

**EXTRAÇÃO EM PONTO NUVEM:
PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES
EM QUÍMICA ANALÍTICA**

Marcos de Almeida Bezerra
Sérgio Luis Costa Ferreira

**EXTRAÇÃO EM PONTO NUVEM:
PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES
EM QUÍMICA ANALÍTICA**



Vitória da Conquista - BA
2006



Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia

Copyright © 2006 by Edições Uesb
Todos os direitos desta edição reservados a Edições Uesb

REITOR

Prof. Abel Rebouças São José

VICE-REITORA

Prof^ª Jussara Maria Camilo dos Santos

PRÓ-REITOR - PROEX

Prof. Paulo Sérgio Cavalcante Costa

DIRETOR - EDIÇÕES UESB

Jacinto Braz David Filho

COMITÊ EDITORIAL

Prof^ª Ms. Andréa Braz da Costa

Prof. Dr. Antonio Jorge Del Rei Moura

Prof. Ms. Júlio César Castilho Razera

Prof. Dr. Marcello Moreira

Prof. Ms. Marco Antônio Araújo Longuinhas

Prof. Ms. Nelson dos Santos Cardoso Júnior

Prof. Ms. Paulo Sérgio Cavalcante Costa

Prof. Ms. Rosalve Lucas Marcelino

Prof^ª Dr^a Zenilda Nogueira Sales

Catologação na publicação: Biblioteca Central da Uesb

B469e Bezerra, Marcos de Almeida.

Extração em ponto nuvem: princípios e aplicações em química analítica
/ Marcos de Almeida Bezerra e Sérgio Luis Costa Ferreira. – Vitória da
Conquista: Edições Uesb, 2006.

168p.

ISBN 85-88505-40-1

1. Química analítica. 2. Separação e extração – Ponto nuvem. 3.
Extração em ponto nuvem. I. Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia. II. Ferreira, Sérgio Luis Costa. III. Título.

CDD – 543



Campus Universitário - Caixa Postal 95
Estrada do Bem Querer, Km 04 - 45083-900 - Vitória da Conquista-BA

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, aos nossos alunos, aos nossos ex-mestres, aos nossos colegas de trabalho e aos nossos amigos. Todos são razões especiais para procurarmos sempre fazer o melhor em todas as áreas de nossas vidas.

SUMÁRIO

Apresentação -----	13
--------------------	----

Capítulo 1 - Introdução

1.1 A realização de análise de traços -----	15
1.2 Importância dos métodos de separação e pré-concentração --	16
1.3 O que é a extração em ponto nuvem? -----	17
1.4 A extração em ponto nuvem é um procedimento ecologicamente limpo -----	18
1.5 A organização desta obra -----	19

Capítulo 2 - Surfactantes e a formação do meio micelar

2.1 Aplicações de surfactantes no aumento da eficiência de métodos analíticos -----	21
2.2 Classificação dos surfactantes segundo seu grupo hidrofílico -	23
2.3 A formação do meio micelar -----	25
2.4 As regiões de uma micela aquosa e a solubulização de substâncias -----	31
2.5 Pureza dos surfactantes -----	33

Capítulo 3 - Generalidades sobre a extração em ponto nuvem

3.1 Utilização do fenômeno ponto nuvem para propósitos de separação e pré-concentração -----	35
3.2 Procedimentos gerais para realização da extração em ponto nuvem -----	36
3.3 Diagramas de fase para sistemas micelares -----	37
3.4 Explicando o fenômeno ponto nuvem -----	41
3.5 Alteração do ponto nuvem de um surfactante -----	42
3.5.1 Alteração do ponto nuvem de um surfactante por polímeros solúveis em água -----	46
3.6 Sistemas formados por surfactantes anfóteros -----	49
3.7 Sistemas formados por surfactantes aniônicos -----	51
3.8 Sistemas formados por surfactantes catiônicos -----	53
3.9 Aplicação da extração em ponto nuvem na separação direta de analitos a partir de amostras sólidas -----	53
3.10 Remoção do surfactante do material extraído -----	54
3.11 Vantagens e desvantagens da separação e pré-concentração de substâncias por extração em ponto nuvem -----	55
3.12 Algumas considerações práticas sobre o desenvolvimento de métodos analíticos que utilizam a EPN -----	56
3.12.1 As propriedades físicas e químicas da matriz -----	56
3.12.2 As peculiaridades da técnica analítica usada na análise da fase micelar -----	57
3.12.3 A estrutura do surfactante -----	58
3.12.4 A hidrofobicidade do agente quelante -----	58
3.12.5 O pH final da solução da amostra -----	59
3.12.6 A cinética da reação de complexação -----	59
3.12.7 A concentração do surfactante adicionado na solução da amostra -----	59
3.12.8 O tempo de centrifugação -----	60

Capítulo 4 - Descrição quantitativa da extração em ponto nuvem

4.1 Parâmetros que descrevem um processo de extração e sua eficiência -----	63
4.2 Modelos que explicam a partição de substâncias em extração em ponto nuvem -----	65
4.2.1 Equilíbrios de partição de reagentes quelantes e quelatos metálicos em extração em ponto nuvem-----	67
4.2.2 Equilíbrios de partição de analitos orgânicos apolares em extração em ponto nuvem -----	69
4.3 O efeito do pH sobre a percentagem de extração no ponto nuvem de substâncias com caráter ácido-básico -----	70
4.3.1 Efeito do pH e da concentração do quelante na extração de quelatos metálicos por extração em ponto nuvem -----	72

Capítulo 5 - Extração em ponto nuvem e determinação de espécies inorgânicas

5.1 Algumas considerações sobre a determinação de analitos inorgânicos -----	77
5.2 Extração em ponto nuvem de espécies metálicas -----	78
5.3 Análise da fase micelar por Espectrometria Molecular -----	79
5.4 Análise da fase micelar por Espectrometria de Absorção Atômica-----	82
5.4.1 Espectrometria de Absorção Atômica com Chama -----	82
5.4.2 Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite -----	87
5.4.3 Espectrometria de Absorção Atômica por Geração de Hidretos -----	88
5.5 Análise da fase micelar por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado -----	89
5.6 Análise da fase micelar por Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado -----	91
5.7 Outras técnicas usadas para determinação de metais na fase micelar -----	93

5.7.1 Análise da fase micelar por Eletroforese Capilar -----	93
5.7.2 Análise da fase micelar por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência -----	94
5.8 A extração micelar na análise de especiação de metais -----	95

Capítulo 6 - Extração em ponto nuvem e determinação de espécies orgânicas

6.1 Aplicação da extração em ponto nuvem na determinação de substâncias orgânicas -----	99
6.2 Análise da fase micelar por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência -----	100
6.2.1 Efeitos dos surfactantes na fase móvel em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência -----	104
6.2.2 Algumas considerações sobre a detecção do analito extraído em uma fase micelar por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência -----	105
6.2.2.1 Detecção no ultravioleta -----	105
6.2.2.2 Detecção por fluorescência -----	107
6.2.2.3 Detecção eletroquímica -----	111
6.2.3 Aplicações analíticas da extração em ponto nuvem com análise da fase micelar por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência -----	111
6.2.3.1 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos -----	112
6.2.3.2 Substâncias policloradas -----	114
6.2.3.3 Pesticidas -----	114
6.2.3.4 Vitaminas -----	116
6.2.3.5 Outras substâncias orgânicas -----	117
6.2.3 Análise da fase micelar por Cromatografia Gasosa -----	118
6.2.4 análise da fase micelar por Eletroforese Capilar -----	119
6.2.4.1 Princípios das separações eletroforéticas -----	120
6.2.4.2 Aplicações analíticas da eletroforese na análise fase micelar gerada por extração em ponto nuvem -----	121

Capítulo 7 - Extração em ponto nuvem na separação de materiais biológicos

7.1 Utilização da extração em ponto nuvem como técnica para separação de biomateriais -----	123
7.2 Aspectos teóricos da partição de proteínas -----	127
7.3 O uso de surfactantes anfóteros na extração de materiais biológicos -----	128
7.4 Extração de proteínas termolábeis -----	129
7.5 Aumento da seletividade na extração em ponto nuvem -----	131
7.6 Vantagens e limitações da extração em ponto nuvem de biomateriais -----	135

Capítulo 8 - Acoplamento em linha da extração em ponto nuvem

8.1 Vantagens do acoplamento em linha da extração em ponto nuvem -----	137
8.2 Aplicações analíticas da extração em ponto nuvem em linha -----	138
8.3 Dificuldades da adaptação em linha de métodos que realizam extração em ponto nuvem em batelada para análise de metais -----	140

Apêndice – Abreviaturas e siglas usadas nesta obra ----- 143

Referências Bibliográficas ----- 147