâmetros estão elencados na Tabela 4.29.

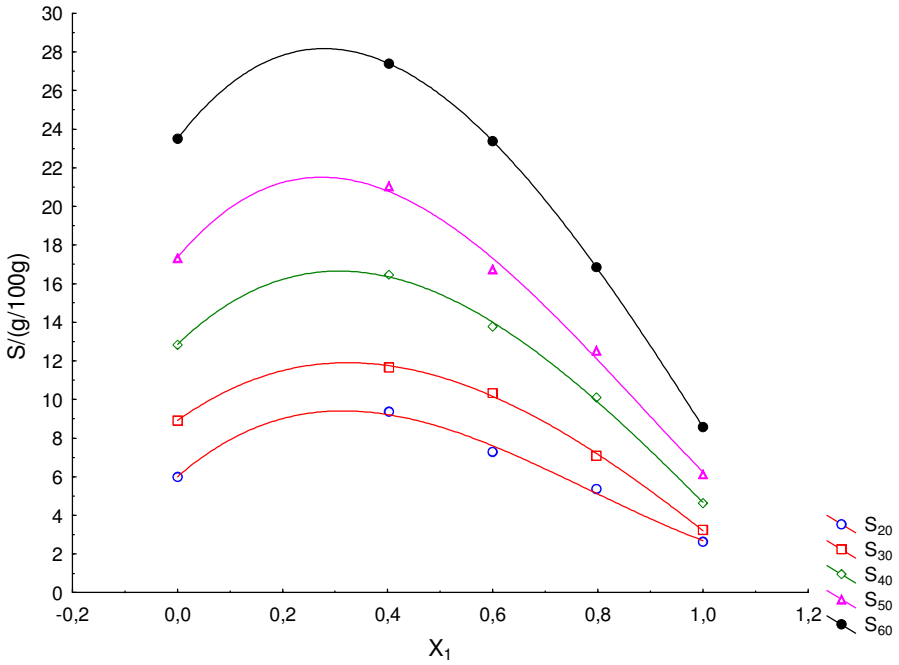

Figura 4.26: Representação gráfica dos pontos experimentais do sistema ácido succínico-água-n-propanol, ajustados por um polinômio do 3º grau.

Na Tabela 4.29, pode-se perceber que os parâmetros a_1 apresentam valores próximos aos das solubilidades do ácido succínico em água. Isto demonstra, em termos dos coeficientes angulares, que a função polinomial se ajusta adequadamente aos dados experimentais.

Tabela 4.29: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido succínico- n-propanol-água.

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	6,0020	23,6097	-46,8943	19,9756
304	8,9036	19,5145	-34,7441	9,5352
313	12,8542	26,1024	-49,3638	15,0800
323	17,3529	32,3036	-69,7819	26,3709
333	23,5051	35,1351	-72,1852	22,1232

Seguindo a metodologia aplicada para o sistema ácido succínico-etanol-água, foi determinada (utilizando um programa computacional) a superfície quadrática para o sistema succínico-água-n-propanol, apresentada na Figura 4.29. A equação 4.12 obtida com os dados experimentais das solubilidades em função da fração molar inicial de etanol-água e da temperatura.

$$S= 375,8542+104,3964*X_2 -2,8338*y-23,4788* X_2* X_2 -0,2879* X_2*T+0,0054*T*T \quad (4.12)$$

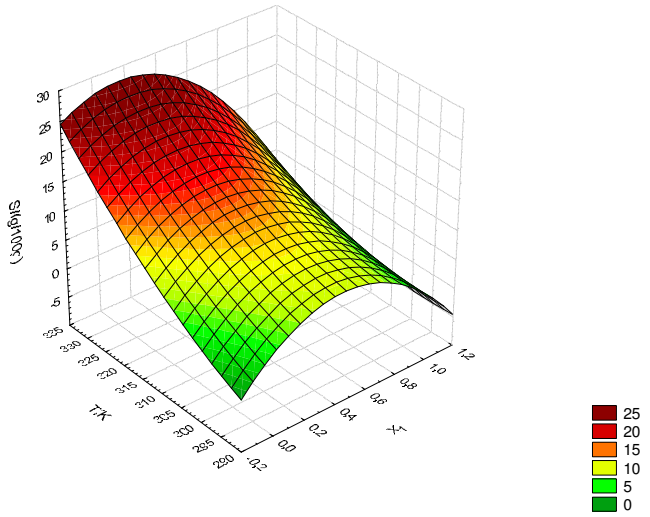

Figura 4.29: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido succínico em n-propanol.

Com as equações polinomiais, cujos parâmetros estão alocados na Tabela 4.29 e com a equação 4.12, foram calculadas as solubilidades e os resultados que se encontram apresentados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido succínico em água e em misturas de n-propanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{cs}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	293,5	5,9866	6,0020		9,3020	
0,4026	294,1	9,3687	9,2099		13,6413	
0,5996	294,2	7,2875	7,6050	0,1926	12,9086	4,3154
0,7974	293,9	5,3744	4,1390		10,2830	
1,0000	293,4	2,6317	2,6930		5,7162	
0,0000	303,2	8,9117	8,9036		13,0693	
0,4026	304,1	11,6675	11,7508		16,4470	
0,5996	307,1	10,3354	10,1688	0.1010	16,0123	4,6950
0,7974	304,1	7,0836	7,2071		11,9745	
1,0000	302,9	3,2414	3,2092		6,6503	
0,0000	313,0	12,8425	12,8542		17,9074	
0,4026	314,4	16,4667	16,3459		20,4660	
0,5996	314,9	13,7672	14,0087	0,1465	18,7609	4,8462
0,7974	314,4	10,1055	9,9264		14,8227	
1,0000	312,8	4,6262	4,6728		8,6608	
0,0000	322,7	17,3250	17,3529		23,7175	
0,4026	322,3	21,0553	20,7685		24,3249	
0,5996	322,0	16,7453	17,3189	0,3479	21,8340	5,2660
0,7974	322,4	12,5372	12,1119		17,8255	
1,0000	322,5	6,1348	6,2455		11,6573	
0,0000	332,1	23,5045	23,5051		30,3174	
0,4026	332,8	27,4003	27,3939		30,4971	
0,5996	332,7	23,3764	23,3891	0,0077	27,4938	4,9122
0,7974	332,8	16,8496	16,8401		22,7625	
1,0000	332,2	8,5758	8,5782		15,6700	

Observando-se os valores dos desvios, calculados com a equação 4.04, para a função quadrática, conclui-se que esta função não pode ser utilizada para ajuste dos dados. Não só pelos valores elevados dos desvios como também pelo valor do parâmetro (a_2 = 375,8542). Para as funções polinomiais de terceiro grau, os ajustes dos dados experimentais foram satisfatório, pois

os valores dos desvios foram relativamente baixos e os parâmetros que representam as solubilidades do ácido succínico em água (a_1) estão em concordância.

4.5 – O ácido cítrico

4.5.1- Solubilidades do ácido cítrico em solventes puros e em misturas de solventes

Nos subitens a seguir estão apresentados os dados experimentais para o ácido cítrico em água, em etanol, em n-propanol, em misturas de etanol e água, e em misturas de n-propanol e água, em diversas concentrações e temperaturas.

4.5.2 – Solubilidades do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

A Figura 4.28 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido cítrico em mistura de etanol e água. Nesta Figura observa-se que as massas contidas nos recipientes, durante o procedimento de pesagem, apresentaram um valor mínimo no décimo dia de secagem e, a partir deste, as massas passaram a oscilar. Este ponto de mínimo foi o escolhido para a determinação das massas secas, para o referido experimento. Seguindo os mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido cítrico.

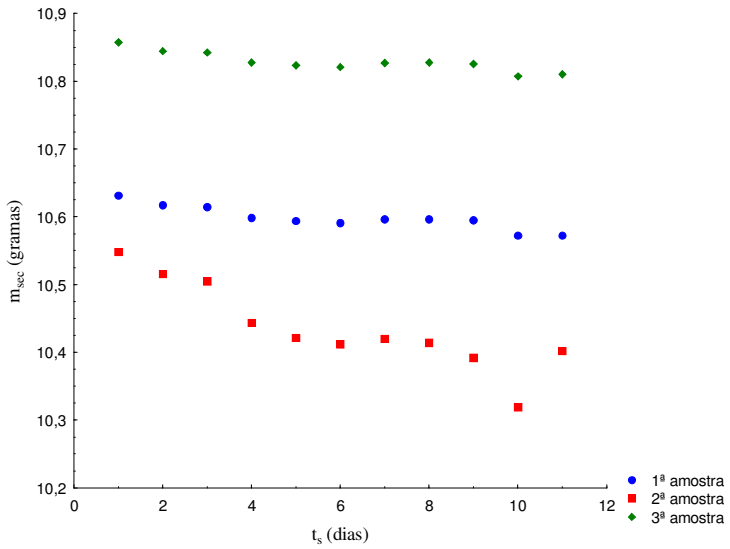

Figura 4.28: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido cítrico em mistura de etanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,3985 (etanol em água) e T= 40 ºC.

A Tabela 4.31 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido cítrico em água pura, em etanol e em misturas de etanol e água. Nela pode-se verificar que a solubilidade do ácido cítrico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução.

Tabela 4.31: Solubilidades experimentais do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Amostras	X_k	T_t (K)	S (g/100g de solução)	Desvios
A_{1j}	0,0000	293,7	59,7808	0,6244
A_{2j}	0,1989	294,2	65,1860	1,0806
A_{3j}	0,3997	294,2	63,3514	0,9086
A_{4j}	0,6005	293,7	49,8691	0,3063
A_{5j}	0,7988	293,6	43,1676	1,1742
A_{6j}	1,0000	294,2	57,9317	0,3089
A_{1j}	0,0000	304,3	65,477	1,6955
A_{2j}	0,1997	303,0	63,1059	0,8756
A_{3j}	0,3997	302,9	56,9968	1,4256
A_{4j}	0,6005	303,4	55,1738	0,6646
A_{5j}	0,7988	303,5	48,2339	1,5393
A_{6j}	1,0000	303,9	61,3896	0,8576
A_{1j}	0,0000	313,4	68,7762	0,6999
A_{2j}	0,1997	312,5	68,3427	1,1875
A_{3j}	0,3997	311,8	64,4839	1,0894
A_{4j}	0,6005	312,7	59,7145	2,0491
A_{5j}	0,7988	312,7	54,3570	0,2883
A_{6j}	1,0000	313,2	61,5424	0,4577
A_{1j}	0,0000	322,8	70,956	0,7472
A_{2j}	0,1997	320,9	72,5078	0,6879
A_{3j}	0,3997	322,5	70,4414	0,4563
A_{4j}	0,6005	322,6	60,8351	0,3263
A_{5j}	0,7988	322,4	66,2090	0,4474
A_{6j}	1,0000	322,2	58,7336	0,5303
A_{1j}	0,0000	332,6	73,4565	1,4652
A_{2j}	0,1989	331,5	77,3230	0,6257
A_{3j}	0,3997	331,6	72,0076	2,2312
A_{4j}	0,6005	331,5	73,5463	0,9385
A_{5j}	0,7988	330,9	68,2912	1,4378
A_{6j}	1,0000	330,7	51,6404	2,1106

Entretanto, com a presença de etanol formando uma mistura líquida, a solubilidade do ácido cítrico oscila passando por um mínimo quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) em torno de 0,80 de etanol e água, nas temperaturas compreendida entre 293 a 322 K. Nas temperaturas de 330 K a oscilação ocorre também, mas o ponto de mínimo está compreendido quando a composição da solução inicial for em torno de 0,40 (fração molar do etanol em água), fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.29.

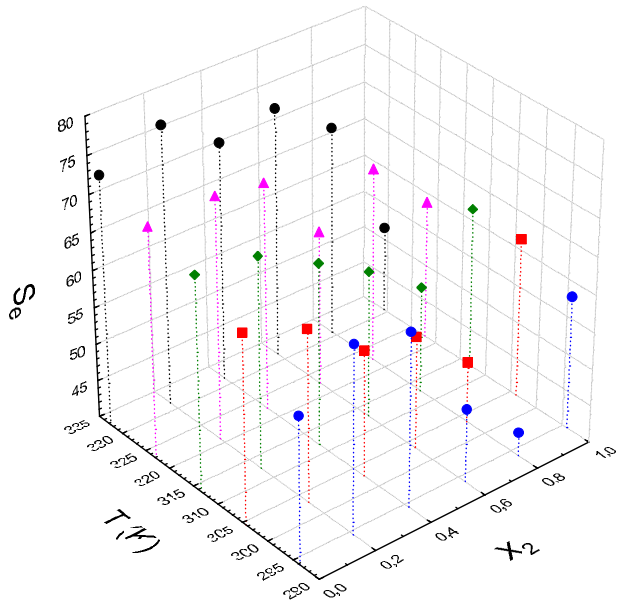

Figura 4.29: Solubilidades do ácido cítrico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

4.5.3 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido cítrico em solventes puros

Após a obtenção das solubilidades experimentais do ácido cítrico em água e em etanol, apresentadas nas Tabelas 4.31, foram utilizadas as equações 4.02 e a equação 4.03, anteriormente descrita.

Em que S_{cp} e S_{ce} são as solubilidades calculadas, em função das temperaturas, nas equações 4.02 e 4.03, respectivamente. Os valores obtidos estão ilustrados na Tabela 4.32 e Tabela 4.34.

Os desvios definidos pelo método dos mínimos quadrados, conforme equação 4.04, anteriormente descrita, estão alocados nas Tabelas 4.32 e 4.33. Em que S_{ci} são as solubilidades calculadas pela equação 4.02 ou 4.03, S_i são as solubilidades experimentais e n o número de pontos experimentais.

Tabela 4.32: Solubilidades do ácido cítrico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)
293,7	59,7808	61,7707	294,2	57,9317	55,8643	294,2	55,2810	51,5803
304,3	65,4770	67,1354	303,9	61,3896	59,5965	303,9	56,1472	52,3516
313,4	68,7762	70,7907	313,2	61,5424	59,4963	313,2	56,1478	48,1789
322,8	70,9560	73,6450	322,2	58,7336	55,9651	322,2	40,1687	39,5621
332,6	73,4565	75,6234	330,7	51,6405	49,4277	330,8	33,7364	27,1205

Na Tabela 4.32, verificamos que a função polinomial (equação 4.02) não apresentou bom ajuste, fato este observável através dos desvios padrão alocados na Tabela 4.33.

Tabela 4.33: Parâmetros obtidos com equação 4.02, para o ácido cítrico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a (g/100g)	b (g/100g) T^{-1}	c (g/100g) T^{-2}	σ (g/100g)
Água	-560,5473	3,6755	-0,0053	2,1305
Etanol	-1935,8979	12,9482	-0,0210	2,2017
n-Propanol	-2457,3397	16,7067	-0,0278	5,2104

Na Tabela 4.34 estão ilustrados os resultados das solubilidades experimentais e os resultados calculados com a equação 4.03 (função exponencial) em função das temperaturas.

Tabela 4.34: Solubilidades do ácido cítrico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)
293,7	59,7808	60,2748	294,2	57,9317	61,5765	294,2	55,2810	61,4472
304,3	65,4770	63,6229	303,9	61,3896	59,8807	303,9	56,1472	53,4886
313,4	68,7762	66,6453	313,2	61,5424	58,2810	313,2	56,1478	46,8279
322,8	70,9560	69,9181	322,2	58,7336	56,7884	322,2	40,1687	41,1728
332,6	73,4565	73,5014	330,7	51,6405	55,3940	330,8	33,7364	36,4084

Na referida Tabela, podemos observar os valores das solubilidades calculados para todos os solventes. Estes estão em concordância com os respectivos valores das solubilidades experimentais do sistema ácido-água. Fato que também pode ser observado na Tabela 4.35, onde estão relacionados os parâmetros da equação 4.06 e seus respectivos desvios.

Tabela 4.35: Parâmetros obtidos com equação 4.03, para o ácido cítrico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

Equação 4.05 - Função Exponencial			
	a' (g/100g)	b'	σ (g/100g)
Água	13,4778	0,0051	1,3639
Etanol	144,5462	-0,0029	2.9689
n-Propanol	4126,7228	-0,0143	5,2934

De acordo com os resultados apresentados anteriormente, pode-se concluir que a equação empírica 4.02 (função polinomial) não pode ser utilizada para ajustes dos sistemas citados, pois os desvios apresentaram valores elevados e os parâmetros a apresentaram uma inconsistência termodinâmica pois, apresentariam valores de solubilidades negativo quando a temperatura tendesse a 0 K.

No caso da equação 4.03 (função exponencial), os valores dos desvios são aceitáveis; mas os valores encontrados para o parâmetro a' não são aceitáveis e a equação não pode ser extrapolada.

Embora nenhuma das equações utilizadas para o ajuste apresentou bons resultados, exceto para o sistema contendo ácido e água, a equação 4.03 (função exponencial) seria a que poderia ser utilizada para representar o sistema, pois não apresenta inconsistência termodinâmica.

Portanto, pode-se concluir que, dentre as equações empíricas, a que melhor se ajusta aos dados experimentais para o ácido cítrico em misturas de solventes, é a função exponencial.

No gráfico a seguir, estão ilustrados os valores das solubilidades experimentais do ácido cítrico em água destilada e deionizada (S_{ae}), em etanol (S_{ee}), e em n-propanol (S_{pe}), bem como os valores das solubilidades calculadas (equação 4.03) para o ácido cítrico em água (S_{ac}), em etanol (S_{ec}), e em n-propanol (S_{pe}). Com o intuito de melhor observar o comportamento das solubilidades experimentais e das solubilidades calculadas pela equação empírica que apresentaram melhor ajuste dos dados, foi mostrado num gráfico representado na Figura 4.30.

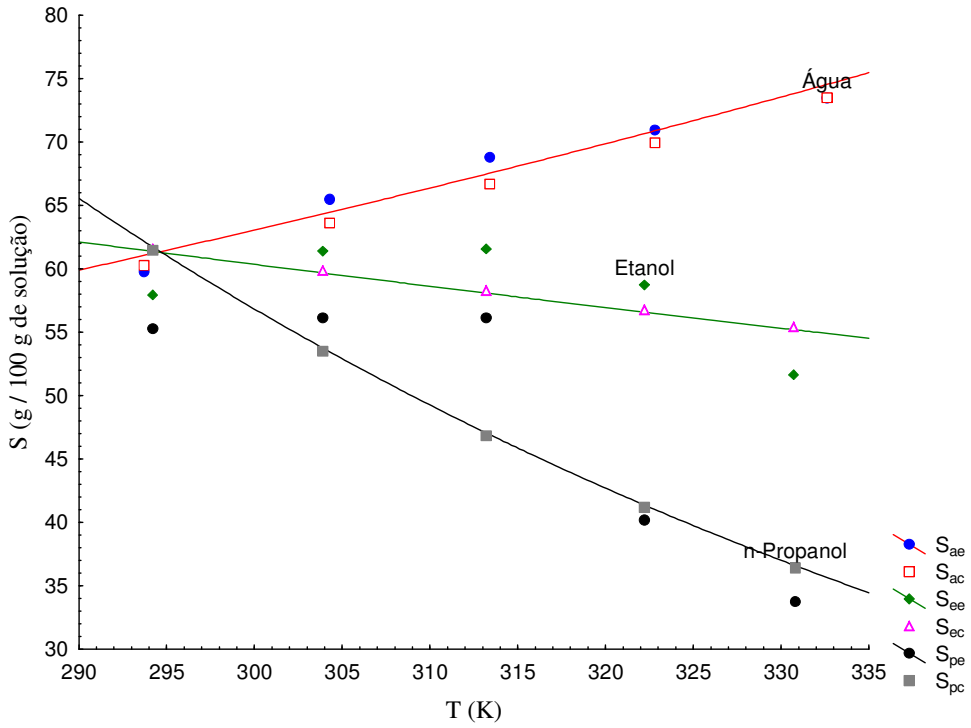

Figura 4.30: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido cítrico em água, etanol e n-propanol.

Na Figura 4.30 pode-se observar, que a solubilidade do ácido cítrico em água é maior que a solubilidade do ácido cítrico em etanol e em n-propanol. E ainda, que as solubilidades do ácido em água aumenta com o aumento da temperatura. No caso dos sistemas contendo cítrico-etanol e o sistema formado por n-propanol-cítrico, as solubilidades diminuíram com a elevação da temperatura.

4.5.4 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.

Neste subitem serão mostrados os resultados obtidos nos ajustes de todos os dados experimentais de solubilidades para o ácido cítrico. Aqui, as equações empíricas escolhidas para o ajuste dos dados experimentais foi uma função polinomial de terceiro grau e uma superfície quadrática, as quais estão abaixo relacionadas e denominadas de equação 4.05 e equação 4.06, descrita no item 4.2 deste capítulo e reapresentada abaixo.

$$S_{cp} = a_1 + b_1.X_2 + c_1.X_2^{\ 2} + d_1.X_2^{\ 3} \quad (4.05)$$

$$S_{cs} = a_2 + b_2.X_2 - c_2.T + d_2.X_2^2 + e_2.X_2.T + f_2.T^2 \quad (4.06)$$

Onde S_{cp} e S_{cs} são as solubilidades calculadas, X_2 são as frações molares iniciais de etanol em água, T são as temperaturas absolutas, a_1; b_1; c_1 e d_1 são os parâmetros da equação 4.05 e a_2; b_2 ; c_2 ; d_2 ; e_2 e f_2 são os parâmetros da equação 4.06.

As cinco isotermas obtidas pelo ajuste, empregando-se a equação 4.05, estão apresentadas na Figura 4.31. Nesta Figura a solubilidade do ácido é apresentada em função da fração molar inicial de etanol (X_2) na mistura líquida.

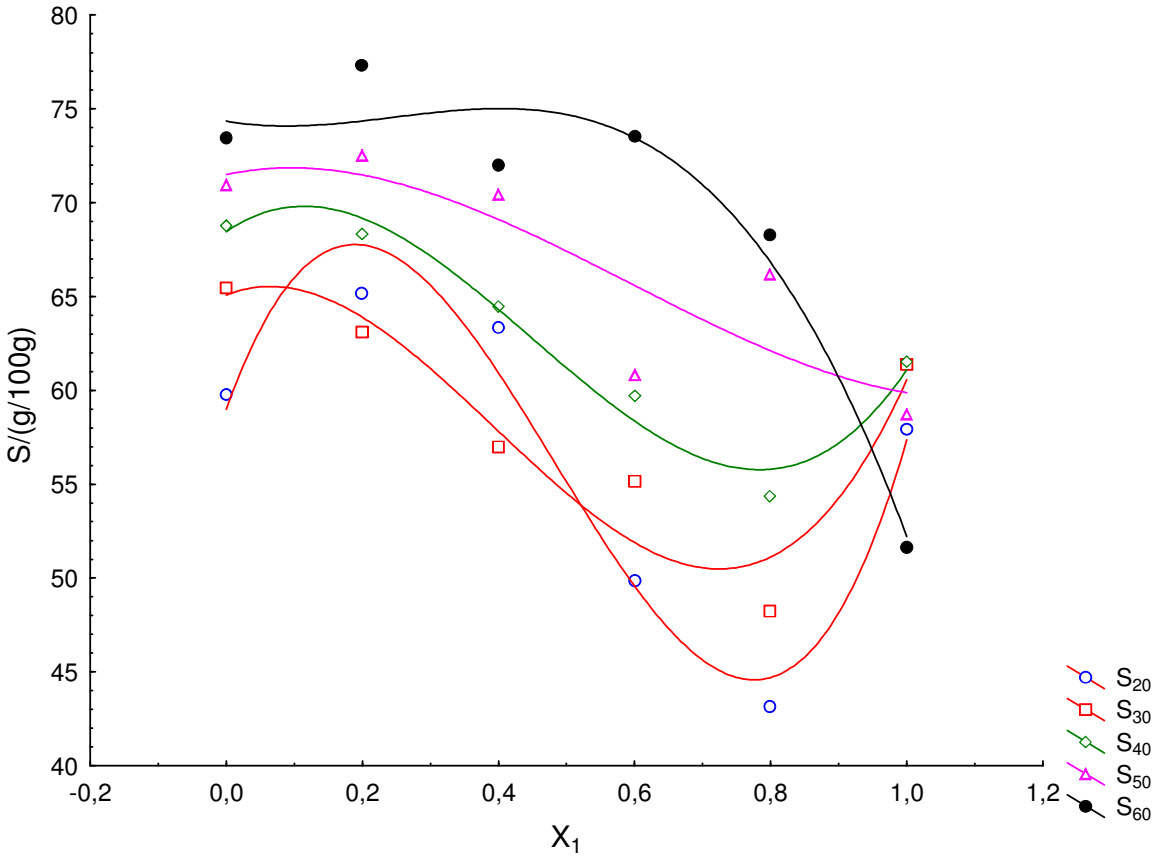

Figura 4.31: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau (sistema: ácido-água-etanol).

Na Tabela 4.36 encontram-se listados os valores dos parâmetros de ajuste das equações na forma polinomial para as solubilidades experimentais do ácido cítrico em etanol.

Tabela 4.36: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido cítrico- etanol-água.

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	58,9887	101,1368	-332,6487	229,8817
304	65,0728	14,7707	-124,203	104,9385
313	68,4573	24,9929	-125,7133	93,3701
323	71,5014	7,7267	-44,2234	24,8721
333	74,3497	-6,3875	44,0837	-59,8345

Com relação à equação 4.06, foi utilizado um programa computacional no qual todos os dados das solubilidades experimentais (S_{ep}), as frações molares iniciais de etanol na mistura (X_2) e as temperaturas (K), estão representados. A superfície gerada com os dados experimentais está representada na Figura 4.32.

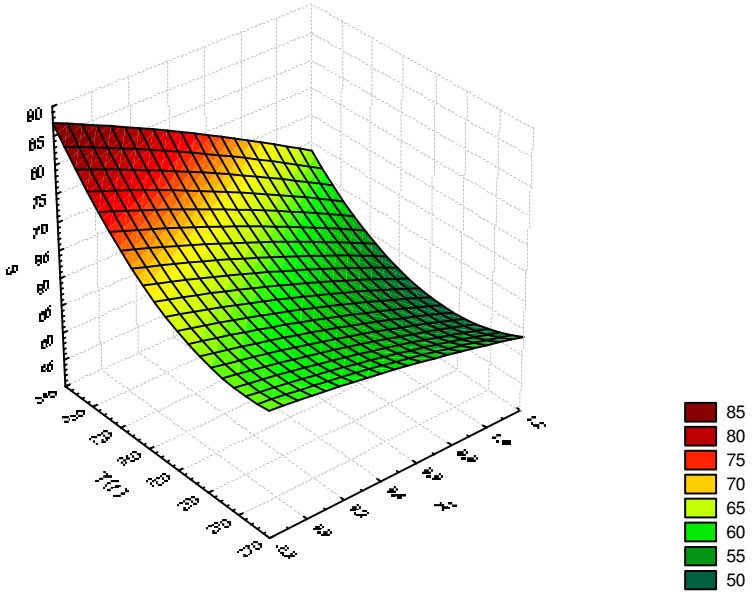

Figura 4.32: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido cítrico em etanol.

A equação que representa esta superfície e que foi utilizada para determinar as solubilidades calculadas é:

$$S = 562{,}7179 + 35{,}5084*X_2 - 3{,}5841*T - 1{,}7598*X_2*X_2 - 0{,}1489*X_2*T + 0{,}0064*T*T \qquad (4.13)$$

Uma vez realizados os ajustes de parâmetros para as equações 4.05 e 4.13 foi possível determinar as solubilidades calculadas em função das temperaturas, bem como os respectivos desvios. Estes resultados estão apresentados na Tabela 4.37.

Tabela 4.37: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido cítrico em água e em misturas de etanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{cs}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	293,7	59,7808	58,9887	1,6200	62,1297	6,5164
0,1989	294,2	65,1860	67,7537		60,4989	
0,3997	294,2	63,3514	60,9484		58,6211	
0,6005	293,7	49,8691	49,5468		56,5569	
0,7988	293,6	43,1676	44,6904		54,4323	
1,0000	294,2	57,9317	57,3585		52,1612	
0,0000	304,3	65,4770	65,0728	1.8831	64,7066	4,8744
0,1997	303,0	63,1059	63,9050		62,3242	
0,3997	302,9	56,9968	57,8349		60,1682	
0,6005	303,4	55,1738	51,8784		57,9918	
0,7988	303,5	48,2339	51,1071		55,6045	
1,0000	303,9	61,3896	60,5790		53,0811	
0,0000	313,4	68,7762	68,4573	0,9079	68,0661	3,3228
0,1997	312,5	68,3427	69,1785		65,4152	
0,3997	311,8	64,4839	64,3252		62,7533	
0,6005	312,7	59,7145	58,3517		60,4984	
0,7988	312,7	54,3570	55,7970		57,8183	
1,0000	313,2	61,5424	61,1070		55,0940	
0,0000	322,8	70,9560	71,5014	2,6944	72,6494	3,1840
0,1997	320,9	72,5078	71,4789		69,1106	
0,3997	322,5	70,4414	69,1129		67,2035	
0,6005	273,6	60,8351	65,5801		57,4171	
0,7988	322,4	66,2090	62,1327		61,3259	
1,0000	322,2	58,7336	59,8768		58,0961	
0,0000	332,6	73,4565	74,3497	1,8717	78,6319	5,2655
0,1989	331,5	77,3230	74,3524		75,0744	
0,3997	331,6	72,0076	75,0186		72,1414	
0,6005	331,5	73,5463	73,4501		68,9465	
0,7988	330,9	68,2912	66,8787		65,3895	
1,0000	330,7	51,6404	52,2114		61,8833	

De acordo com os resultados da Tabela 4.37 pode-se notar que os ajustes, utilizando as equações polinomiais, apresentaram melhores resultados, não só em relação aos valores dos desvios, mas também em relação aos valores dos parâmetros a_1(s) que estão próximo aos valores das solubilidades experimentais do ácido cítrico em água. Ou seja, quando X_2 (fração do etanol em água) for zero, a solubilidade calculada corresponde à solubilidade experimental do ácido cítrico em água pura.

No caso do ajuste realizado com a superfície quadrática, os valores dos desvios foram elevados. Conclui-se que esta função não pode ser utilizada para ajuste dos dados, não só pelos valores elevados dos desvios como também pelo valor do parâmetro (a_2 = 562,7179). Este valor estaria representando a solubilidade do ácido cítrico em água quando tendesse a temperatura e a fração de etanol em água.

Para as funções polinomiais de terceiro grau, os ajustes dos dados experimentais foram adequados, pois os valores dos desvios foram relativamente baixos e os parâmetros que representam as solubilidades do ácido cítrico em água (a_1) estão em concordância.

4.6 – O ácido salicílico

4.6.1- Solubilidades do ácido salicílico em solventes puros e em misturas de solventes

Nos subitens a seguir estão apresentados os dados experimentais para o ácido salicílico em água, em etanol, em n-propanol, em misturas de etanol e água, e em misturas de n-propanol e água, em diversas concentrações e temperaturas.

4.6.1.1 – Solubilidades do ácido salicílico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

A Figura 4.42 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido salicílico em mistura de etanol e água. Nesta Figura observa-se que as massas contidas nos recipientes, durante o procedimento de pesagem, apresentaram um valor mínimo no quarto dia de secagem e, a partir deste, as massas passaram a oscilar. Este ponto de mínimo foi o escolhido para a determinação das massas secas, para o referido experimento. Seguindo esses mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido salicílico.

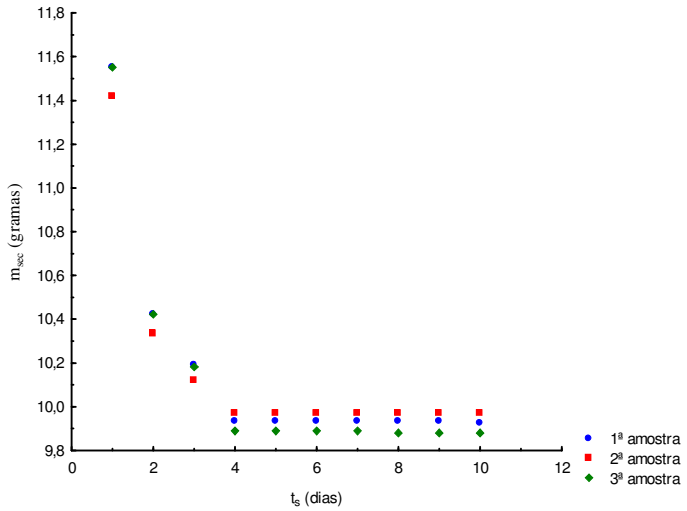

Figura 4.42: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido salicílico em mistura de etanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,1989 (etanol em água) e T= 40 ºC.

A Tabela 4.38 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido salicílico em água pura, em etanol e em misturas de etanol e água. Nela pode-se verificar que a solubilidade do ácido salicílico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução. Entretanto, com a presença de etanol formando uma mistura líquida, a solubilidade do

Tabela 4.38: Solubilidades experimentais do ácido salicílico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

Amostras	X_k	T(K)	S (g/100g de solução)	σ (g/100g)
A_{1j}	0,0000	293,3	0,0298	0,0019
A_{2j}	0,1989	294,1	3,3310	0,1080
A_{3j}	0,4005	293,6	18,2856	0,1725
A_{4j}	0,5957	296,3	30,4547	0,1442
A_{5j}	0,7926	293,7	39,5412	0,1444
A_{6j}	1,0000	294,4	31,8207	0,3169
A_{1j}	0,0000	303,3	0,1260	0,0619
A_{2j}	0,1989	303,9	6,1915	0,1801
A_{3j}	0,4005	297,8	26,3228	0,0857
A_{4j}	0,5957	302,2	40,3085	0,1355
A_{5j}	0,7926	303,7	48,9321	0,5888
A_{6j}	1,0000	303,7	35,6158	0,3989
A_{1j}	0,0000	313,3	0,2130	0,1384
A_{2j}	0,1989	314,2	11,4574	0,0837
A_{3j}	0,4005	313,7	37,5091	0,2536
A_{4j}	0,5957	311,7	54,0117	1,3118
A_{5j}	0,7926	314,0	61,4755	1,0371
A_{6j}	1,0000	313,1	39,3185	0,4200
A_{1j}	0,0000	322,6	0,3472	0,0488
A_{2j}	0,1989	322,9	19,5590	0,3870
A_{3j}	0,4005	321,9	51,9212	0,3688
A_{4j}	0,5957	320,1	70,2720	0,1669
A_{5j}	0,7926	323,3	76,8546	0,6108
A_{6j}	1,0000	321,7	42,9400	0,0844
A_{1j}	0,0000	331,7	0,5872	0,0143
A_{2j}	0,1989	332,9	33,8097	0,3319
A_{3j}	0,4005	331,2	73,3617	0,0903
A_{4j}	0,5957	321,3	90,3049	0,1898
A_{5j}	0,7926	332,8	95,4453	0,3157
A_{6j}	1,0000	330,9	47,5212	0,1460

ácido salicílico aumenta significativamente, passando por um máximo quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) em torno de 0,80 de etanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.34.

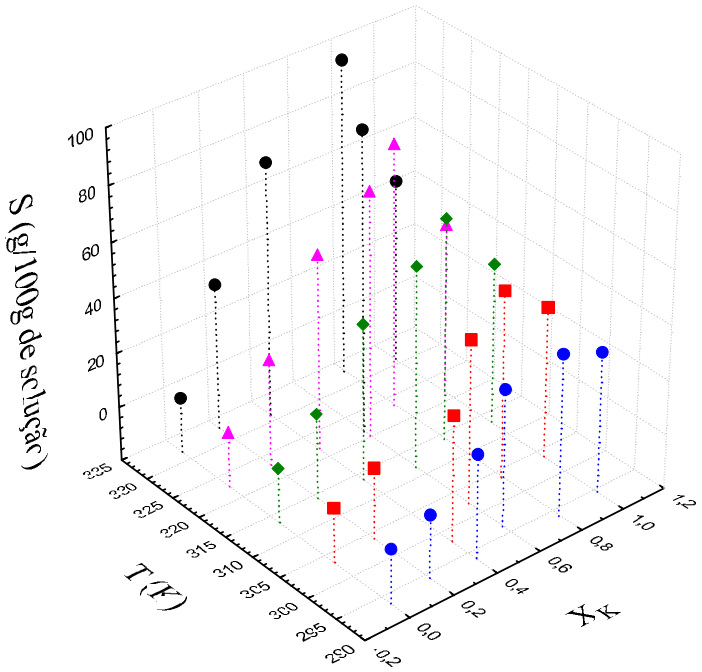

Figura 4.34: Solubilidades do ácido salicílico em água, em etanol e em misturas de etanol e água.

4.6.1.2 – Solubilidades do ácido salicílico em água e em misturas de n-propanol e água.

A Figura 4.35 exemplifica o comportamento das massas durante o processo de secagem do ácido salicílico em mistura de n-propanol e água. Nesta Figura observa-se que as massas contidas nos recipientes, durante o procedimento de pesagem, apresentaram um valor mínimo no terceiro dia de secagem e, a partir deste, as massas passaram a oscilar. Este ponto de mínimo foi o escolhido para a determinação das massas secas, para o referido experimento. Seguindo esses mesmos critérios, foram determinadas as demais massas secas para o restante dos experimentos realizados com o ácido salicílico.

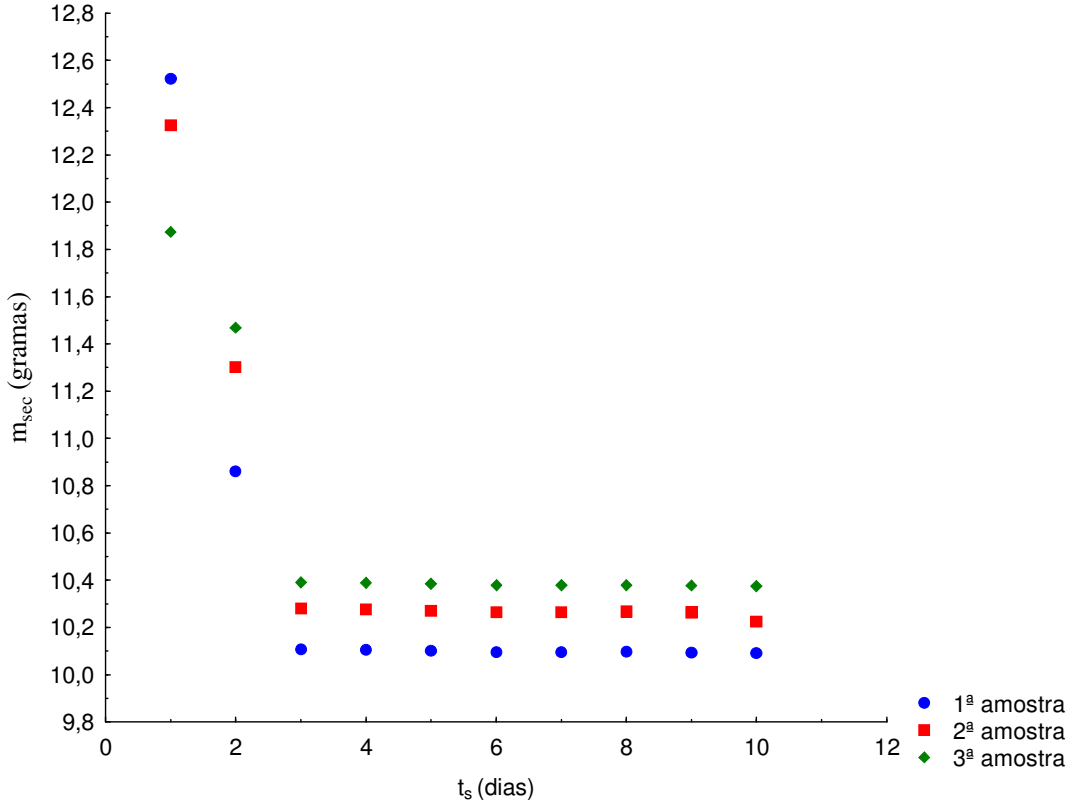

Figura 4.35: Variação das massas durante o processo de secagem (a 74 ºC) do ácido salicílico em mistura de n-propanol e água. O experimento representado possui as seguintes condições: X_2 = 0,8016 (n-propanol em água) e T= 60 ºC.

A Tabela 4.39 reúne todos os valores experimentais de solubilidade do ácido salicílico em água pura, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água. Nela é possível verificar que a solubilidade do ácido salicílico aumenta, de maneira geral, com o aumento da temperatura de saturação da solução. Entretanto, com a introdução de n-propanol na mistura líquida, a solubilidade do ácido salicílico aumenta significativamente**,** para uma dada temperatura, passando por um máximo quando a mistura líquida inicial apresenta uma composição (fração molar) em torno de 0,60 a 0,80 de n-propanol e água, fato este que pode ser melhor observado na Figura 4.36. No caso do ácido salicílico em n-propanol, observa-se visualmente a formação de uma segunda fase quando a fração molar é de 0,2011 nas temperaturas de 314,0 K e 323,0 K. Dados estes que se encontram destacados na Tabela 4.39.

Tabela 4.39: Solubilidades experimentais do ácido salicílico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

Amostras	X_k	T(K)	S (g/100g de solução)	σ (g/100g)
A_{1j}	0,0000	293,3	0,0298	0,0019
A_{2j}	0,2011	293,5	11,5479	0,0383
A_{3j}	0,4006	293,9	21,0808	0,0172
A_{4j}	0,6025	293,8	25,6422	0,0629
A_{5j}	0,8016	293,8	26,2593	0,0531
A_{6j}	1,0000	293,9	25,7047	0,2961
A_{1j}	0,0000	303,3	0,1260	0,0619
A_{2j}	0,2011	304,4	17,9364	0,5248
A_{3j}	0,4006	304,2	26,4917	0,1413
A_{4j}	0,5992	304,1	28,3985	0,8132
A_{5j}	0,7980	304,1	27,4441	0,3613
A_{6j}	1,0000	303,5	29,8781	0,0463
A_{1j}	0,0000	313,3	0,2130	0,1384
A_{L2j}	**0,2011**	**314,0**	**2,3352**	**0,0713**
A_{D2j}			**18,6383**	**0,0800**
A_{3j}	0,4006	314,2	32,0003	0,0350
A_{4j}	0,6024	313,6	35,3306	0,1343
A_{5j}	0,8016	313,5	34,6390	0,3579
A_{6j}	1,0000	313,1	33,3753	0,6305
A_{1j}	0,0000	322,6	0,3472	0,0488
A_{L2j}	**0,2011**	**323,0**	**3,3810**	**0,0696**
A_{D2j}			**30,3398**	**0,0611**
A_{3j}	0,4006	323,0	38,8273	1,9545
A_{4j}	0,6024	323,0	40,2345	0,2033
A_{5j}	0,8016	323,7	38,6688	0,7281
A_{6j}	1,0000	322,8	37,1980	0,6203
A_{1j}	0,0000	331,7	0,5872	0,0143
A_{2j}	0,2011	332,6	36,3706	0,2215
A_{3j}	0,4006	333,2	39,7359	1,1162
A_{4j}	0,6024	332,7	45,2352	4,6720
A_{5j}	0,8016	332,7	33,9361	8,7927
A_{6j}	1,0000	332,3	41,2032	0,7405

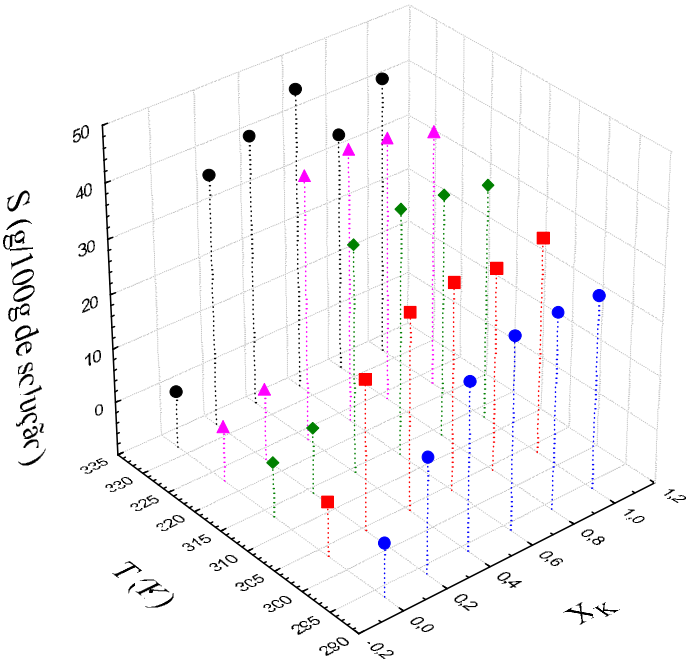

Figura 4.36: Solubilidades do ácido salicílico em água, em n-propanol e em misturas de n-propanol e água.

4.6.2 – Ajustes de parâmetros para as solubilidades do ácido salicílico em solventes puros

Após a obtenção das solubilidades experimentais do ácido salicílico em água, em etanol e em n-propanol, apresentadas nas Tabelas 4.38 e 4.39, foram utilizadas as equações 4.02 e 4.03, esta última descrita anteriormente. Onde S_{cp} e S_{ce} são as solubilidades calculadas, em função das temperaturas, nas equações 4.02 e 4.03, respectivamente. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 4.40 e Tabela 4.42.

Os desvios definidos pelo método dos mínimos quadrados, conforme equação 4.04, anteriormente descrita, estão alocados nas Tabela 4.41 e 4.43. Em que S_{ci} são as solubilidades calculadas pela Equação 4.02 ou 4.03; S_i são as solubilidades experimentais; e n o número de pontos experimentais.

Tabela 4.40: Solubilidades do ácido salicílico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{cp} (g/100g)
293,4	0,0298	2,3758	294,4	31,8207	28,8341	293,9	25,7047	25,8296
303,2	0,1259	2,5951	303,7	35,6158	32,1817	303,5	29,8781	29,6484
313,0	0,2124	2,8810	313,1	39,3185	35,8466	313,1	33,3753	33,4687
322,5	0,3460	3,1921	321,7	42,9400	39,4472	322,8	37,1980	37,3305
331,7	0,5838	3,5561	330,9	47,5212	43,5611	332,3	41,2032	41,1143

Na Tabela 4.40, verifica-se que a função polinomial (Equação 4.02) não apresentou bom ajuste, exceto para o ácido em n-propanol, considerando os desvios padrões. Fato este observável na Tabela 4.41.

Tabela 4.41: Parâmetros obtidos com Equação 4.02, para o ácido salicílico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a (g/100g)	b (g/100g) T^{-1}	c (g/100g) T^{-2}	σ (g/100g)
Água	22,5277	-0,1567	0,0003	2,6705
Etanol	65,9167	-0,5970	0,0016	3,4829
n-propanol	-90,2902	0,3925	8,8458E-6	0,1432

Na Tabela 4.42 estão alocados os resultados das solubilidades experimentais e os resultados calculados com a Equação 4.03 (função exponencial) em função das temperaturas.

Tabela 4.42: Solubilidades do ácido salicílico em diferentes solventes em função da temperatura.

Água			Etanol			n-Propanol		
T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)	T (K)	S (g/100g)	S_{ce} (g/100g)
293,4	0,0298	0,0420	294,4	31,8207	32,2511	293,9	25,7047	26,3422
303,2	0,1304	0,0857	303,7	35,6158	35,6919	303,5	29,8781	29,5869
313,0	0,1727	0,1784	313,1	39,3185	39,5428	313,1	33,3753	33,2313
322,5	0,3460	0,3458	321,7	42,9400	43,4288	322,8	37,1980	37,3697
331,7	0,5837	0,6735	330,9	47,5212	48,0097	332,3	41,2032	41,9220

Na referida Tabela, pode-se observar os valores das solubilidades calculados para todos os solventes. Estes estão em concordância com os respectivos valores das solubilidades

experimentais. Fato que também pode ser observado na Tabela 4.43, onde estão relacionados os parâmetros da equação 4.06 e seus respectivos desvios.

Tabela 4.43: Parâmetros obtidos com Equação 4.03, para o ácido salicílico em solventes puros no intervalo de temperatura de 293 a 332 K.

	a' (g/100g)	b'	σ (g/100g)
Água	$2{,}5116 \times 10^{-11}$	0,0724	0,0453
Etanol	1,3029	0,0109	0,3792
N-Propanol	0,7520	0,0121	0,4600

De acordo com os resultados apresentados anteriormente, pode-se concluir que a equação empírica 4.02 não pode ser utilizada para ajustes dos sistemas citados, pois os desvios apresentaram valores elevados, exceto para o n-propanol, e os parâmetros *a* também apresentaram valores elevados ou negativos, o que implica que a solubilidade do ácido salicílico em água, por exemplo, tenderia a 22,5277 g/100g de solução saturada quando a temperatura tendesse a 0 K. Conforme os princípios termodinâmicos, quando a temperatura termodinâmica tende a zero, a energia livre de mistura tenderá também a zero e, portanto, a espontaneidade do processo não existirá, fazendo com que não ocorra miscibilidade das duas substâncias, conseqüentemente as solubilidades deveriam ser nulas. No caso específico das solubilidades do ácido salicílico em n-propanol, a equação proposta pode ser utilizada para ajustar os dados experimentais dentro da faixa experimental deste trabalho, apesar de possuir uma inconsistência termodinâmica, ou seja, apresentaria solubilidade negativa (-90,2902 g/100g de solução) quando a temperatura tendesse a 0 ºC.

No caso da Equação 4.03 (função exponencial), os valores dos desvios foram aceitáveis, indicando que é possível a sua utilização no ajuste dos dados experimentais, dentro das condições nas quais o experimento foi realizado. Com relação ao parâmetro a', este apresentou valor satisfatório apenas para o sistema ácido-água,

Portanto, pode-se concluir que, dentre as equações empíricas, a que melhor se ajusta aos dados experimentais para o ácido salicílico em solventes puros é a função exponencial.

No gráfico a seguir, estão ilustrados os valores das solubilidades experimentais do ácido salicílico em água destilada e deionizada (S_{ae}), em etanol (S_{ee}), e em n-propanol (S_{pe}), bem como os valores das solubilidades calculadas (Equação 4.03) para o ácido salicílico em água (S_{ac}), em etanol (S_{ec}), e em n-propanol (S_{pe}). Com o intuito de melhor se observar o comportamento das

solubilidades experimentais e das solubilidades calculadas pela equação empírica que apresentaram melhor ajuste dos dados, foi mostrado num gráfico representado na Figura 4.38.

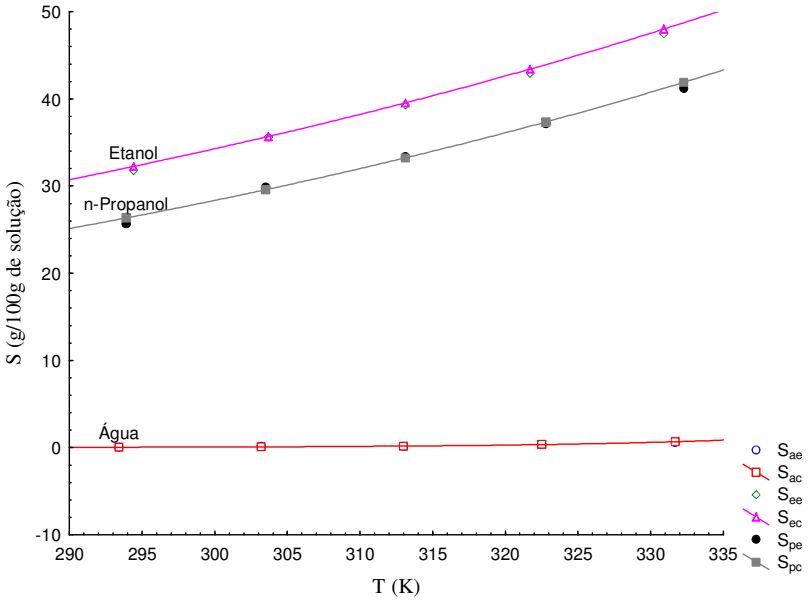

Figura 4.38: Ajuste por uma função exponencial das solubilidades do ácido salicílico em água, etanol e n-propanol.

Na Figura 4.38 pode-se observar, também, que a solubilidade do ácido salicílico em água é maior que a solubilidade do ácido salicílico em etanol e em n-propanol. E ainda, que a solubilidade em n-propanol é maior que as solubilidades em etanol.

4.6.3 – Ajuste de parâmetros para os sistemas contendo como solventes: água, etanol e em misturas de etanol e água.

Neste subitem serão mostrados os resultados obtidos nos ajustes de todos os dados experimentais de solubilidades para o ácido salicílico. Aqui, as equações empíricas escolhidas para o ajuste dos dados experimentais foi uma função polinomial de terceiro grau e uma superfície quadrática, as quais estão abaixo relacionadas e denominadas de equação 4.05 e equação 4.06, respectivamente.

$$S_{cp} = a_1 + b_1 . X_2 + c_1 . X_2^{\ 2} + d_1 . X_2^{\ 3} \qquad (4.05)$$

$$S_{cs} = a_2 + b_2 . X_2 - c_2 . T + d_2 . X_2^2 + e_2 . X_2 . T + f_2 . T^2 \qquad (4.06)$$

Onde S_{cp} e S_{cs} são as solubilidades calculadas; X_2 são as frações molares iniciais de etanol em água; T são as temperaturas absolutas; a_1, b_1, c_1 e d_1 são os parâmetros da equação 4.05 e a_2; b_2 ; c_2 ; d_2 ; e_2 e f_2 são os parâmetros da equação 4.06.

As cinco isotermas obtidas pelo ajuste, empregando-se a equação 4.05, estão apresentadas na Figura 4.39. Nesta Figura a solubilidade do ácido é apresentada em função da fração molar inicial de etanol (X_2) na mistura liquida.

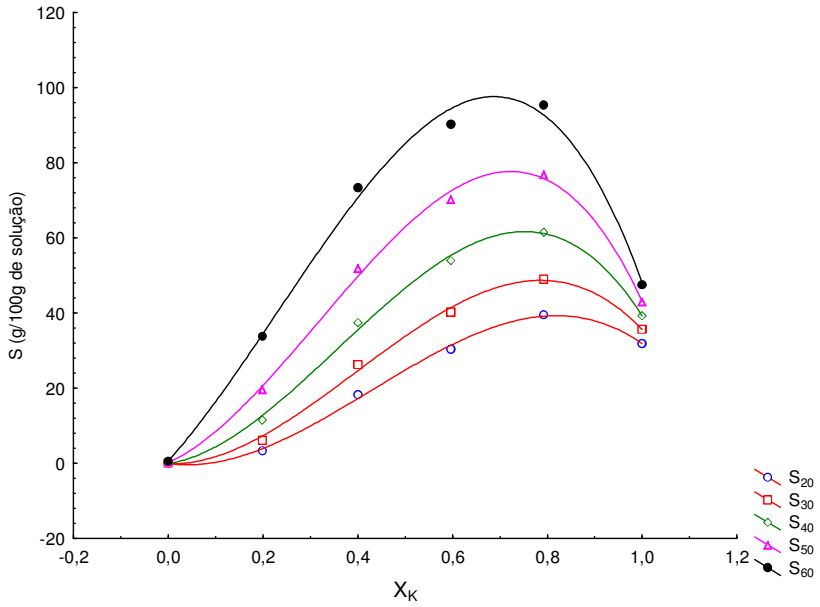

Figura 4.39: Representação gráfica dos pontos experimentais, ajustados para um polinômio do 3º grau

Na Tabela 4.44 encontram-se elencados os valores dos parâmetros de ajuste das equações na forma polinomial para as solubilidades experimentais do ácido salicílico em etanol.

Tabela 4.44: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido salicílico-etanol-água .

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	-0,0963	-16,1748	215,5925	-167,4392
304	-0,1539	-3,2192	245,5166	-206,5392
313	-0,1123	20,2147	274,0126	-254,8051
323	0,1437	57,8543	285,469	-300,3267
333	0,6302	139,7605	209,067	-301,2844

Com relação à equação 4.06, foi utilizado um programa computacional no qual todos os dados das solubilidades experimentais (S_{ep}), as frações molares iniciais de etanol na mistura (X_2) e as temperaturas (K), estão representados. A superfície gerada com os dados experimentais está representada na Figura 4.40.

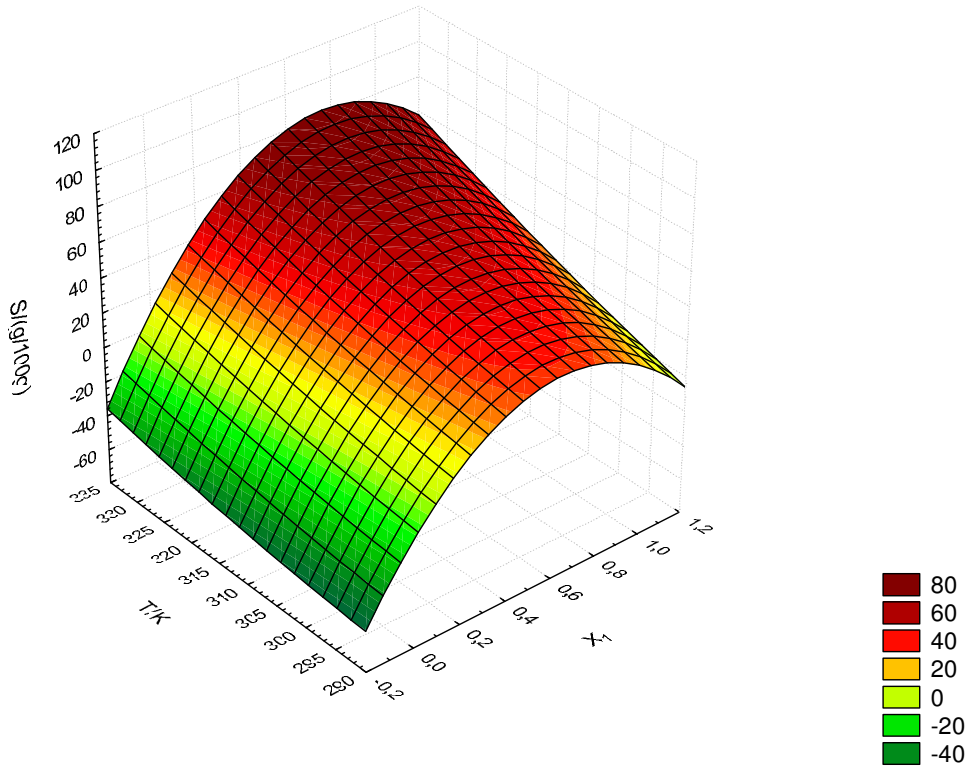

Figura 4.40: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido salicílico em etanol.

A equação que representa esta superfície e que foi utilizada para determinar as solubilidades calculadas é:

$$S= 369,9012-33,8347*X_2-3,0127*T-129,6167*X_2*X_2+0,6874*X_2*T+0,0058*T*T \qquad (4.14)$$

Uma vez realizados os ajustes de parâmetros para as equações 4.06 e 4.14 foi possível determinar as solubilidades calculadas em função das temperaturas, bem como os respectivos desvios. Estes resultados estão apresentados na Tabela 4.45.

Tabela 4.45: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido salicílico em água e em misturas de etanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{ce}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	293,3	0,0298	-0,0963		-14,7793	
0,1989	294,1	3,3310	3,8981		13,8890	
0,4005	293,6	18,2856	17,2504	0,6350	31,8259	10,77782
0,5957	296,3	30,4547	31,3784		41,6208	
0,7926	293,7	39,5412	39,1501		37,1504	
1,0000	294,4	31,8207	31,8822		24,5754	
0,0000	303,3	0,1260	-0,1539		-10,3035	
0,1989	303,9	6,1915	7,2935		19,6948	
0,4005	297,8	26,3228	24,6696	0,9361	34,7353	8,2333
0,5957	302,2	40,3085	41,3919		46,7425	
0,7926	303,7	48,9321	48,6911		47,1210	
1,0000	303,7	35,6158	35,6043		35,2116	
0,0000	313,3	0,2130	-0,1123		-4,6677	
0,1989	314,2	11,4574	12,7437		26,9975	
0,4005	313,7	37,5091	35,5666	1,1022	47,6032	8,5393
0,5957	311,7	54,0117	55,3022		55,8379	
0,7926	314,0	61,4755	61,1753		58,6033	
1,0000	313,1	39,3185	39,3099		46,9817	
0,0000	322,6	0,3472	0,1437		1,6146	
0,1989	322,9	19,559	20,5812		34,1246	
0,4005	321,9	51,9212	49,8106	1,3741	55,3857	9,5706
0,5957	320,1	70,2720	72,4228		64,7522	
0,7926	323,3	76,8546	75,7953		70,0281	
1,0000	321,7	42,9400	43,1403		58,6480	
0,0000	331,7	0,5872	0,6302		8,7330	
0,1989	332,9	33,8097	34,3288		43,4012	
0,4005	331,2	73,3617	70,7841	2,2873	65,1561	16,2097
0,5957	321,3	90,3049	94,3865		66,0924	
0,7926	332,8	95,4453	92,7269		82,7345	
1,0000	330,9	47,5212	48,1733		72,0779	

De acordo com os resultados da Tabela 4.45 pode-se notar que os ajustes, utilizando as equações polinomiais nas quais os desvios padrões são aceitáveis, não apresentaram bons resultados para todo intervalo experimental. Neste caso a função polinomial só poderia ser utilizada para valores de fração molar superior a 0,1989. Além disso, os valores dos parâmetros

a_1(s) não foram satisfatórios, pois estes deveriam representar os valores das solubilidades do ácido em água. Ou seja, quando X_2 (fração do etanol em água) for zero, a solubilidade calculada corresponde à solubilidade experimental do ácido salicílico em água pura.

No caso do ajuste realizado com a superfície quadrática, nenhuma das duas condições foram satisfatórias, ou seja, desvios padrões e a_2 apresentando valores elevados. Conseqüentemente, pode-se concluir que nenhuma das funções propostas para o ajuste dos dados experimentais poderá ser utilizada em todo intervalo no qual foram realizados os experimentos.

Seguindo a mesma metodologia, e equações utilizadas para o ajuste das solubilidades do sistema ternário ácido salicílico-etanol-água, foram realizados, empregando-se as mesmas equações, os ajustes para o sistema: ácido salicílico-água-n-propanol. Na Figura 4.41 pode-se observar as isotermas polinomiais de ajustes cujos parâmetros estão elencados na Tabela 4.46.

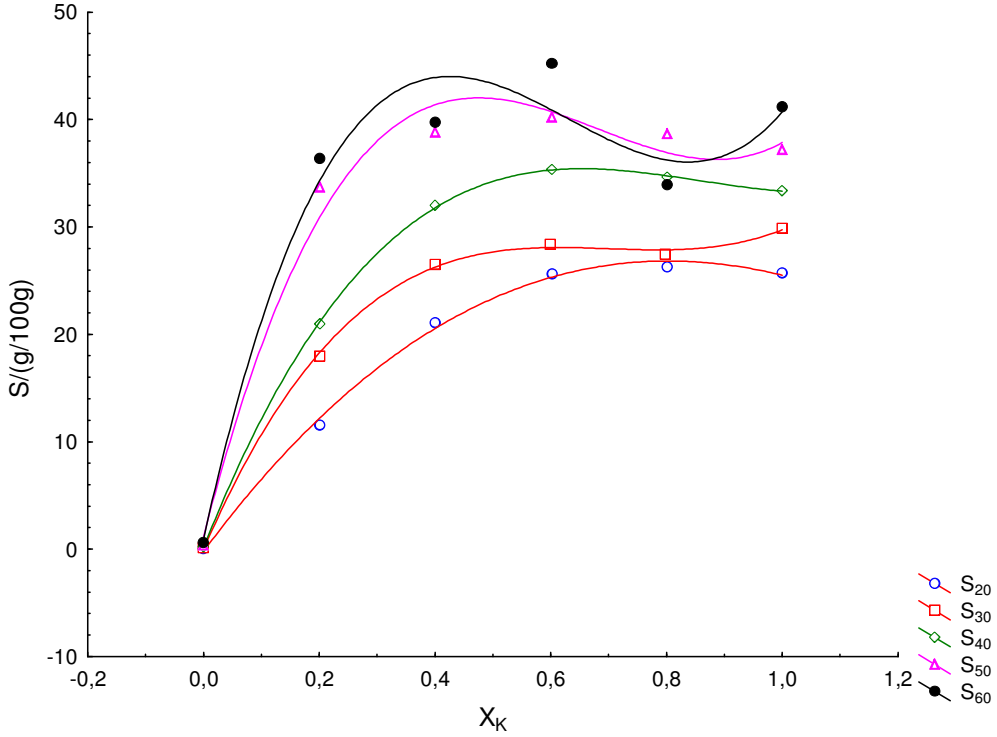

Figura 4.41: Representação gráfica dos pontos experimentais do sistema ácido salicílico-água-n-propanol, ajustados por um polinômio do 3º grau.

Na Tabela 4.46, pode-se perceber que os parâmetros a_1 apresentam valores próximos aos das solubilidades do ácido salicílico em água. Isto demonstra, em termos dos coeficientes angulares, que a função polinomial se ajusta adequadamente aos dados experimentais.

Tabela 4.46: Parâmetros de ajuste das equações polinomiais para o sistema ácido salicílico-n-propanol-água.

T (K)	a_1 (g/100g)	b_1 (g/100g)	c_1 (g/100g)	d_1 (g/100g)
293	-0,1866	72,3496	-54,4903	7,8331
304	-0,0051	123,8382	-179,799	85,7054
313	0,1486	135,6517	-167,4195	64,947
323	1,2003	209,1731	-338,1162	165,6013
333	0,9736	243,4913	-431,3651	227,6259

Seguindo a metodologia aplicada para o sistema ácido salicílico-etanol-água, foi determinada (utilizando um programa computacional) a superfície quadrática para o sistema salicílico-água-n-propanol, apresentada na Figura 4.42. A equação 4.15, obtida com os dados experimentais das solubilidades em função da fração molar inicial de etanol-água e da temperatura.

$$S_{CS} = -215{,}0259+66{,}3207* X_2+1{,}0404*T-67{,}732* X_2* X_2+0{,}0927* X_2*T-0{,}0011*T*T \qquad (4.15)$$

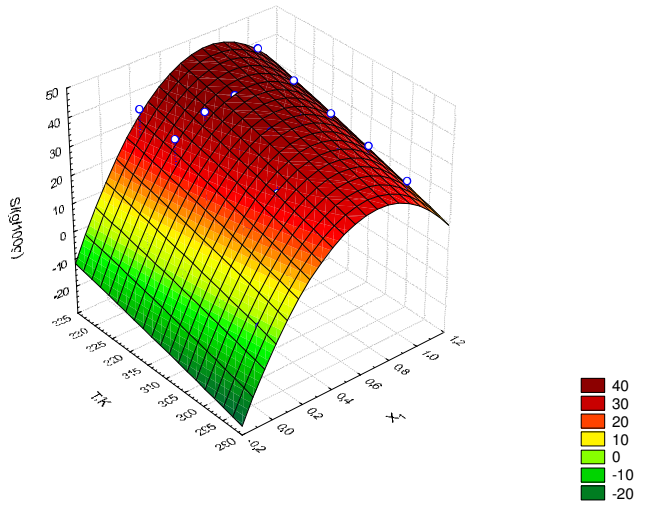

Figura 4.42: Superfície quadrática gerada para o ajuste dos dados experimentais do ácido salicílico em n-propanol.

Com as equações polinomiais, cujos parâmetros estão alocados na Tabela 4.08 e com a equação 4.10, foram calculadas as solubilidades e os resultados que se encontram apresentados na Tabela 4.08.

Tabela 4.47: Ajuste de parâmetros para as solubilidades do ácido salicílico em água e em misturas de n-propanol e água.

X_1	T/K	S/(g/100g)	S_{cp}/(g/100g)	σ(g/100g)	S_{ce}/(g/100g)	σ(g/100g)
0,0000	293,3	0,0298	-0,1866		-4,5040	
0,2011	293,5	11,5479	12,2230		11,6444	
0,4006	293,9	21,0808	20,5556	0,4541	22,3453	2,6916
0,6025	293,8	25,6422	25,3369		27,4737	
0,8016	293,8	26,2593	26,8301		27,1657	
1,0000	293,9	25,7047	25,5058		21,5660	
0,0000	303,3	0,1260	-0,0051		-0,6626	
0,2011	304,4	17,9364	18,3245		16,0191	
0,4006	304,2	26,4917	26,2601	0,2962	26,6674	
0,5992	304,1	28,3985	28,0840		31,9476	2,9153
0,7980	304,1	27,4441	27,8765		31,9228	
1,0000	303,5	29,8781	29,7395		26,1352	
0,0000	313,3	0,2130	0,1486		2,9588	
0,2011	**314,0**	**20,9735**	21,1857		19,6556	
0,4006	314,2	32,0003	31,7985	0,1341	30,6404	
0,6024	313,6	35,3306	35,3091		35,9489	1,8941
0,8016	313,5	34,6390	34,7623		35,9653	
1,0000	313,1	33,3753	33,3278		30,5016	
0,0000	322,6	0,3472	1,2003		6,1293	
0,2011	**323,0**	**33,7208**	30,9380		22,8807	
0,4006	323,0	38,8273	41,3803	1,7674	33,9546	
0,6024	323,0	40,2345	40,7077		39,6711	5,5303
0,8016	323,7	38,6688	36,9103		40,1859	
1,0000	322,8	37,1980	37,8585		34,7077	
0,0000	331,7	0,5872	0,9736		9,0474	
0,2011	332,6	36,3706	34,3460		26,1244	
0,4006	333,2	39,7359	43,9243	2,7771	37,5829	6,9194
0,6024	332,7	45,2352	40,8732		43,3084	
0,8016	332,7	33,9361	36,2223		43,7200	
1,0000	332,3	41,2032	40,7257		38,6263	

De acordo com os resultados da Tabela 4.47 pode-se notar que os ajustes, utilizando as equações polinomiais, apresentou bons resultados (em relação os desvios padrões) para valores experimentais cuja fração molar é igual ou superior à 0,2011 (n-propanol em água). Com relação

os valores dos parâmetros a_1(s) os resultados são discordantes, conseqüentemente a função polinomial não poderá se extrapolada para valores inferiores à 0,2011 (n-propanol em água).

No caso do ajuste realizado com a superfície quadrática, nenhuma das duas condições foram satisfatória, ou seja, desvios padrões e o parâmetro a_2 apresentando valores elevados. Conseqüentemente pode-se concluir que nenhuma das funções proposta para o ajuste dos dados experimentais poderá ser utilizada em todo intervalo no qual foram realizados os experimentos.

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - Conclusões

- De maneira geral as solubilidades dos ácidos estudados aumenta com o aumento da temperatura.

- A ordem crescente de solubilidades dos ácidos em água é: Salicílico, Bórico, Succínico, Málico e Cítrico.

- A ordem crescente das solubilidades dos ácidos em etanol é: Bórico, Succínico, Salicílico, Málico e Cítrico.

- Em temperaturas menores, as solubilidades crescentes dos ácidos em n-propanol são: Succínico, Bórico, Salicílico e Málico.

- Em temperaturas maiores, as solubilidades crescentes dos ácidos em n-propanol são: Bórico, Succínico, Málico e Salicílico.

- As misturas hidro-alcoólicas aumentaram as solubilidades dos ácidos Salicílico e Succínico.

- As misturas hidro-alcoólicas diminuíram as solubilidades dos ácidos, Bórico, dl-Málico e Cítrico.

- Para os sistemas binários a função exponencial foi a que melhor ajusta aos dados experimentais.

- Para os sistemas ternários (ácido+álcool+água) a função polinomial de 3º grau apresentou bons resultados quando utilizada na modelagem dos dados experimentais.

5.2 - Sugestões:

- Analisar o comportamento do ácido cítrico no processo de secagem, pois os tubos de ensaio que continham as misturas (cítrico+etanol+água) se quebraram após longo tempo na estufa.

- Verificar a transferência de massa da fase sólida para a fase gasosa durante o procedimento de secagem e, conseqüentemente, a influência de possível perda de massa em processos gravimétricos.

- Verificar o comportamento do ácido dl-málico no procedimento de secagem, pois em presença de misturas hidro-alcoólicas, a massa seca mudou da coloração amarela para a cor branca.

- Aplicar os fundamentos da termodinâmica estatística aos dados experimentais para equacionar os processos de solubilização, objetivando possível predição de dados em outra condição de estado termodinâmico.

- Verificar a possibilidade de realizar um estudo comparativo utilizando o método de analise por titulação.

CAPITULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APELBLAT, A.; MANZUROLA, E.; BALAL, N.A. The solubilities of benzene polycarboxylic acids in water. J. Chem. Thermodynamics p. 1-7, 2005.

AVDEEL, A.; BERGER, C.M. pH-metric solubility. Dissolution titration template method for solubility determination. European Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 14, p. 281-291, 2001.

BERNARDES, E. A.; BRUNETTO, R. S.; FRANCO JÚNIOR, M. R. Coeficientes de atividades a diluição infinita aplicados ao estudado da poluição aquática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 15º, 2004, Curitiba. **Anais do XV COBEQ** Curitiba: UFPR, 2004. p. 1-8

BOCHOVE, G.H.V.; DE LOOS, T. W. Two-and three-liquid phase equilibria in the system water + 2-heptanone + caprolactam + ammonium sulfate: experiments and moleling. Fluid Phase Equilibria, v. 194-197, p. 1029-1044, 2002.

BOCHOVE, G.H.V, HUAN Z., DE LOOS, T. W. Three-Liquid Phase in Water + Benzene + Caprolactam + (NH4)2 SO4 Mixtures. AIChE Journal, v. 49, p. 745-752, 2003.

BANCROFT, W.D.; BUTLER, F.J.C. Solubility Of Succinic Acid In Binary Mixtures. *J. Phys. Chem.* 1932, 36, 2515.

BRUNETTO, R. S.; FRANCO JÚNIOR, M. R. Determinação experimental da solubilidade de substâncias tóxicas ao meio ambiente aquoso. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 12º, 2004, São Paulo. **Anais de Resumo do 12 º SICUSP: USP**, 2004.

DUBBS, M. D.; GUPTA, R. B. Solubility of vitamin E (a-tocopherol) and vitamin K3 (menadione) in ethanol-water mixtures. J. Chem. Eng. Data, v. 43, p. 590-591, 1998.

FORBES, G.S.; COOLIDGE, A.S. Relations Between Distribution Ratio, Temperature, And Concentration In System: Water, Ether, Succinic Acid. J. Am. Chem. Soc. 1919, 41, 150.

FILHO, O.C.; RASMUSSEN, P. Solubilities of Salts in Mixed Solvents. J. Chem. Eng. Data, v. 38, p. 367-369, 1993.

FRANCO JÚNIOR, M. R. **Medidas de equilíbrio líquido-vapor pelo método do arraste.** 1998. 220p. Tese de Doutorado, Departamento de Processos Químicos, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

HAO, H. X.; WANG, J. K.; WANG, Y. L. Solubility of dexamethasone sodium phosphate in different solvents. J. Chem. Eng. Data, v. 49, p. 1697-1698, 2004 (citado por WANG & CHENG, 2005).

GUPTA, R.B.; KUMAR R.; BETAGERI, G.V. Phase Behavior of Mixtures Containing Antibiotics. Chloramphenicol Partitioning. Ind. Eng. Chem. Res. 1997, 36, 3954-3959.

HEIDMAN, J. L.; TSONOPOULOS, C.; BRADY, C. J.; WILSON, G. M. High temperature mutual solubilities of hydrocarbons and water. part II: ethylbenzene, ethylcyclohexane and n-octane. AICHE J., v. 31, n. 3, p. 376-384, 1985 (citado por MARCHE et al., 2004).

JENNINGS, D. W.; WEISPFENNIG, K. Experimental solubility data of various n-alkane waxes: effects of alkane chain length, alkane odd versus even carbon number structures, and solvent chemistry on solubility. Fluid Phase Equilibria, v. 227, p. 27-35, 2005.

JIN, J.; ZHONG, C.; ZHANG, Z.; LI, Y. Solubilities of benzoic acid in supercritical CO_2 with mixed cosolvent. Fluid Phase Equilibria 2004, 226, 9-13.

JUNSUN, J.; ZHONG, C.; ZHANG, Z.; LI Y. Solubilities of benzoic acid in supercritical CO_2 with mixed cosolvent. Fluid Phase Equilibria, v. 226, p. 9-13, 2004.

LAGUERIE, C; AUBRY, M; COUDERC, J.P. Same Physicochemical Data On Monohydrate Citric Acid Solutions In Water; Solubility, Density, Viscosity, Diffusivity, pH Of Standard Solution, And Refractive Index. J. of Chem. Eng. Data, Vol.21, Nº. 1, 1976 – 85

LEE, J. D. Química Inorgânica Não tão Concisa. 5ª edição. Edgard Blucher, 2002.

MADACSI, J. P; NEUMEYER, J. P; KNOEPFLER, N. B. Boric Acid-Alcohol Treatment of Cotton Batting. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, 1976, 15 (1), 71-75• DOI: 10.1021/i360057a014

MAEDA, K.; KURAMOCHI, H.; SHINKAWA, T.; FUKUI, K. Solubility of Two Salts Containing Sulfate and Chloride Ions in Water for Ternary Systems at 313 K. J. Chem. Eng. Data, v. 47, p. 1472-1475, 2002.

MACNAUGHTON, S. J. ; KIKIC, I.; FOSTER, N. R.; ALESSI, P.; CORTESI, A.; I. COLOMBO, A. Solubility of Anti-Inflammatory Drugs in Supercritical Carbon Dioxide. *J. Chem. Eng. Data*, 1996, 41 (5), 1083-1086• DOI: 10.1021/je960103q •

MACNAUGHTON, S. J.; KIKIC, I.; ROVEDO, G.; FOSTER, N.R.; ALESSI, P. Solubility of Chlorinated Pesticides in Supercritical Carbon Dioxide. *J. Chem. Eng. Data*, 1995, 40 (3), 593-597• DOI: 10.1021/je00019a011 •

MALAGONI, R. A. Determinação experimental da solubilidade de orgânicos em água. 2006. 102p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

MALAGONI, R. A.; FREITAS, A. C. S.; MARQUES, F. da S.; FRANCO JÚNIOR, M. R. Determinação experimental da solubilidade de orgânicos em água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 16º, 2006, Santos. **Anais do XVI COBEQ** Lorena: USP/FAENQUIL, 2006. p. 1-8.

MARCHE, C.; FERRONATO, C.; JOSE, J. Solubilities of alkylcyclohexanes in water from 30°C to 180°C. J. Chem. Eng. Data, v. 49, p. 937-940, 2004.

MURAT Y; SABRI OLAK; TURAN A; YAAR G. Determination of the Optimum Conditions for the Dissolution of Colemanite in H_3PO_4 Solutions. *Ind. Eng. Chem. Res.*, **2005**, 44 (10) DOI: 10.1021/ie020823s

NIST. 2006. National Institute of Standards and Technology. Disponível em: <http://srdata.nist.gov/solubility>.

NORDSTRÖM, F. L.; RASMUSON, A. C., Solubility and Melting Proerties of Salicylic Acid, J. Chem. Eng. 2006, 51, 1668-1671.

NORDSTRÖM, F. L.; RASMUSON, A. C., Phase equilibria and Thermodynamics of p-Hydroxybenzoic Acid, J. Pharm. Sci. 2006, 95, 748-760.

OLIVEIRA, A. C.; MAGAL, A. C. M.; ALVES, R. S.; FRANCO JÚNIOR, M. R. R Equilíbrio Sólido-Líquido do Ácido Benzóico em Misturas de Solventes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 16º, 2006, Santos. Anais do XVI COB**EQ** Lorena: USP/FAENQUIL, 2006.

OLIVEIRA, A. C.; COELHO, M. G.; PIRES, R. F.; FRANCO JÚNIOR, M. R. Solubility of Benzoic Acid in Mixed Solvents. J. Chem. Eng. Data, v. 52, p. 298-300, 2006.

OLIVEIRA, M. L. N. **Desenvolvimento de um equipamento para o estudo do equilíbrio líquido-líquido.** 2004. 69p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

OLIVEIRA, M. L. N; MALAGONI, R. A; MANFRED, F; FRANCO JÚNIOR , M. R. Obtaining Solubility Data From A Liquid-Liquid Equilibrium **Cell**. Chem. Eng. Com., v. 195,p.1076-1084, 2008. ,195:9,1076 — 1084. DOI: 10.1080/00986440801907490

OLIVEIRA, M. L. N; FRANCO JÚNIOR, M. R. The solubility of some acids in aqueous and alcoholic solutions. Equifase, 2009.

PINHO, S. P.; MACEDO, E. A. Solubility of NaCl, NaBr, and KCl in water, methanol, ethanol, and their mixed solvents. **J. Chem. Eng. Data**, v. 50, p. 29-32, 2005.

PIRES, R. F.; FRANCO JR, M. R. Solubility of benzoic acid in aqueous solutions containing ethanol and propanol . *J. Chem. Eng. Data* 2008, *53,* 2704–2706.

REN, B.-Z.; HOU, C.-H.; CHONG, H.-G.; LI, W.-R.; SONG, H.-J. Solubilty of o-phthalic acid in methanol + waer and methanol_buthyl acetate from (298.87 to 359.75) K J. Chem. Eng. Data 2006, 51, 2022-2025.

SANDLER, S. I. 1989. Chemical and Engineering Thermodynamics. 2ª edition. **John Wiley & Sons**.

SANDLER, S. I. Unusual chemical thermodynamics. **J. Chem. Thermodynamics**, v. 31, p. 3-24, 1999.

SHALMASHI, A.; ELIASSI, A. Solubility of Salicylic Acid in Water, Ethanol, Carbon Tetrachloride, Ethyl Acetate, and Xylene. *J. Chem. Eng. Data*, 2008, 53 (1), 199-200• DOI: 10.1021/je7004962 •

SILVA, A. M.; PINHEIRO, M. S. de F.; FRANÇA, M. N. 2006. Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos: projetos de pesquisa, trabalhos acadêmicos, dissertações e teses. 5ª ed. rev. e ampl. – Uberlândia: **Universidade Federal de Uberlândia**.

SORENSEN, J. M.; ARLT, W. Liquid-Liquid Equilibrium Data Collection, Binary Systems, vol. V, part 1, **Dechema Chem. Data Series**. Frankfurt, 1979.

STRAGEVITCH, L. **Equilíbrio líquido-líquido de misturas de não-eletrólitos.** 1997. 360p. Tese de Doutorado, Departamento de Processos Químicos, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997 (citado por OLIVEIRA, 2004).

TRYPUC, M.; BIALOWICZ, K. Solubility of NH_4VO_3 in water + ammonia. **J. Chem. Eng. Data**, v. 42, p. 318-320, 1997.

WALAS, S. M. 1985. Phase Equilibria in Chemical Engineering. **Butterworth Publishers.**

WANG, Q.; XU, H.; LI, X. Solubilities of terephthalic acid in dimethyl sulfoxide + water and in N,N-dimethylformamide + water from (301.4 to 373.7) K J. Chem. Eng. Data 2005, 50 , 719-721.

WIKIPEDIA. 2005. A enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Solubilidade>.

WRIGHT, D. A.; SANDLER, S. I.; DEVOLL, D. **Environ. Sci. Technol.**, v. 26, p. 1828-1831, 1992 (retirado do NIST, 2006).

YAWS, C. L.; LIN, X.; BU, L. The water solubility of naphtenes. **Chem. Eng.**, p. 122-123, 1993 (citado por MARCHE et al., 2004).

ZHAO, J. H.; WANG, L. C.; XU, H. S.; SONG, C. Y.; WANG, F. A. Solubilities of p-aminophenol in sulfuric acid + water from (285.15 to 362.80) K. **J. Chem. Eng. Data**, published online mar 29, http://dx.doi.org/10.1021/je049552d (citado por WANG & CHENG, 2005).

Anexo 1. Especificações dos ácidos

Nos itens relacionados abaixo, encontram-se as informações técnicas, fornecidas pelos respectivos fabricantes, dos reagentes utilizados na realização dos experimentos desenvolvidos neste trabalho.

A.1. Informações técnica do ácido dl-Málico (PA)

Formula Molecular: $C_4H_6O_5$

Massa Molar: 134,09 g/mol

Fabricante: Vetec química fina Ltda

Boletim de garantia:

Teor	Mínimo	99,5%
Cinzas		
Sulfatadas	Máximo	0,1%
Arsênio (As)	Máximo	0,0001%
Cobre (Cu)	Máximo	0,001%
Ferro (Fe)	Máximo	0,001%
Chumbo (Pb)	Máximo	0,0005%
Cloreto (Cl)	Máximo	0,01%
Sulfato (SO_4)	Máximo	0,02%

A.2. Informações técnica do ácido Salicílico (PA)

Formula Molecular: ($C_6H_4(OH)COOH$)

Massa Molar: 138,12 g/gmol

Fabricante: Isofar Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda,

Especificações:

Dosagem	Mínimo	99,0%
PF		158 °C – 161 °C
Limites máximos de impurezas:		
Resíduo após ignição	Máximo	0,01%
Cloreto (Cl)	Máximo	0,001%
Sulfato (SO_4)	Máximo	0,003%
Metais pesados	Máximo	5 ppm
Ferro (Fe)	Máximo	2 ppm

A.3. Informações técnica do ácido Succínico (PA)

Formula Molecular: $C_4H_6O_4$

Massa Molar: 118,09 g/gmol

Fabricante: Isofar Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda

Especificações:

Dosagem	Mínimo	99,0%
PF		185 °C – 191 °C
Insolúveis	Máximo	0,01%
Resíduo após ignição	Máximo	0,02%
Cloreto (Cl)	Máximo	0,001%
Sulfato (SO_4)	Máximo	0,003%
Metais pesados	Máximo	5 ppm
Ferro (Fé)	Máximo	5 ppm

A.4. Informações técnica do ácido Bórico (PA)

Formula Molecular: H_3B0_3

Massa Molar: 61,8 g/gmol

Fabricante: Vetec química fina Ltda

Boletim de garantia:

Teor	Mínimo	99,5%
Insolúveis em Metanol	Máximo	0,005%
Não Voláteis com Metanol	Máximo	0,05%
Fosfato (PO_4)	Máximo	0,001%
Arsênio (As)	Máximo	1 ppm
Cálcio (Ca)	Máximo	0,005%
Ferro (Fe)	Máximo	0,001%
Chumbo (Pb)	Máximo	0,001%
Cloreto (Cl)	Máximo	0,001%
Sulfato (SO_4)	Máximo	0,01%

A.5. Informações técnica do ácido Cítrico Anidro (PA)

Formula Molecular: $C_6H_8O_7$

Massa Molar: 192,123 g/mol

Fabricante: Vetec química fina Ltda

Especificações:

Dosagem	Mínimo	99,0%
Resíduo após ignição	Máximo	0,02%
Insolúveis	Máximo	0,005%
Resíduo após ignição	Máximo	0,02%
Cloreto (Cl)	Máximo	0,001%
Sulfato (SO_4)	Máximo	0,002%
Metais pesados	Máximo	0,0002%
Ferro (Fe	Máximo	0,0003%

Anexo 2. Planejamento de Experimentos

A.1. Conceitos gerais de experimentação

OLIVEIRA (1999), MONTGOMERY (1991) e BOX (1978) apresentam alguns conceitos e termos fundamentais que são utilizados nas técnicas de planejamento e análise de experimentos, tais como:

Variáveis de Resposta: são as variáveis dependentes que sofrem algum efeito nos testes, quando estímulos são introduzidos propositalmente nos fatores que regulam ou ajustam os processos de fabricação. Nos experimentos, podem existir uma ou mais variáveis de resposta (y) que são importantes de se avaliar.

Fatores de Controle**:** estes são os fatores alterados deliberadamente no experimento. O objetivo principal de introduzir estímulos nos fatores de controle é avaliar o efeito produzido nas variáveis de resposta e, com isso poder determinar os principais fatores do processo.

Fatores de Ruído: são os fatores, conhecidos ou não, que influenciam nas variáveis de resposta do experimento. Cuidados especiais devem ser tomados na hora de realizar os testes com esses fatores, pois, é importante evitar que os efeitos produzidos pelos fatores de controle, fiquem misturados ou mascarados com os efeitos provocados pelos fatores de ruído.

Níveis dos Fatores: são as condições de operação dos fatores de controle investigados nos experimentos. Os níveis são identificados por nível baixo (-1), nível intermediário (0) e nível alto (+1). De acordo com OLIVEIRA (1999), é comum considerar como nível baixo o menor valor, quando os fatores forem ajustados por níveis quantitativos.

Tratamentos: é a combinação dos níveis de fatores de controle, isto significa que cada uma das corridas do experimento representará um tratamento.

Efeito Principal: é a diferença média observada na reposta quando se muda o nível do fator de controle investigado.

Efeito de Interação: é a metade da diferença entre os efeitos principais de um fator nos níveis de outro fator.

Matriz de Experimentos: é o plano formal construído para conduzir os experimentos. Nesta matriz são incluídos os fatores de controle, os níveis e tratamentos do experimento.

Aleatorização: é o processo de definir a ordem dos tratamentos da matriz experimental, através de sorteios ou por limitações específicas dos testes. Esse conceito também se refere ao processo de alocação do material e equipamento às diferentes condições de experimentação. A aleatorização nos experimentos é realizada para balancear os efeitos produzidos pelos fatores não-controláveis nas respostas analisadas e para se atender aos requisitos dos métodos estatísticos, os quais exigem que os componentes do erro experimental sejam variáveis aleatórias independentes.

Repetição: é o processo de repetir cada uma das combinações (linhas) da matriz experimental sob as mesmas condições de experimentação. Segundo MONTGOMERY (1991), este conceito permite encontrar uma estimativa do erro experimental, que é utilizado para determinar se as diferenças observadas entre os dados são estatisticamente significativas.

Blocos: é a técnica utilizada para controlar e avaliar a variabilidade produzida pelos fatores perturbadores (controláveis ou não-controláveis) dos experimentos. Com esta técnica procura-se criar um experimento (grupo ou unidades experimentais balanceadas) mais homogêneo e aumentar a precisão das respostas que são analisadas.

De acordo com OLIVEIRA (1999) e MONTGOMERY (1991), os experimentos industriais devem ser planejados em uma matriz experimental. O objetivo dessa atividade é garantir que as informações obtidas sejam confiáveis e que os recursos, tais como: equipamentos, pessoas, materiais e informações disponíveis para experimentação sejam bem utilizados. Nesta fase do projeto experimental, diversas técnicas de planejamento e análise de experimentos podem ser utilizadas, a técnica do planejamento composto central é apresentada a seguir, sendo que, esta foi a técnica utilizada nos ensaios experimentais deste trabalho.

A.2. Planejamento Composto Central

Os planejamentos compostos centrais (PCC) foram apresentados por BOX *et al*. (1978), como uma evolução dos planejamentos 3^3, que necessitavam de muitos experimentos para um pequeno número de fatores, mesmo para planejamentos fracionários. Outras vantagens, como rotabilidade e blocagem ortogonal, além do pequeno número de ensaios.

Dentre os delineamentos padrões, o Delineamento Composto Central (DCC) é considerado um delineamento ótimo. De acordo com ATKINSON e DONEV (1992), os

delineamentos compostos pertencem a uma família de delineamentos eficientes, os quais requerem poucos ensaios para sua realização. Quanto às medidas de eficiência, LUCAS (1976), ATKINSON & DONEV (1992), mostram que o DCC se comporta bem de acordo com os critérios *D* e *G* de otimização (MATEUS, 2001).

De acordo com MONTGOMERY (1991), um planejamento experimental para o modelo de segunda ordem deve conter pelo menos três níveis para cada fator. Neste caso, a série de experimentos que podem ser utilizados no planejamento da superfície de resposta de segunda ordem são os planejamentos rotáveis (BOX & HUNTER, 1957). Um experimento é rotável se a variância da resposta estimada, para algum ponto x_i, é em função da distância do ponto ao centro e não em função da direção (MONTGOMERY, 2001).

A classe de planejamento rotável mais usado para ajustar o modelo de segunda ordem é o planejamento composto central. Este planejamento consiste de um 2^k fatorial ou fatorial fracionado 2^{k-p} mais 2k pontos axiais e n_c pontos centrais (BOX & HUNTER, 1978). Os 2k pontos axiais são localizados em ($\pm\alpha_1$, 0, 0,..., 0), (0, $\pm\alpha_1$, 0, ..., 0), (0, 0, α_1,..., 0), ..., (0, 0, 0,..., $\pm\alpha_1$), sendo que α_1 é dado pela Equação A.1.

$$\alpha_1 = (2^k)^{1/4} \qquad \text{(A.1)}$$

O ponto axial no planejamento é utilizado para garantir que o experimento seja rotável. De acordo com MONTGOMERY (2001) e BOX et al. (1978), com esse ponto é possível estimar os coeficientes da superfície em todas as direções possíveis. Ainda, o valor de α_1 depende do número de pontos na porção fatorial do planejamento. Por exemplo, a configuração de um experimento fatorial composto central com dois fatores pode ser visualizada pela Figura A.1, sendo que o quadrado com círculos sólidos nas arestas representa o fatorial 2^2, o circulo no centro representa o ponto central n_c (0, 0), (0, 0), ..., (0, 0), e o losango com quadrados nas arestas representa os pontos axiais do experimento fatorial composto central.

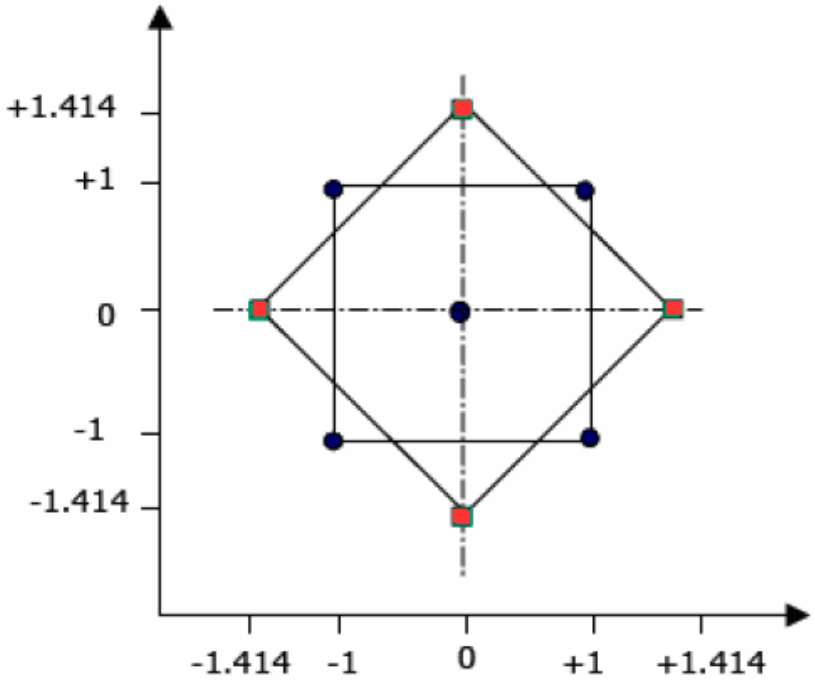

Figura A.1- Representação gráfica do planejamento composto central. Adaptado de MONTGOMERY (1991).

Nota-se que outra propriedade do planejamento composto central é que pode ser controlado pela escolha do número de pontos centrais n_c, ou seja, com um número apropriado de pontos centrais o planejamento é ortogonal e pode ser de precisão uniforme. Nesse caso, a variância da resposta estimada na origem é igual para as distâncias unitárias desde a origem (GUEDES, 1996).

O número de variáveis a serem estudadas, aliada à necessidade de obter uma estimativa de parâmetros de uma superfície de segunda ordem e ainda, a redução do esforço experimental, levou a utilização do Planejamento Composto Central (PCC). Os PCC's são planejamentos fatoriais de 1ª ordem, aumentado por pontos adicionais para permitir a estimação dos parâmetros de uma superfície de 2ª ordem. Um PCC composto por um planejamento fatorial a dois níveis com três variáveis, acrescido de duas réplicas no ponto central e ainda seis experimentos nos pontos axiais (α), totalizando 16 experimentos conforme apresenta a Figura A.2.

-1	-1	-1	Planejamento Fatorial 2^k
-1	-1	+1	
-1	+1	-1	
-1	+1	+1	
+1	-1	-1	
+1	-1	+1	
+1	+1	-1	
+1	+1	+1	
-α	0	0	Planejamento Axiais 2.k
+α	0	0	
0	-α	0	
0	+α	0	
0	0	-α	
0	0	+α	
0	0	0	Pontos Centrais
0	0	0	

Figura A.2. Esquema do Planejamento Composto Central (MONTGOMERY, 1991).

A.3. Metodologia de superfície de resposta

De acordo com MYERS *et al.* (1989), a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) é um conjunto de técnicas de planejamento e análise de experimentos usados na modelagem matemática de respostas. Esse método foi desenvolvido por George Box, da Universidade de Princeton - Estados Unidos, com a colaboração de outros autores, na década de 1950. O estudo foi motivado porque os pesquisadores sentiram a necessidade de utilizar um procedimento para determinar as condições ótimas (ou níveis ótimos) dos fatores de controle que interferem na resposta de um sistema (MYERS *et al.*, 1989).

No entanto, a literatura que pesquisa o tema relata que só a partir da década de 1980, a MSR passou a ser aplicada pelas empresas, principalmente a indústria japonesa e americana. Nas fábricas o método pode contribuir na melhoria da qualidade dos produtos ou processos de fabricação, a aumentar a produtividade e a reduzir o tempo de desenvolvimento de produtos, entre outros fatores (GUEDES, 1996). O sucesso alcançado pelas indústrias motivou outros setores a conduzir (planejar) e analisar estatisticamente os experimentos. Entre as áreas que mais utilizam os conceitos pode-se citar: Física, Engenharia, Indústria de alimentos, Ciências sociais (economia, pesquisa operacional e sistemas de simulação) e Biologia como, por exemplo, os

conceitos podem ser utilizados para determinar o relacionamento que existe entre a estrutura química de um componente e sua reação biológica, assim como, para realizar estudos sobre os efeitos da poluição industrial no meio ambiente (MYERS *et al.*, 1989).

A MSR é um procedimento que pode ser aplicado na modelagem de problemas em que são observadas várias características de qualidade. Esse método também é conhecido como otimização de multi-resposta (MONTGOMERY & MYERS, 1995). Um fator importante que facilita o uso do MSR com multi-resposta é o avanço tecnológico dos *softwares* estatísticos. Com essa evolução também foi possível reduzir os erros nas análises estatísticas dos problemas estudados (TAY & BUTLER, 1999).

Segundo BOX & HUNTER (1957), as principais razões para estudar os problemas de um sistema com a MSR são:

- determinar quais são as condições dos fatores (x_1, x_2, ..., x_k) que determinam o melhor valor para a resposta y_i;
- necessidade de se conhecer as características da função resposta, que se aproxima das condições reais de operação dos sistemas;
- interesse em identificar o relacionamento que existe entre os parâmetros e as respostas.

Conforme MYERS *et al.* (1989), os polinômios algébricos são amplamente utilizados para se aproximar da região de resposta. O grau de aproximação depende essencialmente do grau do polinômio e da faixa do intervalo considerado. Os polinômios de primeira ordem Equação A.3, geralmente são as primeiras funções que são utilizadas para se aproximar o conjunto de resultados Equação A.2. Neste caso procura-se verificar se a variação da resposta em função dos fatores é bem modelada por uma superfície plana.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_k x_k + \varepsilon \qquad \text{A.2}$$

sendo que: β_0, β_1, β_2, ..., β_k, representam os coeficientes do polinômio. As variáveis x_1, x_2, ..., x_k são os fatores experimentais e ε é o erro experimental.

MONTGOMERY (2001), ressalta que se a variação da resposta em função dos fatores é mais bem modelada por uma superfície não plana, ou seja, o teste estatístico aponta que o modelo linear não satisfaz as condições de operação do sistema porque existe uma curvatura na superfície de resposta, então a função a ser aproximada ao conjunto de resultados é um

polinômio de ordem mais alta, como um modelo de segunda ordem, dado pela Equação A.3. Para MYERS *et al.* (1989) essa é a correlação empírica mais utilizada para ajustar a superfície de resposta.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} x_i^2 + \sum_i \sum_j \beta_{ij} x_i x_j \qquad \text{A.3}$$

sendo que: β_0, β_i, β_{ii}, ..., β_{ij}, representam os coeficientes do polinômio. As variáveis x_1, x_2, ..., x_k são os fatores experimentais.

Em muitas aplicações da MSR o maior problema surge quando se faz necessário selecionar o planejamento experimental. A seguir, são apresentadas algumas características e propriedades do planejamento composto central que podem ser utilizados na MSR. A classificação das técnicas de experimentos será realizada conforme o grau do polinômio que é utilizado para ajustar a resposta.

MYERS & MONTGOMERY (1989) e BOX *et al.* (1978), ressaltam que antes de realizar os experimentos é conveniente que os fatores de controle sejam codificados no intervalo $(-\alpha, -1, 0, +1, +\alpha)$. Uma forma de fazer a transformação é dada pela Equação A.4, chamada de Equação de codificação. Essa codificação é utilizada porque facilita a construção dos planejamentos experimentais, remove as unidades de medida dos fatores de controle e a distância ao longo dos eixos.

$$x_i = \frac{(\xi_i - n_c)}{\Delta x_i} \qquad \text{A.4}$$

onde: ξ_i representa o nível da variável natural do processo de fabricação, n_c é o ponto central utilizado o experimento e Δx_i é o valor de escala ou o incremento na variável independente.

De acordo com BOX & HUNTER (1957), o planejamento experimental deve determinar os coeficientes de regressão dos polinômios com variância mínima. Os fatores experimentais de uma matriz **X** são funcionalmente independentes, então, a anterior exigência será satisfeita ao selecionar um planejamento que produza a matriz **X'X** diagonal. Neste caso, os

planejamentos ortogonais (uma matriz é dita ortogonal quando os elementos fora da diagonal da matriz **X'X** são todos iguais a zero. Isto implica que a soma do produto da matriz **X** também é zero) e em particular os PCC's satisfazem está condição quando os pontos axiais (α) são devidamente selecionados.

Segundo MONTGOMERY (1991), existe um processo que leva a uma otimização rápida, este processo pode ser chamado de *técnica seqüencial* que pode ocorrer de duas maneiras, conforme segue:

- se um ponto qualquer da superfície (pode representar as condições atuais de operação de um processo) está distanciado das condições ótimas de operação e é necessário se aproximar ou determinar a região de resposta, a analise da superfície de resposta pode ser interpretada como a ascensão a uma montanha, onde o pico representa a resposta máxima do experimento. Esse método é denominado de máxima pendente em ascensão;
- se ocorrer o contrário, ou seja, a aproximação ocorre na forma de descenso, o ponto ótimo será a resposta mínima da superfície, e esse procedimento também é conhecido como método de máxima pendente em descenso.

MONTGOMERY (1991), relata que uma maneira de localizar o ponto ótimo é por meio da técnica de localização do ponto estacionário e planejamento composto central (descrito anteriormente). O ponto ótimo, se realmente existe no sistema investigado, será definido pelo conjunto de pontos (x_1, x_2,..., x_k) para os quais as derivadas parciais se igualam a zero, conforme a Equação A.5.

$$\frac{\partial_y}{\partial_{x_1}} = \frac{\partial_y}{\partial_{x_2}} = ... = \frac{\partial_y}{\partial_{xk}} = 0 \qquad \text{A.5}$$

Esse ponto é denominado de *ponto estacionário*, que pode representar um ponto máximo de resposta, um ponto mínimo ou um ponto de sela, isto é, nem máximo, nem mínimo local (MONTGOMERY, 2001; BOX *et al.*, 1978). A solução geral do ponto estacionário é obtida quando o equacionamento de segunda ordem Equação A.4 é escrito em notação matricial, conforme a Equação A.6.

$$y = \beta_0 + \mathbf{x'b} + \mathbf{x'Bx} \qquad \text{A.6}$$

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ . \\ . \\ . \\ x_k \end{bmatrix} \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ . \\ . \\ . \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12}/2 & \dots & \beta_{11}/2 \\ & \beta_{22} & \dots & \beta_{21}/2 \\ & & \dots & . \\ & & & . \\ & & & \beta_{xx} \end{bmatrix}$$

sendo que: nessa representação matricial **b** é um vetor (k x 1) dos termos lineares, **B** é uma matriz simétrica (k x k), cujos elementos da diagonal são coeficientes quadráticos puros (β_{ii}) e os elementos fora da diagonal correspondem à metade dos termos de interação ($\beta_{ij}, i \neq j$) do polinômio algébrico.

A derivada da Equação A.6 com relação aos elementos do vetor **x** é dada pela Equação A.7.

$$\frac{\partial_y}{\partial_x} = \mathbf{b} + 2\mathbf{B}\mathbf{x} = 0 \qquad \text{A.7}$$

O ponto estacionário é a solução da Equação A.7 cujo resultado é dado pela Equação A.8.

$$\mathbf{x_0} = -\frac{1}{2}\mathbf{B}^{-1}\mathbf{b} \qquad \text{A.8}$$

Segundo MONTGOMERY (2001), em alguns casos, após determinação do ponto estacionário, é necessário caracterizar a superfície de resposta com a vizinhança imediata a esse ponto. Neste caso, estes autores propõem que seja realizada uma análise mais formal denominada *Análise Canônica* na superfície de resposta, conforme será descrito a seguir.

A.4. Análise canônica de superfície de resposta

Quando é determinado o ponto estacionário $(\mathbf{x_0})$ ou os níveis ótimos dos fatores (x_1, x_2,..., x_k) que maximizam a resposta, minimizam ou representam um ponto de sela (é o ponto crítico que não é máximo local nem mínimo local), em alguns experimentos será necessário caracterizar a superfície de reposta na vizinhança desse ponto. Assim, com base na literatura, alguns pontos importantes desse procedimento são apresentados por MONTGOMERY (2001) e BOX & HUNTER (1957). Para ilustrar a técnica considere-se um experimento fatorial 2^k. O primeiro passo será transformar o polinômio de segunda ordem Equação 2.28 para uma forma canônica Equação A.9. Nesse novo sistema de coordenadas o ponto estacionário passa a ser a origem e os eixos (w_k), devem ser rotacionados até se posicionarem paralelos aos eixos principais da superfície ajustada. Segundo MONTGOMERY (1991), para se determinar os valores das raízes (λ_i) da Equação canônica que passa por esse ponto é utilizada a Equação A.10.

$$y = y_0 + \lambda_1 w_1^2 + \lambda_2 w_2^2 + ... + \lambda_k w_k^2 \qquad \text{A.9}$$

onde: y_0 representa a resposta no ponto $\mathbf{x_0}$, w_k é a combinação linear das variáveis x_i e os λ_i representa as constantes ou as raízes de uma matriz (**B**).

$$[\mathbf{B} - \lambda \mathbf{I}] = 0 \qquad \text{A.10}$$

sendo que: **B** é uma matriz formada pelos coeficientes quadráticos puros (diagonal) e pelo valor médio dos coeficientes de interação (fora da diagonal), λ são as raízes do polinômio quadrático e **I** (determinante) é o operador matemático que transforma a matriz quadrática em números reais. Uma vez convertida à forma canônica, algumas características da superfície de resposta devem ser observadas. As principais são mostradas por BOX *et al.* (1978):

- se todas as raízes λ_i são negativas, significa que as curvas de contornos da superfície de resposta será na forma de uma elipse, onde o centro $\mathbf{x_0}$ (ponto estacionário) do sistema é o ponto máximo conforme as curvas da Figura A.3(a). Caso os sinais sejam positivos significa que esse ponto é de resposta mínima.

- se as raízes λ_i possuírem sinais diferentes, significa que $\mathbf{x_0}$ é um ponto de sela, conforme representado pelas curvas da Figura A.3(b). Esse ponto também é conhecido como ponto de máximo e mínimo.

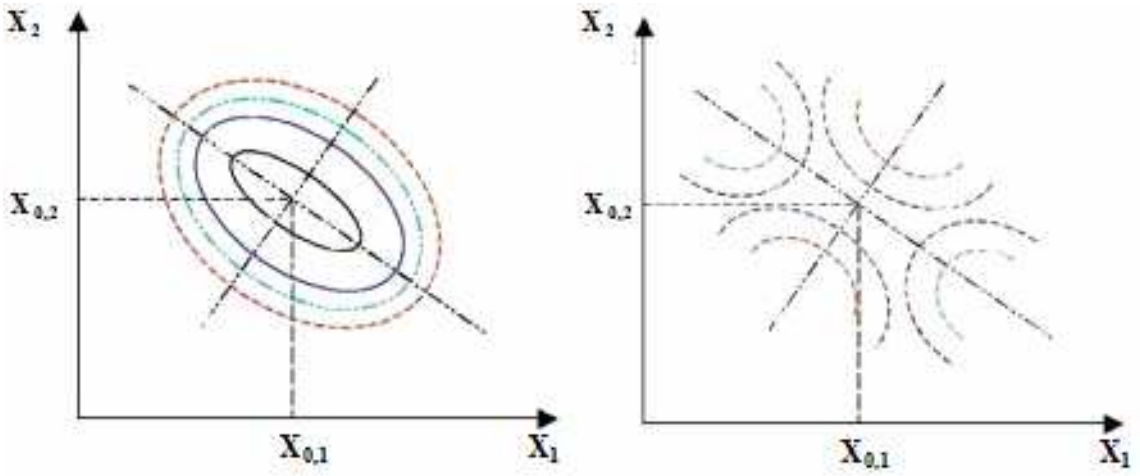

Figura A.3. Curvas de contorno de superfície de resposta. Adaptado de MONTGOMERY (1991).

Segundo MONTGOMERY (1991) e BOX *et al.* (1978), em alguns problemas, será necessário determinar a relação que existe entre as variáveis canônicas (w_1, w_2) e as variáveis (x_1, x_2) utilizadas no projeto experimental. Essas expressões matemáticas podem ser utilizadas para analisar os pontos adjacentes ao ponto estacionário no espaço w_i, assim como para transformar as intersecções (w_1, w_2) nos eixos principais (x_1, x_2). Os autores descrevem que a relação das variáveis pode ser representada pela Equação A.11.

$$w_i = \mathbf{M}'(x_i - x_0) \qquad \text{A.11}$$

sendo: $\mathbf{M}'$ é a matriz ortogonal (k x k). Segundo MONTGOMERY (2001), as equações normalizadas do sistema podem ser construídas pela Equação A.12.

$$(\mathbf{B} - \lambda_1 \mathbf{I})m_i = 0 \qquad \text{A.12}$$

onde: os elementos (m_{ij}) são os autovalores normalizados do polinômio ajustado, associado às raízes (λ_i) da Equação canônica. A soma dos quadrados dos elementos m_{ij} de cada coluna da matriz deve ser igual à Equação A.13.

$$\sum_{j-1}^{k} m_{ij}^2 = 1 \qquad \text{A.13}$$

Para resolver as equações será necessário atribuir valores arbitrários a uma das variáveis desconhecidas $m_i^{'}$ ou $m_{ij}^{'}$, em seguida, serão determinados os elementos da matriz, porém, como o objetivo é obter os parâmetros de **M** normalizados, será necessário que cada um desses valores seja dividido pela Equação A.14.

$$\sqrt{(m_i^{'})^2 + (m_{ij}^{'})^2} \qquad \text{A.14}$$

Sendo que: $m_i^{'}$ e $m_{ij}^{'}$ representam os parâmetros atribuídos arbitrariamente no início do processo para cada um dos dois sistemas.

Com a solução da Equação A.12, é determinada a relação entre as variáveis (x_1, x_2,..., x_k) do polinômio ajustado ao modelo canônico (w_1, w_2, w_k).

APÊNDICE A. Calibração dos Termopares

Com o objetivo de determinar as equações de calibração, para os termopares da Marca Ecil do tipo TT-2, foi montado um aparato laboratorial semelhante ao utilizado no procedimento experimental.

Tabela A1: Dados experimentais de temperatura t(ºC) para calibração dos termopares.

Tempo (min)	Tbanho(ºC)	Termo1 (ºC)	Termo2 (ºC)	Termo3 (ºC)	Termo4 (ºC)
0	20,0	20,1	20,0	20,9	20,5
5	20,0	20,2	20,0	21,0	20,6
10	20,0	20,2	20,1	21,0	20,6
15	20,0	20,2	20,1	21,0	20,5
20	20,0	20,2	20,0	21,0	20,6
25	20,0	20,2	20,0	21,0	20,5
30	20,0	20,1	20,0	21,0	20,5
35	20,0	20,1	20,0	20,9	20,5
40	20,0	20,2	20,1	21,0	20,5
45	20,0	20,2	20,0	21,0	20,5
0	30,0	30,3	30,0	29,6	30,3
5	30,1	30,3	30,1	29,6	30,3
10	30,0	30,3	30,0	29,6	30,3
15	30,0	30,3	30,0	29,6	30,3
20	30,0	30,3	30,0	29,6	30,3
25	30,0	30,3	30,0	29,6	30,3
30	30,0	30,3	30,0	29,6	30,3
35	30,1	30,3	30,0	29,6	30,3
40	30,0	30,3	30,0	29,6	30,2
45	30,0	30,3	30,0	29,6	30,3
0	40,2	40,7	40,4	38,3	40,7
5	40,3	40,8	40,5	38,4	40,8
10	40,3	40,7	40,4	38,3	40,7
15	40,3	40,8	40,5	38,4	40,8
20	40,2	40,7	40,5	38,4	40,7
25	40,3	40,7	40,5	38,4	40,7
30	40,3	40,7	40,4	38,4	40,7
35	40,3	40,7	40,5	38,4	40,7
40	40,2	40,7	40,5	38,4	40,6
45	40,4	40,7	40,5	38,4	40,7
0	50,5	50,3	50,4	46,8	50,6
5	50,5	50,4	50,5	46,9	50,7
10	50,5	50,4	50,5	46,9	50,7
15	50,5	50,4	50,6	46,9	50,7
20	50,5	50,4	50,5	46,9	50,6
25	50,5	50,4	50,5	46,9	50,7

Continua...

Tabela A1: Continuação

35	50,5	50,4	50,5	46,9	50,7
40	50,5	50,4	50,4	46,9	50,6
45	50,5	50,4	50,5	46,9	50,6
0	60,5	60,6	60,2	55,1	60,6
5	60,4	60,7	60,2	55,1	60,6
10	60,5	60,7	60,2	55,1	60,6
15	60,5	60,7	60,2	55,1	60,7
20	60,5	60,7	60,2	55,1	60,6
25	60,5	60,7	60,2	55,1	60,6
30	60,5	60,6	60,2	55,1	60,6
35	60,5	60,6	60,1	55,1	60,6
40	60,5	60,7	60,2	55,1	60,6
45	60,5	60,7	60,2	55,1	60,6

Equações de calibração dos termopares obtidas por regressão linear através dos dados da tabela A1:

t1 = -0,1914+1,0284*t-0,0004*t^2 A.1

Onde : t1 = temperatura do termômetro número 1 obtida através da curva de calibração;
t = valor lido no termômetro padrão.

t2 = -0,5874+1,04*x-0,0006*x^2 A.2

Onde : t3 = temperatura do termômetro número 1 obtida através da curva de calibração;
t = valor lido no termômetro padrão.

t3 = 3,2753+0,8985*x-0,0007*x^2 A.3

Onde : t4 = temperatura do termômetro número 1 obtida através da curva de calibração;
t = valor lido no termômetro padrão.

t4 = 0,7067+0,9885*x+3,4686E-5*x^2 A.4

Onde : t4 = temperatura do termômetro número 1 obtida através da curva de calibração;
t = valor lido no termômetro padrão.

APÊNDICE B. Dados experimentais da secagem nos planejamentos de experimentos

B.1. Variação das massas secas para o ácido Bórico

Neste apêndice estão apresentados, em forma de Tabelas e gráficos, os dados de secagem.

Tabela B.01: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Bórico em água no set-point de temperatura de 32 °C

A	m_s	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	10,7289	9,8393	9,8372	9,8379	9,8370	9,8393	
R_{12}	10,6348	9,9092	9,9080	9,9084	9,9076	9,9095	
R_{13}	10,6234	9,9321	9,9308	9,9306	9,9300	9,9316	
R_{21}	10,5143	9,7788	9,7772	9,7787	9,7755	9,7778	
R_{22}	10,9591	10,0558	10,0549	10,0555	10,0516	10,0536	
R_{23}	10,6652	9,6474	9,6463	9,6472	9,6464	9,6471	
R_{31}	10,5671	10,0415	10,0398	10,0402	10,0400	10,0409	
R_{32}	10,5228	9,8167	9,8151	9,8155	9,8150	9,8155	
R_{33}	10,3111	9,6576	9,6557	9,6558	9,6555	9,6559	
R_{41}	10,3496	9,6854	9,6854	9,6859	9,6857	9,6836	
R_{42}	10,2667	9,5422	9,5404	9,5410	9,5403	9,5414	
R_{43}	10,6937	9,8754	9,8735	9,8744	9,8713	9,8738	
R_{51}	10,5165	9,6303	9,6293	9,6298	9,6292	9,6305	
R_{52}	10,4018	9,8238	9,8223	9,8233	9,8221	9,8245	
R_{53}	10,5165	9,7700	9,7683	9,7725	9,7682	9,7706	
R_{61}	10,5853	9,9779	9,9768	9,9771	9,9751	9,9776	
R_{62}	10,4324	9,8814	9,8799	9,8809	9,8783	9,8807	
R_{63}	10,4968	9,9045	9,9024	9,9025	9,9021	9,9042	
R_{71}	10,6257	9,8765	9,8742	9,8742	9,8736	9,8744	
R_{72}	10,5697	9,6664	9,6643	9,6643	9,6640	9,6667	
R_{73}	10,4871	9,5443	9,5422	9,5420	9,5416	9,5451	
R_{81}	10,7294	9,7288	9,7271	9,7272	9,7234	9,7266	
R_{82}	10,6683	9,8396	9,8373	9,8382	9,8347	9,8365	
R_{83}	10,5402	9,7181	9,7162	9,7171	9,7142	9,7169	
R_{91}	10,9156	9,8888	9,8743	9,8741	9,8716	9,8737	
R_{92}	11,0371	10,0569	10,0458	10,0455	10,0413	10,0433	
R_{93}	10,8411	9,6575	9,6492	9,6492	9,6448	9,6467	
R_{101}	11,1229	9,8430	9,8430	9,8426	9,8453		
R_{102}	11,0844	10,0654	10,0663	10,0626	10,0660		
R_{103}	10,9002	9,6651	9,6618	9,6548	9,6561		

Tabela B.02: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Bórico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C

A	m_s(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	11,9581	9,6290	9,6259	9,6110	9,6131	9,6048	9,5837	9,5907
R_{12}	12,2825	9,4940	9,4804	9,4641	9,4680	9,4576	9,4354	9,4425
R_{13}	11,7102	9,5889	9,5872	9,5743	9,5769	9,5681	9,5462	9,5570
R_{21}	12,0037	9,6423	9,6490	9,6358	9,6161	9,6258	9,6304	9,6163
R_{22}	12,2159	9,7072	9,7145	9,7412	9,6778	9,6866	9,6921	9,6793
R_{23}	11,9210	9,6640	9,6717	9,6517	9,6360	9,6455	9,6512	9,6381
R_{31}	12,2097	9,7379	9,7127	9,7143	9,7212	9,7088	9,6946	9,6933
R_{32}	12,5700	9,6903	9,8167	9,8200	9,8256	9,8118	9,7864	9,7956
R_{33}	11,6914	9,7481	9,7123	9,7137	9,7186	9,7110	9,6986	9,6973
R_{41}	11,9926	9,5328	9,5407	9,5434	9,5325	9,5081	9,5121	9,5144
R_{42}	11,8614	9,6279	9,6349	9,6400	9,6323	9,6065	9,6102	9,6115
R_{43}	12,2096	9,9756	9,9829	9,9858	9,9774	9,9528	9,9556	9,9560
R_{51}	12,1051	9,7118	9,7182	9,7166	9,6879	9,6932	9,6840	9,6860
R_{52}	12,4492	10,1354	10,1418	10,1407	10,1119	10,1160	10,1092	10,1107
R_{53}	12,3424	9,7437	9,7512	9,7495	9,7188	9,7224	9,7146	9,7277
R_{61}	12,4375	9,9966	9,7910	9,7909	9,7574	9,7548	9,7505	9,7600
R_{62}	11,4985	9,6597	9,5747	9,5764	9,5534	9,5488	9,5461	9,5585
R_{63}	12,6244	9,9745	9,7199	9,7219	9,6904	9,6865	9,6821	9,6850
R_{71}	12,0894	9,7758	9,6538	9,6550	9,6245	9,6263	9,6211	9,6348
R_{72}	12,3761	9,8625	9,7170	9,7209	9,6847	9,6868	9,6798	9,6957
R_{73}	11,3981	9,4450	9,4401	9,4402	9,4206	9,4213	9,4186	9,4235
R_{81}	12,0880	9,6853	9,6818	9,6469	9,6523	9,6410	9,6528	9,6471
R_{82}	12,0457	9,6058	9,6037	9,5664	9,5720	9,5604	9,5745	9,5755
R_{83}	11,8944	9,6696	9,6675	9,6345	9,6408	9,6300	9,6329	9,6384
R_{91}	12,9222	10,0298	10,0392	10,0205	10,0268	10,0434	10,0416	10,0408
R_{92}	12,0938	9,8846	9,8927	9,8765	9,8802	9,8856	9,8901	9,8882
R_{93}	11,8356	9,7655	9,7711	9,7582	9,7651	9,7679	9,7699	9,7696
R_{101}	11,8544	9,6232	9,6214	9,6297	9,6250	9,6313	9,6301	9,6283
R_{102}	12,1825	9,9418	9,9324	9,9356	9,9391	9,9441	9,9446	9,9470
R_{103}	12,1090	9,5142	9,5019	9,5096	9,5143	9,5187	9,7828	9,7832
RR_{11}	11,9404	9,7950	9,7872	9,7961	9,8039	9,8027	9,5160	9,5169

Continua...

Tabela B.02: Continuação

RR_{12}	12,2530	9,7338	9,7253	9,7306	9,7363	9,7386	9,8009	9,8032
RR_{13}	11,8897	9,9755	9,9898	9,9797	10,0073	10,0023	9,7389	9,7372
RR_{21}	12,5634	9,5502	9,5579	9,5508	9,5542	9,5544	10,0011	9,9987
RR_{22}	11,7717	9,4319	9,4439	9,4471	9,4452	9,4429	9,5578	9,5535
RR_{23}	11,7750	9,4471	9,4452	9,4429	9,4418	9,4278	9,4418	9,4278

Tabela B.02: Continuação

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	9,4466	9,5816	9,5738						
R_{12}	9,5910	9,4365	9,4257						
R_{13}	9,5592	9,5504	9,5409						
R_{21}	9,6110								
R_{22}	9,6715								
R_{23}	9,6325								
R_{31}	9,6947	9,7042	9,7055	9,7044	9,7058	9,7015	9,6944	9,7019	9,6932
R_{32}	9,7940	9,8044	9,8050	9,8057	9,8056	9,8012	9,8009	9,8074	9,7996
R_{33}	9,6990	9,7044	9,7037	9,7049	9,7056	9,7038	9,7013	9,7078	9,6980
R_{41}	9,5194	9,5206	9,5188	9,5216	9,5164	9,5157	9,5189	9,5014	
R_{42}	9,6152	9,6171	9,6161	9,6177	9,6126	9,6108	9,6148	9,6034	
R_{43}	9,9640	9,9648	9,9642	9,9644	9,9583	9,9555	9,9593	9,9484	
R_{51}	9,6954	9,6959	9,6936	9,6952	9,6895	9,6864	9,6924	9,6800	
R_{52}	10,1168	10,1192	10,1167	10,1191	10,1163	10,1136	10,1173	10,1069	
R_{53}	9,7233	9,7271	9,7249	9,7276	9,7205	9,7177	9,7242	9,7098	
R_{61}	9,7556	9,7613	9,7613	9,7622	9,7488	9,7546	9,7584	9,7422	
R_{62}	9,5570	9,5572	9,5589	9,5563	9,5533	9,5495	9,5549	9,5417	
R_{63}	9,6995	9,7003	9,6989	9,6989	9,6937	9,6944	9,6980	9,7030	
R_{71}	9,6285	9,6335	9,6333	9,6310	9,6243	9,6250	9,6297	9,6195	
R_{72}	9,6921	9,6937	9,6940	9,6911	9,6849	9,6871	9,6871	9,6722	
R_{73}	9,4236	9,4237	9,4230	9,4224	9,4173	9,4196	9,4219	9,4137	
R_{81}	9,6522	9,6503	9,6548	9,6509	9,6483	9,6486	9,6370		
R_{82}	9,5731	9,5745	9,5770	9,5714	9,5438	9,5726	9,5589		
R_{83}	9,6392	9,6373	9,6406	9,6330	9,6313	9,6311	9,6244		

Continua ...

Tabela B.02: Continuação

R_{91}	10,0431	10,0327	10,0330	10,0395	10,0222
R_{92}	9,8896	9,8850	9,8831	9,8880	10,4861
R_{93}	9,7703	9,7638	9,7631	9,7674	9,7525
R_{101}	9,6229	9,6214			
R_{102}	9,9375	9,9416	9,9448	9,9334	
R_{103}	9,7773	9,7763	9,7788	9,7706	
RR_{11}	9,5114	9,5090	9,5128	9,5016	
RR_{12}	9,7998	9,7984	9,8020	9,7870	
RR_{13}	9,7316	9,7341	9,7371	9,7258	
RR_{21}	9,9859	9,9937	9,9785		
RR_{22}	9,5503	9,5538	9,5440		
RR_{23}	9,4273	9,4363	9,4248		

B.2. Variação das massas secas para o ácido dl-Málico

Tabela B.03: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em água no set-point de temperatura de 32 °C

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	10,0685	10,0678	10,0662	10,0638	10,0625	10,0062	10,0069
R_{12}	10,0753	10,0731	10,0717	10,0688	10,0683	9,9930	9,9946
R_{13}	10,0453	10,0431	10,0419	10,0394	10,0397	9,9909	9,9928
R_{21}	10,5324	10,5301	10,5286	10,5262	10,5251	10,4684	10,4698
R_{22}	10,5882	10,5860	10,5847	10,5828	10,5812	10,5402	10,5403
R_{23}	10,4142	10,4115	10,4095	10,4081	10,4077	10,3829	10,3829
R_{31}	10,7140	10,7107	10,7061	10,7013	10,6987	10,6560	10,6554
R_{32}	10,2585	10,2563	10,2512	10,2462	10,2443	10,1996	10,1998
R_{33}	10,2924	10,2900	10,2874	10,2841	10,2835	10,2548	10,2553
R_{41}	10,1629	10,1603	10,1581	10,1574	10,1230	10,1242	10,1242
R_{42}	10,4359	10,4325	10,4293	10,4280	10,3842	10,3854	10,3854
R_{43}	10,3320	10,3297	10,3280	10,3277	10,3071	10,3078	10,3078
R_{51}	10,0159	10,0126	10,0106	10,0096	9,9777	9,9791	9,9791
R_{52}	10,0010	9,9943	9,9916	9,9907	9,9644	9,9657	9,9657
R_{53}	10,4185	10,4099	10,4057	10,4051	10,3689	10,3695	10,3695

Continua ...

Tabela B.03: Continuação

R_{61}	10,5160	10,5111	10,5066	10,5056	10,4537	10,4543	10,4543
R_{62}	10,1190	10,1134	10,1090	10,1078	10,0510	10,0527	10,0527
R_{63}	10,3463	10,3418	10,3379	10,3374	10,2983	10,2995	10,2995
R_{71}	10,5670	10,5587	10,5544	10,5527	10,5182	10,5202	10,5202
R_{72}	10,0039	9,9997	9,9973	9,9966	9,9716	9,9731	9,9731
R_{73}	10,0219	10,0191	10,0168	10,0170	9,9983	9,9997	9,9997
R_{81}	10,1598	10,1533	10,1491	10,1478	10,1118	10,1126	10,1126
R_{82}	10,1988	10,1947	10,1920	10,1915	10,1654	10,1662	10,1662
R_{83}	10,3651	10,3615	10,3594	10,3594	10,3405	10,3426	10,3426
R_{91}	10,1703	10,1676	10,1669	10,1461	10,1475		10,1475
R_{92}	10,0449	10,0420	10,0412	10,0105	10,0132		10,0132
R_{93}	10,3478	10,3446	10,3439	10,3128	10,3152		10,3152
R_{101}	10,6470	10,6439	10,6435	10,6024	10,6042		10,6042
R_{102}	10,4622	10,4595	10,4590	10,4241	10,4259		10,4259
R_{103}	10,0228	10,0201	10,0194	9,9825	9,9867		9,9867

Tabela B.04: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C

A	m_s	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	10,3070	9,8406	9,8357	9,8233	9,8222	9,7768	9,7726
R_{12}	10,5342	9,9867	9,9810	9,9642	9,9633	9,9115	9,9046
R_{13}	10,6074	10,0428	10,0368	10,0212	10,0199	9,9720	9,9690
R_{21}	10,5785	10,0752	10,0709	10,0480	10,0476	10,0025	9,9970
R_{22}	10,2984	9,7885	9,7838	9,7667	9,7671	9,7281	9,7237
R_{23}	10,1611	9,7711	9,7680	9,7527	9,7529	9,7231	9,7212
R_{31}	10,6605	10,2353	10,2295	10,2141	10,2140	10,1772	10,1750
R_{32}	10,7733	10,3352	10,3289	10,3060	10,3058	10,2699	10,2681
R_{33}	10,4823	10,1146	10,1090	10,0879	10,0868	10,0502	10,0477
R_{41}	10,7089	10,2271	10,2196	10,2011	10,1999	10,1602	10,1572
R_{42}	10,8266	10,2482	10,2363	10,2178	10,2165	10,1678	10,1628
R_{43}	10,6043	10,1049	10,0943	10,0755	10,0741	10,0375	10,0345
R_{51}	10,4923	10,0774	10,0733	10,0607	10,0601	10,0280	10,0254
R_{52}	10,2499	9,9156	9,9103	9,8942	9,8931	9,8603	9,8554

Continua ...

Tabela B.04: Continuação

R_{53}	10,4803	9,9623	9,9553	9,9398	9,9385	9,9005	9,8960
R_{61}	10,4995	9,9660	9,9561	9,9328	9,9324	9,8756	9,8715
R_{62}	10,5443	9,9906	9,9795	9,9567	9,9557	9,8937	9,8875
R_{63}	10,7555	10,2017	10,1918	10,1707	10,1698	10,1058	10,1019
R_{71}	10,6233	10,1463	10,1688	10,1236	10,1231	10,0610	10,0567
R_{72}	10,4040	9,9193	9,9295	9,8973	9,8968	9,8351	9,8269
R_{73}	10,5033	10,0265	10,0449	10,0053	10,0026	9,9451	9,9392
R_{81}	10,5835	10,1326	10,1260	10,1050	10,1036	10,0640	10,0570
R_{82}	10,9023	10,4159	10,4096	10,3853	10,3836	10,3381	10,3317
R_{83}	10,4885	10,0629	10,0572	10,0192	10,0169	9,9684	9,9627
R_{91}	10,7780	10,3147	10,3051	10,2725	10,2691	10,2106	10,2036
R_{92}	10,5078	10,0172	10,0058	9,9725	9,9698	9,9188	9,9108
R_{93}	10,5097	10,0297	10,0085	9,9749	9,9720	9,9220	9,9170
R_{101}	10,5772	10,1553	10,1331	10,1075	10,1043	10,0418	10,0341
R_{102}	10,9285	10,4614	10,4378	10,4085	10,4047	10,3390	10,3313
R_{103}	10,7171	10,2424	10,2143	10,1902	10,1866	10,1186	11,1093

B.3. Variação das massas secas para o ácido Succínico

Tabela B.05: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Succínico em água no set-point de temperatura de 32 °C

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	10,1715	9,7710	9,7621	9,7607	9,7619	9,7608	9,7596	9,7606
R_{12}	11,1546	10,3384	10,1942	10,1921	10,1928	10,1911	10,1916	10,1905
R_{13}	11,0998	10,2787	10,1168	10,1160	10,1162	10,1155	10,1169	10,1145
R_{21}	10,4580	9,6871	9,6634	9,6611	9,6632	9,6629	9,6613	9,6612
R_{22}	10,3485	9,6324	9,6271	9,6259	9,6269	9,6264	9,6258	9,6255
R_{23}	10,5609	9,7338	9,6804	9,6803	9,6796	9,6781	9,6770	9,6771
R_{31}	10,9305	9,7198	9,7078	9,7089	9,7076	9,7074	9,7074	9,7073
R_{32}	11,0066	9,8305	9,7800	9,7794	9,7792	9,7782	9,7786	9,7795
R_{33}	11,5822	10,0054	9,8311	9,8304	9,8290	9,8275	9,8295	9,8300
R_{41}	12,8638	11,2221	10,1880	10,0388	10,0374	10,0357	10,0365	10,0368
R_{42}	12,8555	11,1786	10,1724	10,0446	10,0425	10,0425	10,0420	10,0428
R_{43}	12,6416	11,0149	9,9982	9,9340	9,9326	9,9329	9,9326	9,9330

Continua ...

Tabela B.05: Continuação

R_{51}	11,7703	10,0812	9,6587	9,6576	9,6558	9,6562	9,6563	9,6563
R_{52}	12,4017	10,7484	9,8878	9,8871	9,8871	9,8868	9,8869	9,8864
R_{53}	13,8038	10,7315	10,2398	9,9422	9,9414	9,9418	9,9418	
R_{61}	12,1572	11,7464	10,1629	10,1616	10,1609	10,1603	10,1607	10,1617
R_{62}	13,0146	11,3297	9,8305	9,6819	9,6838	9,6818	9,6821	9,6828
R_{63}	13,3120	11,7265	10,2640	10,0394	10,0371	10,0378	10,0374	10,0374
R_{71}	13,5191	11,6988	10,4890	10,4110	10,4123	10,4130	10,4114	10,4124
R_{72}	11,4992	9,7614	9,5965	9,5952	9,5947	9,5942	9,5953	9,5941
R_{73}	13,4609	11,4531	9,9194	9,9185	9,9180	9,9191	9,9182	9,9166
R_{81}	12,3585	10,3713	9,8769	9,8743	9,8753	9,8750	9,8749	9,8752
R_{82}	13,2845	11,0243	9,8819	9,8367	9,8358	9,8368	9,8367	9,8351
R_{83}	12,5485	10,5828	9,7706	9,7207	9,7216	9,7216	9,7216	9,7205
R_{91}	13,2388	11,5035	10,5427	10,2580	10,2576	10,2530	10,2545	10,2527
R_{92}	13,0002	11,1949	10,2775	9,9551	9,9542	9,9514	9,9514	9,9518
R_{93}	12,4019	10,5842	9,7881	9,6830	9,6822	9,6820	9,6819	9,6813
R_{101}	13,0067	11,6828	10,5531	9,8276	9,8235	9,8229	9,8238	9,8232
R_{102}	12,0164	10,8644	9,9854	9,8954	9,8934	9,8930	9,8936	9,8927
R_{103}	13,2463	11,6994	10,4542	9,8862	9,8836	9,8820	9,8841	9,8832

Tabela B.05: Continuação

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	9,7615	9,7610	9,7595	9,7599	9,7592	9,7575	9,7582	
R_{12}	10,1927	10,1917	10,1912	10,1919	10,1914	10,1907	10,1902	
R_{13}	10,1158	10,1151	10,1146	10,1157	10,1149	10,1139	10,1133	
R_{21}	9,6620	9,6613	9,6614	9,6614	9,6604	9,6602	9,6598	
R_{22}	9,6257	9,6250	9,6248	9,6251	9,6232	9,6248	9,6250	
R_{23}	9,6773	9,6769	9,6769	9,6759	9,6750	9,6744	9,6745	
R_{31}	9,7080	9,7071	9,7067	9,7064	9,7071	9,5040		
R_{32}	9,7786	9,7787	9,7777	9,7784	9,7785	9,7772		
R_{33}	9,8310	9,8298	9,8291	9,8289	9,8295	9,8280		
R_{41}	10,0361	10,0361	10,0364	10,0354	10,0364	10,0352		
R_{42}	10,0434	10,0414	10,0416	10,0417	10,0416	10,0410		

Continua ...

Tabela B.05: Continuação

R_{43}	9,9323	9,9325	9,9315	9,9314	9,9325	9,9306		
R_{51}	9,6569	9,6552	9,6544	9,6554	9,6540			
R_{52}	9,8867	9,8864	9,8869	9,8856	9,8856			
R_{61}	10,1605	10,1597	10,1597	10,1605	10,1600			
R_{62}	9,6818	9,6818	9,6818	9,6825	9,6818			
R_{63}	10,0371	10,0350	10,0347	10,0356	10,0355			
R_{71}	10,4100	10,4098	10,4111	10,4105	10,4115			
R_{72}	9,5933	9,5943	9,5936	9,5943	9,5943			
R_{73}	9,9121	9,9126	9,9124	9,9112	9,9111	9,9047	9,9043	9,8973
R_{81}	9,8748	9,8741	9,8743	9,8727	9,8737			
R_{82}	9,8346	9,8337	9,8350	9,8355	9,8347			
R_{83}	9,7191	9,7191	9,7200	9,7194	9,7199			
R_{91}	10,2534	10,2538	10,2534	10,2533	10,2536			
R_{92}	9,9500	9,9518	9,9517	9,9515	9,9510			
R_{93}	9,6810	9,6802	9,6816	9,6803	9,6802			
R_{101}	9,8229	9,8214	9,8217	9,8224	9,8220			
R_{102}	9,8920	9,8919	9,8917	9,8920	9,8916			
R_{103}	9,8827	9,8824	9,8824	9,8823	9,8812			

Tabela B.06: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Succínico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	11,9761	9,7378	9,7366	9,7335	9,7306	9,7261	9,7205	9,7166
R_{12}	11,6057	9,5212	9,5214	9,5178	9,5165	9,5145	9,5108	9,5083
R_{13}	11,6260	9,6083	9,6091	9,6061	9,6043	9,6021	9,5985	9,5963
R_{21}	12,0926	9,9423	9,9401	9,9369	9,9354	9,9324	9,9291	9,9266
R_{22}	11,5148	9,6258	9,6252	9,6217	9,6192	9,6152	9,6109	9,6087
R_{23}	11,5306	9,5737	9,5724	9,5697	9,5674	9,5627	9,5576	9,5578
R_{31}	12,1002	10,0918	9,8125	9,8102	9,8077	9,8034	9,8010	9,7999
R_{32}	12,0346	9,9140	9,6966	9,6949	9,6919	9,6874	9,6842	9,6817
R_{33}	12,1632	10,1470	9,6930	9,6905	9,6875	9,6832	9,6811	9,6788
R_{41}	10,1910	10,1268	10,1236	10,1188	10,1140	10,1096	10,1054	10,1046

Continua...

Tabela B.06: Continuação

R_{42}	9,4843	9,4810	9,4768	9,4714	9,4680	9,4666	9,4631	9,4626
R_{43}	9,6300	9,6277	9,6231	9,6189	9,6167	9,6141	9,6103	9,6098
R_{51}	9,5918	9,5872	9,5814	9,5782	9,5754	9,5721	9,5713	9,5698
R_{52}	9,5530	9,5474	9,5421	9,5392	9,5375	9,5330	9,5315	9,5315
R_{53}	9,6825	9,6481	9,6321	9,6212	9,6127	9,6093	9,6083	9,6056
R_{61}	9,7437	9,7272	9,7227	9,7199	9,7176	9,7153	9,7155	9,7136
R_{62}	9,8379	9,8173	9,8133	9,8109	9,8070	9,8037	9,8023	9,8019
R_{63}	9,6625	9,6588	9,6538	9,6519	9,6502	9,6467	9,6453	9,6456
R_{71}	9,5586	9,5512	9,5467	9,5451	9,5405	9,5392	9,5374	9,5320
R_{72}	10,0079	9,9368	9,9312	9,9297	9,9261	9,9253	9,9242	9,9167
R_{73}	9,5526	9,5425	9,5378	9,5349	9,5307	9,5306	9,5294	9,5230
R_{81}	9,6123	9,6096	9,6078	9,6051	9,6037	9,6016	9,6009	9,5961
R_{82}	9,5821	9,5789	9,5754	9,5729	9,5706	9,5599	9,5685	9,5639
R_{83}	9,8546	9,8513	9,8490	9,8466	9,8441	9,8437	9,8429	9,8388
R_{91}	9,6587	9,6530	9,6532	9,6501	9,6427	9,6411	9,6416	9,6411
R_{92}	9,4852	9,4794	9,4795	9,4763	9,4701	9,4705	9,4690	9,4667
R_{93}	9,5590	9,5544	9,5554	9,5525	9,5463	9,5477	9,5448	9,5447
R_{101}	9,7832	9,7824	9,7799	9,7747	9,7744	9,7730	9,7731	9,7714
R_{102}	9,5774	9,5751	9,5736	9,5686	9,5676	9,5687	9,5676	9,5662
R_{103}	9,5112	9,5100	9,5084	9,5020	9,5020	9,5005	9,5001	9,4991

Tabela B.06: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	9,7128	9,7093	9,7082	9,7058	9,7012	9,7004	9,6996	9,6987
R_{12}	9,5055	9,5031	9,5030	9,5018	9,4980	9,4978	9,4974	9,4966
R_{13}	9,5926	9,5916	9,5906	9,5889	9,5834	9,5838	9,5830	9,5804
R_{21}	9,9257	9,9229	9,9228	9,9204	9,9160	9,9170	9,9154	9,9144
R_{22}	9,6069	9,6054	9,6045	9,6047	9,6000	9,6010	9,5996	9,5994
R_{23}	9,5544	9,5519	9,5510	9,5511	9,5475	9,5468	9,5461	9,5446
R_{31}	9,7961	9,7959	9,7949	9,7892	9,7898	9,7887	9,7876	9,7864
R_{32}	9,6796	9,6781	9,6764	9,6726	9,6717	9,6706	9,6710	9,6678
R_{33}	9,6757	9,6755	9,6734	9,6692	9,6690	9,6684	9,6672	9,6670

Continua...

Tabela B.06: Continuação

R_{41}	10,1029	10,0976	10,0985	10,0964	10,0966	10,0945	10,0945	10,0920
R_{42}	9,4612	9,4561	9,4561	9,4545	9,4550	9,4532	9,4520	9,4511
R_{43}	9,6078	9,6024	9,6026	9,6022	9,6003	9,5987	9,5984	9,5966
R_{51}	9,5626	9,5636	9,5621	9,5627	9,5603	9,5593	9,5585	9,5568
R_{52}	9,5258	9,5246	9,5242	9,5241	9,5216	9,5212	9,5194	9,5177
R_{53}	9,5998	9,5993	9,6001	9,5980	9,5979	9,5950	9,5947	9,5953
R_{61}	9,7083	9,7088	9,7078	9,7069	9,7062	9,7052	9,7051	9,7030
R_{62}	9,7962	9,7956	9,7955	9,7932	9,7931	9,7925	9,7906	9,7890
R_{63}	9,6391	9,6374	9,6369	9,6367	9,6360	9,6354	9,6339	9,6321
R_{71}	9,5310	9,5297	9,5283	9,5370	9,5252	9,5245	9,5209	9,5201
R_{72}	9,9165	9,9157	9,9140	9,9120	9,9114	9,9091	9,9074	9,9061
R_{73}	9,5239	9,5216	9,5213	9,5204	9,5183	9,5175	9,5163	9,5136
R_{81}	9,5958	9,5961	9,5948	9,5937	9,5947	9,5935	9,5915	9,5904
R_{82}	9,5635	9,5643	9,5632	9,5625	9,5609	9,5606	9,5592	9,5582
R_{83}	9,8379	9,8379	9,8371	9,8364	9,8361	9,8355	9,8345	9,8327
R_{91}	9,6381	9,6368	9,6342	9,6321	9,6317	9,6288	9,6250	9,6208
R_{92}	9,4659	9,4646	9,4637	9,4608	9,4575	9,4543	9,4510	9,4480
R_{93}	9,5421	9,5419	9,5405	9,5379	9,5358	9,5346	9,5308	9,5263
R_{101}	9,7708	9,7689	9,7675	9,7665	9,7636	9,7609	9,7575	9,7557
R_{102}	9,5654	9,5649	9,5619	9,5601	9,5576	9,5552	9,5501	9,5476
R_{103}	9,4978	9,4966	9,4961	9,4948	9,4903	9,4877	9,4826	9,4793

Continua...

Tabela B.06: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	9,6980	9,6965	9,6960	9,6936	9,6926	9,6899	9,6871	9,6827
R_{12}	9,4955	9,4935	9,4936	9,4922	9,4915	9,4883	9,4872	9,4826
R_{13}	9,5814	9,5800	9,5797	9,5777	9,5777	9,5748	9,5712	9,5674
R_{21}	9,9135	9,9126	9,9115	9,9100	9,9089	9,9056	9,9040	9,9000
R_{22}	9,5977	9,5966	9,5961	9,5951	9,5933	9,5904	9,5892	9,5847
R_{23}	9,5431	9,5425	9,5423	9,5397	9,5388	9,5359	9,5323	9,5286
R_{31}	9,7851	9,7839	9,7828	9,7818	9,7780	9,7764	9,7724	9,7703
R_{32}	9,6680	9,6669	9,6679	9,6636	9,6611	9,6568	9,6540	9,6500

Continua...

Tabela B.06: Continuação

R_{33}	9,6654	9,6640	9,6619	9,6616	9,6596	9,6568	9,6525	9,6500
R_{41}	10,0910	10,0888	10,0856	10,0838	10,0799	10,0744	10,0720	10,0689
R_{42}	9,4491	9,4470	9,4434	9,4395	9,4358	9,4328	9,4299	9,4266
R_{43}	9,5955	9,5936	9,5909	9,5876	9,5839	9,5812	9,5795	9,5758
R_{51}	9,5545	9,5503	9,5480	9,5435	9,5375	9,5359	9,5333	9,5298
R_{52}	9,5171	9,5136	9,5115	9,5073	9,5048	9,5021	9,4995	9,4962
R_{53}	9,5921	9,5893	9,5867	9,5820	9,5787	9,5770		
R_{61}	9,7006	9,6981	9,6953	9,6900	9,6879	9,6858	9,6831	9,6803
R_{62}	9,7882	9,7856	9,7819	9,7793	9,7768	9,7746	9,7705	9,7679
R_{63}	9,6302	9,6266	9,6241	9,6197	9,6179	9,6147	9,6117	9,6087
R_{71}	9,5174	9,5145	9,5103	9,5069	9,5057	9,5018	9,4988	9,4950
R_{72}	9,9036	9,8997	9,8961	9,8936	9,8914	9,8887	9,8861	9,8826
R_{73}	9,5115	9,5091	9,5049	9,5022	9,4991	9,4962	9,4935	9,4901
R_{81}	9,5868	9,5839	9,5809	9,5783	9,5758	9,5714	9,5695	9,5670
R_{82}	9,5564	9,5533	9,5494	9,5482	9,5450	9,5426	9,5419	9,5412
R_{83}	9,8307	9,8282	9,8250	9,8228	9,8200	9,8169	9,8144	9,8116
R_{91}	9,6180	9,6151	9,6116	9,6086	9,6068	9,6029	9,6007	9,5972
R_{92}	9,4442	9,4431	9,4397	9,4371	9,4328	9,4307	9,4268	9,4241
R_{93}	9,5245	9,5231	9,5190	9,5161	9,5136	9,5108	9,5081	9,5047
R_{101}	9,7533	9,7502	9,7475	9,7442	9,7414	9,7394	9,7366	9,7337
R_{102}	9,5452	9,5426	9,5399	9,5364	9,5336	9,5322	9,5290	9,5276
R_{103}	9,4768	9,4736	9,4710	9,4680	9,4680	9,4677	9,4673	9,4675

Continua ...

Tabela B.06: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	9,6811	9,6796	9,6757	9,6711	9,6680	9,6658	9,6640	9,6624
R_{12}	9,4795	9,4777	9,4717	9,4691	9,4665	9,4634	9,4611	9,4607
R_{13}	9,5647	9,5614	9,5580	9,5548	9,5520	9,5510	9,5506	9,5512
R_{21}	9,8676	9,8959	9,8906	9,8877	9,8844	9,8823	9,8798	9,8772
R_{22}	9,5817	9,5797	9,5763	9,5734	9,5723	9,5730	9,5730	9,5728
R_{23}	9,5254	9,5233	9,5201	9,5173	9,5160	9,5168	9,5165	9,5162
R_{31}	9,7679	9,7638	9,7606	9,7573				

Continua...

Tabela B.06: Continuação

R_{32}	9,6470	9,6418	9,6380	9,6345	9,6319	9,6295	9,6273	9,6251
R_{33}	9,6487	9,6434	9,6395	9,6358	9,6331	9,6281	9,6244	9,6219
R_{41}	10,0655	10,0626	10,0603	10,0580	10,0544	10,0521	10,0420	10,0420
R_{42}	9,4232	9,4204	9,4181	9,4148	9,4116	9,4093	9,4016	9,4006
R_{43}	9,5731	9,5697	9,5675	9,5651	9,5615	9,5592	9,5546	9,5548
R_{51}	9,5261	9,5233	9,5209	9,5180	9,5140	9,5046	9,5043	9,5043
R_{52}	9,4927	9,4869	9,4844	9,4813	9,4785	9,4687	9,4680	9,4681
R_{53}								
R_{61}	9,6766	9,6743	9,6713	9,6686	9,6662	9,6553	9,6549	9,6548
R_{62}	9,7644	9,7604	9,7584	9,7560	9,7539	9,7497	9,7495	9,7495
R_{63}	9,6063	9,6038	9,6005	9,5984	9,5954	9,5920	9,5912	9,5913
R_{71}	9,4923	9,4898	9,4863	9,4835	9,4730	9,4732	9,4732	9,4735
R_{72}	9,8803	9,8747	9,8712	9,8687	9,8554	9,8537	9,8515	9,8503
R_{73}	9,4877	9,4854	9,4826	9,4799	9,4630	9,4625	9,4623	9,4626
R_{81}	9,5656	9,5657	9,5649	9,5652	9,5645	9,5639	9,5637	9,5643
R_{82}	9,5408	9,5416	9,5415	9,5401	9,5401	9,5401	9,5397	9,5396
R_{83}	9,8099	9,8085	9,8078	9,8078	9,8070	9,8066	9,8062	9,8069
R_{91}	9,5950	9,5773	9,5758	9,5742	9,5742			
R_{92}	9,4209	9,4059	9,4036	9,4018	9,4017			
R_{93}	9,5020	9,4863	9,4859	9,4860	9,4859			
R_{101}	9,7303	9,7302	9,7300	9,7302				
R_{102}	9,5267	9,5266	9,5263	9,5268				
R_{103}	9,4650	9,4660	9,4660	9,4660				

Continua ...

Tabela B.06: Continuação

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	9,6621	9,6608	9,6612	9,6614	9,6614
R_{12}	9,4605	9,4597	9,4594	9,4597	9,4597
R_{13}	9,5504	9,5482	9,5492	9,5491	9,5492
R_{21}	9,8750	9,8734	9,8736	9,8736	9,8735
R_{22}	9,5724	9,5712	9,5710	9,5712	9,5717
R_{23}	9,5161	9,5153	9,5149	9,5153	9,5153
R_{31}					

Continua...

Tabela B.06: Continuação

R_{32}	9,6241	9,6241	9,6236	9,624
R_{33}	9,6127	9,6124	9,6091	9,6095
R_{41}	10,0420	10,0420		
R_{42}	9,4013	9,4018		
R_{43}	9,5548	9,5548		
R_{51}	9,5042			
R_{52}	9,4685			
R_{53}				
R_{61}	9,6550			
R_{62}	9,7498			
R_{63}	9,5915			
R_{71}				
R_{72}				
R_{73}				
R_{81}				
R_{82}				
R_{83}				
R_{91}				
R_{92}				
R_{93}				
R_{101}				
R_{102}				
R_{103}				

B.4. Variação das massas secas para o ácido Cítrico

B.4.1. Variação das massas secas para o ácido Cítrico em água.

Tabela B.07: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Cítrico em água no set-point de temperatura de 32 °C

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{11}	11,9132	11,1285	11,1121	11,1069	11,0901	11,0891	11,0895	11,0895
R_{12}	12,4072	11,3954	11,3668	11,3613	11,3438	11,3428	11,3433	11,3415
R_{13}	12,3974	11,4031	11,3849	11,3766	11,3592	11,3578	11,3591	11,3559

Continua ...

Tabela B.07: Continuação

R_{21}	12,8536	11,7475	11,7106	11,6989	11,6813	11,6818	11,6816	11,6840
R_{22}	14,1666	12,6077	12,6107	12,6006	12,5813	12,5801	12,5911	12,5841
R_{23}	13,7044	12,3067	12,2585	12,2452	12,2165	12,2164	12,2186	12,2142
R_{31}	13,1283	11,9962	11,9646	11,8740	11,8616	11,8439	11,8247	11,8235
R_{32}	12,6372	11,6792	11,6531	11,5581	11,5563	11,5512	11,5436	11,5445
R_{33}	13,3324	12,1607	12,1200	12,0574	12,0534	12,0155	11,9763	11,9732
R_{41}	12,9966	12,0574	11,7447	11,7095	11,7092	11,7054	11,6956	11,6914
R_{42}	13,4257	12,4148	12,1389	12,0493	12,0453	12,0366	12,0260	12,0225
R_{43}	13,7703	12,7339	12,3942	12,2485	12,2471	12,2412	12,2364	12,2306
R_{51}	13,9121	12,6626	12,5374	12,5068	12,4763	12,4508	12,4429	12,4407
R_{52}	13,2139	11,9820	11,9332	11,7522	11,7396	11,7320	11,7300	11,7285
R_{53}	13,7265	12,4522	12,3334	12,3187	12,2758	12,2420	12,2348	12,2308
R_{61}	14,4506	13,1496	12,7238	12,7206	12,7094	12,7015	12,6972	12,7003
R_{62}	14,1618	12,9628	12,5010	12,4819	12,4656	12,4561	12,4519	12,4524
R_{63}	14,3792	13,1043	12,6768	12,6703	12,6477	12,6302	12,6270	12,6261
R_{71}	14,5566	13,2971	12,8578	12,8420	12,8212	12,8017	12,8020	12,7989
R_{72}	13,8465	12,7197	12,4725	12,4462	12,3976	12,3575	12,3554	12,3517
R_{73}	12,2839	11,4486	11,3328	11,3223	11,2970	11,2736	11,2738	11,2694
R_{81}	12,7611	11,6806	11,6760	11,6442	11,6100	11,6108	11,6198	11,6138
R_{82}	13,0000	11,8216	11,8193	11,8023	11,7921	11,7941	11,7882	11,7935
R_{83}	12,5202	11,4713	11,4640	11,4533	11,4442	11,4478	11,4663	11,4546
R_{91}	13,9269	12,5908	12,5664	12,5570	12,5507	12,5414	12,5177	12,5009
R_{92}	13,2460	12,1546	12,1398	12,1271	12,1111	12,0776	12,0740	12,0717
R_{93}	12,9994	11,8824	11,8648	11,8492	11,8230	11,7977	11,7959	11,7943
R_{101}	12,4023	11,5515	11,5330	11,5252	11,5214	11,5160	11,5104	11,5054
R_{102}	12,4934	11,6689	11,6420	11,6229	11,6055	11,6012	11,6007	11,6001
R_{103}	12,1761	11,3262	11,3120	11,2906	11,2853	11,2817	11,2796	11,2731
RR_{11}	12,4736	11,6245	11,6122	11,6018	11,5868	11,5825	11,5778	11,5437
RR_{12}	12,6167	11,7816	11,7727	11,7501	11,7365	11,7188	11,7015	11,6945
RR_{13}	12,3014	11,4436	11,4335	11,4143	11,3978	11,3852	11,3684	11,3541
RR_{21}	11,9030	11,1814	11,1726	11,1612	11,1574	11,1290	11,1195	11,1194
RR_{22}	12,1318	11,2982	11,2998	11,2879	11,2748	11,2514	11,2271	11,2199
RR_{23}	12,3641	11,4155	11,3967	11,3869	11,3786	11,3679	11,362	11,3631

Tabela B.07: Continuação

A	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)	m_{sec}(g)
R_{31}	11,8174	11,8200	11,8186	11,8193	11,8202	11,8155	11,8170	11,8158	11,8175
R_{32}	11,5400	11,5414	11,5427	11,5435	11,5448	11,5416	11,5423	11,5407	11,5425
R_{33}	11,9685	11,9686	11,9671	11,9674	11,9680	11,9639	11,9647	11,9634	11,9653
R_{41}	11,6991	11,7008	11,6985						
R_{42}	12,0722	12,0554	12,0403						
R_{43}	12,2331	12,2346	12,2342						
R_{51}	12,4422	12,4401	12,4387	12,4412	12,4367	12,4335	12,4324	12,4328	
R_{52}	11,7286	11,7279	11,7278	11,7317	11,7288	11,7273	11,7284		
R_{53}	12,2346	12,2287	12,2271	12,2282	12,2246	12,2212	12,2180	12,2184	
R_{61}	12,7003	12,7034	12,7034	12,7032	12,7013	12,7026	12,7009	12,7036	
R_{62}	12,4539	12,4571	12,4557	12,4568	12,4531	12,4599	12,4556	12,4572	
R_{63}	12,6263	12,6276	12,6258	12,6257	12,6226	12,6276	12,6324	13,0001	
R_{71}	12,8005	12,8004	12,8015	12,8013	12,8569	12,8303	12,8075	12,8055	
R_{72}	12,3511	12,3490	12,3480	12,3468	12,3444	12,3441	12,3420	12,3424	
R_{73}	11,2712	11,2694	11,2694	11,2701	11,2663	11,3134	11,2482	11,2250	
R_{81}	11,6092	11,6071	11,6072	11,6070	11,6058	11,6058			
R_{82}	11,7913	11,7903	11,7943	11,7909	11,7895	11,7892	11,7866		
R_{83}	11,4452	11,4411	11,4425	11,4411	11,4385	11,4374	11,4381		
R_{91}	12,4948	12,4940	12,4857	12,4831					
R_{92}	12,0698	12,0978	12,0768	12,0754					
R_{93}	11,7911	11,7914	11,7886	11,7884					
R_{101}	11,4964	11,4978	11,4937						
R_{102}	11,5973	11,5981	11,5969						
R_{103}	11,2684	11,2701	11,2545						
RR_{11}	11,5320	11,5287	11,5240	11,5232					
RR_{12}	11,6872	11,7250	11,7171	11,7152					
RR_{13}	11,3440	11,3426	11,3396	11,3418					
RR_{21}	11,1096								
RR_{22}	11,2106	11,2082							
RR_{23}	11,3595	11,3606	-	-	-	-	-	-	-

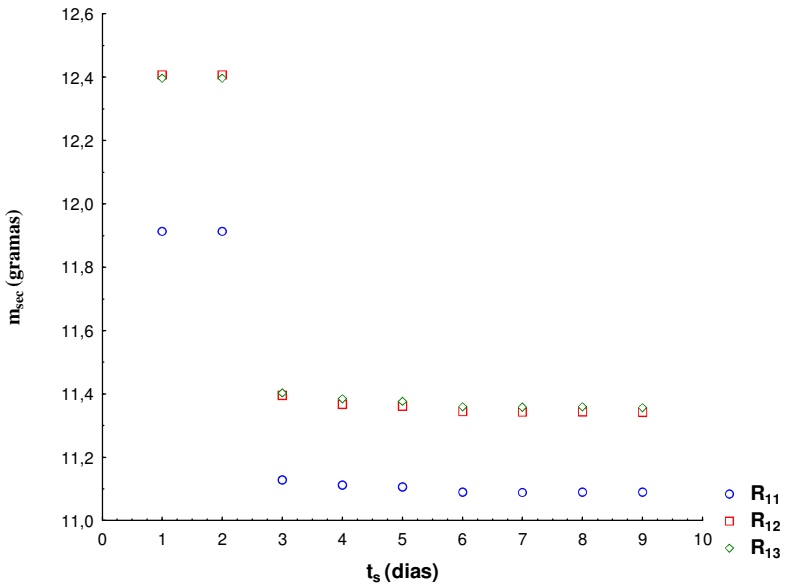

Figura B.01: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 60 minutos e t_d = 180 minutos.

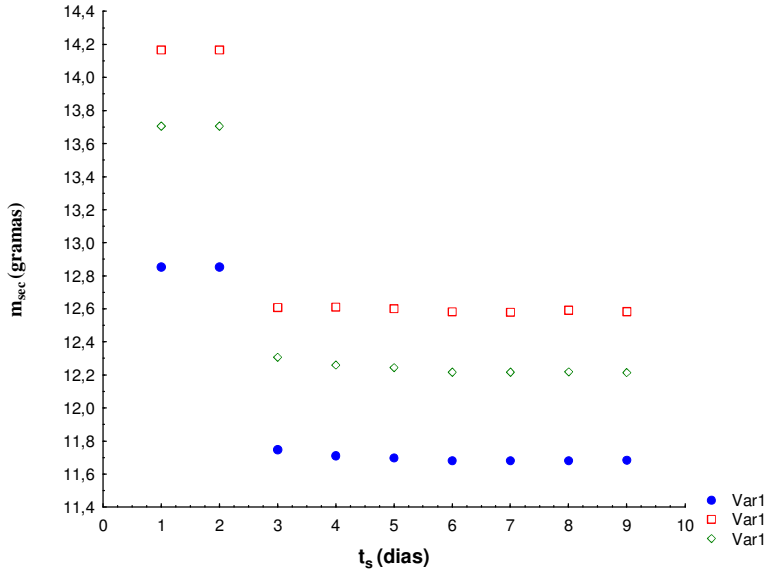

Figura B.02: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 162 minutos e t_d = 265 minutos.

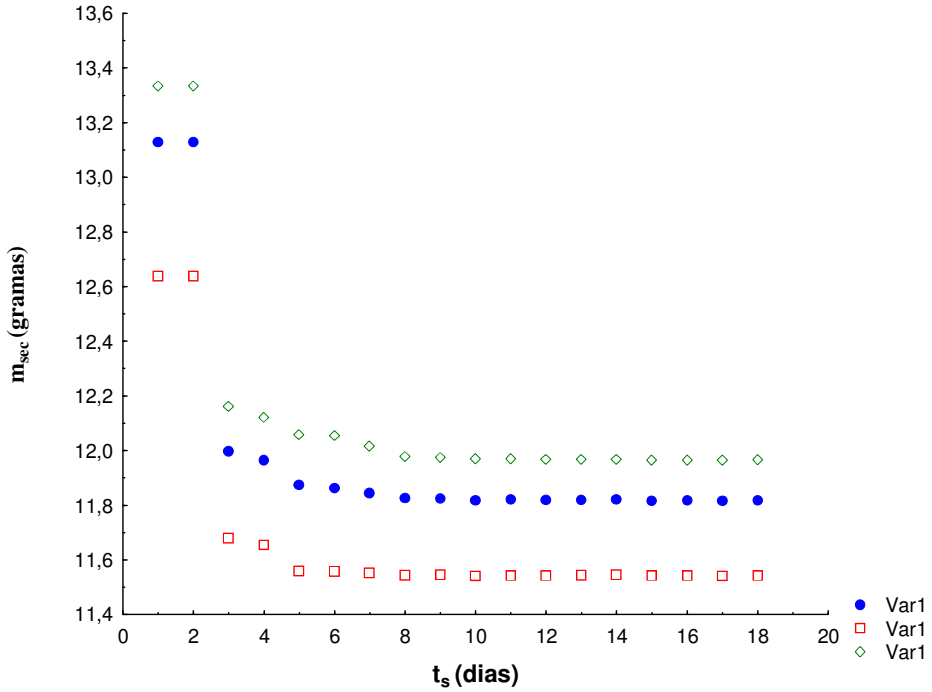

Figura B.03: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 78 minutos e t_d = 95 minutos.

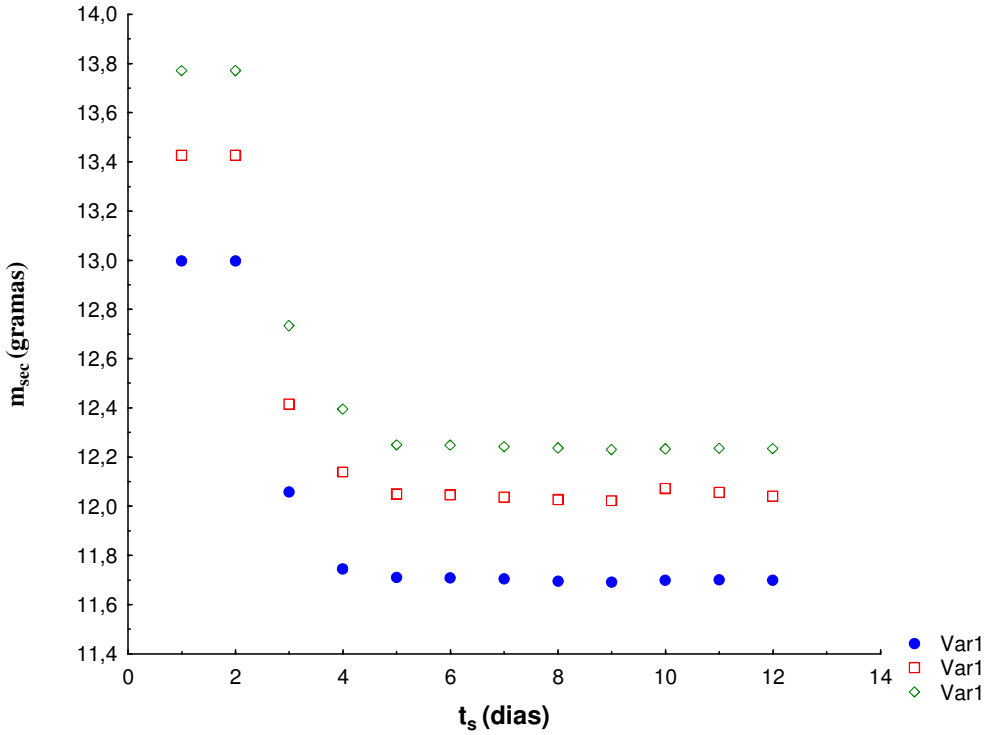

Figura B.04: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 120 minutos e t_d = 60 minutos.

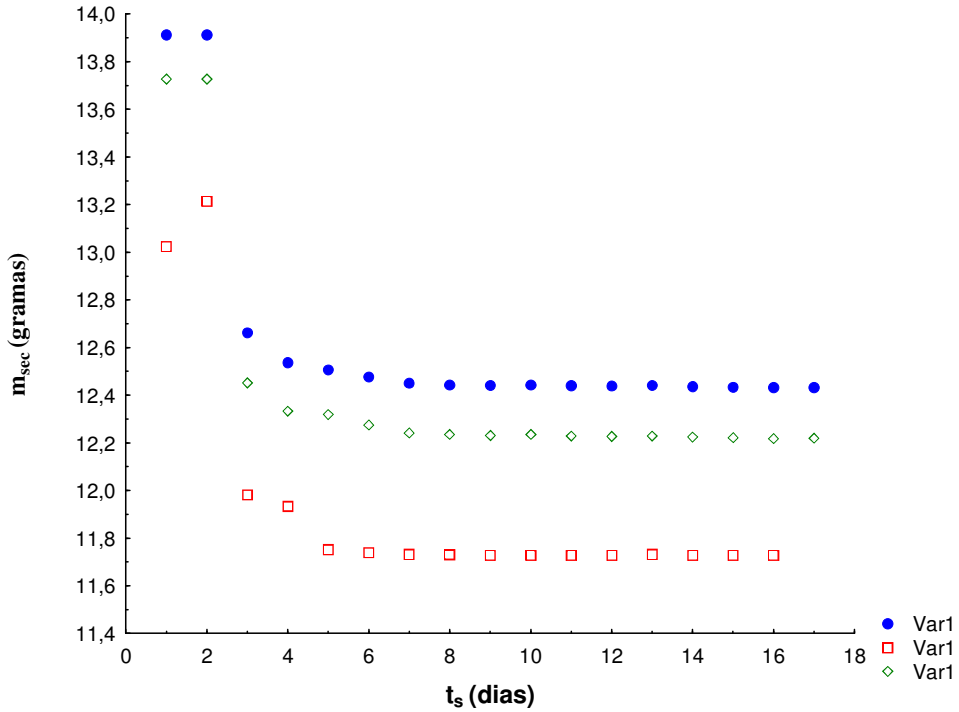

Figura B.05: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 78 minutos e t_d = 265 minutos.

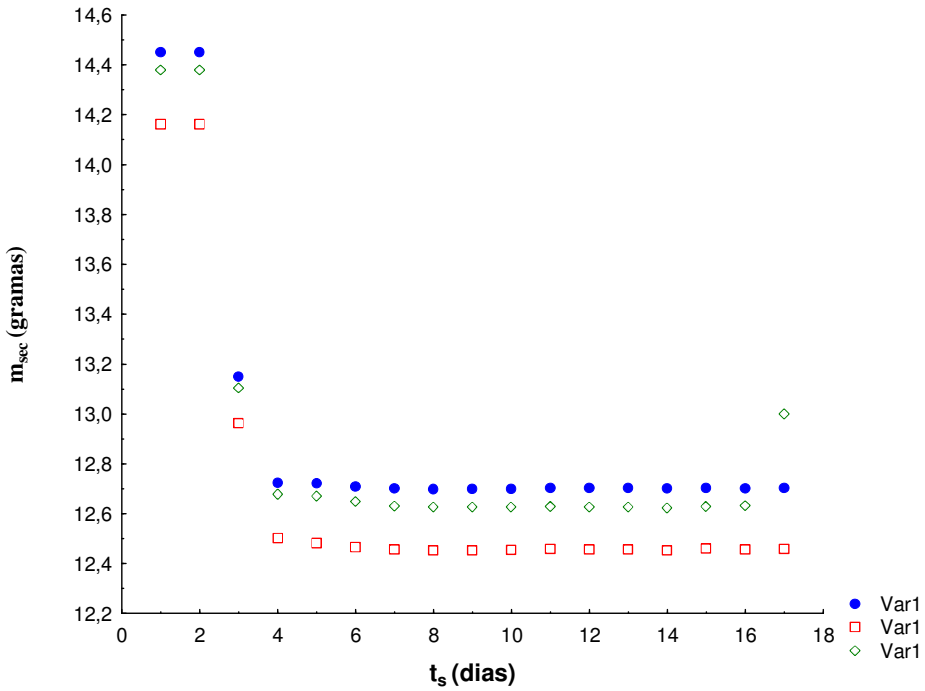

Figura B.06: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 120 minutos e t_d = 180 minutos.

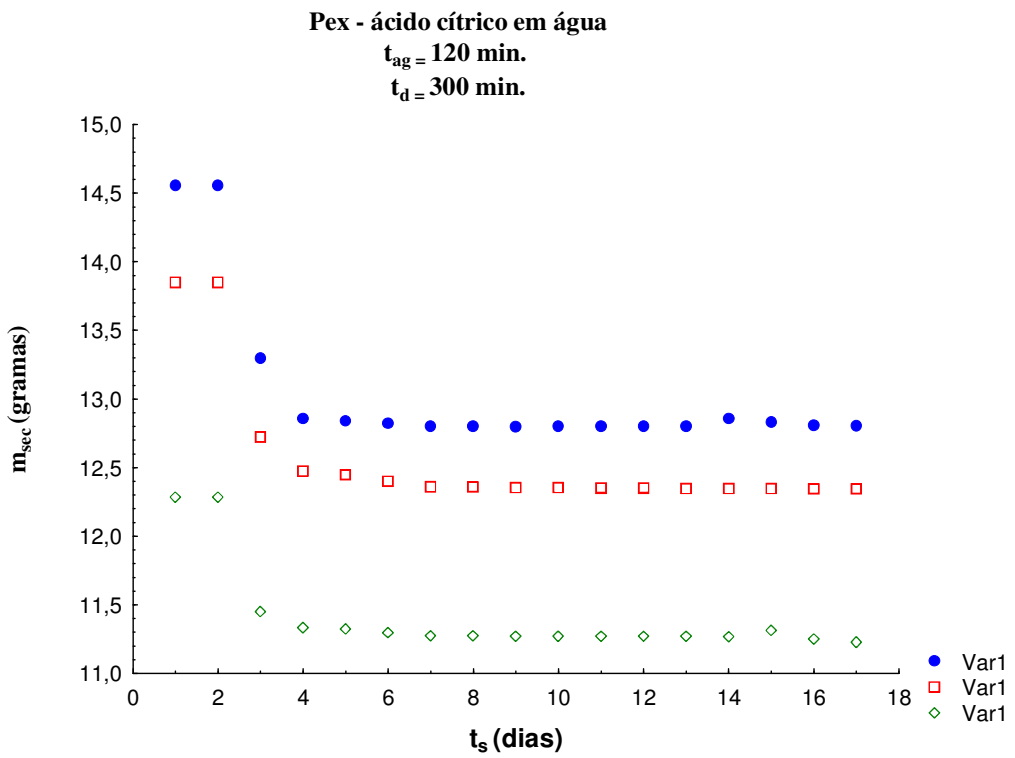

Figura B.07: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 120 minutos e t_d = 300 minutos.

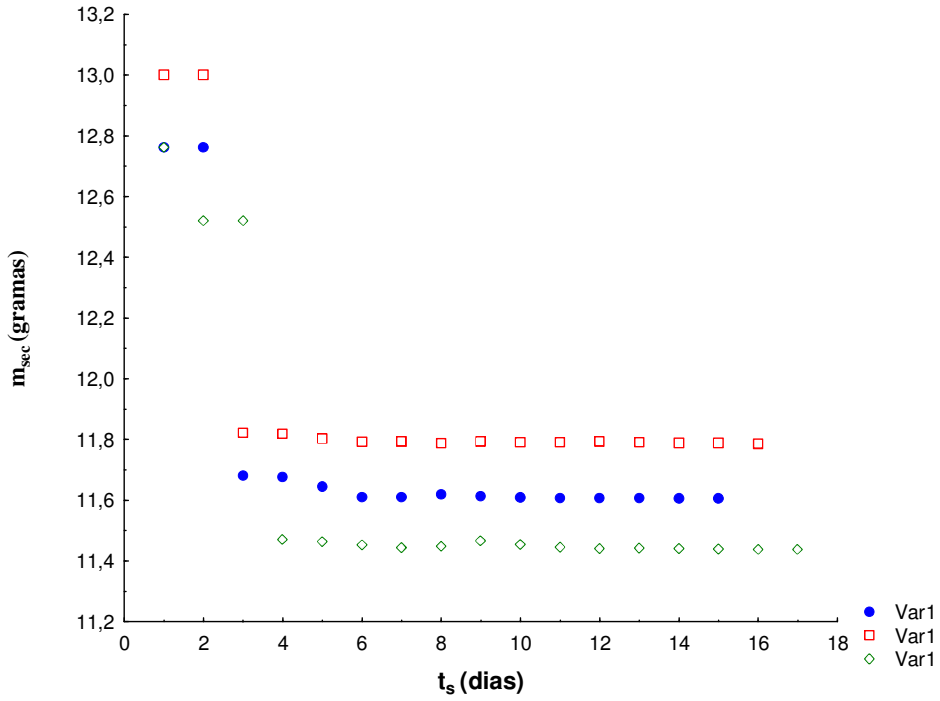

Figura B.08: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 162 minutos e t_d = 95 minutos.

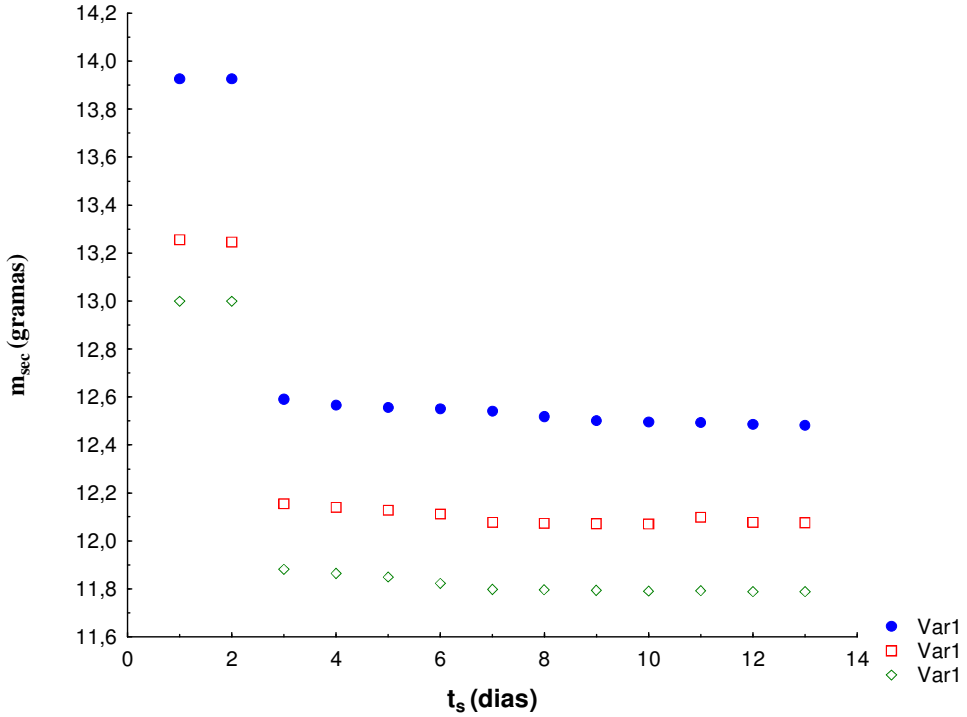

Figura B.09: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 120 minutos e t_d = 180 minutos.

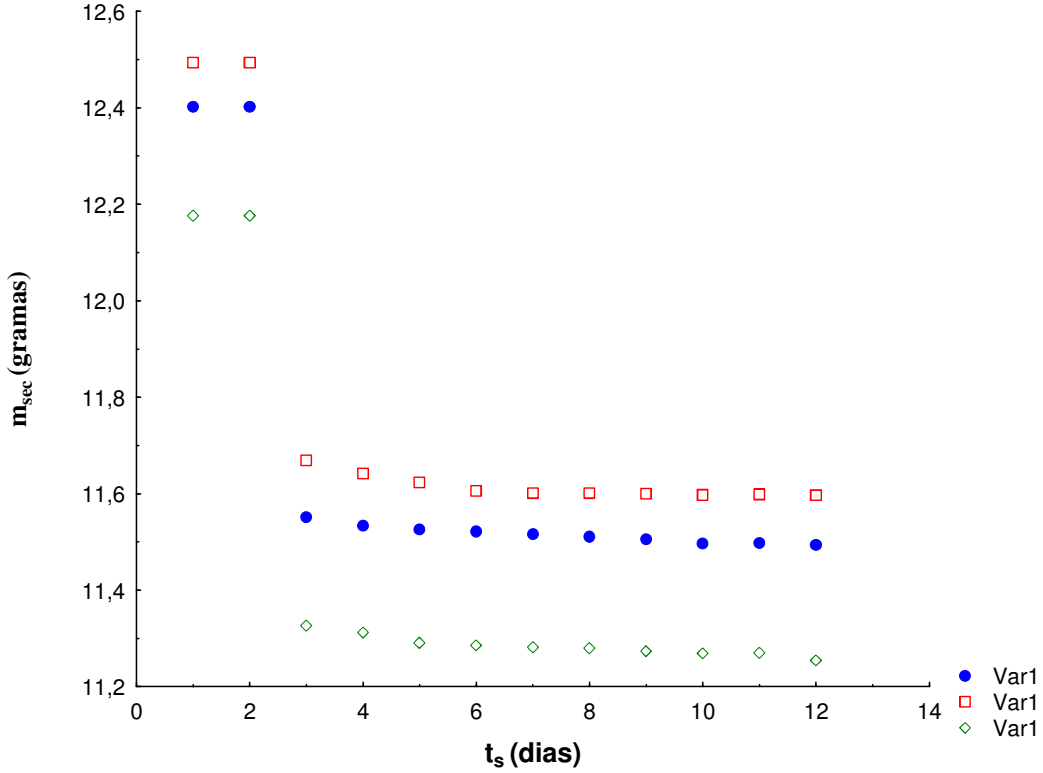

Figura B.10: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 190 minutos e t_d = 180 minutos.

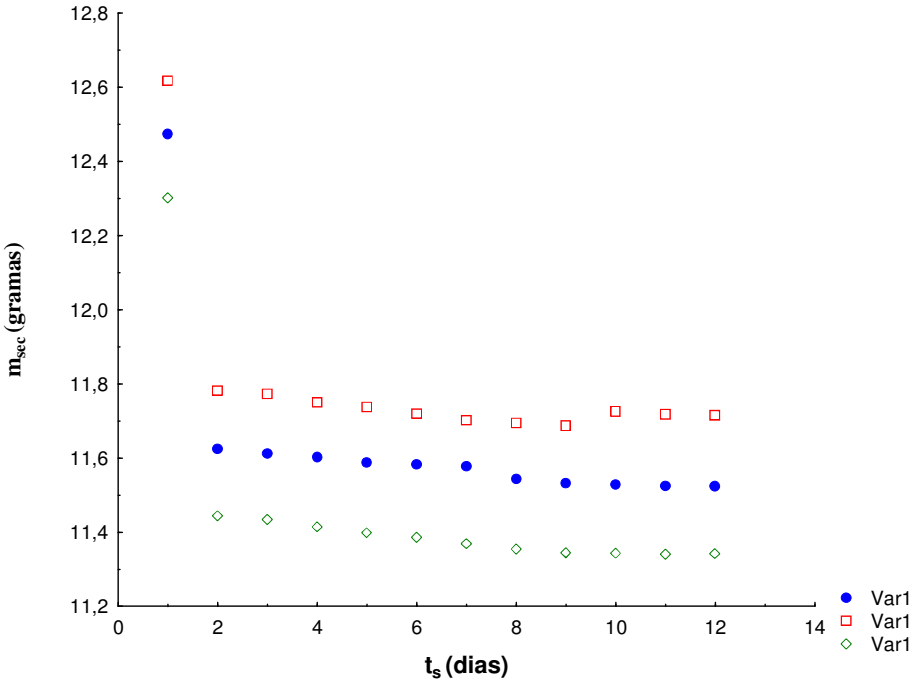

Figura B.12: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 60 minutos e t_d = 180 minutos.

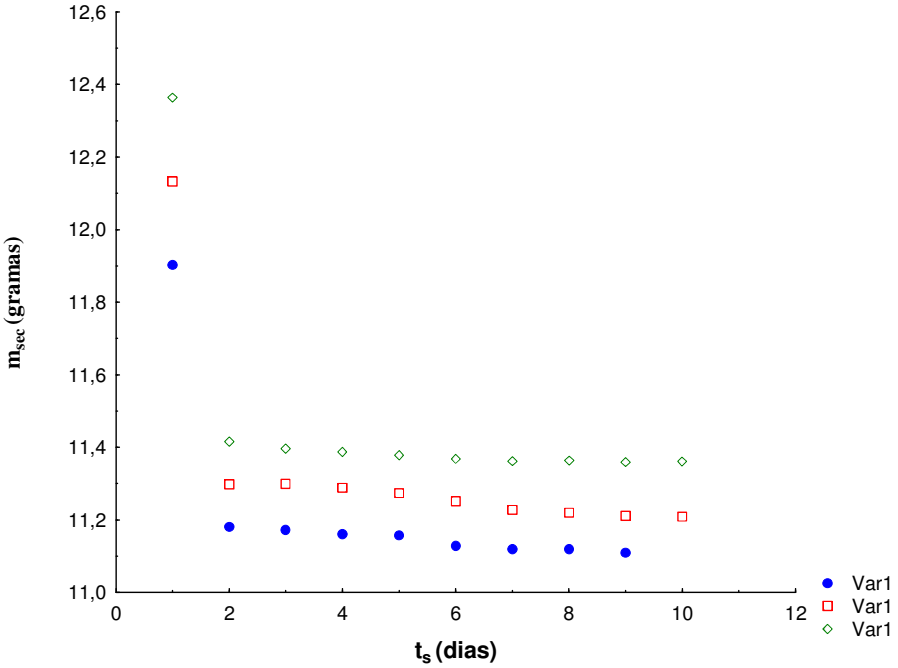

Figura B.12: Comportamento no processo de secagem do planejamento de experimento do ácido cítrico em água com t_{ag} = 162 minutos e t_d = 285 minutos.

B.4.2. Variação das massas secas para o ácido cítrico em n-propanol

Tabela B.08: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido Cítrico em n-propanol no set-point de temperatura de 32 °C.

A	T (K)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	303,8	12,3722	10,4038	10,3744	10,3664	10,3520	10,3490
R_{12}	303,8	12,2730	10,6395	10,6085	10,6000	10,5802	10,5785
R_{13}	303,8	11,1953	9,9763	9,9480	9,9448	9,9309	9,9294
R_{21}	303,5	12,4516	10,7628	10,7394	10,7269	10,7207	10,7165
R_{22}	303,5	12,4943	10,8917	10,8672	10,8567	10,8500	10,8447
R_{23}	303,5	12,2075	10,5484	10,5237	10,5133	10,5060	10,5017
R_{31}	303,8	11,9410	10,3731	10,4974	10,3431	10,3377	10,3367
R_{32}	303,8	12,4420	10,5105	10,4882	10,4775	10,4707	10,4701
R_{33}	303,8	11,9057	10,4072	10,3895	10,3814	10,3744	10,3748
R_{41}	303,8	12,2274	10,8760	10,8556	10,8471	10,8392	10,8381
R_{42}	303,8	11,9299	10,4571	10,4369	10,4272	10,4177	10,4169
R_{43}	303,8	11,7003	10,2919	10,2720	10,2642	10,2551	10,2535
R_{51}	303,9	12,0528					
R_{52}	303,9	12,0467	10,4463	10,4205	10,4092	10,4008	10,3929
R_{53}	303,9	12,1948	10,5563	10,5281	10,5157	10,5090	10,5020
R_{61}	303,8	12,9060	11,2156	11,2036	11,1904	11,1847	11,1841
R_{62}	303,8	12,0500	10,5313	10,5216	10,5140	10,5103	10,5101
R_{63}	303,8	12,6070	10,9294	10,9180	10,9092	10,9051	10,9049
R_{71}	303,8	12,2157	10,6762	10,6714	10,6589	10,6558	10,6558
R_{72}	303,8	13,2061	11,3800	11,3727	11,3613	11,3577	11,3582
R_{73}	303,8	12,3813	10,9657	10,9593	10,9499	10,9459	10,9474
R_{81}	303,9	12,2782	10,7499	10,7462	10,7326	10,7304	10,7301
R_{82}	303,9	11,9416	10,4667	10,4622	10,4502	10,4465	10,4463
R_{83}	303,9	11,9244	10,4662	10,4626	10,4501	10,4473	10,4488
R_{91}	303,9	12,5343	11,0260	11,0219	11,0112	11,0064	11,0087
R_{92}	303,9	12,4721	10,9144	10,9110	10,8978	10,8930	10,8950
R_{93}	303,9	12,3064	10,7276	10,7256	10,7133	10,7071	10,7099
R_{101}	303,8	11,9376	10,5942	10,5871	10,5775	10,5792	10,5748
R_{102}	303,8	11,7598	10,3733	10,3658	10,3554	10,3559	10,3528

Continua ...

Tabela B.08: Continuação

R_{103}	303,8	11,9570	10,6053	10,5960	10,5884	10,5891	10,5841
RR_{11}	303,8	12,1873	10,9214	10,7541	10,7421	10,7354	10,7393
RR_{12}	303,8	12,5332	11,4468	11,1976	11,1837	11,1769	11,1811
RR_{13}	303,8	12,4450	10,9634	10,7402	10,7253	10,7191	10,7217
RR_{21}	303,9	12,2778	10,3929	10,3891	10,3800	10,3807	10,3781
RR_{22}	303,9	12,7613	11,2588	11,2449	11,3202	11,2308	11,2287
RR_{23}	303,9	12,2063	11,1705	11,1536	11,1388	11,1405	11,1385

Tabela B.08: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	10,3460	10,3328	10,3152	10,3081	10,3024	10,3002	10,2873
R_{12}	10,5748	10,5634	10,5965	10,5369	10,5307	10,5300	10,5162
R_{13}	9,9267	9,9171	9,9062	9,9895	9,8954	9,8950	9,8849
R_{21}	10,7169	10,7056	10,6913	10,6858	10,6828	10,6808	10,6755
R_{22}	10,8456	10,8344	10,8176	10,8142	10,8117	10,8094	10,8044
R_{23}	10,5018	10,4901	10,4746	10,4713	10,4673	10,4650	10,4611
R_{31}	10,3347	10,3228	10,3125	10,3062	10,3021	10,3010	10,2978
R_{32}	10,4665	10,4529	10,4418	10,4346	10,4291	10,4278	10,4238
R_{33}	10,3708	10,3596	10,3485	10,3420	10,3363	10,3364	10,3318
R_{41}	10,8391	10,8270	10,8121	10,8063	10,8055	10,8005	10,7966
R_{42}	10,4176	10,4028	10,3895	10,3820	10,3817	10,3765	10,3725
R_{43}	10,2546	10,2429	10,2289	10,2223	10,2211	10,2155	10,2123
R_{51}							
R_{52}	10,3968	10,3783	10,3574	10,3505	10,3461	10,3377	10,3300
R_{53}	10,5098	10,4858	10,4642	10,4569	10,4531	10,4446	10,4398
R_{61}	11,1686	11,1511	11,1440	11,1385	11,1322	11,1240	11,1102
R_{62}	10,5001	10,4879	10,4824	10,4796	10,4754	10,4672	10,4541
R_{63}	10,8936	10,8778	10,8715	10,8671	10,8605	10,7530	10,8395
R_{71}	10,6432	10,6287	10,6192	10,6135	10,6102	10,6041	10,5972
R_{72}	11,3439	11,3278	11,3189	11,3136	11,3091	11,3036	11,2965
R_{73}	10,9354	10,9211	10,9128	10,9085	10,9048	10,8999	10,8931
R_{81}	10,7204	10,7031	10,6962	10,6940	10,6890	10,6889	10,6801

Continua ...

Tabela B.08: Continuação

R_{82}	10,4357	10,4189	10,4114	10,4080	10,4030	10,4017	10,3917
R_{83}	10,4396	10,4233	10,4167	10,4142	10,4090	10,4090	10,4016
R_{91}	10,9950	10,9812	10,9765	10,9730	10,9711	10,9631	10,9622
R_{92}	10,8810	10,8657	10,8597	10,8566	10,8552	10,8481	10,8449
R_{93}	10,6982	10,6825	10,6776	10,6740	10,6716	10,6630	10,6621
R_{101}	10,5634	10,5485	10,5456	10,5431	10,5364	10,5298	10,5289
R_{102}	10,3406	10,3244	10,3224	10,3186	10,3127	10,3073	10,3045
R_{103}	10,5726	10,5595	10,5568	10,5544	10,5485	10,5427	10,5410
RR_{11}	10,7193	10,7099	10,7007	10,7002	10,6948	10,6892	10,6826
RR_{12}	11,1616	11,1492	11,1415	11,1391	11,1331	11,1278	11,1189
RR_{13}	10,7016	10,6882	10,6803	10,6790	10,6729	10,6670	10,6576
RR_{21}	10,3704	10,3584	10,3560	10,3546	10,3501	10,3486	10,3396
RR_{22}	11,2175	11,1994	11,1957	11,1925	11,1868	11,1851	11,1745
RR_{23}	11,1263	11,1103	11,1085	11,1051	11,0998	11,0977	11,0881

Tabela B.08: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	10,2855	10,2824	10,2814	10,2737	10,2753	10,2628	10,2612
R_{12}	10,5133	10,5120	10,5090	10,5043	10,5033	10,4925	10,4907
R_{13}	9,8847	9,8823	9,8818	9,8772	9,8774	9,8677	9,8689
R_{21}	10,6712	10,6685	10,6646	10,6593	10,6593	10,6508	10,6513
R_{22}	10,8002	10,7972	10,7938	10,7892	10,7899	10,7812	10,7811
R_{23}	10,4558	10,4514	10,4494	10,4444	10,4448	10,4362	10,4357
R_{31}	10,2931	10,2893	10,2882	10,2811	10,2788	10,2780	10,2736
R_{32}	10,4176	10,4135	10,4110	10,4023	10,4021	10,3985	10,3926
R_{33}	10,3270	10,3232	10,3212	10,3141	10,3140	10,3121	10,3072
R_{41}	10,7884	10,7891	10,7862	10,7919	10,7840	10,7767	10,7728
R_{42}	10,3649	10,3657	10,3623	10,3557	10,3591	10,3507	10,3466
R_{43}	10,2043	10,2048	10,2016	10,1969	10,1993	10,1920	10,1881
R_{51}							
R_{52}	10,3169	10,3161	10,2111	10,3028	10,3039	10,2918	10,2884
R_{53}	10,4266	10,4248	10,4200	10,4131	10,4127	10,4012	10,3965

Continua ...

Tabela B.08: Continuação

R_{61}	11,1069	11,1033	11,0934	11,0872	11,0812	11,0741	11,0702
R_{62}	10,4540	10,4507	10,4435	10,4352	10,4317	10,4254	10,4229
R_{63}	10,8377	10,7346	10,8258	10,8198	10,8142	10,8071	10,8029
R_{71}	10,5941	10,5923	10,5846	10,5830	10,5781	10,5716	10,5685
R_{72}	11,2918	11,2906	11,2817	11,2801	11,2760	11,2684	11,2658
R_{73}	10,8894	10,8881	10,8801	10,8778	10,8739	10,8690	10,8645
R_{81}	10,6760	10,6780	10,6693	10,6698	10,6634	10,6617	10,6568
R_{82}	10,3873	10,3885	10,3795	10,3791	10,3711	10,3694	10,3656
R_{83}	10,3967	10,3982	10,3895	10,3896	10,3837	10,3815	10,3768
R_{91}	10,9560	10,9552	10,9519	10,9487	10,9464	10,9388	10,9366
R_{92}	10,8400	10,8382	10,8344	10,8314	10,8285	10,8218	10,8182
R_{93}	10,6563	10,6554	10,6510	10,6474	10,6452	10,6379	10,6348
R_{101}	10,5260	10,5227	10,5168	10,5130	10,5095	10,5056	10,5014
R_{102}	10,3016	10,2983	10,2936	10,2903	10,2860	10,2819	10,2791
R_{103}	10,5391	10,5358	10,5326	10,5283	10,5251	10,5216	10,5180
RR_{11}	10,6805	10,6822	10,6725	10,6778	10,6673	10,6638	10,6590
RR_{12}	11,1144	11,1157	11,1058	11,1108	11,0982	11,0949	11,0896
RR_{13}	10,6547	10,6572	10,6483	10,6547	10,6429	10,6399	10,6334
RR_{21}	10,3391	10,3368	10,3334	10,3352	10,3284	10,3274	10,3237
RR_{22}	11,1729	11,1690	11,1638	11,1673	11,1561	11,1537	11,1488
RR_{23}	11,0876	11,0841	11,0802	11,0813	11,0730	11,0708	11,0656

Tabela B.08: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	10,2525	10,2484	10,2553	10,2443	10,2314	10,2337	10,2307
R_{12}	10,4842	10,4792	10,4853	10,4754	10,4613	10,4644	10,4605
R_{13}	9,8626	9,8591	9,8620	9,8572	9,8489	9,8488	9,8463
R_{21}	10,6460	10,6400	10,6474	10,6301	10,6250	10,6237	10,6224
R_{22}	10,7759	10,7701	10,7770	10,7619	10,7569	10,7551	10,7545
R_{23}	10,4296	10,4254	10,4319	10,4152	10,4106	10,4098	10,4082
R_{31}	10,2681	10,2663	10,2710	10,2553	10,2514	10,2511	10,2498
R_{32}	10,3883	10,3841	10,3906	10,3724	10,3680	10,3677	10,3654

Continua ...

Tabela B.08: Continuação

R_{33}	10,3034	10,3007	10,3053	10,2899	10,2859	10,2857	10,2838
R_{41}	10,7713	10,7658	10,7726	10,7561	10,7496	10,7496	10,7478
R_{42}	10,3464	10,3396	10,3480	10,3303	10,3232	10,3231	10,3207
R_{43}	10,1871	10,1814	10,1891	10,1719	10,1633	10,1634	10,1613
R_{51}							
R_{52}	10,2816	10,2757	10,2811	10,2626	10,2555	10,2508	10,2511
R_{53}	10,3901	10,3854	10,3896	10,3703	10,3637	10,3598	10,3601
R_{61}	11,0587	11,0606	11,0446	11,0295	11,0303	11,0255	11,0916
R_{62}	10,4135	10,4171	10,4040	10,3892	10,3893	10,3860	10,3809
R_{63}	10,7931	10,7964	10,7812	10,7666	10,7668	10,7624	10,7579
R_{71}	10,5623	10,5697	10,5513	10,5413	10,5414	10,5408	10,5395
R_{72}	11,2585	11,2663	11,2458	11,2358	11,2358	11,2340	11,2325
R_{73}	10,8577	10,8670	10,8467	10,8378	10,8373	10,8370	10,8352
R_{81}	10,6518	10,6560	10,6427	10,6385	10,6391	10,6363	10,6349
R_{82}	10,3605	10,3635	10,3491	10,3439	10,3432	10,3415	10,3392
R_{83}	10,3724	10,3761	10,3615	10,3558	10,3562	10,3553	10,3531
R_{91}	10,9323	10,9356	10,8255	10,9185	10,9191	10,9163	10,9136
R_{92}	10,8136	10,8177	10,8064	10,7982	10,7994	10,7958	10,7927
R_{93}	10,6313	10,6341	10,6237	10,6153	10,6162	10,6121	10,6086
R_{101}	10,4953	10,4985	10,4861	10,4801	10,4822	10,4795	10,4758
R_{102}	10,2734	10,2751	10,2637	10,2576	10,2589	10,2562	10,2525
R_{103}	10,5134	10,5136	10,5033	10,4982	10,5003	10,4977	10,4947
RR_{11}	10,6551	10,6585	10,6472	10,6377	10,6384	10,6376	10,6355
RR_{12}	11,0838	11,0869	11,0718	11,0612	11,0614	11,0590	11,0575
RR_{13}	10,6302	10,6331	10,6211	10,6115	10,6116	10,6101	10,6079
RR_{21}	10,3218	10,3241	10,3144	10,3098	10,3101	10,3094	10,3074
RR_{22}	11,1449	11,1477	11,1324	11,1270	11,1246	11,1249	11,1199
RR_{23}	11,0630	11,0663	11,0509	11,0461	11,0442	11,0452	11,0410

Tabela B.08: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	10,2267	10,2254	10,2258	10,2156	10,2144	10,1941	10,1830
R_{12}	10,4578	10,4562	10,4558	10,4468	10,4434	10,4012	10,3911
R_{13}	9,8450	9,8430	9,8446	9,8354	9,8331	9,8212	9,8128
R_{21}	10,6187	10,6190	10,6150	10,6135	10,6111	10,6075	10,5991
R_{22}	10,7509	10,7512	10,7475	10,7458	10,7449	10,7403	10,7328
R_{23}	10,4050	10,4056	10,4021	10,3996	10,3974	10,3935	10,3862
R_{31}	10,2492	10,2460	10,2444	10,2381	10,2366	10,2192	10,2133
R_{32}	10,3649	10,3607	10,3594	10,3533	10,3510	10,3445	10,3367
R_{33}	10,2847	10,2805	10,2799	10,2738	10,2728	10,2572	10,2507
R_{41}	10,7455	10,7462	10,7411	10,7398	10,7364	10,7349	10,7275
R_{42}	10,3183	10,3193	10,3151	10,3129	10,3089	10,3065	10,2979
R_{43}	10,1584	10,1605	10,1549	10,1533	10,1485	10,1447	10,1366
R_{51}							
R_{52}	10,2465	10,2470	10,2411	10,2378	10,2317	10,1787	10,1782
R_{53}	10,3549	10,3561	10,3496	10,3465	10,3396	10,3077	10,3072
R_{61}	11,0216	11,0130	11,0102	11,0017	10,9476	10,9440	10,9130
R_{62}	10,3815	10,3759	10,3744	10,3661	10,3210	10,3177	10,2928
R_{63}	10,7590	10,7518	10,7493	10,7408	10,6879	10,6845	10,6557
R_{71}	10,5361	10,5317	10,5273	10,5244	10,5174	10,5069	10,4869
R_{72}	11,2285	11,2243	11,2196	11,2162	11,2105	11,1988	11,1746
R_{73}	10,8526	10,8295	10,8246	10,8219	10,8173	10,8068	10,7871
R_{81}	10,6332	10,6332	10,6289	10,6289	10,6071	10,6070	10,5853
R_{82}	10,3376	10,3380	10,3313	10,3307	10,2989	10,2978	10,2699
R_{83}	10,3510	10,3508	10,3460	10,3461	10,3140	10,3129	10,2871
R_{91}	10,9125	10,9087	10,9060	10,9022	10,8951	10,8862	10,8700
R_{92}	10,7910	10,7881	10,7852	10,7803	10,7738	10,7642	10,7453
R_{93}	10,6078	10,6054	10,6027	10,5969	10,5866	10,5786	10,5601
R_{101}	10,4750	10,4707	10,4683	10,4666	10,4337	10,4311	10,4162
R_{102}	10,2513	10,2480	10,2450	10,2427	10,1879	10,1863	10,1696
R_{103}	10,4943	10,4905	10,4874	10,4865	10,4559	10,4537	10,4396
RR_{11}	10,6330	10,6322	10,6266	10,6246	10,6081	10,6046	10,5871

Continua ...

Tabela B.08: Continuação

R_{103}	10,4943	10,4905	10,4874	10,4865	10,4559	10,4537	10,4396
RR_{11}	10,6330	10,6322	10,6266	10,6246	10,6081	10,6046	10,5871
RR_{12}	11,0551	11,0531	11,0462	11,0432	11,0195	11,0138	10,9904
RR_{13}	10,6055	10,6036	10,5972	10,5960	10,5698	10,5649	10,5424
RR_{21}	10,3074	10,3039	10,3028	10,2998	10,2692	10,2688	10,2545
RR_{22}	11,1206	11,1143	11,1115	11,1073	11,0808	11,0807	11,0587
RR_{23}	11,0411	11,0356	11,0325	11,0284	11,0048	11,0042	10,9838

Tabela B.08: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	10,1595	10,1484	10,1481	10,1458	10,1419	10,1021	10,1001
R_{12}	10,3693	10,3600	10,3600	10,3570	10,3548	10,3200	10,3182
R_{13}	9,7978	9,7898	9,7902	9,7877	9,7861	9,7631	9,7605
R_{21}	10,5691	10,5612	10,5558	10,5504	10,5452	10,4903	10,4868
R_{22}	10,7046	10,6960	10,6907	10,6868	10,6825	10,6336	10,6299
R_{23}	10,3610	10,3557	10,3518	10,3494	10,3444	10,2980	10,2947
R_{31}	10,2010	10,1930	10,1920	10,1905	10,1866	10,1566	10,1523
R_{32}	10,3243	10,3168	10,3165	10,3148	10,3108	10,2841	10,2804
R_{33}	10,2377	10,2299	10,2294	10,2275	10,2239	10,1910	10,1869
R_{41}	10,7111	10,7062	10,7030	10,7016	10,6981	10,6518	10,6494
R_{42}	10,2827	10,2771	10,2737	10,2724	10,2688	10,2265	10,2237
R_{43}	10,1218	10,1154	10,1120	10,1107	10,1068	10,0642	10,0621
R_{52}	10,1470	10,1384	10,1336	10,1321	10,1272	10,0664	10,0616
R_{53}	10,2795	10,2719	10,2664	10,2661	10,2602	10,2164	10,2112
R_{61}	10,9014	10,8984	10,8948	10,8898	10,8322	10,8260	10,8221
R_{62}	10,2820	10,2794	10,2763	10,2712	10,2215	10,2160	10,2134
R_{63}	10,6434	10,6404	10,6366	10,6311	10,5711	10,5641	10,5613
R_{71}	10,4737	10,4725	10,4687	10,4648	10,4044	10,4011	10,3942
R_{72}	11,1622	11,1610	11,1550	11,1502	11,0828	11,0780	11,0658
R_{73}	10,7748	10,7740	10,7708	10,7665	10,7034	10,7004	10,6933
R_{81}	10,5797	10,5755	10,5755	10,5699	10,5418	10,5387	10,5306
R_{82}	10,2637	10,2593	10,2588	10,2532	10,2226	10,2198	10,2116

Continua ...

Tabela B.08: Continuação

R_{83}	10,2815	10,2774	10,2765	10,2711	10,2387	10,2350	10,2268
R_{91}	10,8647	10,8607	10,8609	10,8554	10,8025	10,8014	10,7967
R_{92}	10,7394	10,7357	10,7351	10,7305	10,6738	10,6716	10,6666
R_{93}	10,5542	10,5495	10,5487	10,5440	10,4942	10,4926	10,4885
R_{101}	10,4085	10,4074	10,4041	10,4014	10,3530	10,3516	10,3428
R_{102}	10,1618	10,1599	10,1566	10,1535	10,1064	10,1043	10,0964
R_{103}	10,4311	10,4298	10,4271	10,4238	10,3722	10,3707	10,3621
RR_{11}	10,5833	10,5811	10,5798	10,5726	10,5416	10,5379	10,5345
RR_{12}	10,9852	10,9820	10,9788	10,9726	10,9270	10,9225	10,9168
RR_{13}	10,5378	10,5349	10,5323	10,5259	10,4868	10,4823	10,4754
RR_{21}	10,2484	10,2454	10,2442	10,2418	10,2023	10,1980	10,1952
RR_{22}	11,0516	11,0472	11,0452	11,0421	10,9820	10,9768	10,9719
RR_{23}	10,9772	10,9736	10,9720	10,9682	10,9174	10,9118	10,9079

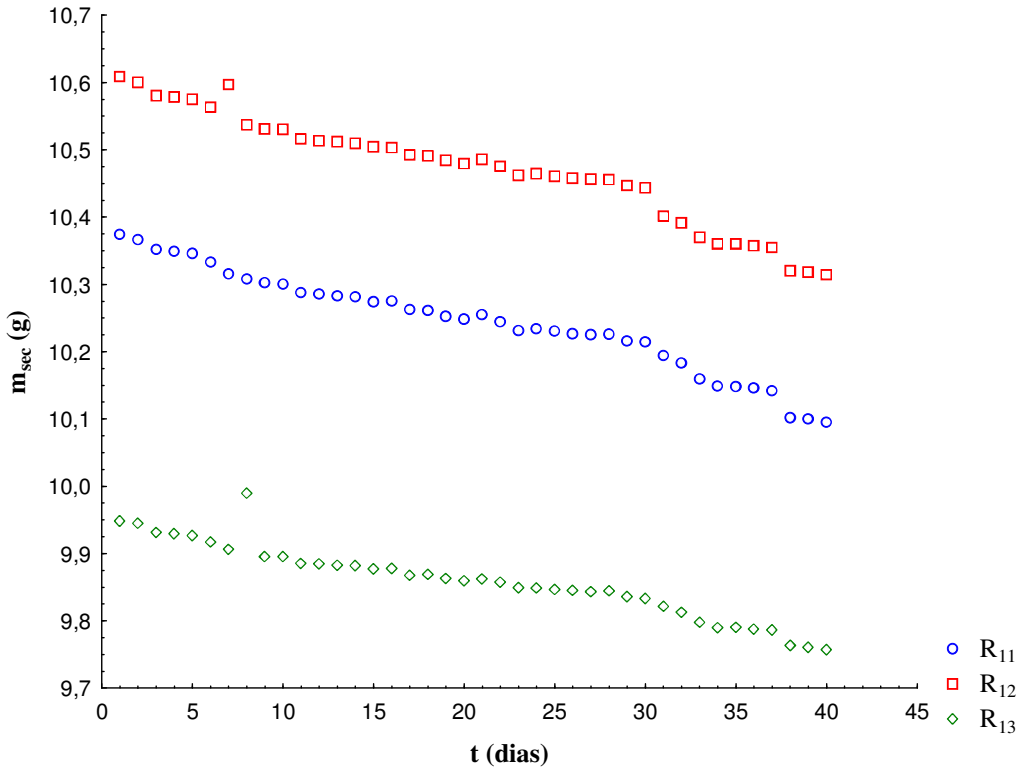

Figura B.13: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{1J}).

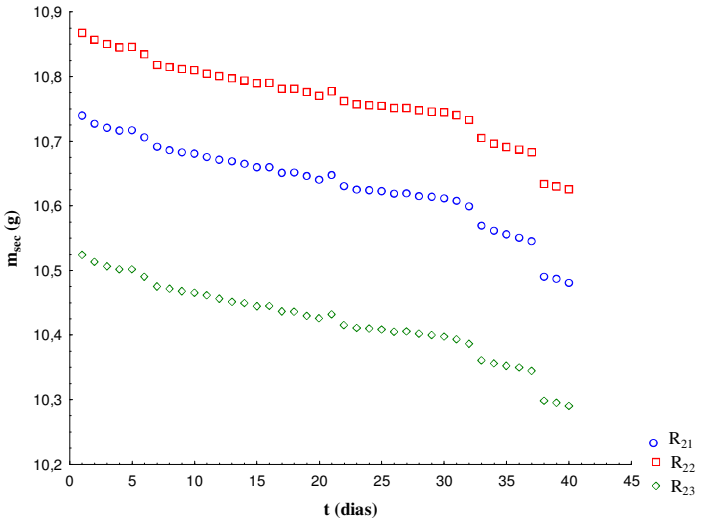

Figura B.14: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{2J}).

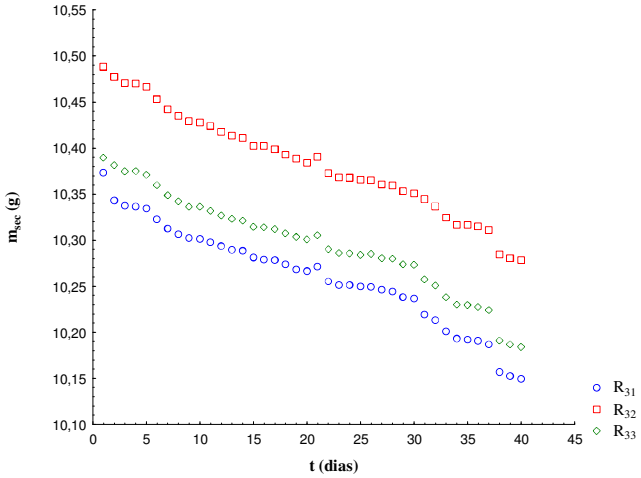

Figura B.15: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{2J}).

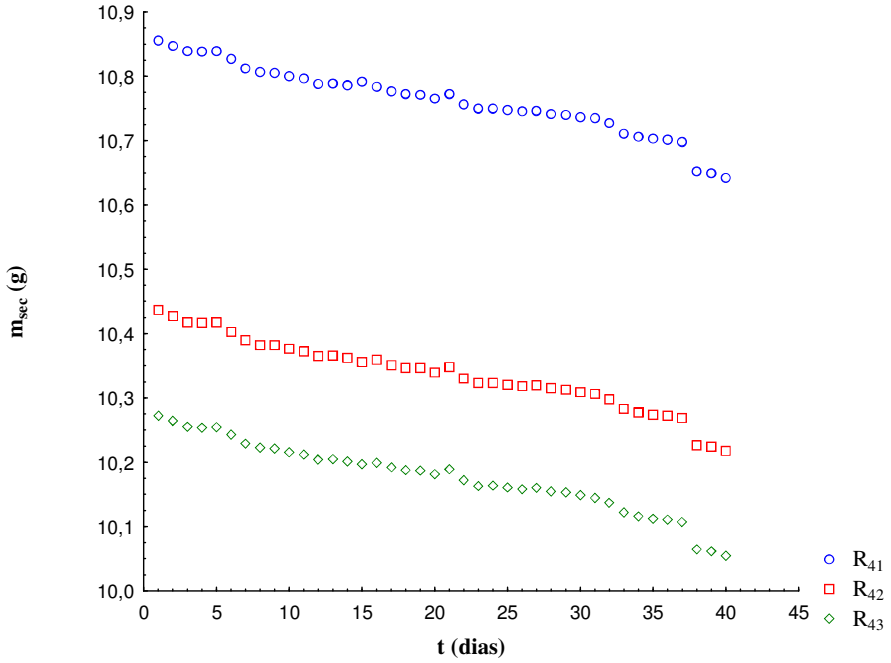

Figura B.16: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{4J}).

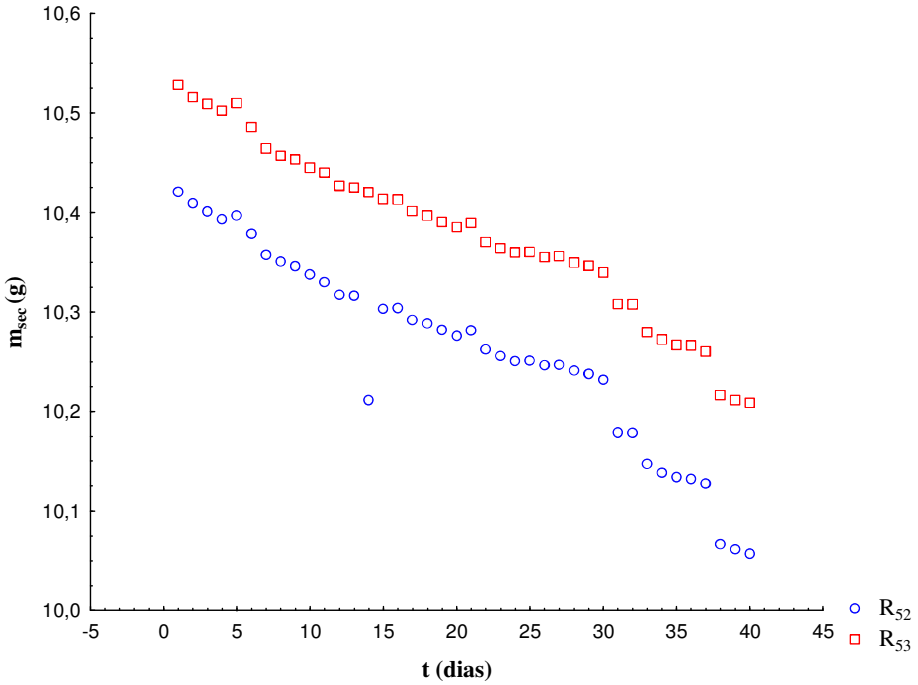

Figura B.17: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{5J}).

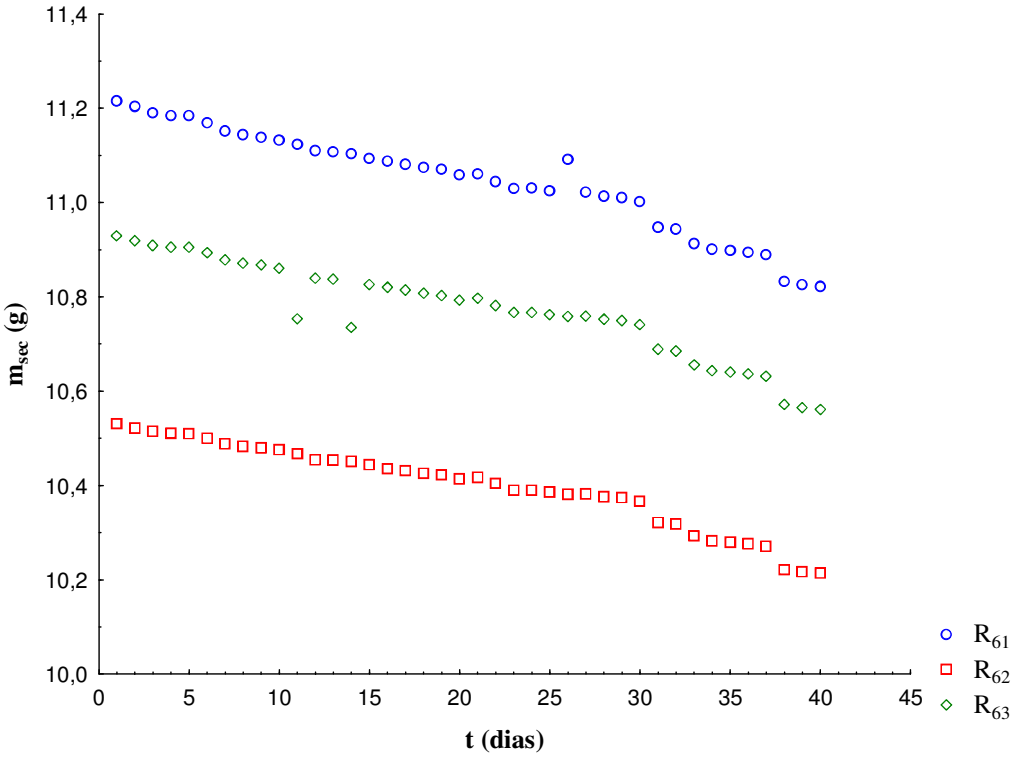

Figura B.18: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{6J}).

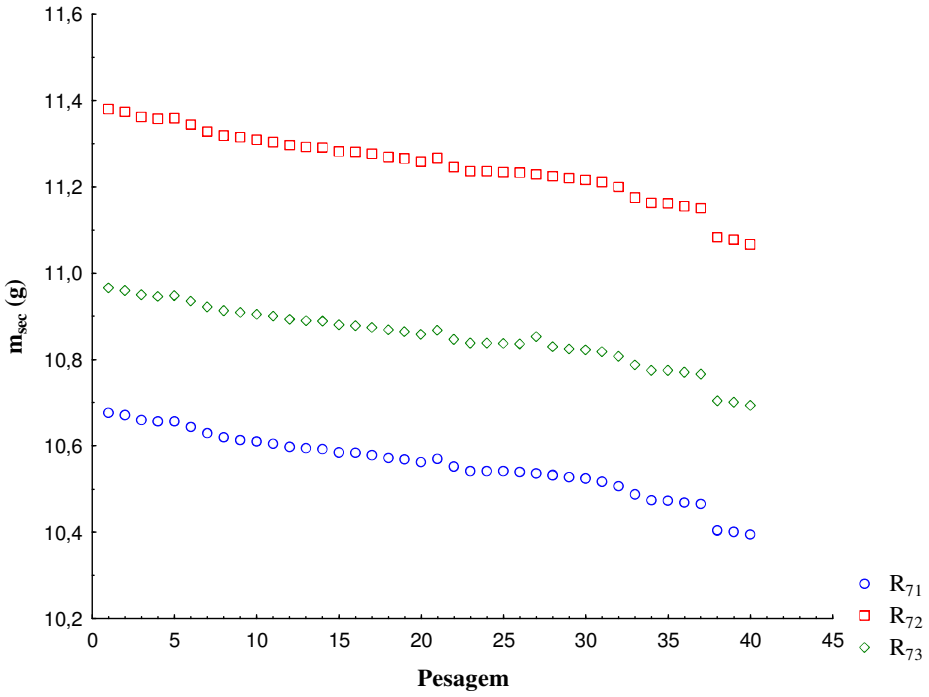

Figura B.19: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{7J}).

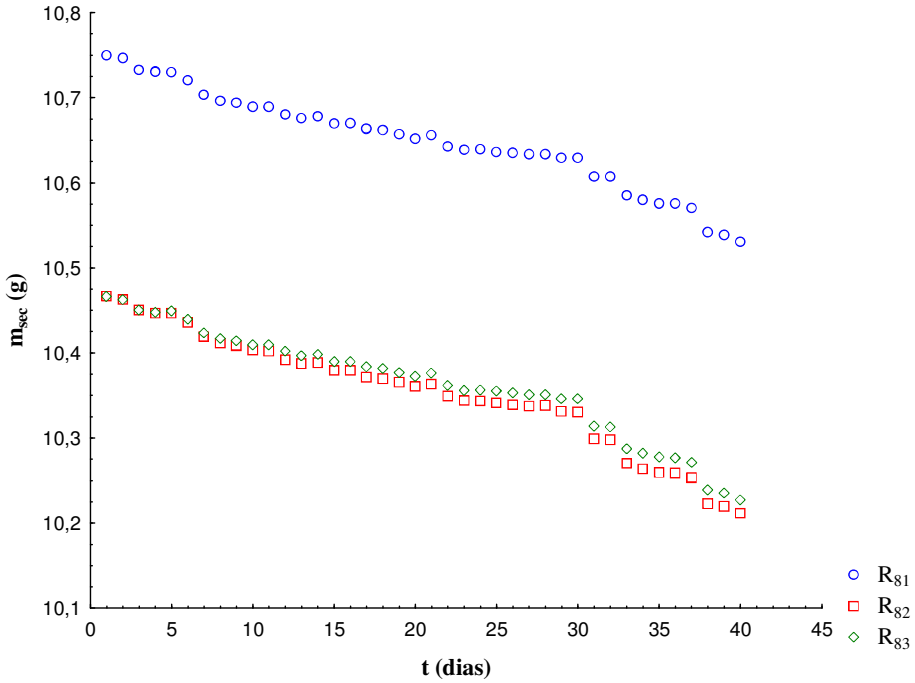

Figura B.20: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{8J}).

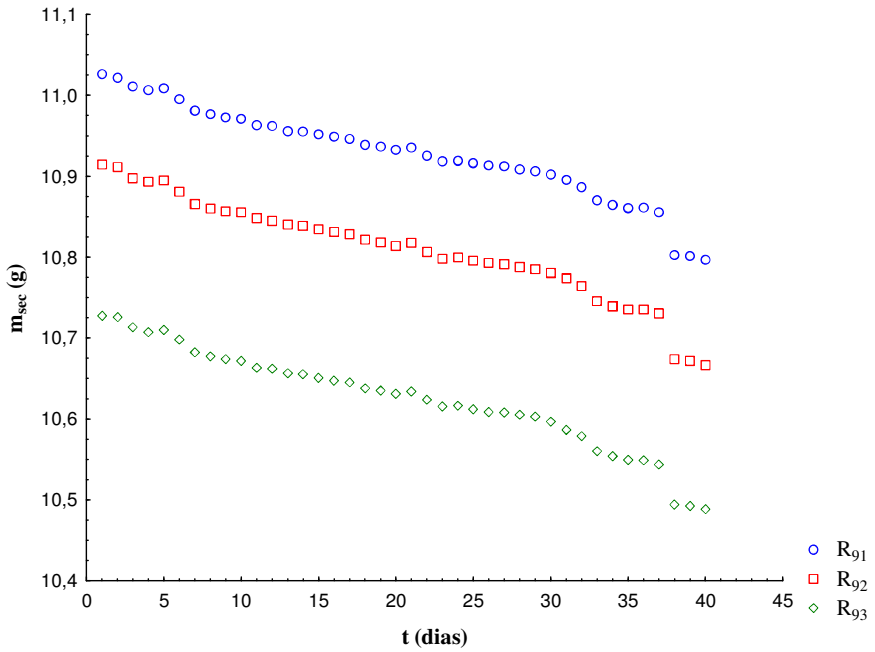

Figura B.21: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{9J}).

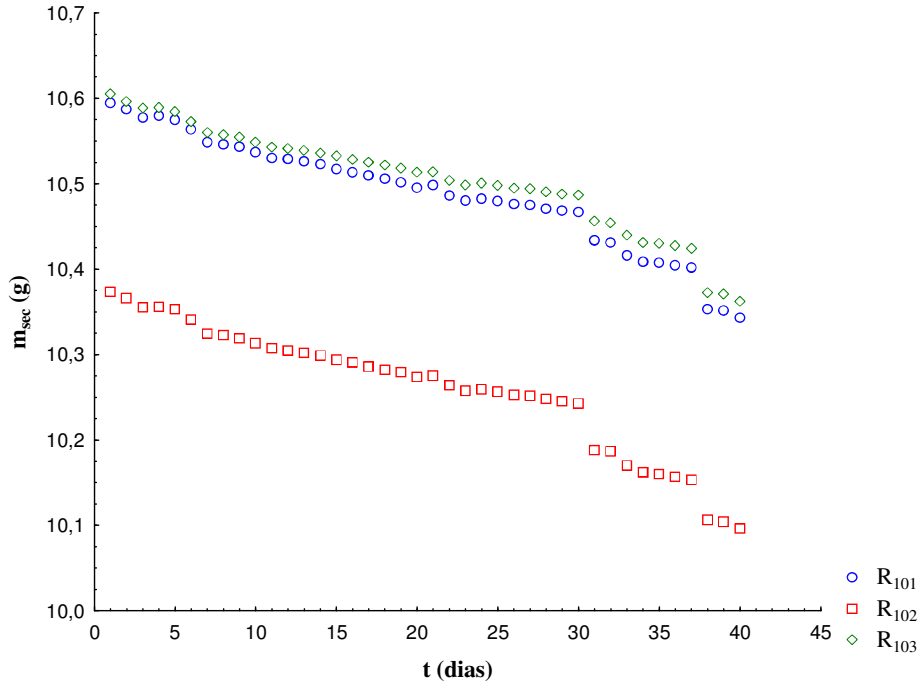

Figura B.22: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento R_{10J}).

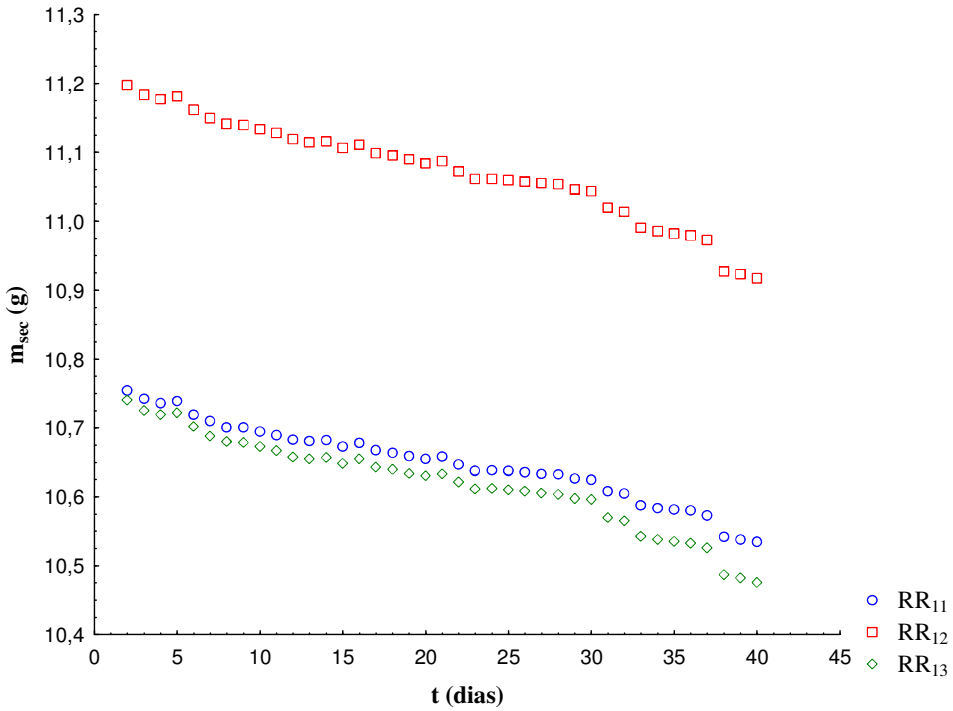

Figura B.23: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento RR_{1J}).

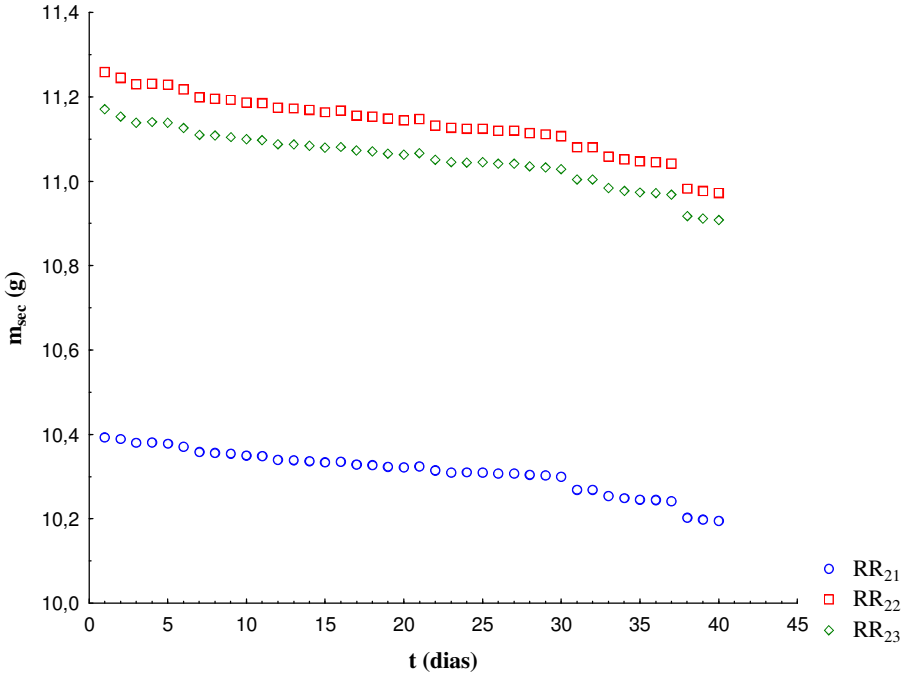

Figura B.24: Comportamento das massas secas no planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol (experimento RR_{2J}).

B.5. Variação das massas secas para o ácido Salicílico em n-propanol

Tabela B.09: Variação das massas secas do planejamento de experimentos para o ácido salicilico em água no set-point de temperatura de 32 °C

A	T_t	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
R_{11}	284,0	9,9402	12,9833	11,1642	10,8514	10,8485	10,8468
R_{12}	283,7	9,7213	12,4877	10,6974	10,5512	10,5463	10,5450
R_{13}	283,5	9,4785	12,4797	10,6720	10,3794	10,3771	10,3749
R_{21}	283,4	9,4336	12,2289	10,3593	10,2714	10,2648	10,2627
R_{22}	283,3	9,4943	11,8614	10,2103	10,2006	10,1984	10,1964
R_{23}	283,4	9,5355	11,9420	10,2619	10,2534	10,2478	10,2562
R_{31}	283,9	9,8622	12,8692	11,1244	10,7601		10,7576
R_{32}	283,5	9,4934	12,5353	10,9009	10,4060	10,3998	10,3956
R_{33}	283,9	9,8322	13,0350	11,3347	10,7947	10,7897	10,7860
R_{41}	283,6	9,6652	12,2947	11,1960	10,4569	10,4487	10,4454
R_{42}	283,4	9,4138	12,0945	10,9239	10,2208	10,2141	10,2101
R_{43}	283,4	9,3779	12,3854	11,0888	10,2852	10,2781	10,2731

Continua...

Tabela B.09: Continuação

R_{51}	283,6	9,6421	12,2879	10,4379	10,4312	10,4300	10,4284
R_{52}	283,9	9,8973	12,7614	10,7606	10,7540	10,7518	10,7485
R_{53}	283,8	9,8098	12,6684	10,6693	10,6626	10,6590	10,6590
R_{61}	284,0	10,0401	12,8618	11,2322	10,8932	10,8869	10,8833
R_{62}	283,7	9,7871	12,2120	10,7158	10,5221	10,5147	10,5111
R_{63}	283,9	9,9033	12,9098	10,3131	10,8136	10,8059	10,8028
R_{71}	283,6	9,6000	12,4882	10,4734	10,4611	10,4562	10,4525
R_{72}	283,8	9,8071	12,5928	10,6471	10,6384	10,6339	10,6301
R_{73}	283,5	9,5157	12,3303	10,3624	10,3554	10,3515	10,3453
R_{81}	273,2	9,4435	11,4186	10,1920	10,0361		
R_{82}	283,6	9,4334	12,7216	10,4695	10,4258	10,4151	10,4116
R_{83}	282,9	9,3126	10,8119	9,7667	9,7624	9,7547	9,7547
R_{91}	283,7	9,7051	12,6906	10,5931	10,5885	10,5844	10,5815
R_{92}	283,7	9,7044	12,4547	10,5246	10,5205	10,5188	10,5155
R_{93}	283,6	9,7743	12,1931	10,4950	10,4920	10,4897	10,4878
R_{101}	283,1	9,5425	11,0789	10,0005	9,9982	9,9963	9,9936
R_{102}	283,3	9,3969	11,9352	10,1598	10,1544	10,1516	10,1489
R_{103}	283,4	9,4605	12,0663	10,2429	10,2356	10,2350	10,2312
RR_{11}	283,4	9,5244	12,1378	10,3139	10,3108	10,3062	10,3031
RR_{12}	283,3	9,4929	11,8776	10,2149	10,2113	10,2051	10,2036
RR_{13}	283,3	9,4314	11,9516	10,1981	10,1924	10,1868	10,1847

APÊNDICE C – Planejamento de experimento do ácido bórico

Neste apêndice estão apresentados os resultados obtidos no planejamento de experimento realizado para o ácido bórico.

C.1 – Planejamento de experimento do ácido bórico em água

Na Tabela C.01, encontram-se apresentados os resultados experimentais do acido bórico em água.

A primeira coluna da Tabela C.01, encontram-se simbolicamente representados os experimentos realizados de maneira geral por R_{ij} , onde o subscrito i representa o número do experimento e j o número de amostragem do referido experimento, descrita na Tabela 3.2, apresentada no capitulo III deste estudo.

Tabela C.01: Dados experimentais referentes ao planejamento de experimento para o ácido bórico em água.

Amostras	T (K)	m_r (g)	m_s (g)	m_{sec} (g)	m_{sol} (g)	m_w (g)	m_a (g)	S (g/100g)
R_{11}	298,7	9,7993	10,7289	9,8370	0,9296	0,8919	0,0377	4,0555
R_{12}	298,7	9,8790	10,6348	9,9076	0,7558	0,7272	0,0286	3,7841
R_{13}	298,7	9,9015	10,6234	9,9300	0,7219	0,6934	0,0285	3,9479
R_{21}	297,1	9,7468	10,5143	9,7755	0,7675	0,7388	0,0287	3,7394
R_{22}	297,1	10,0164	10,9591	10,0516	0,9427	0,9075	0,0352	3,7340
R_{23}	297,1	9,6010	10,6652	9,6463	1,0642	1,0189	0,0453	4,2567
R_{31}	297,7	10,0203	10,5671	10,0398	0,5468	0,5273	0,0195	3,5662
R_{32}	297,7	9,7849	10,5228	9,8150	0,7379	0,7078	0,0301	4,0791
R_{33}	297,7	9,6280	10,3111	9,6555	0,6831	0,6556	0,0275	4,0258
R_{41}	298,7	9,6571	10,3496	9,6834	0,6925	0,6662	0,0263	3,7978
R_{42}	298,7	9,5091	10,2667	9,5403	0,7576	0,7264	0,0312	4,1183
R_{43}	298,7	9,8376	10,6937	9,8713	0,8561	0,8224	0,0337	3,9365
R_{51}	297,4	9,5911	10,5165	9,6292	0,9254	0,8873	0,0381	4,1171
R_{52}	297,4	9,7992	10,4018	9,8221	0,6026	0,5797	0,0229	3,8002
R_{53}	297,4	9,7367	10,5165	9,7682	0,7798	0,7483	0,0315	4,0395
R_{61}	298,6	9,9491	10,5853	9,9751	0,6362	0,6102	0,026	4,0868

Continua....

Tabela C.01: Continuação.

R_{62}	298,6	9,8557	10,4324	9,8783	0,5767	0,5541	0,0226	3,9188
R_{63}	298,6	9,8764	10,4968	9,9021	0,6204	0,5947	0,0257	4,1425
R_{71}	297,4	9,8406	10,6257	9,8736	0,7851	0,7521	0,033	4,2033
R_{72}	297,4	9,6238	10,5697	9,6643	0,9459	0,9054	0,0405	4,2816
R_{73}	297,4	9,5011	10,4871	9,5416	0,986	0,9455	0,0405	4,1075
R_{81}	298,7	9,6791	10,7294	9,7234	1,0503	1,006	0,0443	4,2178
R_{82}	298,7	9,8007	10,6683	9,8347	0,8676	0,8336	0,034	3,9189
R_{83}	298,7	9,6777	10,5402	9,7142	0,8625	0,826	0,0365	4,2319
R_{91}	297,5	9,8253	10,9156	9,8716	1,0903	1,044	0,0463	4,2465
R_{92}	297,5	9,9974	11,0371	10,0413	1,0397	0,9958	0,0439	4,2224
R_{93}	297,5	9,5926	10,8411	9,6448	1,2485	1,1963	0,0522	4,1810
R_{101}	297,4	9,7857	11,1229	9,8426	1,3372	1,2803	0,0569	4,2552
R_{102}	297,4	10,0198	11,0844	10,0626	1,0646	1,0218	0,0428	4,0203
R_{103}	297,4	9,5990	10,9002	9,6548	1,3012	1,2454	0,0558	4,2883

A Tabela C.02 apresenta o resumo estatístico dos dados experimentais que estão elencados na Tabela C.01, bem como o respectivo desvio padrão.

Tabela C.02: Resumo estatístico dos dados experimentais de solubilidades do ácido bórico em água de acordo com a matriz planejamento de experimento.

S (g/100g de solução)					Temperaturas (K)			
Amostras	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
R_{1j}	3,9292	3,7841	4,0555	0,1367	298,7	298,7	298,7	0,0
R_{2j}	3,9100	3,7340	4,2567	0,3003	297,1	297,1	297,1	0,0
R_{3j}	3,8904	3,5662	4,0791	0,2820	297,7	297,7	297,7	0,0
R_{4j}	3,9509	3,7978	4,1183	0,1607	298,7	298,7	298,7	0,0
R_{5j}	3,9856	3,8002	4,1171	0,1652	297,4	297,4	297,4	0,0
R_{6j}	4,0494	3,9188	4,1425	0,1164	298,6	298,6	298,6	0,0
R_{7j}	4,1975	4,1075	4,2816	0,0872	297,4	297,4	297,4	0,0
R_{8j}	4,1229	3,9189	4,2319	0,1768	298,7	298,7	298,7	0,0
R_{9j}	4,2166	4,1810	4,2465	0,0331	297,5	297,5	297,5	0,0
R_{10j}	4,1879	4,0203	4,2883	0,1461	297,4	297,4	297,4	0,0

Na Tabela C.03, estão representados as variáveis codificadas agitação (A) e decantação (B); os valores experimentais de agitação (t_{ag}) e de decantação (t_d) utilizados como parâmetros na execução dos experimentos. A numeração entre parênteses na coluna t_d está representando

número do experimento na Tabela C.01, ou seja, está representando o subscrito i da simbologia $R_{ij.}$

Tabela C.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido bórico em água.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	162	265(7)	4,1975
-1,0000	-1,0000	78	95(1)	3,9292
1,4142	0,0000	**180**	**180(9)**	**4,2166**
-1,0000	1,0000	78	265(2)	3,9100
0,0000	1,4142	120	300(5)	3,9856
0,0000	0,0000	120	180(4)	3,9509
1,0000	-1,0000	162	95(6)	4,0494
-1,4142	0,0000	60	180(8)	4,1229
0,0000	-1,4142	120	60(3)	3,8904
0,0000	0,0000	120	180(10)	4,1879

Tabela C.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido bórico em água.(R^2 = 0,7305).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
Médias	4,0694	0,0704	57,8052	0,0000	3,8739	4,2649	4,0694	0,0704
(1)t^{ag}(L)	0,1351	0,0704	1,9184	0,1275	-0,0604	0,3305	0,0675	0,0352
t^{ag}(Q)	0,0842	0,0931	0,9039	0,4172	-0,1744	0,3427	0,0421	0,0466
(2)t^{d}(L)	0,0659	0,0704	0,9359	0,4023	-0,1296	0,2613	0,0329	0,0352
t_d(Q)	-0,1476	0,0931	-1,5846	0,1882	-0,4061	0,1110	-0,0738	0,0466
1L by 2L	0,0836	0,0996	0,8402	0,4481	-0,1928	0,3601	0,0418	0,0498

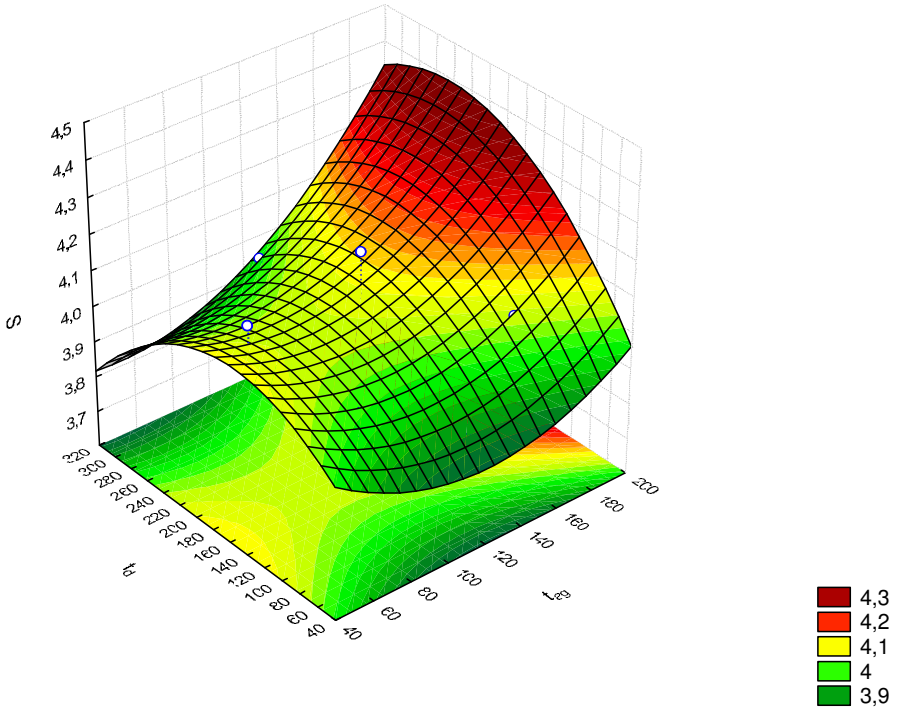

Figura C.01: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido Bórico em Água.

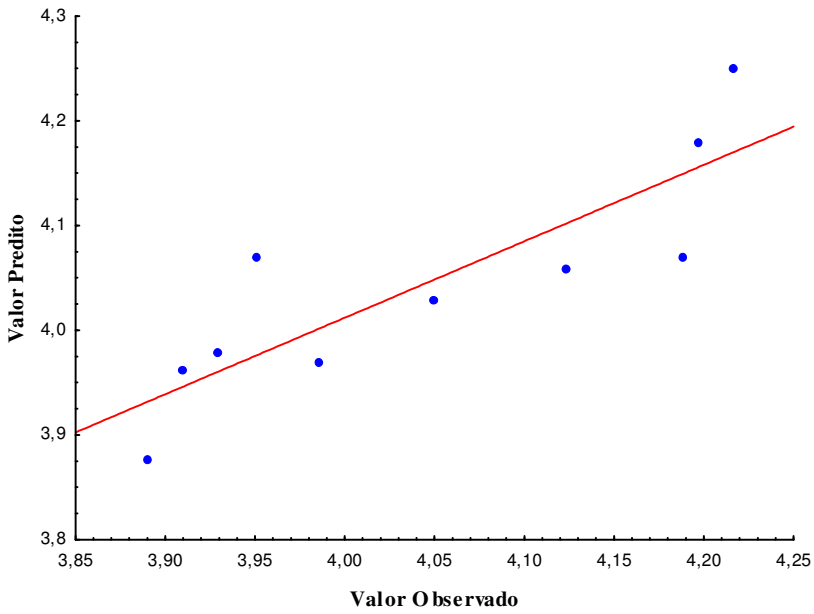

Figura C.02: Valores preditos versus valores observados do planejamento de experimento para o ácido Bórico em Água.

C.2 – Planejamento de experimento em n-propanol

Tabela C.05: Dados experimentais referentes ao planejamento de experimento para o ácido bórico em n-propanol.

Amostra	T (K)	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_p	m_a	S
R_{11}	303,6	9,5591	11,9581	9,6110	2,3990	2,3471	0,0519	2,1634
R_{12}	303,6	9,3957	12,2825	9,4641	2,8868	2,8184	0,0684	2,3694
R_{13}	303,6	9,5276	11,7102	9,5743	2,1826	2,1359	0,0467	2,1396
R_{21}	303,7	9,5874	12,0037	9,6423	2,4163	2,3614	0,0549	2,2721
R_{22}	303,7	9,6477	12,2159	9,7072	2,5682	2,5087	0,0595	2,3168
R_{23}	303,7	9,6118	11,9210	9,6640	2,3092	2,2570	0,0522	2,2605
R_{31}	304,1	9,6780	12,2097	9,7127	2,5317	2,4970	0,0347	1,3706
R_{32}	304,1	9,7699	12,5700	9,8167	2,8001	2,7533	0,0468	1,6714
R_{33}	304,1	9,6909	11,6914	9,7123	2,0005	1,9791	0,0214	1,0697
R_{41}	304,3	9,4852	11,9926	9,5328	2,5074	2,4598	0,0476	1,8984
R_{42}	304,3	9,5914	11,8614	9,6279	2,2700	2,2335	0,0365	1,6079
R_{43}	304,3	9,9398	12,2096	9,9756	2,2698	2,2340	0,0358	1,5772
R_{51}	304,0	9,6593	12,1051	9,7118	2,4458	2,3933	0,0525	2,1465
R_{52}	304,0	10,0872	12,4492	10,1354	2,3620	2,3138	0,0482	2,0406
R_{53}	304,0	9,6874	12,3424	9,7437	2,6550	2,5987	0,0563	2,1205
R_{61}	304,0	9,7155	12,4375	9,7909	2,7220	2,6466	0,0754	2,7700
R_{62}	304,0	9,5291	11,4985	9,5747	1,9694	1,9238	0,0456	2,3154
R_{63}	304,0	9,6353	12,6244	9,7199	2,9891	2,9045	0,0846	2,8303
R_{71}	304,1	9,5965	12,0894	9,6538	2,4929	2,4356	0,0573	2,2985
R_{72}	304,1	9,6498	12,3761	9,7170	2,7263	2,6591	0,0672	2,4649
R_{73}	304,1	9,4172	11,3981	9,4401	1,9809	1,9580	0,0229	1,1560
R_{81}	304,0	9,5973	12,0880	9,6469	2,4907	2,4411	0,0496	1,9914
R_{82}	304,0	9,5128	12,0457	9,5664	2,5329	2,4793	0,0536	2,1162
R_{83}	304,0	9,5891	11,8944	9,6345	2,3053	2,2599	0,0454	1,9694
R_{91}	304,1	9,9469	12,9222	10,0298	2,9753	2,8924	0,0829	2,7863
R_{92}	304,1	9,8196	12,0938	9,8846	2,2742	2,2092	0,0650	2,8581
R_{93}	304,1	9,7060	11,8356	9,7655	2,1296	2,0701	0,0595	2,7940
R_{101}	304,0	9,5515	11,8544	9,6214	2,3029	2,2330	0,0699	3,0353
R_{102}	304,0	9,8693	12,1825	9,9324	2,3132	2,2501	0,0631	2,7278

Continua ...

Tabela C.05: Continuação

R_{103}	304,0	9,7089	12,1090	9,7703	2,4001	2,3387	0,0614	2,5582
RR_{11}	304,1	9,4376	11,9404	9,5019	2,5028	2,4385	0,0643	2,5691
RR_{12}	304,1	9,7178	12,2530	9,7872	2,5352	2,4658	0,0694	2,7375
RR_{13}	304,1	9,6635	11,8897	9,7253	2,2262	2,1644	0,0618	2,7760
RR_{21}	304,1	9,8912	12,5634	9,9755	2,6722	2,5879	0,0843	3,1547
RR21	304,1	9,8912	12,5634	9,9755	2,6722	2,5879	0,0843	3,1547
RR22	304,1	9,4750	11,7717	9,5502	2,2967	2,2215	0,0752	3,2743
RR23	304,1	9,3526	11,7750	9,4319	2,4224	2,3431	0,0793	3,2736

Tabela C.06: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido Bórico em n-propanol.

S (g/100g de solução)					Temperaturas (K)			
Amostras	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
R_{1j}	2,4592	2,1396	2,7760	0,2784	303,86	303,61	304,10	0,27
R_{2j}	2,7587	2,2605	3,2743	0,5231	303,91	303,71	304,10	0,22
R_{3j}	1,3706	1,0697	1,6714	0,3008	304,10	304,10	304,10	0,00
R_{4j}	1,6945	1,5772	1,8984	0,1772	304,30	304,30	304,30	0,00
R_{5j}	2,1026	2,0406	2,1465	0,0552	304,01	304,01	304,01	0,00
R_{6j}	2,6386	2,3154	2,8303	0,2815	304,01	304,01	304,01	0,00
R_{7j}	1,9731	1,1560	2,4649	0,7125	304,10	304,10	304,10	0,00
R_{8j}	2,0256	1,9694	2,1162	0,0792	304,01	304,01	304,01	0,00
R_{9j}	2,8128	2,7863	2,8581	0,0395	304,10	304,10	304,10	0,00
R_{10j}	2,7738	2,5582	3,0353	0,2418	304,01	304,01	304,01	0,00

Tabela C.07: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido bórico em n-propanol.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	162	265(2)	2,7587
-1,0000	-1,0000	78	95(3)	1,3706
1,4142	0,0000	180	180(10)	2,7738
-1,0000	1,0000	78	265(5)	2,1026
0,0000	1,4142	120	300(7)	1,9731
0,0000	0,0000	120	180(6)	2,6386
1,0000	-1,0000	162	95(8)	2,0256
-1,4142	0,0000	60	180(1)	2,4592
0,0000	-1,4142	120	60(4)	1,6945
0,0000	0,0000	**120**	**180(9)**	**2,8128**

Tabela C.08: Análise estatística dos efeitos para o ácido bórico em n-propanol.(R^2 = 0, 8663).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
Médias	2,7257	0,1950	13,9812	0,0002	2,1844	3,2670	2,7257	0,1950
(1)t^{ag}(L)	0,4390	0,1950	2,2518	0,0875	-0,1023	0,9803	0,2195	0,0975
t^{ag}(Q)	-0,1896	0,2579	-0,7351	0,5030	-0,9056	0,5265	-0,0948	0,1290
(2)t^{d}(L)	0,4648	0,1950	2,3840	0,0757	-0,0765	1,0061	0,2324	0,0975
t^{d}(Q)	**-0,9723**	**0,2579**	**-3,7700**	**0,0196**	**-1,6883**	**-0,2562**	**-0,4861**	**0,1290**
1L x 2L	0,0006	0,2757	0,0020	0,9985	-0,7649	0,7660	0,0003	0,1379

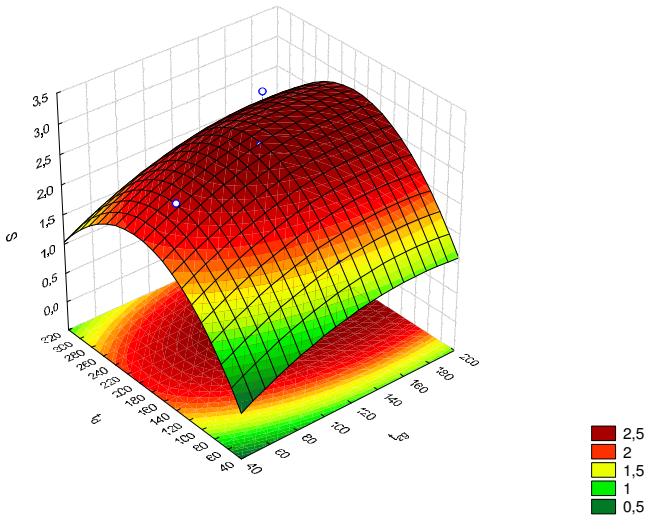

Figura C.03: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido Bórico em n-Propanol

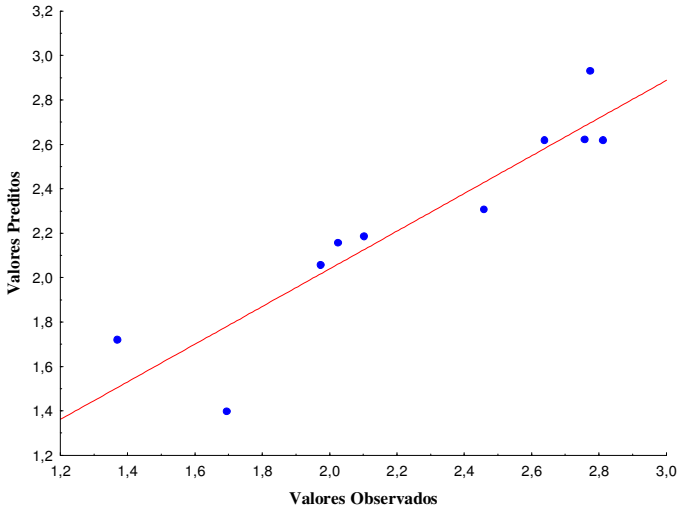

Figura C.04: Valores preditos versus valores observados do planejamento de experimento para o ácido bórico em n-Propanol.

Apêndice D. Planejamento de experimento do ácido DL-Málico

Neste apêndice estão apresentados os resultados obtidos no planejamento de experimento realizado para o ácido dl-málico.

D.1 – Planejamento de experimento do ácido DL-Málico em água

Na Tabela D.01, encontram-se apresentados os resultados experimentais do acido dl-málico em água.

A primeira coluna da Tabela D.01, encontram-se simbolicamente representados os experimentos realizados de maneira geral por R_{ij} , onde o subscrito i representa o número do experimento e j o número de amostragem do referido experimento, descrita na Tabela 3.2, apresentada no capitulo III deste estudo.

Tabela D.01: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido dl-Málico em água.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
R_{11}	305,3	9,3047	10,5894	10,0062	1,2847	0,5832	0,7015	54,6042
R_{12}	305,3	9,3011	10,6016	9,9930	1,3005	0,6086	0,6919	53,2026
R_{13}	305,3	9,3578	10,5176	9,9909	1,1598	0,5267	0,6331	54,5870
R_{21}	305,4	9,7377	11,1182	10,4684	1,3805	0,6498	0,7307	52,9301
R_{22}	305,4	9,7998	11,1750	10,5402	1,3752	0,6348	0,7404	53,8394
R_{23}	305,4	9,7324	10,9245	10,3829	1,1921	0,5416	0,6505	54,5676
R_{31}	305,5	9,8550	11,3280	10,6554	1,4730	0,6726	0,8004	54,3381
R_{32}	305,5	9,4409	10,8397	10,1996	1,3988	0,6401	0,7587	54,2393
R_{33}	305,5	9,5773	10,8316	10,2548	1,2543	0,5768	0,6775	54,0142
R_{41}	305,3	9,4950	10,6835	10,1230	1,1885	0,5605	0,6280	52,8397
R_{42}	305,3	9,7407	10,9582	10,3842	1,2175	0,5740	0,6435	52,8542
R_{43}	305,3	9,8475	10,7172	10,3071	0,8697	0,4101	0,4596	52,8458
R_{51}	304,5	9,4057	10,4732	9,9777	1,0675	0,4955	0,5720	53,5831
R_{52}	304,5	9,3873	10,4744	9,9644	1,0871	0,5100	0,5771	53,0862
R_{53}	304,5	9,5933	11,0495	10,3689	1,4562	0,6806	0,7756	53,2619

Continua....

Tabela D.01: Continuação

R_{61}	304,4	9,8120	11,0299	10,4537	1,2179	0,5762	0,6417	52,6891
R_{62}	304,4	9,3952	10,6434	10,0527	1,2482	0,5907	0,6575	52,6759
R_{63}	304,4	9,6907	10,8306	10,2983	1,1399	0,5323	0,6076	53,3029
R_{72}	305,0	9,5453	10,3778	9,9716	0,8325	0,4062	0,4263	51,2072
R_{73}	305,0	9,6668	10,3083	9,9983	0,6415	0,3100	0,3315	51,6758
R_{81}	305,3	9,4610	10,6692	10,1118	1,2082	0,5574	0,6508	53,8653
R_{82}	305,3	9,6888	10,5803	10,1654	0,8915	0,4149	0,4766	53,4605
R_{83}	305,3	10,0009	10,6449	10,3405	0,6440	0,3044	0,3396	52,7329
R_{91}	305,7	9,6640	10,5683	10,1461	0,9043	0,4222	0,4821	53,3120
R_{92}	305,7	9,3866	10,5540	10,0105	1,1674	0,5435	0,6239	53,4435
R_{93}	305,7	9,7012	10,8448	10,3128	1,1436	0,5320	0,6116	53,4802
R_{101}	305,9	10,0933	11,0719	10,6024	0,9786	0,4695	0,5091	52,0233
R_{102}	305,9	9,9331	10,8637	10,4241	0,9306	0,4396	0,4910	52,7617
R_{103}	305,9	9,4278	10,4747	9,9825	1,0469	0,4922	0,5547	52,9850

A Tabela D.02 apresenta o resumo estatístico dos dados experimentais que estão elencados na Tabela D.01, bem como o respectivo desvio padrão.

Tabela D.02: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido dl-Málico em água.

	S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Amostra	Médias	Mínimos	Máximo	Desvios	Médias	Mínimos	Máximo	Desvios
R_{1j}	54,1313	53,2026	54,6042	0,8043	305,3	305,3	305,3	0,0
R_{2j}	53,7790	52,9301	54,5676	0,8204	305,4	305,4	305,4	0,0
R_{3j}	54,1972	54,0142	54,3381	0,1660	305,5	305,5	305,5	0,0
R_{4j}	52,8466	52,8397	52,8542	0,0073	305,3	305,3	305,3	0,0
R_{5j}	53,3104	53,0862	53,5831	0,2520	304,5	304,5	304,5	0,0
R_{6j}	52,8893	52,6759	53,3029	0,3583	304,4	304,4	304,4	0,0
R_{7j}	51,9529	51,2072	52,9759	0,9163	305,0	305,0	305,0	0,0
R_{8j}	53,3529	52,7329	53,8653	0,5738	305,3	305,3	305,3	0,0
R_{9j}	53,4119	53,3120	53,4802	0,0885	305,7	305,7	305,7	0,0
R_{10j}	52,5900	52,0233	52,9850	0,5033	305,9	305,9	305,9	0,0

Na Tabela F.03, estão representados as variáveis codificadas agitação (A) e decantação (B); os valores experimentais de agitação (t_{ag}) e de decantação (t_d) utilizados como parâmetros na execução dos experimentos. A numeração entre parênteses na coluna t_d está representando número do experimento elencado na Tabela F.01, ou seja, está representando o subscrito i da simbologia $R_{ij.}$

Tabela D.03: Matriz planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em água.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	162	265	53,4119
-1,0000	-1,0000	78	95	52,8466
1,4142	0,0000	**180**	**180**	**54,1972**
-1,0000	1,0000	78	265	51,9529
0,0000	1,4142	120	300	52,8893
0,0000	0,0000	120	180	53,3104
1,0000	-1,0000	162	95	53,3529
-1,4142	0,0000	60	180	54,1313
0,0000	-1,4142	120	60	53,7790
0,0000	0,0000	120	180	52,5900

Tabela D.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido dl-málico em n-Propanol.(R^2 = 0,3482).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
	53,0421	**0,6647**	**79,8006**	**0,0000**	**51,1966**	**54,8876**	**53,0421**	**0,6647**
(1)$\mathbf{t^{ag}}$(L)	-0,1950	0,6647	-0,2934	0,7838	-2,0405	1,6504	-0,0975	0,3323
t^{ag}(Q)	0,4661	0,8793	0,5301	0,6241	-1,9752	2,9074	0,2330	0,4396
(2)$\mathbf{t^{d}}$(L)	-0,2478	0,6647	-0,3729	0,7282	-2,0933	1,5976	-0,1239	0,3323
t^{d}(Q)	0,0440	0,8793	0,0501	0,9625	-2,3973	2,4853	0,0220	0,4396
1L by 2L	0,6240	0,9400	0,6638	0,5431	-1,9859	3,2339	0,3120	0,4700

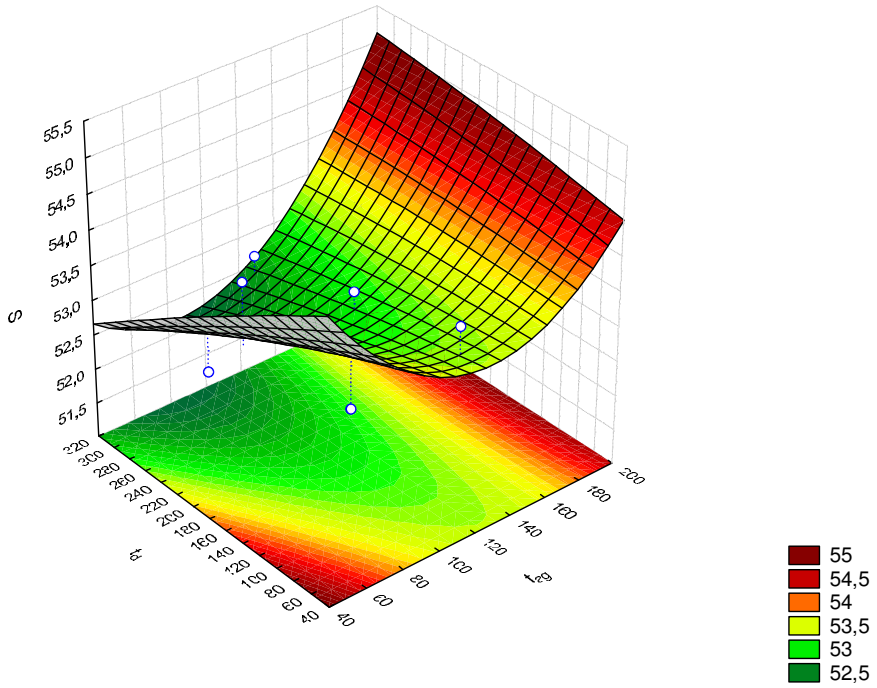

Figura D.01: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido dl-Malíco em Água.

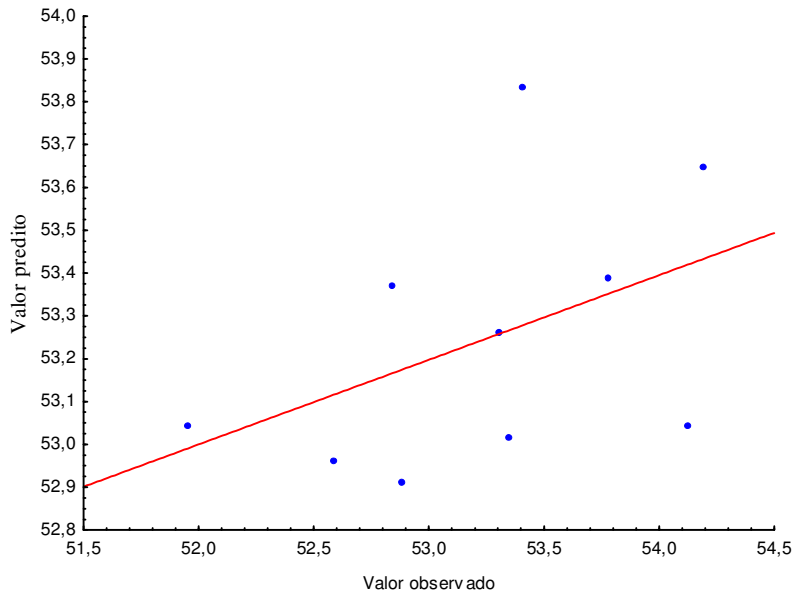

Figura D.02: Valor predito versus Valor observados para o ácido dl-málico em água.

D.2 – Planejamento de experimento em n-propanol

Tabela D.05: Dados experimentais referente ao planejamento de experimento para o ácido dl-Málico em n-propanol.

Amostra	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_p	m_a	S
R_{11}	305,2	9,5970	10,3070	9,8222	0,7100	0,4848	0,2252	31,7183
R_{12}	305,2	9,6892	10,5342	9,9633	0,8450	0,5709	0,2741	32,4379
R_{13}	305,2	9,7377	10,6074	10,0199	0,8697	0,5875	0,2822	32,4480
R_{21}	303,8	9,8061	10,5785	10,0476	0,7724	0,5309	0,2415	31,2662
R_{22}	303,8	9,5130	10,2984	9,7671	0,7854	0,5313	0,2541	32,3529
R_{23}	303,8	9,5718	10,1611	9,7529	0,5893	0,4082	0,1811	30,7314
R_{31}	304,2	10,0000	10,6605	10,2140	0,6605	0,4465	0,2140	32,3997
R_{32}	304,2	10,0901	10,7733	10,3058	0,6832	0,4675	0,2157	31,5720
R_{33}	304,2	9,9150	10,4823	10,0868	0,5673	0,3955	0,1718	30,2838
R_{41}	305,2	9,9528	10,7089	10,1999	0,7561	0,5090	0,2471	32,6809
R_{42}	305,2	9,9037	10,8266	10,2165	0,9229	0,6101	0,3128	33,8932
R_{43}	305,2	9,8159	10,6043	10,0741	0,7884	0,5302	0,2582	32,7499
R_{51}	303,8	9,8613	10,4923	10,0601	0,6310	0,4322	0,1988	31,5055
R_{52}	303,8	9,5743	10,5699	9,8931	0,9956	0,6768	0,3188	32,0209
R_{53}	303,8	9,6671	10,4803	9,9385	0,8132	0,5418	0,2714	33,3743
R_{61}	305,2	9,6284	10,4995	9,9324	0,8711	0,5671	0,3040	34,8984
R_{62}	305,2	9,6374	10,5443	9,9557	0,9069	0,5886	0,3183	35,0976
R_{63}	305,2	9,8518	10,7555	10,1698	0,9037	0,5857	0,3180	35,1887
R_{71}	303,8	9,8358	10,6233	10,1231	0,7875	0,5002	0,2873	36,4825
R_{72}	303,8	9,6063	10,4040	9,8968	0,7977	0,5072	0,2905	36,4172
R_{73}	303,8	9,7171	10,5033	10,0026	0,7862	0,5007	0,2855	36,3139
R_{81}	303,8	9,8545	10,5835	10,1036	0,7290	0,4799	0,2491	34,1701
R_{82}	303,8	10,1404	10,9023	10,3836	0,7619	0,5187	0,2432	31,9202
R_{83}	303,8	9,7943	10,4885	10,0169	0,6942	0,4716	0,2226	32,0657
R_{91}	304,1	9,9668	10,7780	10,2691	0,8112	0,5089	0,3023	37,2658
R_{92}	304,1	9,6433	10,5078	9,9698	0,8645	0,5380	0,3265	37,7675
R_{93}	304,1	9,6683	10,5097	9,9720	0,8414	0,5377	0,3037	36,0946
R_{101}	303,9	9,7798	10,5772	10,0341	0,7974	0,5431	0,2543	31,8911
R_{102}	303,9	10,0390	10,9285	10,3313	0,8895	0,5972	0,2923	32,8612
R_{103}	303,9	9,8236	10,7171	10,1093	0,8935	0,6078	0,2857	31,9754

Tabela D.06: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido dl-Málico em n-Propanol.

	S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Amostra	Médias	Mínimos	Máximo	Desvios	Médias	Mínimos	Máximo	Desvio
R_{1j}	32,2014	31,7183	32,4480	0,4184	305,2	305,2	305,2	0,0
R_{2j}	31,4502	30,7314	32,3529	0,8263	303,8	303,8	303,8	0,0
R_{3j}	31,4185	30,2838	32,3997	1,0663	304,2	304,2	304,2	0,0
R_{4j}	33,1080	32,6809	33,8932	0,6809	305,2	305,2	305,2	0,0
R_{5j}	32,3003	31,5055	33,3743	0,9652	303,8	303,8	303,8	0,0
R_{6j}	35,0616	34,8984	35,1887	0,1484	305,2	305,2	305,2	0,0
R_{7j}	36,4046	36,3139	36,4825	0,0850	303,8	303,8	303,8	0,0
R_{8j}	32,7187	31,9202	34,1701	1,2591	303,8	303,8	303,8	0,0
R_{9j}	37,0426	36,0946	37,7675	0,8585	304,1	304,1	304,1	0,0
R_{10j}	32,2426	31,8911	32,8612	0,5374	303,9	303,9	303,9	0,0

Tabela D.07: Matriz planejamento de experimentos para o ácido dl-málico em n-propanol.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	**162**	**265**	**37,0426**
-1,0000	-1,0000	78	95	36,4046
1,4142	0,0000	180	180	31,4185
-1,0000	1,0000	78	265	36,4046
0,0000	1,4142	120	300	35,0616
0,0000	0,0000	120	180	32,3003
1,0000	-1,0000	162	95	32,7187
-1,4142	0,0000	60	180	32,2014
0,0000	-1,4142	120	60	31,4502
0,0000	0,0000	120	180	32,2426

Tabela D.08: Análise estatística dos efeitos para o ácido dl-málico em n-Propanol.(R^2 = 0,5581).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
	32,2973	1,5803	20,4375	0,0000	27,9097	36,6849	32,2973	1,5803
(1)$\mathbf{t^{ag}}$(L)	-1,0311	1,5723	-0,6557	0,5478	-5,3966	3,3345	-0,5155	0,7862
t^{ag}(Q)	1,0248	2,0582	0,4979	0,6447	-4,6896	6,7392	0,5124	1,0291
(2)$\mathbf{t^{d}}$(L)	2,3597	1,5817	1,4918	0,2100	-2,0319	6,7512	1,1798	0,7909
t^{d}(Q)	2,5372	2,1006	1,2078	0,2936	-3,2949	8,3692	1,2686	1,0503
1L by 2L	2,1620	2,2350	0,9673	0,3882	-4,0433	8,3672	1,0810	1,1175

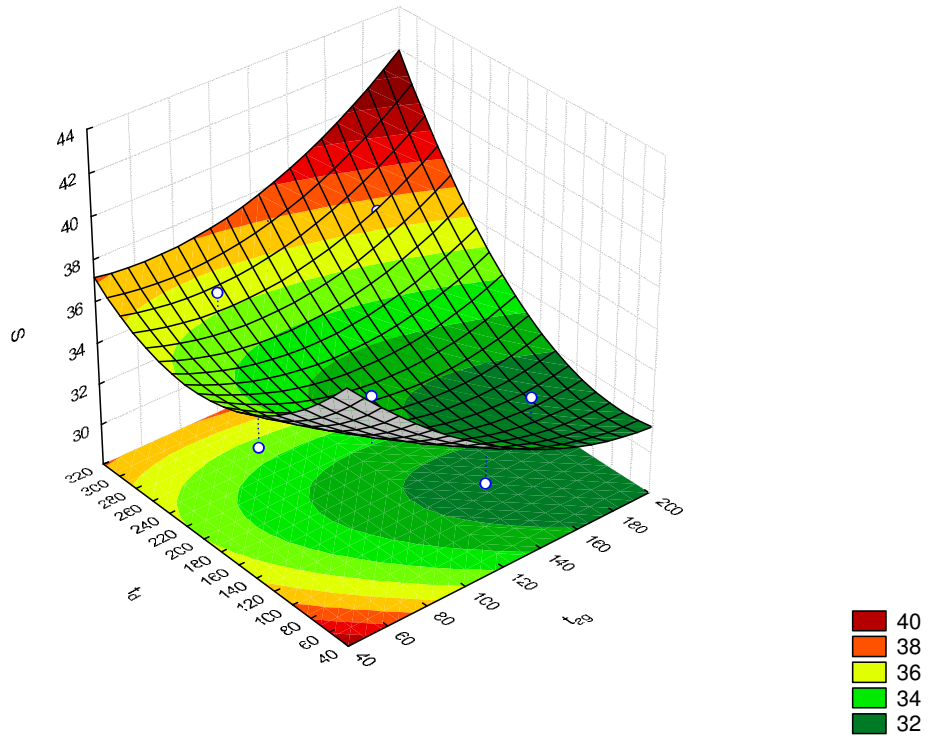

Figura D.03: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido dl-Malíco em n-Propanol.

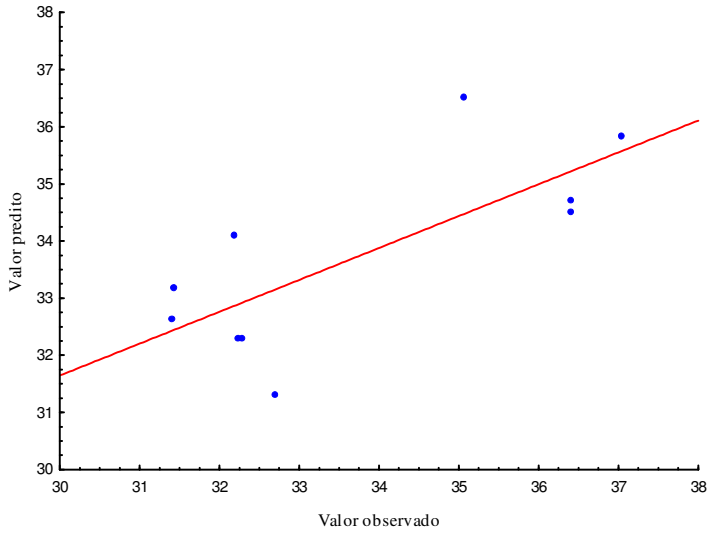

Figura D.04: Valor predito versus Valor observados para o ácido dl-málico emn-propanol.

Apêndice E. Planejamento de experimento do ácido Succínico

Neste apêndice estão apresentados os resultados obtidos no planejamento de experimento realizado para o ácido succínico.

E.1. Planejamento de experimento do ácido Succínico em água

Na Tabela E.01, encontram-se apresentados os resultados experimentais do acido succínico em água.

A primeira coluna da Tabela E.01, encontram-se simbolicamente representados os experimentos realizados de maneira geral por R_{ij} , onde o subscrito i representa o número do experimento e j o número de amostragem do referido experimento, descrita na Tabela 3.2, apresentada no capitulo III deste estudo.

Tabela E.01: Dados experimentais referentes ao planejamento de experimento para o ácido succínico em água.

Amostra	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
R_{11}	303,6	9,5105	12,2240	9,7607	2,7135	2,4633	0,2502	9,2206
R_{12}	303,6	9,8870	13,1800	10,1921	3,2930	2,9879	0,3051	9,2651
R_{13}	303,6	9,8214	13,0128	10,1160	3,1914	2,8968	0,2946	9,2311
R_{21}	303,6	9,3819	12,3511	9,6611	2,9692	2,6900	0,2792	9,4032
R_{22}	303,6	9,3539	12,2478	9,6259	2,8939	2,6219	0,2720	9,3991
R_{23}	303,6	9,4081	12,2209	9,6770	2,8128	2,5439	0,2689	9,5599
R_{31}	303,6	9,4418	12,2599	9,7078	2,8181	2,5521	0,2660	9,4390
R_{32}	303,6	9,5251	12,2320	9,7782	2,7069	2,4538	0,2531	9,3502
R_{33}	303,6	9,4959	13,0210	9,8275	3,5251	3,1935	0,3316	9,4068
R_{41}	303,6	9,7435	12,8638	10,0357	3,1203	2,8281	0,2922	9,3645
R_{42}	303,6	9,7531	12,8555	10,0425	3,1024	2,8130	0,2894	9,3283
R_{43}	303,6	9,6540	12,6416	9,9326	2,9876	2,7090	0,2786	9,3252
R_{51}	303,6	9,4368	11,7703	9,6558	2,3335	2,1145	0,2190	9,3850
R_{52}	303,6	9,6264	12,4017	9,8871	2,7753	2,5146	0,2607	9,3936
R_{53}	303,6	9,5390	13,8038	9,9414	4,2648	3,8624	0,4024	9,4354
R_{61}	303,6	9,9561	12,1572	10,1603	2,2011	1,9969	0,2042	9,2772

Continua ...

Tabela E.01: Continuação

R_{62}	303,6	9,3331	13,0146	9,6819	3,6815	3,3327	0,3488	9,4744
R_{63}	303,6	9,6977	13,3120	10,0371	3,6143	3,2749	0,3394	9,3905
R_{71}	303,6	10,0898	13,5191	10,4110	3,4293	3,1081	0,3212	9,3663
R_{72}	303,6	9,4017	11,4992	9,5942	2,0975	1,9050	0,1925	9,1776
R_{73}	303,6	9,5510	13,4609	9,9180	3,9099	3,5429	0,3670	9,3864
R_{81}	303,6	9,6182	12,3585	9,8743	2,7403	2,4842	0,2561	9,3457
R_{82}	303,6	9,4764	13,2845	9,8358	3,8081	3,4487	0,3594	9,4378
R_{83}	303,6	9,4273	12,5485	9,7207	3,1212	2,8278	0,2934	9,4002
R_{91}	303,6	9,9470	13,2388	10,2530	3,2918	2,9858	0,3060	9,2958
R_{92}	303,6	9,6360	13,0002	9,9514	3,3642	3,0488	0,3154	9,3752
R_{93}	303,6	9,4020	12,4019	9,6810	2,9999	2,7209	0,2790	9,3003
R_{101}	303,6	9,4965	13,0067	9,8229	3,5102	3,1838	0,3264	9,2986
R_{102}	303,6	9,6771	12,0164	9,8930	2,3393	2,1234	0,2159	9,2293
R_{103}	303,6	9,5335	13,2463	9,8820	3,7128	3,3643	0,3485	9,3864

A Tabela E.02 apresenta o resumo estatístico dos dados experimentais que estão elencados na Tabela E.01, bem como o respectivo desvio padrão.

Tabela E.02: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido Succínico em água.

	S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Amostra	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
R_{1j}	9,2389	9,2206	9,2651	0,0233	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{2j}	9,4541	9,3991	9,5599	0,0917	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{3j}	9,3987	9,3502	9,4390	0,0450	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{4j}	9,3393	9,3252	9,3645	0,0218	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{5j}	9,4047	9,3850	9,4354	0,0269	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{6j}	9,3807	9,2772	9,4744	0,0990	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{7j}	9,3101	9,1776	9,3864	0,1152	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{8j}	9,3946	9,3457	9,4378	0,0463	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{9j}	9,3238	9,2958	9,3752	0,0446	303,6	303,6	303,6	0,0
R_{10j}	9,3048	9,2293	9,3864	0,0788	303,6	303,6	303,6	0,0

Na Tabela E.03, estão representados as variáveis codificadas agitação (A) e decantação (B); os valores experimentais de agitação (t_{ag}) e de decantação (t_d) utilizados como parâmetros na execução dos experimentos. A numeração entre parênteses na coluna t_d está representando

número do experimento elencado na Tabela E.01, ou seja, está representando o subscrito i da simbologia $R_{ij.}$

Tabela E.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido Succínico em água.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	162	265(4)	9,3393
-1,0000	-1,0000	78	95(2)	9,4541
1,4142	0,0000	180	180(5)	9,4047
-1,0000	1,0000	78	265(3)	9,3987
0,0000	1,4142	120	300(9)	9,3238
0,0000	0,0000	120	180(10)	9,3048
1,0000	-1,0000	162	95(8)	9,3946
-1,4142	0,0000	60	180(1)	9,2389
0,0000	-1,4142	120	60(6)	9,3807
0,0000	0,0000	120	180(7)	9,3101

Tabela E.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em água.(R^2 = 0,3586).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
	9,3079	0,0535	174,0752	0,0000	9,1595	9,4564	9,3079	0,0535
(1)$\mathbf{t^{ag}}$(L)	0,0292	0,0532	0,5487	0,6124	-0,1185	0,1769	0,0146	0,0266
t^{ag}(Q)	0,0425	0,0696	0,6101	0,5748	-0,1509	0,2358	0,0212	0,0348
(2)$\mathbf{t^{d}}$(L)	-0,0478	0,0535	-0,8939	0,4219	-0,1964	0,1008	-0,0239	0,0268
t^{d}(Q)	0,0748	0,0711	1,0520	0,3522	-0,1226	0,2721	0,0374	0,0355
1L by 2L	0,0001	0,0756	0,0007	0,9995	-0,2099	0,2100	0,0000	0,0378

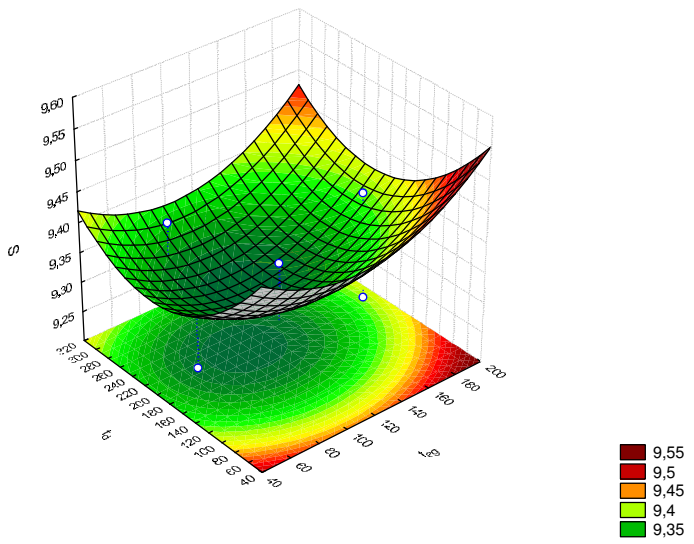

Figura E.01: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido Succínico em água.

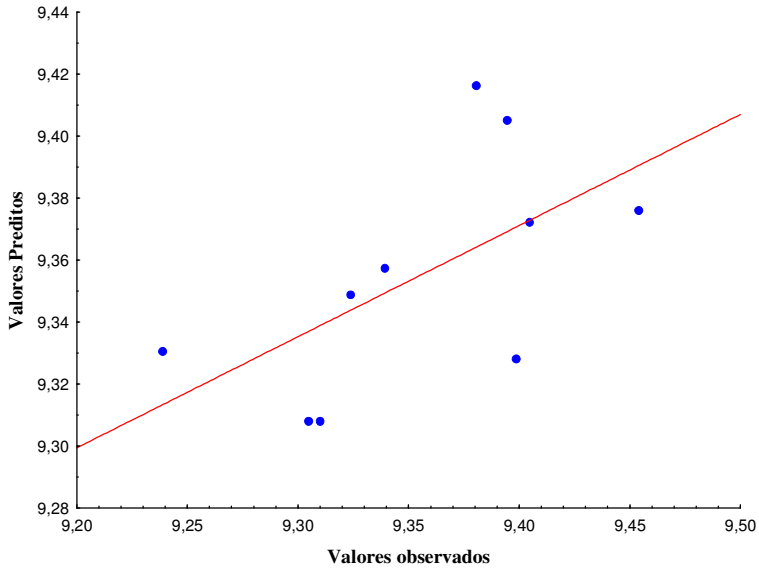

Figura E.02: Valor predito versus Valor observados para o ácido Succínico em água

E.2 – Planejamento de experimento em n-propanol

Tabela E.05: Dados experimentais referentes ao planejamento de experimento para o ácido succínico em n-propanol.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_p	m_a	S
R_{11}	303,5	9,5891	11,9761	9,7335	2,3870	2,2426	0,1444	6,0494
R_{12}	303,5	9,3877	11,6057	9,5178	2,2180	2,0879	0,1301	5,8656
R_{13}	303,5	9,4790	11,6260	9,6061	2,1470	2,0199	0,1271	5,9199
R_{21}	303,5	9,7962	12,0926	9,9369	2,2964	2,1557	0,1407	6,1270
R_{22}	303,5	9,5021	11,5148	9,6217	2,0127	1,8931	0,1196	5,9423
R_{23}	303,5	9,4455	11,5306	9,5697	2,0851	1,9609	0,1242	5,9565
R_{31}	303,5	9,6591	12,1002	9,8102	2,4411	2,2900	0,1511	6,1898
R_{32}	303,5	9,5399	12,0346	9,6949	2,4947	2,3397	0,1550	6,2132
R_{33}	303,5	9,5241	12,1632	9,6905	2,6391	2,4727	0,1664	6,3052
R_{41}	303,5	9,9556	12,5715	10,1236	2,6159	2,4479	0,1680	6,4223
R_{42}	303,5	9,3131	11,9013	9,4768	2,5882	2,4245	0,1637	6,3249
R_{43}	303,5	9,4644	11,9901	9,6231	2,5257	2,3670	0,1587	6,2834
R_{51}	303,5	9,4138	12,0821	9,5814	2,6683	2,5007	0,1676	6,2812
R_{52}	303,5	9,3768	12,0130	9,5421	2,6362	2,4709	0,1653	6,2704
R_{53}	303,5	9,4614	12,5554	9,6321	3,0940	2,9233	0,1707	5,5171
R_{61}	303,5	9,5694	12,0190	9,7227	2,4496	2,2963	0,1533	6,2582
R_{62}	303,5	9,6633	12,0540	9,8133	2,3907	2,2407	0,1500	6,2743
R_{63}	303,5	9,5029	11,9369	9,6538	2,4340	2,2831	0,1509	6,1997
R_{71}	303,5	9,3863	11,9680	9,5467	2,5817	2,4213	0,1604	6,2130
R_{72}	303,5	9,7606	12,4454	9,9312	2,6848	2,5142	0,1706	6,3543
R_{73}	303,5	9,3672	12,0589	9,5378	2,6917	2,5211	0,1706	6,3380
R_{81}	303,5	9,4969	11,3767	9,6078	1,8798	1,7689	0,1109	5,8996
R_{82}	303,5	9,4789	11,1633	9,5754	1,6844	1,5879	0,0965	5,7290
R_{83}	303,5	9,7420	11,5713	9,8490	1,8293	1,7223	0,1070	5,8492
R_{91}	303,5	9,4814	12,1262	9,6532	2,6448	2,4730	0,1718	6,4958
R_{92}	303,5	9,3116	11,8954	9,4795	2,5838	2,4159	0,1679	6,4982
R_{93}	303,5	9,3996	11,8253	9,5554	2,4257	2,2699	0,1558	6,4229
R_{101}	303,5	9,6600	11,5956	9,7799	1,9356	1,8157	0,1199	6,1945
R_{102}	303,5	9,4520	11,4054	9,5736	1,9534	1,8318	0,1216	6,2250
R_{103}	303,5	9,3957	11,2331	9,5084	1,8374	1,7247	0,1127	6,1337

Tabela E.06: Resumo estatístico dos dados experimentais do planejamento de experimento do ácido Succínico em n-propanol

	S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Amostras	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
R_{1j}	5,9450	5,8656	6,0494	0,0944	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{2j}	6,0086	5,9423	6,1270	0,1028	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{3j}	6,2361	6,1898	6,3052	0,0610	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{4j}	6,3435	6,2834	6,4223	0,0713	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{5j}	6,0229	5,5171	6,2812	0,4380	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{6j}	6,2440	6,1997	6,2743	0,0393	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{7j}	6,3018	6,2130	6,3543	0,0773	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{8j}	5,8259	5,7290	5,8996	0,0876	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{9j}	6,4723	6,4229	6,4982	0,0428	303,5	303,5	303,5	0,0
R_{10j}	6,1844	6,1337	6,2250	0,0465	303,5	303,5	303,5	0,0

Tabela E.07: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido Succínico em n-propanol.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	162	265(4)	6,3435
-1,0000	-1,0000	78	95(2)	6,0086
1,4142	0,0000	180	180(5)	6,0229
-1,0000	1,0000	78	265(3)	6,2361
0,0000	1,4142	120	300(9)	6,4723
0,0000	0,0000	120	180(10)	6,1844
1,0000	-1,0000	162	95(8)	5,8259
-1,4142	0,0000	60	180(1)	5,9450
0,0000	-1,4142	120	60(6)	6,2440
0,0000	0,0000	120	180(7)	6,3018

Tabela E.08: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em n-Propanol.(R^2 = 0,8810).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
	6,2425	0,0736	84,8155	0,0000	6,0382	6,4469	6,2425	0,0736
(1)$\mathbf{t^{ag}}$(L)	0,0089	0,0732	0,1216	0,9091	-0,1944	0,2122	0,0045	0,0366
t^{ag}(Q)	-0,2874	0,0959	-2,9986	0,0400	-0,5536	-0,0213	-0,1437	0,0479
(2)$\mathbf{t^{d}}$(L)	0,2673	0,0737	3,6287	0,0222	0,0628	0,4718	0,1337	0,0368
t^{d}(Q)	0,0803	0,0978	0,8213	0,4576	-0,1913	0,3520	0,0402	0,0489
1L by 2L	0,1451	0,1041	1,3935	0,2359	-0,1440	0,4341	0,0725	0,0520

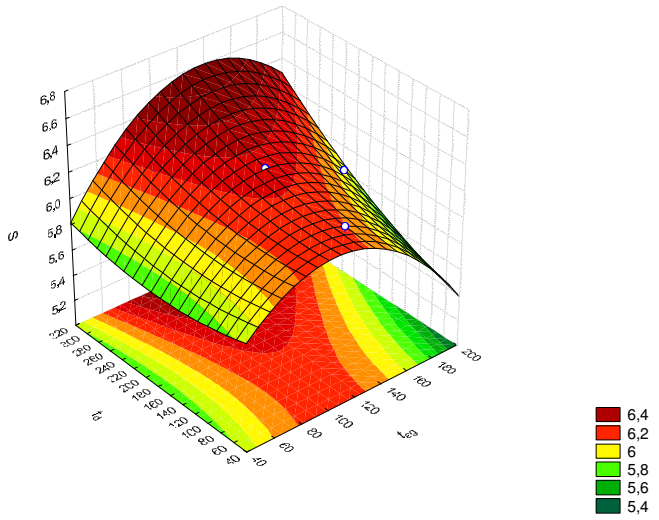

Figura E.03: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido Succínico em n-Propanol.

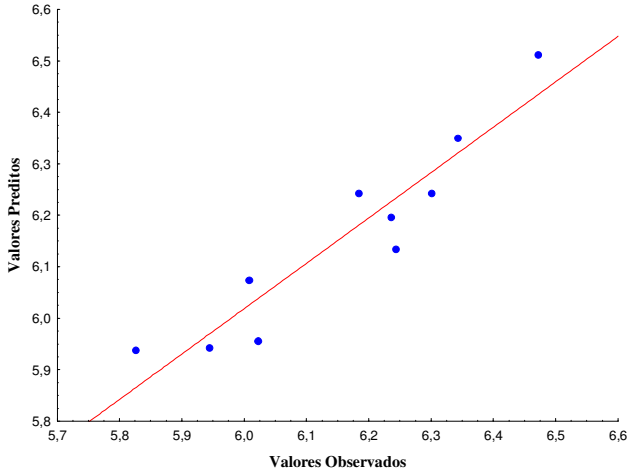

Figura E.04: Valor predito versus Valor observados para o ácido Succínico em n-propanol

Apêndice F. Planejamento de experimento do ácido Cítrico

Neste apêndice estão apresentados os resultados obtidos no planejamento de experimento realizado para o ácido cítrico.

F.1 – Planejamento de experimento do ácido Cítrico em água

Na Tabela F.01, encontram-se apresentados os resultados experimentais do acido cítrico em água. Conforme tabela, pode-se verificar que foram realizadas replicas dos pontos experimentais, além da previsto no planejamento de experimento, com o objetivo de confirmar a reprodutibilidade dos experimentos.

A primeira coluna da Tabela F.01, encontram-se simbolicamente representados os experimentos realizados de maneira geral por R_{ij} , onde o subscrito i representa o número do experimento definido pela matriz planejamento de experimento (Tabela 3.2), e j o número de amostragem do referido experimento.

Tabela F.01: Planejamento de experimento para o ácido cítrico anidro em água

Amostras	T_t (K)	m_r (g)	m_s (g)	m_{sec} (g)	m_{sol} (g)	m_p (g)	m_a (g)	S (g/100g)
R_{11}	303,8	9,6681	11,9132	11,0891	2,2451	0,8241	1,4210	63,2934
R_{12}	303,8	9,4977	12,4072	11,3415	2,9095	1,0657	1,8438	63,3717
R_{13}	303,8	9,5560	12,3974	11,3559	2,8414	1,0415	1,7999	63,3455
R_{21}	303,9	9,5783	12,8536	11,6813	3,2753	1,1723	2,1030	64,2079
R_{22}	303,9	9,6773	14,1666	12,5801	4,4893	1,5865	2,9028	64,6604
R_{23}	303,9	9,5154	13,7044	12,2142	4,1890	1,4902	2,6988	64,4259
R_{31}	303,8	9,4715	13,1283	11,8155	3,6568	1,3128	2,3440	64,0998
R_{32}	303,8	9,5727	12,6372	11,5400	3,0645	1,0972	1,9673	64,1964
R_{33}	303,8	9,4921	13,3324	11,9634	3,8403	1,3690	2,4713	64,3517
R_{41}	304,0	9,3454	12,9966	11,6914	3,6512	1,3052	2,3460	64,2528
R_{42}	304,0	9,4509	13,4257	12,0225	3,9748	1,4032	2,5716	64,6976
R_{43}	304,0	9,4066	13,7703	12,2306	4,3637	1,5397	2,8240	64,7157
R_{51}	303,9	9,7408	13,9121	12,4324	4,1713	1,4797	2,6916	64,5266
R_{52}	303,9	9,3525	13,0239	11,7273	3,6714	1,2966	2,3748	64,6838
R_{53}	303,9	9,4413	13,7265	12,2180	4,2852	1,5085	2,7767	64,7974
R_{61}	303,8	9,5035	14,4506	12,6972	4,9471	1,7534	3,1937	64,5570

Continua ...

Tabela F.01: Continuação

R_{62}	303,8	9,3116	14,1618	12,4519	4,8502	1,7099	3,1403	64,7458
R_{63}	303,8	9,4144	14,3792	12,6226	4,9648	1,7566	3,2082	64,6189
R_{71}	303,9	9,5358	14,5566	12,7989	5,0208	1,7577	3,2631	64,9916
R_{72}	303,9	9,5476	13,8465	12,3420	4,2989	1,5045	2,7944	65,0027
R_{73}	303,9	9,3826	12,2839	11,2250	2,9013	1,0589	1,8424	63,5026
R_{81}	304,0	9,4432	12,7611	11,6058	3,3179	1,1553	2,1626	65,1798
R_{82}	304,0	9,5212	13,0000	11,7866	3,4788	1,2134	2,2654	65,1202
R_{83}	304,0	9,4268	12,5202	11,4374	3,0934	1,0828	2,0106	64,9964
R_{91}	303,8	9,8350	13,9269	12,4831	4,0919	1,4438	2,6481	64,7157
R_{92}	303,8	9,8930	13,2560	12,0698	3,3630	1,1862	2,1768	64,7279
R_{93}	303,8	9,5683	12,9994	11,7884	3,4311	1,2110	2,2201	64,7052
R_{101}	303,9	9,7847	12,4023	11,4964	2,6176	0,9059	1,7117	65,3920
R_{102}	303,9	9,9250	12,4934	11,5969	2,5684	0,8965	1,6719	65,0950
R_{103}	303,9	9,5304	12,1761	11,2545	2,6457	0,9216	1,7241	65,1661
RR_{11}	304,0	9,7690	12,4736	11,5232	2,7046	0,9504	1,7542	64,8599
RR_{12}	304,0	9,9682	12,6167	11,6872	2,6485	0,9295	1,7190	64,9047
RR_{13}	304,0	9,5687	12,3014	11,3396	2,7327	0,9618	1,7709	64,8040
RR_{21}	304,0	9,6574	11,9030	11,1194	2,2456	0,7836	1,4620	65,1051
RR_{22}	304,0	9,4497	12,1318	11,2082	2,6821	0,9236	1,7585	65,5643
RR_{23}	304,0	9,4580	12,3641	11,3595	2,9061	1,0046	1,9015	65,4313

Tabela F.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
64,0965	63,2934	64,9047	0,8332	303,9	303,8	304,0	0,1
64,8992	64,2079	65,5643	0,5526	304,0	303,9	304,0	0,1
64,2160	64,0998	64,3517	0,1271	303,8	303,8	303,8	0,0
64,5554	64,2528	64,7157	0,2622	304,0	304,0	304,0	0,0
64,6693	64,5266	64,7974	0,1360	303,9	303,9	303,9	0,0
64,6406	64,5570	64,7458	0,0962	303,8	303,8	303,8	0,0
64,4990	63,5026	65,0027	0,8629	303,9	303,9	303,9	0,0
65,0988	64,9964	65,1798	0,0936	304,0	304,0	304,0	0,0
64,7163	64,7052	64,7279	0,0114	303,8	303,8	303,8	0,0
65,2177	65,0950	65,3920	0,1551	303,9	303,9	303,9	0,0

A Tabela F.02 apresenta o resumo estatístico dos dados experimentais que estão elencados na Tabela F.01, bem como o respectivo desvio padrão.

Na Tabela F.03, estão representados as variáveis codificadas agitação (A) e decantação (B); os valores experimentais de agitação (t_{ag}) e de decantação (t_d) utilizados como parâmetros na execução dos experimentos. A numeração entre parênteses na coluna t_d está representando número do experimento elencado na Tabela F.01, ou seja, está representando o subscrito i da simbologia $R_{ij.}$

Tabela F.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido cítrico em água.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	162	265(2)	64,8992
-1,0000	-1,0000	78	95(3)	64,2160
1,4142	0,0000	**180**	**180(10)**	**65,2177**
-1,0000	1,0000	78	265(5)	64,6693
0,0000	1,4142	120	300(7)	64,4990
0,0000	0,0000	120	180(6)	64,6406
1,0000	-1,0000	162	95(8)	65,0988
-1,4142	0,0000	60	180(1)	64,0965
0,0000	-1,4142	120	60(4)	64,5554
0,0000	0,0000	120	180(9)	64,7163

Tabela F.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em água.(R^2 = 0,9314).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
	64,6795	0,0978	661,3192	0,0000	64,4080	64,9511	64,6795	0,0978
(1)$\mathbf{t^{ag}}$(L)	0,6717	0,0973	6,9030	0,0023	0,4016	0,9419	0,3359	0,0487
t^{ag}(Q)	0,0403	0,1274	0,3167	0,7673	-0,3133	0,3940	0,0202	0,0637
(2)$\mathbf{t^{d}}$(L)	0,0436	0,0979	0,4453	0,6791	-0,2282	0,3154	0,0218	0,0489
t^{d}(Q)	-0,0875	0,1300	-0,6732	0,5377	-0,4485	0,2734	-0,0438	0,0650
1L by 2L	-0,3265	0,1383	-2,3601	0,0777	-0,7105	0,0576	-0,1632	0,0692

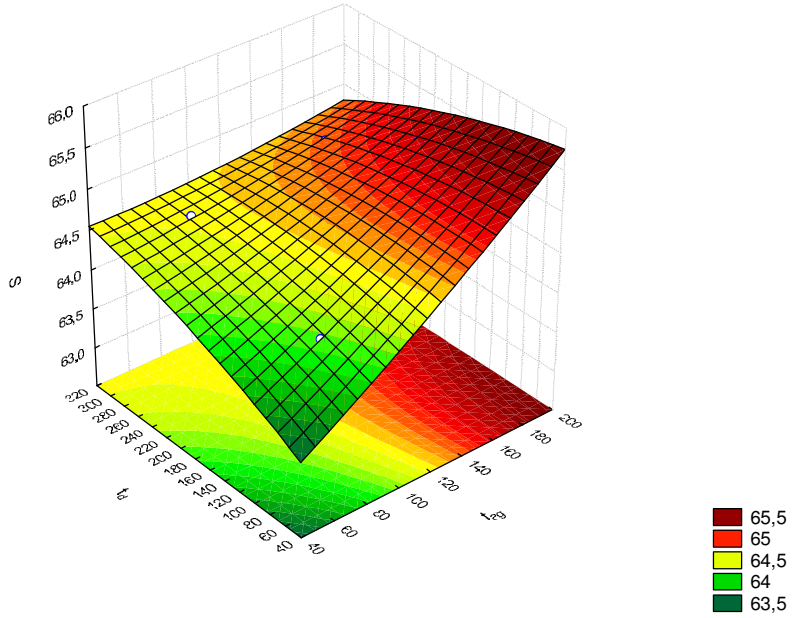

Figura F.01: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido cítrico em Água.

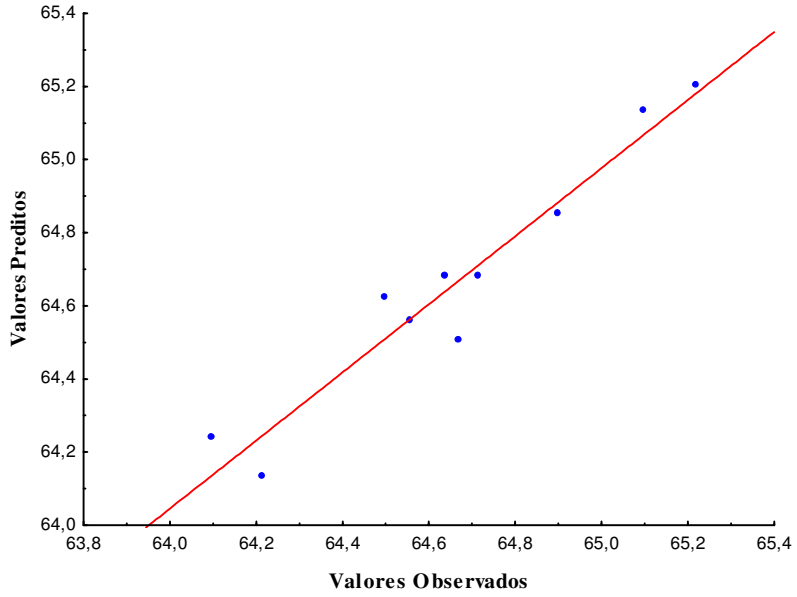

Figura F.02: Valores preditos versus valores observados do planejamento de experimentos do ácido cítrico em água.

F.2 – Planejamento de experimento do ácido cítrico em n-propanol

Na Tabela F.05, encontram-se apresentados os resultados experimentais do acido cítrico em água. Conforme tabela, pode-se verificar que foram realizadas replicas dos pontos experimentais, além da previsto no planejamento de experimento, com o objetivo de confirmar a reprodutibilidade dos experimentos.

A primeira coluna da Tabela F.01, encontram-se simbolicamente representados os experimentos realizados de maneira geral por R_{ij} , onde o subscrito i representa o número do experimento definido pela matriz planejamento de experimento (Tabela 3.2), e j o número de amostragem do referido experimento.

Tabela F.05: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
29,8041	26,2673	35,6977	5,1380	303,8	303,8	303,8	0,0
40,2279	39,8076	40,9741	0,6479	303,5	303,5	303,5	0,0
41,8908	40,2811	45,0809	2,7627	303,8	303,8	303,8	0,0
43,3259	42,9233	43,6891	0,3844	303,8	303,8	303,8	0,0
36,3457	35,4239	37,2675	1,3036	303,9	303,9	303,9	0,0
44,2043	41,5056	46,1690	2,4168	303,8	303,8	303,8	0,0
56,8200	54,6874	59,7466	2,6214	303,8	303,8	303,8	0,0
50,2756	48,2490	52,9486	2,4156	303,9	303,9	303,9	0,0
55,2998	54,9575	55,7512	0,4080	303,9	303,9	303,9	0,0
45,2614	44,1454	46,3524	1,1037	303,8	303,8	303,8	0,0

Tabela F.06: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido cítrico em n-propanol.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,0000	1,0000	162	265(1)	29,8041
-1,0000	-1,0000	78	95(2)	40,2279
1,4142	0,0000	180	180(3)	41,8908
-1,0000	1,0000	78	265(4)	43,3259
0,0000	1,4142	120	300(9)	55,2998
0,0000	0,0000	120	180(5)	36,3457
1,0000	-1,0000	162	95(6)	44,2043
-1,4142	0,0000	**60**	**180(7)**	**56,8200**
0,0000	-1,4142	120	60(10)	45,2614
0,0000	0,0000	120	180(8)	50,2756

Tabela F.07: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em água.(R^2 = 0,3261).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
	43,2242	7,1744	6,0248	0,0038	23,3050	63,1434	43,2242	7,1744
(1)$\mathbf{t}^{ag}$(L)	-7,6402	7,1383	-1,0703	0,3448	-27,4593	12,1788	-3,8201	3,5691
t^{ag}(Q)	0,9839	9,3438	0,1053	0,9212	-24,9587	26,9265	0,4919	4,6719
(2)$\mathbf{t}^{d}$(L)	0,7187	7,1808	0,1001	0,9251	-19,2185	20,6558	0,3593	3,5904
t^{d}(Q)	1,8126	9,5363	0,1901	0,8585	-24,6644	28,2897	0,9063	4,7682
1L by 2L	-8,7491	10,1464	-0,8623	0,4372	-36,9201	19,4219	-4,3746	5,0732

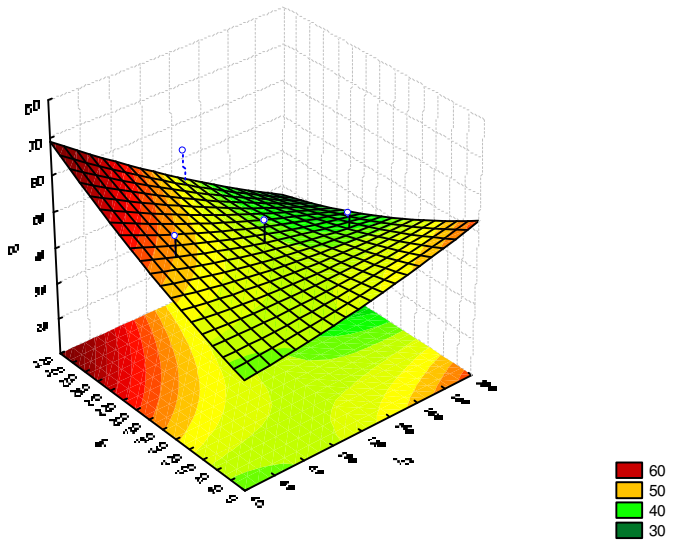

Figura F.03: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido cítrico em n-Propanol.

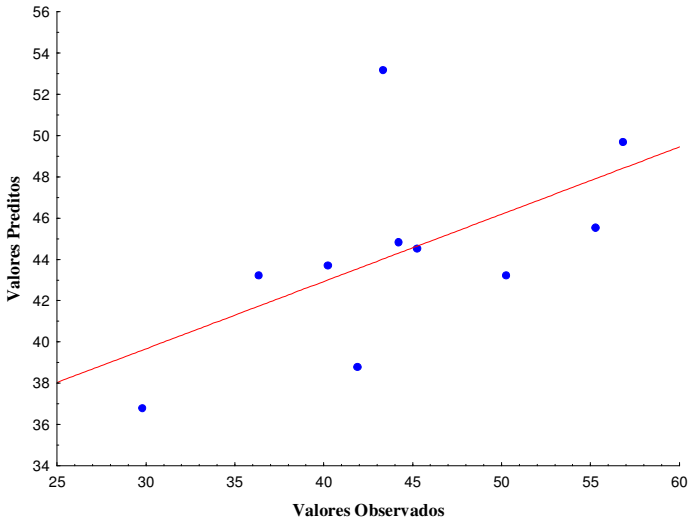

Figura F.04: Valores preditos versus valores observados do planejamento de experimentos do ácido cítrico em n-propanol.

Apêndice G. Planejamento de experimento do ácido Salicílico

Neste apêndice estão apresentados os resultados obtidos no planejamento de experimento realizado para o ácido salicílico.

Na Tabela G.01, encontram-se apresentados os resultados experimentais do acido salicílico em n-propanol. Conforme tabela, pode-se verificar que foi realizada uma replica primeiro ponto experimental, além da previsto no planejamento de experimento, com o objetivo de confirmar a reprodutibilidade dos experimentos.

A primeira coluna da Tabela G.01, encontram-se simbolicamente representados os experimentos realizados de maneira geral por R_{ij} , onde o subscrito i representa o número do experimento definido pela matriz planejamento de experimento (Tabela 3.2), e j o número de amostragem do referido experimento.

G.2 – Planejamento de experimento do ácido Salicílico em n-propanol

Tabela G.01: Planejamento de experimento para o ácido salicílico em n-propanol

Amostras	T_t (K)	m_r (g)	m_s (g)	m_{sec} (g)	m_{sol} (g)	m_p (g)	m_a (g)	S (g/100g)
R_{11}	303,4	9,9402	12,9833	10,8485	3,0431	2,1348	0,9083	29,8479
R_{12}	303,4	9,7213	12,4877	10,5463	2,7664	1,9414	0,8250	29,8222
R_{13}	303,4	9,4785	12,4797	10,3771	3,0012	2,1026	0,8986	29,9414
R_{21}	303,5	9,4336	12,2289	10,2648	2,7953	1,9641	0,8312	29,7356
R_{22}	303,5	9,4943	11,8614	10,1984	2,3671	1,6630	0,7041	29,7453
R_{23}	303,5	9,5355	11,9420	10,2478	2,4065	1,6942	0,7123	29,5990
R_{31}	303,4	9,8622	12,8692	10,7601	3,0070	2,1091	0,8979	29,8603
R_{32}	303,4	9,4934	12,5353	10,3998	3,0419	2,1355	0,9064	29,7972
R_{33}	303,4	9,8322	13,0350	10,7897	3,2028	2,2453	0,9575	29,8957
R_{41}	303,4	9,6652	12,2947	10,4487	2,6295	1,8460	0,7835	29,7965
R_{42}	303,4	9,4138	12,0945	10,2141	2,6807	1,8804	0,8003	29,8541
R_{43}	303,4	9,3779	12,3854	10,2781	3,0075	2,1073	0,9002	29,9318
R_{51}	303,5	9,6421	12,2879	10,4300	2,6458	1,8579	0,7879	29,7793
R_{52}	303,5	9,8973	12,7614	10,7518	2,8641	2,0096	0,8545	29,8349
R_{53}	303,5	9,8098	12,6684	10,6590	2,8586	2,0094	0,8492	29,7068

Continua ....

Tabela G.01: Continuação

R_{61}	303,6	10,0401	12,8618	10,8869	2,8217	1,9749	0,8468	30,0103
R_{62}	303,6	9,7871	12,2120	10,5147	2,4249	1,6973	0,7276	30,0054
R_{63}	303,6	9,9033	12,9098	10,8059	3,0065	2,1039	0,9026	30,0216
R_{71}	303,5	9,6000	12,4882	10,4562	2,8882	2,0320	0,8562	29,6448
R_{72}	303,5	9,8071	12,5928	10,6339	2,7857	1,9589	0,8268	29,6802
R_{73}	303,5	9,5157	12,3303	10,3515	2,8146	1,9788	0,8358	29,6952
R_{81}	303,6	9,4435	11,4186	10,0361	1,9751	1,3825	0,5926	30,0035
R_{82}	303,6	9,4334	12,7216	10,4151	3,2882	2,3065	0,9817	29,8552
R_{83}	303,6	9,3126	10,8119	9,7547	1,4993	1,0572	0,4421	29,4871
R_{91}	303,4	9,7051	12,6906	10,5844	2,9855	2,1062	0,8793	29,4524
R_{92}	303,4	9,7044	12,4547	10,5188	2,7503	1,9359	0,8144	29,6113
R_{93}	303,4	9,7743	12,1931	10,4897	2,4188	1,7034	0,7154	29,5766
R_{101}	303,4	9,5425	11,0789	9,9963	1,5364	1,0826	0,4538	29,5366
R_{102}	303,4	9,3969	11,9352	10,1516	2,5383	1,7836	0,7547	29,7325
R_{103}	303,4	9,4605	12,0663	10,2350	2,6058	1,8313	0,7745	29,7222
RR_{11}	303,5	9,5244	12,1378	10,3062	2,6134	1,8316	0,7818	29,9151
RR_{12}	303,5	9,4929	11,8776	10,2051	2,3847	1,6725	0,7122	29,8654
RR_{13}	303,5	9,4314	11,9516	10,1868	2,5202	1,7648	0,7554	29,9738

A Tabela G.02 apresenta o resumo estatístico dos dados experimentais que estão elencados na Tabela G.01, bem como o respectivo desvio padrão.

Tabela G.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido Salicílico em n-propanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
29,8943	29,8222	29,9738	0,0586	303,4	303,4	303,5	0,1
29,6933	29,5990	29,7453	0,0818	303,5	303,5	303,5	0,0
29,8511	29,7972	29,8957	0,0499	303,4	303,4	303,4	0,0
29,8608	29,7965	29,9318	0,0679	303,4	303,4	303,4	0,0
29,7737	29,7068	29,8349	0,0642	303,5	303,5	303,5	0,0
30,0124	30,0054	30,0216	0,0083	303,6	303,6	303,6	0,0
29,6734	29,6448	29,6952	0,0259	303,5	303,5	303,5	0,0
29,7820	29,4871	30,0035	0,2659	303,6	303,6	303,6	0,0
29,5468	29,4524	29,6113	0,0836	303,4	303,4	303,4	0,0
29,6637	29,5366	29,7325	0,1103	303,4	303,4	303,4	0,0

Na Tabela G.03, estão representados as variáveis codificadas agitação (A) e decantação (B); os valores experimentais de agitação (t_{ag}) e de decantação (t_d) utilizados como parâmetros na execução dos experimentos. A numeração entre parênteses na coluna t_d está representando número do experimento elencado na tabela G.01, ou seja, está representando o subscrito i da simbologia $R_{ij.}$

Tabela G.03: Matriz planejamento versus resposta, para o ácido Salicílico em n-propanol.

Variáveis Codificadas		Variáveis Experimentais		Respostas
A	D	t_{ag} (min.)	t_d (min.)	S (g/100g de solução)
1,00000	1,00000	162	265(8)	29,7820
-1,00000	-1,00000	78	95(2)	29,6933
1,41421	0,00000	180	180(3)	29,8511
-1,00000	1,00000	78	265(7)	29,6734
0,00000	1,41421	120	300(9)	29,5468
0,00000	0,00000	120	180(1)	29,8943
1,00000	-1,00000	162	95(6)	30,0124
-1,41421	0,00000	60	180(5)	29,7737
0,00000	-1,41421	120	60(4)	29,8608
0,00000	0,00000	120	180(10)	29,6637

Tabela G.04: Análise estatística dos efeitos para o ácido Succínico em n-Propanol.(R^2 = 0,7216).

	Efeitos	σ	t(4)	p	-95,%	+95,%	Coef.	σ
	29,7790	0,0758	392,6659	0,0000	29,5684	29,9896	29,7790	0,0758
(1)$\mathbf{t^{ag}}$(L)	0,1343	0,0758	1,7707	0,1513	-0,0763	0,3449	0,0671	0,0379
t^{ag}(Q)	0,0495	0,1003	0,4933	0,6477	-0,2291	0,3280	0,0247	0,0502
(2)$\mathbf{t^{d}}$(L)	-0,1736	0,0758	-2,2890	0,0840	-0,3842	0,0370	-0,0868	0,0379
t^{d}(Q)	-0,0591	0,1003	-0,5892	0,5874	-0,3377	0,2194	-0,0296	0,0502
1L by 2L	-0,1053	0,1073	-0,9813	0,3820	-0,4030	0,1925	-0,0526	0,0536

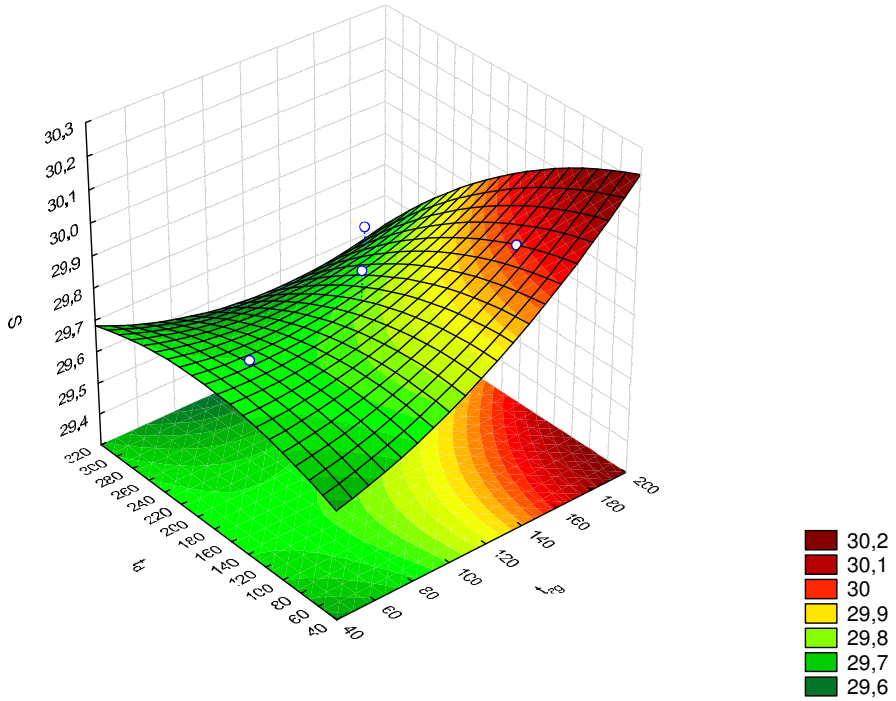

Figura G.01: Superfície de resposta do planejamento de experimento para o ácido Salicílico em n-Propanol.

.

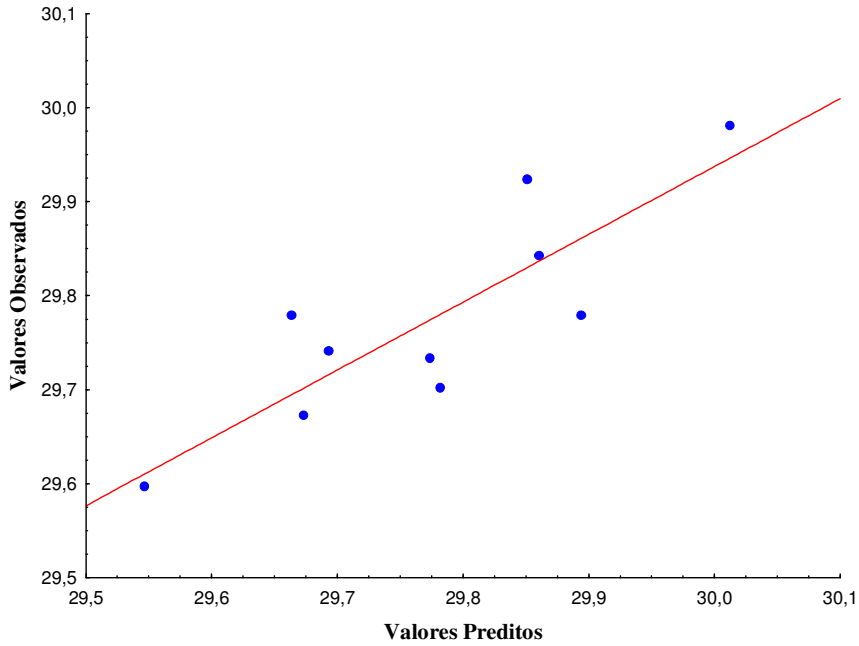

Figura G.02: Valores preditos versus valores observados.

APÊNDICE H. Dados experimentais na secagem do ácido bórico em solventes puros e em misturas de solventes.

H.1. Dados experimentais de secagem do ácido bórico em n-propanol.

Tabela H.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido bórico e etanol em diversas temperaturas.

A	T(K)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	294,3	80,6536						
A_{12}	294,4	45,8587						
A_{13}	294,4	55,4401						
A_{21}	303,6	71,8439						
A_{22}	303,5	39,6361						
A_{23}	303,6	43,7015						
A_{31}	313,1	61,6022						
A_{32}	313,1	44,4482						
A_{33}	313,0	52,0748						
A_{41}	323,1	94,6427						
A_{42}	323,1	46,4215						
A_{43}	323,0	39,2223						
A_{51}	333,2	43,5830						
A_{52}	333,2	52,1836						
A_{53}	333,2	82,5477						
RA_{21}	303,7	9,7350	9,7350	9,7350	9,7350			
RA_{22}	303,6	9,5855	9,5903	9,5902	9,5896	9,5855		
RA_{23}	303,7	9,5362	9,5413	9,5417	9,5401	9,5362		
RA_{11}	293,9	9,6658	9,6721	9,6659	9,6658			
RA_{12}	293,9	9,6600	9,6673	9,6601	9,6600			
RA_{13}	293,9	9,6570	9,6638	9,6570	9,6570			
RA_{31}	313,5	9,8722	9,8740	9,8722	9,8748	9,8726		
RA_{32}	313,5	9,8674	9,8698	9,8674	9,8681	9,8677		
RA_{33}	313,5	9,6027	9,6056	9,6027	9,609	9,6058		
RA_{41}	322,9	9,6831	9,685	9,6831	9,688	9,6846		
RA_{42}	322,9	9,7620	9,7649	9,762	9,7695	9,7644		
RA_{43}	323,0	9,7587	9,7607	9,7587	9,7645	9,7598		

Continua...

Tabela H.01: Continuação

RA_{51}	332,6	9,7440	9,7754	9,7499	9,7485	9,7440		
RA_{52}	332,5	9,7285	9,7552	9,7313	9,7318	9,7285		
RA_{53}	323,6	9,7311	9,7402	9,7359	9,7311	9,7367	9,7346	9,7341
RA_{51}	329,6	9,7526	9,7526	9,7534	9,7542			
RA_{52}	329,6	9,6975	9,6975	9,7003	9,7022			
RA_{53}	329,6	9,5729	9,5729	9,5759	9,5778			
RA_{31}	313,5	9,7803	9,7803	9,7837	9,7852			
RA_{32}	313,5	9,7246	9,7246	9,7264	9,7285			
RA_{33}	313,5	9,7934	9,7934	9,8011	9,8067			
RA_{21}	304,9	9,7443	9,7443	9,7452	9,7476			
RA_{22}	304,9	9,8029	9,8029	9,8034	9,8082			
RA_{23}	304,9	9,6770	9,677	9,6783	9,6817			
RA_{11}	292,6	9,7619	9,7691	9,7619	9,7620			
RA_{12}	292,6	9,7691	9,7691	9,7728	9,7731			
RA_{13}	292,6	9,8044	9,8044	9,8065	9,8096			

H.2. Dados experimentais de secagem do ácido bórico em misturas de solventes.

H.2.1. Dados experimentais de secagem do ácido bórico em misturas de etanol e água.

Tabela H.02: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	10,0784	10,0543	10,0525	10,0581	10,0520	10,0507	10,0529	10,0562
A_{12}	0,2052	10,0160	9,7777	9,7675	9,7725	9,7667	9,7647	9,7681	9,7711
A_{13}	0,2052	9,8644	9,8396	9,8359	9,8422	9,8352	9,8359	9,8386	9,8406
A_{21}	0,4026	9,4232	9,4030	9,3894	9,3956	9,3898	9,3860	9,3870	9,3889
A_{22}	0,4026	9,8694	9,8475	9,8436	9,8484	9,8430	9,8418	9,8454	9,8484
A_{23}	0,4026	9,4959	9,4775	9,4687	9,4729	9,4686	9,4643	9,4689	9,4712
A_{31}	0,6042	9,6472	9,6184	9,6151	9,6293	9,6338			
A_{32}	0,6042	9,9379	9,9213	9,9190	9,9259	9,9290			
A_{33}	0,6042	9,7493	9,7276	9,7243	9,7375	9,7405			
A_{41}	0,7958	9,4919	9,4763	9,4730	9,4765	9,4799			
A_{42}	0,7958	10,0033	9,9888	9,9866	9,9908	9,9927			
A_{43}	0,7958	9,4609	9,4478	9,4452	9,4503	9,4532			

Tabela H.03: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	9,5187	9,4893	9,4794	9,4835	9,4864
A_{12}	0,2052	9,5905	9,5635	9,5559	9,5596	9,5607
A_{13}	0,2052	9,5901	9,5600	9,5548	9,5583	9,5604
A_{21}	0,4026	9,4922	9,4603	9,4458	9,4509	9,4543
A_{22}	0,4026	9,7495	9,7248	9,6961	9,7023	9,7057
A_{23}	0,4026	9,6999	9,6739	9,6552	9,6620	9,6636
A_{31}	0,6042	9,8473	9,8261	9,8248	9,8373	9,8408
A_{32}	0,6042	9,7404	9,7162	9,7118	9,7247	9,7280
A_{33}	0,6042	9,6686	9,6491	9,6605	9,6626	
A_{41}	0,7958	9,6273	9,6131	9,6114	9,6177	9,6208
A_{42}	0,7958	9,5963	9,5825	9,5795	9,5861	9,5891
A_{43}	0,7958	9,5189	9,5160	9,5115	9,5168	9,5210

Tabela H.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	10,4327	9,9362	9,8909	9,9023	9,9051
A_{12}	0,2052	10,1106	9,6527	9,6068	9,6163	9,6183
A_{13}	0,2052	10,7133	9,8171	9,7837	9,8071	9,8119
A_{21}	0,4026	9,5450	9,5140	9,4945	9,4984	9,5007
A_{22}	0,4026	9,5804	9,5830	9,5638	9,5645	
A_{23}	0,4026	9,9749	9,9478	9,9157	9,9174	9,9194
A_{31}	0,6042	9,5568	9,5317	9,5269	9,5439	9,5457
A_{32}	0,6042	9,4500	9,4343	9,4321	9,4431	9,4453
A_{33}	0,6042	9,4980	9,4752	9,4895	9,4916	
A_{41}	0,7958	9,5116	9,4918	9,4965	9,4980	
A_{42}	0,7958	9,6813	9,6664	9,6630	9,6692	9,6718
A_{43}	0,7958	9,4992	9,4740	9,4615	9,4689	9,4738

Tabela H.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	9,7088	9,5822	9,6635
A_{12}	0,2052	9,6405	9,5944	
A_{13}	0,2052	9,6252	9,5637	9,5761
A_{21}	0,4026	9,6978	9,6578	9,6579
A_{22}	0,4026	9,7117	9,6762	9,6891
A_{23}	0,4026	9,9422	9,9207	9,9244
A_{31}	0,6042	9,3475	9,3459	9,3725
A_{32}	0,6042	9,5406	9,5340	9,5624
A_{33}	0,6042	9,5044	9,5017	9,5142
A_{41}	0,7958	9,5061	9,5145	
A_{42}	0,7958	9,4747	9,4692	9,4830
A_{43}	0,7958	9,4926	9,4900	9,4954
RA_{11}	0,2052	9,6432	9,5923	9,6029
RA_{12}	0,2052	9,6029	9,5932	9,5978
RA_{13}	0,2052	9,6370	9,6190	9,6230

Tabela H.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	10,2075	10,1595	10,1547	10,3103	10,1280	10,1426	10,1466
A_{12}	0,2052	9,7714	9,7410	9,7469	9,7391	9,7352	9,7463	9,7492
A_{13}	0,2052	9,8160	9,7711	9,7702	9,7576	9,7525	9,7743	9,7791
A_{21}	0,4026	10,2799	10,2363	10,2409	10,2361	10,2323	10,2419	10,2467
A_{22}	0,4026	10,0970	10,0680	10,0746	10,0667	10,0647	10,0666	10,0702
A_{23}	0,4026	9,8240	9,7646	9,7663	9,7603	9,7586	9,7913	9,7963
A_{31}	0,6042	9,7523	9,7363	9,7695	9,7731			
A_{32}	0,6042	9,8354	9,8288	9,8512	9,8574			
A_{33}	0,6042	9,5673	9,5674	9,5941	9,5968			
A_{41}	0,7958	9,5596	9,5543	9,5708	9,5738			
A_{42}	0,7958	9,9358	9,9294	9,9512	9,9568			
A_{43}	0,7958	10,0999	10,0940	10,0117	10,1160			
RA_{21}	0,4026	9,8652	9,8253	9,8313	9,8246	9,8229	9,8264	9,8305
RA_{22}	0,4026	10,1489	10,0914	10,0856	10,0728	10,0690	10,0753	10,0792
RA_{23}	0,4026	9,6636	9,6313	9,6353	9,6295	9,6259	9,6325	9,6382

Tabela H.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	9,7745	9,7800	9,7801	9,7833	
A_{12}	0,2052	9,6105	9,6135	9,6129	9,6156	
A_{13}	0,2052	9,6048	9,6078	9,6067	9,6103	
A_{21}	0,5996	9,6149	9,6141	9,6153	9,6169	9,6128
A_{22}	0,5996	9,4379	9,4376	9,4376	9,4399	9,4347
A_{23}	0,5996	9,7121	9,7115	9,7106	9,7132	9,7082
A_{31}	0,7974	9,6203	9,6202	9,6193	9,6227	9,6145
A_{32}	0,7974	10,0356	10,0352	10,0342	10,0375	10,0298
A_{33}	0,7974	9,7179	9,7179	9,7181	9,7207	9,7150

Tabela H.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	10,0957	10,0997	10,0993	10,1027	10,0941
A_{12}	0,2052	9,4236	9,4275	9,4281	9,4306	9,4223
A_{13}	0,2052	9,9397	9,9434	9,9431	9,9467	9,9359
A_{21}	0,5996	9,6432	9,6436	9,6427	9,645	9,6407
A_{22}	0,5996	9,8974	9,8975	9,8966	9,9002	9,8932
A_{23}	0,5996	10,0027	10,0026	10,002	10,0059	9,9989
A_{31}	0,7974	9,7012	9,6818	9,6804	9,6838	9,6729
A_{32}	0,7974	9,5416	9,537	9,5376	9,5404	9,5401
A_{33}	0,7974	9,7116	9,6445	9,6416	9,6459	9,6327

Tabela H.09: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2052	9,8596	9,8642	9,8642	9,8669	9,8581
A_{12}	0,2052	9,9194	9,926	9,9266	9,9301	9,925
A_{13}	0,2052	9,6894	9,693	9,6926	9,6974	9,6838
A_{21}	0,5996	9,8681	9,8658	9,8652	9,8694	9,8606

Continua...

Tabela H.09: Continuação

A_{22}	0,5996	9,874	9,8636	9,8628	9,8672	9,8573
A_{23}	0,5996	9,9324	9,9184	9,9175	9,9223	9,9109
A_{31}	0,7974	9,6269	9,6006	9,6006	9,6042	9,5946
A_{32}	0,7974	9,4498	9,4418	9,4407	9,4420	9,4350
A_{33}	0,7974	9,7549	9,7408	9,7396	9,7424	9,7353

Tabela H.10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,4026	9,5628	9,5749	9,5762	9,5811	9,5573
A_{12}	0,4026	9,9137	9,9243	9,9275	9,9314	9,9131
A_{13}	0,4026	9,6207	9,6838	9,6876	9,6913	9,6741
A_{21}	0,5996	9,4506	9,4339	9,4322	9,4365	9,4278
A_{22}	0,5996	9,6206	9,6118	9,6121	9,6158	9,6063
A_{23}	0,5996	9,7205	9,7043	9,7049	9,7100	9,6959
A_{31}	0,7974	9,5545	9,5419	9,5408	9,5448	9,5341
A_{32}	0,7974	10,1898	10,1525	10,1520	10,1575	10,1434
A_{33}	0,7974	9,8088	9,7863	9,7860	9,7895	9,7804

Tabela H.11: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido bórico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,4026	10,7830	10,0837	10,0820	10,0866	10,0697	10,0697
A_{12}	0,4026	9,9147	9,9192	9,9188	9,9218	9,9073	9,9073
A_{13}	0,4026	9,5517	9,5595	9,5659	9,5681	9,5429	9,5429
A_{21}	0,5996	10,2541	10,1538	10,1518	10,1578	10,1287	10,1287
A_{22}	0,5996	9,8177	9,6995	9,6970			
A_{23}	0,5996	9,5710	9,5388	9,5382	9,5428	9,5442	9,5442
A_{31}	0,7974	9,5946	9,5767	9,5760	9,5797	9,5705	9,5705
A_{32}	0,7974	10,0842	10,0309	10,0314	10,0355	10,0253	10,0253
A_{33}	0,7974	9,6560	9,5871	9,5892	9,5937	9,5806	9,5806
RA_{11}	0,4026	9,5082	9,5176	9,5176	9,5203	9,5090	9,5090
RA_{12}	0,4026	9,3480	9,3539	9,3524	9,3552	9,3561	9,3561
RA_{13}	0,4026	9,5844	9,5984	9,5980	9,6008	9,5737	9,5737

APÊNDICE I. Dados experimentais na secagem do ácido dl-málico em solventes puros e em misturas de solventes.

I.1. Dados experimentais de secagem do ácido dl-málico em solventes puros.

I.1.1. Dados experimentais de secagem do ácido dl-málico em água.

Tabela I.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido dl-málico e água em diversas temperaturas.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,0851	11,078	11,0809	11,0714	10,9229	10,9221	10,9151	10,9114
A_{12}	10,1109	10,1075	10,111	10,1042	9,9873	9,987	9,9844	9,9844
A_{13}	10,0455	10,0437	10,0468	10,0412	9,9237	9,9236	9,9218	9,9217
A_{21}	11,0605	11,0542	10,923	10,9147	10,9104	10,9096	10,9086	10,9055
A_{22}	11,3807	11,3803	11,2607	11,2498	11,2399	11,2351	11,2248	11,2171
A_{23}	10,52	10,5218	10,4136	10,4069	10,4036	10,4034	10,4029	10,4015
A_{31}	11,4235	11,3949	11,3864	11,3878	11,2916	11,2744	11,2678	11,265
A_{32}	11,3537	11,3194	11,3115	11,3136	11,1931	11,1794	11,1721	11,1714
A_{33}	10,5059	10,4802	10,4767	10,481	10,3454	10,3401	10,3375	10,3374
A_{41}	11,712	11,6776	11,6376	11,6239	11,6201	11,5508	11,5369	11,5298
A_{42}	12,1603	12,0965	12,0356	12,0127	12,0094	11,9373	11,9229	11,9151
A_{43}	11,1955	11,1761	11,1526	11,1436	11,1424	11,0664	11,0528	11,0481
A_{51}	12,5768	12,279	12,2409	12,1647	12,1489	12,1328	12,025	11,9968
A_{52}	10,9383	10,8666	10,8494	10,8094	10,804	10,8023	10,6494	10,6402
A_{53}	11,7264	11,5236	11,4977	11,4446	11,4323	11,4256	11,2869	11,2738
RA_{41}	9,9244	9,926	9,9187	9,8246	9,8238	9,8211	9,8216	9,8221
RA_{42}	10,6834	10,6847	10,6739	10,5789	10,5782	10,5744	10,5745	10,5744
RA_{43}	10,7408	10,7425	10,7332	10,6579	10,6571	10,6531	10,6534	10,6529
RA_{51}	10,3681	10,3687	10,3591	10,2715	10,2701	10,2636	10,2641	10,2655
RA_{52}	10,3794	10,3664	10,3502	10,2754	10,2736	10,2659	10,2663	10,2657
RA_{53}	10,48	10,4682	10,4504	10,3477	10,3457	10,3375	10,338	10,3368

Tabela I.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido dl-málico e água em diversas temperaturas. **Continuação**

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,903	10,8931	10,8842	10,8792	10,8475	10,844	10,8439		
A_{12}	9,9845	9,9837	9,9812	9,9814	9,9589	9,9579	9,959		
A_{13}	9,9218	9,9213	9,92	9,9203	9,8999	9,8995	9,901		
A_{21}	10,8986	10,8931	10,8473	10,8426	10,8428				
A_{22}	11,2072	11,2013	11,162	11,1559	11,1563				
A_{23}	10,397	10,3942	10,3641	10,3612	10,3614				
A_{31}	11,2571	11,2454	11,2359	11,2316	11,206	11,2011	11,2005		
A_{32}	11,1688	11,1638	11,1576	11,1538	11,1111	11,1067	11,1061		
A_{33}	10,3372	10,3354	10,3322	10,3298	10,2976	10,2959	10,2961		
A_{41}	11,5291	11,5249	11,5182	11,5117	11,506	11,4635	11,4585	11,4576	
A_{42}	11,8425	11,9135	11,9085	11,9033	11,9013	11,8535	11,8513	11,8515	
A_{43}	11,0472	11,0439	11,0384	11,0335	11,0314	11,0071	11,0043	11,0044	
A_{51}	11,9876	11,985	11,9773	11,9664	11,9577	11,9534	11,9283	11,9241	11,9234
A_{52}	10,6337	10,6329	10,6311	10,6277	10,6241	10,6269	10,5953	10,5954	10,5963
A_{53}	11,2672	11,2671	11,2653	11,2622	11,258	11,2602	11,2349	11,2343	11,2344
RA_{41}	9,8211	9,8194	9,8213	9,8028	9,8032	9,8038			
RA_{42}	10,5721	10,5702	10,571	10,5406	10,5389	10,5391			
RA_{43}	10,6527	10,6487	10,6495	10,6138	10,6125	10,6123			
RA_{51}	10,2639	10,2616	10,2653	10,2287	10,231	10,2314			
RA_{52}	10,2628	10,2597	10,262	10,2264	10,2281	10,2286			
RA_{53}	10,3341	10,331	10,3334	10,2965	10,2983	10,2989			

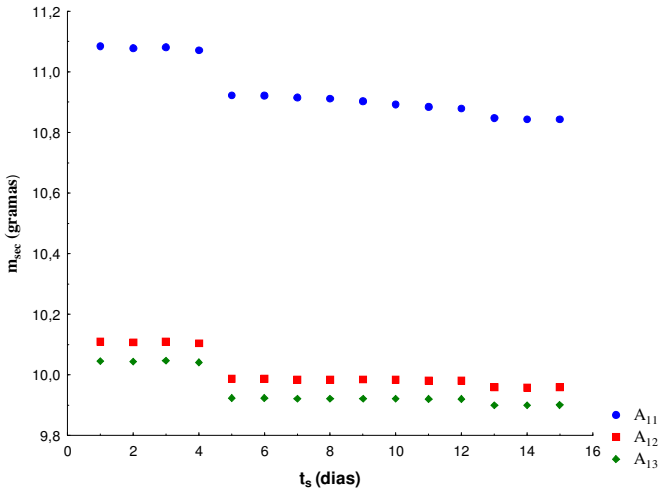

Figura I.01: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em água (294,3 K).

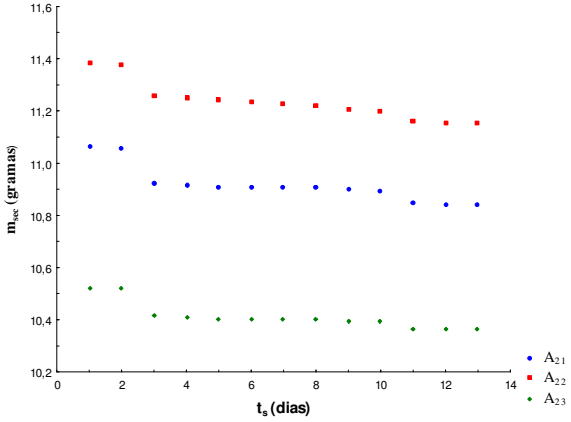

Figura I.02: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em água (303,5 K).

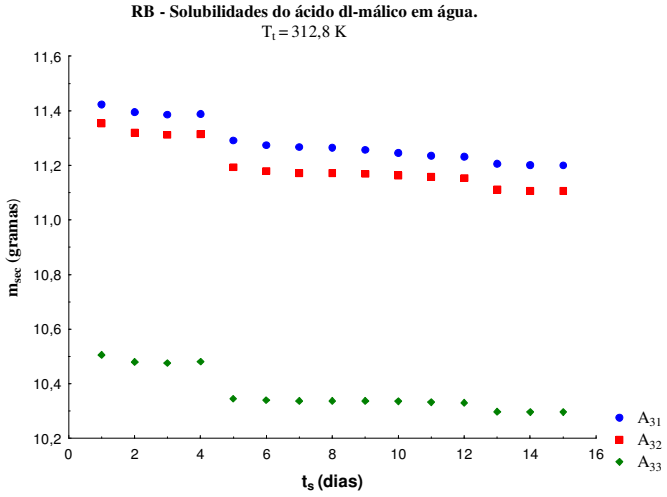

Figura I.03: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em água (312,8 K).

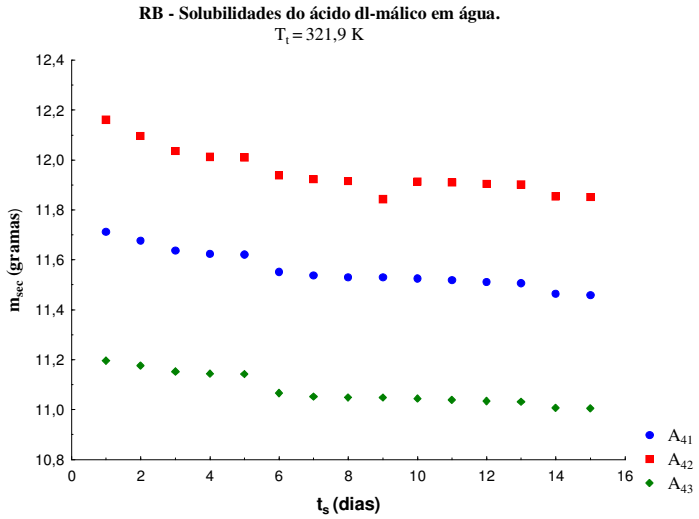

Figura I.04: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em água (321,9 K).

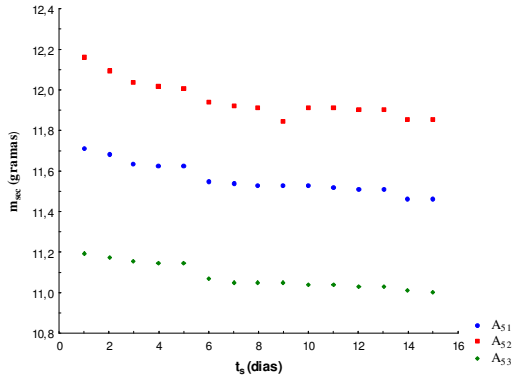

Figura I.05: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em água (331,2 K).

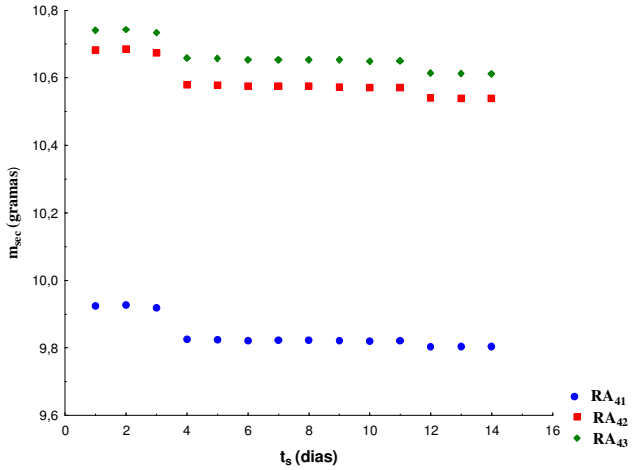

Figura I.06: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em água (322,0 K)

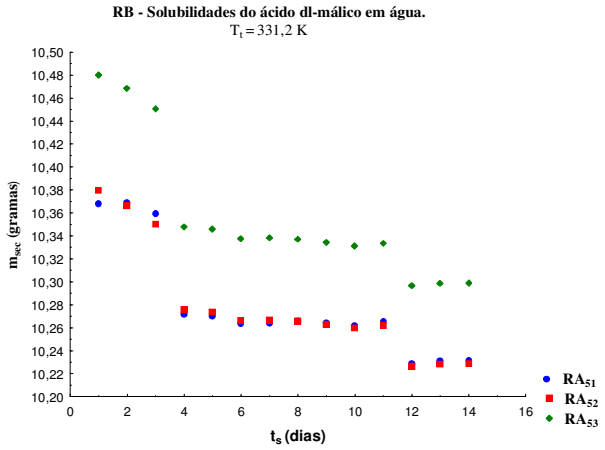

Figura I.07: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em água (331,3 K)

Tabela I.02: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido dl-málico e etanol em diversas temperaturas.

A	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sec}	m_{sec}	m_{sec}	m_{sec}
A_{11}	283,2	9,3543	10,2107	9,9288	9,9184	9,9165	9,9039	9,8969
A_{12}	283,4	9,4124	10,5837	10,2092	10,1936	10,1911	10,1749	10,1656
A_{13}	283,4	9,4838	10,5610	10,2425	10,2301	10,2286	10,2128	10,2032
A_{21}	283,4	9,3825	10,6796	10,2268	10,2258	10,2057	10,1105	10,1023
A_{22}	283,3	9,5147	10,3070	10,0929	10,0931	10,0772	9,9321	9,9276
A_{23}	283,5	9,5367	10,6024	10,2812	10,2816	10,2634	10,1235	10,1162
A_{31}	283,0	9,3417	9,9065	9,7783	9,7532	9,7575	9,7479	9,6496
A_{32}	283,5	9,3968	10,3240	10,3011	10,2570	10,2474	10,2464	10,1383
A_{33}	283,6	9,4446	10,9195	10,4991	10,4143	10,4035	10,4020	10,2949
A_{41}	283,4	9,4707	10,5605	10,1713	10,1399	10,1105	10,1035	10,1047
A_{42}	283,6	9,4561	10,0476	10,4593	10,4162	10,3787	10,3672	10,3677
A_{43}	283,4	9,4143	10,8163	10,2246	10,1901	10,1524	10,1424	10,1435
A_{51}	283,2	9,3635	10,3559	10,1200	10,0249	10,0074	9,9863	9,9810
A_{52}	283,5	9,6089	10,7674	10,4527	10,3360	10,3135	10,2877	10,2810
A_{53}	283,4	9,3638	10,9489	10,4232	10,2280	10,1991	10,1667	10,1571
RA_{41}	283,3	9,3834	10,3121	10,0713	10,0698	10,0535	9,9495	9,9418
RA_{42}	283,4	9,3716	10,4665	10,1690	10,1667	10,1486	10,0517	10,0427
RA_{43}	283,3	9,3780	10,3535	10,0686	10,0663	10,0498	9,9762	9,9680
RA_{51}	283,5	9,4617	10,5174	10,3621	10,3576	10,3286	10,2029	10,1919
RA_{52}	283,7	9,4184	10,7361	10,4682	10,4612	10,4308	10,3485	10,3348
RA_{53}	283,7	9,4039	10,7747	10,5404	10,5338	10,5001	10,3665	10,3532

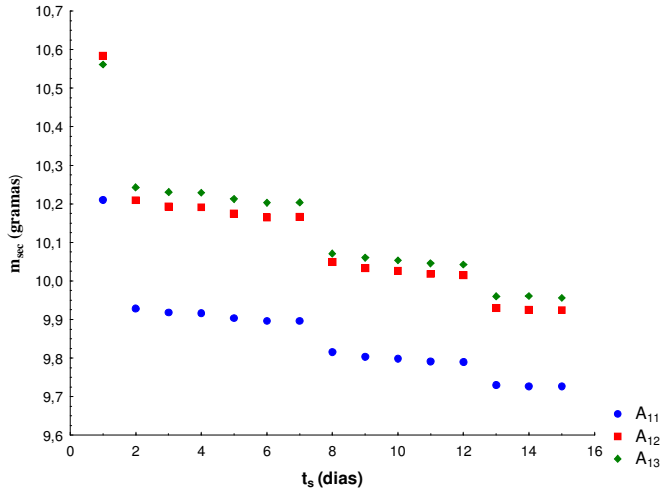

Figura I.08: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (283,4 K)

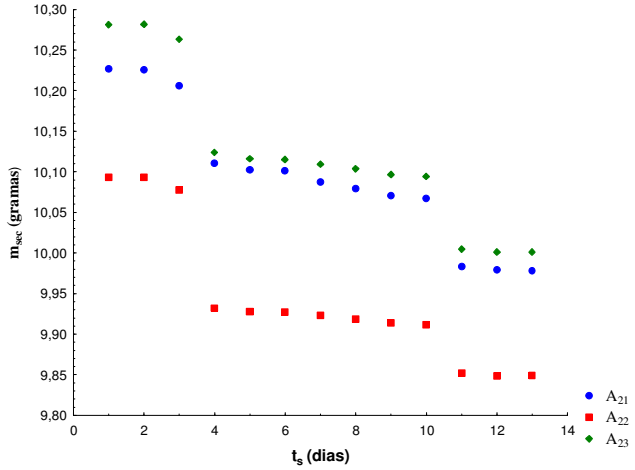

Figura I.09: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (303,2 K)

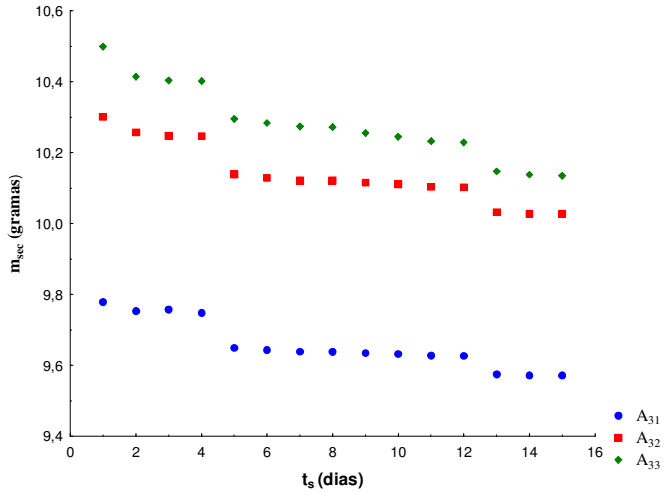

Figura I.10: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (312,8K)

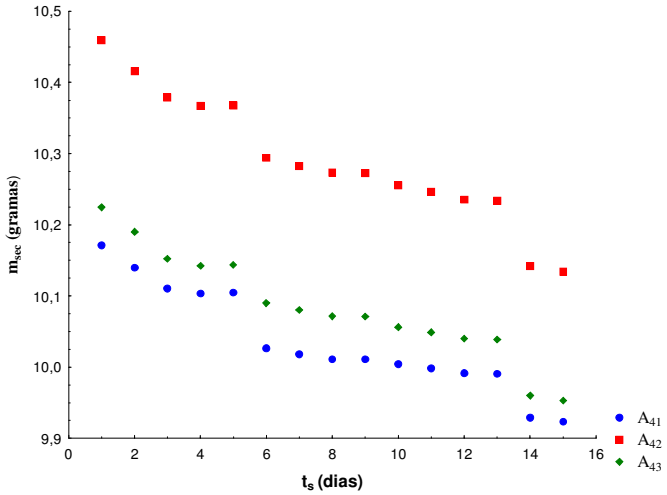

Figura I.11: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (322,8 K)

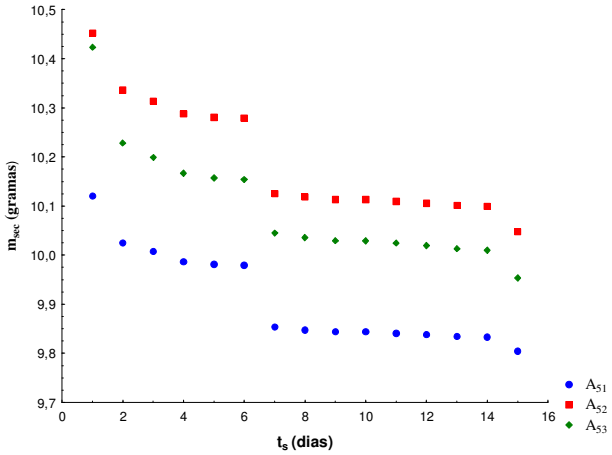

Figura I.12: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (332,6 K)

I.1.3. Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em n-propanol.

Tabela I.03: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido dl-málico e n-propanol em diversas temperaturas.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,8399	9,8363	9,8354	9,8233	9,7283	9,7239	9,7255	9,6127
A_{12}	9,7693	9,7661	9,7661	9,7550	9,6397	9,6360	9,6374	9,7414
A_{13}	9,8208	9,8169	9,8158	9,8052	9,7354	9,7313	9,7327	9,7254
A_{21}	9,7123	9,7135	9,7089	9,7015	9,6988	9,6969	9,6587	9,6584
A_{22}	9,9920	9,9945	9,9819	9,8172	9,8145	9,8158	9,8130	9,8077

Continua...

Tabela I.03: Continuação

A_{23}	9,7535	9,7554	9,7441	9,5920	9,5885	9,5901	9,5848	9,5781
A_{31}	9,8868	9,8673	9,8625	9,8629	9,7688	9,7614	9,7587	9,7596
A_{32}	9,9456	9,9187	9,9099	9,9112	9,7489	9,7407	9,7367	9,7384
A_{33}	10,4504	10,3604	10,3414	10,3460	9,8658	9,8596	9,8570	9,8581
A_{41}	9,9385	9,9253	9,9078	9,9048	9,9064	9,7794	9,7727	9,7698
A_{42}	10,0639	10,0441	10,0204	10,0170	10,0174	9,9086	9,8989	9,8953
A_{43}	10,1467	10,1151	10,0786	10,0735	10,0716	10,0137	10,0003	9,9928
A_{51}	10,7632	10,1855	10,1550	10,1269	10,1191	10,1163	10,0201	10,0113
A_{52}	10,6678	10,1378	10,1162	10,0953	10,0892	10,0866	9,9280	9,9213
A_{53}	10,4291	9,8896	9,8785	9,8471	9,8418	9,8396	9,7287	9,7217
RA_{41}	10,1087	10,0885	9,8972	9,8352				
RA_{42}	9,8196	9,8084	9,7500	9,6913				
RA_{43}	9,8791	9,8653	9,8028	9,7226				

Tabela I.03: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,7138	9,7112	9,7105	9,6883	9,6886	9,6876			
A_{12}	9,6276	9,6250	9,6245	9,6047	9,6047	9,6051			
A_{13}	9,7184	9,7146	9,7140	9,6940	9,6939	9,6936			
A_{21}	9,6586	9,6969	9,6587	9,6584	9,6586				
A_{22}	9,8056	9,8029	9,7702	9,7704	9,7704				
A_{23}	9,5750	9,5751	9,5413	9,5408	9,5406				
A_{31}	9,7572	9,7526	9,7506	9,7499	9,7178	9,7177	9,7186		
A_{32}	9,7328	9,7253	9,7226	9,7215	9,6828	9,6830	9,6836		
A_{33}	9,8561	9,8515	9,8495	9,8495	9,8247	9,8251	9,8258		
A_{41}	9,7715	9,7689	9,7644	9,7616	9,7608	9,7328	9,7325	9,7331	
A_{42}	9,8971	9,8908	9,8841	9,8789	9,8776	9,8323	9,8319	9,8323	
A_{43}	9,9935	9,9834	9,9749	9,9655	9,9643	9,8982	9,8977	9,8971	
A_{51}	10,0038	10,0050	9,9978	9,9891	9,9826	9,9797	9,9017	9,8987	9,8981
A_{52}	9,9168	9,9182	9,9136	9,9072	9,9027	9,9016	9,8425	9,8414	9,8412
A_{53}	9,6172	9,7178	9,7132	9,7069	9,7019	9,7007	9,6522	9,6510	9,6508

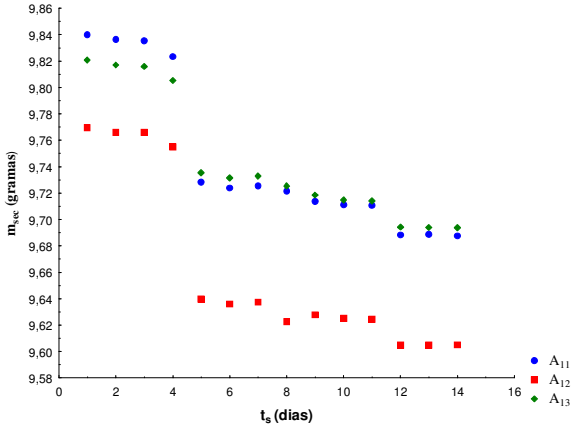

Figura I.13: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (294,0 K)

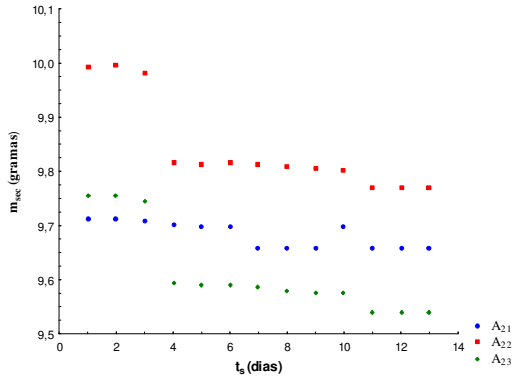

Figura I.14: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (303,2 K)

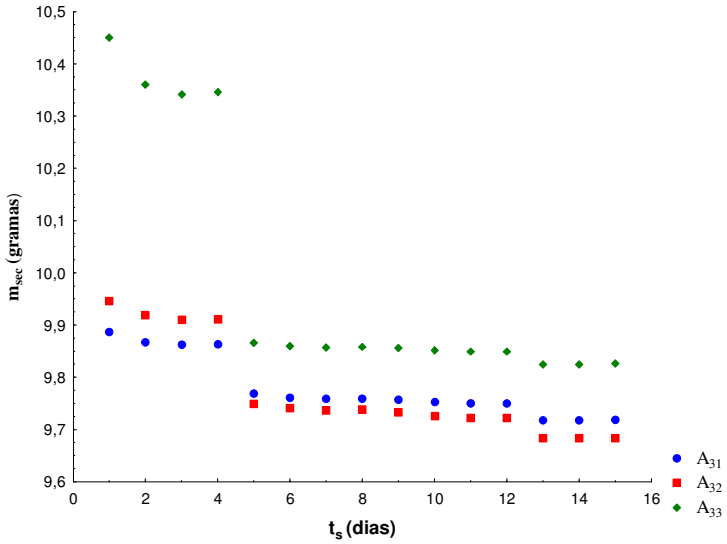

Figura I.15: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (312,8 K)

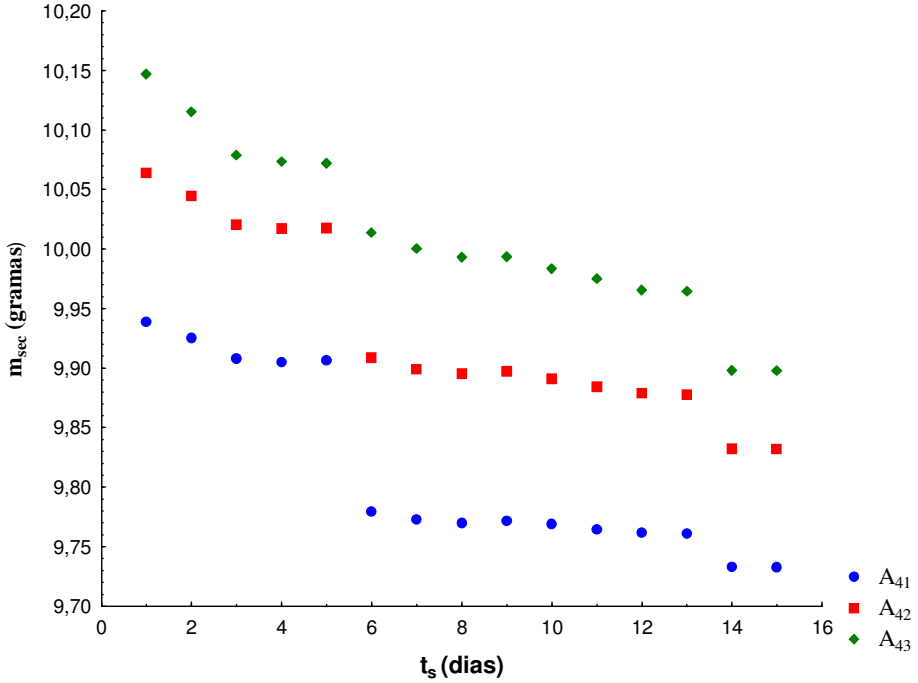

Figura I.16: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (322,7 K)

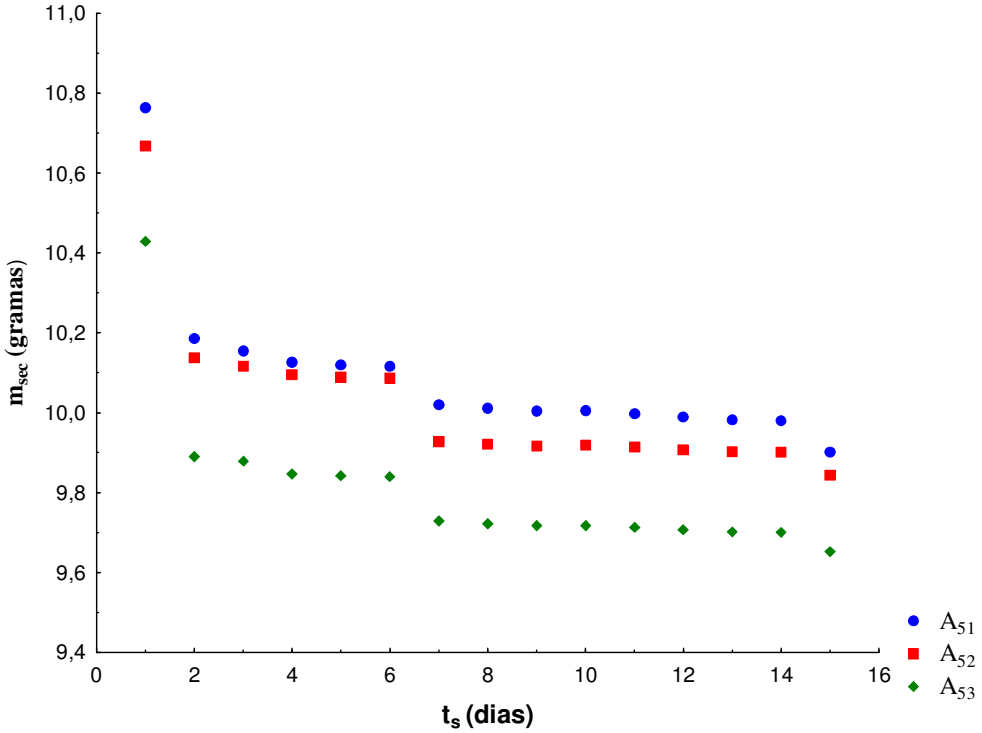

Figura I.17: RB - Solubilidades do ácido dl-málico em etanol (331,5 K)

I.2. Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em mistura de solventes.

I.2.1 Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água.

Tabela I.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2024	10,4741	10,4740	10,4760	10,4855	10,4578	10,4555
A_{12}	0,2024	10,5555	10,5549	10,5568	10,5660	10,5363	10,5342
A_{13}	0,2024	10,8869	10,8871	10,8892	10,8928	10,8645	10,8620
A_{21}	0,3986	10,7248	10,7247	10,7256	10,7256	10,6977	10,6951
A_{22}	0,3986	10,5044	10,5044	10,5053	10,5026	10,4770	10,4742
A_{23}	0,3986	10,4704	10,4706	10,4719	10,4721	10,4451	10,4423
A_{31}	0,6065	10,3235	10,3238	10,3239	10,3101	10,2902	10,2873
A_{32}	0,6065	10,7348	10,7354	10,7354	10,7242	10,7047	10,7025
A_{33}	0,6065	10,3444	10,3448	10,3450	10,3308	10,3067	10,3046
A_{41}	0,8028	10,5949	10,5946	10,5954	10,5757	10,5543	10,5525
A_{42}	0,8028	9,7477	9,7478	9,7484	9,7379	9,7252	9,7241
A_{43}	0,8028	10,2489	10,2487	10,2494	10,2309	10,2112	10,2094

Tabela I.04: Continuação.

m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
10,4484	10,4411	10,4305	10,4227	10,4024	10,3873	10,3887	10,3905
10,5279	10,5207	10,5110	10,5033	10,4885	10,4737	10,4740	10,4752
10,8543	10,8463	10,8358	10,8278	10,8094	10,7925	10,7924	10,7939
10,6870	10,6795	10,6632	10,6521	10,6342	10,6201	10,6205	10,6218
10,4654	10,4584	10,4435	10,4332	10,4147	10,4010	10,4013	10,4022
10,4373	10,4280	10,4114	10,4034	10,3866	10,3761	10,3770	10,3785
10,2808	10,2719	10,2576	10,2508	10,2394	10,2296	10,2310	10,2312
10,6975	10,6889	10,6761	10,6705	10,6597	10,6508	10,6514	10,6524
10,2963	10,2875	10,2716	10,2638	10,2516	10,2419	10,2422	10,2430
10,5483	10,5381	10,5252	10,5172	10,5040	10,4958	10,4963	10,4966
9,7238	9,7164	9,7093	9,5058	9,6997	9,6955	9,6962	9,6967
10,2053	10,1958	10,1841	10,1770	10,1649	10,1572	10,1576	10,1579

Tabela I.04: Continuação.

m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
10,3884	10,3888	10,3893	10,3904	10,3894	10,3909	10,3842	10,3763
10,4729	10,4725	10,4725	10,4738	10,4724	10,4741	10,4672	10,4597
10,7912	10,7907	10,7908	10,7921	10,7903	10,7924	10,7843	10,7760
10,6199	10,6188	10,6195	10,6212	10,6188	10,6198	10,6138	10,6056
10,4001	10,3988	10,3999	10,4010	10,3987	10,3997	10,3931	10,3850
10,3766	10,3761	10,3773	10,3787	10,3761	10,3777	10,3721	10,3649
10,2291	10,2289	10,2292	10,2303	10,2289	10,2307	10,2254	10,2205
10,6508	10,6507	10,6504	10,6519	10,6504	10,6522	10,6468	10,6421
10,2417	10,2407	10,2411	10,2421	10,2411	10,2428	10,2378	10,2339
10,4955	10,4945	10,4953	10,4964	10,4952	10,4969	10,4923	10,4888
9,6958	9,6953	9,6961	9,6970	9,6962	9,6978	9,6942	9,6920
10,1568	10,1561	10,1571	10,1577	10,1569	10,1588	10,1541	10,1511

Tabela I.04: Continuação.

m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
10,3707	10,3604	10,3562	10,3408	10,3272	10,3226	10,3195	10,3228
10,4585	10,4431	10,4363	10,4249	10,4112	10,4050	10,4016	10,4048
10,7763	10,7604	10,7528	10,7372	10,7214	10,7147	10,7111	10,7149
10,5948	10,5870	10,5805	10,5668	10,5547	10,5474	10,5446	10,5483
10,3766	10,3653	10,3592	10,3444	10,3317	10,3243	10,3213	10,3252
10,3588	10,3528	10,3488	10,3347	10,3246	10,3195	10,3170	10,3208
10,2137	10,2061	10,2007	10,8194	10,1791	10,1725	10,1698	10,1727
10,6347	10,6274	10,6227	10,6108	10,6020	10,5965	10,5940	10,5967
10,2246	10,2172	10,2112	10,2015	10,1909	10,1836	10,1807	10,1833
10,4795	10,4736	10,4696	10,4604	10,4531	10,4467	10,4450	10,4470
9,6868	9,6844	9,6831	9,6743	9,6699	9,6666	9,6659	9,6677
10,1419	10,1357	10,2324	10,1239	10,1174	10,1116	10,1101	10,1119

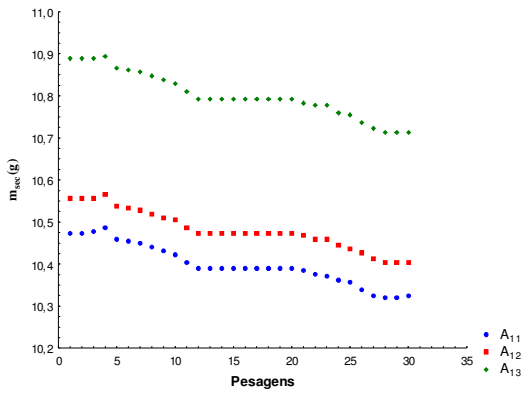

Figura I.18: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,2024) à *set-point* de temperatura de 20 ºC

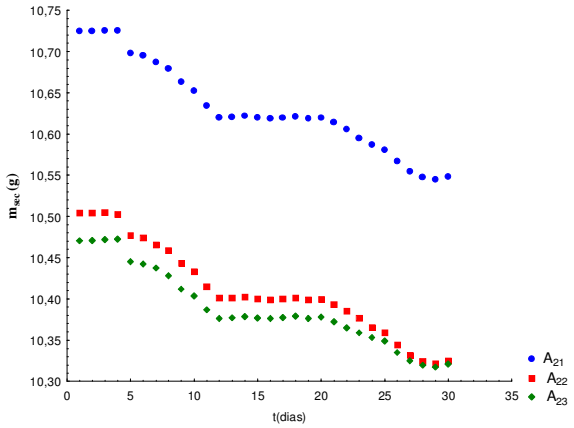

Figura I.19: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,3986) à *set-point* de temperatura de 20 ºC.

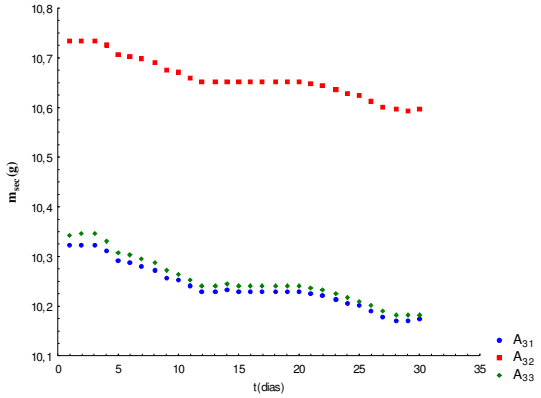

Figura I.120: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,6065) à *set-point* de temperatura de 20 ºC.

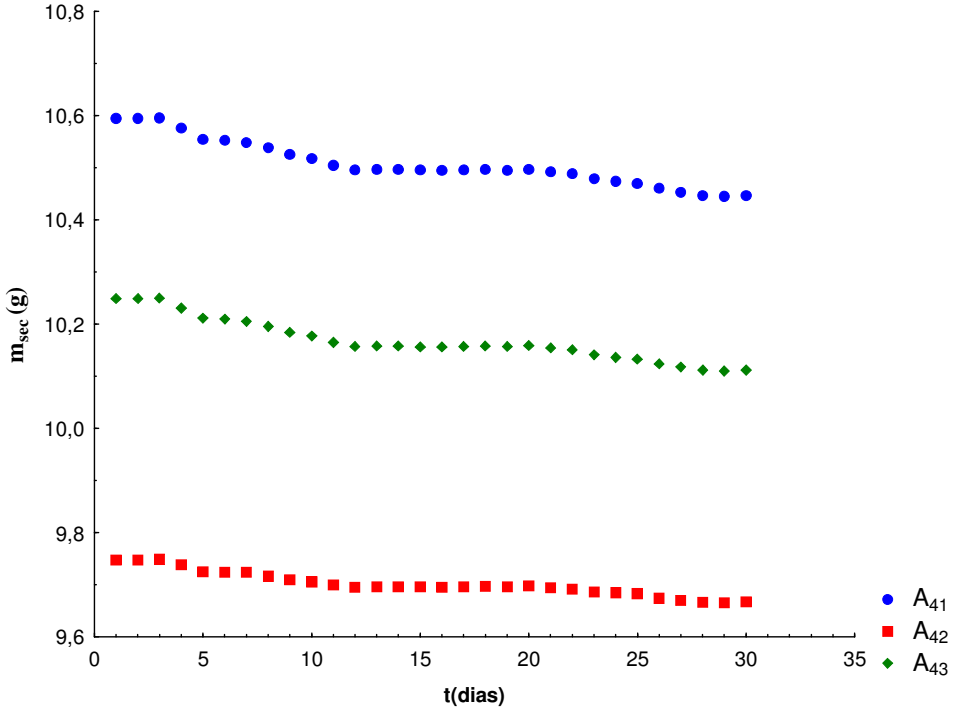

Figura I.21: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,8028) à *set-point* de temperatura de 20 ºC.

Tabela I.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2024	12,7229	11,2889	11,2896	11,2894	11,3110	11,2802	11,2794
A_{12}	0,2024	13,4236	11,6398	11,6402	11,6399	11,6599	11,6308	11,6297
A_{13}	0,2024	13,7034	11,9446	11,9449	11,9445	11,9652	11,9320	11,9301
A_{21}	0,3986	13,3705	11,5697	11,5683	11,5692	11,5558	11,5304	11,5247
A_{22}	0,3986	13,5984	11,6752	11,6740	11,6748	11,6562	11,6308	11,6255
A_{23}	0,3986	13,0236	11,4174	11,4166	11,4172	11,4079	11,3862	11,3802
A_{31}	0,6065	11,9745	10,5969	10,5961	10,5973	10,5816	10,5593	10,5536
A_{32}	0,6065	12,5079	10,9292	10,9283	10,9297	10,9120	10,8856	10,8802
A_{33}	0,6065	12,7034	11,0643	11,0631	11,0646	11,0433	11,0146	11,0089
A_{41}	0,8028	11,4253	10,2775	10,2770	10,2785	10,2648	10,2385	10,2374
A_{42}	0,8028	11,7635	10,4313	10,4303	10,4322	10,4186	10,3861	10,3854
A_{43}	0,8028	12,0348	10,7831	10,7826	10,7838	10,7709	10,7427	10,7417

Tabela I.05: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,2721	11,2618	11,2504	11,2420	11,2261	11,2127	11,2111	11,2108
A_{12}	11,6215	11,6110	11,5982	11,5888	11,5705	11,5543	11,5521	11,5512
A_{13}	11,9217	11,9089	11,8865	11,8684	11,8311	11,7988	11,7984	11,7986
A_{21}	10,5184	10,5067	11,4782	11,4669	11,4372	11,4214	11,4207	11,4180
A_{22}	11,6201	11,6090	11,5811	11,5709	11,5394	11,5218	11,5212	11,1585
A_{23}	11,3746	11,3638	11,3362	11,3271	11,2992	11,2843	11,2838	11,2813
A_{31}	10,5484	10,5381	10,5140	10,5058	10,4820	10,4704	10,4708	10,4691
A_{32}	10,8751	10,8643	10,8373	10,8280	10,8020	10,7896	10,7896	10,7876
A_{33}	11,0041	10,9928	10,9651	10,9552	10,9263	10,9121	10,9122	10,9102
A_{41}	10,2345	10,2229	10,2099	10,2010	10,1892	10,1814	10,1810	10,1812
A_{42}	10,3839	10,3701	10,3565	10,3482	10,3351	10,3264	10,3265	10,3272
A_{43}	10,7376	10,7262	10,7127	10,7036	10,6912	10,6825	10,6824	10,6829

Tabela I.05: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,2098	11,2073	11,2076	11,2081	11,2068	11,2078	11,2007	11,1958
A_{12}	11,5501	11,5469	11,5471	11,5475	11,5456	11,5465	11,5365	11,5304
A_{13}	11,7973	11,7946	11,7954	11,7974	11,7945	11,7955	11,7817	11,7707
A_{21}	11,4174	11,4158	11,4161	11,4162	11,4143	11,4147	11,4090	11,4015
A_{22}	11,5178	11,5163	11,5164	11,5165	11,5147	11,5153	11,5094	11,5022
A_{23}	11,2809	11,2795	11,2798	11,2799	11,2782	11,2786	11,2733	11,2665
A_{31}	10,4689	10,4679	10,4680	10,4683	10,4672	10,4680	10,4632	10,4578
A_{32}	10,7874	10,7864	10,7865	10,7869	10,7856	10,7862	10,7808	10,7742
A_{33}	10,9095	10,9084	10,9087	10,9093	10,9078	10,9084	10,9030	10,8964
A_{41}	10,1810	10,1799	10,1801	10,1815	10,1809	10,1810	10,1772	10,1736
A_{42}	10,3264	10,3252	10,3256	10,3272	10,3266	10,3269	10,3224	10,3180
A_{43}	10,6819	10,6810	10,6810	10,6824	10,6818	10,6820	10,6781	10,6741

Tabela I.05: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,1757	11,1652	11,1535	11,1419	11,1380	11,1401	11,1913	11,1843
A_{12}	11,5069	11,4960	11,4826	11,4686	11,4635	11,4656	11,5226	11,5166
A_{13}	11,7488	11,7293	11,7086	11,6914	11,6869	11,6921	11,7634	11,7626
A_{21}	11,3816	11,3697	11,3570	11,3449	11,3411	11,3427	11,3956	11,3885
A_{22}	11,4819	11,4718	11,4570	11,4411	11,4363	11,4381	11,4962	11,4901
A_{23}	11,2496	11,2387	11,2257	11,2108	11,2064	11,2098	11,2605	11,2540
A_{31}	10,4393	10,4313	10,4218	10,4114	10,4091	10,4108	10,4505	10,4446
A_{32}	10,7500	10,7407	10,7289	10,7168	10,7138	10,7158	10,7620	10,7549
A_{33}	10,8752	10,8657	10,8544	10,8429	10,8394	10,8414	10,8845	10,8792
A_{41}	10,1552	10,1482	10,1417	10,1357	10,1335	10,1352	10,1655	10,1591
A_{42}	10,3020	10,2908	10,2822	10,2745	10,2722	10,2747	10,3129	10,3066
A_{43}	10,6530	10,6456	10,6389	10,6323	10,6300	10,6321	10,6644	10,6579

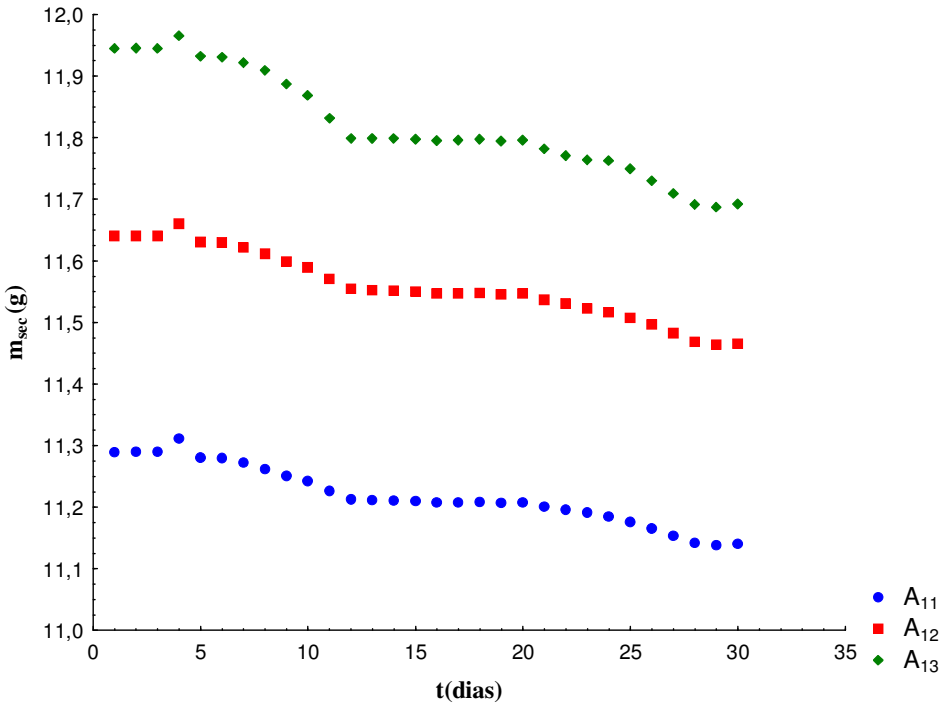

Figura I.21: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,20235) à *set-point* de temperatura de 30 ºC.

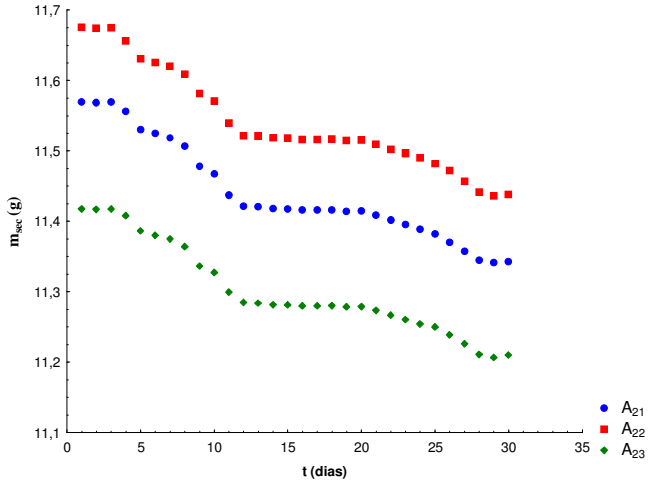

Figura I.22: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,39855) à *set-point* de temperatura de 30 ºC

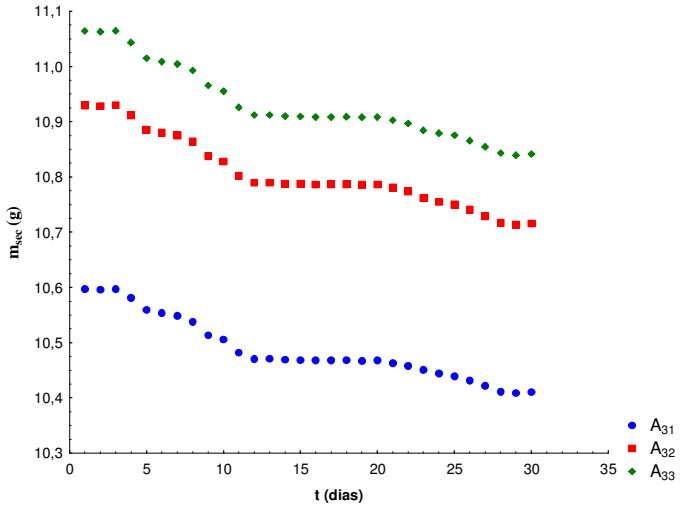

Figura I.23: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,6065) à *set-point* de temperatura de 30 ºC.

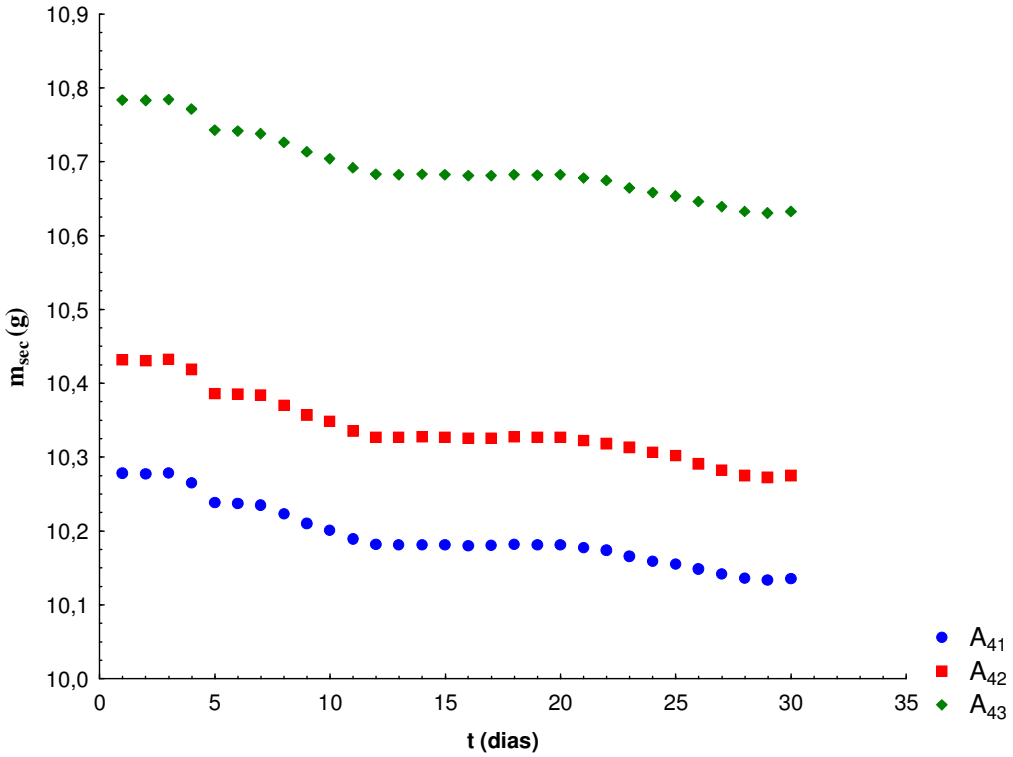

Figura I.24: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,8028) à *set-point* de temperatura de 30 ºC

Tabela I.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2024	11,8972	10,9867	10,9853	10,9862	11,1000	10,9810	10,9789
A_{12}	0,2024	11,8205	11,0260	11,0246	11,0254	11,0515	11,0206	11,0189
A_{13}	0,2024	11,9304	10,9893	10,9881	10,9890	11,0113	10,9819	10,9797
A_{21}	0,3986	12,1910	11,2218	11,2205	11,2209	11,2209	11,1904	11,1887
A_{22}	0,3986	11,6810	10,8693	10,8681	10,8686	10,8741	10,8416	10,8404
A_{23}	0,3986	12,3694	11,4303	11,4290	11,4297	11,4325	11,3992	11,3977
A_{31}	0,6065	11,6923	10,6832	10,6832	10,6826	10,6773	10,6501	10,6444
A_{32}	0,6065	11,5634	10,6699	10,6701	10,6697	10,6661	10,6410	10,6352
A_{33}	0,6065	11,7687	10,7358	10,7357	10,7355	10,7268	10,7003	10,6951
A_{41}	0,8028	11,4535	10,7472	10,7833	10,7831	10,7578	10,7313	10,7252
A_{42}	0,8028	12,0702	11,3010	10,9977	10,9978	10,9835	10,9594	10,9541
A_{43}	0,8028	11,7445	10,9119	10,5426	10,5420	10,5301	10,5045	10,4976

Tabela I.06: Continuação.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,7671	10,9561	10,9330	10,9222	10,8877	10,8649	10,8656	10,8646
A_{12}	11,0086	10,9968	10,9762	10,9687	10,9399	10,9206	10,9210	10,9200
A_{13}	10,9697	10,9587	10,9335	10,9207	10,8884	10,8640	10,8641	10,8629
A_{21}	11,1787	11,1615	11,1422	11,1335	11,1114	11,1005	11,1002	11,0986
A_{22}	10,8308	10,8194	10,7958	10,7884	10,7692	10,7602	10,7600	10,7588
A_{23}	11,3882	11,3758	11,3533	11,3453	11,3243	10,3141	11,3137	11,3118
A_{31}	10,6397	10,6276	10,6102	10,5989	11,5804	10,5682	10,5679	10,5673
A_{32}	10,6306	10,6196	10,6027	10,5931	10,5769	10,5655	10,5667	10,5659
A_{33}	10,6909	10,6795	10,6612	10,6513	10,6337	10,6218	10,6219	10,6211
A_{41}	10,7185	10,7064	10,6863	10,6722	10,6521	10,6376	10,6374	10,6364
A_{42}	10,9505	10,9397	10,9236	10,9133	10,8967	10,8861	10,8863	10,8851
A_{43}	10,4914	10,4790	10,4615	10,4496	10,4305	10,4186	10,4184	10,4171

Tabela I.06: Continuação.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,8634	10,8608	10,8636	10,8615	10,8628	10,8651	10,8577	10,8432
A_{12}	10,9190	10,9167	10,9193	10,9175	10,9186	10,9211	10,9138	10,8999
A_{13}	10,8609	10,8582	10,8610	10,8590	10,8600	10,8626	10,8550	10,8400
A_{21}	11,0979	11,0957	11,0977	11,0955	11,0967	11,0980	11,0928	11,0841
A_{22}	10,7584	10,7559	10,7585	10,7564	10,7573	10,7593	10,7537	10,7432
A_{23}	11,3110	11,3088	11,3112	11,3083	11,3097	11,3113	11,3065	11,2984
A_{31}	10,5674	10,5664	10,5664	10,5676	10,5664	10,5677	10,5611	10,5564
A_{32}	10,5662	10,5650	10,5654	10,5663	10,5656	10,5669	10,5606	10,5566
A_{33}	10,6212	10,6199	10,6206	10,6213	10,6204	10,6218	10,6146	10,6099
A_{41}	10,6364	10,6343	10,6348	10,6362	10,6350	10,6363	10,6288	10,6237
A_{42}	10,8855	10,8841	10,8843	10,8859	10,8850	10,8864	10,8802	10,8760
A_{43}	10,4174	10,4155	10,4159	10,4172	10,4163	10,4180	10,4109	10,4063

Tabela I.06: Continuação.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,8450	10,8338	10,8297	10,8141	10,7999	10,7894	10,7878	10,7916
A_{12}	10,9058	10,8970	10,8928	10,8774	10,8645	10,8557	10,8540	10,8574
A_{13}	10,8440	10,8297	10,8246	10,8071	10,7922	10,7813	10,7794	10,7835
A_{21}	11,0814	11,0724	11,0650	11,0522	11,0413	11,0301	11,0279	11,0292
A_{22}	10,7468	10,7295	10,7229	10,7083	10,6977	10,6876	10,6858	10,6883
A_{23}	11,2966	11,2863	11,2788	11,2667	11,2567	11,2456	11,2434	11,2447
A_{31}	10,5456	10,5330	10,5262	10,5184	10,5054	10,4955	10,4927	10,4946
A_{32}	10,5464	10,5339	10,5272	10,5199	10,5071	10,4979	10,4956	10,4976
A_{33}	10,6001	10,5878	10,5807	10,5728	10,5591	10,5491	10,5464	10,5481
A_{41}	10,6134	10,5994	10,5927	10,5860	10,5742	10,5645	10,5617	10,5629
A_{42}	10,8671	10,8557	10,8500	10,8434	10,8326	10,8243	10,8222	10,8239
A_{43}	10,3947	10,3813	10,3741	10,3666	10,3538	10,3443	10,3414	10,3435

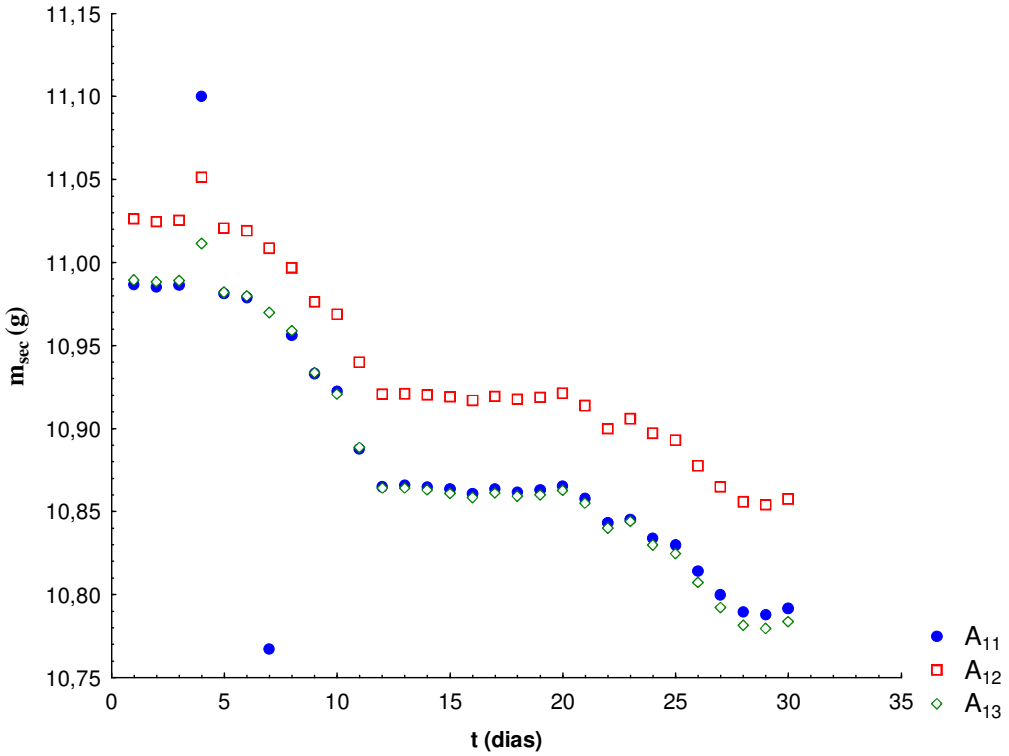

Figura I.25: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,2024) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

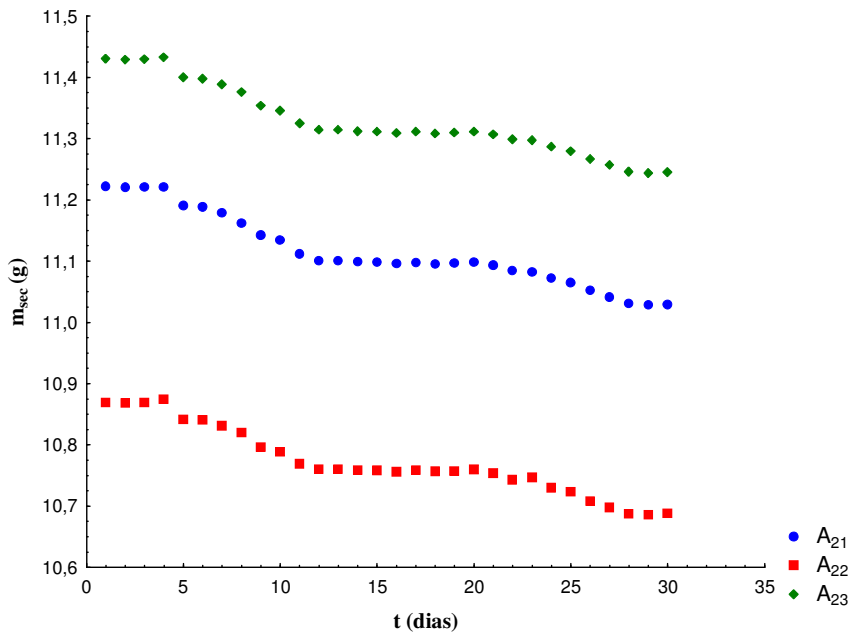

Figura I.26: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,3986) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

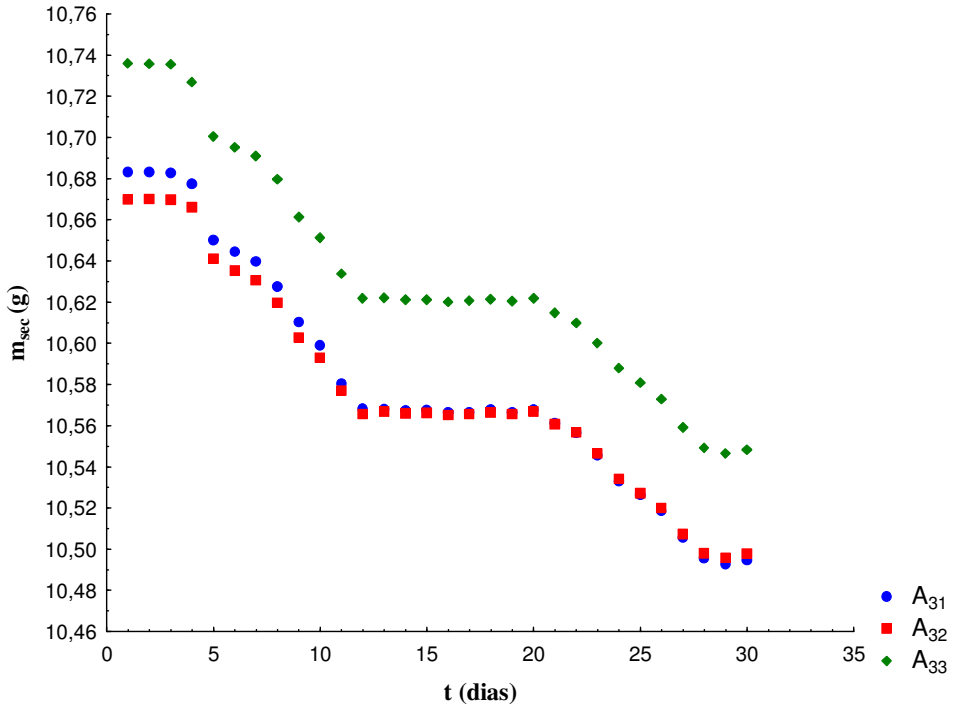

Figura I.27: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x = 0,6065) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

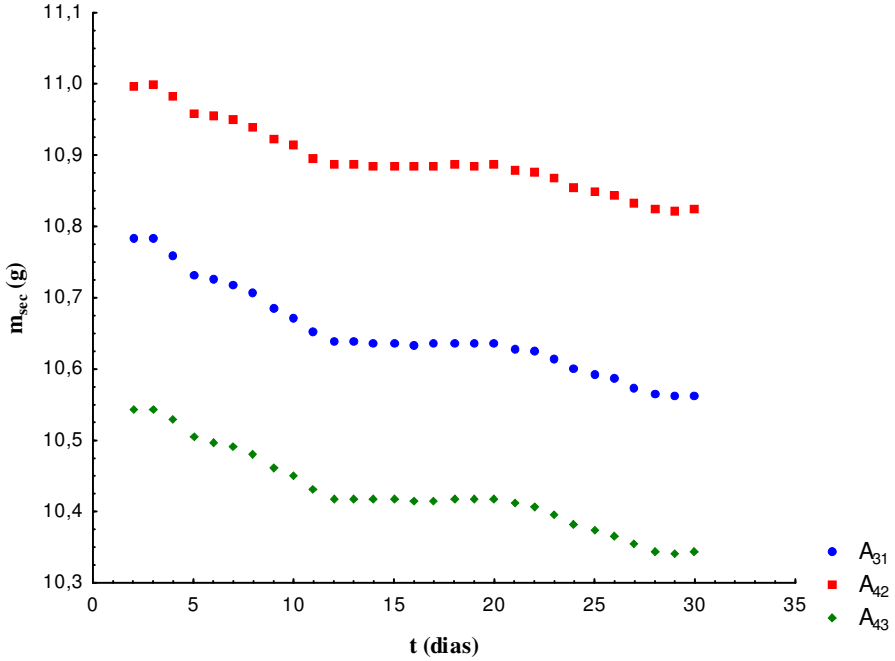

Figura I.28: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,8028) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

Tabela I.0.7: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2024	11,1344	11,1322	11,1332	11,1302	11,1062	11,1027	11,0987
A_{12}	0,2024	10,9606	10,9585	10,9593	10,9501	10,9252	10,9220	10,9172
A_{13}	0,2024	11,3684	11,3669	11,3681	11,3712	11,3498	11,3461	11,3401
A_{21}	0,3986	10,7472	10,7458	10,7463	10,7320	10,7099	10,7071	10,7045
A_{22}	0,3986	11,3010	11,2984	11,2989	11,2774	11,2563	11,2521	11,2488
A_{23}	0,3986	10,9119	11,9097	11,9100	11,8919	11,8698	11,8664	11,8618
A_{31}	0,6065	10,5569	10,5537	10,5546	10,5293	10,5051	10,5007	10,4943
A_{32}	0,6065	11,2357	11,2321	11,2332	11,2006	11,1717	11,1680	11,1633
A_{33}	0,6065	10,6515	10,6484	10,6495	10,6248	10,5990	10,5950	10,5894
A_{41}	0,8028	10,8174	10,8157	10,8151	10,7744	10,7402	10,7390	10,7325
A_{42}	0,8028	11,1369	11,1353	11,1348	11,0962	11,0657	11,0650	11,0599
A_{43}	0,8028	10,4956	10,4945	10,4948	10,4654	10,4358	10,4348	10,4311

Tabela I.0.7: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,0888	11,0694	11,0627	11,0403	11,0291	11,0291	11,0272	11,0269
A_{12}	10,9071	10,8865	10,8785	10,8527	10,8403	10,8405	10,8395	10,8385
A_{13}	11,3299	11,3097	11,2988	11,2668	11,2458	11,2468	11,2452	11,2443
A_{21}	10,6943	10,6757	10,6671	10,6475	10,6371	10,6379	10,6366	10,6363
A_{22}	11,2381	11,2184	11,2097	11,1894	11,1781	11,1788	11,1776	11,1774
A_{23}	11,8509	11,8293	11,8194	11,7957	11,7833	11,7836	11,7819	11,7817
A_{31}	10,4830	10,4632	10,4540	10,4340	10,4237	10,4245	10,4235	10,4232
A_{32}	11,1536	11,1320	11,1222	11,0997	11,0871	11,0876	11,0863	11,0858
A_{33}	10,5781	10,5579	10,5482	10,5267	10,5152	10,5163	10,5156	10,5150
A_{41}	10,7198	10,7024	10,6898	10,6670	10,6534	10,6527	10,6521	10,6514
A_{42}	11,0477	11,0317	11,0206	11,0012	10,9890	10,9882	10,9879	10,9870
A_{43}	10,4185	10,4043	10,3941	10,3735	10,3626	10,3623	10,3622	10,3615

Tabela I.0.7: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,0256	11,0274	11,0250	11,0256	11,0274	11,0209	11,0129	11,0069
A_{12}	10,8379	10,8399	10,8377	10,8378	10,8396	10,8347	10,8269	10,8189
A_{13}	11,2436	11,2456	11,2430	11,2435	11,2465	11,2366	11,2239	11,2196
A_{21}	10,6356	10,6368	10,6354	10,6358	10,6376	10,6332	10,6265	10,6246
A_{22}	11,1765	11,1781	11,1766	11,1770	11,1788	11,1740	11,1669	11,1620
A_{23}	11,7804	11,7819	11,7803	11,7805	11,7817	11,7772	11,7709	11,7636
A_{31}	10,4224	10,4242	10,4231	10,4234	10,4249	10,4202	10,4139	10,4137
A_{32}	11,0846	11,0868	11,0848	11,0855	11,0869	11,0817	11,0752	11,0738
A_{33}	10,5142	10,5160	10,5147	10,5152	10,5166	10,5115	10,5052	10,5021
A_{41}	10,6489	10,6520	10,6505	10,6506	10,6530	10,6461	10,6354	10,8386
A_{42}	10,9846	10,9876	10,9858	10,9861	10,9885	10,9825	10,9753	10,9785
A_{43}	10,3599	10,3628	10,3615	10,3618	10,3644	10,3580	10,3508	10,3516

Tabela I.0.7: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,9869	10,9829	10,9736	10,9599	10,9513	10,9485	10,9508
A_{12}	10,7979	10,7926	10,7833	10,7673	10,7577	10,7544	10,7562
A_{13}	11,2047	11,2071	11,1861	11,1685	11,1604	11,1577	11,1617
A_{21}	10,6132	10,6108	10,6013	10,5927	10,5836	10,5806	10,5823
A_{22}	11,1477	11,1425	11,1309	11,1170	11,1075	11,1040	11,1065
A_{23}	11,7486	11,7446	11,7331	11,7209	11,7113	11,7078	11,7092
A_{31}	10,3974	10,3922	10,3821	10,3712	10,3630	10,3600	10,3617
A_{32}	11,0645	11,0604	11,0520	11,0429	11,0356	11,0330	11,0346
A_{33}	10,4882	10,4839	10,4741	10,4637	10,4552	10,4524	10,4541
A_{41}	10,6252	10,6173	10,6088	10,5946	10,5844	10,5819	10,5849
A_{42}	10,9660	10,9592	10,9524	10,9422	10,9331	10,9309	10,9334
A_{43}	10,3411	10,3325	10,3238	10,3117	10,3027	10,3009	10,3041

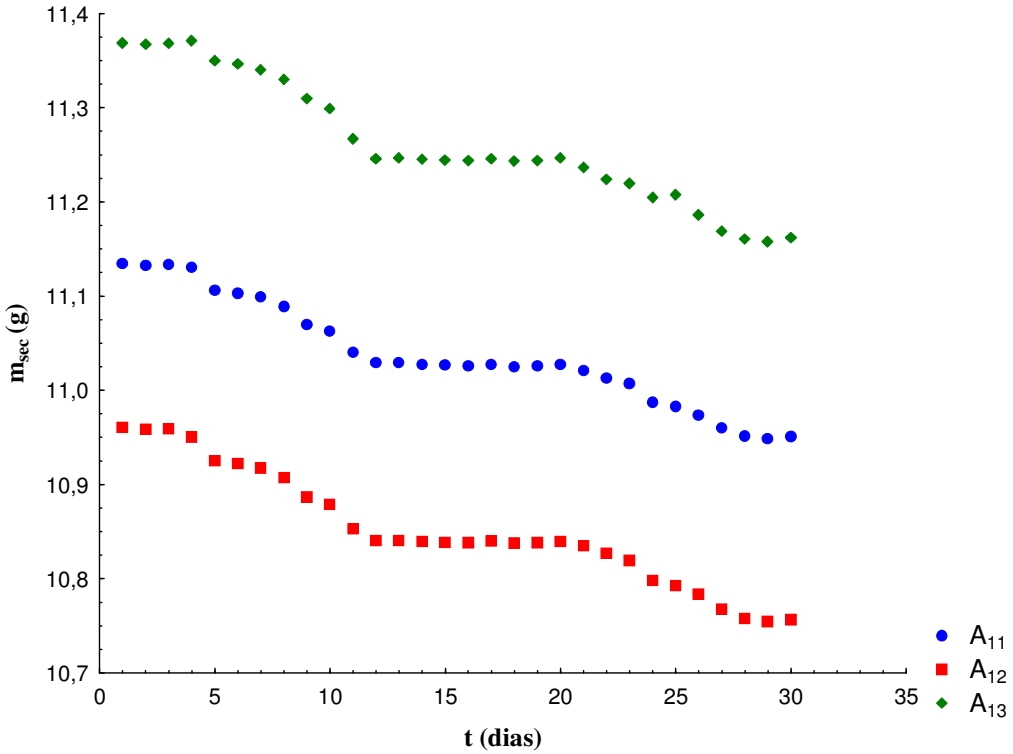

Figura I.29: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,2024) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

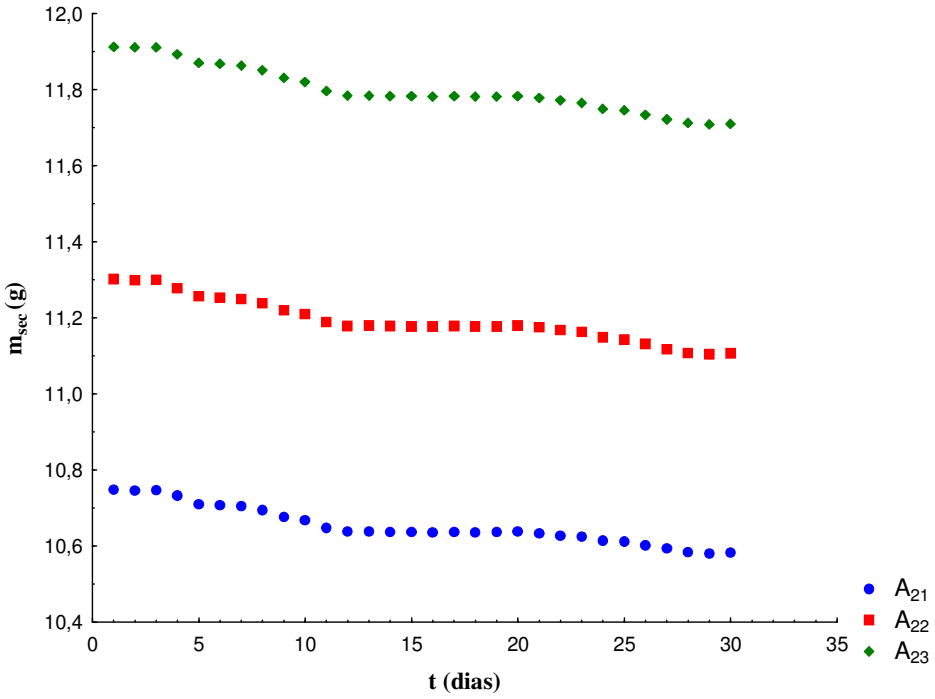

Figura I.30: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,3986) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

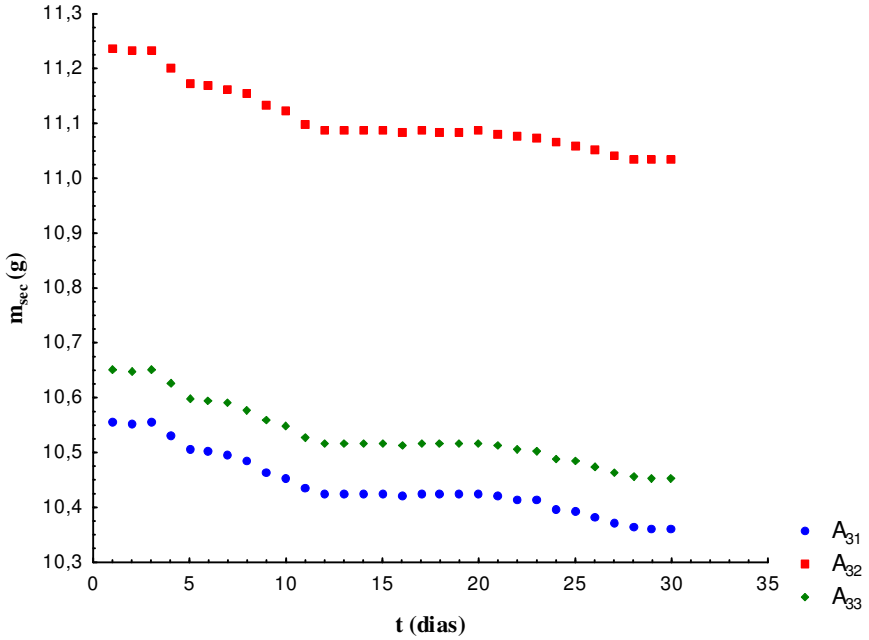

Figura I.31: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,6065) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

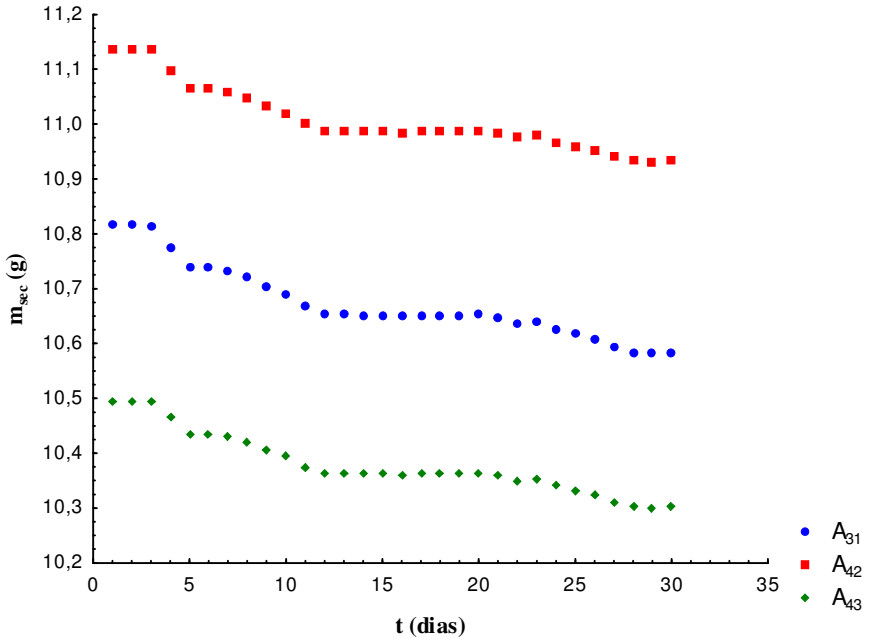

Figura I.32: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,8028) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

Tabela I.0.7: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2024	14,5309	14,5303	14,5313	14,5283	14,5089	14,5051	14,4986
A_{12}	0,2024	14,9053	14,9044	14,9048	14,8894	14,8698	14,8660	14,8611
A_{13}	0,2024	14,4915	14,4909	14,4914	14,4855	14,4670	14,4633	14,4565
A_{21}	0,3986	11,5593	11,5572	11,5573	11,5260	11,5041	11,4986	11,4908
A_{22}	0,3986	11,9575	11,9552	11,9554	11,9146	11,8930	11,8879	11,8807
A_{23}	0,3986	11,8504	11,8482	11,8485	11,8147	11,7950	11,7896	11,7826
A_{31}	0,6065	12,4551	12,4524	12,4524	12,4210	12,3795	12,3721	12,3622
A_{32}	0,6065	12,0236	12,0214	12,0218	12,0042	11,9675	11,9611	11,9537
A_{33}	0,6065	12,3640	12,3620	12,3625	12,3424	12,3072	12,3014	10,2943
A_{41}	0,8028	11,2515	11,2491	11,2502	11,2288	11,1973	11,1909	11,1795
A_{42}	0,8028	11,8680	11,8656	11,8666	11,8363	11,8008	11,7952	11,7880
A_{43}	0,8028	11,6212	11,6189	11,6197	11,5911	11,5546	11,5495	11,5416

Tabela I.0.7: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	14,4892	14,4643	14,4544	14,4267	14,4110	14,4121	14,4103	14,4085
A_{12}	14,8524	14,8292	14,8206	14,7942	14,7787	14,7788	14,7764	14,7744
A_{13}	14,4474	14,4224	14,4110	14,3791	14,3601	14,3607	14,3589	14,3569
A_{21}	11,4798	11,4549	11,4447	11,4185	11,4037	11,4040	11,4012	11,4008
A_{22}	11,8700	11,8446	11,8326	11,8069	11,7912	11,7917	11,7888	11,7877
A_{23}	11,7726	11,7484	11,7386	11,7072	11,6896	11,6896	11,6870	11,6857
A_{31}	12,3474	12,3144	12,2924	12,2535	12,2298	12,2292	11,2254	12,2242
A_{32}	11,9423	11,9124	11,8964	11,8646	11,8453	11,8456	11,8423	11,8410
A_{33}	12,2822	12,2539	12,2370	12,2056	12,1879	12,1885	12,1853	12,1844
A_{41}	11,1658	11,1366	11,1204	11,0912	11,0755	11,0767	11,0741	11,0728
A_{42}	11,7760	11,7496	11,7335	11,7040	11,6880	11,6889	11,6859	11,6848
A_{43}	11,5304	11,5024	11,4852	11,4549	11,4379	11,4385	11,4357	11,4344

Tabela I.0.7: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	14,4067	14,4086	14,4079	14,4076	14,4065	14,4019	14,3903	14,3918
A_{12}	14,7732	14,7746	14,7736	14,7734	14,7760	14,7702	14,7615	14,7612
A_{13}	14,3555	14,3575	14,3573	14,3564	14,3598	14,3516	14,3384	14,3449
A_{21}	11,3989	11,4006	11,3992	11,3994	11,4008	11,3963	11,3899	11,3836
A_{22}	11,7861	11,7874	11,7862	11,7862	11,7884	11,7821	11,7746	11,7689
A_{23}	11,6841	11,6857	11,6845	11,6845	11,6864	11,6801	11,6728	11,6711
A_{31}	12,2224	12,2234	12,2220	12,2219	12,2238	12,2150	12,2022	12,1934
A_{32}	11,8394	11,8405	11,8394	11,8393	11,8412	11,8332	11,8221	11,8151
A_{33}	12,1829	12,1838	12,1830	12,1829	12,1846	12,1775	12,1673	12,1593
A_{41}	11,0720	11,0736	11,0726	11,0728	11,0750	11,6800	11,0577	11,0507
A_{42}	11,6836	11,6852	11,6843	11,6843	11,6862	11,6794	11,6700	11,6624
A_{43}	11,4335	11,4348	11,4340	11,4339	11,4358	11,4293	11,4181	11,4101

Tabela I.0.7: Continuação ...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	14,3918	14,3918	14,3731	14,3715	14,3550	14,3376	14,3299	14,3275	14,3313
A_{12}	14,7612	14,7612	14,7408	14,7337	14,7176	14,6969	14,6858	14,6819	14,6853
A_{13}	14,3449	14,3449	14,3214	14,3184	14,3015	14,2828	14,2732	14,2700	14,2740
A_{21}	11,3836	11,3836	11,3686	11,3642	11,3493	11,3292	11,3153	11,3109	11,3123
A_{22}	11,7689	11,7689	11,7495	11,7445	11,7336	11,7207	11,7107	11,7066	11,7075
A_{23}	11,6711	11,6711	11,6575	11,6533	11,6422	11,6277	11,6153	11,6107	11,6121
A_{31}	12,1934	12,1934	12,1669	12,1596	12,1514	12,1323	12,1197	12,1156	12,1167
A_{32}	11,8151	11,8151	11,7942	11,7881	11,7813	11,7662	11,7562	11,7527	11,7539
A_{33}	12,1593	12,1593	12,1346	12,1281	12,1205	12,1042	12,0928	12,0890	12,0897
A_{41}	11,0507	11,0507	11,0303	11,0257	11,0181	11,0037	10,9938	10,9909	10,9922
A_{42}	11,6624	11,6624	11,6386	11,6336	11,6271	11,6134	11,6033	11,6001	11,6014
A_{43}	11,4101	11,4101	11,3878	11,3829	11,3765	11,3609	11,3502	11,3476	11,3485

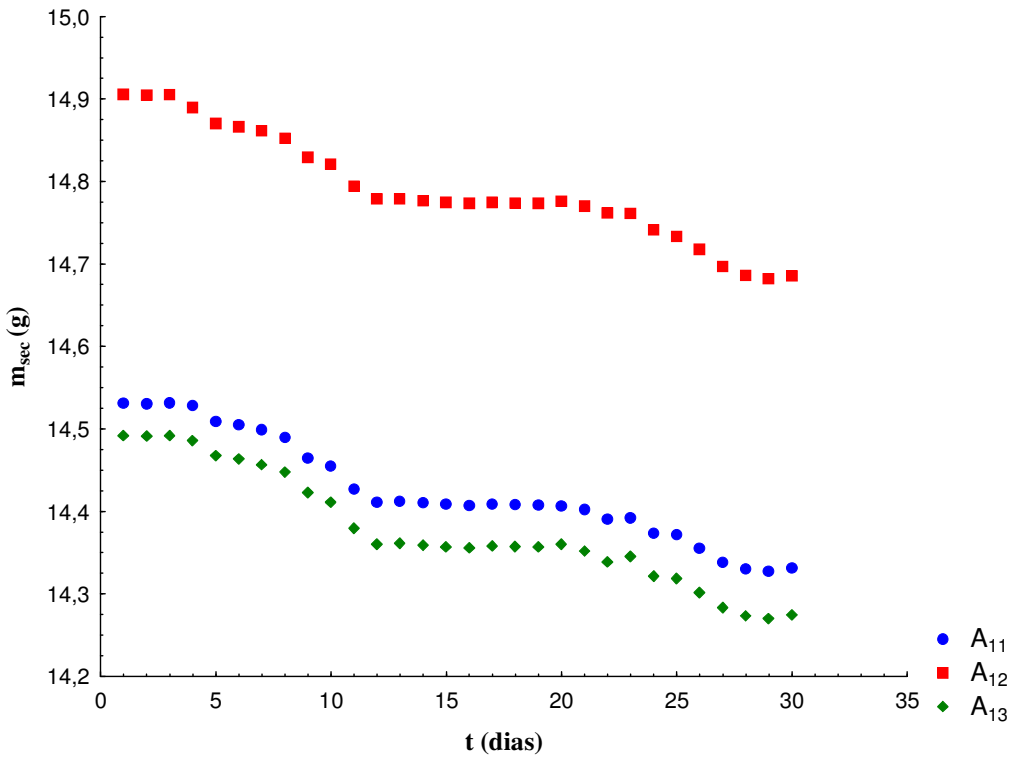

Figura I.33: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,2024) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

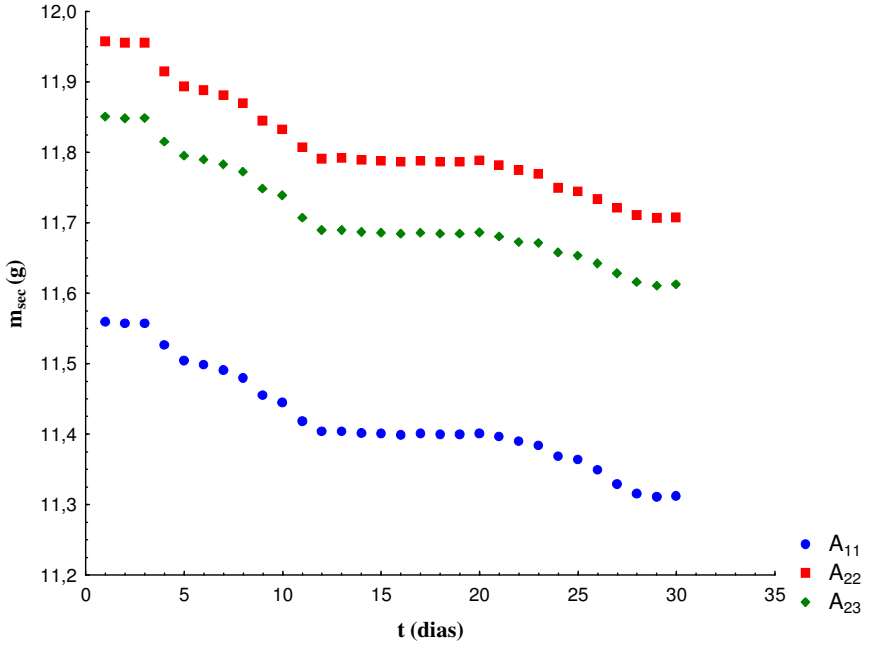

Figura I.34: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,3986) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

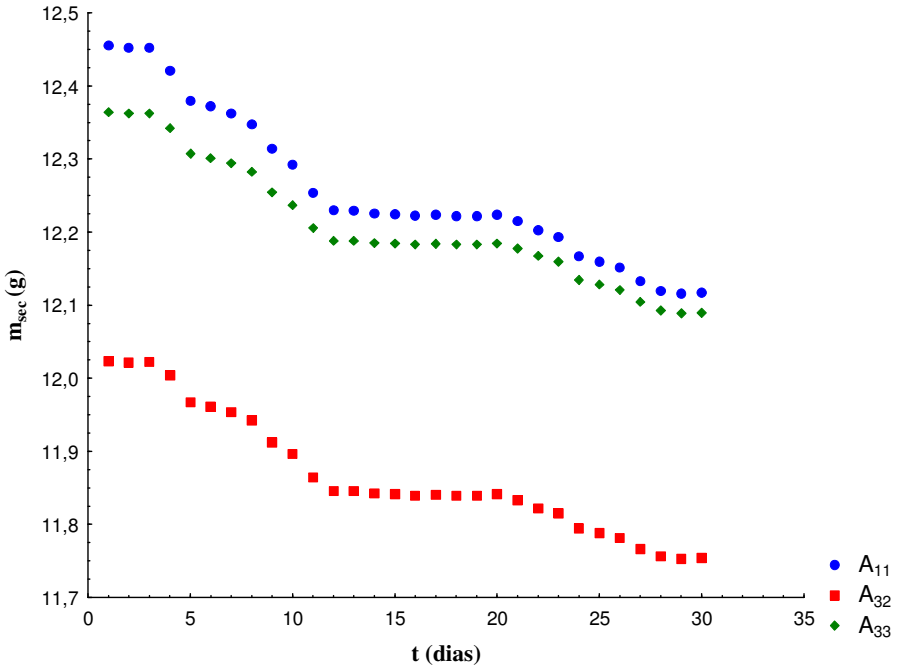

Figura I.35: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,6065) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

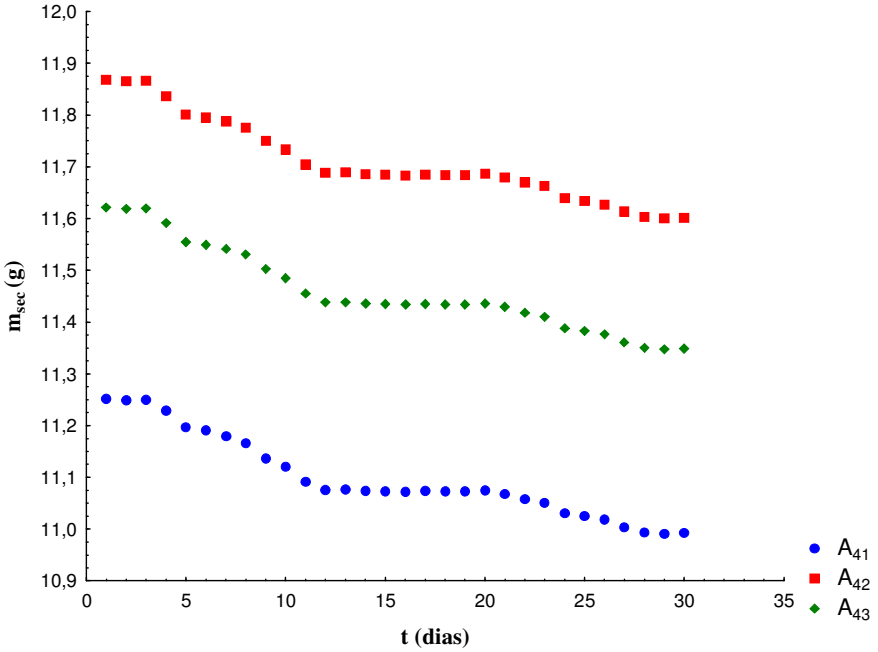

Figura I.36: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de etanol e água (x =0,8028) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

I.2.1 Dados experimentais de secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água.

Tabela I.0.8: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2016	11,1621	11,1605	11,1609	11,1478	11,1288	11,1250	11,1165	11,1071
A_{12}	0,2016	11,6308	11,6291	11,6294	11,6183	11,5954	11,5915	11,5827	11,5736
A_{13}	0,2016	11,0132	11,0117	11,0118	11,0107	10,9912	10,9873	10,9796	10,9714
A_{21}	0,4005	10,4993	10,4970	10,4968	10,4554	10,4283	10,4241	10,4144	10,4055
A_{22}	0,4005	10,9480	10,9457	10,9460	10,9125	10,8888	10,8849	10,8733	10,8685
A_{23}	0,4005	10,6962	10,6927	10,6938	10,6365	10,6099	10,6051	10,5965	10,5872
A_{31}	0,6022	10,4114	10,4086	10,4085	10,3497	10,3252	10,3211	10,3133	10,3036
A_{32}	0,6022	10,6890	10,6847	10,6862	10,6278	10,6038	10,5998	10,5921	10,5836
A_{33}	0,6022	10,5781	10,5740	10,5743	10,4999	10,4753	10,4716	10,4579	10,4471
A_{41}	0,8023	10,0392	10,0366	10,0377	9,9947	9,9747	9,9726	9,9649	9,9569
A_{42}	0,8023	9,8176	9,8153	9,8157	9,7773	9,7594	9,7575	9,7515	9,7444
A_{43}	0,8023	10,3570	10,3542	10,3557	10,3069	10,2865	10,2842	10,2774	10,2697

Tabela I.0.8: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,1071	11,0854	11,0787	11,0658	11,0474	11,0387	11,0388	11,0310	11,0301
A_{12}	11,5736	11,5530	11,5478	11,5357	11,5132	11,5005	11,5002	11,4896	11,4884
A_{13}	10,9714	10,9525	10,9482	10,9380	10,9092	10,8974	10,8974	10,8888	10,8878
A_{21}	10,4055	10,3859	10,3803	10,3708	10,3336	10,3183	10,8183	10,3096	10,3090
A_{22}	10,8685	10,8485	10,8448	10,8350	10,7927	10,7789	10,7793	10,7722	10,7718
A_{23}	10,5872	10,5662	10,5598	10,5490	10,4979	10,4771	10,4764	10,4679	10,4671
A_{31}	10,3036	10,2832	10,2788	10,2683	10,2253	10,2074	10,2075	10,2018	10,2018
A_{32}	10,5836	10,5631	10,5608	10,5489	10,5035	10,4894	10,4897	10,4853	10,4856
A_{33}	10,4471	10,4227	10,4155	10,4022	10,3807	10,3716	10,3724	10,3647	10,3645
A_{41}	9,9569	9,9414	9,9395	9,9321	9,9173	9,9113	9,9125	9,9068	9,9073
A_{42}	9,7444	9,7306	9,7289	9,7220	9,7030	9,6965	9,6975	9,6923	9,6929
A_{43}	10,2697	10,2540	10,2530	10,2461	10,2213	10,2127	10,2138	10,2079	10,2084

Tabela I.0.8: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,0249	11,0193	11,0198	11,0239	11,0136	11,0038	10,9962	10,9945	10,9948
A_{12}	11,4826	11,4776	11,4762	11,4813	11,4719	11,4637	11,4543	11,4523	11,4527
A_{13}	10,8829	10,8782	10,8808	10,8858	10,8753	10,8662	10,8583	10,8561	10,8564
A_{21}	10,3048	10,3004	10,3024	10,3067	10,2973	10,2884	10,2785	10,2762	10,2766
A_{22}	10,7667	10,7622	10,7630	10,7679	10,7558	10,7459	10,7353	10,7334	10,7339
A_{23}	10,4618	10,4559	10,4578	10,4618	10,4499	10,4389	10,4255	10,4227	10,4228
A_{31}	10,1966	10,1915	10,1915	10,1963	10,1836	10,1738	10,1615	10,1593	10,1600
A_{32}	10,4801	10,4755	10,4760	10,4805	10,4682	10,4591	10,4466	10,4438	10,4445
A_{33}	10,3588	10,3530	10,3475	10,3516	10,3398	10,3289	10,3215	10,3198	10,3210
A_{41}	9,9039	9,9016	9,9009	9,9048	9,8979	9,8921	9,8877	9,8871	9,8873
A_{42}	9,6896	9,6871	9,6865	9,6908	9,6825	9,6764	9,6715	9,6708	9,6713
A_{43}	10,2043	10,2016	10,2018	10,2063	10,1974	10,1911	10,1854	10,1844	10,1850

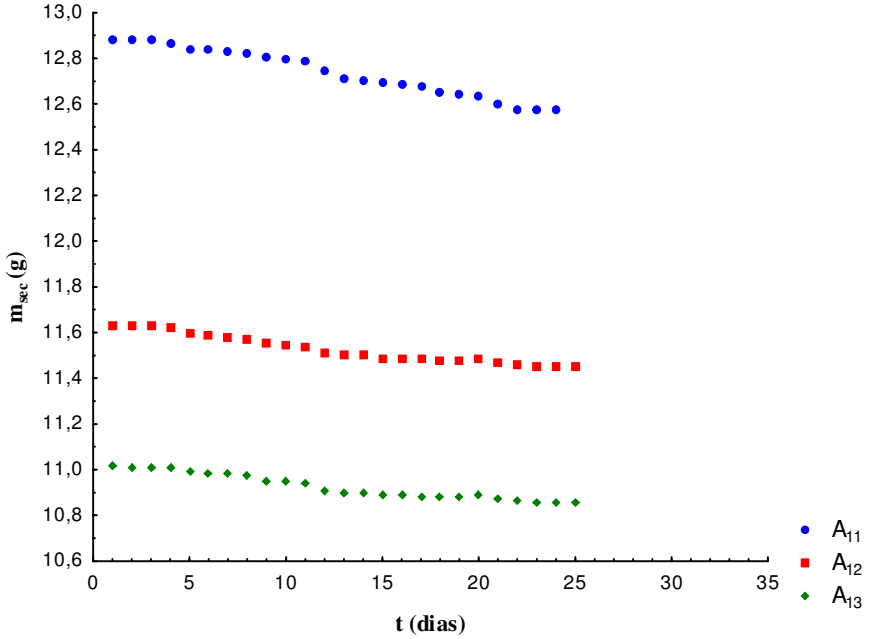

Figura I.37: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,2016) à *set-point* de temperatura de 20 ºC.

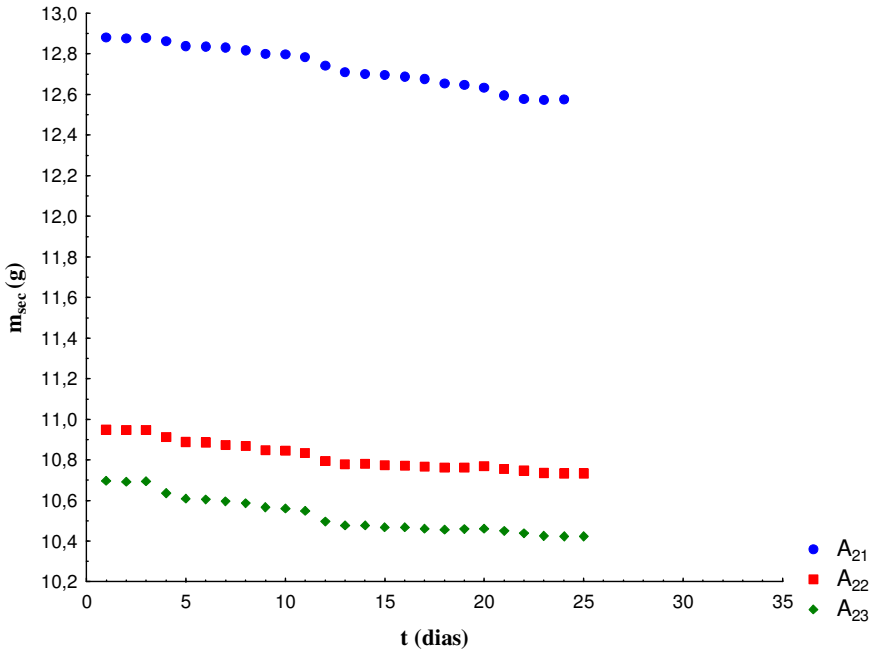

Figura I.38: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,4005) à *set-point* de temperatura de 20 ºC.

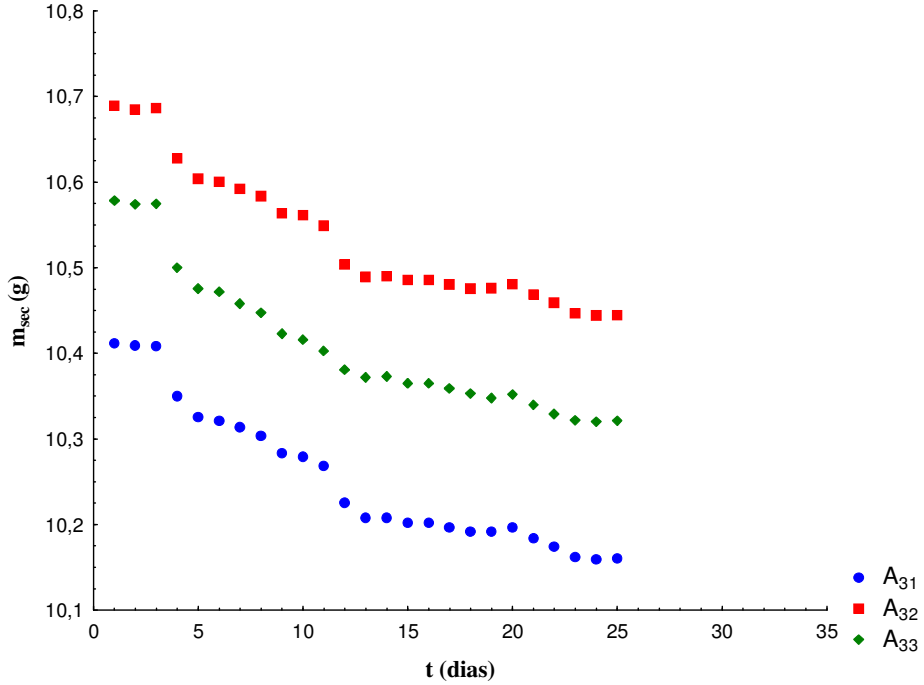

Figura I.39: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,6022) à *set-point* de temperatura de 20 ºC.

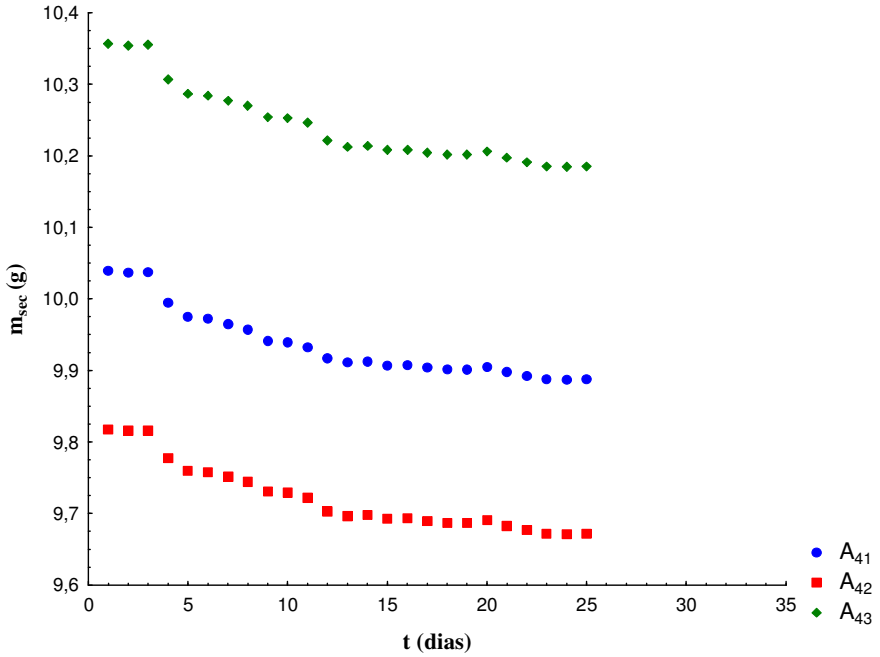

Figura I.40: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,8023) à *set-point* de temperatura de 20 ºC.

Tabela I.0.9: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2024	10,5018	10,5005	10,5004	10,5001	10,4766	10,4735	10,4696	10,4618
A_{12}	0,2024	10,8462	10,8440	10,8438	10,8275	10,7994	10,7967	10,7921	10,7835
A_{13}	0,2024	10,9360	10,9346	10,9338	10,9236	10,9003	10,8981	10,8945	10,8875
A_{21}	0,3986	10,5577	10,5540	10,5543	10,5187	10,4928	10,4902	10,4807	10,4721
A_{22}	0,3986	10,6938	10,6902	10,6918	10,6628	10,6404	10,6382	10,6317	10,6242
A_{23}	0,3986	10,8321	10,8280	10,8294	10,7903	10,7669	10,7644	10,7572	10,7494
A_{31}	0,6065	10,5007	10,4981	10,4984	10,4585	10,4382	10,4364	10,4364	10,4223
A_{32}	0,6065	10,4323	10,4274	10,4280	10,3603	10,3306	10,3284	10,3284	10,3104
A_{33}	0,6065	10,3108	10,3108	10,3070	10,2378	10,2097	10,2072	10,2072	10,1889
A_{41}	0,8028	10,2938	10,2904	10,2917	10,2365	10,2045	10,2024	10,1950	10,1860
A_{42}	0,8028	10,6316	10,6285	10,6292	10,5774	10,5513	10,5490	10,5433	10,5351
A_{43}	0,8028	10,4699	10,4668	10,4680	10,4076	10,3809	10,3784	10,3722	10,3626

Tabela I.0.9: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,4455	10,4434	10,4372	10,4047	10,3888	10,3891	10,3816	10,3816	10,3756
A_{12}	10,7652	10,7609	10,7512	10,7085	10,6849	10,6838	10,6749	10,6739	10,6682
A_{13}	10,8704	10,8673	10,8594	10,8229	10,8048	10,8049	10,7996	10,7995	10,7949
A_{21}	10,4531	10,4480	10,4382	10,4200	10,4121	10,4133	10,4063	10,4066	10,4022
A_{22}	10,6075	10,6047	10,5969	10,5769	10,5701	10,5716	10,5636	10,5642	10,5599
A_{23}	10,7308	10,7271	10,7182	10,6881	10,6792	10,6803	10,6715	10,6717	10,6668
A_{31}	10,4077	10,4063	10,3999	10,3761	10,3693	10,3704	10,3656	10,3661	10,3625
A_{32}	10,2909	10,2884	10,2805	10,2470	10,2361	10,2369	10,2313	10,2316	10,2280
A_{33}	10,1698	10,1671	10,1590	10,1234	10,1105	10,1113	10,1053	10,1058	10,1012
A_{41}	10,1672	10,1640	10,1555	10,1158	10,1010	10,1016	10,0966	10,0969	10,0922
A_{42}	10,5166	10,5141	10,5052	10,4661	10,4538	10,4546	10,4509	10,4513	10,4469
A_{43}	10,3436	10,3397	10,3319	10,2876	10,2750	10,2757	10,2717	10,2720	10,2678

Tabela I.09: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,3698	10,3702	10,3766	10,3592	10,3476	10,3356	10,3337	10,3350
A_{12}	10,6611	10,6669	10,6689	10,6536	10,6382	10,6165	10,6125	10,6132
A_{13}	10,7892	10,7961	10,7989	10,7868	10,7749	10,7590	10,7554	10,7564
A_{21}	10,3984	10,3969	10,4010	10,3930	10,3850	10,3784	10,3769	10,3777
A_{22}	10,5564	10,5566	10,5519	10,5523	10,5441	10,5376	10,5367	10,5374
A_{23}	10,6628	10,6641	10,6689	10,6584	10,6492	10,6404	10,6390	10,6397
A_{31}	10,3599	10,3601	10,3643	10,3555	10,3488	10,3427	10,3418	10,3424
A_{32}	10,2248	10,2252	10,2285	10,2212	10,2141	10,2060	10,2045	10,2050
A_{33}	10,0973	10,0979	10,1024	10,0921	10,0839	10,0743	10,0728	10,0730
A_{41}	10,0881	10,0892	10,0940	10,0831	10,0749	10,0633	10,0611	10,0613
A_{42}	10,4423	10,4440	10,4495	10,4380	10,4290	10,4184	10,4160	10,4166
A_{43}	10,2634	10,2658	10,2695	10,2602	10,2516	10,2404	10,2377	10,2380

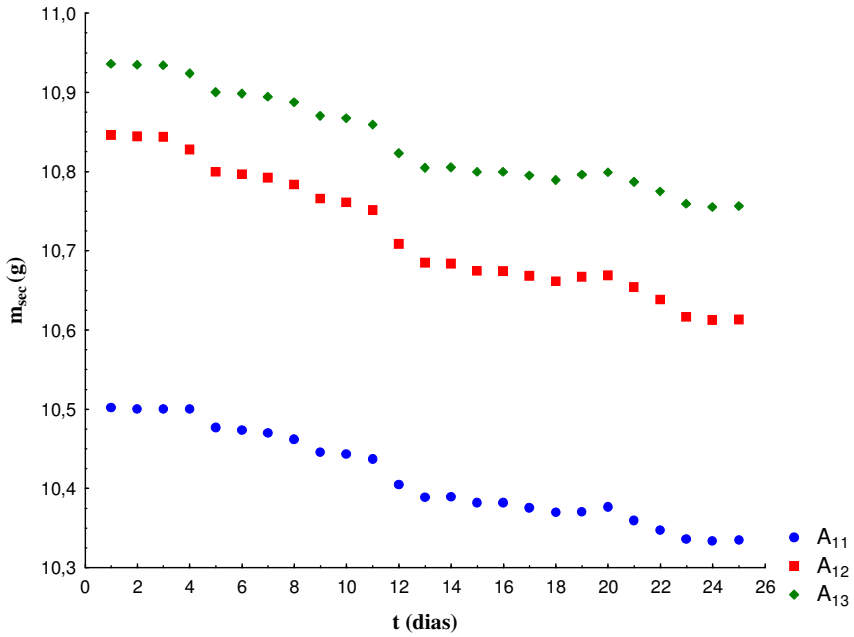

Figura I.41: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,2024) à *set-point* de temperatura de 30 ºC.

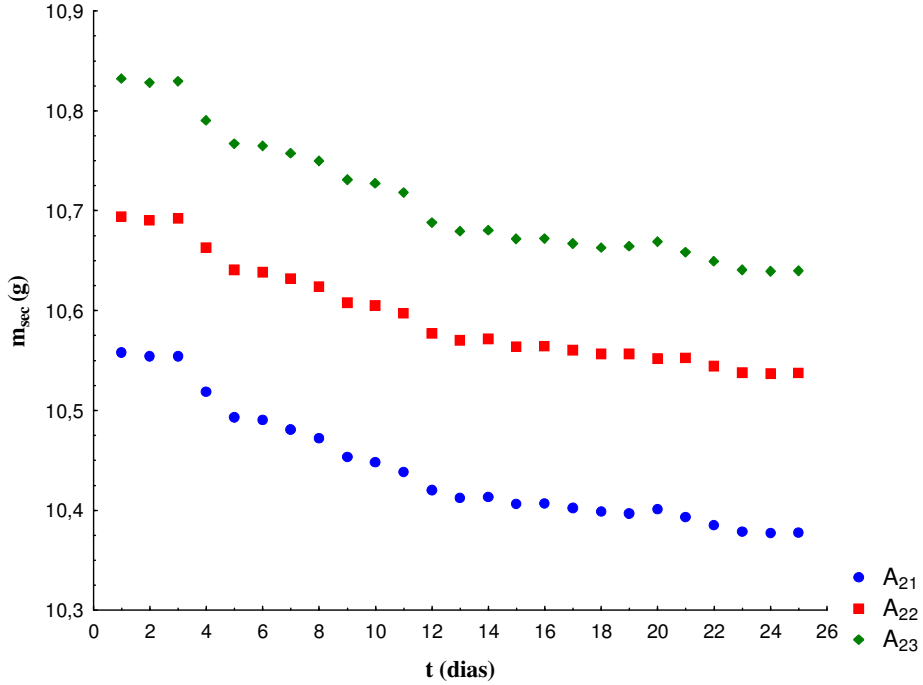

Figura I.42: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,3986) à *set-point* de temperatura de 30 ºC.

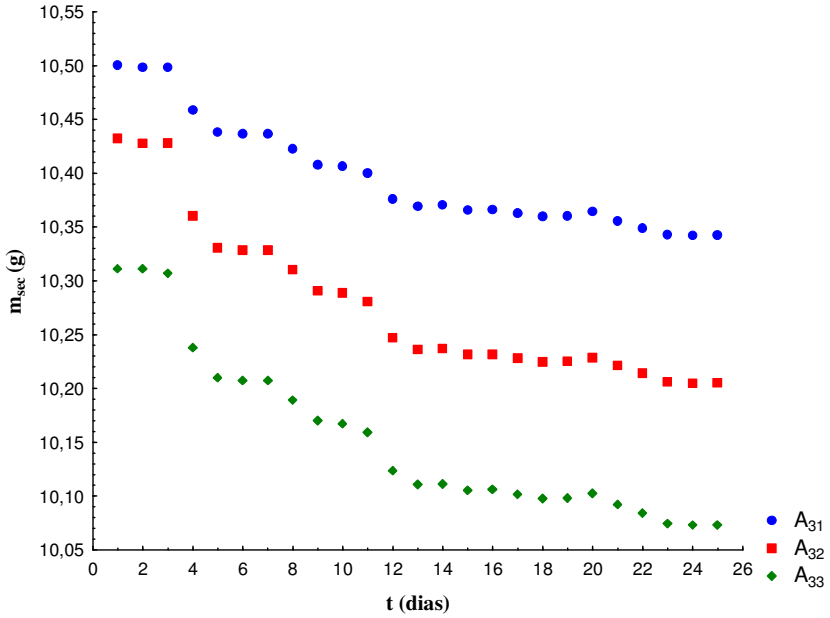

Figura I.43: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,6065) à *set-point* de temperatura de 30 ºC.

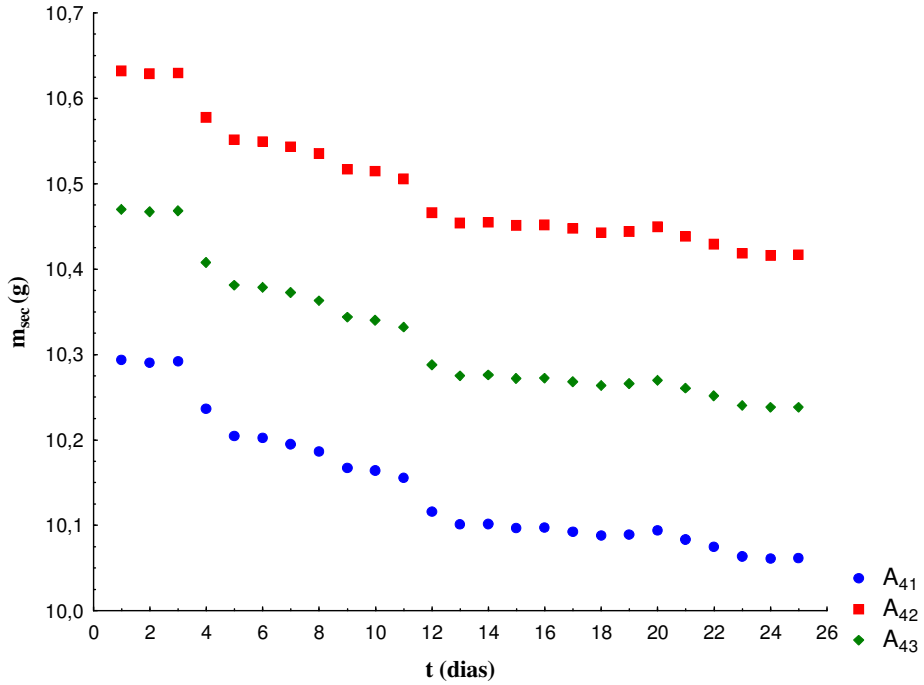

Figura I.44: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,8028) à *set-point* de temperatura de 30 ºC.

Tabela I.10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2016	10,9275	10,9283	10,9294	10,9201	10,8956	10,8941	10,8919	10,8831
A_{12}	0,2016	11,9882	11,9875	11,9881	11,9522	11,9260	11,9246	11,9224	11,9137
A_{13}	0,2016	11,9421	11,9410	11,9415	11,9043	11,8803	11,8794	11,8773	11,8690
A_{21}	0,4005	11,1618	11,1613	11,1613	11,1211	11,0945	11,0930	11,0851	11,0747
A_{22}	0,4005	11,1776	11,1762	11,1757	11,1231	11,0940	11,0915	11,0802	11,0685
A_{23}	0,4005	10,7740	10,7737	10,7750	10,7467	10,7220	10,7203	10,7141	10,7038
A_{31}	0,6022	10,8553	10,8539	10,8542	10,7948	10,7652	10,7637	10,7547	10,7421
A_{32}	0,6022	10,6198	10,6182	10,6185	10,5610	10,5324	10,5306	10,5197	10,5086
A_{33}	0,6022	11,2180	11,2153	11,2158	11,1301	11,0917	11,0893	11,0750	11,0596
A_{41}	0,8023	10,8695	10,8675	10,8670	10,7712	10,7350	10,7326	10,7207	10,7063
A_{42}	0,8023	10,2090	10,2083	10,2090	10,1649	10,1445	10,1435	10,1379	10,1290
A_{43}	0,8023	11,0040	11,0017	11,0013	10,9098	10,8766	10,8745	10,8627	10,8491

Tabela I.10: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,8831	10,8640	10,8601	10,8515	10,8097	10,7901	10,7886	10,7809	10,7802
A_{12}	11,9137	11,8966	11,8913	11,8818	11,8353	11,8098	11,8076	11,7950	11,7925
A_{13}	11,8690	11,8527	11,8480	11,8388	11,8089	11,7870	11,7855	11,7743	11,7730
A_{21}	11,0747	11,0519	11,0448	11,0334	10,9929	10,9755	10,9750	10,9665	10,9668
A_{22}	11,0685	11,0429	11,0321	11,0187	10,9766	10,9594	10,9586	10,9470	10,9465
A_{23}	10,7038	10,6829	10,6771	10,6673	10,6404	10,6311	10,6313	10,6214	10,6222
A_{31}	10,7421	10,7202	10,7129	10,7024	10,6802	10,6719	10,6722	10,6637	10,6635
A_{32}	10,5086	10,4885	10,4819	10,4726	10,4549	10,4488	10,4494	10,4442	10,4444
A_{33}	11,0596	11,0334	11,0240	11,0095	10,9852	10,9772	10,9777	10,9704	10,9706
A_{41}	10,7063	10,6784	10,6715	10,6572	10,6298	10,6209	10,6216	10,6115	10,6119
A_{42}	10,1290	10,1122	10,1089	10,1007	10,0747	10,0676	10,0682	10,0617	10,0625
A_{43}	10,8491	10,8217	10,8157	10,8010	10,7601	10,7465	10,7466	10,7387	10,7392

Tabela I.10: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,7748	10,7691	10,7772	10,7801	10,7663	10,7508	10,7306	10,7256	10,7263
A_{12}	11,7864	11,7795	11,7898	11,7919	11,7789	11,7635	11,7421	11,7366	11,7358
A_{13}	11,7680	11,7632	11,7705	11,7724	11,7592	11,7447	11,7252	11,7206	11,7201
A_{21}	10,9616	10,9556	10,9589	10,9628	10,9516	10,9409	10,9283	10,9257	10,9262
A_{22}	10,9413	10,9343	10,9365	10,9388	10,9278	10,9160	10,9027	10,9000	10,9004
A_{23}	10,6179	10,6127	10,6152	10,6198	10,6089	10,5983	10,5890	10,5872	10,5880
A_{31}	10,6596	10,6546	10,6522	10,6560	10,6466	10,6382	10,6313	10,6297	10,6303
A_{32}	10,4407	10,4365	10,4328	10,4356	10,4275	10,4196	10,4138	10,4125	10,4128
A_{33}	10,9656	10,9591	10,9559	10,9604	10,9486	10,9372	10,9292	10,9271	10,9281
A_{41}	10,6068	10,6007	10,5990	10,6039	10,5910	10,5793	10,5705	10,5687	10,5698
A_{42}	10,0587	10,0546	10,0535	10,0579	10,0478	10,0398	10,0342	10,0334	10,0342
A_{43}	10,7339	10,7273	10,7288	10,7338	10,7194	10,7071	10,6953	10,6933	10,6944

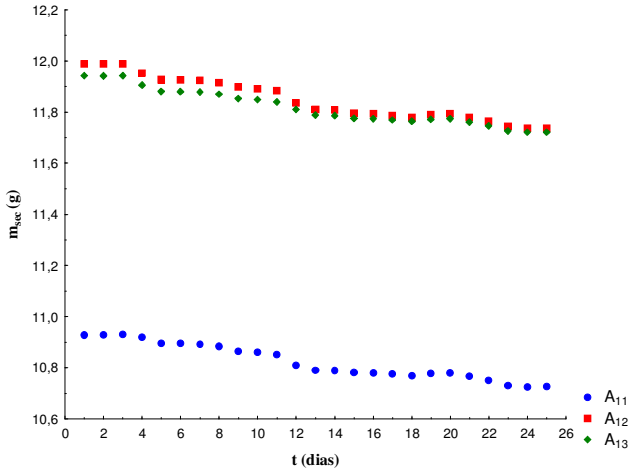

Figura I.45: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,2016) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

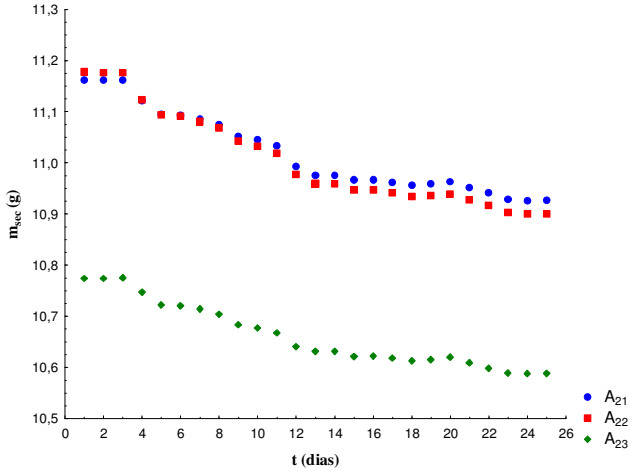

Figura I.46: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,4005) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

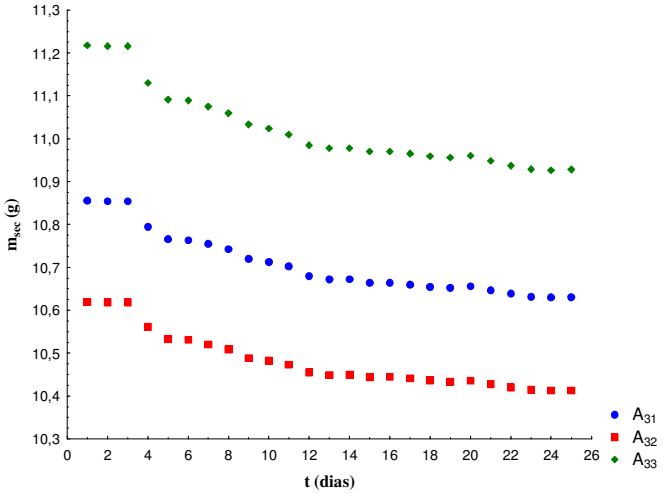

Figura I.47: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,6022) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

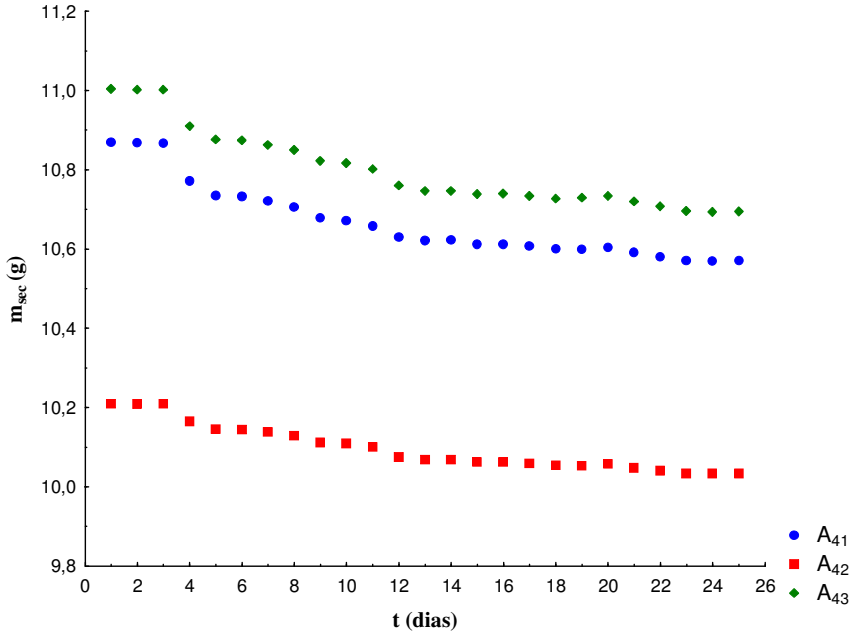

Figura I.48: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,8023) à *set-point* de temperatura de 40 ºC.

Tabela I.11: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2016	12,4278	12,4236	12,4266	12,3861	12,3664	12,3638	12,3653
A_{12}	0,2016	12,5905	12,5875	12,5907	12,5576	12,5362	12,5335	12,5341
A_{13}	0,2016	12,3354	12,3327	12,3355	12,3025	12,2823	12,2793	12,2795
A_{21}	0,4005	10,9074	10,9041	10,9072	10,8789	10,8604	10,8577	10,8552
A_{22}	0,4005	12,0542	12,0495	12,0531	12,0084	11,9880	11,9847	11,9802
A_{23}	0,4005	11,1766	11,1723	11,1753	11,1301	11,1102	11,1072	11,1019
A_{31}	0,6022	10,8631	10,8591	10,8623	10,8102	10,7898	10,7872	10,7854
A_{32}	0,6022	10,8483	10,8438	10,8476	10,7966	10,7755	10,7731	10,7701
A_{33}	0,6022	11,0763	11,0726	11,0755	11,0190	10,9989	10,9966	10,9923
A_{41}	0,8023	10,9524	10,9476	10,9497	10,8535	10,8295	10,8259	10,8171
A_{42}	0,8023	11,0078	11,0023	11,0067	10,9233	10,9003	10,8972	10,8918
A_{43}	0,8023	11,1837	11,1770	11,1815	11,0540	11,0271	11,0231	11,0151

Tabela I.11: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	12,3512	12,3354	12,3347	12,3224	12,3055	12,2951	12,2907	12,2897	12,2852
A_{12}	12,5192	12,5010	12,4978	12,4857	12,4683	12,4550	12,4490	12,4487	12,4425
A_{13}	12,2654	12,2472	12,2450	12,2318	12,2131	12,1981	12,1928	12,1919	12,1862
A_{21}	10,8419	10,8246	10,8235	10,8121	10,7980	10,7875	10,7846	10,7848	10,7803
A_{22}	11,9653	11,9464	11,9441	11,9281	11,9066	11,8892	11,8839	11,8890	11,8769
A_{23}	11,0874	11,0675	11,0632	11,0498	11,0288	11,0128	11,0030	11,0069	11,0018
A_{31}	10,7704	10,7508	10,7488	10,7362	10,7186	10,7034	10,7007	10,7005	10,6959
A_{32}	10,7547	10,7348	10,7343	10,7212	10,7048	10,6910	10,6891	10,6886	10,6836
A_{33}	10,9780	10,9580	10,9549	10,9423	10,9216	10,9083	10,9056	10,9050	10,9002
A_{41}	10,8007	10,7775	10,7726	10,7570	10,7323	10,7124	10,7094	10,7092	10,7027
A_{42}	10,8757	10,8558	10,8549	10,8408	10,8219	10,8061	10,8046	10,8046	10,7998
A_{43}	10,9954	10,9680	10,9632	10,9454	10,9168	10,8955	10,8914	10,8912	10,8842

Tabela I.11: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	12,2762	12,2558	12,2560	12,2490	12,2323	12,2246	12,2202	12,2210
A_{12}	12,4328	12,4089	12,4120	12,4027	12,3776	12,3650	12,3601	12,3614
A_{13}	12,1759	12,1520	12,1572	12,1478	12,1253	12,1128	12,1072	12,1088
A_{21}	10,7725	10,7577	10,7609	10,7557	10,7441	10,7396	10,7374	10,7387
A_{22}	11,8668	11,8472	11,8494	11,8433	11,8289	11,8231	11,8206	11,8218
A_{23}	10,9913	10,9683	10,9701	10,9644	10,9511	10,9451	10,9427	10,9441
A_{31}	10,6866	10,6682	10,6718	10,6656	10,6523	10,6465	10,6444	10,6462
A_{32}	10,6746	10,6531	10,6568	10,6502	10,6369	10,6315	10,6296	10,6309
A_{33}	10,8911	10,8726	10,8755	10,8686	10,8550	10,8491	10,8469	10,8489
A_{41}	10,6929	10,6736	10,6752	10,6681	10,6532	10,6466	10,6441	10,6457
A_{42}	10,7905	10,7732	10,7762	10,7697	10,7558	10,7498	10,7481	10,7499
A_{43}	19,8727	10,8506	10,8519	10,8446	10,8278	10,8208	10,8176	10,8197

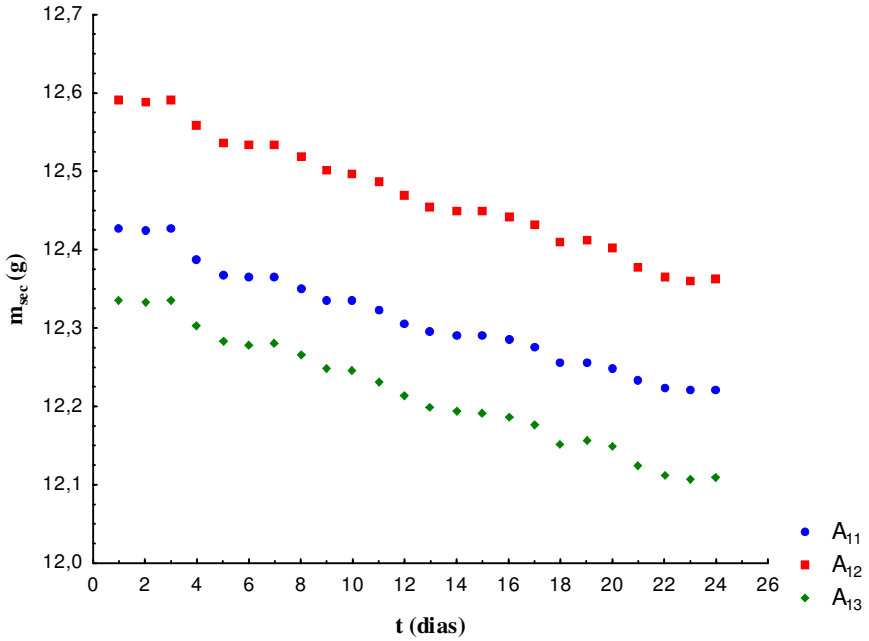

Figura I.49: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,2016) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

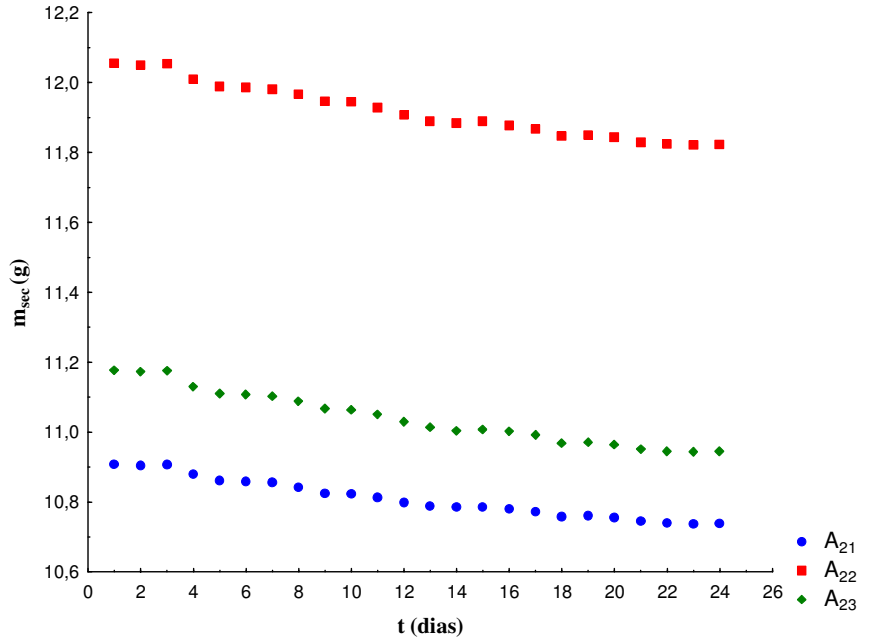

Figura I.50: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,4005) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

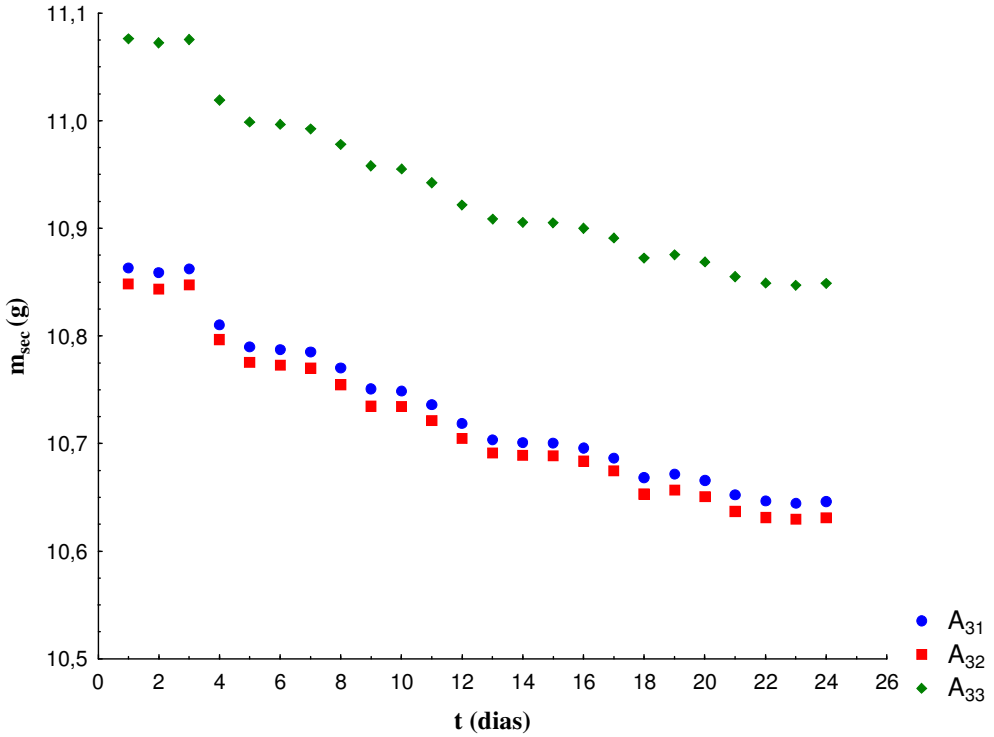

Figura I.51: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,6022) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

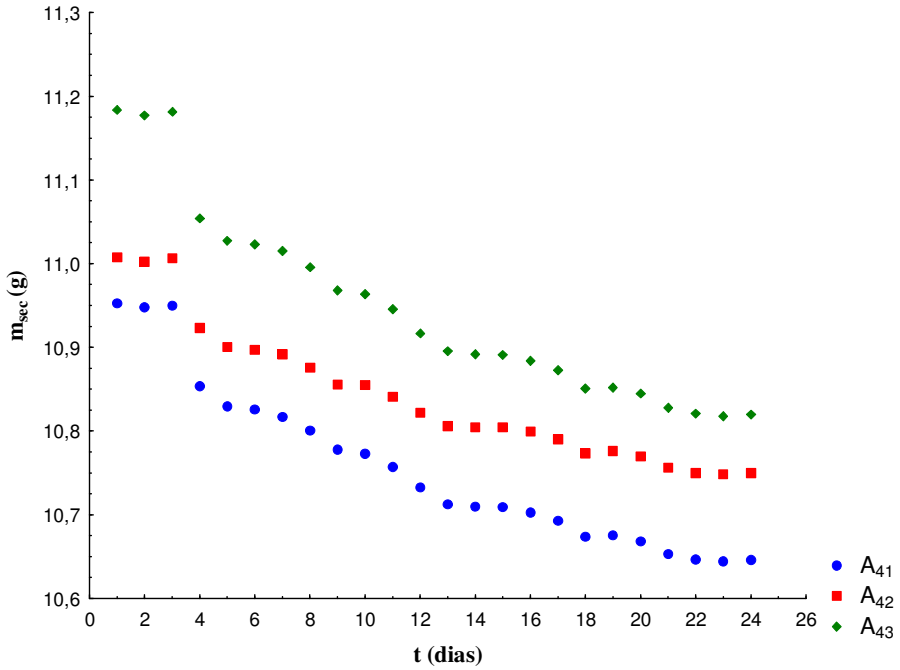

Figura I.52: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,8023) à *set-point* de temperatura de 50 ºC.

Tabela I.12: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2016	12,8806	12,8774	12,8781	12,8626	12,8388	12,8355	12,8321
A_{12}	0,2016	13,0845	13,0807	13,0820	13,0618	13,0391	13,0363	13,0333
A_{13}	0,2016	13,6282	13,6244	13,6263	13,6107	13,5878	13,5846	13,5818
A_{21}	0,4005	12,3300	12,3264	12,3278	12,2986	12,2748	12,2708	12,2639
A_{22}	0,4005	12,2799	12,2754	12,2778	12,2481	12,2246	12,2206	12,2152
A_{23}	0,4005	12,7286	12,7244	12,7255	12,6980	12,6713	12,6680	12,6638
A_{31}	0,6022	12,4076	12,4031	12,4034	12,3395	12,3079	12,3021	12,2897
A_{32}	0,6022	12,1918	12,1869	12,1885	12,1132	12,0798	12,0750	12,0639
A_{33}	0,6022	12,2951	12,2913	12,2919	12,2277	12,1953	12,1888	12,1772
A_{41}	0,8023	11,8285	11,8208	11,8226	11,7099	11,6729	11,6679	11,6553
A_{42}	0,8023	11,0899	11,0853	11,0857	11,0119	10,9843	10,9802	10,9694
A_{43}	0,8023	11,6586	11,6516	11,6533	11,5490	11,5119	11,5073	11,4948

Tabela I.12: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	12,8189	12,8006	12,7975	12,7853	12,7409	12,7113	12,7006	12,6969	12,6886
A_{12}	13,0208	13,0022	12,9997	12,9870	12,9507	12,9328	12,9284	12,9270	12,9189
A_{13}	13,5681	13,5493	13,5478	13,5333	13,4890	13,4635	12,4529	12,4488	12,4413
A_{21}	12,2484	12,2230	12,2166	12,1992	12,1526	12,1358	12,1301	12,1289	12,1208
A_{22}	12,1994	12,1751	12,1722	12,1566	12,1107	12,0897	12,0839	12,0826	12,0750
A_{23}	12,6493	12,6261	12,6203	12,6064	12,5571	12,5285	12,5217	12,5201	12,5117
A_{31}	12,2711	12,2391	12,2289	12,2089	12,1525	12,1298	12,1269	12,1263	12,1176
A_{32}	12,0420	12,0128	12,0036	11,9870	11,9396	11,9141	11,9128	11,9123	11,9041
A_{33}	12,1565	12,1206	12,1067	12,0849	12,0293	12,0029	12,0007	11,9998	11,9898
A_{41}	11,6320	11,5983	11,5906	11,5746	11,5252	11,5073	11,5042	11,5042	11,4973
A_{42}	10,9534	10,9284	10,9219	10,9054	10,8658	10,8507	10,8475	10,8476	10,8411
A_{43}	11,4727	11,4448	11,4366	11,4175	11,3681	11,3488	11,3467	11,3468	11,3404

Tabela I.12: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	12,6770	12,6545	12,6465	12,6331	12,5960	12,5787	12,5733	12,5746
A_{12}	12,9079	12,8789	12,8779	12,8688	12,8445	12,8323	12,8275	12,8277
A_{13}	12,4293	12,4042	12,3981	13,3853	13,3470	13,3278	13,3219	13,3225
A_{21}	12,1108	12,0849	12,0838	12,0767	12,0573	12,0501	12,0473	12,0486
A_{22}	12,0656	12,0440	12,0428	12,0348	12,0143	12,0067	12,0040	12,0055
A_{23}	12,5024	12,4775	12,4762	12,4683	12,4483	12,4399	12,4383	12,4389
A_{31}	12,1063	12,0785	12,0780	12,0698	12,0458	12,0373	12,0343	12,0367
A_{32}	11,8945	11,8717	11,8721	11,8646	11,8438	11,8364	11,8334	11,8352
A_{33}	11,9761	11,9516	11,9509	11,9427	11,9159	11,9097	11,9071	11,9096
A_{41}	11,4863	11,4639	11,4631	11,4558	11,4378	11,4310	11,4282	11,4311
A_{42}	10,8308	10,8130	10,8120	10,8056	10,7849	10,7781	10,7761	10,7788
A_{43}	11,3309	11,3131	11,3127	11,3064	11,2883	11,2815	11,2796	11,2819

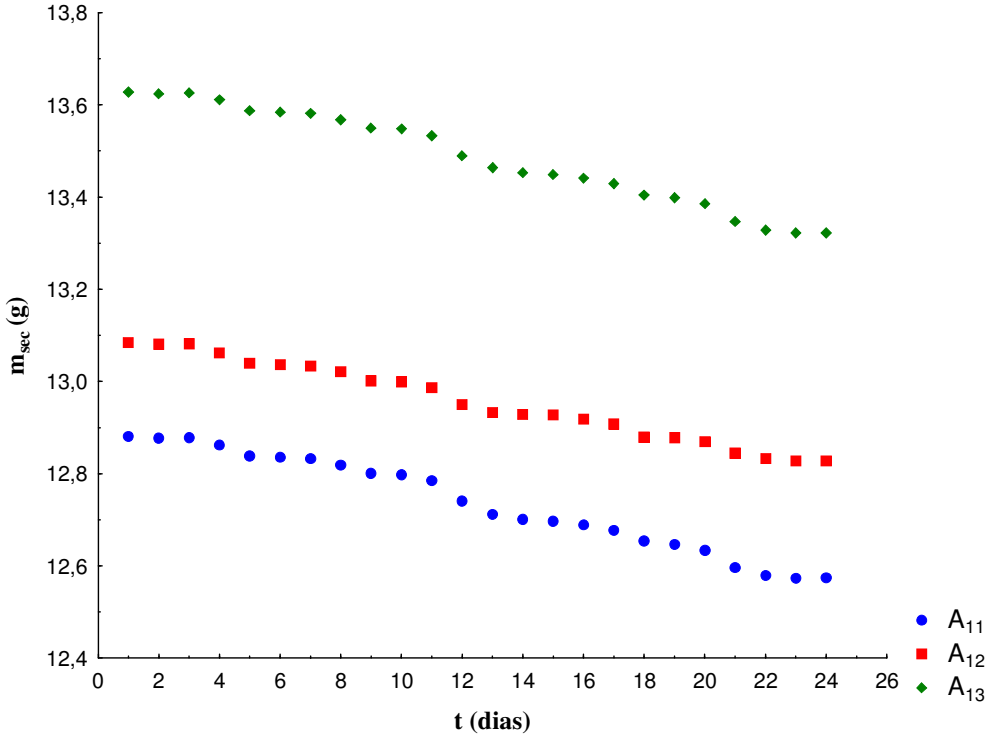

Figura I.53: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,2016) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

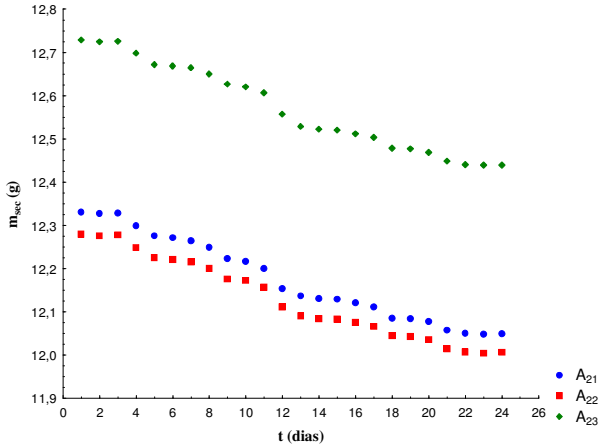

Figura I.54: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,4005) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

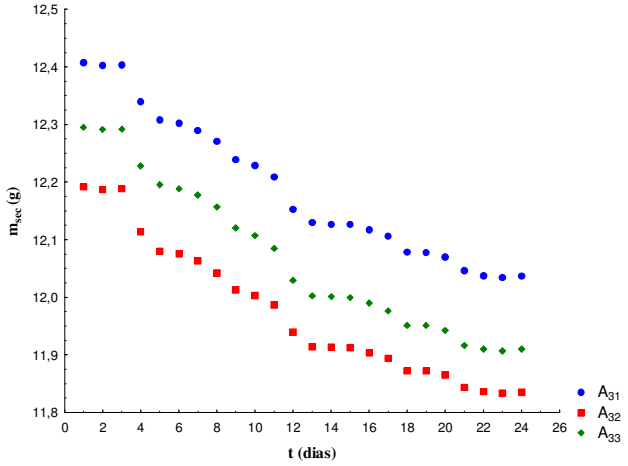

Figura I.55: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,6022) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

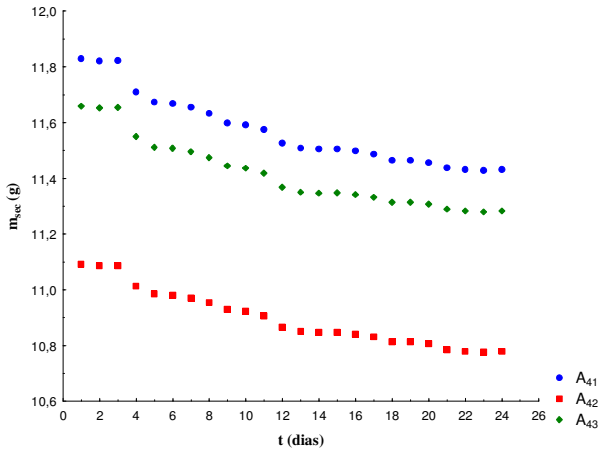

Figura I.56: Mix - Secagem do ácido dl-Málico em mistura de n-propanol e água (x =0,8023) à *set-point* de temperatura de 60 ºC.

APÊNDICE J. Dados experimentais na secagem do ácido succínico em solventes puros e em misturas de solventes.

J.1. Dados experimentais de secagem do ácido succínico em solventes puros.

J.1.1. Dados experimentais de secagem do ácido succínico em água.

Tabela J.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido succínico e água em diversas temperaturas.

A	T(K)	m_r	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	293,3	9,6588	11,6585	9,7818	9,7826	9,7818	9,7830	9,7816
A_{12}	293,3	9,4007	11,8710	9,5551	9,5545	9,5543	9,5550	9,5532
A_{13}	293,3	9,4219	11,4066	9,5441	9,5435	9,5433	9,5445	9,5423
RA_{11}	293,4	9,9966	12,2976	10,1357	10,1370	10,1357	10,1373	10,1358
RA_{12}	293,4	9,8464	11,7061	9,9600	9,9608	9,9598	9,9615	9,9603
RA_{13}	293,4	9,8751	11,7317	9,9848	9,9851	9,9851	9,9866	9,9847
A_{21}	303,0	9,8844	12,1342	10,1673	10,0870	10,0864	10,0857	10,0850
A_{22}	303,0	9,5047	11,9555	9,7962	9,7249	9,7252	9,7247	9,7242
A_{23}	303,0	9,7898	12,1757	10,1228	10,0248	10,0062	10,0036	10,0030
A_{31}	308,4	9,6646	12,2658	10,3780	10,0809	10,0016	9,9993	
A_{32}	308,4	9,6185	12,4967	10,5962	10,1893	10,0760	9,9960	9,9905
A_{33}	308,4	9,3910	12,1634	10,0233	9,8164	9,7525	9,7505	9,7511
A_{41}	322,6	9,4805	11,2300	9,9480	9,8108	9,7916	9,7932	9,7911
A_{42}	322,6	9,7402	11,0112	9,9902	9,9746	9,9694	9,9653	9,9650
A_{43}	322,6	9,4599	12,2404	10,3396	10,0493	9,9482	9,9473	9,9471
A_{51}	332,2	9,8589	13,0994	11,6269	10,7998	10,7248	10,6354	10,6309
A_{52}	332,2	9,8521	12,6582	11,2506	10,8875	10,7048	10,6480	10,5933
A_{53}	332,2	9,4747	12,6699	11,2869	10,5050	10,3001	10,2378	10,2344

Tabela J.01: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,7822	9,7824	9,7820	9,7826	9,7822	9,7817	9,7821	9,7830	9,7825
A_{12}	9,5541	9,5540	9,5536	9,5543	9,5546	9,5540	9,5537	9,5546	9,5542
A_{13}	9,5435	9,5433	9,5423	9,5424	9,5428	9,5425	9,5420	9,5433	9,5426
RA_{11}	10,1371	10,1356	10,1360	10,1369	10,1376	10,1367	10,1364	10,1374	10,1365
A_{12}	9,9608	9,9598	9,9609	9,9615	9,9617	9,9603	9,9601	9,9608	9,9596
RA_{13}	9,9858	9,9848	9,9855	9,9857	9,9861	9,9852	9,9857	9,9859	9,9855
A_{21}	10,0847	10,0857	10,0864	10,0859	10,0866	10,0846	10,0857	10,0848	10,0840

Continua ...

Tabela J.01: Continuação

A_{22}	9,7247	9,7267	9,7238	9,7246	9,7249	9,7245	9,7254	9,7236	9,7240
A_{23}	10,0039	10,0039	10,0031	10,0034	10,0034	10,0030	10,0031	10,0028	10,0027
A_{32}	9,9894	9,9887	9,9885	9,9882	9,9885	9,9873	9,9879	9,9878	9,9869
A_{33}	9,7503	9,7506	9,7495	9,7493	9,7499	9,7492	9,7498	9,7498	9,7493
A_{41}	9,7898	9,7896	9,7886	9,7878	9,7878	9,7875	9,7864	9,7866	9,7856
A_{42}	9,9633	9,9637	9,9640	9,9628	9,9623	9,9622	9,9622	9,9621	9,9609
A_{43}	9,9450	9,9448	9,9452	9,9433	9,9445	9,9441	9,9437	9,9437	9,9428
A_{51}	10,6263	10,6258	10,6253	10,6241	10,6239	10,6239	10,6227	10,6230	10,6216
A_{52}	10,5372	10,5200	10,5178	10,5157	10,5157	10,5145	10,5128	10,5122	10,5105
A_{53}	10,2326	10,2325	10,2326	10,2316	10,2319	10,2310	10,2305	10,2310	10,2299

Tabela J.01: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,7824	9,7821	9,7816	9,7817	9,7810	9,7798	9,7800	9,7779	9,7808
A_{12}	9,5538	9,5541	9,5533	9,5534	9,5525	9,5512	9,5495	9,5496	9,5503
A_{13}	9,5426	9,5413	9,5406	9,5403	9,5400	9,5395	9,5402	9,5396	9,5404
RA_{11}	10,1369	10,1362	10,1363	10,1372	10,1366	10,1363	10,1377	10,1357	10,1395
RA_{12}	9,9596	9,9595	9,9591	9,9597	9,9597	9,9606	9,9612	9,9596	9,9622
RA_{13}	9,9859	9,9854	9,9852	9,9851	9,9851	9,9856	9,9871	9,9850	9,9894
A_{21}	10,0851	10,0854	10,0849	10,0864	10,0872	10,0899			
A_{22}	9,7251	9,7244	9,7238	9,7260	9,7272	9,7293			
A_{23}	10,0032	10,0028	10,0045	10,0045	10,0052	10,0082			
A_{32}	9,9865	9,9864	9,9867	9,9875	9,9855	9,9905			
A_{33}	9,7489	9,7489	9,7497	9,7489	9,7490	9,7500			
A_{41}	9,7858	9,7841	9,7833	9,7857					
A_{42}	9,9605	9,9604	9,9605	9,9629					
A_{43}	9,9432	9,9421	9,9429	9,9439					
A_{51}	10,6218	10,6213	10,6208	10,6233					
A_{52}	10,5096	10,5094	10,5091	10,5114					
A_{53}	10,2291	10,2295	10,2284	10,2317					

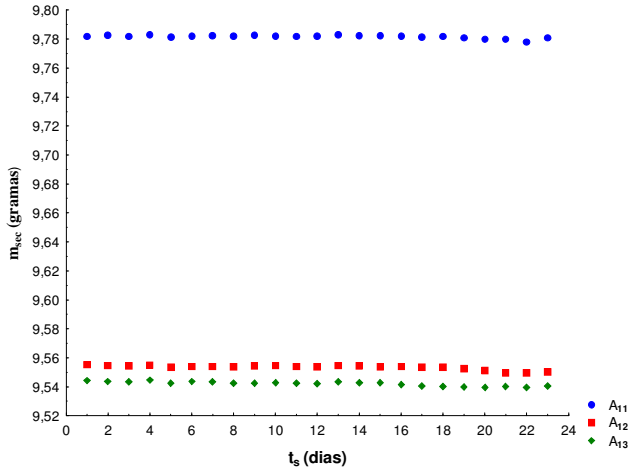

Figura J.01: RB - Solubilidades do ácido Succínico em água (293,4 K).

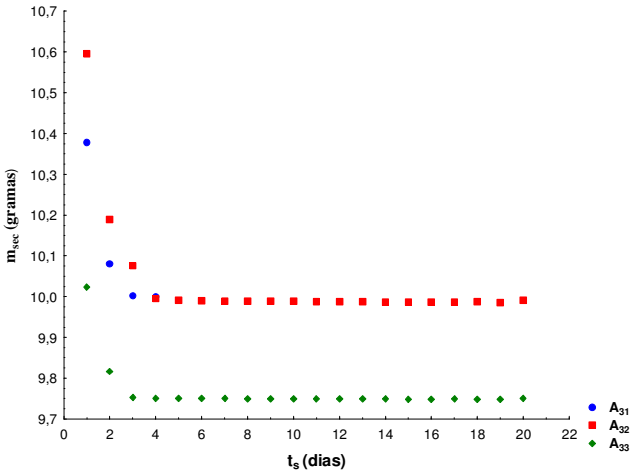

Figura J.01: RB - Solubilidades do ácido Succínico em água (313,0 K).

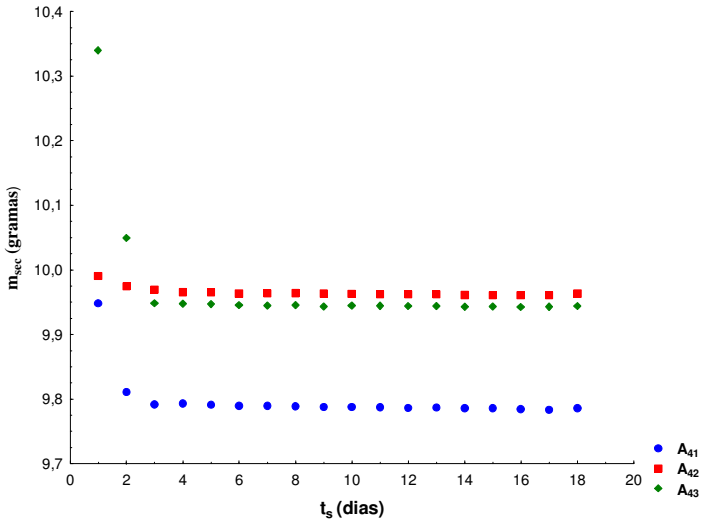

Figura J.01: RB - Solubilidades do ácido Succínico em água (322,7 K).

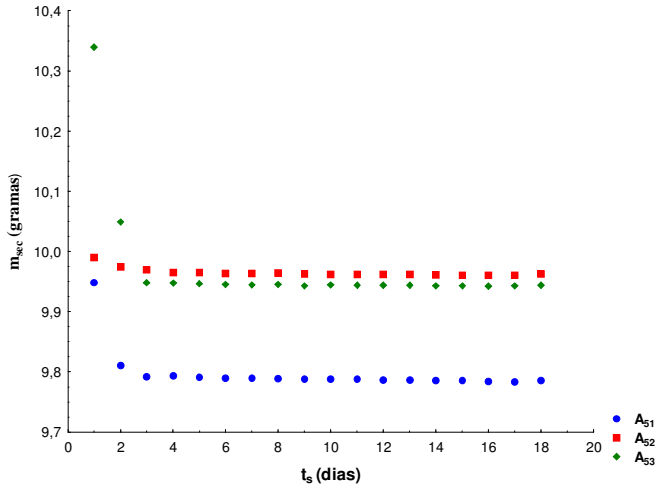

Figura J.01: RB - Solubilidades do ácido Succínico em água (332,1 K).

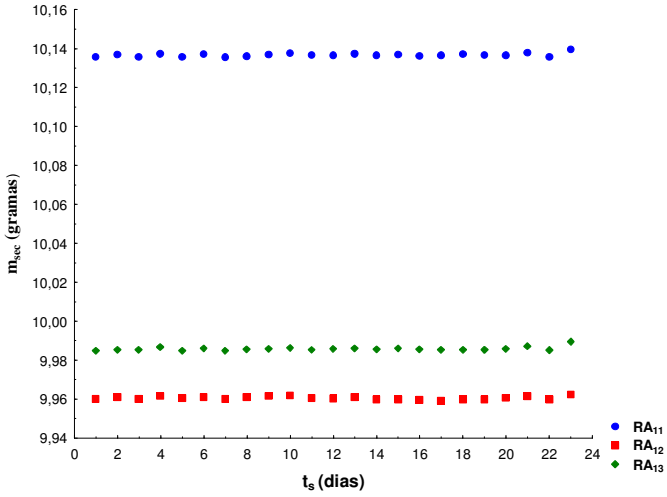

Figura J.01: RB - Solubilidades do ácido Succínico em água (293,5 K).

Tabela J.02: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido succínico e etanol em diversas temperaturas.

A	T (K)	m_r	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	293,3	9,4414	12,2122	9,6644	9,6614	9,6595	9,6591	9,6567	9,6558
A_{12}	293,3	9,4355	12,4788	9,6801	9,6763	9,6737	9,6732	9,6714	9,6704
A_{13}	293,3	9,3196	12,8198	9,6026	9,5985	9,5958	9,5956	9,593	9,5922
RA_{11}	293,4	9,6486	10,0252	9,6692	9,6691	9,6672	9,6687	9,6675	9,6678
RA_{12}	293,4	9,7489	11,889	9,9148	9,911	9,9097	9,9094	9,9079	9,9084
RA_{13}	293,4	9,4199	10,6348	9,5103	9,5081	9,5070	9,5074	9,5068	9,5076

Continua...

Tabela J.02: Continuação

A_{21}	303,0	9,4818	12,8968	9,8429	9,8378	9,8345	9,8320	9,8299	9,8295
A_{22}	303,0	9,4058	12,8655	9,7692	9,7651	9,7611	9,7590	9,7566	9,757
A_{23}	303,0	9,4509	12,0527	9,7200	9,7170	9,7140	9,7119	9,7104	9,7107
A_{31}	308,4	9,4422	11,8871	9,8655	9,8601	9,8564	9,8546	9,8535	9,8533
A_{32}	308,4	9,7860	13,7934	9,8341	9,8285	9,8251	9,8235	9,8224	9,8219
A_{33}	308,4	9,9081	13,1321	10,0124	10,0061	10,003	10,0004	9,9997	9,9989
A_{41}	322,6	9,4772	12,302	9,8521	9,8486	9,8454	9,8446	9,8408	9,8391
A_{42}	322,6	9,5022	13,0432	10,6515	10,4676	10,4617	10,4591	10,4551	10,4522
A_{43}	322,6	9,8983	12,5833	10,4621	10,4493	10,4457	10,4444	10,4408	10,4387
A_{51}	332,2	9,4772	12,302	10,0928	10,0883	10,0861	10,0827	10,0805	10,0753
A_{52}	332,2	9,5022	13,0432	10,2838	10,2725	10,2703	10,2666	10,2645	10,2586
A_{53}	332,2	9,8983	12,5833	10,4796	10,4755	10,4733	10,4698	10,4678	10,4343

Tabela J.02: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,6561	9,656	9,6554	9,6542	9,6534	9,6534	9,6535	9,6537	9,6532
A_{12}	9,6706	9,6701	9,6703	9,6678	9,6663	9,6671	9,6668	9,6661	9,6649
A_{13}	9,5915	9,5919	9,5913	9,5903	9,5885	9,5878	9,5878	9,5864	9,5851
RA_{11}	9,6668	9,6692	9,6699	9,6682	9,6674	9,6681	9,6674	9,6677	9,6672
RA_{12}	9,9076	9,9089	9,9100	9,9076	9,9079	9,9078	9,9085	9,908	9,9069
RA_{13}	9,5067	9,5081	9,5088	9,5070	9,5070	9,5070	9,5070	9,5063	9,5059
A_{21}	9,8293	9,8272	9,8239	9,8247	9,8354	9,8230	9,8216	9,8218	9,8154
A_{22}	9,7566	9,7554	9,7526	9,7521	9,7509	9,7490	9,7475	9,7487	9,7434
A_{23}	9,7107	9,7082	9,7070	9,7066	9,7054	9,7041	9,7025	9,7035	9,6967
A_{31}	9,8501	9,8488	9,8473	9,8471	9,8449	9,8432	9,8433	9,8366	9,8288
A_{32}	9,8183	9,8170	9,8161	9,8143	9,8129	9,8107	9,8120	9,8052	9,7995
A_{33}	9,9956	9,9935	9,9931	9,9923	9,9907	9,9885	9,9885	9,9839	9,9770
A_{41}	9,8387	9,8383	9,8372	9,8357	9,8338	9,8340	9,8281	9,8219	9,8141
A_{42}	10,4489	10,4465	10,4438	10,4402	10,4318	10,4279	10,4107	10,3965	10,3809
A_{43}	10,4355	10,4341	10,4327	10,4293	10,4270	10,4264	10,4194	10,4098	10,3999
A_{51}	10,0745	10,0720	10,069	10,0665	10,0659	10,0595	10,0478	10,0358	10,0258
A_{52}	10,2553	10,2536	10,2508	10,2467	10,2457	10,2354	10,2250	10,2104	10,1981
A_{53}	10,4630	10,4609	10,4591	10,4561	10,4560	10,4489	10,4408	10,4328	10,4269

Tabela J.02: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,6543	9,6526	9,6522	9,6521	9,6547	9,6535	9,6531	9,6543
A_{12}	9,6665	9,6642	9,6643	9,6642	9,6664	9,6645	9,6639	9,6656
A_{13}	9,5864	9,5835	9,5837	9,5830	9,5850	9,5831	9,5838	9,5848
RA_{11}	9,6697	9,6672	9,6669	9,6666	9,6709	9,6685	9,6697	9,6718
RA_{12}	9,9086	9,9072	9,9064	9,9066	9,9086	9,9073	9,9081	9,9106
RA_{13}	9,5089	9,5059	9,5071	9,5060	9,5088	9,5072	9,5054	9,5095
A_{21}	9,8091	9,8021	9,7940	9,7886	9,7893	9,7898	9,7890	9,7892
A_{22}	9,7360	9,7283	9,7206	9,7153	9,7156	9,7163	9,7156	9,7158
A_{23}	9,6909	9,6891	9,6904	9,6885	9,6890	9,6908	9,6888	9,6896
A_{31}	9,8206	9,8130	9,7890	9,7850	9,7879	9,7848	9,7838	9,7794
A_{32}	9,7905	9,7831	9,7603	9,7572	9,7607	9,7588	9,7567	9,7573
A_{33}	9,9688	9,9636	9,9390	9,9350	9,9359	9,9328	9,9317	9,9259
A_{41}	9,8066	9,7849	9,784	9,7849	9,7842	9,7843	9,7844	9,7837
A_{42}	10,3654	10,3226	10,3184	10,3193	10,3165	10,3146	10,3062	10,3051
A_{43}	10,3886	10,3558	10,352	10,3532	10,3506	10,3493	10,3449	10,3452
A_{51}	9,9897	9,9872	9,9894	9,9833	9,9815	9,9701	9,9685	9,9512
A_{52}	10,1644	10,1573	10,1586	10,1539	10,1526	10,1395	10,1362	10,1113
A_{53}	10,3964	10,392	10,3957	10,392	10,388	9,3819	10,3792	10,3632

Tabela J.02: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,6538	9,6524	9,6535	9,6507	9,6516	9,6509	9,6499	9,6538	9,6538
A_{12}	9,6651	9,6645	9,6648	9,6635	9,6631	9,6632	9,6622	9,665	9,665
A_{13}	9,5823	9,584	9,5834	9,5823	9,5821	9,5818	9,5806	9,5837	9,5837
RA_{11}	9,6674	9,6692	9,6688	9,668	9,6682	9,6674	9,6666	9,673	9,673
RA_{12}	9,9071	9,9074	9,9078	9,9065	9,906	9,9053	9,9042	9,9102	9,9102
RA_{13}	9,5086	9,5067	9,5072	9,5054	9,5055	9,5042	9,5044	9,5089	9,5089
A_{21}	9,7882	9,7864	9,7861	9,7848	9,7845	9,7887	9,7887		
A_{22}	9,7145	9,7129	9,7127	9,7116	9,7112	9,7144	9,7144		
A_{23}	9,6886	9,6863	9,6854	9,6849	9,6848	9,6894	9,6894		
A_{31}	9,7765	9,7764	9,7758	9,7747	9,7799	9,7799			
A_{32}	9,7556	9,7551	9,7542	9,7533	9,7586	9,7586			

Continua...

Tabela J.02: Continuação

A_{33}	9,9245	9,9241	9,9234	9,9227	9,9276	9,9276
A_{41}	9,7814	9,7805	9,7802	9,7837	9,7837	
A_{42}	10,302	10,3004	10,2991	10,3035	10,3035	
A_{43}	10,343	10,341	10,34	10,3433	10,3433	
A_{51}	9,9502	9,949	9,9538	9,9538		
A_{52}	10,0971	10,0855	10,0795	10,0795		
A_{53}	10,3522	10,3506	10,3496	10,3496		

Tabela J.03: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido succínico e n-propanol em diversas temperaturas.

A	T (K)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	293,3	9,4668	9,4643	9,4627	9,4628	9,4600	9,4598	9,4596
A_{12}	293,3	9,6433	9,6412	9,6398	9,6398	9,6370	9,6374	9,6366
A_{13}	293,3	9,7567	9,7544	9,7530	9,7525	9,7501	9,7499	9,7496
RA_{11}	293,4	9,4843	9,4820	9,4807	9,4801	9,4787	9,4777	9,4764
RA_{12}	293,4	9,5838	9,5818	9,5805	9,5806	9,5789	9,5784	9,5771
RA_{13}	293,4	10,0336	10,0314	10,0297	10,0302	10,0279	10,0272	10,0262
A_{21}	302,9	9,7631	9,7581	9,7568	9,7559	9,7543	9,7549	9,7535
A_{22}	302,9	10,2504	10,2465	10,2461	10,2448	10,2436	10,2438	10,2428
A_{23}	302,9	9,9971	9,9930	9,9932	9,9922	9,9910	9,9915	9,9906
A_{31}	312,8	9,9322	9,9285	9,9286	9,9282	9,9269	9,9257	9,9250
A_{32}	312,8	9,6443	9,6411	9,6415	9,6410	9,6394	9,6384	9,6374
A_{33}	312,8	10,3804	10,3553	10,3549	10,3543	10,3532	10,3525	10,3510
A_{41}	322,5	10,1202	10,1166	10,1160	10,1144	10,1131	10,1106	10,1089
A_{42}	322,5	10,1823	10,1441	10,1437	10,1419	10,1409	10,1384	10,1353
A_{43}	322,5	9,7497	9,7486	9,7482	9,7461	9,7451	9,7427	9,7413
A_{51}	332,2	9,8788	9,8393	9,8374	9,8372	9,8358	9,8316	9,8302
A_{52}	332,2	9,6569	9,8705	9,8693	9,8688	9,8670	9,8630	9,8533
A_{53}	332,2	9,7557	9,7543	9,7529	9,7534	9,7516	9,7446	9,7485

Tabela J.03: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,4597	9,4586	9,4578	9,4565	9,4552	9,4552	9,4542	9,4525	9,4512
A_{12}	9,6370	9,6365	9,6353	9,6341	9,6327	9,6340	9,6328	9,6315	9,6307
A_{13}	9,7497	9,7484	9,7475	9,7466	9,7458	9,7456	9,7440	9,7433	9,7413
RA_{11}	9,4765	9,4775	9,4768	9,4751	9,4739	9,4736	9,4711	9,4698	9,4691
RA_{12}	9,5777	9,5784	9,5776	9,5756	9,5753	9,5752	9,5740	9,5735	9,5717
RA_{13}	10,0259	10,0269	10,0258	10,0234	10,0222	10,0236	10,0225	10,0217	10,0196
A_{21}	9,7503	9,7501	9,7492	9,7471	9,7430	9,7365	9,7317	9,7184	9,7079
A_{22}	10,2401	10,2391	10,2387	10,2371	10,2355	10,2337	10,2327	10,2249	10,2200
A_{23}	9,9874	9,9874	9,9884	9,9863	9,9844	9,9826	9,9815	9,9756	9,9691
A_{31}	9,9228	9,9189	9,9161	9,9123	9,9096	9,9070	9,9034	9,8912	9,8832
A_{32}	9,6353	9,6336	9,6331	9,6312	9,6292	9,6274	9,6263	9,6174	9,6017
A_{33}	10,3481	10,3470	10,3467	10,3440	10,3415	10,3339	10,3269	10,3095	10,2947
A_{41}	10,1090	10,1057	10,1034	10,1011	10,0994	10,0906	10,0806	10,0773	10,0569
A_{42}	10,1315	10,1263	10,1234	10,1190	10,1137	10,0957	10,0764	10,0679	10,0444
A_{43}	9,7404	9,7379	9,7359	9,7340	9,7321	9,9738	9,7136	9,7101	9,6990
A_{51}	9,8294	9,8261	9,8241	9,8222	9,8189	9,8064	9,7969	9,7885	9,7705
A_{52}	9,8453	9,8383	9,8330	9,8263	9,8189	9,7934	9,7716	9,7627	9,7257
A_{53}	9,7490	9,7453	9,7426	9,7403	9,7389	9,7299	9,7235	9,7207	9,7060

Tabela J.03: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,4510	9,4429	9,4395	9,4360	9,4269	9,4258	9,4282	9,4268
A_{12}	9,6310	9,6260	9,6217	9,6212	9,6147	9,6136	9,6164	9,6153
A_{13}	9,7419	9,7365	9,7320	9,7291	9,7212	9,7176	9,7202	9,7170
RA_{11}	9,4678	9,4640	9,4598	9,4593	9,4490	9,4474	9,4499	9,4484
RA_{12}	9,5727	9,5679	9,5629	9,5620	9,5611	9,5604	9,5628	9,5617
RA_{13}	10,0199	10,0135	10,0098	10,0083	10,0004	9,9975	10,0019	10,0007
A_{21}	9,7042	9,6859	9,6839	9,6863	9,6822	9,6782	9,6746	9,5243
A_{22}	10,2194	10,2058	10,2018	10,2060	10,2019	10,2222	10,1958	10,1950
A_{23}	9,9607	9,9451	9,9416	9,9460	9,9418	9,9427	9,9357	9,9355
A_{31}	9,8808	9,8679	9,8643	9,8677	9,8637	9,8641	9,8566	9,8558
A_{32}	9,5971	9,5800	9,5757	9,5788	9,5752	9,5746	9,5668	9,5662
A_{33}	10,2898	10,2751	10,2719	10,2765	10,2724	10,2719	10,2653	10,2649

A_{41}	10,0542	10,0560	10,0512	10,0485	10,0451	10,0440	10,0316	10,0314
A_{42}	10,0391	10,0430	10,0374	10,0374	10,0284	10,0281	10,0103	10,0100
A_{43}	9,6953	9,6993	9,6950	9,6919	9,6879			
A_{51}	9,7657	9,7689	9,7647	9,7637	9,7560	9,7549	9,7401	9,7401
A_{52}	9,7217	9,7232	9,7186	9,7153	9,7088	9,7071	9,6905	9,6909
A_{53}	9,7045	9,7060	9,7023	9,6995	9,6956	9,6943	9,6830	9,6832

Tabela J.03: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,4259	9,4267	9,4271	9,4247	9,4257	9,4253	9,4243	9,4273
A_{12}	9,6157	9,6144	9,6153	9,6137	9,6144	9,6133	9,6122	9,6152
A_{13}	9,7186	9,7130						
RA_{11}	9,4470	9,4474	9,4474	9,4462	9,4462	9,4461	9,4452	9,4494
RA_{12}	9,5592	9,5601	9,5607	9,5580	9,5583	9,5583	9,5575	9,5623
RA_{13}	10,0008	9,9994	9,9999	9,9974	9,9981	9,9973	9,9969	10,0013
A_{21}	9,6608	9,6592	9,6530	9,6488	9,6472			9,6475
A_{22}	10,1839	10,1845	10,1775	10,1762				10,1825
A_{23}	9,9330	9,9335	9,9321	9,9317				9,9382
A_{31}	9,8444	9,8448	9,8428	9,8414				9,8466
A_{32}	9,5540	9,5546	9,5480	9,5474				9,5516
A_{33}	10,2514	10,2516	10,2427	10,2353	10,2286			10,2292
A_{41}	10,0226	10,0149	10,0077					10,0079
A_{42}	9,9986	9,9903	9,9831					9,9839
A_{43}								
A_{51}	9,7288	9,7203	9,7046					9,7046
A_{52}	9,6796	9,6685	9,6404					9,6404
A_{53}	9,6741	9,6677	9,6646					9,6654

J.2. Dados experimentais de secagem do ácido succínico em mistura de solventes.

Tabela J.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	10,9304	9,5055	9,4927	9,4909	9,4884	9,4884	9,4865
A_{12}	0,1989	11,3421	9,7200	9,4830	9,4790	9,4751	9,4763	9,4742
A_{13}	0,1989	11,7298	10,0449	9,8253	9,6570	9,6549	9,6538	9,6521
A_{21}	0,4005	11,1864	9,7332	9,7302	9,7286	9,7268	9,7272	9,7249
A_{22}	0,4005	11,5704	9,9192	9,9046	9,9015	9,8967	9,8967	9,8945
A_{23}	0,4005	11,3508	10,0430	10,0336	10,0273	10,0179	10,0178	10,0159
A_{31}	0,5957	11,1902	9,6609	9,6421	9,6188	9,6182	9,6178	9,6156
A_{32}	0,5957	10,6962	9,5963	9,5953	9,5895	9,5898	9,5909	9,5888
A_{33}	0,5957	11,6370	10,0672	10,0416	10,0306	10,0290	10,0285	10,0267
A_{41}	0,7926	11,6940	9,9662	9,9573	9,9539	9,9540	9,9553	9,9534
A_{42}	0,7926	11,8625	9,9848	9,9792	9,9737	9,9724	9,9719	9,9694
A_{43}	0,7926	10,9224	9,6782	9,6755	9,6718	9,6713	9,6714	9,6698

Tabela J.04: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,4849	9,4841	9,4816	9,4745	9,4746	9,4775	9,4750	9,4766	9,4779
A_{12}	9,4728	9,4706	9,4701	9,4555	9,4545	9,4581	9,4579	9,4582	9,4594
A_{13}	9,6521	9,6513	9,6484	9,6351	9,6349	9,6369	9,6350	9,6358	9,6368
A_{21}	9,7239	9,7243	9,7215	9,7113	9,7052	9,7001	9,6877	9,6880	9,6890
A_{22}	9,8934	9,8933	9,8915	9,8801	9,8701	9,8679	9,8577	9,8579	9,8603
A_{23}	10,0142	10,0139	10,0129	9,9952	9,9864	9,9889	9,9875	9,9876	9,9890
A_{31}	9,6128	9,6142	9,6114	9,5973	9,5881	9,5843	9,5674	9,5671	9,5681
A_{32}	9,5877	9,5882	9,5849	9,5712	9,5701	9,5731	9,5714	9,5717	9,5728
A_{33}	10,0255	10,0250	10,0223	10,0091	10,0048	9,9834	9,9834		9,9854
A_{41}	9,9533	9,9545	9,9510	9,9354	9,9330	9,9359	9,9333	9,9343	9,9352
A_{42}	9,9683	9,9684	9,9656	9,9479	9,9413	9,9409	9,9397	9,9404	9,9415
A_{43}	9,6693	9,6681	9,6668	9,6557	9,6556	9,6588	9,6566	9,6576	9,6589

Tabela J.04: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,4758	9,4755	9,4765	9,4758	9,4745	9,4751	9,4747	9,4743	9,4768
A_{12}	9,4578	9,4579	9,4573	9,4574	9,4550	9,4558	9,4546	9,4545	9,4574
A_{13}	9,6356	9,6354	9,6355	9,6348	9,6340	9,6343	9,6342	9,6332	9,6356
A_{21}	9,6873	9,6877	9,6875	9,6874					
A_{22}	9,8503	9,8576	9,8576	9,8570	9,8558	9,8562	9,8553	9,8553	9,8595
A_{23}	9,9877	9,9870	9,9870	9,9870	9,9860	9,9865	9,9855	9,9853	9,9840
A_{31}	9,5660	9,5661	9,5662	9,5650	9,5644	9,5654	9,5646	9,5651	9,5684
A_{32}	9,5699	9,5700	9,5707	9,5712	9,5683	9,5697	9,5685	9,5691	9,5720
A_{33}	9,9830	9,9839	9,9839	9,9832	9,9820	9,9830	9,9819	9,9813	9,9849
A_{41}	9,9333	9,9337	9,9335	9,9335	9,9317	9,9319	9,9314	9,9294	9,9262
A_{42}	9,9395	9,9397	9,9399	9,9401	9,9383	9,9392	9,9384	9,9376	9,9416
A_{43}	9,6575	9,6574	9,6574	9,6577	9,6559	9,6570	9,6560	9,6559	9,6591

Tabela J.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	9,7143	11,9431	10,0553	10,0493	10,0447	10,0447	10,0446	10,0400
A_{12}	0,1989	9,5677	11,7428	9,9100	9,8925	9,8897	9,8897	9,8894	9,8865
A_{13}	0,1989	9,5697	12,0078	10,0835	10,0302	9,9518	9,9518	9,9402	9,9341
A_{21}	0,4005	9,4760	11,0570	9,7529	9,7512	9,7468	9,7458	9,7457	9,7439
A_{22}	0,4005	9,5733	11,0499	9,8422	9,8276	9,8243	9,8242	9,8243	9,8216
A_{23}	0,4005	9,5372	11,6106	9,9078	9,9028	9,8985	9,8978	9,8976	9,8944
A_{31}	0,5957	9,5752	11,4180	9,8924	9,8882	9,8844	9,8826	9,8832	9,8804
A_{32}	0,5957	9,7265	11,0627	9,9515	9,9487	9,9456	9,9440	9,9448	9,9421
A_{33}	0,5957	9,5333	11,5077	10,0050	9,9754	9,8768	9,8714	9,8701	9,8652
A_{41}	0,7926	9,4322	10,9522	9,6597	9,6568	9,6525	9,6510	9,6510	9,6489
A_{42}	0,7926	9,4111	11,2551	9,6892	9,6866	9,6821	9,6820	9,6814	9,6785
A_{43}	0,7926	9,3511	10,6918	9,5503	9,5476	9,5438	9,5435	9,5433	9,5408

Tabela J.05: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,0387	10,0383	10,0361	10,0248	10,0167	10,0136	10,0032	10,0048	10,0059
A_{12}	9,8843	9,8831	9,8810	9,8640	9,8508	9,8517	9,8500	9,8508	9,6413
A_{13}	9,9321	9,9294	9,9264	9,9083	9,9044	9,9076	9,9060	9,9064	9,9072
A_{21}	9,7423	9,7426	9,7403	9,7184	9,7102	9,7031	9,6955	9,6967	9,6972
A_{22}	9,8210	9,8194	9,8189	9,8024	9,7925	9,7899	9,7768	9,7774	9,7787
A_{23}	9,8932	9,8931	9,8895	9,8623	9,8399	9,8330	9,8123	9,8128	9,8140
A_{31}	9,8794	9,8785	9,8756	9,8572	9,8414	9,8379	9,8232	9,8242	9,8249
A_{32}	9,9414	9,9418	9,9389	9,9216	9,9119	9,9140	9,9111	9,9124	9,9130
A_{33}	9,8628	9,8600	9,8555	9,8358	9,8258	9,8189	9,7958	9,7918	9,7923
A_{41}	9,6480	9,6460	9,6436	9,6262	9,6231	9,6247	9,6222	9,6229	9,6237
A_{42}	9,6771	9,6782	9,6746	9,6618	9,6488	9,6435	9,6325	9,6321	9,6330
A_{43}	9,5402	9,5399	9,5374	9,5215	9,5201	9,5219	9,5193	9,5203	9,5214

Tabela J.05: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,0020	10,0037	10,0048	10,0023	10,0021	10,0036	10,0023	10,0022	**10,0071**
A_{12}	9,8526	9,8504	9,8491	9,8497	9,8486	9,8496	9,8487	9,8486	**9,8532**
A_{13}	9,9059	9,9054	9,9058	9,9063	9,9046	9,9053	9,9043	9,9044	**9,9080**
A_{21}	9,6967	9,6956	9,6960	9,6961	9,6946	9,6950	9,6943	9,6938	**9,6967**
A_{22}	9,7761	9,7756	9,7776	9,7770	9,7749	9,7764	9,7757	9,7753	**9,7796**
A_{23}	9,8106	9,8125	9,8127	9,8116	9,8107	9,8120	9,8107	9,8107	**9,8137**
A_{31}		9,8235	9,8230	9,8233	9,8206	9,8221	9,8206	9,8208	**9,8234**
A_{32}	9,9101	9,9108	9,9124	9,9112	9,9100	9,9111	9,9102	9,9102	**9,9140**
A_{33}	9,7919	9,7874	9,7856	9,7777	9,7702	9,7707	9,7694	9,7697	**9,7726**
A_{41}	9,6217	9,6217	9,6231						
A_{42}	9,6298	9,6310	9,6222	9,6320	9,6295	9,6303	9,6293	9,6288	**9,6321**
A_{43}	9,5207	9,5201	9,5199	9,5203	9,5180	9,5190	9,5184	9,5178	**9,5202**

Tabela J.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	10,3980	10,1795	10,1788	10,1787	10,1757	10,1747	10,1751
A_{12}	0,1989	10,5944	10,1827	10,1725	10,1622	10,1513	10,1504	10,1488
A_{13}	0,1989	10,5614	10,0625	10,0454	10,0441	10,0408	10,0406	10,0406
A_{21}	0,4005	9,7890	9,7515	9,7426	9,7472	9,7420	9,7408	9,7401
A_{22}	0,4005	9,9053	9,8930	9,8911	9,8905	9,8880	9,8863	9,8863
A_{23}	0,4005	9,9291	9,7901	9,7854	9,7862	9,7812	9,7809	9,7768
A_{31}	0,5957	9,7971	9,7934	9,7912	9,7911	9,7871	9,7884	9,7872
A_{32}	0,5957	9,8725	9,8659	9,8629	9,8629	9,8587	9,8588	9,8582
A_{33}	0,5957	10,3129	10,3085	10,3058	10,3055	10,3029	10,3009	10,3007
A_{41}	0,7926	10,1291	10,1255	10,1242	10,1241	10,1207	10,1196	10,1201
A_{42}	0,7926	10,0026	9,9992	9,9970	9,9956	9,9929	9,9918	9,9905
A_{43}	0,7926	10,0333	10,0294	10,0274	10,0259	10,0235	10,0219	10,0198

Tabela J.06: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,1723	10,1566	10,1486	10,1473	10,1311	10,1265	10,1277	10,1212
A_{12}	10,1455	10,1212	10,1105	10,1038	10,0789	10,0752	10,0763	10,0711
A_{13}	10,0379	10,0158	10,0056	10,0037	9,9730	9,9695	9,9704	9,9663
A_{21}	9,7355	9,7188	9,7056	9,6978	9,6751	9,6715	9,6720	9,6669
A_{22}	9,8830	9,8658	9,8571	9,8503	9,8334	9,8301	9,8317	9,8257
A_{23}	9,7728	9,7449	9,7268	9,7192	9,6973	9,6931	9,6944	9,6877
A_{31}	9,7840	9,7667	9,7520	9,7466	9,7408	9,7408	9,7399	9,7399
A_{32}	9,8530	9,8412	9,8241	9,8183	9,7952	9,7896	9,7902	9,7852
A_{33}	10,2986	10,2747	10,2565	10,2498	10,2314	10,2289	10,2298	10,2243
A_{41}	10,1175	10,1044	10,0993	10,0970	10,0905	10,0911	10,0919	10,0898
A_{42}	9,9879	9,9659	9,9526	9,9479	9,9427	9,9433	9,9442	9,9427
A_{43}	10,0171	10,0024	9,9936	9,9878	9,9687	9,9665	9,9676	9,9629

Tabela J.06: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,1195	10,1142	10,1125	10,1079	10,1096	10,1087	10,1086	10,1128
A_{12}	10,0682	10,0660	10,6550	10,6280	10,0639	10,0628	10,0630	10,0661
A_{13}	9,9631	9,9580	9,9557	9,9510	9,9518	9,9508	9,9506	9,9552
A_{21}	9,6650	9,6594	9,6583	9,6558	9,6566	9,6554	9,6560	9,6594
A_{22}	9,8239	9,8170	9,8149	9,7969	9,7976	9,7918	9,7912	9,7945
A_{23}	9,6863	9,6794	9,6766	9,6676	9,6682	9,6672	9,6673	9,6699
A_{31}	9,7402	9,7386		9,7378	9,7381	9,7356	9,7356	9,7391
A_{32}	9,7824	9,7790	9,7776	9,7755	9,7765	9,7750	9,7747	9,7779
A_{33}	10,2227	10,2181	10,2166	10,2138	10,2148	10,2149	10,2131	10,2173
A_{41}	10,0902	10,0902	10,0887	10,0880	10,0891	10,0874	10,0872	10,0919
A_{42}	9,9427	9,9427	9,9431	9,9400	9,9416	9,9402	9,9402	9,9434
A_{43}	9,9617	9,9571	9,9545	9,9533	9,9553	9,9535		

Tabela J.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	11,5751	10,3846	10,0517	10,0444	10,0459	10,0403	10,0389
A_{12}	0,1989	11,5311	10,3410	10,0596	10,0533	10,0524	10,0494	10,0482
A_{13}	0,1989	11,5697	10,4983	10,2140	10,2114	10,2106	10,2077	10,2068
A_{21}	0,4005	11,5639	10,3414	10,1103	10,1013	10,0981	10,0933	10,0898
A_{22}	0,4005	10,8565	9,9208	9,8153	9,8108	9,8088	9,8064	9,8033
A_{23}	0,4005	12,0638	10,7149	10,5787	10,5749	10,5726	10,5681	10,5654
A_{31}	0,5957	11,0004	9,9264	9,9203	9,9166	9,9150	9,9119	9,9113
A_{32}	0,5957	11,7340	10,3547	10,3342	10,3296	10,3282	10,3238	10,3214
A_{33}	0,5957	11,0832	9,9703	9,8651	9,8605	9,8595	9,8564	9,8555
A_{41}	0,7926	10,8118	9,7820	9,7795	9,7770	9,7762	9,7725	9,7710
A_{42}	0,7926	10,9664	9,8454	9,8412	9,8385	9,8365	9,8334	9,8311
A_{43}	0,7926	11,3297	9,9015	9,8953	9,8931	9,8917	9,8873	9,8853

Tabela J.07: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,0364	10,0331	10,0148	9,9942	9,9847	9,9684	9,9632	9,9650	9,9605
A_{12}	10,0482	10,0440	10,0182	10,0006	9,9903	9,9682	9,9639	9,9647	9,9603
A_{13}	10,2046	10,2022	10,1732	10,1574	10,1552	10,1320	10,1305	10,1322	10,1261
A_{21}	10,0877	10,0831	10,0587	10,0395	10,0328	10,0164	10,0131	10,0147	10,0086
A_{22}	9,8014	9,7984	9,7753	9,7585	9,7542	9,7299	9,7288	9,7283	9,7236
A_{23}	10,5646	10,5582	10,5288	10,5070	10,4996	10,4776	10,4738	10,4758	10,4705
A_{31}	9,9106	9,9075	9,8867	9,8694	9,8407	9,8423	9,8374	9,8363	9,8362
A_{32}	10,3195	10,3170	10,2977	10,2896	10,2657	10,2675	10,2616	10,2562	10,2487
A_{33}	9,8527	9,8509	9,8257	9,8082	9,7814	9,7832	9,7773	9,7743	9,7680
A_{41}	9,7713	9,7671	9,7500	9,7426	9,7368	9,7195	9,7185	9,7197	9,7159
A_{42}	9,8304	9,8253	9,8065	9,7975	9,7902	9,7717	9,7719	9,7728	9,7711
A_{43}	9,8825	9,8784	9,8494	9,8316	9,8254	9,8116	9,8084	9,8097	9,8054

Tabela J.07: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,9569	9,9499	9,9470	9,9413	9,9423	9,9406		9,9435
A_{12}	9,9588	9,9532	9,9515	9,9500	9,9509	9,9496		9,9535
A_{13}	10,1254	10,1208	10,1176	10,1165	10,1181	10,1162		10,1216
A_{21}	10,0059	9,9986	9,9957	9,9738	9,9743	9,9479	9,9450	9,9454
A_{22}	9,7218	9,7157	9,7129	9,7114	9,7121	9,7107		9,7141
A_{23}	10,4679	10,4630	10,4603	10,4400	10,4410	10,4134	10,4077	10,4080
A_{31}	9,8357	9,8326	9,8357	9,8326	9,8337	9,8313		9,8353
A_{32}	10,2449	10,2250	10,2449	10,2250	10,2256	10,1974	10,1932	10,1938
A_{33}	9,7660	9,7571	9,7660	9,7571	9,7575	9,7562		9,7600
A_{41}	9,7167	9,7163	9,7162	9,7142	9,7148	9,7134		9,7166
A_{42}	9,7703	9,7699	9,7695	9,7677	9,7688	9,7671		9,7704
A_{43}	9,8029	9,7989	9,7968	9,7950	9,7950	9,7947		9,7984

Tabela J.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	11,1354	10,0943	10,0805	10,0786	10,0765	10,0752	10,0728	10,0699
A_{12}	0,1989	11,8414	10,6634	10,6106	10,6084	10,6062	10,6035	10,6038	10,5990
A_{13}	0,1989	11,5390	10,2692	10,2422	10,2324	10,2257	10,2242	10,2200	10,2132
A_{21}	0,4005	11,4491	10,3958	10,3872	10,3843	10,3789	10,3779	10,3743	10,3703
A_{22}	0,4005	11,2696	10,1741	10,1596	10,1582	10,1483	10,1465	10,1440	10,1405
A_{23}	0,4005	11,8148	10,5784	10,5707	10,5685	10,5645	10,5622	10,5619	10,5555
A_{31}	0,5957	13,1307	11,3652	11,1121	11,1094	11,1032	11,0978	11,0834	11,0684
A_{32}	0,5957	12,1824	10,5300	10,5241	10,5230	10,5183	10,5145	10,5121	10,5065
A_{33}	0,5957	12,5866	10,5800	10,5635	10,5618	10,5553	10,5500	10,5469	10,5298
A_{41}	0,7926	11,0848	9,9148	9,9105	9,9098	9,9057	9,9030	9,9018	9,8963
A_{42}	0,7926	11,3712	10,1547	10,1506	10,1499	10,1462	10,1430	10,1420	10,1384
A_{43}	0,7926	11,1354	10,1210	10,1178	10,1170	10,1134	10,1115	10,1100	10,1058

Tabela J.08:Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,0434	10,0272	10,0151	9,9976	9,9928	9,9940	9,9899	9,9862
A_{12}	10,5567	10,5362	10,5322	10,5105	10,5067	10,5096	10,5031	10,4994
A_{13}	10,1869	10,1743	10,1688	10,1422	10,1382	10,1391	10,1336	10,1307
A_{21}	10,3316	10,3122	10,3089	10,2848	10,2813	10,2818	10,2778	10,2741
A_{22}	10,1143	10,0931	10,0850	10,0560	10,0498	10,0459	10,0510	10,0435
A_{23}	10,5184	10,4962	10,4847	10,4646	10,4610	10,4623	10,4567	10,4525
A_{31}	10,9932	10,9531	10,9434	10,9077	10,9047	10,9049	10,8988	10,8945
A_{32}	10,4412	10,4070	10,3932	10,3701	10,3661	10,3675	10,3635	10,3596
A_{33}	10,4453	10,4140	10,4009	10,3740	10,3675	10,3687	10,3619	10,3581
A_{41}	9,8676	9,8475	9,8398	9,8220	9,8192	9,8200	9,8151	9,8120
A_{42}	10,1109	10,0927	10,0893	10,0715	10,0685	10,0700	10,0651	10,0628
A_{43}	10,0874	10,0813	10,0762	10,0569	10,0531	10,0551	10,0499	10,0481

Tabela J.08:Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,9784	9,9752	9,9577	9,9584	9,9554		9,9583
A_{12}	10,4920	10,4885	10,4687	10,4694	10,4614		10,4661
A_{13}	10,1227	10,1197	10,1018	10,1026	10,0873		10,0895
A_{21}	10,2670	10,2638	10,2465	10,2472	10,2227	10,2198	10,2204
A_{22}	10,0357	10,0321	10,0125	10,0144	9,9946	9,9919	9,9926
A_{23}	10,4413	10,4381	10,4153	10,4165	10,3866	10,3716	10,3723
A_{31}	10,8861	10,8811	10,8528	10,8535	10,8129	10,7778	10,7673
A_{32}	10,3510	10,3484	10,3264	10,3276	10,2931	10,2660	10,2658
A_{33}	10,3493	10,3450	10,3197	10,3208	10,2830	10,2449	10,2387
A_{41}	9,8063	9,8029	9,7876	9,7884	9,7862		9,7891
A_{42}	10,0566	10,0523	10,0358	10,0362	10,0231		10,0267
A_{43}	10,0404	10,0384	10,0236	10,0241	10,0192		10,0231

J.2.2 Dados experimentais de secagem do ácido succínico em mistura de n-propanol e água.

Tabela J.09: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,4026	9,4469	9,4448	9,4395	9,4375	9,4343	9,4335	9,4330	9,4330
A_{12}	0,4026	9,5512	9,5488	9,5432	9,5415	9,5373	9,5364	9,5355	9,5355
A_{13}	0,4026	9,6657	9,6612	9,6500	9,6457	9,6368	9,6352	9,6341	9,6341
A_{21}	0,5996	9,6652	9,6620	9,6540	9,6501	9,6453	9,6438	9,6435	9,6435
A_{22}	0,5996	9,9545	9,9528	9,9473	9,9457	9,9412	9,9404	9,9396	9,9396
A_{23}	0,5996	9,5472	9,5445	9,5386	9,5362	9,5320	9,5316	9,5304	9,5304
A_{31}	0,7974	9,5398	9,5388	9,5323	9,5308	9,5261	9,5261	9,5250	9,5250
A_{32}	0,7974	9,5386	9,5381	9,5338	9,5316	9,5283	9,5283	9,5278	9,5278
A_{33}	0,7974	9,6485	9,6474	9,6418	9,6403	9,6369	9,6363	9,6362	9,6362

Tabela J.09: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,4212	9,4203	9,4206	9,4202	9,4214	9,4195	9,4197	9,4195	9,4196
A_{12}	9,5177	9,5169	9,5157	9,5168	9,5175	9,5165	9,5167	9,5167	9,5166
A_{13}	9,5920	9,5803	9,5714	9,5722	9,5727	9,5722	9,5707	9,5711	9,5719
A_{21}	9,6126	9,6046	9,6045	9,6043	9,6054	9,6037	9,6039	9,6034	9,6041
A_{22}	9,9202	9,9194	9,9184	9,9184	9,9201	9,9186	9,9180	9,9192	9,9180
A_{23}	9,5115	9,5102	9,5100	9,5087	9,5104	9,5091	9,5084	9,5086	9,5091
A_{31}	9,5147	9,5136	9,5131	9,5140	9,5148	9,5133	9,5132	9,5129	9,5136
A_{32}	9,5235	9,5215	9,5204	9,5194	9,5209	9,5192	9,5186	9,5187	9,5187
A_{33}	9,6265	9,6248	9,6245	9,6249	9,6262	9,6248	9,6247	9,6237	9,6248

Tabela J.09: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,4203	9,4202	9,4199	9,4193	9,4202	9,4205	9,4188	**9,4186**	9,4189
A_{12}	9,5164	9,5161	9,5158	9,5164	9,5170	9,5158	**9,5153**	9,5153	
A_{13}	9,5714	9,5725	9,5703	9,5738	9,5735	9,5643	**9,5624**	9,5629	
A_{21}	9,6039	9,6047	9,6046	9,6034	9,6030	9,6033	9,6022	**9,6016**	9,6015
A_{22}	9,9182	9,9178	**9,9175**	9,9191	9,9193	9,9184	9,9176	9,9177	
A_{23}	9,5092	9,5093	9,5099	9,5082	9,5082	9,5092	9,5070	**9,5063**	9,5064
A_{31}	9,5137	9,5138	9,5134	9,5129	9,5147	9,5146	9,5132	**9,5126**	9,5132
A_{32}	9,5184	9,5192	9,5176	9,5184	9,5182	9,5161	**9,5155**	9,5155	
A_{33}	9,6248	9,6247	9,6252	9,6241	9,6253	9,6251	9,6234	**9,6230**	9,6237

Tabela J.10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,4026	9,9387	9,9374	9,9319	9,9292	9,9240	9,9236	9,9224	9,9165
A_{12}	0,4026	10,4039	10,4018	10,3929	10,3894	10,3809	10,3793	10,3783	10,3660
A_{13}	0,4026	9,8619	9,8598	9,8520	9,8487	9,8413	9,8400	9,8396	9,8291
A_{21}	0,5996	9,6102	9,6083	9,6040	9,6024	9,5948	9,5944	9,5936	9,5864
A_{22}	0,5996	9,5239	9,5209	9,5173	9,5148	9,5102	9,5098	9,5086	9,5025
A_{23}	0,5996	9,8946	9,8928	9,8877	9,8836	9,8771	9,8757	9,8748	9,8650
A_{31}	0,7974	9,7427	9,7410	9,7350	9,7333	9,7285	9,7278	9,7267	9,7198
A_{32}	0,7974	9,6736	9,6718	9,6660	9,6639	9,6598	9,6595	9,6591	9,6542
A_{33}	0,7974	10,2906	10,2882	10,2804	10,2763	10,2680	10,2652	10,2641	10,2550

Tabela J.10: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,9044	9,9032	9,9024	9,9020	9,4036	9,9012	9,9014		9,9017
A_{12}	10,3409	10,3297	10,3195	10,3168	10,3184	10,3167	10,3164	10,3155	10,3161
A_{13}	9,8025	9,7905	9,7775	9,7763	9,7768	9,7757	9,7758	9,7755	9,7760
A_{22}	9,4920	9,4908	9,4895	9,4905	9,4916	9,4898	9,4898		9,4908
A_{23}	9,8499	9,8476	9,8475	9,8472	9,8492	9,8473	9,8472	9,8470	9,8474
A_{31}	9,7082	9,7068	9,7066	9,7066	9,7078	9,7066	9,7066	9,7058	9,7064
A_{32}	9,6528	9,6517	9,6509	9,6503	9,6526	9,6504	9,6512	9,6497	9,6502
A_{33}	10,2341	10,2325	10,2323	10,2315	10,2327	10,2309	10,2313		10,2320

Tabela J.10: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,9015	9,9018	9,9026	9,9012	9,9040	9,9033	9,9016	9,9006	9,9014
A_{12}	10,3170	10,3168	10,3171	10,3160	10,3169	10,3170	10,3153	10,3134	10,3140
A_{13}	9,7756	9,7759	9,7756	9,7754	9,7765	9,7758	9,7751	9,7742	9,7742
A_{21}									
A_{22}	9,4900	9,4901	9,4894	9,4894	9,4910	9,4905	9,4894	9,4884	9,4887
A_{23}	9,8477	9,8469	9,8474	9,8463	9,8491	9,8483	9,8470	9,8463	9,8452
A_{31}	9,7064	9,7068	9,7075	9,7065	9,7072	9,7071	9,7063	9,7055	9,7058
A_{32}	9,6510	9,6510	0,6504	9,6493	9,6513	9,6510	9,6504	9,6504	9,6501
A_{33}	10,2318	10,2318	10,2313	10,2313	10,2312	10,2321	10,2311	10,2304	10,2306

Tabela J.11: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_k	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,4026	9,8243	9,8214	9,8153	9,8122	9,8079	9,8069	9,8057	9,7975
A_{12}	0,4026	10,0634	10,0599	10,0519	10,0490	10,0433	10,0411	10,0392	10,0304
A_{13}	0,4026	9,7417	9,7396	9,7363	9,7347	9,7314	9,7302	9,7301	9,7239
A_{21}	0,5996	9,7587	9,7570	9,7523	9,7501	9,7464	9,7462	9,7448	9,7396
A_{22}	0,5996	9,7697	9,7684	9,7643	9,7618	9,7580	9,7574	9,7590	9,7511
A_{23}	0,5996	9,6744	9,6736	9,6698	9,6685	9,6650	9,6644	9,6641	9,6603
A_{31}	0,7974	9,6536	9,6529	9,6478	9,6456	9,6420	9,6412	9,6407	9,6356
A_{32}	0,7974	9,5689	9,5685	9,5645	9,5627	9,5592	9,5601	9,5588	9,5592
A_{33}	0,7974	9,6859	9,6854	9,6802	9,6776	9,6735	9,6731	9,6720	9,6666

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,7721	9,7699	9,7693	9,7701	9,7708	9,7696	9,7700	9,7688	9,7695
A_{12}	10,0056	9,9948	9,9902	9,9903	9,9923	9,9904	9,9904	9,9891	9,9895
A_{13}	9,7188	9,7170	9,7169	9,7174	9,7187	9,7174	9,9168	9,7170	9,7168
A_{21}	9,7387	9,7373	9,7373	9,7365	9,7375	9,7336	9,7356	9,7355	9,7352
A_{22}	9,7459	9,7465	9,7439	9,7441	9,7450	9,7441	9,7446	9,7434	9,7438
A_{23}	9,6591	9,6584	9,6571	9,6573	9,6584	9,6569	9,6565	9,6568	9,6573
A_{31}	9,6312	9,6306	9,6309	9,6300	9,6313	9,6300	9,6299	9,6307	9,6295
A_{32}	9,5579	9,5572	9,5562	9,5571	9,5576	9,5563	9,5569	9,5558	9,5566
A_{33}	9,6642	9,6636	9,6622	9,6624	9,6645	9,6625	9,6617	9,6618	9,6622

Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,7694	9,7684	9,7686	9,7692	9,7702	9,7700	9,7688	9,7683	9,7681
A_{12}	9,9903	9,9905	9,9903	9,9897	9,9903	9,9906	9,9887	9,9881	9,9887
A_{13}	9,7166	9,7171	9,7165	9,7188	9,7177	9,7164	9,7158	9,7160	
A_{21}	9,7355	9,7352	9,7355	9,7367	9,7361	9,7350	9,7336	9,7333	
A_{22}	9,7444	9,7443	9,7441	9,7437	9,7441	9,7447	9,7434	9,7428	9,7434
A_{23}	9,6570	9,6573	9,6569	9,6572	9,6571	9,6563	9,6551	9,6551	
A_{31}	9,6295	9,6304	9,6294	9,6299	9,6309	9,6292	9,6293	9,6292	
A_{32}	9,5568	9,5564	9,5558	9,5567	9,5566	9,5560	9,5551	9,5553	
A_{33}	9,6623	9,6620	9,6617	9,6638	9,6637	9,6619	9,6604	9,6612	

Tabela J.12: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,4026	9,3795	10,6229	9,6581	9,6588	9,6527	9,6519	9,6491	9,649
A_{12}	0,4026	9,5899	11,3912	9,9947	9,9946	9,9893	9,9878	9,9837	9,984
A_{13}	0,4026	9,4079	11,2885	9,8434	9,8424	9,8284	9,8264	9,8205	9,8197
A_{21}	0,5996	9,3827	10,7924	9,6452	9,6431	9,6391	9,6368	9,6333	9,6333
A_{22}	0,5996	9,3859	11,0573	9,6984	9,6963	9,6918	9,6899	9,686	9,6853
A_{23}	0,5996	9,3508	10,917	9,6448	9,6421	9,6368	9,6349	9,6307	9,6299
A_{31}	0,7974	9,4093	10,5034	9,5652	9,5644	9,5602	9,5592	9,5547	9,5562
A_{32}	0,7974	9,6545	11,5064	9,9296	9,9276	9,9195	9,917	9,9122	9,9114
A_{33}	0,7974	9,4226	11,064	9,6611	9,6597	9,6548	9,6524	9,6482	9,6479

Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,6489	9,6484	9,6465	9,6433	9,6418	9,6411	9,6427	9,6413	9,6408	9,6399
A_{12}	9,9831	9,98	9,9793	9,9765	9,9732	9,9722	9,9734	9,9722	9,9717	9,9717
A_{13}	9,8182	9,8118	9,7935							
A_{21}	9,6329	9,6277	9,625	9,625	9,6245	9,6236	9,6249	9,6236	9,6231	9,6228
A_{22}	9,6849	9,6782	9,6699	9,6693	9,6688	9,6684	9,6695	9,6679	9,6682	9,6675
A_{23}	9,6291	9,623	9,6119	9,6104	9,6093	9,6095	9,6112	9,6091	9,6087	9,6096
A_{31}	9,5557	9,5558	9,5544	9,5543	9,5529	9,5531	9,5544	9,5535	9,5538	9,5541
A_{32}	9,9095	9,9031	9,8828	9,8804	9,8795	9,8792	9,8804	9,8786	9,8787	9,8788
A_{33}	9,6466	9,6418	9,6317	9,6302	9,6296	9,629	9,6306	9,6289	9,6292	9,6302

Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,6403	9,64	9,6405	9,6404	9,6395	9,6389	9,6378	9,637	9,6369	
A_{12}	9,9716	9,9723	9,9726	9,9716	9,9717	9,9692	9,9703	9,969	9,9678	9,9684
A_{21}	9,6234	9,623	9,6227	9,6232	9,6257	9,6242	9,6228	9,623	9,6227	
A_{22}	9,6676	9,668	9,6679	9,6675	9,6679	9,6693	9,6688	9,6679	9,6669	9,6665
A_{23}	9,6093	9,6102	9,6089	9,609	9,6114	9,61	9,6088	9,6079	9,6085	
A_{31}	9,5531	9,5533	9,5528	9,5528	9,5544	9,5539	9,5528	9,5522	9,5524	
A_{32}	9,8792	9,8792	9,8796	9,8783	9,8805	9,8797	9,878	9,8774	9,8773	
A_{33}	9,6289	9,629	9,6303	9,6291	9,6307	9,6299	9,6287	9,6281	9,6281	

Tabela J.13: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,4026	9,9683	11,6057	10,4555	10,4525	10,4429	10,4407	10,4309
A_{12}	0,4026	9,6212	11,4439	10,1778	10,1733	10,1629	10,1583	10,1462
A_{13}	0,4026	9,5677	11,1373	10,0484	10,0412	10,0235	10,0186	10,0039
A_{21}	0,5996	9,9303	12,2567	10,5455	10,5423	10,5318	10,5258	10,5070
A_{22}	0,5996	9,5127	12,6621	10,3903	10,3859	10,3712	10,3643	10,3236
A_{23}	0,5996	9,8267	12,3575	10,6406	10,5779	10,5615	10,5546	10,4888
A_{31}	0,7974	9,3146	11,9491	9,8487	9,8452	9,8263	9,8219	9,8073
A_{32}	0,7974	9,4563	10,4872	9,6427	9,6406	9,6365	9,6345	9,6302
A_{33}	0,7974	9,7821	11,0166	10,0070	10,0029	9,9977	9,9944	9,9893

Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,4305	10,4214	10,3913	10,3792	10,3648	10,3613	10,3616	10,3603
A_{12}	10,1448	10,1290	10,0862	10,0736	10,0579	10,0534	10,0534	10,0501
A_{13}	10,0007	9,9863	9,9510	9,9380	9,9273	9,9267	9,9281	9,9257
A_{21}	10,4975	10,4769	10,4156	10,3955	10,3745	10,3687	10,3685	10,3632
A_{22}	10,3015	10,2616	10,1672	10,1458	10,1205	10,1120	10,1115	10,1067
A_{23}	10,4624	10,4051	10,2505	10,2102	10,1808	10,1741	10,1736	10,1699
A_{31}	9,8063	9,7848	9,7326	9,7173	9,7005	9,6958	9,6954	
A_{32}	9,6292	9,6259	9,6146	9,6138	9,6138	9,6136	9,6145	
A_{33}	9,9886	9,9827	9,9632	9,9611	9,9614	9,9610	9,9621	

Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,3605	10,3610	10,3609	10,3609	10,3617	10,3591	10,3615	10,3607
A_{12}	10,0489	10,0489	10,0490	10,0489	10,0486	10,0432	10,0425	10,0395
A_{13}	9,9261	9,9258	9,9262	9,9270	9,9262	9,9256	9,9269	9,9268
A_{21}	10,3626	10,3615	10,3603	10,3593	10,3596	10,3542	10,3609	10,3505
A_{22}	10,1064	10,1047	10,1038	10,1022	10,1019	10,0963	10,0940	10,0882
A_{23}	10,1693	10,1686	10,1685	10,1673	10,1672	10,1658	10,1623	10,1615
A_{31}								
A_{32}								

Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,3600	10,3596	10,3598				
A_{12}	10,0380	10,0372	10,0372				
A_{13}	9,9251	9,9240	9,9242				
A_{21}	10,3466	10,3419	10,3364	10,3309	10,3282	10,3299	
A_{22}	10,0822	10,0786	10,0732	10,0648	10,0624	10,0630	
A_{23}	10,1548	10,1510	10,1472	10,1423	10,1367	10,1344	10,1354
A_{31}							
A_{32}							
A_{33}							

APÊNDICE K. Dados experimentais na secagem do ácido cítrico em solventes puros e em misturas de solventes.

K.1. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em solventes puros.

K.1.1. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em água.

Tabela K.01: Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido cítrico e água em diversas temperaturas.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	46,3670	46,3586	46,3532	46,3527	46,3523	46,3514	46,3501	46,3508
A_{12}	51,3087	51,3018	51,2992	51,2968	51,2940	51,2914	51,2923	51,2918
A_{13}	35,0229	35,0189	35,0167	35,0023	34,9954	34,9937	34,9925	34,9934
RA_{11}	45,7515	45,7490	45,7467	45,7416	45,7398	45,7387	45,7395	45,7392
RA_{12}	81,4451	81,4402	81,4336	81,4321	81,4312	81,4306	81,4285	81,4289
RA_{13}	84,9245	84,9245	84,9252					
RA_{11}	42,7632	42,7589	42,7571	42,7567				
RA_{12}	67,0822	67,0678	67,0645	67,0627				
RA_{13}	79,5673	79,5469	79,5400	79,5375				
A_{31}	45,4239							
A_{32}	44,4510							
A_{33}	45,9640							
A_{41}	11,3560							
A_{42}	44,0073							
A_{43}	44,7623							
A_{51}	40,9328	40,9318	40,9314	40,9294				
A_{52}	44,6747	44,6749	44,6745	44,6722				
A_{53}	56,7823	56,7807	56,7790	56,7770				
	49,9665							
	85,0543							
	100,002							
	53,4684	53,4684	53,4604	53,4593	53,4583	53,4547	53,4551	
	40,9032	40,9032	40,8941	40,8900	40,8847	40,8780	40,8755	
	45,4780	45,4780	45,4609	45,4537	45,4461	45,4403	45,4368	
	43,5544	43,5541	43,4781	43,4735	43,4716			
	44,9088	44,9088	44,8399	44,8372	44,8367			

Continua ...

Tabela K.**01:** Continuação

43,2899	43,2900	43,2262	43,2253	43,2245	
36,2223	36,2199	36,2193	36,2176	36,2174	36,2145
41,4618	41,4449	41,4409	41,4368	41,4354	41,4325
44,9025	44,8806	44,8679	44,8591	44,8536	44,8468
43,1187	43,1179	43,1185	43,1185		
46,5270	46,5260	46,5259	46,5259		
45,8302	45,8264	45,8259	45,8259		
49,4879	49,4532	49,4678			
43,4241	43,4253	43,4245			
57,7246	57,7194	57,7043			
36,9806					
43,5599	43,5551	43,5520	43,5508	43,5503	
51,7715	51,7678	51,7630	51,7607	51,7590	
87,4111	87,4021	87,3949	87,3930	87,3921	
43,5982	43,5470	43,5483	43,5482		
41,6639	41,6467	41,6466	41,6462		
38,3263	38,3073	38,3065	38,3055		

K.1.2. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em etanol.

Tabela K.**02:** Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido cítrico e etanol em diversas temperaturas.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,0374	10,0323	10,0283	10,027	10,0208			
A_{12}	9,8226	9,818	9,8157	9,8146	9,8079			
A_{13}	10,12	10,1153	10,1111	10,1109	10,1035			
A_{21}	10,5457	10,5361	10,533	10,5286	10,5192			
A_{22}	10,6559	10,648	10,6449	10,6401	10,6308			
A_{23}	10,4951	10,4855	10,4826	10,4783	10,4686			
A_{31}	10,4222	10,4146	10,4076	10,4025	10,3952			
A_{32}	10,2661	10,2568	10,2508	10,2451	10,238			
A_{33}	10,4549	10,4384	10,4328	10,4258	10,4181			
A_{41}	82,0584	82,0693	82,0688	82,0539	82,039	82,0346		
A_{42}	45,5155	45,5212	45,5205	45,5035	45,4997	45,4932		
A_{43}	41,5725	41,5804	41,575	41,5536	41,5497	41,5386		

A_{51}	42,6577	42,6513	42,6425	42,6469	42,6457	42,6386	42,6355	42,6356
A_{52}	39,86	39,8431	39,8218	39,8257	39,8227	39,8024	39,794	
A_{53}	46,8366	46,7885	46,7582	46,7599	46,7554	46,7133	46,6982	46,6904
RA_{21}	10,1178	10,1099	10,1063	10,1064	10,0982			
RA_{22}	10,3177	10,3077	10,3047	10,3038	10,2959			
RA_{23}	10,1308	10,1231	10,1192	10,1194	10,1116			

K.1.3. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em n-propanol

Tabela K.**03:** Dados experimentais de secagem para o sistema binário: ácido cítrico e n-propanol em diversas temperaturas.

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,1296	10,1128	10,1053	10,1019	10,0940		
A_{12}	10,0993	10,0824	10,0748	10,0699	10,0616		
A_{13}	10,1706	10,1509	10,1426	10,1384	10,1294		
A_{21}	10,1110	10,0970	10,0917	10,0872	10,0792		
A_{22}	10,1505	10,1356	10,1298	10,1247	10,1153		
A_{23}	10,3736	10,3557	10,3488	10,3419	10,3317		
A_{31}	10,6629	10,6394	10,6310	10,6230	10,6152		
A_{32}	10,3312	10,3140	10,3068	10,3001	10,2925		
A_{33}	10,8018	10,7828	10,7726	10,7641	10,7566		
A_{41}	41,9759	41,9758	41,9508	41,9148	41,9002	41,8897	
A_{42}	44,6330	44,6258	44,6003	44,5475	44,5328	44,5129	
A_{43}	63,7001	63,6892	63,6654	63,6089	63,5957	63,5669	
A_{51}	47,4480	47,4176	47,3846	47,3855	47,3768	47,3604	47,7483
A_{52}	38,7579	38,6943	38,6131	38,6030	38,5850	38,5436	38,5294
A_{53}	48,0539	47,9864	47,9080	47,9005	47,8831	47,8430	47,8334
RA_{21}	10,2612	10,2390	10,2313	10,2272	10,2187		
RA_{22}	10,2525	10,2301	10,2218	10,2171	10,2088		
RA_{23}	10,4565	10,4334	10,4245	10,4198	10,4114		

K.2. Dados experimentais de secagem do ácido cítrico em mistura de etanol e água.

Tabela K.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,8897	10,8884	10,8812	10,8761	10,8543	10,8472
A_{12}	11,9935	11,9912	11,9789	11,9710	11,9476	11,9369
A_{13}	11,0031	11,0007	10,9912	10,9849	10,9647	10,9563
A_{21}	11,7089	11,7063	11,6886	11,6778	11,6388	11,6212
A_{22}	12,8599	12,8568	12,8375	12,8262	12,7905	12,7719
A_{23}	12,0941	12,0914	12,0748	12,0653	12,0316	12,0155
A_{31}	10,7282	10,7274	10,7211	10,7197	10,6995	10,6948
A_{32}	10,6720	10,6718	10,6664	10,6659	10,6472	10,6418
A_{33}	10,4294	10,4291	10,4236	10,4218	10,4015	10,3955
A_{41}	11,1021	11,1001	11,0917	11,0885	11,0622	11,0567
A_{42}	10,6325	10,6315	10,6243	10,6215	10,6018	10,5996
A_{43}	10,4498	10,4482	10,4409	10,4395	10,4208	10,4183
RA_{11}	12,2353	12,2329	12,2172	12,2112	12,1970	12,1902
RA_{12}	11,2563	11,2548	11,2438	11,2393	11,2258	11,2208
RA_{13}	12,4858	12,4835	12,4674	12,4617	12,4434	12,4365
RA_{21}	12,0140	12,0127	11,9979	11,9931	11,9702	11,9638
RA_{22}	12,0188	12,0179	12,0051	11,9993	11,9818	11,9733

Tabela K.04: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	10,8482	10,8437	10,8431	10,8439	10,8081	10,8180
A_{12}	11,9376	11,9328	11,9349	11,9318	11,9405	11,9460
A_{13}	10,9575	10,9531	10,9572	10,9539	10,9206	10,9305
A_{21}	11,6163	11,6100	11,6070	11,6030	11,5575	11,5623
A_{22}	12,7658	12,7590	12,7537	12,7502	11,8194	11,8184
A_{23}	12,0108	12,0046	12,0017	11,9981	11,9512	11,9563
A_{31}	10,7015	10,6974	10,6988	10,6957	10,6664	10,6668
A_{32}	10,6491	10,6454	10,6484	10,6450	10,6176	10,6192
A_{33}	10,4019	10,3980	10,4008	10,3970	10,3675	10,3698
A_{41}	11,0646	11,0582	11,0583	11,0545	11,0230	11,0215
A_{42}	10,6056	10,6005	10,6025	10,5988	10,5631	10,5638
A_{43}	10,4255	10,4196	10,4220	10,4179	10,3893	10,3901
RA_{11}	12,1924	12,1888	12,1908	12,1880	12,1689	12,1776
RA_{12}	11,2219	11,2193	11,2210	11,2190	11,1844	11,1941
RA_{13}	12,4376	12,4337	12,4350	12,4329	12,4144	12,4205
RA_{21}	11,9657	11,9615	11,9598	11,9587	11,9405	11,9441
RA_{22}	11,9751	11,9721	11,9707	11,9694	11,9347	11,9400
RA_{23}	11,3822	11,3787	11,3766	11,3748	11,3393	11,3399

Tabela K.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	13,0656	13,0475	13,0349	13,008	12,9962
A_{12}	12,7341	12,7176	12,7058	12,6841	12,6716
A_{13}	12,5554	12,5438	12,5338	12,5084	12,4974
A_{21}	10,7542	10,7457	10,7396	10,7191	10,7059
A_{22}	10,4902	10,4821	10,478	10,4558	10,4432
A_{23}	11,321	11,3099	11,3013	11,2742	11,2591
A_{31}	11,3554	11,3451	10,3441	11,3335	11,3268
A_{32}	10,6329	10,6245	10,623	10,616	10,6099
A_{33}	10,7821	10,7702	10,7685	10,7584	10,7503
A_{41}	10,5381	10,5279	10,5255	10,5097	10,5041
A_{42}	10,9434	10,9317	10,9296	10,9131	10,9074
A_{43}	11,4466	11,4281	11,4244	11,4014	11,392

Continua ...

Tabela K.05: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	12,994	12,9886	12,9917	12,9877	12,8679	12,8741
A_{12}	12,6693	12,6638	12,6653	12,6625	12,631	12,5967
A_{13}	12,4966	12,4918	12,4956	12,4918	12,4773	12,4841
A_{21}	10,7044	10,6987	10,7008	10,6956	10,6646	10,6695
A_{22}	10,4418	10,4371	10,438	10,434	10,3962	10,4021
A_{23}	11,2556	11,2495	11,245	11,2419	11,2106	11,2198
A_{31}	11,3244	11,3300	11,3315	11,3295	11,3037	11,3067
A_{32}	10,6072	10,6132	10,6154	10,6131	10,592	10,5941
A_{33}	10,7483	10,7538	10,7569	10,7539	10,7124	10,7236
A_{41}	10,5027	10,5075	10,5096	10,5087	10,4692	10,4706
A_{42}	10,9056	10,9102	10,9125	10,9123	10,8388	10,8399
A_{43}	11,3898	11,3956	11,3952	11,3944	11,3501	11,3471

Tabela K.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,4228	11,4221	11,4138	11,4094	11,3859	11,3739
A_{12}	12,3027	12,3004	12,2894	12,2804	12,2501	12,2371
A_{13}	12,2832	12,2800	12,2668	12,2578	12,2252	12,2097
A_{21}	11,7284	11,7268	11,7085	11,7009	11,6536	11,6308
A_{22}	11,0547	11,0538	11,0423	11,0357	11,0024	10,9875
A_{23}	12,2930	12,2906	12,2732	12,2623	12,2147	12,1936
A_{31}		10,6310	10,6170	10,6144	10,5980	10,5931
A_{32}		10,5474	10,5153	10,5048	10,4437	10,4215
A_{33}		10,8570	10,8444	10,8425	10,8274	10,8231
A_{41}		10,8976	10,8833	10,8784	10,8615	10,8523
A_{42}		11,1536	11,1428	11,1380	11,1219	11,1111
A_{43}		10,0153	11,0017	10,9972	10,9809	10,9720

Continua...

Tabela K.06: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,3762	11,3730	11,3787	11,3757	11,3461	11,3546
A_{12}	12,2381	12,2343	12,2396	12,2365	12,2080	12,2185
A_{13}	12,2115	12,2075	12,2155	12,2096	12,1888	12,1969
A_{21}	11,6277	11,6235	11,6240	11,6211	11,5852	11,5890
A_{22}	10,9888	10,9839	10,9857	10,9818	10,9487	10,9520
A_{23}	12,1904	12,1842	12,1860	12,1813	12,1404	12,1450
A_{31}	10,5907	10,5961	10,5961	10,5949	10,5720	10,5721
A_{32}	10,4115	10,4198	10,4141	10,3914	10,3187	10,4020
A_{33}	10,8208	10,8267	10,8274	10,8256	10,8071	10,8100
A_{41}	10,8499	10,8547	10,8565	10,8569	10,8189	10,8159
A_{42}	11,1093	11,1156	11,1166	11,1180	11,0695	11,0696
A_{43}	10,9692	10,9748	10,9760	10,9772	10,9446	10,9423

Tabela K.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,7885	11,7868	11,7760	11,7676	11,7380	11,7253
A_{12}	12,2899	12,2869	12,2739	12,2659	12,2344	12,2203
A_{13}	11,6120	11,6090	11,5977	11,5907	11,5620	11,5485
A_{21}	11,0378	11,0364	11,0253	11,0208	10,9902	10,9766
A_{22}	12,4483	12,4456	12,4272	12,4193	12,3803	12,3605
A_{23}	12,1553	12,1530	12,1335	12,1267	12,0882	12,0685
A_{31}		11,5534	11,5319	11,5280	11,5045	11,4955
A_{32}		11,2185	11,1941	11,1906	11,1654	11,1566
A_{33}		11,6868	11,6600	11,6550	11,6266	11,6161
A_{41}		11,4420	11,4196	11,4139	11,3888	11,3799
A_{42}		11,1128	11,0951	11,0897	11,0709	11,0645
A_{43}		11,4021	11,3832	11,3778	11,3585	11,3524

Tabela K.07: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,7272	11,7295	11,7271	11,6914	11,7030
A_{12}	12,2205	12,2208	12,2180	12,2121	12,2169
A_{13}	11,5493	11,5509	11,5494	11,5262	11,5370
A_{21}	10,9767	10,9732	10,9710	10,9789	10,9784
A_{22}	12,3569	12,3532	12,3498	12,3094	12,3109
A_{23}	12,0664	12,0598	12,0577	12,0171	12,0214
A_{31}	11,4942	11,4991	11,4996	11,4495	11,4529
A_{32}	11,1539	11,1595	11,1603	11,1108	11,1114
A_{33}	11,6144	11,6201	11,6212	11,5824	11,5819
A_{41}	11,3794	11,3863	11,3874	11,3445	11,3478
A_{42}	11,0633	11,0703	11,0714	11,0320	11,0307
A_{43}	11,3519	11,3586	11,3591	11,3171	11,3199

Tabela K.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido cítrico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,7001	11,6995	11,6916	11,6850	11,6635	11,6570
A_{12}	11,8007	11,7996	11,7910	11,7838	11,7593	11,7530
A_{13}	11,5095	11,5098	11,5017	11,4952	11,4726	11,4664
A_{21}	11,0126	11,0141	10,9927	10,9739	10,8942	10,8765
A_{22}	11,2019	11,2046	11,1792	11,1577	11,0599	11,0383
A_{23}	10,9296	10,9328	10,9098	10,8900	10,8024	10,7847
A_{31}	10,9596	10,9318	10,9258	10,9025	10,8977	10,8952
A_{32}	12,1845	12,1440	12,1340	12,1062	12,1000	12,0968
A_{33}	11,2550	11,2298	11,2226	11,1991	11,1940	11,1922
A_{41}	11,0774	11,0649	11,0601	11,0406	11,0349	11,0343
A_{42}	11,0740	11,0546	11,0490	11,0252	11,0197	11,0190
A_{43}	11,4636	11,4447	11,4371	11,4100	11,4011	11,4000
RA_{11}	11,5673	11,5667	11,5589	11,5527	11,5243	11,5183
RA_{12}	12,3344	12,3318	12,3208	12,3129	12,2781	12,2710
RA_{13}	11,7263	11,7241	11,7141	11,7069	11,6745	11,6682
RA_{21}	11,4045	11,4035	11,3918	11,3825	11,3425	11,3358
RA_{22}	11,5261	11,5256	11,5151	11,5053	11,4633	11,4570
RA_{23}	11,1913	11,1910	11,1822	11,1741	11,1428	11,1366

Tabela K.08: Continuação

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,6547	11,6583	11,6605	11,6586	11,6170	11,6263
A_{12}	11,7492	11,7538	11,7551	11,7539	11,7403	11,7475
A_{13}	11,4619	11,4655	11,4681	11,4665	11,4501	11,4568
A_{21}	10,8628	10,8723	10,8836	10,8704	10,8023	10,8086
A_{22}	11,0226	11,0334	11,0428	11,0288	10,9467	
A_{23}	10,7721	10,7812	10,7940	10,7788	10,7058	10,7133
A_{31}	10,8999	10,9002	10,8994	10,8541	10,8573	
A_{32}	12,1044	12,0993	12,0983	12,0698	12,0754	
A_{33}	11,1976	11,1954	11,1941	11,1494	11,1494	
A_{41}	11,0379	11,0385	11,0380	10,9835	10,9869	
A_{42}	11,0238	11,0238	11,0242	10,9689	10,9661	
A_{43}	11,4039	11,3994	11,3974	11,3554	11,3537	
RA_{11}	11,5144	11,5184	11,5210	11,5199	11,4970	11,4987
RA_{12}	12,2664	12,2701	12,2716	12,2710	12,5500	12,2580
RA_{13}	11,6639	11,6683	11,6692	11,6680	11,6484	11,6568
RA_{21}	11,3298	11,3333	11,3315	11,3284	11,3042	11,3111
RA_{22}	11,4506	11,4546	11,4531	11,4494	11,4049	11,3236
RA_{23}	11,1311	11,1353	11,1341	11,1318	11,1142	11,1190

Apêndice L. Dados experimentais na secagem do ácido salicílico em misturas de solventes.

L.1. Dados experimentais de secagem do ácido salicílico em mistura de solventes.

L.1.1 Dados experimentais de secagem do ácido salicílico em mistura de etanol e água.

Tabela L.01: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	11,6107	10,3444	10,0475	9,9048	9,9048
A_{12}	0,1989	11,4548	10,4028	10,1169	10,0787	10,0787
A_{13}	0,1989	11,8140	10,4882	10,1801	9,8804	9,8804
A_{21}	0,4005	11,3466	9,7451	9,7399	9,7401	9,7364
A_{22}	0,4005	11,4166	9,9813	9,9033	9,9044	9,9011
A_{23}	0,4005	10,9735	9,8160	9,8156	9,8170	9,8138
A_{31}	0,5957	10,9736	10,0099	10,0097	10,0103	10,0080
A_{32}	0,5957	12,0079	10,3078	10,3037	10,3037	10,3014
A_{33}	0,5957	11,5623	10,1472	10,1467	10,1472	10,1450
A_{41}	0,7926	11,1496	9,9888	9,9875	9,9879	9,8949
A_{42}	0,7926	11,0710	9,9155	9,9148	9,9154	9,9127
A_{43}	0,7926	11,8471	10,5156	10,5143	10,5149	10,5120

Tabela L.01: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,9035	9,9047	9,9038	9,9026	9,9002	9,9016
A_{12}	10,0766	10,0777	10,0768	10,0750	10,0732	10,0752
A_{13}	9,8808	9,8790	9,8789	9,8777	9,8763	9,8733
A_{21}	9,7348	9,7347	9,7334	9,7278	9,7220	9,7101
A_{22}	9,9002	9,9029	9,9010	9,9005	9,8971	9,8967
A_{23}	9,8131	9,8152	9,8143	9,8126	9,8096	9,8102
A_{31}	10,0080	10,0085	10,0081	10,0056	10,0021	10,0024
A_{32}	10,3015	10,3016	10,3007	10,2974	10,2938	10,2926
A_{33}	10,1451	10,1459	10,1430	10,1419	10,1395	10,1383
A_{41}	9,9832	9,9851	9,9840	9,9802	9,9783	9,9741
A_{42}	9,9109	9,9132	9,9117	9,9103	9,9106	9,9070
A_{43}	10,5101	10,5115	10,5101	10,5071	10,5059	10,5031

Tabela L.02: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	11,5894	10,3264	10,0992	9,7956	9,7940
A_{12}	0,1989	11,0853	9,8536	9,6709	9,6662	9,6649
A_{13}	0,1989	11,6288	10,3818	10,1662	9,9278	9,9261
A_{21}	0,4005	11,8396	10,5732	10,3288	10,3138	10,3138
A_{22}	0,4005	11,2395	10,0806	10,0794	10,0785	10,0777
A_{23}	0,4005	11,5569	10,3127	10,2027	10,2019	10,2008
A_{31}	0,5957	11,9287	10,2860	10,2831	10,2800	10,2793
A_{32}	0,5957	11,8969	10,4880	10,4859	10,4839	10,4838
A_{33}	0,5957	11,3691	10,2826	10,2802	10,2787	10,2775
A_{41}	0,7926	11,7814	10,5276	10,5258	10,5229	10,5223
A_{42}	0,7926	11,5668	10,4238	10,4223	10,4204	10,4188
A_{43}	0,7926	11,1958	10,1749	10,1738	10,1717	10,1713

Tabela L.02: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,7954	9,7939	9,7919	9,7909	9,7892
A_{12}	9,6660	9,6640	9,6614	9,6598	9,6601
A_{13}	9,9267	9,9272	9,9239	9,9208	9,9221
A_{21}	10,3142	10,3140	10,3111	10,3092	10,3088
A_{22}	10,0786	10,0775	10,0747	10,0738	10,0732
A_{23}	10,2034	10,2010	10,1992	10,1960	10,1947
A_{31}	10,2790	10,2780	10,2730	10,2691	10,2672
A_{32}	10,4824	10,4808	10,4782	10,4752	10,4724
A_{33}	10,2784	10,2762	10,2751	10,2735	10,2718
A_{41}	10,5227	10,5210	10,5159	10,5125	10,5093
A_{42}	10,4197	10,4184	10,4096	10,4043	10,3977
A_{43}	10,1705	10,1663	10,1500	10,1392	10,1245

Tabela L.03: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	11,5524	10,4219	10,1929	9,9334	9,9347
A_{12}	0,1989	11,4216	10,3335	10,1225	9,9707	9,9707
A_{13}	0,1989	11,5529	10,4189	10,1864	9,8858	9,8855
A_{21}	0,4005	11,1384	9,9698	9,857	9,8546	9,8542
A_{22}	0,4005	11,331	10,1449	10,0018	9,9992	9,9982
A_{23}	0,4005	11,0915	9,9991	9,9975	9,9959	9,9941
A_{31}	0,5957	11,1271	10,152	10,1504	10,1482	10,147
A_{32}	0,5957	12,9258	11,4154	10,9374	10,9302	10,9278
A_{33}	0,5957	11,9461	10,5698	10,5682	10,5666	10,565
A_{41}	0,7926	11,5658	10,5854	10,5826	10,5801	10,5785
A_{42}	0,7926	11,039	10,0165	10,0136	10,01	10,0084
A_{43}	0,7926	12,0697	10,8694	10,8671	10,8639	10,8624

Tabela L.03: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	9,9338	9,9328	9,9299	9,9293	9,927
A_{12}	9,9716	9,9706	9,9678	9,9652	9,967
A_{13}	9,8865	9,8861	9,8814	9,8796	9,8813
A_{21}	9,8542	9,8525	9,8505	9,8486	9,8500
A_{22}	9,9982	9,9979	9,9949	9,9920	9,9931
A_{23}	9,9966	9,9949	9,9925	9,9895	9,9900
A_{31}	10,1475	10,1458	10,1419	10,1386	10,137
A_{32}	10,9284	10,9265	10,9215	10,9199	10,915
A_{33}	10,566	10,5644	10,5599	10,558	10,5531
A_{41}	10,5796	10,5766	10,5732	10,571	10,5701
A_{42}	10,0097	10,0085	10,0058	10,0029	10,0028
A_{43}	10,8624	10,8593	10,8522	10,8461	10,8434

Tabela L.04: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	10,6302	10,2216	10,2229	10,2219	10,2172	10,2153	10,2137
A_{12}	0,1989	10,6046	10,4111	10,4122	10,4107	10,4088	10,4068	10,4055
A_{13}	0,1989	10,2202	10,2186	10,2192	10,2188	10,2152	10,2129	10,2122
A_{21}	0,4005	10,1071	10,1028	10,1025	10,1007	10,0966	10,0958	10,0935
A_{22}	0,4005	10,3653	10,3635	10,3640	10,3615	10,3577	10,3571	10,3535
A_{23}	0,4005	10,5182	10,5141	10,5144	10,5116	10,5092	10,5049	10,5057
A_{31}	0,5957	10,9589	10,9549	10,9542	10,9514	10,9485	10,9461	10,9445
A_{32}	0,5957	10,8758	10,8704	10,8706	10,8684	10,8654	10,8636	10,8617
A_{33}	0,5957	10,5189	10,5162	10,5167	10,5152	10,5109	10,5091	10,5070
A_{41}	0,7926	10,1015	10,0997	10,0992	10,0971	10,0944	10,0911	10,0885
A_{42}	0,7926	10,4537	10,4508	10,4502	10,4486	10,4446	10,4410	10,4394
A_{43}	0,7926	10,9043	10,9018	10,9008	10,8988	10,8949	10,8931	10,8906

Tabela L.05: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,1989	10,296	10,293	10,2933	10,2934	10,2873	10,2852	10,2832
A_{12}	0,1989	10,9749	10,7464	10,7457	10,744	10,7361	10,7353	
A_{13}	0,1989	10,5127	10,5082	10,5094	10,5068	10,5034	10,5008	10,4985
A_{21}	0,4005	10,8647	10,8589	10,8589	10,8573	10,8516	10,8495	10,8465
A_{22}	0,4005	10,1782	10,175	10,1758	10,1728	10,1693	10,1649	10,1641
A_{23}	0,4005	10,5936	10,5892	10,5886	10,5883	10,583	10,5784	10,5722
A_{31}	0,5957	10,9398	10,9393	10,9365	10,9358	10,9299	10,9266	10,7353
A_{32}	0,5957	10,6934	10,692	10,6912	10,6907	10,6866	10,6831	10,6801
A_{33}	0,5957	10,812	10,8083	10,8079	10,8066	10,8006	10,7953	10,7905
A_{41}	0,7926	10,3743	10,3697	10,3694	10,368	10,3633	10,3605	10,3559
A_{42}	0,7926	10,3881	10,3843	10,3838	10,382	10,3791	10,3763	10,3688
A_{43}	0,7926	10,2537	10,2497	10,2492	10,2459	10,2388	10,2328	10,2283

L.2.1. Dados experimentais da secagem do ácido salicílico em misturas n-propanol e água.

Tabela L.06: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2011	10,104	10,1012	10,0982	10,0997	10,0976	10,098
A_{12}	0,2011	9,8558	9,8491	9,8458	9,846	9,8448	9,8442
A_{13}	0,2011	9,9135	9,9123	9,9102	9,9106	9,9097	9,9081
A_{21}	0,4006	9,9965	9,9965	9,9897	9,9894	9,988	9,9866
A_{22}	0,4006	10,5097	10,5097	10,5025	10,5023	10,5006	10,5001
A_{23}	0,4006	10,0666	10,0666	10,0604	10,0607	10,0585	10,0585
A_{31}	0,6025	11,1594	10,7971	10,789	10,7896	10,7873	10,7863
A_{32}	0,6025	10,7631	10,7569	10,7528	10,7526	10,7512	10,7508
A_{33}	0,6025	10,3668	10,7167	10,7166	10,7156	10,7151	10,7153
A_{41}	0,8016	10,621	10,617	10,6134	10,6139	10,612	10,6113
A_{42}	0,8016	10,3768	10,3714	10,3672	10,3681	10,3662	10,3655
A_{43}	0,8016	10,1358	10,1325	10,129	10,1302	10,1284	10,1278

Tabela L.07: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2011	10,3377	10,3329	10,3304	10,3313	10,3299	10,3295	
A_{12}	0,2011	10,0966	10,0941	10,0915	10,0919	10,0906	10,0905	
A_{13}	0,2011	9,8338	9,8311	9,8294	9,8294	9,8285	9,8276	
A_{21}	0,4006	10,7168	10,6753	10,6723	10,6721	10,6712	10,6708	
A_{22}	0,4006	10,6618	10,5635	10,5602	10,5605	10,5593	10,5588	
A_{23}	0,4006	10,6452	10,5368	10,5332	10,5330	10,5316	10,5312	
A_{31}	0,5992	9,8793	9,8742	9,8711	9,8659	9,8667	9,8640	9,8627
A_{32}	0,5992	10,0542	10,0504	10,0788	10,0465	10,0478	10,0463	10,0457
A_{33}	0,5992	10,5401	10,5313	10,527	10,5232	10,524	10,522	10,5209
A_{41}	0,7980	10,2233	10,2125	10,2058	10,1996	10,1996	10,1972	10,1947
A_{42}	0,7980	10,4199	10,4122	10,4075	10,3992	10,4008	10,3978	10,3968
A_{43}	0,7980	10,1165	10,1127	10,1088	10,1040	10,1047	10,1026	10,1025

Tabela L.08: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{D11}	0,2011	11,3991	9,5966	9,5937	9,5957	9,5936	9,5931		
A_{D12}	0,2011	11,3346	9,5073	9,4659	9,4666	9,465	9,4649		
A_{D13}									
A_{L11}	0,2011	11,9969	10,275	10,2719	10,2723	10,2714	10,2713		
A_{L12}	0,2011	12,9816	10,28	10,1213	10,1213	10,1206	10,1203		
A_{L13}	0,2011	12,6875	10,3327	10,3281	10,3285	10,3267	10,3265		
A_{21}	0,4006	12,0339	10,529	10,5202	10,5214	10,5194	10,519		
A_{22}	0,4006	11,8081	10,3052	10,2975	10,2967	10,2955	10,2949		
A_{23}	0,4006	11,5307	10,2833	10,2784	10,2787	10,2777	10,2771	10,2777	10,2771
A_{31}	0,6024	12,3782	10,193	10,1899	10,196	10,1805	10,1816	10,1786	10,1779
A_{32}	0,6024	12,3778	10,8472	10,815	10,8098	10,8038	10,8043	10,8022	10,8004
A_{33}	0,6024	12,6977	11,0407	10,9822	10,977	10,9712	10,9712	10,9688	10,9674
A_{41}	0,8016	11,3517	10,3303	10,326	10,3232	10,3199	10,3211	10,3193	10,3189
A_{42}	0,8016	11,3026	10,2043	10,199	10,1946	10,1891	10,1898	10,1859	10,185
A_{43}	0,8016	10,9859	9,9885	9,9819	9,9778	9,9745	9,9752	9,9725	9,9713
RA_{D11}	0,2011	11,155	9,4432	9,4444	9,4425	9,4424			
RA_{D12}	0,2011	12,4479	10,1803	9,8583	9,8566	9,8565			
RA_{D13}	0,2011	10,8585	9,6842	9,685	9,6836	9,6833			
RA_{L11}	0,2011	11,155	10,5219	10,5216	10,519	10,5183			
RA_{L12}	0,2011	12,4479	10,4908	10,4891	10,4857	10,4857			
RA_{L13}	0,2011	10,8585	10,5074	10,5063	10,5037	10,5029			
RA_{21}	0,4006	12,3379	10,6429	10,6421	10,6387	10,6382			
RA_{22}	0,4006	12,3253	10,5555	10,5539	10,5501	10,5494			
RA_{23}	0,4006	12,0451	10,6668	10,6664	10,6633	10,6625			

Tabela L.09: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_s	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{D11}	0,2011	11,9996	10,0488	9,9291	9,9294	9,9280	9,9280		
A_{D12}	0,2011	12,1281	10,4502	10,0667	10,0674	10,0660	10,0661		
A_{D13}	0,2011	13,1542	11,1400	9,8418	9,8421	9,8409	9,8408		
A_{L11}	0,2011	12,9206	10,6902	10,6811	10,6821	10,6799	10,6795		
A_{L12}	0,2011	12,6311	10,7908	10,7834	10,7832	10,7821	10,7811		
A_{L13}	0,2011	12,3738	10,5933	10,5872	10,5876	10,5860	10,5856		
A_{21}	0,4006	12,5003	10,8317	10,8163	10,8153	10,8133	10,8115		
A_{22}	0,4006	12,8338	11,0016	10,9929	10,9920	10,9904	10,9897		
A_{23}	0,4006	12,9645	11,0336	11,0194	11,0504	11,0173	11,0161		
A_{31}	0,6024	11,9133	10,6997	10,6944	10,6921	10,6877	10,6891	10,6856	10,6850
A_{32}	0,6024	11,6899	10,6101	10,6067	10,6038	10,6004	10,6008	10,5998	10,5985
A_{33}	0,6024	12,0940	10,7594	10,7545	10,7499	10,7450	10,7457	10,7427	10,7410
A_{41}	0,8016	11,7156	10,6586	10,6532	10,6480	10,6415	10,6416	10,6400	10,6382
A_{42}	0,8016	11,4883	10,3051	10,2997	10,2962	10,2930	10,2942	10,2916	10,2900
A_{43}	0,8016	11,2789	10,5359	10,5325	10,5283	10,5223	10,5232	10,5191	10,5172

Tabela L. 10: Dados experimentais de secagem para o sistema ternário: ácido salicílico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

A	X_K	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	0,2011	12,4792	11,0708	11,0685	11,0685	11,0618
A_{12}	0,2011	12,3047	10,8769	10,8733	10,8733	10,8662
A_{13}	0,2011	11,8857	10,9564	10,9548	10,9548	10,9507
A_{21}	0,4006	12,2473	10,9249	10,9227	10,9227	10,9131
A_{22}	0,4006	12,7886	10,4562	10,4563	10,4563	10,4530
A_{23}	0,4006	11,8917	11,1937	11,1908	11,1908	11,1804
A_{31}	0,6024	14,1377	11,3504	10,3155	10,3123	10,3091
A_{32}	0,6024	13,3185	11,3027	10,3932	10,3852	10,3762
A_{33}	0,6024	13,9246	11,9837	10,8732	10,8678	10,8625
A_{41}	0,8016	12,5226	10,8618	10,1079	10,1053	10,1016
A_{42}	0,8016	12,3254	11,3002	10,2799	10,276	10,2716
A_{43}	0,8016	11,8735	11,4682	10,3913	10,3888	10,3855

Tabela L.010: Continuação...

A	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)	m_{sec} (g)
A_{11}	11,0603				
A_{12}	10,8638				
A_{13}	10,9491				
A_{21}	10,9096				
A_{22}	10,4519				
A_{23}	11,1749				
A_{31}	8,7451	8,7451	8,7448	8,7402	8,7388
A_{32}	10,3697	10,3697	10,369	10,3641	10,3632
A_{33}	10,8542	10,8542	10,8556	10,8513	10,8504
A_{41}	10,096	10,096	10,0974	10,0939	10,092
A_{42}	10,2659	10,2659	10,2669	10,2631	10,2239
A_{43}	10,3788	10,3788	10,3793	10,3766	10,3754

APÊNDICE M. Dados Experimentais do Ácido Bórico.

M.1. Solubilidades do ácido bórico em solventes puros

M.1.1. Solubilidades do ácido bórico em água

Tabela M.1: Resultados para o ácido bórico em água em diversas temperaturas.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	293,3	85,9867	97,4749	86,3269	11,4882	11,1480	0,3402	2,9613
A_{12}	293,3	48,2315	59,5391	48,5825	11,3076	10,9566	0,3510	3,1041
A_{13}	293,4	43,2009	54,2789	43,5465	11,0780	10,7324	0,3456	3,1197
A_{14}	293,4	46,0212	55,1945	46,3068	9,1733	8,8877	0,2856	3,1134
A_{21}	303,1	41,5634	50,7597	41,9638	9,1963	8,7959	0,4004	4,3539
A_{22}	303,2	53,0489	64,7210	53,5599	11,6721	11,1611	0,5110	4,3780
A_{23}	303,2	73,7373	86,0072	74,2737	12,2699	11,7335	0,5364	4,3717
A_{31}	312,8	41,5641	51,7966	42,1104	10,2325	9,6862	0,5463	5,3389
A_{32}	312,8	53,0511	63,7906	53,6278	10,7395	10,1628	0,5767	5,3699
A_{33}	312,8	73,7357	84,1153	74,2909	10,3796	9,8244	0,5552	5,3490
A_{41}	322,5	44,5564	54,7696	45,4955	10,2132	9,2741	0,9391	9,1950
A_{42}	321,4	46,0163	56,5234	46,8560	10,5071	9,6674	0,8397	7,9917
A_{43}	321,4	80,7371	91,1838	81,5251	10,4467	9,6587	0,7880	7,5431
A_{51}	333,0	41,5618	51,6794	42,4839	10,1176	9,1955	0,9221	9,1138
A_{52}	333,0	44,5613	54,4561	45,5646	9,8948	8,8915	1,0033	10,1397
A_{53}	333,0	73,7159	84,3077	74,8296	10,5918	9,4781	1,1137	10,5147
RA_{21}	303,4	41,5631	50,5745	42,0194	9,0114	8,5551	0,4563	5,0636
RA_{22}	303,4	44,5628	54,8379	45,1403	10,2751	9,6976	0,5775	5,6204
RA_{23}	303,4	73,7183	83,4800	74,1610	9,7617	9,3190	0,4427	4,5351
RA_{31}	313,2	73,7144	83,3358	74,3040	9,6214	9,0318	0,5896	6,1280
RA_{32}	313,2	45,6573	56,3375	46,3069	10,6802	10,0306	0,6496	6,0823
RA_{33}	313,1	39,5206	49,7433	40,1198	10,2227	9,6235	0,5992	5,8615
RA_{41}	322,9	74,6379	78,4480	74,8997	3,8101	3,5483	0,2618	6,8712
RA_{42}	323,0	45,6570	55,7805	46,5449	10,1235	9,2356	0,8879	8,7707
RA_{43}	322,9	42,5388	50,0604	43,2307	7,5216	6,8297	0,6919	9,1988
RA_{51}	332,4	74,6359	84,0685	75,4443	9,4326	8,6242	0,8084	8,5703
RA_{52}	332,2	45,6528	56,1679	46,5630	10,5151	9,6049	0,9102	8,6561

Continua...

Tabela M.1: Continuação

RA_{53}	332,3	42,5345	52,6091	43,3877	10,0746	9,2214	0,8532	8,4688
RA_{11}	293,8	74,6380	84,5627	75,1187	9,9247	9,4440	0,3581	3,6082
RA_{12}	293,8	42,5385	52,8949	42,8966	10,3564	9,9983	0,4293	4,1453
RA_{13}	294,1	43,2798	53,4128	43,7091	10,1330	9,7037	0,4807	4,7439

Tabela M.2: Resumo estatístico dos pontos experimentais para o ácido bórico em água.

	Frações molares				Temperaturas (K)			
Amostras	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
R_{1j}	0,0092	0,0088	0,0093	0,0002	293,4	293,3	293,4	0,1
R_{2j}	0,0131	0,0131	0,0132	0,0000	303,1	303,1	303,2	0,1
R_{3j}	0,0162	0,0162	0,0163	0,0000	312,8	312,8	312,8	0,0
R_{4j}	0,0255	0,0232	0,0286	0,0028	321,8	321,4	322,5	0,6
R_{5j}	0,0311	0,0284	0,0331	0,0024	333,0	333,0	333,0	0,0
R_{6j}	0,0153	0,0136	0,0170	0,0017	303,4	303,4	303,4	0,0
R_{7j}	0,0183	0,0178	0,0187	0,0005	313,2	313,1	313,2	0,1
R_{8j}	0,0256	0,0210	0,0287	0,0041	322,9	322,9	323,0	0,1
R_{9j}	0,0266	0,0262	0,0269	0,0003	332,3	332,2	332,4	0,1
R_{10j}	0,0125	0,0109	0,0142	0,0017	293,9	293,8	294,1	0,2

Tabela M.3: Resumo estatístico dos pontos experimentais para o ácido bórico em água.

	S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Amostras	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
R_{1j}	3,0746	2,9613	3,1197	0,0758	293,4	293,3	293,4	0,1
R_{2j}	4,3679	4,3539	4,3780	0,0125	303,1	303,1	303,2	0,1
R_{3j}	5,3526	5,3389	5,3699	0,0158	312,8	312,8	312,8	0,0
R_{4j}	8,2433	7,5431	9,1950	0,8542	321,8	321,4	322,5	0,6
R_{5j}	9,9227	9,1138	10,5147	0,7252	333,0	333,0	333,0	0,0
R_{6j}	5,0730	4,5351	5,6204	0,5427	303,4	303,4	303,4	0,0
R_{7j}	6,0239	5,8615	6,1280	0,1425	313,2	313,1	313,2	0,1
R_{8j}	8,2802	6,8712	9,1988	1,2389	322,9	322,9	323,0	0,1
R_{9j}	8,5651	8,4688	8,6561	0,0938	332,3	332,2	332,4	0,1
R_{10j}	4,1658	3,6082	4,7439	0,5681	293,9	293,8	294,1	0,2

Tabela M.4: Médias estatísticas dos pontos experimentais com as repetições para o ácido bórico em água.

Frações molares				Temperaturas (K)			
Médias	Máximos	Mínimos	Desvios	Médias	Máximos	Mínimos	Desvios
0,0108	0,0088	0,0142	0,0021	293,6	293,4	293,9	0,4
0,0142	0,0131	0,0170	0,0016	303,3	303,1	303,4	0,2
0,0173	0,0162	0,0187	0,0012	313,0	312,8	313,2	0,3
0,0256	0,0210	0,0287	0,0031	322,3	321,8	322,9	0,8
0,0288	0,0262	0,0331	0,0029	332,6	332,3	333,0	0,5

Tabela M.5: Médias estatísticas dos pontos experimentais com as repetições para o ácido bórico em água.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Máximos	Mínimos	Desvios	Médias	Máximos	Mínimos	Desvios
3,6202	3,0746	4,1658	0,7716	293,6	293,4	293,9	0,4
4,7204	4,3679	5,0730	0,4986	303,3	303,1	303,4	0,2
5,6882	5,3526	6,0239	0,4747	313,0	312,8	313,2	0,3
8,2617	8,2433	8,2802	0,0262	322,3	321,8	322,9	0,8
9,2439	8,5651	9,9227	0,9600	332,6	332,3	333,0	0,5

M.1.2. Solubilidades do ácido bórico em etanol.

Tabela M.6: Resultados para o sistema binário ácido bórico em etanol.

Amostras	T(K)	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
A_{11}	293,9	39,5202	47,4591	39,6730	7,9389	7,7861	0,1528	1,9247
A_{12}	293,9	42,5369	50,8715	42,6924	8,3346	8,1791	0,1555	1,8657
A_{13}	294,3	74,6354	82,8385	74,7927	8,2031	8,0458	0,1573	1,9176
A_{21}	303,6	74,6320	82,1074	74,8389	7,4754	7,2685	0,2069	2,7677
A_{22}	303,6	42,5384	50,9543	42,7622	8,4159	8,1921	0,2238	2,6593
A_{23}	303,6	39,5213	47,3218	39,7283	7,8005	7,5935	0,2070	2,6537
A_{31}	313,0	74,6362	82,7297	74,9236	8,0935	7,8061	0,2874	3,5510
A_{32}	313,0	42,5379	50,3250	42,8064	7,7871	7,5186	0,2685	3,4480
A_{33}	313,0	39,5206	46,8434	39,7737	7,3228	7,0697	0,2531	3,4563
A_{41}	323,1	71,7365	79,7054	72,2199	7,9689	7,4855	0,4834	6,0661

Continua...

Tabela M.6: Continuação

A_{42}	323,1	39,5212	46,4916	39,9585	6,9704	6,5331	0,4373	6,2737
A_{43}	323,1	43,5639	51,2496	44,0469	7,6857	7,2027	0,4830	6,2844
A_{51}	332,6	71,5323	79,5015	72,2276	7,9692	7,2739	0,6953	8,7248
A_{52}	332,7	43,5629	51,4227	44,2762	7,8598	7,1465	0,7133	9,0753
A_{53}	332,3	39,5208	48,0774	40,2462	8,5566	7,8312	0,7254	8,4777

Tabela M.7: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em etanol.

S (g/100 de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
1,9027	1,8657	1,9247	0,0322	294,0	293,9	294,3	0,2
2,6936	2,6537	2,7677	0,0643	303,6	303,6	303,6	0,0
3,4851	3,4480	3,5510	0,0572	313,0	313,0	313,0	0,0
7,0943	6,2737	8,7248	1,4121	323,1	323,1	323,1	0,0
8,7593	8,4777	9,0753	0,3003	332,5	332,3	332,7	0,2

Tabela M.8: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em etanol

Frações molares				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
0,0142	0,0140	0,0144	0,0002	294,0	293,9	294,3	0,2
0,0202	0,0199	0,0207	0,0005	303,6	303,6	303,6	0,0
0,0262	0,0259	0,0267	0,0004	313,0	313,0	313,0	0,0
0,0470	0,0459	0,0475	0,0009	323,1	323,1	323,1	0,0
0,0667	0,0645	0,0692	0,0023	332,5	332,3	332,7	0,2

M.1.3. Solubilidades do ácido bórico em n-propanol

Tabela M.9: Resultados para o sistema binário (ácido bórico em n-propanol) em diversas temperaturas.

Amostras	T(K)	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_p	m_a	S
A_{11}	294,3	80,6049	85,8999	80,6536	5,2950	5,2463	0,0487	0,9197
A_{12}	294,4	45,7368	52,1039	45,8587	6,3671	6,2452	0,1219	1,9145
A_{13}	294,4	55,2511	63,0070	55,4401	7,7559	7,5669	0,1890	2,4369
A_{21}	303,6	71,7357	79,3845	71,8439	7,6488	7,5406	0,1082	1,4146
A_{22}	303,5	39,5205	47,6755	39,6361	8,1550	8,0394	0,1156	1,4175

Continua...

Tabela M.9: Continuação

A_{23}	303,6	43,5626	51,5043	43,7015	7,9417	7,8028	0,1389	1,7490
A_{31}	313,1	61,3514	69,3807	61,6022	8,0293	7,7785	0,2508	3,1236
A_{32}	313,1	44,1750	51,4450	44,4482	7,2700	6,9968	0,2732	3,7579
A_{33}	313,0	51,8221	59,7750	52,0748	7,9529	7,7002	0,2527	3,1775
A_{41}	323,1	94,4139	101,201	94,6427	6,7872	6,5584	0,2288	3,3711
A_{42}	323,1	46,1210	55,0857	46,4215	8,9647	8,6642	0,3005	3,3520
A_{43}	323,0	38,9867	46,8733	39,2223	7,8866	7,6510	0,2356	2,9873
A_{51}	333,2	43,2767	49,1988	43,5830	5,9221	5,6158	0,3063	5,1722
A_{52}	333,2	51,8218	59,1005	52,1836	7,2787	6,9169	0,3618	4,9707
A_{53}	333,2	82,2757	89,8337	82,5477	7,5580	7,2860	0,2720	3,5988
RA_{21}	303,7	9,6682	11,5583	9,7350	1,8901	1,8233	0,0668	3,5342
RA_{22}	303,6	9,5156	11,5372	9,5855	2,0216	1,9517	0,0699	3,4577
RA_{23}	303,7	9,4622	11,5560	9,5362	2,0938	2,0198	0,0740	3,5342
RA_{11}	293,9	9,6150	11,4131	9,6658	1,7981	1,7473	0,0508	2,8252
RA_{12}	293,9	9,6159	11,2627	9,6600	1,6468	1,6027	0,0441	2,6779
RA_{13}	293,9	9,6127	11,2838	9,6570	1,6711	1,6268	0,0443	2,6509
RA_{31}	313,5	9,8257	11,2172	9,8722	1,3915	1,3450	0,0465	3,3417
RA_{32}	313,5	9,8040	11,5350	9,8674	1,7310	1,6676	0,0634	3,6626
RA_{33}	313,5	9,5729	10,5858	9,6027	1,0129	0,9831	0,0298	2,9420
RA_{41}	322,9	9,6233	10,9973	9,6831	1,3740	1,3142	0,0598	4,3523
RA_{42}	322,9	9,6229	11,3020	9,7620	1,6791	1,5400	0,1391	8,2842
RA_{43}	323,0	9,5387	10,9651	9,7587	1,4264	1,2064	0,2200	15,4234
RA_{51}	332,6	9,6448	11,1774	9,7440	1,5326	1,4334	0,0992	6,4727
RA_{52}	332,5	9,6229	11,3020	9,7285	1,6791	1,5735	0,1056	6,2891
RA_{53}	332,5	9,5387	10,9651	9,6064	1,4264	1,3587	0,0677	4,7462
RA_{51}	332,6	9,6808	10,4326	9,7336	0,7518	0,6990	0,0528	7,0231
RA_{52}	332,5	9,6518	11,1356	9,7540	1,4838	1,3816	0,1022	6,8877
RA_{53}	332,5	9,6279	11,0285	9,7311	1,4006	1,2974	0,1032	7,3683
RA_{51}	329,6	9,6698	10,9060	9,7526	1,2362	1,1534	0,0828	6,6979
RA_{52}	329,6	9,6217	10,7651	9,6975	1,1434	1,0676	0,0758	6,6294
RA_{53}	329,6	9,5169	10,4445	9,5729	0,9276	0,8716	0,0560	6,0371
RA_{31}	313,5	9,7233	10,8609	9,7803	1,1376	1,0806	0,0570	5,0105

Continua...

Tabela M.9: Continuação

RA_{32}	313,5	9,6471	11,0148	9,7246	1,3677	1,2902	0,0775	5,6664
RA_{33}	313,5	9,7006	11,4851	9,7934	1,7845	1,6917	0,0928	5,2003
RA_{21}	304,9	9,7119	11,1050	9,7443	1,3931	1,3607	0,0324	2,3257
RA_{22}	304,9	9,7335	11,1990	9,8029	1,4655	1,3961	0,0694	4,7356
RA_{23}	304,9	9,6459	10,4218	9,6770	0,7759	0,7448	0,0311	4,0082
RA_{11}	292,6	9,7444	10,5434	9,7619	0,7990	0,7815	0,0175	2,1902
RA_{12}	292,6	9,7237	11,1516	9,7691	1,4279	1,3825	0,0454	3,1795
RA_{13}	292,6	9,7797	10,7333	9,8044	0,9536	0,9289	0,0247	2,5902

Tabela M.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em n-propanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas(K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
2,6857	2,1902	3,1795	0,3222	293,3	292,6	293,9	0,7
3,5993	2,3257	4,7356	0,7885	304,3	303,6	304,9	0,7
4,3040	2,9420	5,6664	1,1270	313,5	313,5	313,5	0,0
6,4548	6,0371	6,6979	0,3634	329,6	329,6	329,6	0,0
7,0930	6,8877	7,3683	0,2478	332,5	332,5	332,6	0,1

Tabela M.11: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido bórico em n-propanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas(K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
0,0261	0,0213	0,0309	0,0031	293,3	292,6	293,9	0,7
0,0350	0,0226	0,0461	0,0077	304,3	303,6	304,9	0,7
0,0419	0,0286	0,0552	0,0110	313,5	313,5	313,5	0,0
0,0629	0,0588	0,0652	0,0035	329,6	329,6	329,6	0,0
0,0691	0,0671	0,0718	0,0024	332,5	332,5	332,6	0,1

M.2. Solubilidades do ácido bórico em misturas solventes

M.2.1 – Solubilidades do ácido bórico em misturas etanol e água

M.2.1.1 – Solubilidades do ácido bórico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela M.12: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Amostras	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	293,4	10,0026	11,7975	10,0520	1,7949	1,7455	0,0494
A_{12}	0,2052	293,4	9,7050	11,9593	9,7647	2,2543	2,1946	0,0597
A_{13}	0,2052	293,4	9,7819	11,7360	9,8352	1,9541	1,9008	0,0533
A_{21}	0,4026	293,6	9,3197	11,8738	9,3860	2,5541	2,4878	0,0663
A_{22}	0,4026	293,6	9,7935	11,7941	9,8418	2,0006	1,9523	0,0483
A_{23}	0,4026	293,6	9,4106	11,4957	9,4643	2,0851	2,0314	0,0537
A_{31}	0,6042	293,4	9,5528	12,6041	9,6151	3,0513	2,9890	0,0623
A_{32}	0,6042	293,4	9,8818	11,6098	9,9190	1,7280	1,6908	0,0372
A_{33}	0,6042	293,4	9,6732	12,0545	9,7243	2,3813	2,3302	0,0511
A_{41}	0,7958	293,4	9,4248	11,3498	9,4730	1,9250	1,8768	0,0482
A_{42}	0,7958	293,4	9,9483	11,6913	9,9866	1,7430	1,7047	0,0383
A_{43}	0,7958	293,4	9,4006	11,2361	9,4452	1,8355	1,7909	0,0446

Tabela M.13: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2052	293,4	2,7094	2,6483	2,7522	0,0543
A_{2j}	0,4026	293,6	2,5285	2,4143	2,5958	0,0995
A_{3j}	0,6042	293,4	2,1135	2,0418	2,1528	0,0622
A_{4j}	0,7958	293,4	2,3770	2,1974	2,5039	0,1599

M.2.1.2. Solubilidades do ácido bórico em misturas etanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela M.14: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*)

Amostras	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	304,6	9,4027	11,3827	9,4794	1,9800	1,9033	0,0767
A_{12}	0,2052	304,6	9,5010	11,0338	9,5559	1,5328	1,4779	0,0549
A_{13}	0,2052	304,6	9,4886	11,2269	9,5548	1,7383	1,6721	0,0662
A_{21}	0,4026	304,6	9,3524	11,9947	9,4458	2,6423	2,5489	0,0934
A_{22}	0,4026	304,6	9,6004	12,3877	9,6961	2,7873	2,6916	0,0957
A_{23}	0,4026	304,6	9,5646	12,1158	9,6552	2,5512	2,4606	0,0906

Continua...

Tabela M.14: Continuação

A_{31}	0,6042	304,3	9,7705	11,6223	9,8248	1,8518	1,7975	0,0543
A_{32}	0,6042	304,3	9,6568	11,4544	9,7118	1,7976	1,7426	0,0550
A_{33}	0,6042	304,3	9,6007	11,1435	9,6491	1,5428	1,4944	0,0484
A_{41}	0,7958	304,4	9,5634	11,1753	9,6114	1,6119	1,5639	0,0480
A_{42}	0,7958	304,4	9,5336	11,0453	9,5795	1,5117	1,4658	0,0459
A_{43}	0,7958	304,4	9,4719	10,7972	9,5115	1,3253	1,2857	0,0396

Tabela M.15: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2052	304,6	3,7546	3,5817	3,8737	0,1533
A_{2j}	0,4026	304,6	3,5065	3,4334	3,5513	0,0638
A_{3j}	0,6042	304,3	3,0430	2,9323	3,1372	0,1034
A_{4j}	0,7958	304,4	3,0007	2,9779	3,0363	0,0312

M.2.1.4. Solubilidades do ácido bórico em misturas etanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela M.16: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*)

Amostra	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	313,5	9,7432	12,4199	9,8909	2,6767	2,5290	0,1477
A_{12}	0,2052	313,5	9,4686	12,0485	9,6068	2,5799	2,4417	0,1382
A_{13}	0,2052	313,5	9,5989	13,4891	9,7837	3,8902	3,7054	0,1848
A_{21}	0,4026	313,6	9,4001	11,5196	9,4945	2,1195	2,0251	0,0944
A_{22}	0,4026	313,6	9,4824	11,2764	9,5638	1,7940	1,7126	0,0814
A_{23}	0,4026	313,6	9,8001	12,3421	9,9157	2,5420	2,4264	0,1156
A_{31}	0,6042	313,3	9,4604	11,2181	9,5269	1,7577	1,6912	0,0665
A_{32}	0,6042	313,3	9,3806	10,6540	9,4321	1,2734	1,2219	0,0515
A_{33}	0,6042	313,3	9,4072	11,0747	9,4752	1,6675	1,5995	0,0680
A_{41}	0,7958	313,8	9,4190	11,0225	9,4918	1,6035	1,5307	0,0728
A_{42}	0,7958	313,8	9,6104	10,9356	9,6630	1,3252	1,2726	0,0526
A_{43}	0,7958	313,8	9,3923	11,0191	9,4615	1,6268	1,5576	0,0692

Tabela M.17: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2052	313,5	5,2084	4,7504	5,5180	0,4047
A_{2j}	0,4026	313,6	4,5129	4,4539	4,5476	0,0514
A_{3j}	0,6042	313,3	3,9685	3,7834	4,0780	0,1613
A_{4j}	0,7958	313,8	4,2543	3,9692	4,5401	0,2854

M.2.1.5. Solubilidades do ácido bórico em misturas etanol e água no *set-point* de 50 ºC

Tabela M.18: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*)

Amostra	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	323,3	9,4951	11,9925	9,6635	2,4974	2,3290	0,1684
A_{12}	0,2052	323,3	9,3983	12,0912	9,5944	2,6929	2,4968	0,1961
A_{13}	0,2052	323,3	9,3903	11,7771	9,5637	2,3868	2,2134	0,1734
A_{21}	0,4026	323,2	9,5162	11,9812	9,6578	2,4650	2,3234	0,1416
A_{22}	0,4026	323,2	9,5103	12,2592	9,6762	2,7489	2,5830	0,1659
A_{23}	0,4026	323,2	9,8475	11,4202	9,9207	1,5727	1,4995	0,0732
A_{31}	0,6042	323,1	9,2521	11,0821	9,3459	1,8300	1,7362	0,0938
A_{32}	0,6042	323,1	9,4255	11,5429	9,5340	2,1174	2,0089	0,1085
A_{33}	0,6042	323,1	9,4415	10,6731	9,5017	1,2316	1,1714	0,0602
A_{41}	0,7958	323,2	9,4540	10,5417	9,5061	1,0877	1,0356	0,0521
A_{42}	0,7958	323,2	9,3847	11,2342	9,4692	1,8495	1,7650	0,0845
A_{43}	0,7958	323,2	9,4197	10,9461	9,4900	1,5264	1,4561	0,0703
RA_{11}	0,2052	323,2	9,4359	11,8267	9,6432	2,3908	2,1835	0,2073
RA_{12}	0,2052	323,2	9,5219	10,6730	9,6029	1,1511	1,0701	0,0810
RA_{13}	0,2052	323,2	9,5424	10,7960	9,6370	1,2536	1,1590	0,0946

Tabela M.19: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2052	323,3	7,0967	6,7430	7,2821	0,3064
A_{2j}	0,4026	323,2	5,4780	4,6544	6,0351	0,7279
A_{3j}	0,6042	323,1	5,0459	4,8880	5,1257	0,1368
A_{4j}	0,7958	323,2	4,6548	4,5688	4,7899	0,1185
RA_{4j}	0,2052	323,2	7,7513	7,0367	8,6707	0,8361

M.2.1.6. Solubilidades do ácido bórico em misturas etanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela M.20: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*)

Amostras	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	332,8	9,8897	12,7969	10,1547	2,9072	2,6422	0,2650
A_{12}	0,2052	332,8	9,5843	11,3763	9,7410	1,7920	1,6353	0,1567
A_{13}	0,2052	332,8	9,5579	12,0831	9,7711	2,5252	2,3120	0,2132
A_{21}	0,4026	333,3	10,0520	12,5095	10,2363	2,4575	2,2732	0,1843
A_{22}	0,4026	333,3	9,9162	12,0289	10,0680	2,1127	1,9609	0,1518
A_{23}	0,4026	333,3	9,5306	12,5730	9,7646	3,0424	2,8084	0,2340
A_{31}	0,6042	332,3	9,5724	12,1748	9,7363	2,6024	2,4385	0,1639
A_{32}	0,6042	332,3	9,7293	11,4634	9,8288	1,7341	1,6346	0,0995
A_{33}	0,6042	332,3	9,4565	11,2408	9,5674	1,7843	1,6734	0,1109
A_{41}	0,7958	333,0	9,4412	11,1280	9,5543	1,6868	1,5737	0,1131
A_{42}	0,7958	333,0	9,7958	12,2338	9,9294	2,4380	2,3044	0,1336
A_{43}	0,7958	333,0	9,9751	12,0856	10,0940	2,1105	1,9916	0,1189
RA_{11}	0,2052	333,6	9,6365	12,2155	9,8652	2,5790	2,3503	0,2287
RA_{12}	0,2052	333,6	9,8166	13,3252	10,1489	3,5086	3,1763	0,3323
RA_{13}	0,2052	333,6	9,4571	11,8446	9,6636	2,3875	2,1810	0,2065

Tabela M.21: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2052	332,8	8,7675	8,4429	9,1153	0,3368
A_{2j}	0,4026	333,3	7,4586	7,1851	7,6913	0,2556
A_{3j}	0,6042	332,3	6,0837	5,7378	6,2980	0,3024
A_{4j}	0,7958	333,0	5,9395	5,4799	6,7050	0,6674
RA_{1j}	0,2052	333,6	8,9960	8,6492	9,4710	0,4256

M.1.3.2 – Solubilidades do ácido bórico em misturas n-propanol e água

M.1.3.2.1 – Solubilidades do ácido bórico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela M.22: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*).

Amostras	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	293,6	9,7098	11,7277	9,7745	2,0179	1,9532	0,0441
A_{12}	0,2052	293,6	9,5527	11,3851	9,6105	1,8324	1,7746	0,0369
A_{13}	0,2052	293,6	9,4869	12,3502	9,6048	2,8633	2,7454	0,0683
A_{21}	0,5996	293,2	9,6173	10,9675	9,6141	1,3502	1,3534	0,0119
A_{22}	0,5996	293,2	9,4412	10,8465	9,4376	1,4053	1,4089	0,0124
A_{23}	0,5996	293,2	9,7126	11,6020	9,7106	1,8894	1,8914	0,0140
A_{31}	0,7974	293,3	9,6223	11,3157	9,6193	1,6934	1,6964	0,0174
A_{32}	0,7974	293,3	10,0378	11,5685	10,0298	1,5307	1,5387	0,0180
A_{33}	0,7974	293,3	9,7197	11,0484	9,7150	1,3287	1,3334	0,0104

Tabela M.23: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, águae n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
$\mathbf{A_{1j}}$	0,2052	293,6	2,1949	2,0138	2,3854	0,1860
$\mathbf{A_{2j}}$	0,5996	293,2	0,8349	0,7410	0,8824	0,0813
$\mathbf{A_{3j}}$	0,7974	293,3	0,9954	0,7827	1,1759	0,1986

M.1.3.2.2 – Solubilidades do ácido bórico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela M.24: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*).

Amostra	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	273,2	10,0509	11,7281	10,1043	1,6772	1,6238	0,0534
A_{12}	0,2052	273,2	9,3902	10,7940	9,4310	1,4038	1,3630	0,0408
A_{13}	0,2052	273,2	9,8943	11,5107	9,9476	1,6164	1,5631	0,0533
A_{21}	0,5996	273,2	9,6300	11,1312	9,6460	1,5012	1,4852	0,0160
A_{22}	0,5996	273,2	9,8860	11,0332	9,9016	1,1472	1,1316	0,0156
A_{23}	0,5996	273,2	9,9894	11,2998	10,0065	1,3104	1,2933	0,0171
A_{31}	0,7974	273,2	9,6513	11,8706	9,6842	2,2193	2,1864	0,0329
A_{32}	0,7974	273,2	9,5206	11,0142	9,5471	1,4936	1,4671	0,0265
A_{33}	0,7974	273,2	9,6000	12,2425	9,6453	2,6425	2,5972	0,0453

Tabela M.25: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
$\mathbf{A_{1j}}$	0,2052	303,3	3,1292	2,9064	3,2975	0,2012
$\mathbf{A_{2j}}$	0,5996	303,1	1,2435	1,0658	1,3598	0,1563
$\mathbf{A_{3j}}$	0,7974	303,3	1,6510	1,4825	1,7742	0,1541

M.1.3.2.3 – Solubilidades do ácido bórico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela M.26: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*).

Amostra	X_k	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2052	273,2	9,8079	11,1722	9,8669	1,3643	1,3053	0,0590
A_{12}	0,2052	273,2	9,8352	11,8446	9,9378	2,0094	1,9068	0,1026
A_{13}	0,2052	273,2	9,6221	11,2781	9,6945	1,6560	1,5836	0,0724
A_{21}	0,5996	273,2	9,8469	10,9563	9,8688	1,1094	1,0875	0,0219
A_{22}	0,5996	273,2	9,8388	11,4398	9,8673	1,6010	1,5725	0,0285
A_{23}	0,5996	273,2	9,8883	11,5651	9,9206	1,6768	1,6445	0,0323
A_{31}	0,7974	273,2	9,5630	11,4381	9,6044	1,8751	1,8337	0,0414
A_{32}	0,7974	273,2	9,4155	10,9033	9,4439	1,4878	1,4594	0,0284
A_{33}	0,7974	273,2	9,7099	11,2179	9,7433	1,5080	1,4746	0,0334

Tabela M.27: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	X_k	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
$\mathbf{A_{1j}}$	0,2052	313,3	4,6008	4,3246	5,1060	0,4381
$\mathbf{A_{2j}}$	0,5996	312,6	1,8935	1,7801	1,9740	0,1010
$\mathbf{A_{3j}}$	0,7974	313,6	2,1105	1,9089	2,2149	0,1747

M.1.3.2.4 – Solubilidades do ácido bórico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 50 ºC

Tabela M.28: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*).

Amostra	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,4026	322,7	9,4297	11,9735	9,5711	2,5438	2,4024	0,1414
A_{12}	0,4026	322,7	9,8144	11,8033	9,9258	1,9889	1,8775	0,1114
A_{13}	0,4026	322,7	9,5297	12,2496	9,6859	2,7199	2,5637	0,1562
A_{21}	0,5996	322,7	9,3988	11,0527	9,4358	1,6539	1,6169	0,0370
A_{22}	0,5996	322,7	9,5849	10,8566	9,6150	1,2717	1,2416	0,0301
A_{23}	0,5996	322,7	9,6652	11,3289	9,7085	1,6637	1,6204	0,0433
A_{31}	0,7974	322,4	9,5081	10,8614	9,5453	1,3533	1,3161	0,0372
A_{32}	0,7974	322,4	10,0825	11,8939	10,1569	1,8114	1,7370	0,0744
A_{33}	0,7974	322,4	9,7748	11,3421	9,7900	1,5673	1,5521	0,0152

Tabela M.29: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,4026	322,7	5,6342	5,5586	5,7429	0,0965
A_{2j}	0,5996	322,7	2,4022	2,2371	2,6026	0,1853
A_{3j}	0,7974	322,4	2,6087	0,9698	4,1073	1,5734

M.1.3.2.5 – Solubilidades do ácido bórico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela M.30: Resultados para o sistema ternário ácido bórico, propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*).

Amostra	Xk	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,4026	331,6	9,9790	11,3787	10,0820	1,3997	1,2967	0,1030
A_{12}	0,4026	331,6	9,8510	10,8444	9,9174	0,9934	0,9270	0,0664
A_{13}	0,4026	331,6	9,4069	11,5666	9,5575	2,1597	2,0091	0,1506
A_{21}	0,5996	331,3	10,0308	12,6564	10,1486	2,6256	2,5078	0,1178
A_{22}	0,5996	331,3	9,5640	12,5922	9,6970	3,0282	2,8952	0,1330
A_{23}	0,5996	331,3	9,4850	10,9465	9,5437	1,4615	1,4028	0,0587
A_{31}	0,7974	332,1	9,5422	10,4891	9,5808	0,9469	0,9083	0,0386
A_{32}	0,7974	332,1	9,9801	11,4092	10,0373	1,4291	1,3719	0,0572
A_{33}	0,7974	332,1	9,5239	11,0797	9,5934	1,5558	1,4863	0,0695

Tabela M.31: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Bórico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	Xk	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
$\mathbf{A_{1j}}$	0,4026	331,7	5,6398	5,1422	6,1517	0,4508
$\mathbf{A_{2j}}$	0,5996	331,3	3,7940	3,4529	4,0391	0,3047
$\mathbf{A_{3j}}$	0,7974	332,1	2,7250	2,3078	3,2152	0,4581

APÊNDICE N. Dados Experimentais para o Ácido Succínico.

N.1 – Solubilidades do ácido Succínico em solventes puros

N.1.1– Solubilidades do ácido Succínico em água

Tabela N.01: Resultados para o sistema binário (ácido succínico em água) em diversas temperaturas

Amostra	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_a	m_{sol}	m_w	S
A_{11}	293,4	9,6588	11,6585	9,7779	0,1191	1,9997	1,8806	5,9559
A_{12}	293,4	9,4007	11,8710	9,5495	0,1488	2,4703	2,3215	6,0236
A_{13}	293,4	9,4219	11,4066	9,5396	0,1177	1,9847	1,8670	5,9304
RA_{11}	293,5	9,9966	12,2976	10,1356	0,1390	2,3010	2,1620	6,0409
RA_{12}	293,5	9,8464	11,7061	9,9591	0,1127	1,8597	1,7470	6,0601
RA_{13}	293,5	9,8751	11,7317	9,9848	0,1097	1,8566	1,7469	5,9087
A_{21}	303,2	9,8844	12,1342	10,0840	0,1996	2,2498	2,0502	8,8719
A_{22}	303,2	9,5047	11,9555	9,7238	0,2191	2,4508	2,2317	8,9399
A_{23}	303,2	9,7898	12,1757	10,0027	0,2129	2,3859	2,1730	8,9233
A_{31}	313,0	9,6646	12,2658	9,9993	0,3347	2,6012	2,2665	12,8671
A_{32}	313,0	9,6185	12,4967	9,9855	0,3670	2,8782	2,5112	12,7510
A_{33}	313,0	9,3910	12,1634	9,7489	0,3579	2,7724	2,4145	12,9094
A_{41}	322,7	9,4805	11,2300	9,7833	0,3028	1,7495	1,4467	17,3078
A_{42}	322,7	9,7402	11,0112	9,9604	0,2202	1,2710	1,0508	17,3249
A_{43}	322,7	9,4599	12,2404	9,9421	0,4822	2,7805	2,2983	17,3422
A_{51}	332,2	9,8589	13,0994	10,6208	0,7619	3,2405	2,4786	23,5118
A_{52}	332,2	9,8521	12,6582	10,5091	0,6570	2,8061	2,1491	23,4133
A_{53}	332,2	9,4747	12,6699	10,2284	0,7537	3,1952	2,4415	23,5885

Tabela N.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido succínico em água.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
5,9699	5,9304	6,0236	0,0482	293,4	293,4	293,4	0,0
6,0032	5,9087	6,0601	0,0825	293,5	293,5	293,5	0,0
8,9117	8,8719	8,9399	0,0355	303,2	303,2	303,2	0,0
12,8425	12,7510	12,9094	0,0820	313,0	313,0	313,0	0,0
17,3250	17,3078	17,3422	0,0172	322,7	322,7	322,7	0,0
23,5045	23,4133	23,5885	0,0878	332,1	332,1	332,1	0,0

N.1.2 – Solubilidades do ácido Succínico em etanol

Tabela N.03: Resultados para o sistema binário (ácido succínico em etanol) em diversas temperaturas

Amostra	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_a	m_{sol}	m_e	S
A_{11}	293,3	9,4414	12,2122	9,6499	0,2085	2,7708	2,5623	7,5249
A_{12}	293,3	9,4355	12,4788	9,6622	0,2267	3,0433	2,8166	7,4492
A_{13}	293,3	9,3196	12,8198	9,5806	0,261	3,5002	3,2392	7,4567
RA_{11}	293,4	9,6386	10,0252	9,6666	0,028	0,3866	0,3586	7,2426
RA_{12}	293,4	9,7489	11,889	9,9042	0,1553	2,1401	1,9848	7,2567
RA_{13}	293,4	9,4199	10,6348	9,5042	0,0843	1,2149	1,1306	6,9388
A_{21}	303,0	9,4818	12,8968	9,7845	0,3027	3,415	3,1123	8,8638
A_{22}	303,0	9,4058	12,8655	9,7112	0,3054	3,4597	3,1543	8,8274
A_{23}	303,0	9,4509	12,0527	9,6848	0,2339	2,6018	2,3679	8,9899
A_{31}	308,4	9,4524	12,5326	9,7747	0,3223	3,0802	2,7579	10,4636
A_{32}	308,4	9,4161	12,5598	9,7533	0,3372	3,1437	2,8065	10,7262
A_{33}	308,4	9,5724	12,8569	9,9227	0,3503	3,2845	2,9342	10,6652
A_{41}	322,6	9,4422	11,8871	9,7802	0,338	2,4449	2,1069	13,8247
A_{42}	322,6	9,786	13,7934	10,2991	0,5131	4,0074	3,4943	12,8038
A_{43}	322,6	9,9081	13,1321	10,3433	0,4352	3,224	2,7888	13,4988
A_{51}	332,2	9,4772	12,302	9,9538	0,4766	2,8248	2,3482	16,8720
A_{52}	332,2	9,5022	13,0432	10,0795	0,5773	3,541	2,9637	16,3033
A_{53}	332,2	9,8983	12,5833	10,3496	0,4513	2,685	2,2337	16,8082

Tabela N.04: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido succínico em etanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
7,4769	7,4492	7,5249	0,0417	293,3	293,3	293,3	0,0
7,1460	6,9388	7,2567	0,1796	293,4	293,4	293,4	0,0
8,8937	8,8274	8,9899	0,0853	303,0	303,0	303,0	0,0
10,6184	10,4636	10,7262	0,1374	308,4	308,4	308,4	0,0
13,3758	12,8038	13,8247	0,5214	322,6	322,6	322,6	0,0
16,6612	16,3033	16,8720	0,3116	332,2	332,2	332,2	0,0

N.1.3 – Solubilidades do ácido Succínico em n-propanol

Tabela N.05: Resultados para o sistema binário (ácido succínico em n-propanol) em diversas temperaturas

Amostra	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_a	m_{sol}	m_p	S
A_{11}	293,3	9,3512	12,2448	9,4243	0,0731	2,8936	2,8205	2,5263
A_{12}	293,3	9,5467	11,9697	9,6122	0,0655	2,4230	2,3575	2,7033
A_{13}	293,3	9,6402	12,2443	9,7130	0,0728	2,6041	2,5313	2,7956
RA_{11}	293,4	9,3842	11,7507	9,4452	0,0610	2,3665	2,3055	2,5776
RA_{12}	293,4	9,5051	11,5025	9,5575	0,0524	1,9974	1,9450	2,6234
RA_{13}	293,4	9,9411	12,1172	9,9969	0,0558	2,1761	2,1203	2,5642
A_{21}	302,9	9,5320	13,2092	9,6472	0,1152	3,6772	3,5620	3,1328
A_{22}	302,9	10,0708	13,0772	10,1762	0,1054	3,0064	2,9010	3,5059
A_{23}	302,9	9,8564	12,2968	9,9317	0,0753	2,4404	2,3651	3,0856
A_{31}	312,8	9,7203	12,3060	9,8414	0,1211	2,5857	2,4646	4,6835
A_{32}	312,8	9,4123	12,2731	9,5474	0,1351	2,8608	2,7257	4,7225
A_{33}	312,8	10,0815	13,3704	10,2286	0,1471	3,2889	3,1418	4,4726
A_{41}	322,5	9,8431	12,4026	10,0077	0,1646	2,5595	2,3949	6,4309
A_{42}	322,5	9,7949	12,9377	9,9831	0,1882	3,1428	2,9546	5,9883
A_{43}	322,5	9,4777	12,9897	9,6879	0,2102	3,5120	3,3018	5,9852
A_{51}	332,2	9,4800	12,0054	9,7046	0,2246	2,5254	2,3008	8,8936
A_{52}	332,2	9,3503	12,9285	9,6404	0,2901	3,5782	3,2881	8,1074
A_{53}	332,2	9,4843	11,4450	9,6554	0,1711	1,9607	1,7896	8,7265

Tabela N.06: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido succínico em n-propanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
2,6750	2,5263	2,7956	0,1369	293,3	293,3	293,3	0,0
2,5884	2,5642	2,6234	0,0310	293,4	293,4	293,4	0,0
3,2414	3,0856	3,5059	0,2302	302,9	302,9	302,9	0,0
4,6262	4,4726	4,7225	0,1344	312,8	312,8	312,8	0,0
6,1348	5,9852	6,4309	0,2565	322,5	322,5	322,5	0,0
8,5758	8,1074	8,8936	0,4142	332,2	332,2	332,2	0,0

N.2– Solubilidades do ácido Succínico em misturas solventes

N.2.1 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água

N.2.1.1 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela N.07: Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC.

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,1989	293,3	9,3285	10,9304	9,4884	1,6019	1,4420	0,1599
A_{12}	0,1989	293,3	9,2682	11,3421	9,4751	2,0739	1,8670	0,2069
A_{13}	0,1989	293,3	9,4216	11,7298	9,6549	2,3082	2,0749	0,2333
A_{21}	0,4005	293,8	9,5122	11,1864	9,7268	1,6742	1,4596	0,2146
A_{22}	0,4005	293,8	9,6537	11,5704	9,8967	1,9167	1,6737	0,2430
A_{23}	0,4005	293,8	9,8244	11,3508	10,0179	1,5264	1,3329	0,1935
A_{31}	0,5957	294,8	9,3869	11,1902	9,6182	1,8033	1,5720	0,2313
A_{32}	0,5957	294,8	9,4337	10,6962	9,5898	1,2625	1,1064	0,1561
A_{33}	0,5957	294,8	9,7932	11,6370	10,0290	1,8438	1,6080	0,2358
A_{41}	0,7926	293,7	9,7778	11,6940	9,9540	1,9162	1,7400	0,1762
A_{42}	0,7926	293,7	9,7345	11,8625	9,9724	2,1280	1,8901	0,2379
A_{43}	0,7926	293,7	9,5171	10,9224	9,6713	1,4053	1,2511	0,1542

Tabela N.08: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etaanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	293,3	10,0219	9,9764	10,1074	0,0741
A_{2j}	0,4005	293,8	12,7243	12,6769	12,8181	0,0812
A_{3j}	0,5957	294,8	12,6599	12,3644	12,8265	0,2566
A_{4j}	0,7926	293,7	10,4492	9,1953	11,1795	1,0908

N.2.1.2 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela N.09:

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,1989	303,1	9,7143	11,9431	10,0447	2,2288	1,8984	0,3304
A_{12}	0,1989	303,1	9,5677	11,7428	9,8897	2,1751	1,8531	0,3220
A_{13}	0,1989	303,1	9,5697	12,0078	9,9518	2,4381	2,0560	0,3821
A_{21}	0,4005	303,8	9,4760	11,0570	9,7468	1,5810	1,3102	0,2708

Continua...

Tabela N.09: Continuação

A_{22}	0,4005	303,8	9,5733	11,0499	9,8243	1,4766	1,2256	0,2510
A_{23}	0,4005	303,8	9,5372	11,6106	9,8985	2,0734	1,7121	0,3613
A_{31}	0,5957	302,3	9,5752	11,4180	9,8844	1,8428	1,5336	0,3092
A_{32}	0,5957	302,3	9,7265	11,0627	9,9456	1,3362	1,1171	0,2191
A_{33}	0,5957	302,3	9,5333	11,5077	9,8768	1,9744	1,6309	0,3435
A_{41}	0,7926	304,0	9,4322	10,9522	9,6525	1,5200	1,2997	0,2203
A_{42}	0,7926	303,9	9,4111	11,2551	9,6821	1,8440	1,5730	0,2710
A_{43}	0,7926	303,9	9,3511	10,6918	9,5438	1,3407	1,1480	0,1927

Tabela N.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	303,1	15,1000	14,8039	15,6720	0,4955
A_{2j}	0,4005	303,8	17,1841	16,9985	17,4255	0,2189
A_{3j}	0,5957	302,3	16,8579	16,3972	17,3977	0,5049
A_{4j}	0,7926	304,0	14,5209	14,3731	14,6963	0,1634

N.2.1.3 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela N.11: Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 40 ºC

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,1989	313,3	9,7433	11,9032	10,1787	2,1599	1,7245	0,4354
A_{12}	0,1989	313,2	9,5807	12,4138	10,1622	2,8331	2,2516	0,5815
A_{13}	0,1989	313,2	9,4939	12,2062	10,0441	2,7123	2,1621	0,5502
A_{21}	0,4005	313,8	9,3702	11,0701	9,7472	1,6999	1,3229	0,3770
A_{22}	0,4005	313,8	9,4670	11,3693	9,8905	1,9023	1,4788	0,4235
A_{23}	0,4005	313,8	9,3327	11,3583	9,7862	2,0256	1,5721	0,4535
A_{31}	0,5957	309,0	9,4993	10,9059	9,7911	1,4066	1,1148	0,2918
A_{32}	0,5957	309,0	9,4902	11,2450	9,8629	1,7548	1,3821	0,3727
A_{33}	0,5957	309,0	9,9156	11,7557	10,3055	1,8401	1,4502	0,3899
A_{41}	0,7926	313,8	9,8836	11,1948	10,1241	1,3112	1,0707	0,2405
A_{42}	0,7926	313,7	9,6950	11,3138	9,9956	1,6188	1,3182	0,3006
A_{43}	0,7926	313,8	9,6746	11,5513	10,0259	1,8767	1,5254	0,3513

Tabela N.12: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	303,1	20,3230	20,1583	20,5252	0,1863
A_{2j}	0,4005	303,8	22,2762	22,1778	22,3884	0,1060
A_{3j}	0,5957	302,3	21,0577	20,7451	21,2389	0,2719
A_{4j}	0,7926	304,0	18,5434	18,3420	18,7190	0,1899

N.2.1.4 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 50 ºC

Tabela N.13:

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,1989	322,6	9,4774	11,5751	10,0459	2,0977	1,5292	0,5685
A_{12}	0,1989	322,6	9,5093	11,5311	10,0524	2,0218	1,4787	0,5431
A_{13}	0,1989	322,6	9,7168	11,5697	10,2106	1,8529	1,3591	0,4938
A_{21}	0,4005	322,3	9,5172	11,5639	10,0981	2,0467	1,4658	0,5809
A_{22}	0,4005	322,3	9,4060	10,8565	9,8088	1,4505	1,0477	0,4028
A_{23}	0,4005	322,3	9,9745	12,0638	10,5726	2,0893	1,4912	0,5981
A_{31}	0,5957	315,4	9,5317	11,0004	9,9150	1,4687	1,0854	0,3833
A_{32}	0,5957	315,4	9,8188	11,7340	10,3282	1,9152	1,4058	0,5094
A_{33}	0,5957	315,4	9,4247	11,0832	9,8595	1,6585	1,2237	0,4348
A_{41}	0,7926	323,5	9,4632	10,8118	9,7762	1,3486	1,0356	0,3130
A_{42}	0,7926	323,5	9,4948	10,9664	9,8365	1,4716	1,1299	0,3417
A_{43}	0,7926	323,5	9,4526	11,3297	9,8917	1,8771	1,4380	0,4391

Tabela N.14: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	322,6	26,8711	26,6501	27,1011	0,2256
A_{2j}	0,4005	322,3	28,2596	27,7697	28,6268	0,4415
A_{3j}	0,5957	315,4	26,3040	26,0979	26,5977	0,2612
A_{4j}	0,7926	323,5	23,2738	23,2093	23,3925	0,1029

N.2.1.5 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela N.15: Solubilidades do ácido Succínico em misturas etanol e água no *set-point* de 60 ºC.

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,1989	332,4	9,4925	11,1354	10,0765	1,6429	1,0589	0,5840
A_{12}	0,1989	332,4	9,9193	11,8414	10,6062	1,9221	1,2352	0,6869
A_{13}	0,1989	332,4	9,5031	11,5390	10,2257	2,0359	1,3133	0,7226
A_{21}	0,4005	332,3	9,7948	11,4491	10,3789	1,6543	1,0702	0,5841
A_{22}	0,4005	332,3	9,5413	11,2696	10,1483	1,7283	1,1213	0,6070
A_{23}	0,4005	332,3	9,8740	11,8148	10,5645	1,9408	1,2503	0,6905
A_{31}	0,5957	323,2	10,0960	13,1307	11,1032	3,0347	2,0275	1,0072
A_{32}	0,5957	323,2	9,7101	12,1824	10,5183	2,4723	1,6641	0,8082
A_{33}	0,5957	323,2	9,5599	12,5866	10,5553	3,0267	2,0313	0,9954
A_{41}	0,7926	333,2	9,4233	11,0848	9,9057	1,6615	1,1791	0,4824
A_{42}	0,7926	333,2	9,6444	11,3712	10,1462	1,7268	1,2250	0,5018
A_{43}	0,7926	333,2	9,7011	11,1354	10,1134	1,4343	1,0220	0,4123

Tabela N.16: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	332,4	35,5923	35,4929	35,7370	0,1282
A_{2j}	0,4005	332,3	35,3358	35,1212	35,5781	0,2297
A_{3j}	0,5957	323,2	32,9223	32,6902	33,1894	0,2515
A_{4j}	0,7926	333,2	28,9464	28,7457	29,0595	0,1743

N.2.2 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas n-propanol e água

N.2.2.1 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela 4.17: Resultados para o sistema ternárioácido Succínico, n-propanol e águaem diversas concentrações de solventes à 20 ºC(set-point)

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a	S
A_{11}	0,4026	294,1	9,3068	10,5042	9,4186	1,1974	1,0856	0,1118	9,3369
A_{12}	0,4026	294,1	9,3926	10,7300	9,5153	1,3374	1,2147	0,1227	9,1745
A_{13}	0,4026	294,1	9,4287	10,8222	9,5624	1,3935	1,2598	0,1337	9,5945
A_{21}	0,5996	294,2	9,4804	11,2180	9,6016	1,7376	1,6164	0,1212	6,9751
A_{22}	0,5996	294,2	9,8011	11,3127	9,9175	1,5116	1,3952	0,1164	7,7004

Continua...

Tabela 4.17: Continuação

A_{23}	0,5996	294,2	9,4081	10,7745	9,5063	1,3664	1,2682	0,0982	7,1868
A_{31}	0,7974	293,9	9,4352	10,8462	9,5126	1,4110	1,3336	0,0774	5,4855
A_{32}	0,7974	293,9	9,4373	10,8930	9,5155	1,4557	1,3775	0,0782	5,3720
A_{33}	0,7974	293,9	9,5567	10,8158	9,6230	1,2591	1,1928	0,0663	5,2657

Tabela 4.18: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,4026	294,1	9,3687	9,1745	9,5945	0,2118
A_{2j}	0,5996	294,2	7,2875	6,9751	7,7004	0,3730
A_{3j}	0,7974	293,9	5,3744	5,2657	5,4855	0,1099

N.2.2.2 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela 4.19: Resultados para o sistema ternárioácido Succínico, n-propanol e águaem diversas concentrações de solventes à 30 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a	S
A_{11}	0,4026	304,1	9,7501	11,0331	9,9006	1,2830	1,1325	0,1505	11,7303
A_{12}	0,4026	304,1	10,1023	11,9298	10,3134	1,8275	1,6164	0,2111	11,5513
A_{13}	0,4026	304,1	9,5636	11,3604	9,7742	1,7968	1,5862	0,2106	11,7208
A_{21}	0,5996	307,1	9,3930	11,0634	9,5671	1,6704	1,4963	0,1741	10,4227
A_{22}	0,5996	307,1	9,3399	10,7616	9,4884	1,4217	1,2732	0,1485	10,4452
A_{23}	0,5996	307,1	9,6850	11,2829	9,8470	1,5979	1,4359	0,1620	10,1383
A_{31}	0,7974	304,1	9,6024	11,0590	9,7055	1,4566	1,3535	0,1031	7,0781
A_{32}	0,7974	304,1	9,5602	10,7558	9,6504	1,1956	1,1054	0,0902	7,5443
A_{33}	0,7974	304,1	10,1116	11,9039	10,2304	1,7923	1,6735	0,1188	6,6284

Tabela 4.20: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,4026	304,1	11,6675	11,5513	11,7303	0,1007
A_{2j}	0,5996	307,1	10,3354	10,1383	10,4452	0,1711
A_{3j}	0,7974	304,1	7,0836	6,6284	7,5443	0,4580

N.2.2.3 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela 4.21:Resultados para o sistema ternárioácido Succínico, n-propanol e águaem diversas concentrações de solventes à 40 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a	S
A_{11}	0,4026	314,4	9,4579	11,3354	9,7681	1,8775	1,5673	0,3102	16,5220
A_{12}	0,4026	314,4	9,6812	11,6082	9,9881	1,9270	1,6201	0,3069	15,9263
A_{13}	0,4026	314,4	9,5147	10,7010	9,7158	1,1863	0,9852	0,2011	16,9519
A_{21}	0,5996	314,9	9,5031	11,1803	9,7333	1,6772	1,4470	0,2302	13,7253
A_{22}	0,5996	314,9	9,5189	11,1528	9,7428	1,6339	1,4100	0,2239	13,7034
A_{23}	0,5996	314,9	9,4496	10,9309	9,6551	1,4813	1,2758	0,2055	13,8729
A_{31}	0,7974	314,4	9,4572	11,1641	9,6292	1,7069	1,5349	0,1720	10,0767
A_{32}	0,7974	314,4	9,4109	10,8079	9,5551	1,3970	1,2528	0,1442	10,3221
A_{33}	0,7974	314,4	9,4993	11,1237	9,6604	1,6244	1,4633	0,1611	9,9175

Tabela 4.22: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário: Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,4026	314,4	16,4667	15,9263	16,9519	0,5150
A_{2j}	0,5996	314,9	13,7672	13,7034	13,8729	0,0922
A_{3j}	0,7974	314,4	10,1055	9,9175	10,3221	0,2038

N.2.2.4 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 50 ºC

4.23: Resultados para o sistema ternário: ácido Succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a	S
A_{11}	0,4026	322,3	9,3795	10,6229	9,6370	1,2434	0,9859	0,2575	20,7093
A_{12}	0,4026	322,3	9,5899	11,3912	9,9678	1,8013	1,4234	0,3779	20,9793
A_{13}	0,4026	322,3	9,4079	11,2885	9,8118	1,8806	1,4767	0,4039	21,4772
A_{21}	0,5996	322,0	9,3827	10,7924	9,6228	1,4097	1,1696	0,2401	17,0320
A_{22}	0,5996	322,0	9,3859	11,0573	9,6665	1,6714	1,3908	0,2806	16,7883
A_{23}	0,5996	322,0	9,3508	10,9170	9,6079	1,5662	1,3091	0,2571	16,4155
A_{31}	0,7974	322,4	9,4093	10,5034	9,5522	1,0941	0,9512	0,1429	13,0610
A_{32}	0,7974	322,4	9,6545	11,5064	9,8773	1,8519	1,6291	0,2228	12,0309
A_{33}	0,7974	322,4	9,4226	11,0640	9,6281	1,6414	1,4359	0,2055	12,5198

Tabela 4.24: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário:Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,4026	322,3	21,0553	20,7093	21,4772	0,3895
A_{2j}	0,5996	322,0	16,7453	16,4155	17,0320	0,3105
A_{3j}	0,7974	322,4	12,5372	12,0309	13,0610	0,5153

N.2.2.5 – Solubilidades do ácido Succínico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 60 ºC.

Tabela 4.25: Resultados para o sistema ternário: ácido Succínico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a	S
A_{11}	0,4026	332,8	9,9683	11,6057	10,4214	1,6374	1,1843	0,4531	27,6719
A_{12}	0,4026	332,8	9,6212	11,4439	10,1290	1,8227	1,3149	0,5078	27,8598
A_{13}	0,4026	332,8	9,5677	11,1373	9,9863	1,5696	1,1510	0,4186	26,6692
A_{21}	0,5996	332,7	9,9303	12,2567	10,4769	2,3264	1,7798	0,5466	23,4955
A_{22}	0,5996	332,7	9,5127	12,6621	10,2616	3,1494	2,4005	0,7489	23,7791
A_{23}	0,5996	332,7	9,8267	12,3575	10,4051	2,5308	1,9524	0,5784	22,8544
A_{31}	0,7974	332,8	9,3146	11,9491	9,7848	2,6345	2,1643	0,4702	17,8478
A_{32}	0,7974	332,8	9,4563	10,4872	9,6259	1,0309	0,8613	0,1696	16,4516
A_{33}	0,7974	332,8	9,7821	11,0166	9,9827	1,2345	1,0339	0,2006	16,2495

Tabela 4.26: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário: Succínico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,4026	332,8	27,4003	26,6692	27,8598	0,6401
A_{2j}	0,5996	332,7	23,3764	22,8544	23,7791	0,4737
A_{3j}	0,7974	332,8	16,8496	16,2495	17,8478	0,8703

APÊNDICE O. Dados Experimentais do Ácido Cítrico

O.1.– Solubilidades do ácido Cítrico em solventes puros

O.1.1– Solubilidades do ácido Cítrico em água

Tabela O.01: Resultados para o sistema binário ácido Cítrico em Água em diversas temperaturas

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_a	m_{sol}	m_w	S
A_{11}	294,0	44,1978	47,8066	46,3501	2,1523	3,6088	1,4565	59,6403
A_{12}	294,2	49,9435	52,2128	51,2914	1,3479	2,2693	0,9214	59,3972
A_{13}	294,5	32,7119	36,5274	34,9925	2,2806	3,8155	1,5349	59,7720
RA_{11}	294,1	44,4462	46,6188	45,7387	1,2925	2,1726	0,8801	59,4909
RA_{12}	294,1	78,8037	83,1873	81,4285	2,6248	4,3836	1,7588	59,8777
RA_{13}	294,1	82,2711	86,7113	84,9252	2,6541	4,4402	1,7861	59,7743
RA_{11}	292,9	41,5423	43,6111	42,7567	1,2144	2,0688	0,8544	58,7007
RA_{12}	292,8	65,2154	68,2673	67,0627	1,8473	3,0519	1,2046	60,5295
RA_{13}	292,8	77,9225	80,5768	79,5375	1,6150	2,6543	1,0393	60,8447
A_{21}	303,9	41,8685	47,5795	45,4239	3,5554	5,7110	2,1556	62,2553
A_{22}	303,9	40,8357	46,4046	44,4510	3,6153	5,5689	1,9536	64,9195
A_{23}	304,0	45,9640	50,0079	48,1829	2,2189	4,0439	1,8250	54,8703
RA_{21}	303,2	9,2410	12,4368	11,3560	2,1150	3,1958	1,0808	66,1806
RA_{22}	303,2	42,6222	46,0714	44,0073	1,3851	3,4492	2,0641	40,1571
RA_{23}	303,2	42,8527	47,8403	44,7623	1,9096	4,9876	3,0780	38,2870
RA_{21}	304,9	39,8808	41,4607	40,9294	1,0486	1,5799	0,5313	66,3713
RA_{22}	305,0	44,0175	45,0020	44,6722	0,6547	0,9845	0,3298	66,5008
RA_{23}	305,0	55,2480	57,5426	56,7770	1,5290	2,2946	0,7656	66,6347
A_{31}	313,2	46,9204	51,3618	49,9665	3,0461	4,4414	1,3953	68,5842
A_{32}	313,2	82,2792	86,3749	85,0543	2,7751	4,0957	1,3206	67,7564
A_{33}	313,2	94,4155	100,0021	98,2076	3,7921	5,5866	1,7945	67,8785
RA_{31}	313,5	51,8205	54,1254	53,4547	1,6342	2,3049	0,6707	70,9011
RA_{32}	313,6	38,9812	41,7094	40,8755	1,8943	2,7282	0,8339	69,4341
RA_{33}	313,5	44,3244	45,9181	45,4368	1,1124	1,5937	0,4813	69,7998
RA_{31}	313,4	41,9612	44,1519	43,4716	1,5104	2,1907	0,6803	68,9460
RA_{32}	313,4	43,5506	45,4160	44,8367	1,2861	1,8654	0,5793	68,9450
RA_{33}	313,4	41,8779	43,8333	43,2245	1,3466	1,9554	0,6088	68,8657
A_{41}	323,3	43,2756	47,8568	46,5420	3,2664	4,5812	1,3148	71,3001
A_{42}	323,3	51,8192	55,1688	54,1806	2,3614	3,3496	0,9882	70,4980
A_{43}	323,3	38,9842	41,5084	40,5046	1,5204	2,5242	1,0038	60,2329
RA_{41}	323,0	34,8749	36,7454	36,2145	1,3396	1,8705	0,5309	71,6172
RA_{42}	322,8	40,1397	41,9795	41,4325	1,2928	1,8398	0,5470	70,2685
RA_{43}	322,9	43,3731	45,4241	44,8468	1,4737	2,0510	0,5773	71,8528
RA_{41}	322,3	42,0959	43,5628	43,1185	1,0226	1,4669	0,4443	69,7116

Continua...

Tabela O.01: Continuação

RA_{42}	322,2	44,9755	47,1627	46,5259	1,5504	2,1872	0,6368	70,8851
RA_{43}	322,2	44,3356	46,4195	45,8259	1,4903	2,0839	0,5936	71,5149
A_{51}	333,3	43,2741	51,5563	49,4678	6,1937	8,2822	2,0885	74,7833
A_{52}	333,0	38,9999	44,9755	43,4241	4,4242	5,9756	1,5514	74,0378
A_{53}	332,9	51,8186	59,6818	57,7043	5,8857	7,8632	1,9775	74,8512
RA_{51}	332,2	42,4058	43,9599	43,5503	1,1445	1,5541	0,4096	73,6439
RA_{52}	332,1	49,9423	52,3996	51,7590	1,8167	2,4573	0,6406	73,9307
RA_{53}	332,2	85,9839	87,8823	87,3921	1,4082	1,8984	0,4902	74,1783
RA_{51}	332,5	42,4075	44,0346	43,5482	1,1407	1,6271	0,4864	70,1063
RA_{52}	332,3	40,1391	42,2194	41,6462	1,5071	2,0803	0,5732	72,4463
RA_{53}	332,3	36,6112	38,9280	38,3055	1,6943	2,3168	0,6225	73,1310

Tabela O.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
59,7808	58,7007	60,8447	0,6244	293,7	292,8	294,5	0,7
65,4770	62,2553	66,6347	1,6955	304,3	303,2	305,0	0,8
68,7762	67,7564	69,7998	0,6999	313,4	313,2	313,6	0,1
70,9560	69,7116	71,8528	0,7472	322,8	322,2	323,3	0,5
73,4565	70,1063	74,8512	1,4652	332,6	332,1	333,3	0,4

Tabela O.03: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em água.

S (g/100g de água)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
148,6910	142,1348	155,3931	3,8720	293,7	292,8	294,5	0,7
190,2127	164,9378	199,7126	13,4587	304,3	303,2	305,0	0,8
222,9920	210,1393	243,6559	10,2412	313,4	313,2	313,6	0,1
234,1656	151,4644	255,2746	32,0823	322,8	322,2	323,3	0,5
277,6974	234,5189	297,6334	19,5308	332,6	332,1	333,3	0,4

O.1.2 – Solubilidades do ácido Cítrico em etanol

Tabela O.04: Resultados para o sistema binário (ácido cítrico em etanol) em diversas temperaturas

Amostras	m_r	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
A_{11}	294,3	9,3699	10,4952	10,0208	1,1253	0,4744	0,6509	57,8424
A_{12}	294,2	9,2591	10,2106	9,8079	0,9515	0,4027	0,5488	57,6774
A_{13}	294,3	9,4331	10,5835	10,1035	1,1504	0,4800	0,6704	58,2754
A_{21}	303,6	9,2938	11,2565	10,5192	1,9627	0,7373	1,2254	62,4344
A_{22}	303,6	9,3527	11,4040	10,6308	2,0513	0,7732	1,2781	62,3068
A_{23}	303,6	9,3881	11,1421	10,4686	1,7540	0,6735	1,0805	61,6021
A_{31}	313,2	9,3189	11,0567	10,3952	1,7378	0,6615	1,0763	61,9346
A_{32}	313,2	9,2762	10,8519	10,2380	1,5757	0,6139	0,9618	61,0395
A_{33}	313,2	9,2380	11,1521	10,4181	1,9141	0,7340	1,1801	61,6530
A_{41}	322,1	80,6016	83,0671	82,0346	2,4655	1,0325	1,4330	58,1221
A_{42}	322,2	44,3139	46,3123	45,4932	1,9984	0,8191	1,1793	59,0122
A_{43}	322,2	40,0682	42,5576	41,5386	2,4894	1,0190	1,4704	59,0664
A_{51}	331,0	40,4052	43,4536	42,6355	3,0484	0,8181	2,2303	73,1630
A_{52}	330,9	39,2181	40,3665	39,7940	1,1484	0,5725	0,5759	50,1480
A_{53}	330,6	45,0090	48,1882	46,6982	3,1792	1,4900	1,6892	53,1329
RA_{21}	304,0	9,3986	10,5566	10,0982	1,1580	0,4584	0,6996	60,4145
RA_{22}	304,2	9,4630	10,8304	10,2959	1,3674	0,5345	0,8329	60,9112
RA_{23}	304,3	9,3857	10,5822	10,1116	1,1965	0,4706	0,7259	60,6686

Tabela O.05: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em etanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
57,9317	57,6774	58,2754	0,3089	294,2	294,2	294,3	0,1
61,3896	60,4145	62,4344	0,8576	303,9	303,6	304,3	0,4
61,5424	61,0395	61,9346	0,4577	313,2	313,2	313,2	0,0
58,7336	58,1221	59,0664	0,5303	322,2	322,1	322,2	0,1
51,6404	50,1480	53,1329	2,1106	330,7	330,6	330,9	0,2

O.1.3 – Solubilidades do ácido Cítrico em n-propanol

Tabela O.06: Resultados binários para o sistema (ácido cítrico em 1-propanol) em diversas temperaturas

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_p	m_a	S
A_{11}	294,2	9,3412	10,7169	10,0940	1,3757	0,6229	0,7528	54,7212
A_{12}	294,2	9,1781	10,7545	10,0616	1,5764	0,6929	0,8835	56,0454
A_{13}	294,2	9,2484	10,8480	10,1294	1,5996	0,7186	0,8810	55,0763
A_{21}	303,6	9,3641	10,6843	10,0792	1,3202	0,6051	0,7151	54,1660
A_{22}	303,6	9,3705	10,7476	10,1153	1,3771	0,6323	0,7448	54,0847
A_{23}	303,6	9,2910	11,1713	10,3317	1,8803	0,8396	1,0407	55,3476
A_{31}	313,2	9,3330	11,6174	10,6152	2,2844	1,0022	1,2822	56,1285
A_{32}	313,2	9,2972	11,0897	10,2925	1,7925	0,7972	0,9953	55,5258
A_{33}	313,2	9,3605	11,8189	10,7566	2,4584	1,0623	1,3961	56,7890
A_{41}	322,1	40,9858	43,2233	41,8897	2,2375	1,3336	0,9039	40,3978
A_{42}	322,2	43,5599	45,9460	44,5129	2,3861	1,4331	0,9530	39,9397
A_{43}	322,2	63,5318	64,9811	63,5669	1,4493	1,4142	0,0351	2,4219
A_{51}	331,0	46,8480	48,3533	47,3604	1,5053	0,9929	0,5124	34,0397
A_{52}	330,9	37,8978	39,9865	38,5436	2,0887	1,4429	0,6458	30,9188
A_{53}	330,6	46,9198	49,4665	47,8430	2,5467	1,6235	0,9232	36,2508
RA_{21}	304,0	9,3392	10,8644	10,2187	1,5252	0,6457	0,8795	57,6646
RA_{22}	304,2	9,3182	10,8642	10,2088	1,5460	0,6554	0,8906	57,6067
RA_{23}	31,183	9,4366	11,1169	10,4114	1,6803	0,7055	0,9748	58,0134

Tabela O.07: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido cítrico em n-propanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
55,2810	54,7212	56,0454	0,6854	294,2	294,2	294,2	0,0
56,1472	54,0847	58,0134	1,8294	303,9	303,6	304,3	0,4
56,1478	55,5258	56,7890	0,6318	313,2	313,2	313,2	0,0
40,1687	39,9397	40,3978	0,3239	322,2	322,1	322,2	0,1
33,7364	30,9188	36,2508	2,6789	330,8	330,6	331,0	0,2

O.2 – Solubilidades do ácido Cítrico em misturas etanol e água

O.2.1 – Solubilidades do ácido Cítrico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela O.08: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(set-point)

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
A_{11}	0,1997	294,0	9,5004	11,5809	10,8081	2,0805	0,7728	1,3077	62,8551
A_{12}	0,1997	294,0	9,7823	13,0439	11,9318	3,2616	1,1121	2,1495	65,9032
A_{13}	0,1997	294,0	9,4350	11,7776	10,9206	2,3426	0,8570	1,4856	63,4167
A_{21}	0,3997	294,0	9,3986	12,9795	11,5575	3,5809	1,4220	2,1589	60,2893
A_{22}	0,3997	294,0	9,8814	14,4628	12,7502	4,5814	1,7126	2,8688	62,6184
A_{23}	0,3997	294,0	9,8311	13,3342	11,9512	3,5031	1,3830	2,1201	60,5207
A_{31}	0,6005	293,7	9,8573	11,4858	10,6664	1,6285	0,8194	0,8091	49,6838
A_{32}	0,6005	293,7	9,8615	11,3828	10,6176	1,5213	0,7652	0,7561	49,7009
A_{33}	0,6005	293,7	9,4543	11,2726	10,3675	1,8183	0,9051	0,9132	50,2227
A_{41}	0,7988	293,6	9,9194	12,3962	11,0215	2,4768	1,3747	1,1021	44,4969
A_{42}	0,7988	293,6	9,8708	11,4908	10,5631	1,6200	0,9277	0,6923	42,7346
A_{43}	0,7988	293,6	9,7975	11,1975	10,3893	1,4000	0,8082	0,5918	42,2714
RA_{11}	0,1997	294,4	9,7550	13,3734	12,1689	3,6184	1,2045	2,4139	66,7118
RA_{12}	0,1997	294,4	9,3350	12,1499	11,1844	2,8149	0,9655	1,8494	65,7004
RA_{13}	0,1997	294,4	10,0704	13,5937	12,4144	3,5233	1,1793	2,3440	66,5285
RA_{21}	0,3997	294,4	10,0221	12,9700	11,9405	2,9479	1,0295	1,9184	65,0768
RA_{22}	0,3997	294,4	9,9880	12,9316	11,9347	2,9436	0,9969	1,9467	66,1333
RA_{23}	0,3997	294,4	9,7969	12,1528	11,3393	2,3559	0,8135	1,5424	65,4697

Tabela O. 4.09: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1997	294,0	64,0583	62,8551	65,9032	1,6222
A_{2j}	0,3997	294,0	61,1428	60,2893	62,6184	1,2831
A_{3j}	0,6005	293,7	49,8691	49,6838	50,2227	0,3063
A_{4j}	0,7988	293,6	43,1676	42,2714	44,4969	1,1742
RA_{1j}	0,1997	294,4	66,3136	65,7004	66,7118	0,5389
RA_{2j}	0,3997	294,4	65,5599	65,0768	66,1333	0,5340

O.2.2 – Solubilidades do ácido Cítrico em misturas etanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela O. 4.10: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(set-point)

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
A_{11}	0,1997	303,0	9,8419	14,7127	12,8679	4,8708	1,8448	3,0260	62,1253
A_{12}	0,1997	303,0	9,6333	14,3087	12,5967	4,6754	1,7120	2,9634	63,3828
A_{13}	0,1997	303,0	9,9722	13,8981	12,4773	3,9259	1,4208	2,5051	63,8096
A_{21}	0,3997	302,9	9,3761	11,6263	10,6646	2,2502	0,9617	1,2885	57,2616
A_{22}	0,3997	302,9	9,3983	11,1977	10,3962	1,7994	0,8015	0,9979	55,4574
A_{23}	0,3997	302,9	9,4582	12,4655	11,2106	3,0073	1,2549	1,7524	58,2715
A_{31}	0,6005	303,4	10,1354	12,2241	11,3037	2,0887	0,9204	1,1683	55,9343
A_{32}	0,6005	303,4	9,7608	11,2753	10,5920	1,5145	0,6833	0,8312	54,8828
A_{33}	0,6005	303,4	9,6455	11,5958	10,7124	1,9503	0,8834	1,0669	54,7044
A_{41}	0,7988	303,5	9,4916	11,5098	10,4692	2,0182	1,0406	0,9776	48,4392
A_{42}	0,7988	303,5	9,9185	11,8933	10,8388	1,9748	1,0545	0,9203	46,6022
A_{43}	0,7988	303,5	9,7835	12,9321	11,3471	3,1486	1,5850	1,5636	49,6602

Tabela O. 4.11: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1997	303,0	63,1059	62,1253	63,8096	0,8756
A_{2j}	0,3997	302,9	56,9968	55,4574	58,2715	1,4256
A_{3j}	0,6005	303,4	55,1738	54,7044	55,9343	0,6646
A_{4j}	0,7988	303,5	48,2339	46,6022	49,6602	1,5393

O.2.3 – Solubilidades do ácido Cítrico em misturas etanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela O. 4.12: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(set-point)

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
A_{11}	0,1997	312,5	10,0019	12,0087	11,3461	2,0068	0,6626	1,3442	66,9823
A_{12}	0,1997	312,5	9,9050	13,2496	12,2185	3,3446	1,0311	2,3135	69,1712
A_{13}	0,1997	312,5	9,8545	13,2437	12,1888	3,3892	1,0549	2,3343	68,8747
A_{21}	0,3997	311,8	9,4638	12,7363	11,5852	3,2725	1,1511	2,1214	64,8251

Continua...

Tabela O. 4.12: Continuação

A_{22}	0,3997	311,8	9,5639	11,7528	10,9487	2,1889	0,8041	1,3848	63,2647
A_{23}	0,3997	311,8	9,7077	13,4296	12,1404	3,7219	1,2892	2,4327	65,3618
A_{31}	0,6005	312,7	9,4162	11,3170	10,5720	1,9008	0,7450	1,1558	60,8060
A_{32}	0,6005	312,7	9,5186	10,9137	10,3187	1,3951	0,5950	0,8001	57,3507
A_{33}	0,6005	312,7	9,7108	11,5084	10,8071	1,7976	0,7013	1,0963	60,9869
A_{41}	0,7988	312,7	9,5229	11,8967	10,8159	2,3738	1,0808	1,2930	54,4696
A_{42}	0,7988	312,7	9,7950	12,1539	11,0695	2,3589	1,0844	1,2745	54,0294
A_{43}	0,7988	312,7	9,7027	11,9742	10,9423	2,2715	1,0319	1,2396	54,5719

Tabela O. 4.13: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1997	312,5	68,3427	66,9823	69,1712	1,1875
A_{2j}	0,3997	311,8	64,4839	63,2647	65,3618	1,0894
A_{3j}	0,6005	312,7	59,7145	57,3507	60,9869	2,0491
A_{4j}	0,7988	312,7	54,3570	54,0294	54,5719	0,2883

O.2.4 – Solubilidades do ácido Cítrico em misturas etanol e água no *set-point* de 50 ºC

Tabela O. 4.14: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(set-point)

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
A_{11}	0,1997	320,9	9,6721	12,4796	11,6914	2,8075	0,7882	2,0193	71,9252
A_{12}	0,1997	320,9	9,8113	13,0881	12,2121	3,2768	0,8760	2,4008	73,2666
A_{13}	0,1997	320,9	9,4824	12,3080	11,5262	2,8256	0,7818	2,0438	72,3315
A_{21}	0,3997	322,5	9,4593	11,5902	10,9710	2,1309	0,6192	1,5117	70,9419
A_{22}	0,3997	322,4	9,7048	13,4080	12,3094	3,7032	1,0986	2,6046	70,3338
A_{23}	0,3997	322,4	9,5944	13,0530	12,0171	3,4586	1,0359	2,4227	70,0486
A_{31}	0,6005	322,6	9,8270	12,5084	11,4495	2,6814	1,0589	1,6225	60,5094
A_{32}	0,6005	322,6	9,3951	12,2154	11,1108	2,8203	1,1046	1,7157	60,8340
A_{33}	0,6005	322,6	9,7375	12,7531	11,5819	3,0156	1,1712	1,8444	61,1620
A_{41}	0,7988	322,4	9,5991	12,2156	11,3445	2,6165	0,8711	1,7454	66,7074
A_{42}	0,7988	322,4	9,7294	11,7058	11,0307	1,9764	0,6751	1,3013	65,8419
A_{43}	0,7988	322,4	9,9444	12,0218	11,3171	2,0774	0,7047	1,3727	66,0778

Tabela O. 4.15: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Cítrico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1997	320,9	72,5078	71,9252	73,2666	0,6879
A_{2j}	0,3997	322,5	70,4414	70,0486	70,9419	0,4563
A_{3j}	0,6005	322,6	60,8351	60,5094	61,1620	0,3263
A_{4j}	0,7988	322,4	66,2090	65,8419	66,7074	0,4474

O.2.5 – Solubilidades do ácido Cítrico em misturas etanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela O. 4.16: Resultados para o sistema ternário(ácido Cítrico + etanol +água) em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(set-point)

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
A_{11}	0,1997	332,5	9,9572	12,1611	11,6170	2,2039	0,5441	1,6598	75,3119
A_{12}	0,1997	332,5	9,7796	12,3303	11,7403	2,5507	0,5900	1,9607	76,8691
A_{13}	0,1997	332,5	9,8001	11,9658	11,4619	2,1657	0,5039	1,6618	76,7327
A_{21}	0,3997	332,1	9,5097	11,4710	10,8628	1,9613	0,6082	1,3531	68,9900
A_{22}	0,3997	332,1	9,3730	11,7565	11,0226	2,3835	0,7339	1,6496	69,2091
A_{23}	0,3997	332,1	9,5824	11,3684	10,7058	1,7860	0,6626	1,1234	62,9003
A_{31}	0,6005	331,5	9,2893	11,4483	10,8541	2,1590	0,5942	1,5648	72,4780
A_{32}	0,6005	331,5	9,8095	12,8617	12,0754	3,0522	0,7863	2,2659	74,2383
A_{33}	0,6005	331,5	9,6983	11,7192	11,1922	2,0209	0,5270	1,4939	73,9225
A_{41}	0,7988	330,9	9,6019	11,6728	11,0343	2,0709	0,6385	1,4324	69,1680
A_{42}	0,7988	330,9	9,4828	11,7068	11,0190	2,2240	0,6878	1,5362	69,0737
A_{43}	0,7988	330,9	9,8183	12,1226	11,3537	2,3043	0,7689	1,5354	66,6319
RA_{11}	0,1997	330,5	9,5796	12,0375	11,4987	2,4579	0,5388	1,9191	78,0788
RA_{12}	0,1997	330,5	9,7393	12,9361	12,2580	3,1968	0,6781	2,5187	78,7882
RA_{13}	0,1997	330,5	9,4221	12,2706	11,6484	2,8485	0,6222	2,2263	78,1569
RA_{21}	0,3997	331,0	9,5227	11,8398	11,3042	2,3171	0,5356	1,7815	76,8849
RA_{22}	0,3997	331,0	9,6019	11,9695	11,4049	2,3676	0,5646	1,8030	76,1531
RA_{23}	0,3997	331,0	9,4400	11,5951	11,1190	2,1551	0,4761	1,6790	77,9082

APÊNDICE P. Dados Experimentais do Ácido dl-Málico

P.1 – Solubilidades do ácido DL-Málico em solventes puros

P.1.1– Solubilidades do ácido DL-Málico em água

Tabela P.01: Resultados para o sistema binário dl-Málico em água em diversas temperaturas.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	294,0	9,4172	12,3590	10,8439	2,9418	1,5151	1,4267	48,4975
A_{12}	294,4	9,3772	10,5756	9,9579	1,1984	0,6177	0,5807	48,4563
A_{13}	294,5	9,4614	10,3733	9,8995	0,9119	0,4738	0,4381	48,0425
A_{21}	303,7	9,4545	12,0589	10,8426	2,6044	1,2163	1,3881	53,2983
A_{22}	303,5	9,3948	12,6758	11,1559	3,2810	1,5199	1,7611	53,6757
A_{23}	303,4	9,4049	11,1981	10,3612	1,7932	0,8369	0,9563	53,3292
A_{31}	312,8	9,5218	12,4393	11,2005	2,9175	1,2388	1,6787	57,5390
A_{32}	312,8	9,4509	12,3208	11,1061	2,8699	1,2147	1,6552	57,6745
A_{33}	312,8	9,3452	11,0153	10,2959	1,6701	0,7194	0,9507	56,9247
A_{41}	322,0	9,3905	12,8416	11,4576	3,4511	1,3840	2,0671	59,8968
A_{42}	321,9	9,4559	13,4608	11,8513	4,0049	1,6095	2,3954	59,8117
A_{43}	321,8	9,4513	12,0308	11,0043	2,5795	1,0265	1,5530	60,2055
A_{51}	331,2	9,4257	13,3624	11,9234	3,9367	1,4390	2,4977	63,4465
A_{52}	331,2	9,5371	11,2568	10,5953	1,7197	0,6615	1,0582	61,5340
A_{53}	331,2	9,5041	12,2668	11,2343	2,7627	1,0325	1,7302	62,6271
RA_{41}	322,1	9,4017	10,0832	9,8028	0,6815	0,2804	0,4011	58,8555
RA_{42}	322,0	9,6875	11,0940	10,5389	1,4065	0,5551	0,8514	60,5332
RA_{43}	321,8	9,6794	11,2149	10,6123	1,5355	0,6026	0,9329	60,7555
RA_{51}	332,5	9,4033	10,7409	10,2287	1,3376	0,5122	0,8254	61,7075
RA_{52}	332,5	9,3565	10,7258	10,2264	1,3693	0,4994	0,8699	63,5288
RA_{53}	332,4	9,4511	10,7916	10,2983	1,3405	0,4933	0,8472	63,2003

Tabela P.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido dl-málico em água.

S (g/100g de solução)				Temperaturas(K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
48,3321	48,0425	48,4975	0,2516	294,3	294,0	294,5	0,3
53,4344	53,2983	53,6757	0,2095	303,5	303,4	303,7	0,2
57,3794	56,9247	57,6745	0,3995	312,8	312,8	312,8	0,0
59,9713	59,8117	60,2055	0,2072	321,9	321,8	322,0	0,1
62,5359	61,5340	63,4465	0,9595	331,2	331,2	331,2	0,0
60,0481	58,8555	60,7555	1,0388	322,0	321,8	322,1	0,1

P.1.2– Solubilidades do ácido DL-Málico em etanol

Tabela P.03: Resultados para o sistema binário dl-Málico em etanol.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{et}	m_a	S
*A_{11}	293,9	9,3543	10,2107	9,7266	0,8564	0,4841	0,3723	43,4727
*A_{12}	294,0	9,4124	10,5837	9,9251	1,1713	0,6586	0,5127	43,7719
*A_{13}	294,0	9,4838	10,5610	9,9559	1,0772	0,6051	0,4721	43,8266
*A_{21}	303,4	9,3825	10,6796	9,9778	1,2971	0,7018	0,5953	45,8947
*A_{22}	303,2	9,5147	10,3070	9,8484	0,7923	0,4586	0,3337	42,1179
*A_{23}	303,1	9,5367	10,6024	10,0009	1,0657	0,6015	0,4642	43,5582
*A_{31}	312,8	9,3417	9,9065	9,5712	0,5648	0,3353	0,2295	40,6339
A_{32}	312,7	9,3968	10,3240	10,0266	0,9272	0,2974	0,6298	67,9249
*A_{33}	312,8	9,4446	10,9195	10,1355	1,4749	0,7840	0,6909	46,8439
A_{41}	321,0	9,4707	10,5605	9,9232	1,0898	0,6373	0,4525	41,5214
A_{42}	320,9	9,4561	10,4760	10,1340	1,0199	0,3420	0,6779	66,4673
A_{43}	320,8	9,4143	10,8163	9,9530	1,4020	0,8633	0,5387	38,4237
A_{51}	330,0	9,3635	10,3559	9,8002	0,9924	0,5557	0,4367	44,0044
A_{52}	330,0	9,6089	10,7674	10,0416	1,1585	0,7258	0,4327	37,3500
A_{53}	330,0	9,3638	10,9489	9,9458	1,5851	1,0031	0,5820	36,7169
*RA_{41}	322,9	9,3834	10,3121	9,8406	0,9287	0,4715	0,4572	49,2301
*RA_{42}	322,9	9,3716	10,4665	9,9200	1,0949	0,5465	0,5484	50,0868
*RA_{43}	322,8	9,3780	10,3535	9,8724	0,9755	0,4811	0,4944	50,6817
*RA_{51}	332,6	9,4617	10,5174	10,0838	1,0557	0,4336	0,6221	58,9277
*RA_{52}	332,6	9,4184	10,7361	10,1985	1,3177	0,5376	0,7801	59,2016
*RA_{53}	332,6	9,4039	10,7747	10,1986	1,3708	0,5761	0,7947	57,9734

* Pontos plotados

Tabela P.04: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido dl-málico em etanol.

S (g/100g de solução)				Temperaturas(K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
43,6904	43,4727	43,8266	0,1905	294,0	293,9	294,0	0,1
43,8569	42,1179	45,8947	1,9060	303,2	303,1	303,4	0,1
43,7389	40,6339	46,8439	4,3911	312,8	312,8	312,8	0,0
49,9995	49,2301	50,6817	0,7297	322,8	322,8	322,9	0,1
58,7009	57,9734	59,2016	0,6447	332,6	332,6	332,6	0,0

P.1.3. Solubilidades do ácido DL-Málico em n-propanol

Tabela P.05: Resultados binários para o sistema dl-Málico em n-propanol.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_p	m_a	S
A_{11}	293,9	9,4120	10,3998	9,7239	0,9878	0,6759	0,3119	31,5752
A_{12}	294,0	9,3752	10,2255	9,636	0,8503	0,5895	0,2608	30,6715
A_{13}	294,0	9,4402	10,3716	9,7313	0,9314	0,6403	0,2911	31,2540
A_{21}	303,4	9,3981	10,4230	9,7123	1,0249	0,7107	0,3142	30,6566
A_{22}	303,2	9,5985	10,3632	9,8145	0,7647	0,5487	0,2160	28,2464
A_{23}	303,1	9,3258	10,1932	9,5885	0,8674	0,6047	0,2627	30,2859
A_{31}	312,8	9,5525	10,1578	9,7587	0,6053	0,3991	0,2062	34,0658
A_{32}	312,7	9,4784	10,2104	9,7367	0,7320	0,4737	0,2583	35,2869
A_{33}	312,8	9,3973	10,8910	9,8570	1,4937	1,0340	0,4597	30,7759
A_{41}	322,6	9,5608	10,2788	9,7778	0,7180	0,5010	0,2170	30,2228
A_{42}	322,5	9,5722	10,6367	9,9082	1,0645	0,7285	0,3360	31,5641
A_{43}	322,4	9,4140	11,1958	9,9928	1,7818	1,2030	0,5788	32,4840
A_{51}	331,6	9,4966	10,9597	10,0038	1,4631	0,9559	0,5072	34,6661
A_{52}	331,5	9,5652	10,6082	9,9168	1,0430	0,6914	0,3516	33,7105
A_{53}	331,5	9,3432	10,4410	9,7172	1,0978	0,7238	0,3740	34,0681
RA_{41}	322,9	9,5296	10,5241	9,8352	0,9945	0,6889	0,3056	30,7290
RA_{42}	322,9	9,4590	10,1617	9,6913	0,7027	0,4704	0,2323	33,0582
RA_{43}	322,8	9,4407	10,2944	9,7226	0,8537	0,5718	0,2819	33,0210

Tabela P.06: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido dl-málico em etanol.

Solubilidades				Temperatura (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
31,1669	30,6715	31,5752	0,4581	294,0	293,9	294,0	0,1
29,7296	28,2464	30,6566	1,2979	303,2	303,1	303,4	0,1
33,3762	30,7759	35,2869	2,3332	312,8	312,7	312,8	0,1
31,8465	30,2228	33,0582	1,2016	322,7	322,4	322,9	0,2
34,1482	33,7105	34,6661	0,4828	331,5	331,5	331,6	0,1

P.2. Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas solventes

P.2.1 Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas etanol e água

P.2.1.1 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela P.07: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2024	293,4	9,5192	11,4929	10,3195	1,9737	1,1734	0,8003
A_{12}	0,2024	293,4	9,5096	11,6675	10,4016	2,1579	1,2659	0,8920
A_{13}	0,2024	293,4	9,7111	12,1373	10,7111	2,4262	1,4262	1,0000
A_{21}	0,3986	293,5	9,8062	11,9317	10,5446	2,1255	1,3871	0,7384
A_{22}	0,3986	293,5	9,5600	11,7486	10,3213	2,1886	1,4273	0,7613
A_{23}	0,3986	293,5	9,7059	11,5123	10,3170	1,8064	1,1953	0,6111
A_{31}	0,6065	293,4	9,6088	11,5463	10,1698	1,9375	1,3765	0,5610
A_{32}	0,6065	293,4	10,1042	11,8362	10,5940	1,7320	1,2422	0,4898
A_{33}	0,6065	293,4	9,5574	11,6660	10,1807	2,1086	1,4853	0,6233
A_{41}	0,8028	293,5	9,8950	12,0765	10,4450	2,1815	1,6315	0,5500
A_{42}	0,8028	293,5	9,3940	10,5414	9,6659	1,1474	0,8755	0,2719
A_{43}	0,8028	293,5	9,6116	11,6017	10,1101	1,9901	1,4916	0,4985

Tabela P.08: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2024	293,4	41,0338	40,5482	41,3365	0,4248
A_{2j}	0,3986	293,5	34,4515	33,8297	34,7848	0,5390
A_{3j}	0,6065	293,4	28,9314	28,2794	29,5599	0,6405
A_{4j}	0,8028	293,5	24,6527	23,6971	25,2120	0,8316

P.2.1.2 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas etanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela P.09: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2024	303,8	9,6176	12,7229	11,1380	3,1053	1,5849	1,5204
A_{12}	0,2024	303,8	9,5250	13,4236	11,4635	3,8986	1,9601	1,9385
A_{13}	0,2024	303,8	9,8252	13,7034	11,6869	3,8782	2,0165	1,8617
A_{21}	0,3986	303,8	9,6835	13,3705	11,3411	3,6870	2,0294	1,6576
A_{22}	0,3986	303,8	9,6504	13,5984	11,4363	3,9480	2,1621	1,7859
A_{23}	0,3986	303,8	9,7581	13,0236	11,2064	3,2655	1,8172	1,4483
A_{31}	0,6065	303,8	9,4962	11,9745	10,4091	2,4783	1,5654	0,9129
A_{32}	0,6065	303,8	9,6525	12,5079	10,7138	2,8554	1,7941	1,0613
A_{33}	0,6065	303,8	9,7232	12,7034	10,8394	2,9802	1,8640	1,1162
A_{41}	0,8028	303,8	9,5797	11,4253	10,1335	1,8456	1,2918	0,5538
A_{42}	0,8028	303,8	9,6375	11,7635	10,2722	2,1260	1,4913	0,6347
A_{43}	0,8028	303,8	10,0300	12,0348	10,6300	2,0048	1,4048	0,6000

Tabela P.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2024	303,8	48,8962	48,0042	49,7230	0,8612
A_{2j}	0,3986	303,8	44,8484	44,3516	45,2356	0,4521
A_{3j}	0,6065	303,8	37,1526	36,8357	37,4539	0,3094
A_{4j}	0,8028	303,8	29,9296	29,8542	30,0065	0,0762

P.2.1.3 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas etanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela P.11: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2024	313,2	9,5301	11,8972	10,8656	2,3671	1,0316	1,3355
A_{12}	0,2024	313,2	9,7765	11,8205	10,9210	2,0440	0,8995	1,1445
A_{13}	0,2024	313,2	9,4720	11,9304	10,8641	2,4584	1,0663	1,3921
A_{21}	0,3986	313,2	9,8746	12,1910	11,1002	2,3164	1,0908	1,2256
A_{22}	0,3986	313,2	9,7636	11,6810	10,7600	1,9174	0,9210	0,9964
A_{23}	0,3986	313,2	10,1337	12,3694	11,3137	2,2357	1,0557	1,1800
A_{31}	0,6065	313,2	9,6156	11,6923	10,5679	2,0767	1,1244	0,9523
A_{32}	0,6065	313,2	9,7113	11,5634	10,5667	1,8521	0,9967	0,8554
A_{33}	0,6065	313,2	9,6409	11,7687	10,6219	2,1278	1,1468	0,9810
A_{41}	0,8028	313,2	9,4765	12,2924	10,6374	2,8159	1,6550	1,1609
A_{42}	0,8028	313,2	9,8757	12,1610	10,8863	2,2853	1,2747	1,0106
A_{43}	0,8028	313,2	9,3953	11,8738	10,4184	2,4785	1,4554	1,0231

Tabela P.12: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2024	313,2	56,3462	55,9932	56,6263	0,3228
A_{2j}	0,3986	313,2	52,5519	51,9662	52,9097	0,5114
A_{3j}	0,6065	313,2	46,0486	45,8564	46,1854	0,1713
A_{4j}	0,8028	313,2	42,2425	41,2266	44,2218	1,7143

P.2.1.4 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas etanol e água no *set-point* de 50 ºC

Tabela P.13: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2024	322,3	9,6980	11,8379	11,0291	2,1399	0,8088	1,3311
A_{12}	0,2024	322,3	9,2254	11,7989	10,8405	2,5735	0,9584	1,6151
A_{13}	0,2024	322,3	9,8190	12,1244	11,2468	2,3054	0,8776	1,4278
A_{21}	0,3986	322,3	9,4765	11,4535	10,6379	1,9770	0,8156	1,1614
A_{22}	0,3986	322,3	9,7019	12,0702	11,1788	2,3683	0,8914	1,4769
A_{23}	0,3986	322,3	9,3953	11,7445	10,7836	2,3492	0,9609	1,3883
A_{31}	0,6065	322,2	9,3560	11,3736	10,4245	2,0176	0,9491	1,0685

Continua...

Tabela P.13: Continuação

A_{32}	0,6065	322,2	9,8934	12,1265	11,0876	2,2331	1,0389	1,1942
A_{33}	0,6065	322,2	9,4228	11,4898	10,5163	2,0670	0,9735	1,0935
A_{41}	0,8028	322,2	9,4427	11,9903	10,6527	2,5476	1,3376	1,2100
A_{42}	0,8028	322,2	9,9316	12,1612	10,9882	2,2296	1,1730	1,0566
A_{43}	0,8028	322,2	9,4718	11,4069	10,3623	1,9351	1,0446	0,8905

Tabela P.14: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2024	322,3	62,2985	61,9329	62,7589	0,4211
A_{2j}	0,3986	322,3	60,0678	58,7456	62,3612	1,9939
A_{3j}	0,6065	322,2	53,1130	52,9028	53,4772	0,3167
A_{4j}	0,8028	322,2	46,9679	46,0183	47,4957	0,8241

P.2.1.6 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas etanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela P.15: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, etanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2024	332,1	13,0225	15,1507	14,3275	2,1282	0,8232	1,3050
A_{12}	0,2024	332,1	13,0109	15,6767	14,6819	2,6658	0,9948	1,6710
A_{13}	0,2024	332,1	12,8306	15,1704	14,2700	2,3398	0,9004	1,4394
A_{21}	0,3986	332,1	9,3725	12,5158	11,3109	3,1433	1,2049	1,9384
A_{22}	0,3986	332,1	9,3731	13,0618	11,7066	3,6887	1,3552	2,3335
A_{23}	0,3986	332,1	9,5594	12,8421	11,6107	3,2827	1,2314	2,0513
A_{31}	0,6065	332,1	9,5069	13,9723	12,1156	4,4654	1,8567	2,6087
A_{32}	0,6065	332,1	9,5975	13,2985	11,7527	3,7010	1,5458	2,1552
A_{33}	0,6065	332,1	10,0486	13,5854	12,0890	3,5368	1,4964	2,0404
A_{41}	0,8028	332,1	9,5629	12,4228	10,9909	2,8599	1,4319	1,4280
A_{42}	0,8028	332,1	10,0796	13,0722	11,6001	2,9926	1,4721	1,5205
A_{43}	0,8028	332,1	9,7971	12,8454	11,3476	3,0483	1,4978	1,5505

Tabela P.16: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2024	332,1	61,8401	61,3194	62,6829	0,7366
A_{2j}	0,3986	332,1	62,4722	61,6677	63,2608	0,7967
A_{3j}	0,6065	332,1	58,1146	57,6906	58,4203	0,3790
A_{4j}	0,8028	332,1	50,5350	49,9318	50,8644	0,5231

P.2.3 Solubilidades do ácido dl-Málico em misturas n-propanol e água

P.2.3.1 – Solubilidades do ácido dl-Málico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 20 ºC.

Tabela P.17: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2016	293,3	9,4974	12,9129	10,9945	3,4155	1,9184	1,4971
A_{12}	0,2016	293,3	9,9119	13,4558	11,4523	3,5439	2,0035	1,5404
A_{13}	0,2016	293,3	9,6934	12,4454	10,8561	2,7520	1,5893	1,1627
A_{21}	0,4005	293,3	9,3553	12,1098	10,2762	2,7545	1,8336	0,9209
A_{22}	0,4005	293,3	9,9933	12,2646	10,7334	2,2713	1,5312	0,7401
A_{23}	0,4005	293,3	9,3469	12,5410	10,4227	3,1941	2,1183	1,0758
A_{31}	0,6022	293,5	9,5147	12,2544	10,1593	2,7397	2,0951	0,6446
A_{32}	0,6022	293,5	9,7953	12,5411	10,4438	2,7458	2,0973	0,6485
A_{33}	0,6022	293,5	9,4840	12,7532	10,3198	3,2692	2,4334	0,8358
A_{41}	0,8023	293,5	9,4665	12,1646	9,8871	2,6981	2,2775	0,4206
A_{42}	0,8023	293,5	9,3146	11,6683	9,6708	2,3537	1,9975	0,3562
A_{43}	0,8023	293,5	9,7994	12,3603	10,1844	2,5609	2,1759	0,3850

Tabela P.18: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2016	293,3	43,1827	42,2493	43,8325	0,8288
A_{2j}	0,4005	293,3	33,2328	32,5849	33,6808	0,5747
A_{3j}	0,6022	293,5	24,2373	23,5281	25,5659	1,1515
A_{4j}	0,8023	293,5	15,2520	15,0338	15,5887	0,2958

P.2.3.2 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela P.19: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2024	303,8	9,5920	11,2918	10,3888	1,6998	0,9030	0,7968
A_{12}	0,2024	303,8	9,3872	12,0606	10,6849	2,6734	1,3757	1,2977
A_{13}	0,2024	303,8	9,7756	11,9044	10,8048	2,1288	1,0996	1,0292
A_{21}	0,3986	303,8	9,5185	11,6885	10,4121	2,1700	1,2764	0,8936
A_{22}	0,3986	303,8	9,8705	11,6037	10,5701	1,7332	1,0336	0,6996
A_{23}	0,3986	303,8	9,8305	11,9326	10,6792	2,1021	1,2534	0,8487
A_{31}	0,6065	303,4	9,4190	11,9300	10,1010	2,5110	1,8290	0,6820
A_{32}	0,6065	303,4	9,8206	12,3540	10,4538	2,5334	1,9002	0,6332
A_{33}	0,6065	303,4	9,5876	12,4063	10,2750	2,8187	2,1313	0,6874
A_{41}	0,8028	303,4	9,9648	11,8181	10,3693	1,8533	1,4488	0,4045
A_{42}	0,8028	303,4	9,7051	12,0490	10,2361	2,3439	1,8129	0,5310
A_{43}	0,8028	303,4	9,5218	12,0627	10,1105	2,5409	1,9522	0,5887

Tabela P.20: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2024	303,8	47,9213	46,8761	48,5412	0,9104
A_{2j}	0,3986	303,8	40,6394	40,3646	41,1797	0,4679
A_{3j}	0,6065	303,4	25,5139	24,3871	27,1605	1,4579
A_{4j}	0,8028	303,4	22,5498	21,8259	23,1690	0,6776

P.2.3.3 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela P.21: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2016	313,8	9,3658	11,9301	10,7256	2,5643	1,2045	1,3598
A_{12}	0,2016	313,8	9,5807	13,4844	11,7366	3,9037	1,7478	2,1559
A_{13}	0,2016	313,8	10,0375	13,1241	11,7206	3,0866	1,4035	1,6831
A_{21}	0,4005	313,4	9,7533	12,2313	10,9257	2,4780	1,3056	1,1724

A_{22}	0,4005	313,4	9,4644	12,4275	10,9000	2,9631	1,5275	1,4356
A_{23}	0,4005	313,4	9,6562	11,6986	10,5872	2,0424	1,1114	0,9310
A_{31}	0,6022	313,8	9,7963	12,2265	10,6297	2,4302	1,5968	0,8334
A_{32}	0,6022	313,8	9,6486	11,8482	10,4125	2,1996	1,4357	0,7639
A_{33}	0,6022	313,8	9,7906	13,0168	10,9271	3,2262	2,0897	1,1365
A_{41}	0,8023	313,2	9,6763	12,9965	10,5687	3,3202	2,4278	0,8924
A_{42}	0,8023	313,2	9,6067	11,3500	10,0334	1,7433	1,3166	0,4267
A_{43}	0,8023	313,2	9,8229	13,1070	10,6933	3,2841	2,4137	0,8704

Tabela P.22: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2016	313,8	54,2615	53,0281	55,2271	1,1237
A_{2j}	0,4005	313,4	47,1151	45,5836	48,4493	1,4430
A_{3j}	0,6022	313,8	34,7499	34,2935	35,2272	0,4672
A_{4j}	0,8023	313,2	25,9526	24,4766	26,8779	1,2920

P.2.3.4 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 50 ºC

Tabela P.23: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2016	322,1	9,7602	13,6759	12,2202	3,9157	1,4557	2,4600
A_{12}	0,2016	322,1	9,9779	13,8180	12,3601	3,8401	1,4579	2,3822
A_{13}	0,2016	322,1	9,8983	13,4784	12,1072	3,5801	1,3712	2,2089
A_{21}	0,4005	322,1	9,7591	11,5763	10,7374	1,8172	0,8389	0,9783
A_{22}	0,4005	322,1	10,1988	13,0870	11,8206	2,8882	1,2664	1,6218
A_{23}	0,4005	322,1	9,4744	12,1144	10,9427	2,6400	1,1717	1,4683
A_{31}	0,6022	322,1	9,8186	11,7570	10,6444	1,9384	1,1126	0,8258
A_{32}	0,6022	322,1	9,8040	11,7358	10,6296	1,9318	1,1062	0,8256
A_{33}	0,6022	322,1	9,9999	11,9707	10,8469	1,9708	1,1238	0,8470
A_{41}	0,8023	322,0	9,6230	12,5513	10,6441	2,9283	1,9072	1,0211
A_{42}	0,8023	322,0	9,9582	12,4407	10,7481	2,4825	1,6926	0,7899
A_{43}	0,8023	322,0	9,6001	13,1913	10,8176	3,5912	2,3737	1,2175

Tabela P.24: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2016	322,1	62,1861	61,6994	62,8240	0,5774
A_{2j}	0,4005	322,1	55,2019	53,8356	56,1526	1,2131
A_{3j}	0,6022	322,1	42,7723	42,6021	42,9775	0,1901
A_{4j}	0,8023	322,0	33,5304	31,8187	34,8701	1,5593

P.2.3.5 – Solubilidades do ácido DL-Málico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela P.25: Resultados para o sistema ternário ácido dl-málico, n-propanol e água em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(*set-point*)

Amostras	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_{ev}	m_a
A_{11}	0,2016	331,7	9,4197	14,1442	12,5733	4,7245	1,5709	3,1536
A_{12}	0,2016	331,7	9,7336	14,3194	12,8275	4,5858	1,4919	3,0939
A_{13}	0,2016	331,7	9,8180	15,0283	13,3219	5,2103	1,7064	3,5039
A_{21}	0,4005	331,7	9,6089	13,3866	12,0473	3,7777	1,3393	2,4384
A_{22}	0,4005	331,7	9,7163	13,2929	12,0040	3,5766	1,2889	2,2877
A_{23}	0,4005	331,7	9,9621	13,8302	12,4383	3,8681	1,3919	2,4762
A_{31}	0,6022	331,7	9,8260	13,7217	12,0343	3,8957	1,6874	2,2083
A_{32}	0,6022	331,7	9,9068	13,4531	11,8334	3,5463	1,6197	1,9266
A_{33}	0,6022	331,7	9,9078	13,7378	11,9071	3,8300	1,8307	1,9993
A_{41}	0,8023	331,7	9,7832	13,5527	11,4282	3,7695	2,1245	1,6450
A_{42}	0,8023	331,7	9,4991	12,3442	10,7761	2,8451	1,5681	1,2770
A_{43}	0,8023	331,7	9,8029	13,2392	11,2796	3,4363	1,9596	1,4767

Tabela P.26: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário dl-Málico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2016	331,7	67,1555	66,7499	67,4670	0,3677
A_{2j}	0,4005	331,7	64,1754	63,9630	64,5472	0,3231
A_{3j}	0,6022	331,7	54,4046	52,2010	56,6856	2,2433
A_{4j}	0,8023	331,7	43,8325	42,9735	44,8842	0,9698

APÊNDICE Q. Dados Experimentais do Ácido Salicílico

Q.1. – Solubilidades do ácido Salicílico em solventes puros

Q.1.1– Solubilidades do ácido Salicílico em água

Tabela Q.01: Resultados para o sistema binário: ácido Salicílico em água, em diversas temperaturas.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	293,3	41,5630	49,0010	41,5652	7,4380	7,4358	0,0022	0,0296
A_{12}	293,3	40,8402	50,4979	40,8429	9,6577	9,6550	0,0027	0,0280
A_{13}	293,4	53,0493	63,4289	53,0526	10,3796	10,3763	0,0033	0,0318
A_{21}	302,9	40,8403	49,0411	40,8420	8,2008	8,1991	0,0017	0,0207
A_{22}	302,9	36,5814	48,8898	36,5957	12,3084	12,2941	0,0143	0,1162
A_{23}	302,9	44,5632	57,0290	44,5806	12,4658	12,4484	0,0174	0,1396
A_{31}	312,6	40,8347	50,4715	40,8434	9,6368	9,6281	0,0087	0,0903
A_{32}	312,6	36,5719	47,0022	36,5836	10,4303	10,4186	0,0117	0,1122
A_{33}	312,6	44,5223	52,7764	44,5601	8,2541	8,2163	0,0378	0,4580
A_{41}	322,1	36,5729	46,3923	36,6022	9,8194	9,7901	0,0293	0,2984
A_{42}	322,0	40,8363	50,9936	40,8682	10,1573	10,1254	0,0319	0,3141
A_{43}	322,0	41,5604	52,8200	41,5943	11,2596	11,2257	0,0339	0,3011
A_{51}	331,7	36,5795	46,5628	36,6394	9,9833	9,9234	0,0599	0,6000
A_{52}	331,7	40,8394	51,6385	40,9026	10,7991	10,7359	0,0632	0,5852
A_{53}	331,7	46,0217	59,0943	46,0994	13,0726	12,9949	0,0777	0,5944
RA_{21}	303,5	40,8404	50,8370	40,8617	9,9966	9,9753	0,0213	0,2131
RA_{22}	303,5	36,5808	44,7525	36,5915	8,1717	8,1610	0,0107	0,1309
RA_{23}	303,5	46,0222	56,0490	46,0357	10,0268	10,0133	0,0135	0,1346
RA_{31}	313,3	43,5851	52,9376	43,6083	9,3525	9,3293	0,0232	0,2481
RA_{32}	313,4	42,5388	51,9185	42,5506	9,3797	9,3679	0,0118	0,1258
RA_{33}	313,3	38,9822	49,0177	39,0063	10,0355	10,0114	0,0241	0,2401
RA_{41}	322,9	43,2808	53,0202	43,3159	9,7394	9,7043	0,0351	0,3604
RA_{42}	322,9	38,9833	49,8162	39,0258	10,8329	10,7904	0,0425	0,3923
RA_{43}	322,9	39,5218	49,7925	39,5639	10,2707	10,2286	0,0421	0,4099
RA_{51}	331,7	36,5826	46,5628	36,6408	9,9802	9,9220	0,0582	0,5832
RA_{52}	331,7	40,8399	51,6385	40,9026	10,7986	10,7359	0,0627	0,5806
RA_{53}	331,7	46,0217	59,0943	46,0948	13,0726	12,9995	0,0731	0,5592

Tabela Q.02: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido salicílico em água.

S (g/100g de solução)				Temperaturas (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
0,0298	0,0280	0,0318	0,0019	293,3	293,3	293,4	0,1
0,1260	0,0207	0,2135	0,0619	303,3	302,9	303,5	0,3
0,2130	0,0904	0,4601	0,1384	313,3	313,3	313,4	0,1
0,3472	0,2993	0,4116	0,0488	322,6	322,0	322,9	0,5
0,5872	0,5623	0,6036	0,0143	331,7	331,7	331,7	0,0

Q.1.2 – Solubilidades do ácido Salicílico em etanol

Tabela Q.03: Resultados para o sistema binário: ácido Salicílico em etanol, em diversas temperaturas.

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_e	m_a	S
A_{11}	294,2	45,6556	54,5091	48,4407	8,8535	6,0684	2,7851	31,4576
A_{12}	294,3	38,9805	48,7498	42,1107	9,7693	6,6391	3,1302	32,0412
A_{13}	294,7	43,2800	52,1871	46,1270	8,9071	6,0601	2,8470	31,9633
A_{21}	303,7	38,9802	47,6478	42,0495	8,6676	5,5983	3,0693	35,4112
A_{22}	303,8	45,6570	49,4826	47,0371	3,8256	2,4455	1,3801	36,0754
A_{23}	303,7	43,2798	47,9426	44,9286	4,6628	3,0140	1,6488	35,3607
A_{31}	313,1	38,6195	44,4926	40,9371	5,8731	3,5555	2,3176	39,4613
A_{32}	313,1	43,2794	48,5245	45,3590	5,2451	3,1655	2,0796	39,6484
A_{33}	313,1	46,0212	51,0529	47,9758	5,0317	3,0771	1,9546	38,8457
A_{41}	321,9	38,6209	44,1117	40,9822	5,4908	3,1295	2,3613	43,0047
A_{42}	321,6	45,4408	50,5880	47,6526	5,1472	2,9354	2,2118	42,9709
A_{43}	321,6	45,7380	51,2750	48,1103	5,5370	3,1647	2,3723	42,8445
A_{51}	330,9	38,6181	43,4716	40,9229	4,8535	2,5487	2,3048	47,4874
A_{52}	330,9	45,4400	51,6265	48,3721	6,1865	3,2544	2,9321	47,3951
A_{53}	330,9	45,7380	51,2750	48,3781	5,5370	2,8969	2,6401	47,6811

Tabela Q.04: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido salicílico em etanol.

	S (g/100g de solução)				Temperatura (K)			
Amostra	Médias	Mínimos	Máximo	Desvios	Médias	Mínimos	Máximo	Desvios
A_{1j}	31,8207	31,4576	32,0412	0,3169	294,4	294,2	294,7	0,3
A_{2j}	35,6158	35,3607	36,0754	0,3989	303,7	303,7	303,8	0,1
A_{3j}	39,3185	38,8457	39,6484	0,4200	313,1	313,1	313,1	0,0
A_{4j}	42,9400	42,8445	43,0047	0,0844	321,7	321,6	321,9	0,2
A_{5j}	47,5212	47,3951	47,6811	0,1460	330,9	330,9	330,9	0,0

Q.1.3 – Solubilidades do ácido Salicílico em n-propanol

Tabela Q.05: Resultados para o sistema binário (ácido salicílico em n-propanol) em diversas temperaturas

Amostras	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	293,8	50,4855	57,2989	52,2136	6,8134	5,0853	1,7281	25,3633
A_{12}	293,9	39,8845	46,1042	41,4929	6,2197	4,6113	1,6084	25,8598
A_{13}	293,9	44,1759	50,6044	45,8403	6,4285	4,7641	1,6644	25,8910
A_{21}	303,4	45,4400	52,3320	47,5026	6,8920	4,8294	2,0626	29,9275
A_{22}	303,5	38,6207	44,9556	40,5130	6,3349	4,4426	1,8923	29,8710
A_{23}	303,6	45,7376	51,8350	47,5568	6,0974	4,2782	1,8192	29,8357
A_{31}	313,1	44,5650	51,3144	46,7685	6,7494	4,5459	2,2035	32,6473
A_{32}	313,1	38,9832	46,1867	41,4140	7,2035	4,7727	2,4308	33,7447
A_{33}	313,0	48,1219	54,8220	50,3821	6,7001	4,4399	2,2602	33,7338
A_{41}	322,8	41,8830	47,9478	44,0976	6,0648	3,8502	2,2146	36,5156
A_{42}	322,9	48,1224	54,8639	50,6658	6,7415	4,1981	2,5434	37,7275
A_{43}	322,8	43,2780	50,6928	46,0475	7,4148	4,6453	2,7695	37,3510
A_{51}	332,2	41,8825	47,5455	44,1683	5,6630	3,3772	2,2858	40,3638
A_{52}	332,5	44,1723	49,8523	46,5445	5,6800	3,3078	2,3722	41,7641
A_{53}	332,3	42,6255	48,8244	45,1969	6,1989	3,6275	2,5714	41,4816

Tabela Q.06: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema binário do ácido salicílico em n-propanol.

S (g/100g de solução)				Temperatura (K)			
Médias	Mínimos	Máximos	Desvios	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
25,7047	25,3633	25,8910	0,2961	293,9	293,8	293,9	0,1
29,8781	29,8357	29,9275	0,0463	303,5	303,4	303,6	0,1
33,3753	32,6473	33,7447	0,6305	313,1	313,0	313,1	0,1
37,1980	36,5156	37,7275	0,6203	322,8	322,8	322,9	0,1
41,2032	40,3638	41,7641	0,7405	332,3	332,2	332,5	0,2

Q.2. – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas solventes

Q.2.1 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas etanol e água

Q.2.1.1 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas etanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela Q.07: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 20 ºC(set-point)

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,1989	294,1	9,8488	11,6107	9,9048	1,7619	1,7059	0,0560	3,1784
A_{12}	0,1989	294,1	10,0339	11,4548	10,0787	1,4209	1,3761	0,0448	3,1529
A_{13}	0,1989	294,1	9,8136	11,8140	9,8804	2,0004	1,9336	0,0668	3,3393
A_{21}	0,4005	293,6	9,4483	11,3466	9,7401	1,8983	1,6065	0,2918	15,3716
A_{22}	0,4005	293,6	9,6249	11,4166	9,9044	1,7917	1,5122	0,2795	15,5997
A_{23}	0,4005	293,6	9,6064	10,9735	9,8170	1,3671	1,1565	0,2106	15,4049
A_{31}	0,5957	296,3	9,7185	10,9736	10,0103	1,2551	0,9633	0,2918	23,2491
A_{32}	0,5957	296,3	9,7828	12,0079	10,3037	2,2251	1,7042	0,5209	23,4102
A_{33}	0,5957	296,3	9,7155	11,5623	10,1472	1,8468	1,4151	0,4317	23,3756
A_{41}	0,7926	293,7	9,5284	11,1496	9,9879	1,6212	1,1617	0,4595	28,3432
A_{42}	0,7926	293,7	9,4602	11,0710	9,9154	1,6108	1,1556	0,4552	28,2593
A_{43}	0,7926	293,7	9,9863	11,8471	10,5149	1,8608	1,3322	0,5286	28,4071

Tabela Q.08: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	294,1	3,3310	3,2556	3,4547	0,1080
A_{2j}	0,4005	293,6	18,2856	18,1637	18,4830	0,1725
A_{3j}	0,5957	296,3	30,4547	30,2917	30,5657	0,1442
A_{4j}	0,7926	293,7	39,5412	39,3908	39,6787	0,1444

Q.2.1.2 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas etanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela Q.09: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 30 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,1989	303,9	9,6810	11,5894	9,7954	1,9084	1,7940	0,1144	6,3768
A_{12}	0,1989	303,9	9,5806	11,0853	9,6660	1,5047	1,4193	0,0854	6,0171
A_{13}	0,1989	303,9	9,8215	11,6288	9,9267	1,8073	1,7021	0,1052	6,1806
A_{21}	0,4005	297,8	9,9124	11,8396	10,3142	1,9272	1,5254	0,4018	26,3406
A_{22}	0,4005	297,8	9,7741	11,2395	10,0786	1,4654	1,1609	0,3045	26,2296
A_{23}	0,4005	297,8	9,8461	11,5569	10,2034	1,7108	1,3535	0,3573	26,3982
A_{31}	0,5957	302,2	9,6115	11,9287	10,2790	2,3172	1,6497	0,6675	40,4619
A_{32}	0,5957	302,2	9,9137	11,8969	10,4824	1,9832	1,4145	0,5687	40,2050
A_{33}	0,5957	302,2	9,8393	11,3691	10,2784	1,5298	1,0907	0,4391	40,2585
A_{41}	0,7926	303,7	9,8984	11,7814	10,5227	1,8830	1,2587	0,6243	49,5988
A_{42}	0,7926	303,7	9,8609	11,5668	10,4197	1,7059	1,1471	0,5588	48,7141
A_{43}	0,7926	303,7	9,6734	11,1958	10,1705	1,5224	1,0253	0,4971	48,4834

Tabela Q.10: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	303,9	6,1915	6,0171	6,3768	0,1801
A_{2j}	0,4005	297,8	26,3228	26,2296	26,3982	0,0857
A_{3j}	0,5957	302,2	40,3085	40,2050	40,4619	0,1355
A_{4j}	0,7926	303,7	48,9321	48,4834	49,5988	0,5888

Q.2.1.3 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas etanol e água no *set-point* de 40

Tabela Q.11: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 40 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,1989	314,2	9,7478	11,5524	9,9347	1,8046	1,6177	0,1869	11,5534
A_{12}	0,1989	314,2	9,8053	11,4216	9,9707	1,6163	1,4509	0,1654	11,3998
A_{13}	0,1989	314,2	9,6951	11,5529	9,8855	1,8578	1,6674	0,1904	11,4190
A_{21}	0,4005	313,7	9,3689	11,1384	9,8542	1,7695	1,2842	0,4853	37,7901
A_{22}	0,4005	313,7	9,4992	11,3310	9,9982	1,8318	1,3328	0,4990	37,4400
A_{23}	0,4005	313,7	9,5848	11,0915	9,9941	1,5067	1,0974	0,4093	37,2972
A_{31}	0,5957	311,7	9,6028	11,1271	10,1470	1,5243	0,9801	0,5442	55,5249
A_{32}	0,5957	311,7	9,8626	12,9258	10,9278	3,0632	1,9980	1,0652	53,3133
A_{33}	0,5957	311,7	9,8303	11,9461	10,5650	2,1158	1,3811	0,7347	53,1967
A_{41}	0,7926	314,0	9,9647	11,5658	10,5785	1,6011	0,9873	0,6138	62,1696
A_{42}	0,7926	314,0	9,3697	11,0390	10,0084	1,6693	1,0306	0,6387	61,9736
A_{43}	0,7926	314,0	10,1346	12,0697	10,8624	1,9351	1,2073	0,7278	60,2833

Tabela Q.12: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	273,0	11,4574	11,3998	11,5534	0,0837
A_{2j}	0,4005	272,6	37,5091	37,2972	37,7901	0,2536
A_{3j}	0,5957	276,4	54,0117	53,1967	55,5249	1,3118
A_{4j}	0,7926	273,9	61,4755	60,2833	62,1696	1,0371

Q.2.1.4 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas etanol e água no *set-point* de 50

Tabela Q.13: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 50 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,1989	322,9	9,8628	12,0317	10,2216	2,1689	1,8101	0,3588	19,8221
A_{12}	0,1989	322,9	10,0797	12,0899	10,4111	2,0102	1,6788	0,3314	19,7403
A_{13}	0,1989	322,9	10,0446	11,1289	10,2186	1,0843	0,9103	0,1740	19,1146
A_{21}	0,4005	321,9	9,5080	11,2399	10,1028	1,7319	1,1371	0,5948	52,3085
A_{22}	0,4005	321,9	9,9982	11,0718	10,3635	1,0736	0,7083	0,3653	51,5742

Continua...

Tabela Q.13: Continuação

A_{23}	0,4005	321,9	9,9776	11,5482	10,5141	1,5706	1,0341	0,5365	51,8809
A_{31}	0,5957	320,1	9,8238	12,5617	10,9549	2,7379	1,6068	1,1311	70,3946
A_{32}	0,5957	320,1	9,9301	12,2072	10,8704	2,2771	1,3368	0,9403	70,3396
A_{33}	0,5957	320,1	9,7631	11,5908	10,5162	1,8277	1,0746	0,7531	70,0819
A_{41}	0,7926	323,3	9,5375	10,8372	10,0997	1,2997	0,7375	0,5622	76,2305
A_{42}	0,7926	323,3	9,7012	11,4258	10,4508	1,7246	0,9750	0,7496	76,8821
A_{43}	0,7926	323,3	9,9428	12,1400	10,9018	2,1972	1,2382	0,9590	77,4511

Tabela Q.14: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	322,9	19,5590	19,1146	19,8221	0,3870
A_{2j}	0,4005	321,9	51,9212	51,5742	52,3085	0,3688
A_{3j}	0,5957	320,1	70,2720	70,0819	70,3946	0,1669
A_{4j}	0,7926	323,3	76,8546	76,2305	77,4511	0,6108

Q.2.1.5 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas etanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela Q.15: Resultados para o sistema ternário(ácido salicílico+etanol+água) em diversas concentrações de solventes à 60 ºC(set-point)

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,1989	332,9	9,9645	11,2768	10,2933	1,3123	0,9835	0,3288	33,4316
A_{12}	0,1989	332,9	10,2096	12,3200	10,7457	2,1104	1,5743	0,5361	34,0532
A_{13}	0,1989	332,9	10,0334	11,9117	10,5094	1,8783	1,4023	0,4760	33,9442
A_{21}	0,4005	331,2	10,0396	11,9749	10,8589	1,9353	1,1160	0,8193	73,4140
A_{22}	0,4005	331,2	9,5360	11,0473	10,1758	1,5113	0,8715	0,6398	73,4137
A_{23}	0,4005	331,2	9,8161	11,6431	10,5886	1,8270	1,0545	0,7725	73,2575
A_{31}	0,5957	321,3	9,8040	12,1936	10,9365	2,3896	1,2571	1,1325	90,0883
A_{32}	0,5957	321,3	9,6685	11,8227	10,6912	2,1542	1,1315	1,0227	90,3844
A_{33}	0,5957	321,3	9,3573	12,4118	10,8079	3,0545	1,6039	1,4506	90,4420
A_{41}	0,7926	332,8	9,5254	11,2506	10,3694	1,7252	0,8812	0,8440	95,7785
A_{42}	0,7926	332,8	9,4491	11,3635	10,3838	1,9144	0,9797	0,9347	95,4068
A_{43}	0,7926	332,8	9,4467	11,0926	10,2492	1,6459	0,8434	0,8025	95,1506

Tabela Q.16: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e etanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,1989	332,9	33,8097	33,4316	34,0532	0,3319
A_{2j}	0,4005	331,2	73,3617	73,2575	73,4140	0,0903
A_{3j}	0,5957	321,3	90,3049	90,0883	90,4420	0,1898
A_{4j}	0,7926	332,8	95,4453	95,1506	95,7785	0,3157

Q.2.2 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água

Q.2.2.1 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 20 ºC

Tabela Q.17: Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 20 ºC

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,2011	293,5	9,7872	12,4792	10,0976	2,6920	2,3816	0,3104	11,5305
A_{12}	0,2011	293,5	9,5238	12,3047	9,8442	2,7809	2,4605	0,3204	11,5214
A_{13}	0,2011	293,5	9,6488	11,8857	9,9081	2,2369	1,9776	0,2593	11,5919
A_{21}	0,4006	293,9	9,3823	12,2473	9,9866	2,8650	2,2607	0,6043	21,0925
A_{22}	0,4006	293,9	9,8885	12,7886	10,5001	2,9001	2,2885	0,6116	21,0889
A_{23}	0,4006	293,9	9,5694	11,8917	10,0585	2,3223	1,8332	0,4891	21,0610
A_{31}	0,6025	293,8	9,6319	14,1377	10,7890	4,5058	3,3487	1,1571	25,6802
A_{32}	0,6025	293,8	9,8687	13,3185	10,7508	3,4498	2,5677	0,8821	25,5696
A_{33}	0,6025	293,8	10,1531	13,9246	11,1215	3,7715	2,8031	0,9684	25,6768
A_{41}	0,8016	293,8	9,9340	12,5226	10,6134	2,5886	1,9092	0,6794	26,2458
A_{42}	0,8016	293,8	9,6715	12,3254	10,3672	2,6539	1,9582	0,6957	26,2143
A_{43}	0,8016	293,8	9,5059	11,8735	10,1290	2,3676	1,7445	0,6231	26,3178

Tabela Q.18: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 20ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2011	293,5	11,5479	11,5214	11,5919	0,0383
A_{2j}	0,4006	293,9	21,0808	21,0610	21,0925	0,0172
A_{3j}	0,6025	293,8	25,6422	25,5696	25,6802	0,0629
A_{4j}	0,8016	293,8	26,2593	26,2143	26,3178	0,0531

Q.2.2.2 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 30 ºC

Tabela Q.19: Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 30 ºC

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,2011	304,4	9,8039	12,5869	10,3178	2,7830	2,2691	0,5139	18,4657
A_{12}	0,2011	304,4	9,6855	11,9380	10,0778	2,2525	1,8602	0,3923	17,4162
A_{13}	0,2011	304,4	9,4994	11,2565	9,8144	1,7571	1,4421	0,3150	17,9273
A_{21}	0,4006	304,2	9,9360	12,6730	10,6615	2,7370	2,0115	0,7255	26,5071
A_{22}	0,4006	304,2	9,7938	12,6469	10,5454	2,8531	2,1015	0,7516	26,3433
A_{23}	0,4006	304,2	9,6657	12,8909	10,5244	3,2252	2,3665	0,8587	26,6247
A_{31}	0,5992	304,1	9,4799	10,7644	9,8365	1,2845	0,9279	0,3566	27,7618
A_{32}	0,5992	304,1	9,7500	10,7326	10,0263	0,9826	0,7063	0,2763	28,1193
A_{33}	0,5992	304,1	9,8665	12,0081	10,4943	2,1416	1,5138	0,6278	29,3145
A_{41}	0,7980	304,1	9,4931	11,8195	10,1259	2,3264	1,6936	0,6328	27,2008
A_{42}	0,7980	304,1	9,9444	11,4716	10,3609	1,5272	1,1107	0,4165	27,2721
A_{43}	0,7980	304,1	9,7484	10,9480	10,0826	1,1996	0,8654	0,3342	27,8593

Tabela Q.20: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 30ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
$\mathbf{A_{1j}}$	0,2011	304,4	17,9364	17,4162	18,4657	0,5248
$\mathbf{A_{2j}}$	0,4006	304,2	26,4917	26,3433	26,6247	0,1413
$\mathbf{A_{3j}}$	0,5992	304,1	28,3985	27,7618	29,3145	0,8132
$\mathbf{A_{4j}}$	0,7980	304,1	27,4441	27,2008	27,8593	0,3613

Q.2.2.3 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 40 ºC

Tabela 4.21: Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 40 ºC

	x	Tt	mr	ms	msec	msol	mw	ma	S
A_{D11}	0,2011	314,0	9,4982	11,3991	9,5931	1,9009	1,8060	0,0949	5,2547
A_{D12}	0,2011	314,0	9,3309	11,3346	9,4649	2,0037	1,8697	0,1340	7,1669
A_{L11}	0,2011	314,0	9,8781	11,9969	10,2713	2,1188	1,7256	0,3932	22,7863
A_{L12}	0,2011	314,0	9,4614	12,9816	10,1203	3,5202	2,8613	0,6589	23,0280
A_{L13}	0,2011	314,0	9,7856	12,6875	10,3265	2,9019	2,3610	0,5409	22,9098
A_{21}	0,4006	314,0	9,8049	12,0339	10,5190	2,2290	1,5149	0,7141	47,1384
A_{22}	0,4006	314,1	9,5843	11,8081	10,2949	2,2238	1,5132	0,7106	46,9601
A_{23}	0,4006	314,1	9,6887	11,5307	10,2771	1,8420	1,2536	0,5884	46,9368
A_{31}	0,6024	314,1	9,6134	12,3782	10,1779	2,7648	2,2003	0,5645	25,6556
A_{32}	0,6024	313,6	9,9355	12,3778	10,8004	2,4423	1,5774	0,8649	54,8307
A_{33}	0,6024	313,6	10,0191	12,6977	10,9674	2,6786	1,7303	0,9483	54,8055
A_{41}	0,8016	313,3	9,7623	11,3517	10,3189	1,5894	1,0328	0,5566	53,8923
A_{42}	0,8016	313,5	9,6013	11,3026	10,1850	1,7013	1,1176	0,5837	52,2280
A_{43}	0,8016	313,5	9,4348	10,9859	9,9713	1,5511	1,0146	0,5365	52,8780
RA_{D11}	0,2011	313,5	9,4022	11,1550	9,4424	1,7528	1,7126	0,0402	2,3473
RA_{D12}	0,2011	314,0	9,7923	12,4479	9,8565	2,6556	2,5914	0,0642	2,4774
RA_{D13}	0,2011	314,0	9,6557	10,8585	9,6833	1,2028	1,1752	0,0276	2,3485
RA_{L11}	0,2011	314,3	9,4022	11,1550	10,5183	1,7528	0,6367	1,1161	175,2945
RA_{L12}	0,2011	314,1	9,7923	12,4479	10,4857	2,6556	1,9622	0,6934	35,3379
RA_{L13}	0,2011	314,1	9,6557	10,8585	10,5029	1,2028	0,3556	0,8472	238,2452
RA_{21}	0,4006	314,1	9,8376	12,3379	10,6382	2,5003	1,6997	0,8006	47,1024
RA_{22}	0,4006	314,3	9,7135	12,3253	10,5494	2,6118	1,7759	0,8359	47,0691
RA_{23}	0,4006	314,3	10,0106	12,0451	10,6625	2,0345	1,3826	0,6519	47,1503

Tabela Q.4.22: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 40ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{L1j}	0,2011	314,0	5,8400	4,9924	6,6876	1,1987
A_{D1j}	0,2011	314,0	**18,6383**	**18,5577**	**18,7177**	**0,0800**
A_{2j}	0,4006	314,1	31,9782	31,9435	32,0368	0,0510
A_{3j}	0,6024	313,6	35,3306	35,1757	35,4133	0,1343
A_{4j}	0,8016	313,5	34,6390	34,3091	35,0195	0,3579
RA_{L1j}	0,2011	314,0	**2,3352**	**2,2935**	**2,4175**	**0,0713**
RA_{D1j}	0,2011	314,1	53,4073	26,1109	70,4357	23,8798
RA_{2j}	0,4006	314,3	32,0224	32,0047	32,0423	0,0189

Q.2.2.4 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 50 ºC

Tabela Q.4.23: Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 50 ºC

	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{D11}	0,2011	323,0	9,8421	11,9996	9,9146	2,1575	2,0850	0,0725	3,3604
A_{D12}	0,2011	323,0	9,9951	12,1281	10,0661	2,1330	2,0620	0,0710	3,3286
A_{D13}	0,2011	323,0	9,7221	13,1542	9,8408	3,4321	3,3134	0,1187	3,4585
A_{L11}	0,2011	323,0	9,7009	12,9206	10,6795	3,2197	2,2411	0,9786	30,3941
A_{L12}	0,2011	323,0	9,9749	12,6311	10,7811	2,6562	1,8500	0,8062	30,3516
A_{L13}	0,2011	323,0	9,8092	12,3738	10,5856	2,5646	1,7882	0,7764	30,2737
A_{21}	0,4006	323,0	9,7729	12,5003	10,8115	2,7274	1,6888	1,0386	38,0802
A_{22}	0,4006	323,0	9,8900	12,8338	10,9897	2,9438	1,8441	1,0997	37,3565
A_{23}	0,4006	323,0	9,6596	12,9645	11,0161	3,3049	1,9484	1,3565	41,0451
A_{31}	0,6024	323,0	9,8530	11,9133	10,6850	2,0603	1,2283	0,8320	40,3825
A_{32}	0,6024	323,0	9,8612	11,6899	10,5985	1,8287	1,0914	0,7373	40,3183
A_{33}	0,6024	323,0	9,8389	12,0940	10,7410	2,2551	1,3530	0,9021	40,0027
A_{41}	0,8016	323,7	9,9536	11,7156	10,6382	1,7620	1,0774	0,6846	38,8536
A_{42}	0,8016	323,7	9,5146	11,4883	10,2900	1,9737	1,1983	0,7754	39,2866
A_{43}	0,8016	323,7	10,0530	11,2789	10,5172	1,2259	0,7617	0,4642	37,8661

Tabela Q. 4.24: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 50ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{L1j}	0,2011	323,0	3,3810	3,3240	3,4585	0,0696
A_{D1j}	0,2011	323,0	30,3398	30,2737	30,3941	0,0611
A_{2j}	0,4006	323,0	38,8273	37,3565	41,0451	1,9545
A_{3j}	0,6024	323,0	40,2345	40,0027	40,3825	0,2033
A_{4j}	0,8016	323,7	38,6688	37,8661	39,2866	0,7281

Q.2.2.5 – Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 60 ºC

Tabela Q. 4.25: Solubilidades do ácido Salicílico em misturas n-propanol e água no *set-point* de 60 ºC

A	x	T_t	m_r	m_s	m_{sec}	m_{sol}	m_w	m_a	S
A_{11}	0,2011	332,6	9,5791	13,5531	11,0221	3,9740	2,5310	1,4430	36,3110
A_{12}	0,2011	332,6	9,3242	13,4621	10,8215	4,1379	2,6406	1,4973	36,1850
A_{13}	0,2011	332,6	9,6294	13,1836	10,9308	3,5542	2,2528	1,3014	36,6158
A_{21}	0,4006	333,2	9,8520	12,4450	10,8618	2,5930	1,5832	1,0098	38,9433
A_{22}	0,4006	333,2	9,6936	11,4677	10,4212	1,7741	1,0465	0,7276	41,0123
A_{23}	0,4006	333,2	9,8730	13,0224	11,1092	3,1494	1,9132	1,2362	39,2519
A_{31}	0,6024	332,7	9,5199	11,3504	10,2801	1,8305	1,0703	0,7602	41,5296
A_{32}	0,6024	332,7	9,4818	11,3027	10,2774	1,8209	1,0253	0,7956	43,6927
A_{33}	0,6024	332,7	9,5427	11,9837	10,7750	2,4410	1,2087	1,2323	50,4834
A_{41}	0,8016	332,7	9,4517	10,8618	10,0484	1,4101	0,8134	0,5967	42,3161
A_{42}	0,8016	332,7	9,6419	11,3002	10,2175	1,6583	1,0827	0,5756	34,7102
A_{43}	0,8016	332,7	9,9554	11,4682	10,3303	1,5128	1,1379	0,3749	24,7819

Tabela Q.4.26: Resumo estatístico dos dados experimentais para o sistema ternário Salicílico, água e n-propanol à temperatura de *set-point* igual a 60ºC

Amostras	x	T_t	Médias	Mínimos	Máximos	Desvios
A_{1j}	0,2011	332,6	36,3706	36,1850	36,6158	0,2215
A_{2j}	0,4006	333,2	39,7359	38,9433	41,0123	1,1162
A_{3j}	0,6024	332,7	45,2352	41,5296	50,4834	4,6720
A_{4j}	0,8016	332,7	33,9361	24,7819	42,3161	8,7927