

SUMÁRIO

Agradecimentos	15
Prefácio.....	17
1. Experimento 1: Introdução ao Laboratório Químico.....	19
1.1 Introdução.....	19
1.2 O Método Científico em Ciências Experimentais.....	19
1.2.1 Experimento (a): as “Caixas Pretas”	22
1.3 Erros de Medida – Algarismos Significativos	22
1.3.1 Algarismos Significativos	24
1.3.2 Operações Aritméticas com Resultados Experimentais	26
1.3.3 Instrumentos de Medida.....	28
1.3.4 Experimento (b): Medidas Experimentais.....	29
1.4 Segurança no Laboratório	30
1.4.1 Regras para Trabalhar em Laboratório	31
1.5 Caderno de Anotações e Relatórios.....	33
1.6 Leitura Complementar: Precisão, Exatidão e Erro Sistemático	33
2. Experimento 2: Densidade de Líquidos.....	37
2.1 Densidade.....	37
2.2 Limpeza de Material Volumétrico.....	39
2.3 Secagem do Material Volumétrico (após Lavar).....	40
2.3.1 Como Secar	41
2.4 Medidas de Volumes.....	41
2.5 Medidas de Massa	42

2.6	Medidas de Temperatura.....	45
2.7	Gráficos.....	45
2.7.1	Como Traçar Bons Gráficos.....	47
2.7.2	Inclinação de Retas em Gráficos de Dados Experimentais	48
2.8	Parte Experimental.....	52
2.8.1	Temperatura Ambiente	52
2.8.2	Uso da Balança Analítica Mecânica	52
2.8.3	Uso da Balança Semianalítica Eletrônica	52
2.8.4	Determinação da Densidade de um Líquido.....	52
2.9	Adendo	53
3.	Experimento 3: Dissociação Eletrolítica.....	55
3.1	Introdução.....	55
3.2	O Experimento	58
3.3	Crioscopia.....	59
3.4	As Técnicas Experimentais	60
3.4.1	Pipetas.....	60
3.4.2	Escoamento e Retenção	63
3.4.3	Bureta.....	64
3.4.4	Bico de Bunsen.....	64
3.5	Parte Experimental.....	67
3.6	Elaboração dos Resultados.....	71
3.7	Apêndice.....	71
4.	Experimento 4: Técnicas de Volumetria	73
4.1	Soluções – Concentração	73
4.1.1	Conversão de Unidades.....	75
4.1.2	Unidades de Concentração menos Comuns.....	78
4.2	Análise Volumétrica – Titulação.....	79
4.2.1	Exemplo 1: Solução de Ácido Forte com Solução de Base Forte.....	81
4.2.2	Exemplo 2: Solução de Ácido Forte com Solução de Base Fraca	81
4.2.3	Padrões Primários.....	82
4.2.4	Como Varia o pH da Solução (no erlenmeyer) durante a Titulação?.....	83
4.3	Operação do Equipamento Volumétrico.....	85
4.4	Parte Experimental.....	86
4.4.1	Preparação de uma Solução de HCl 0,5 mol/L.....	86
4.4.2	Padronização da Solução de HCl.....	87
4.4.3	Preparação de uma Solução de NaOH 0,25 mol/L.....	87
4.4.4	Padronização da Solução de NaOH.....	87

4.4.5	Titulação da Solução de NaOH.....	87
4.4.6	Titulação de Na ₂ CO ₃	87
4.4.7	Titulação de Amostra Desconhecida.....	88
5.	Experimento 5: pH – Indicadores e Tampões.....	89
5.1	Determinação de pH.....	89
5.1.1	pHmetro	89
5.1.2	Cuidados com o Manejo do pHmetro.....	91
5.1.3	Indicadores.....	93
5.2	Solução Tampão.....	97
5.2.1	Ácido Fraco + Sal do Ácido	98
5.2.2	Base Fraca + Sal da Base	100
5.2.3	Como Calcular o pH da Solução Tampão	100
5.3	Parte Experimental.....	102
5.3.1	Soluções de pH Conhecido e Indicadores	102
5.3.2	Solução Tampão.....	103
5.3.3	Determinação Aproximada do pK de Amostra Desconhecida....	104
6.	Experimento 6: Cristalização e Recristalização.....	107
6.1	Introdução.....	107
6.1.1	Solubilidade.....	107
6.1.2	Equilíbrio Dinâmico	108
6.1.3	Curvas de Solubilidade	109
6.1.4	Cristalização.....	112
6.1.5	Separação de Misturas e Purificação.....	113
6.2	A Teoria da Cristalização Seletiva	113
6.2.1	Temperatura.....	114
6.2.2	Quantidade de Solvente.....	114
6.2.3	É Possível Separar Ambos os Sólidos em Estado Puro?	114
6.3	A Teoria da Recristalização.....	117
6.4	As Técnicas Experimentais	118
6.4.1	Filtração	118
6.4.2	Recristalização	125
6.5	Parte Experimental.....	126
6.5.1	Cristalização Seletiva.....	126
6.5.2	Recristalização do Ácido Benzoico.....	127
6.5.3	Solubilidade de Amostra Desconhecida	127
7.	Experimento 7: Síntese de Aspirina	129
7.1	Introdução.....	129
7.2	Preparações ou Sínteses.....	130
7.2.1	Solvente.....	131

7.2.2 Catalisador.....	131
7.2.3 Velocidade das Reações.....	131
7.2.4 Reações Secundárias.....	131
7.2.5 Excesso de um Reagente.....	132
7.2.6 Rendimento.....	132
7.3 Ponto de Fusão.....	133
7.4 Solubilidade.....	134
7.5 Técnicas Experimentais.....	136
7.5.1 Capilares.....	136
7.5.2 O Aparelho.....	137
7.6 Parte Experimental.....	139
7.6.1 Preparação da Aspirina.....	139
7.6.2 Teste de Solubilidade.....	139
7.6.3 Determinação do Ponto de Fusão.....	140
7.6.4 Amostra Desconhecida.....	140
8. Experimento 8: Ponto de Ebulição – Destilação.....	141
8.1 Introdução.....	141
8.2 A Teoria da Destilação.....	142
8.2.1 Pressão de Vapor.....	142
8.2.2 Ponto de Ebulição.....	142
8.2.3 Superaquecimento – Ebulição Tumultuosa.....	143
8.2.4 Destilação Fracionada.....	143
8.2.5 Misturas Azeotrópicas.....	149
8.3 Técnicas Experimentais.....	151
8.3.1 Destilação Simples.....	151
8.3.2 Destilação Fracionada.....	153
8.3.3 Destilação Horizontal ou Destilação Evaporativa.....	155
8.4 Parte Experimental.....	156
9. Experimento 9: Destilação a Vapor.....	159
9.1 Introdução.....	159
9.2 Teoria da Destilação a Vapor.....	160
9.2.1 Exemplo 1.....	165
9.2.2 Aspectos Práticos da Destilação a Vapor.....	166
9.2.3 Exemplo 2.....	166
9.2.4 Simplificação dos Cálculos.....	167
9.2.5 Exemplo 3.....	168
9.3 Técnicas Experimentais.....	168
9.3.1 Método Indireto.....	168
9.3.2 Método Direto.....	170
9.3.3 Uso de Separadores.....	170

9.3.4	Extração	172
9.3.5	Escolha do Material a ser Destilado	173
9.4	Parte Experimental.....	173
9.5	Apêndice.....	174
10.	Experimento 10: Extração com Solventes e Sublimação.....	181
10.1	Introdução.....	181
10.2	Extração com Solventes e Lavagem	181
10.2.1	Misturas Sólidas.....	182
10.2.2	Misturas Líquidas.....	183
10.2.3	Extração Contínua Líquido-Líquido	187
10.2.4	Misturas Gasosas.....	188
10.2.5	Extração com Solventes Quimicamente Ativos	189
10.2.6	Separação por Diferença de Acidez	190
10.3	Sublimação	194
10.3.1	Aparelhagem para Sublimação	197
10.4	Parte Experimental.....	198
10.4.1	Extração Simples.....	198
10.4.2	Extração Múltipla.....	199
10.4.3	Extração com Solventes Quimicamente Ativos	199
10.4.4	Verificação	200
10.4.5	Purificação por Sublimação	201
11.	Experimento 11: Cromatografia.....	203
11.1	Introdução.....	203
11.2	Polaridade.....	204
11.3	Considerações sobre as Técnicas.....	205
11.3.1	Cromatografia em Coluna com Compostos não Coloridos.....	206
11.4	Parte Experimental.....	207
11.4.1	Cromatografia em Coluna	207
11.4.2	Cromatografia em Camada Delgada.....	208
11.4.3	Cromatografia em Papel	209
12.	Experimento 12: Estudo das Reações Químicas.....	213
12.1	Introdução.....	213
12.2	O Experimento	215
12.2.1	Velocidade das Reações.....	216
12.2.2	Produto de Solubilidade	216
12.2.3	Aspectos Quantitativos.....	218
12.3	Parte Experimental.....	221
12.3.1	Dissolução.....	221
12.3.2	Testes com Várias Substâncias	222

12.3.3	Velocidade de Reação.....	222
12.3.4	Precipitação.....	223
12.3.5	Dicromato de Amônio.....	223
12.3.6	Decomposição Térmica do Bicarbonato de Potássio	223
12.3.7	Massa Atômica do Magnésio.....	224
13.	Experimento 13: Termoquímica.....	227
13.1	Introdução.....	227
13.2	Medidas de Calores de Transformações (ΔH).....	229
13.2.1	Determinação da Capacidade Térmica do Calorímetro	230
13.2.2	Como Medir os Valores de ΔH	231
13.3	Medida de ΔG	231
13.4	Determinação de ΔS	234
13.5	Parte Experimental.....	235
13.5.1	Determinação da Capacidade Térmica do Calorímetro	235
13.5.2	Determinação do Calor de Neutralização de HCl(aq) e NaOH(aq).....	236
13.5.3	Determinação do Calor de Dissolução do NaOH(s)	236
13.5.4	Determinação do Calor de Reação de HCl(aq) e NaOH(s).....	237
13.5.5	Determinação do Calor de Dissolução de $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$	237
13.5.6	Determinação do Calor de Reação entre $\text{Zn}^0(s)$ e $\text{Cu}^{2+}(aq)$	238
13.5.7	Construção da Pilha e Determinação de ΔG	238
14.	Experimento 14: Equilíbrio Químico.....	241
14.1	Introdução.....	241
14.1.1	Cinética e Equilíbrio.....	242
14.1.2	Termodinâmica e Equilíbrio.....	243
14.1.3	O Princípio de Le Chatelier.....	246
14.2	Objetivos deste Experimento.....	248
14.3	Tiocianato de Ferro (III).....	248
14.4	Formação e Hidrólise de Ésteres.....	249
14.4.1	Hidrólise dos Ésteres.....	249
14.4.2	Excesso de Reagentes.....	250
14.4.3	Remoção de Produtos.....	250
14.4.4	Outros Métodos.....	252
14.5	Parte Experimental.....	253
14.5.1	Tiocianato de Ferro.....	253
14.5.2	Saponificação do Benzoato de Etila. Preparação de Ácido Benzoico	253
14.5.3	Antranilato de Metila.....	254

14.5.4	Acetato de Etila.....	255
14.5.5	Salicilato de Etila	255
15.	Experimento 15: Cinética Química	257
15.1	Introdução.....	257
15.1.1	Influência da Temperatura na Velocidade das Reações.....	259
15.2	O Experimento	263
15.3	Parte Experimental.....	266
15.3.1	Reações à Temperatura Ambiente	266
15.3.2	Reações em Outras Temperaturas.....	267
16.	Experimento 16: Planejamento e Execução de Reações Químicas.....	269
16.1	Introdução.....	269
16.2	Reações Inorgânicas em Solução	270
16.2.1	Formação de um Produto Insolúvel	270
16.2.2	Formação de um Produto Gasoso.....	271
16.2.3	Formação de um Produto Pouco Dissociado.....	271
16.3	Planejamento.....	273
16.4	Parte Experimental.....	273
	Bibliografia.....	277
	Sobre os Autores.....	279