

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
METALÚRGICA E DE MINAS

Dissertação de Mestrado

**"Flotação de Carvão em Coluna :
Um Caso Brasileiro"**

Autor: Maria Lúcia Magalhães de Oliveira
Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres

Maio/92

Maria Lúcia Magalhães de Oliveira

**FLOTAÇÃO DE CARVÃO EM COLUNA :
UM CASO BRASILEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso
de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e
de Minas da Universidade Federal de Minas
Gerais

Área de Concentração: Tecnologia Mineral
Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

1992

FLOTAÇÃO DE CARVÃO EM COLUNA: UM CASO BRASILEIRO

Maria Lúcia Magalhães de Oliveira

Dissertação submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas.

Aprovada em 14 de maio de 1992

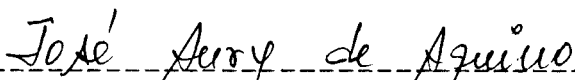
Por:



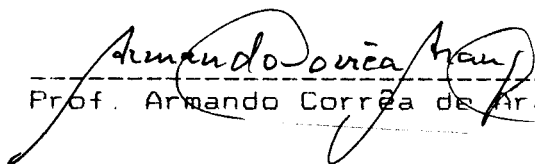
Prof. Antônio Eduardo Clark Peres, M.Sc., Ph.D. (UFMG)
Orientador



Prof. Arthur Pinto Chaves, Dr. (USP)

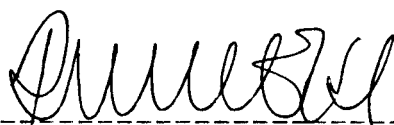


Eng. José Aurélio de Araújo, M.Sc. (CNEN/CDTN)



Prof. Armando Corrêa de Araújo, M.Sc., Ph.D. (UFMG)

Aprovado pelo Colegiado do CPGEM



Prof. Renato Minelli Figueira
Coordenador do CPGEM/UFMG

A meu pai (In memoriam),
fonte de amor e incentivo

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização desse trabalho, e em especial:

ao professor Antônio Eduardo Clark Peres pela orientação e estímulo;

a engenheira Solange Vaz Coelho pelo apoio e incentivo;

ao engenheiro José Aury de Aquino pelas sugestões e colaboração;

aos engenheiros Jeaneth dos Santos Benedetto, Ivan Lucas de Oliveira Luz e Maurílio Dias Fernandes pela colaboração;

aos técnicos Clemente F. Messias e Reinaldo T. da Silva pela montagem, adaptação e instalação dos equipamentos;

aos técnicos Marcos A. Evangelista, Francisco J. Caldeira e aos operadores Francisco D. Cândido e Dovenir Francisco pela contribuição na execução do trabalho experimental;

aos operadores Mário L. de Souza, Antônio E. G. Soares e Francisco A. de Souza pelo preparo das amostras;

aos técnicos Zilmar L. Lula e Evando J. da Silva pelo trabalho analítico;

ao Eder A. S. de Oliveira pelo apoio na área de informática;

a Hilda S. Gonçalves e Edna M. M. Borrelli pela dedicação no trabalho de datilografia;

ao Odimar, Renata e Gecy, pela paciência, carinho e estímulo constante.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	19
2 - OBJETIVO.....	22
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
3.1 - Carvão Mineral - Aspectos Gerais.....	24
3.1.1. - Impurezas do carvão.....	30
3.2 - Carvão no Brasil.....	31
3.2.1 - O carvão de Santa Catarina.....	32
3.3 - Beneficiamento de Carvão.....	33
3.4 - Flotação de Carvão.....	38
3.4.1 - Características físico-químicas.....	41
3.4.1.1 - Hidrofobicidade.....	42
3.4.1.2 - Oxidação.....	43
3.4.1.3 - Eletroquímica interfacial....	44
3.4.2 - Fatores que afetam a flotação de carvão	48
3.4.2.1 - Tamanho de partícula.....	48
3.4.2.2 - Densidade de polpa.....	50
3.4.2.3 - pH.....	50
3.4.2.4 - Condicionamento.....	51
3.4.2.5 - Agitação e aeração.....	52
3.4.3 - Reagentes de flotação.....	52
3.4.3.1 - Coletores.....	53
3.4.3.2 - Espumantes.....	53
3.4.3.3 - Modificadores.....	55
3.4.4 - Cinética de flotação.....	55
3.5 - Dessulfuração de Carvão.....	56
3.6 - Flotação de Carvão em Célula de Coluna.....	60

3.6.1 - Descrição da coluna.....	60
3.6.1.1 - Seção de concentração.....	61
3.6.1.2 - Seção de limpeza.....	63
3.6.1.3 - Seção de drenagem da espuma..	64
3.6.2 - Características operacionais.....	66
3.6.2.1 - Conteúdo de sólidos na alimentação.....	66
3.6.2.2 - Taxa de alimentação de polpa.	67
3.6.2.3 - Tamanho de partícula.....	69
3.6.2.4 - Taxa de adição de água de lavagem.....	71
3.6.2.5 - Taxa de adição de ar.....	73
3.6.2.6 - Tempo de residência.....	76
3.6.2.7 - Espessura da camada de espuma	77
3.6.2.8 - Espessura da camada de drenagem de espuma.....	77
4 - METODOLOGIA.....	80
4.1 - Obtenção e Preparação da Amostra.....	80
4.2 - Ensaios em Escala de Laboratório.....	84
4.3 - Ensaios Contínuos em Célula de Coluna.....	87
4.4 - Métodos de Análise.....	91
4.5 - Materiais.....	92
4.5.1 - Reagentes.....	92
4.5.2 - Materiais para o estudo de laboratório.	93
4.5.3 - Materiais para o estudo contínuo em célula de coluna.....	93
4.6 - Coluna de Flotação.....	94
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	98
5.1 - Caracterização da Amostra.....	99

5.1.1 -	Análise granulométrica.....	99
5.1.2 -	Análise química.....	102
5.1.3 -	Análise mineralógica.....	102
5.2 -	Ensaio de Flotação em Laboratório.....	108
5.2.1 -	Influência do tipo e dosagem de coletor	109
5.2.2 -	Influência do tipo e dosagem de espumante.....	112
5.2.3 -	Influência do tempo de condicionamento do coletor.....	112
5.2.4 -	Influência do conteúdo de sólidos na flotação.....	117
5.2.5 -	Influência do conteúdo de sólidos no condicionamento do coletor.....	120
5.2.6 -	Influência do tipo e dosagem de depressor de ganga.....	120
5.2.7 -	Estudo cinético.....	126
5.2.8 -	Influência da rotação da célula.....	128
5.2.9 -	Ensaio nas melhores condições.....	132
5.3 -	Ensaio de Flotação em Célula de Coluna.....	135
5.3.1 -	Efeito da dosagem de querosene.....	138
5.3.2 -	Efeito da dosagem de flotanol no condicionador.....	139
5.3.3 -	Efeito da dosagem de flotanol na coluna	144
5.3.4 -	Efeito da distribuição de flotanol entre o condicionador e a coluna.....	144
5.3.5 -	Efeito da vazão de ar.....	147
5.3.6 -	Efeito do tempo de residência.....	150
5.3.7 -	Efeito do conteúdo de sólidos na alimentação da coluna.....	156
5.3.8 -	Efeito da altura da camada de espuma...	159
5.3.9 -	Efeito da altura da seção de drenagem..	159

5.3.10	- Efeito da taxa de adição de água de lavagem.....	164
5.3.11	- Efeito da vazão de ar no aerador intermediário.....	168
5.3.12	- Efeito do tempo de residência com dois aeradores.....	172
5.3.13	- Ensaio nas melhores condições da etapa "rougher".....	172
5.3.14	- Estudo de circuito.....	176
5.3.14.1	- Desaguamento do rejeito do "rougher".....	179
5.3.14.2	- Efeito da dosagem de querosene no "scavenger"....	179
5.3.14.3	- Efeito da dosagem de flotanól no "scavenger"....	179
5.3.14.4	- Estudo com circuito fechado "rougher"/ "scavenger".....	183
5.3.14.5	- Ensaio nas melhores condições de circuito.....	186
5.4	- Caracterização dos Produtos.....	190
5.4.1	- Análise granulométrica.....	190
5.4.2	- Análise química.....	193
5.4.3	- Análise mineralógica.....	198
6	- CONCLUSÕES.....	201
7	- RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS.....	204
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	209
	ANEXO I - CONDIÇÕES E RESULTADOS DOS ENSAIOS DO ESTU- DO DE LABORATÓRIO	219
	ANEXO II- CONDIÇÕES E RESULTADOS DOS ENSAIOS EM CÉLU- LA DE COLUNA	233

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Bacia Carbonífera Catarinense.....	34
Figura 3.2 - Variação do ângulo de contato em função do conteúdo de carbono no carvão.....	42
Figura 3.3 - Comportamento eletrocinético dos litotipos do carvão.....	46
Figura 3.4 - Mecanismo de interação na interface carvão/meio aquoso.....	47
Figura 3.5 - Efeito do pH no potencial zeta do carvão e da pirita.....	58
figura 3.6 - Representação esquemática da coluna de flotação.....	62
Figura 3.7 - Efeito do tamanho de bolhas na coleta de partículas sólidas grosseiras (A) e finas (B).....	65
Figura 3.8 - Distribuição de fluxo de água na célula convencional (A) e na de coluna (B).....	65
Figura 3.9 - Influência da taxa de alimentação de polpa sobre a recuperação e o conteúdo de cinzas no concentrado.....	68
Figura 3.10 - Influência da taxa de alimentação de polpa sobre o tempo de residência e o diâmetro da bolha.....	68
Figura 3.11 - Efeito do tamanho de partícula na eficiência de separação.....	70
Figura 3.12 - Influência da taxa de alimentação de água de lavagem sobre a recuperação de carvão e o teor de cinzas no concentrado.....	72
Figura 3.13 - Influência da velocidade superficial de água sobre a recuperação de carvão e a percentagem de rejeição de cinzas no concentrado.....	72
Figura 3.14 - Influência da taxa de alimentação de espumante sobre o "hold-up".....	74
Figura 3.15 - Influência da velocidade superficial de líquido descendente (J_L) sobre o "hold-up".	74

Figura 3.16 - Efeito do tempo de residência sobre a recuperação do carvão e teor de cinzas no concentrado.....	78
Figura 3.17 - Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor de cinzas e a recuperação de carvão no concentrado.....	78
Figura 4.1 - Fluxograma da usina de beneficiamento da Mina Verdinho - Carbonífera Criciúma S.A....	81
Figura 4.2 - Fluxograma da preparação da amostra.....	85
Figura 4.3 - Fluxograma dos ensaios contínuos em célula de coluna.....	88
Figura 4.4 - Representação esquemática da coluna de flotação.....	96
Figura 5.1 - Distribuição de massa, cinzas e enxofre pirítico nas frações granulométricas.....	101
Figura 5.2 - Diagrama da composição química da amostra...	104
Figura 5.3 - Influência do tipo e dosagem de coletor sobre o teor de cinzas e recuperação de matéria carbonosa no concentrado.....	111
Figura 5.4 - Influência do tipo e dosagem de espumante sobre o teor de cinzas e recuperação de matéria carbonosa no concentrado.....	114
Figura 5.5 - Influência do tempo de condicionamento do coletor sobre o teor de cinzas e recuperação de matéria carbonosa no concentrado.....	116
Figura 5.6 - Influência do conteúdo de sólidos na flotação sobre o teor de cinzas e recuperação de matéria carbonosa no concentrado.....	119
Figura 5.7 - Influência do conteúdo de sólidos no condicionamento sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	122
Figura 5.8 - Influência do tipo e dosagem dos depressores de ganga sobre o teor de cinzas e recuperação matéria carbonosa no concentrado.....	124
Figura 5.9 - Influência do tipo e dosagem dos depressores de ganga sobre a recuperação de enxofre pirítico no concentrado.....	125

Figura 5.10 - Curva de determinação das constantes cinéticas.....	130
Figura 5.11 - Efeito do tempo de flotação sobre a recuperação acumulada de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	131
Figura 5.12 - Efeito da rotação sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	134
Figura 5.13 - Balanço de massa do circuito "rougher/cleaner" - estudo de laboratório.....	136
Figura 5.14 - Efeito da dosagem de querosene sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	141
Figura 5.15 - Efeito da dosagem de flotanol no condicionador sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	143
Figura 5.16 - Efeito da dosagem de flotanol na coluna sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	146
Figura 5.17 - Efeito da distribuição da dosagem de flotanol no condicionador/coluna sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	149
Figura 5.18 - Efeito da vazão de ar sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	152
Figura 5.19 - Influência da velocidade superficial específica do ar sobre o "hold-up".....	153
Figura 5.20 - Efeito do tempo de residência na coluna sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	155
Figura 5.21 - Efeito do conteúdo de sólidos na alimentação da coluna sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	158
Figura 5.22 - Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	161
Figura 5.23 - Efeito da altura da seção de drenagem sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	163

Figura 5.24 - Efeito da altura da seção de drenagem sobre o conteúdo de sólidos no concentrado.....	165
Figura 5.25 - Efeito da vazão de água de lavagem sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	167
Figura 5.26 - Representação esquemática da coluna de flotação com aerador intermediário.....	169
Figura 5.27 - Efeito da vazão de ar no aerador intermediário sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	171
Figura 5.28 - Efeito do tempo de residência na coluna sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado.....	174
Figura 5.29 - Fluxograma com balanço de massa da etapa "rougher" - Ensaio 61.....	177
Figura 5.30 - Fluxograma dos ensaios de circuito "rougher/scavenger".....	178
Figura 5.31 - Fluxograma com balanço de massa do circuito "rougher/scavenger" com desaguamento do rejeito "rougher".....	180
Figura 5.32 - Efeito da dosagem de querosene sobre o teor de cinzas e recuperação de matéria carbonosa no concentrado "scavenger".....	182
Figura 5.33 - Efeito da dosagem de Espumante no condicionador sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado "scavenger".....	185
Figura 5.34 - Fluxograma com balanço de massa do ensaio final de flotação em coluna.....	187
Figura 5.35 - Distribuição granulométrica dos produtos do "rougher" no ensaio final de flotação em coluna.....	192
Figura 5.36 - Distribuição acumulada de massa nas frações granulométricas do concentrado e rejeito "rougher".....	195
Figura 5.37 - Distribuição acumulada de massa nas frações granulométricas do concentrado e rejeito "scavenger".....	196

LISTA DE TABELAS

Tabela III.1 - Classificação dos carvões pelo "Rank".....	26
Tabela III.2 - Sistema de classificação Stopes-Heerlen ..	28
Tabela V.1 - Teor e distribuição dos principais elementos nas frações granulométricas da amostra original.....	100
Tabela V.2 - Composição química da amostra original.....	103
Tabela V.3 - Composição química da cinzas.....	105
Tabela V.4 - Composição total da amostra original.....	106
Tabela V.5 - Grau de liberação da amostra original.....	106
Tabela V.6 - Composição dos minerais da amostra original.	107
Tabela V.7 - Influência do tipo e dosagem de coletor sobre o teor e recuperação de cinzas, matéria carbonosa e enxofre pirítico no concentrado.....	110
Tabela V.8 - Influência do tipo e dosagem de espumante sobre o teor e recuperação de cinzas, matéria carbonosa e enxofre pirítico no concentrado.....	113
Tabela V.9 - Influência do tempo de condicionamento do coletor sobre o teor e recuperação de cinzas, matéria carbonosa e enxofre pirítico no concentrado.....	115
Tabela V.10 - Influência do conteúdo de sólidos na flotação sobre o teor e recuperação de cinzas, matéria carbonosa e enxofre pirítico no concentrado.....	118
Tabela V.11 - Influência do conteúdo de sólidos no condicionamento sobre o teor e recuperação de cinzas, matéria carbonosa e enxofre pirítico no concentrado.....	121
Tabela V.12 - Influência do tipo e dosagem de depressor de ganga sobre o teor e recuperação de cinzas, matéria carbonosa e enxofre pirítico no concentrado.....	123
Tabela V.13 - Resultados do estudo cinético da flotação..	129

Tabela V.14 - Influência da rotação da célula sobre o teor e recuperação de cinzas matéria carbonosa e enxofre pirítico no concentrado	133
Tabela V.15 - Efeito da dosagem de querosene sobre teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	140
Tabela V.16 - Efeito da dosagem de flotanol D-14B no condicionador sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado..	142
Tabela V.17 - Efeito da dosagem de flotanol D-14B na coluna sobre o teor e recuperaçã de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	145
Tabela V.18 - Efeito da distribuição da dosagem de flotanol D-14B no condicionador/coluna, sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	148
Tabela V.19 - Efeito da vazão de ar sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	151
Tabela V.20 - Efeito do tempo de residência sobre ao teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	154
Tabela V.21 - Efeito do conteúdo de sólidos na alimentação da coluna sobre o teor e recuperação d cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	157
Tabela V.22 - Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	160
Tabela V.23 - Efeito da altura da seção de drenagem de espuma sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado..	162
Tabela V.24 - Efeito da vazão de água de lavagem sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	166
Tabela V.25 - Efeito da vazão de ar no aerador intermediário sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado .	170
Tabela V.26 - Efeito do tempo de residência com aeração intermediária sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	173

Tabela V.27 - Efeito da dosagem de querosene na etapa "Scavenger" sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado..	181
Tabela V.28 - Efeito da dosagem de flotanol na etapa "scavenger" sobre o teor e recuperação de cinzas e matéria carbonosa no concentrado.....	184
Tabela V.29 - Distribuição granulométrica dos produtos obtidos no ensaio final de flotação em coluna.....	191
Tabela V.30 - Distribuição acumulada de massa nas frações granulométricas dos produtos obtidos no ensaio final de flotação em coluna	194
Tabela V.31 - Composição química dos produtos obtidos no ensaio final de flotação em coluna.....	197
Tabela V.32 - Composição total dos produtos obtidos no ensaio final de flotação em coluna.....	199
Tabela V.33 - Composição da matéria mineral nos produtos obtidos no ensaio final de flotação em coluna.....	200
Tabela VII.1 - Evolução do consumo e produção de carvão metalúrgico de 1971 a 1989.....	207

RESUMO

O carvão brasileiro caracteriza-se pelo elevado teor de matéria mineral e de pirita finamente disseminados na matriz orgânica, o que dificulta a obtenção de produtos comerciais a partir das frações mais finas ($< 590\mu\text{m}$). A Carbonífera Criciúma estoca o concentrado do 2º "rougher" (carvão metalúrgico) da usina industrial de beneficiamento da Unidade Mineira II, devido ao teor de cinzas (18%) ser superior ao limite aceito pelas coquearias (14%). Para viabilizar o aproveitamento deste material foi realizado um estudo de flotação em coluna. São apresentados os resultados dos ensaios piloto que definiram as variáveis operacionais da coluna de flotação. Estes ensaios foram precedido de um estudo em laboratório. A técnica de flotação em coluna mostrou-se adequada ao aproveitamento do concentrado do 2º "rougher" da Unidade Mineira II, permitindo a obtenção de um concentrado com 13% de cinzas e 83,4% de recuperação da matéria carbonosa.

ABSTRACT

Brazilian coals present a high content of mineral matter and finely disseminated pyrite what renders difficult the obtention of saleable products from the fine fractions ($< 590\mu\text{m}$). Carbonífera Criciúma stockpiles the 2nd rougher concentrate (metallurgical coal) from the beneficiation industrial plant of the Unidade Mineira II, due to the high ash grade (18%), above de acceptable limit for coking (14%). A column flotation investigation was performed aiming to render feasible the utilization of this fraction. The results of a pilot plant testwork, which provided the definition of the operation conditions of the flotation column, are presented. They was preceded by bench scale tests. The column flotation technique proved to be adequate for the processing of the Unidade Mineira II 2nd rougher concentrate, yielding a concentrate with 13% ash content at 83,4% recovery level of carbonaceous matter.

1. INTRODUÇÃO

O carvão é um combustível mineral sólido resultante da degradação e alteração de matéria vegetal, na ausência de ar, em ambiente pantanoso ou deltáico. Durante e após o processo de formação do carvão ocorrem associações de matéria mineral não combustível à matéria orgânica ⁽¹⁻²⁾. O beneficiamento do carvão tem como finalidade reduzir o teor dos contaminantes, separar a fração coqueificante e eliminar o enxofre.

Os métodos baseados na diferença de densidade entre o carvão e as impurezas se aplicam à remoção de material inerte de granulometria grosseira, sendo, porém, ineficientes na remoção de matéria inorgânica finamente disseminada ⁽¹⁾.

O carvão brasileiro caracteriza-se pelo elevado teor de matéria mineral e de pirita finamente disseminada na matriz orgânica ⁽³⁾.

A flotação é reconhecidamente o método mais efetivo para concentração de carvão fino, ou seja, de granulometria inferior a 0,5mm. Este processo é particularmente aplicável ao carvão devido à sua hidrofobicidade natural. Entretanto, o carvão fino frequentemente contém grandes quantidades de minerais ultrafinos que são facilmente carregados para o concentrado por arraste hidráulico⁽⁴⁾. Além disso, a pirita, um dos principais contaminantes, pode tornar-se hidrofóbica

em presença de coletores oleosos⁽⁵⁾. Desta forma, a presença de lamas (neste caso granulometria abaixo de 0,074mm) pode prejudicar sensivelmente a seletividade do processo de flotação convencional.

Numa tentativa de superar algumas das restrições observadas na flotação convencional, estudos recentes em escala de laboratório e piloto, usando célula de coluna, vêm sendo desenvolvidos. Estes estudos têm demonstrado que a recuperação de carvão fino pode ser obtida de forma eficiente e econômica.

A coluna de flotação, geralmente, apresenta vantagens sobre a flotação convencional, principalmente no que se refere à possibilidade de tratamento de faixas granulométricas mais amplas, produção de concentrados de elevado teor sem perdas na recuperação, utilizando circuitos simples, de melhor controle e menor consumo energético⁽⁶⁾.

O processo de beneficiamento da Unidade Mineira II, da Carbonífera Criciúma S.A., envolve a flotação de carvão fino, abaixo de 0,59mm, obtendo como concentrado do 1º e 2º "rougher" o carvão metalúrgico com 12 e 18% de cinzas respectivamente. O concentrado do 2º "rougher" apresenta características fora dos padrões aceitos nas coquerias e é estocado para futuro aproveitamento⁽⁷⁾.

Nesta investigação propõe-se a avaliação das variáveis de processo e de operação da coluna de flotação aplicada ao aproveitamento do concentrado do 2º "rougher" da Unidade Mineira II, através da redução do teor de cinzas no concentrado sem perda significativa de recuperação da matéria carbonosa. Numa primeira fase foi realizado o estudo, em escala de laboratório, do sistema de reagentes e das principais variáveis de flotação, seguido do estudo piloto para definição das condições operacionais da coluna.

Espera-se, dessa forma, oferecer condições de processo e de operação da coluna, para aproveitamento do carvão metalúrgico, ora estocado, com 18% de cinzas.

2. OBJETIVO

O carvão metalúrgico nacional apresenta excelente poder aglutinante, bom gradiente térmico de coqueificação, é isento de cloretos e carbonatos alcalinos prejudiciais às paredes dos fornos de coque e desenvolve baixas pressões de coqueificação. As limitações de utilização de carvão nacional na mistura para coque são devidas ao seu elevado teor de cinzas, o que acarreta perda na capacidade de produção nos alto fornos e maior consumo de coque por tonelada de gusa. Além disso, a percentagem de cinzas é um fator determinante das propriedades físicas do coque, ou seja, granulometria, resistência à abrasão e fator de queda^(*).

A Unidade Mineira II, da Carbonífera Criciúma, produz através de flotação convencional dois produtos^(*):

- . carvão metalúrgico, com 12% de cinzas, destinado à coqueria do mesmo grupo;
- . carvão metalúrgico, com teor de cinzas da ordem de 18%, estocado para futuro aproveitamento.

Este trabalho teve como objetivo o estudo de flotação em coluna visando à definição das condições de processo e de operação para obtenção de um produto de melhor qualidade quanto ao teor de cinzas, a partir do carvão metalúrgico com 18% de cinzas. Além disso, diante da necessidade de melhoria

2. OBJETIVO

O carvão metalúrgico nacional apresenta excelente poder aglutinante, bom gradiente térmico de coqueificação, é isento de cloretos e carbonatos alcalinos prejudiciais às paredes dos fornos de coque e desenvolve baixas pressões de coqueificação. As limitações de utilização de carvão nacional na mistura para coque são devidas ao seu elevado teor de cinzas, o que acarreta perda na capacidade de produção nos alto fornos e maior consumo de coque por tonelada de gusa. Além disso, a percentagem de cinzas é um fator determinante das propriedades físicas do coque, ou seja, granulometria, resistência à abrasão e fator de queda^(*).

A Unidade Mineira II, da Carbonífera Criciúma, produz através de flotação convencional dois produtos^(*):

- . carvão metalúrgico, com 12% de cinzas, destinado à coqueria do mesmo grupo;
- . carvão metalúrgico, com teor de cinzas da ordem de 18%, estocado para futuro aproveitamento.

Este trabalho teve como objetivo o estudo de flotação em coluna visando à definição das condições de processo e de operação para obtenção de um produto de melhor qualidade quanto ao teor de cinzas, a partir do carvão metalúrgico com 18% de cinzas. Além disso, diante da necessidade de melhoria

da qualidade do carvão brasileiro, esta investigação poderá ser útil no que se refere à avaliação da aplicabilidade da técnica de flotação em coluna a outras amostras de carvão nacional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será feita uma revisão, sem intenção de esgotar o assunto, de alguns conceitos aplicáveis ao beneficiamento de carvão mineral. Inicialmente serão revistos alguns aspectos gerais do carvão mineral e sua situação no Brasil. Posteriormente serão fornecidas algumas informações sobre os fundamentos da flotação de carvão e sua dessulfuração. Finalmente serão analisados aspectos gerais da flotação de carvão em célula de coluna.

3.1 - Carvão Mineral - Aspectos Gerais

O carvão mineral é o produto resultante da transformação de uma vegetação primitiva, composta principalmente de pteridófitas, que foi sepultada em períodos geológicos antigos. É o resultado da alteração de troncos, caules, raízes, folhas, esporos, resinas e outros, na ausência de ar e em ambiente pantanoso, lagunar ou deltáico⁽²⁾.

No processo de hulheificação ocorrem alterações da matéria vegetal através da desidratação, pressão, calor e ação microbiana que acarretam enriquecimento em carbono e empobrecimento em oxigênio.

O carvão possui uma parte orgânica formada por macromoléculas de carbono e hidrogênio, com menor incidência de oxigênio,

nitrogênio e enxofre e uma parte de silicatos, carbonatos e outros, incorporados na fase de deposição da matéria vegetal. O carvão é portanto uma mistura heterogênea de materiais orgânicos e inorgânicos.

Existem muitas formas diferentes de classificar o carvão, sendo a mais comum o "Rank". Esta classificação é adequada em termos práticos e científicos, porque as diversas propriedades, ou seja, a quantidade de produtos voláteis, o calor de combustão e as propriedades coqueificantes são determinadas pelo "Rank" (1) (2).

A Tabela III.1 (3) apresenta a classificação dos carvões pelo "Rank". As primeiras classes são determinadas pelo conteúdo de matéria volátil. Quando o conteúdo de matéria volátil é maior que 30%, torna-se difícil classificar os carvões com base somente nesta característica, sendo necessária a utilização de um segundo parâmetro, ou seja, o poder calorífico ou as propriedades de aglomeração.

O carvão é constituído de componentes petrológicos não cristalinos denominados macerais, que variam significativamente em composição química e nas propriedades físicas. A estrutura heterogênea do carvão é perceptível ao exame macroscópico de sua face, mas somente o microscópio revela detalhes de sua constituição.

TABELA III-1 : CLASSIFICACAO DOS CARVOES PELO RANK⁽⁹⁾.

CLASSE	GRUPO	LIMITE DE CARBONO FIXO (%)		LIMITE DE MATERIA VOLATIL (%)		LIMITE DE PODER CALORIFICO (btu/lb)*		CARACTE- RISTICA DE AGLONERA- CAO
		MAIOR QUE	MEMOR QUE	MAIOR QUE	MEMOR QUE	MAIOR QUE	MEMOR QUE	
ANTRACITO	META ANTRACITO	98	-	-	2	-	-	N.A
	ANTRACITO	92	98	2	8	-	-	N.A
	SEMIANTRACITO	86	92	8	14	-	-	N.A
BETUMINOSO	BAIXO VOLATIL	78	86	14	22	-	-	C.A
	MEDIO VOLATIL	69	78	22	31	-	-	C.A
	ALTO VOLATIL A	-	69	31	-	14000	-	C.A
	ALTO VOLATIL B	-	-	-	-	13000	14000	C.A
	ALTO VOLATIL C	-	-	-	-	10500	11500	A
SUBBETUMINOSO	SUBBETUMINOSO A	-	-	-	-	10500	11500	N.A
	SUBBETUMINOSO B	-	-	-	-	9500	10500	N.A
	SUBBETUMINOSO C	-	-	-	-	8300	9500	N.A
LIGNITO	LIGNITO A	-	-	-	-	6300	8300	N.A
	LIGNITO B	-	-	-	-	-	6300	N.A

N.A = Nao aglomeravel ; C.A = Comumente aglomeravel ; A = Aglomeravel

* - btu/lb = 0.5556 Kcal/Kg

Sua constituição pode ser determinada microscopicamente através das técnicas de luz refletida e transmitida. A técnica de luz transmitida é utilizada nas investigações morfológicas e a de luz refletida na determinação de características, tais como^(*):

- . campos de aplicação do carvão: coque, gás, energético;
- . previsão de tendências à oxidação;
- . quantidades relativas de diferentes carvões a serem blendados para formação de um coque com características pré-determinadas^(**).

O fato de haver duas linhas diferentes de estudo petrológico gerou muita confusão na aplicação da nomenclatura. Assim, em 1935, foi proposta uma nomenclatura denominada Stopes-Heerlen (S-H) que propunha uma padronização. A Tabela III.2^(*) apresenta este sistema.

A análise de um carvão é importante em todas as situações, desde a exploração até a seleção de suas propriedades para uma determinada aplicação. A análise imediata é usada para determinar as principais características do carvão sem preocupação com a forma física em que ocorrem seus componentes. A análise elementar determina a composição química exata.

TABELA III-2 : SISTEMA DE CLASSIFICAO STOPES-HEERLEN (9).

MACROSCOPIA	MICROSCOPIA	
LITOTIPOS	GRUPO DE MACERAIS	MACERAIS
UITRENIO	VITRINITA	COLINITA E TELINITA
CLARENIO	VITRINITA DOMINANTE, EXINITA E INERTINITA MENOS PREDOMINANTE	COLINITA E TELINITA
		ESPORINITA, CUTINITA, ALGINITA E RESINAS
		FUSINITA, MICRINITA, ESCLEROTINITA E SEMIFUSINITA
DURENIO	INERTINITA DOMINANTE, VITRINITA E EXINITA MENOS PREDOMINANTE	FUSINITA, MICRINITA, ESCLEROTINITA E SEMIFUSINITA
		COLINITA E TELINITA
		ESPORINITA, CUTINITA, ALGINITA E RESINAS
FUSENIO	INERTINITA	FUSINITA

Na análise imediata são determinados a % de umidade, cinzas, matéria volátil e carbono fixo. Como adição, determina-se o teor de enxofre, temperatura de fusão da cinzas e poder calorífico. A análise elementar, feita na amostra seca, é definida como a determinação de carbono, hidrogênio, enxofre, nitrogênio, cinzas e a estimativa do oxigênio por diferença^(*).

O carvão fresco é normalmente saturado de umidade mesmo quando aparentemente está seco. A percentagem de umidade presente é uma característica do "Rank". Esta umidade está presente na superfície do carvão e em trincas e poros (denominada água livre ou de superfície) ou pode ser interna à estrutura porosa (chamada água ligada ou inerente). A água livre tem pressão de vapor e propriedades físicas idênticas às da água, entretanto, a ligada tem pressão de vapor menor^(*).

Matéria volátil é aquela que se destila quando o carvão é aquecido a 950°C, consistindo basicamente de gases combustíveis (hidrogênio, monóxido de carbono, metano, vapor de alcatrão) e de alguns gases não combustíveis (dióxido de carbono e vapor d'água). A composição da matéria volátil varia significativamente com o "Rank"^(*).

A densidade do carvão está entre 1,23 e 1,72 g/cm³ dependendo do "Rank", umidade e conteúdo de cinzas. Existe uma relação

direta entre a densidade e o conteúdo de cinzas para um dado carvão⁽⁷⁾.

3.1.1 - Impurezas do carvão

Todos os carvões contêm matéria mineral não combustível⁽¹¹⁾. O resíduo deste material, após a queima do carvão, é denominado cinzas. Os minerais presentes no carvão variam amplamente, tanto no tipo, quanto na quantidade e distribuição. A matéria mineral singenética é proveniente de elementos químicos existentes nas plantas das quais o carvão foi formado, não sendo possível sua separação através de beneficiamento físico. A matéria mineral epigenética é proveniente de depósitos cristalinos de água que penetram no carvão através de fraturas e clivagens durante e após sua formação.

As cinzas diferem em composição química e apresentam-se em quantidade menor que a matéria mineral inicialmente presente no carvão. Durante a queima, ocorrem perdas de água de constituição dos silicatos, perdas de dióxido de carbono dos carbonatos, oxidação da pirita a óxido de ferro e fixação dos óxidos e enxofre em bases tais como cálcio e magnésio⁽⁷⁾.

Apesar dos constituintes das cinzas serem analisados como óxidos, eles são silicatos, óxidos e sulfatos. Os silicatos originam-se das argilas. Cálcio e magnésio resultam da

decomposição de carbonatos. Os sulfatos são formados pela interação entre carbonatos, pirita e oxigênio⁽⁷⁾.

O enxofre é encontrado no carvão sob duas formas; está presente na combinação orgânica, como parte da substância do carvão, e como pirita ou marcassita. O enxofre sulfático provém da oxidação da pirita e posterior dissolução dos produtos dessa oxidação.

A pirita macroscópica ocorre predominantemente em quatro formas: veios, lençóis, nódulos e tecidos piritizados. A pirita microscópica ocorre em pequenos glóbulos e em cristais finamente disseminados através do carvão.

3.2 - Carvão no Brasil

As únicas ocorrências de carvão nacional de importância comercial são as dos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina⁽⁸⁾.

O carvão nacional é consumido principalmente na produção de energia elétrica, de coque (carvão metalúrgico) e industrialmente (principalmente pela indústria cimenteira)^{(2) (13)}.

Os depósitos brasileiros de carvão ocorrem em sedimentos do grupo Tubarão, de idade ainda não definida entre o

Carbonífero Superior e o Permiano Inferior. As formações Palermo e Rio Bonito, que compõem o grupo Guatá, são as unidades estratigráficas continentes de camadas de carvão de interesse econômico⁽¹⁴⁾.

O grupo Tubarão é predominantemente constituído de rochas geradas em ambiente continental. As camadas de carvão intercalam-se nas sequências flúvio-lacustres⁽²⁾. Este grupo estende-se desde São Paulo até o Rio Grande do Sul. Em alguns pontos apresenta afloramentos nas encostas das colinas e, em outros, apresenta-se em grandes profundidades⁽²⁾.

Os depósitos de carvão do sul se enquadram nos tipos sub-betuminoso, betuminoso e antracito, sendo que, este último, representa anomalias, geralmente em pequenas extensões⁽²⁾. Todo carvão brasileiro apresenta intercalações de matéria argilosa e de nódulos de pirita ou pirita disseminada, o que acarreta um teor de cinzas elevado no carvão bruto.

3.2.1 - O carvão de Santa Catarina

No fim do período carbonífero houve condições favoráveis à deposição da matéria vegetal que se fez em quatro oportunidades, originando os quatro horizontes de carvão conhecidos em Santa Catarina⁽²⁾:

- . Camada Bonito;
- . Ponte Alta;
- . Irapuá;
- . Barro Branco (em exploração).

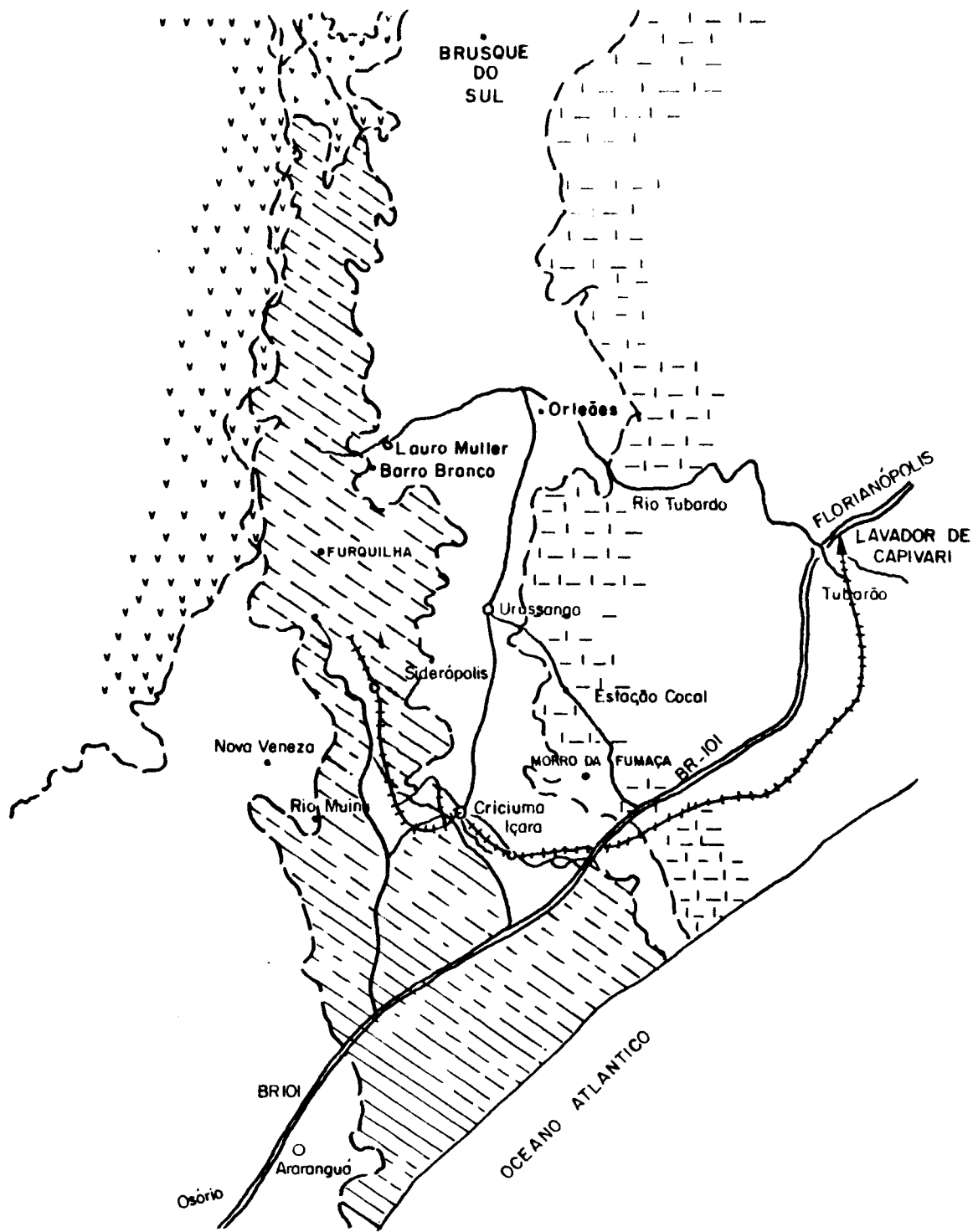
As camadas de carvão de Santa Catarina apresentam uma estrutura de blocos falhados. A pirita se encontra em todos os horizontes de carvão, de forma abundante, da ordem de 10 a 15% do total, o que corresponde a 4,7 a 7% de enxofre no carvão bruto⁽²⁾. Pela exposição prolongada da pirita ao ar, ela se decompõe formando sulfatos ferroso e férrico, causando prejuízos aos materiais, solos agrícolas e água dos rios⁽²⁾.

O carvão brilhante (vitrênio) forma camadas finas entre leitões dos demais constituintes (durênio, clarênio e fusênio), frequentemente junto aos núcleos de pirita.






As principais jazidas de carvão de Santa Catarina encontram-se no flanco sudeste do estado, conforme apresentado na Figura 3.1, nos municípios de Criciúma, Içara, Siderópolis, Urussanga e Lauro Müller⁽²⁾.

3.3 - Beneficiamento de Carvão

O carvão de Santa Catarina apresenta um teor médio de enxofre e cinzas de 3 e 40%, respectivamente.






LEGENDA

-  Bacia Carbonífera Catarinense
-  Cidades
-  Povoados
-  Estrada de ferro Dona Tereza Cristina
-  Rodovias

 Lavador de Capivari

PROVÍNCIAS GEOLÓGICAS

-  Lavas Basálticas
 -  Rochas Sedimentares
 -  Rochas Pré-Cambrianas
- } Bacia do Paraná

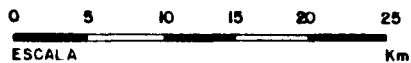


FIG. 3.1 - BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE⁽⁷⁾

O beneficiamento do carvão tem como objetivos:

- . Diminuir o teor de cinzas, o que acarreta um aumento no poder calorífico;
- . Separar a fração coqueificante;
- . Remover o enxofre pirítico.

Nos últimos anos tem sido verificado um aumento na necessidade de beneficiamento, atribuída principalmente a três fatores⁽²⁾⁽⁷⁾:

- . aumento na demanda de carvão de qualidade superior;
- . aumento no rigor das leis, no que se refere à preservação do meio ambiente e da saúde;
- . esgotamento das reservas de carvão de melhor qualidade.

As características do carvão e de suas impurezas que irão determinar o processo de beneficiamento a ser utilizado são: diferenças de densidade, friabilidade relativa entre o carvão e as impurezas, dureza, composição petrográfica, "Rank" e propriedades físico-químicas. Normalmente são empregados processos gravíticos e físico-químicos⁽¹⁸⁾.

O beneficiamento do carvão nacional apresenta problemas técnicos como a baixa eficiência em função do tipo de carvão. A principal característica negativa dos carvões nacionais é o alto teor de cinzas, e, às vezes, de enxofre, disseminados na

matriz orgânica, o que dificulta sua lavagem. Estas características negativas ao beneficiamento são típicas dos carvões "Gonduana" do hemisfério sul e, dentro deste contexto, os carvões brasileiros são, juntamente com os da Índia, Botswana e África do Sul, os mais difíceis de serem beneficiados⁽¹⁰⁾.

A escolha de um processo de beneficiamento, seja gravítico e/ou físico-químico, envolve uma análise sistemática e prévio conhecimento de parâmetros físicos, físico-químicos, mineralógicos, petrográficos, morfológicos, etc.

Uma usina típica de beneficiamento de carvão envolve as seguintes etapas⁽¹⁰⁾:

- . britagem, classificação, molhamento e dispersão, com objetivo de produzir material na granulometria desejada, eliminar o ar aprisionado e separar frações granulométricas;
- . jigagem da fração granulométrica compreendida entre 100 e 0,59mm, para concentrar a matéria carbonosa e separar o rejeito piritoso;
- . ciclonagem em meio denso da fração compreendida entre 50 e 1 mm, com objetivo de concentrar a matéria carbonosa com maior precisão de separação;

- . peneiramento e ciclonagem da fração menor que 0,59mm, para obtenção da granulometria adequada ao processo de concentração;
- . mesagem da fração menor que 0,59mm, com objetivo de concentrar a matéria carbonosa da fração fina;
- . separação sólido-líquido, aglomeração, blendagem e estocagem, realizadas através de centrífugas, filtros prensa e a vácuo, secadores, pilhas e briquetes, tendo como objetivo reduzir o teor de umidade, aumentar a granulometria dos concentrados finos e misturar partículas finas e grosseiras;
- . tratamento de efluentes envolvendo as etapas de espessamento, clarificação, filtração, decantação e ciclonagem com objetivo de separar os sólidos e reciclar a água;
- . em alguns casos, a flotação da fração de granulometria inferior a 0,59mm, é utilizada no beneficiamento.

O beneficiamento do carvão catarinense da maioria das minas é feito em duas etapas⁽⁷⁾.

Na primeira é feito um pré-beneficiamento próximo das minas, obtendo-se um produto denominado carvão pré-lavado (CPL) com granulometria de 25,4 a 0,59mm e dois concentrados finos (abaixo de 0,59mm): o energético e o metalúrgico. Este pré-beneficiamento é necessário devida à formação geológica da camada Barro Branco, em exploração, que apresenta uma camada

de arenito intercalada entre duas de carvão, impossibilitando um desmonte seletivo.

Na segunda etapa o CPL é transportado para o lavador central - Lavador de Capivari, localizado na periferia da cidade de Tubarão, para reprocessamento, objetivando-se a produção de carvões metalúrgico e energético.

3.4 - Flotação de Carvão

A quantidade de impurezas que pode ser removida do carvão depende do grau de liberação da matéria carbonosa. Geralmente, grande parte desses constituintes é liberada em partículas de tamanho adequado à utilização de métodos gravíticos de concentração. Entretanto, a matéria inorgânica pode permanecer, em menor proporção, retida intrinsecamente nas frações mais finas. Nesta fração, as propriedades de superfície predominam sobre as propriedades corpusculares, indicando a flotação como um método efetivo de concentração de carvão fino.

A percentagem de carvão beneficiado por flotação tem crescido rapidamente no mundo devido, principalmente, a dois fatores^{(1) (16)}:

• a flotação é um excelente meio de minimizar os problemas de reciclagem de água;

- . com o aumento no custo de produção de carvão, os finos, anteriormente descartados, tornam-se produtos de valor comercial.

Existem algumas razões pelas quais a flotação ainda não tem sido largamente aplicada⁽¹⁴⁾:

- . problemas de mercado para os finos;
- . custo de desaguamento;
- . dificuldades na remoção de enxofre;
- . dificuldade na obtenção de boa separação nas frações mais finas;
- . dificuldade de concentração de polpas com elevado conteúdo de argilas;
- . oxidação.

Ressalta-se que, em comparação com os minerais metálicos, pouca pesquisa tem sido conduzida na flotação de carvão. Um tratamento teórico da flotação de carvão é necessário para que se possa entender o mecanismo de flotação uma vez que, além de heterogêneo em composição, o carvão também varia em flotabilidade.

Existem três teorias de flotação de carvão⁽¹⁵⁾:

- . Teoria da relação carbono-hidrogênio:

Segundo esta teoria, a diferença de flotabilidade entre um carvão betuminoso e um antracito é causada pela variação na

relação carbono-hidrogênio. Esta teoria não explica a diferença de flotabilidade entre outros carvões.

. Teoria do conteúdo de carbono:

Segundo esta teoria, a flotabilidade do carvão cresce com o conteúdo de carbono ou "Rank". A maior flotabilidade do carvão betuminoso, que possui moderadas quantidades de carbono em relação ao antracito (rico em carbono), não pode ser explicada por esta teoria.

. Teoria dos componentes de superfície:

Esta teoria é baseada no conceito de balanço entre os constituintes flotáveis e não flotáveis presentes na superfície do carvão. Assim, o carvão de maior flotabilidade será aquele que apresentar maior predominância de constituintes flotáveis em sua superfície. Foi desenvolvida uma fórmula matemática para cálculo da flotabilidade de um carvão com base em sua análise elementar. A correlação entre a flotabilidade calculada e a real é excelente.

Esta teoria explica os fenômenos que contradizem a anterior. Por exemplo, de acordo com esta teoria, a superfície do carvão betuminoso baixo volátil apresenta predominância mais significativa de componentes flotáveis que a do carvão antracitoso.

Esta teoria apresenta dois defeitos⁽¹⁾: Em princípio, a análise química elementar raramente é disponível. Além disso, a análise é baseada no corpo da amostra e uma oxidação de superfície pode conduzir a estimativas erradas, pois superfícies oxidadas levam a flotação pobre.

3.4.1 - Características físico-químicas

A flotação é um processo físico-químico baseado na diferença de propriedades de superfície dos minerais presentes⁽¹⁰⁻¹²⁾ envolvendo a adesão seletiva de partículas sólidas a bolhas de ar com simultânea adesão de outras partículas à água⁽¹²⁾. A flotação do carvão se processa devido à diferença de hidrofobicidade natural entre o carvão e as partículas de ganga inorgânica. O uso de óleos não polares, insolúveis em água, aumenta a diferença de hidrofobicidade entre os componentes⁽¹⁰⁾.

3.4.1.1 - Hidrofobicidade

A hidrofobicidade, definida como o grau de afinidade por uma substância apolar, para carvão depende de:

- "Rank"⁽¹⁾ - A hidrofobicidade natural difere para carvões de "Rank" diferentes. A Figura 3.2 apresenta a variação do ângulo de contato (a flotabilidade cresce com o aumento do ângulo de contato⁽¹²⁾) com o conteúdo de carbono em base

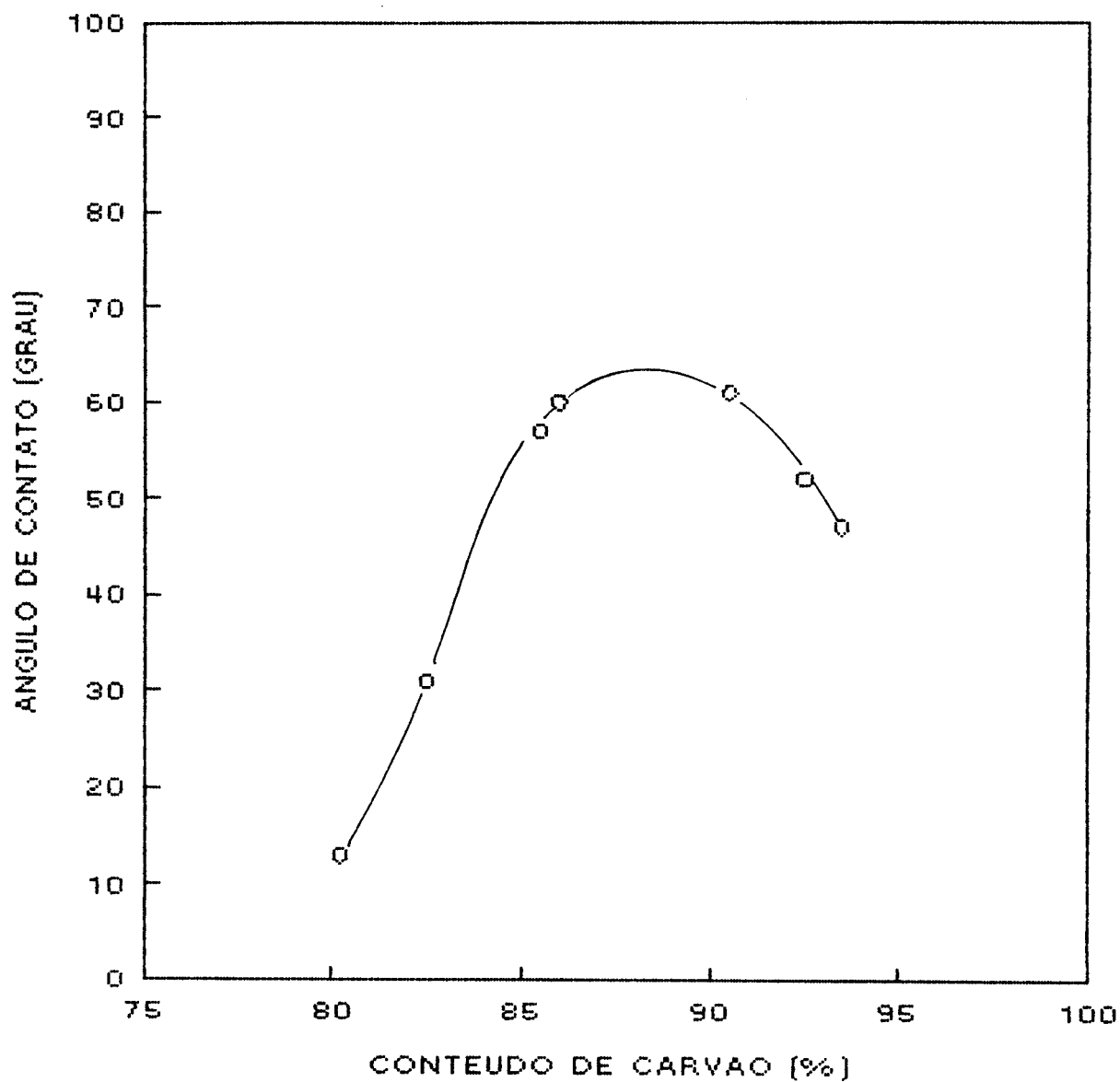


Fig 3.2 : VARIACAO DO ANGULO DE CONTATO EM FUNCAO DO CONTEUDO DE CARBONO NO CARVAO (1).

seca. Observa-se que o ângulo de contato atinge um máximo para os carvões betuminoso baixo volátil e semi-antracito e decresce para carvão de "Rank" mais elevado;

- . composição mineralógica e petrográfica - Os litotipos vitrênio e clarênio apresentam elevada atividade de flotação. Nas mesmas condições, os outros dois litotipos, durênio e fusênio, não são prontamente flotáveis⁽¹⁶⁾;
- . presença de impurezas - o conteúdo de cinzas no carvão influencia significativamente sua hidrofobicidade. O aumento do teor de cinzas acarreta perda na hidrofobicidade. Isto já era esperado, uma vez que os silicatos e outros minerais formadores das cinzas são hidrofílicos⁽¹⁷⁾. Além disso, essas impurezas são frequentemente impregnadas de matéria carbonosa, o que aumenta a atividade de flotação da ganga mineral com consequente perda de seletividade no processo⁽¹⁶⁾.

3.4.1.2 - Oxidação⁽¹⁸⁾

O oxigênio pode ser encontrado na interface carvão/solução nas seguintes formas:

- . Grupos carboxílicos (COOH)
- . Grupos hidroxila (OH)
- . Grupos tipo éter (R-O-R)
- . Grupos carbonila (>C=O)

Estes grupos, junto aos sítios não ionizáveis contendo oxigênio, são os responsáveis pelo balanço entre os sítios hidrofóbicos e hidrofílicos e, portanto, pela termodinâmica da flotação. A formação desses grupos superficiais varia em função do "Rank" e das características de formação do carvão.

A oxidação se processa em três estágios. Inicialmente ocorre a oxidação superficial caracterizada pela formação de complexos oxigênio-carbono com propriedades ácidas. Logo após ocorre a transformação dos componentes em ácido húmico (insolúvel na faixa ácida de pH). Finalmente ocorre a degradação do ácido húmico a ácidos solúveis em água.

Os carvões oxidados apresentam atividade para flotação tão baixa quanto os de baixo "Rank". Com a utilização de um sistema de reagentes adequado é possível ajustar a flotabilidade de alguns carvões⁽¹⁷⁾.

3.4.1.3 - Eletroquímica interfacial

As propriedades eletrocinéticas do carvão são influenciadas pelo "Rank", grau de oxidação e pela distribuição e quantidade de matéria mineral⁽¹⁸⁾.

Wen e Sun⁽²⁰⁾, estudando as propriedades eletrocinéticas de um carvão oxidado, verificaram que o valor negativo do potencial zeta aumenta com o decréscimo do "Rank" e com o

aumento do pH, como pode ser verificado na Figura 3.3. Estes resultados mostram que os íons H^+ e OH^- são determinadores de potencial para os carvões estudados, com excessão do lignito. A diferença observada no ponto de carga zero para os carvões de "Rank" diferentes foi atribuída à diferença nos grupos funcionais portadores de oxigênio nos diversos "Ranks". Em geral, o carvão de "Rank" mais baixo apresenta um maior número de grupos funcionais portadores de oxigênio. Wen e Sun⁽²⁰⁾ verificaram ainda que o aumento no grau de oxidação aumenta o valor negativo do potencial zeta e desloca o ponto de carga zero para valores de pH menores.

Campbell e Sun⁽²¹⁾ encontraram uma estreita semelhança entre as propriedades superficiais do carvão e de minerais oxidados. Esta similaridade se deve ao fato de que, tanto a porção orgânica quanto a inorgânica da superfície do carvão, estão cobertas por uma camada de óxidos ou com características oxidadas. De fato, somente uma superfície gerada no vácuo poderia ser livre de contaminação. Uma vez que o carvão reage rapidamente com o oxigênio, mesmo com cuidados para prevenir uma oxidação excessiva, alguma oxidação é inevitável.

O mecanismo de origem da carga pode ser ilustrado conforme a Figura 3.4⁽²¹⁾.

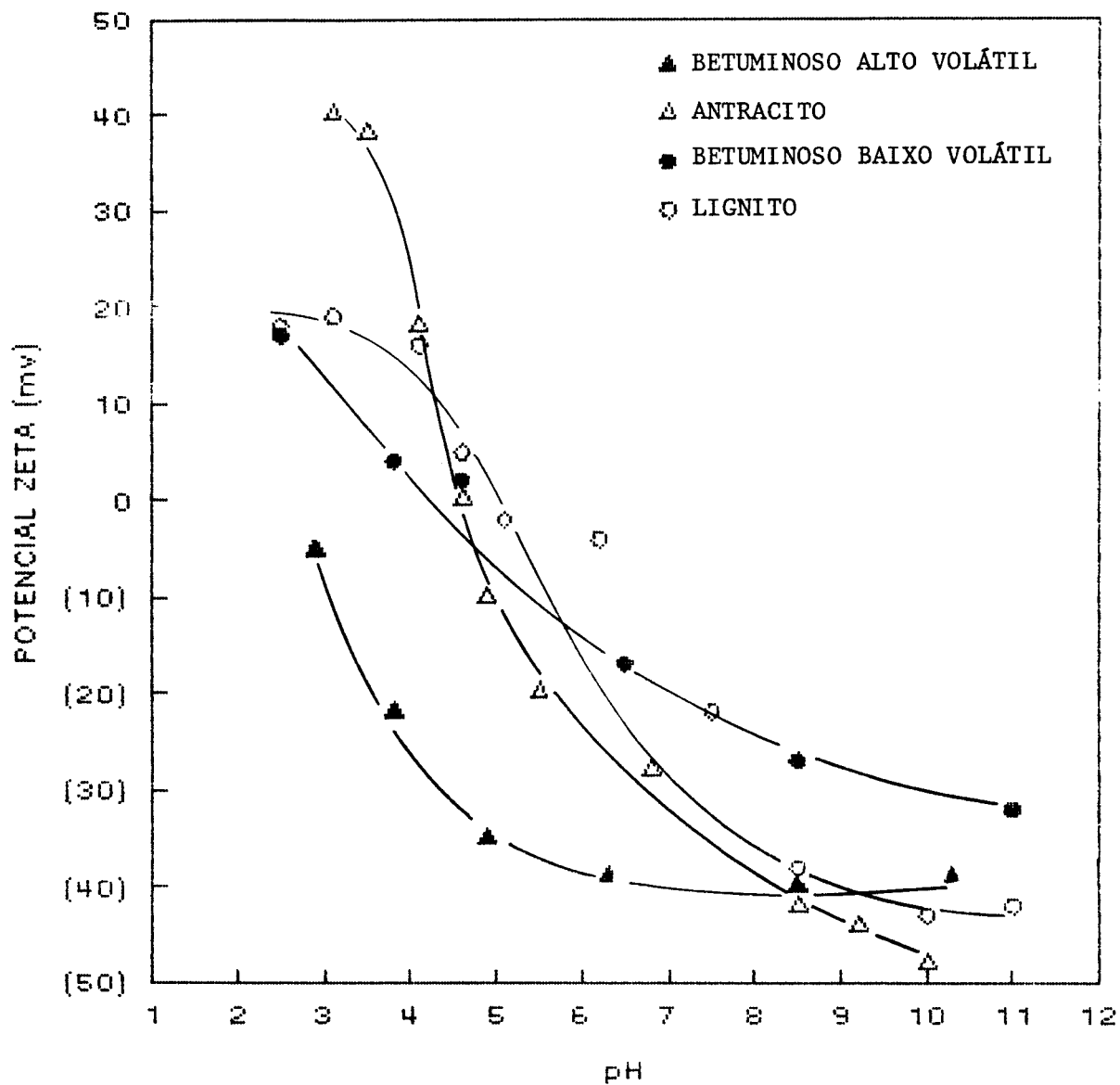
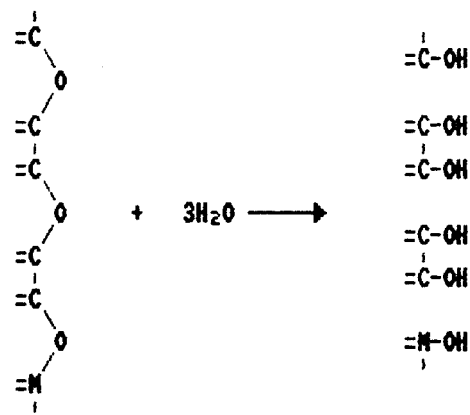
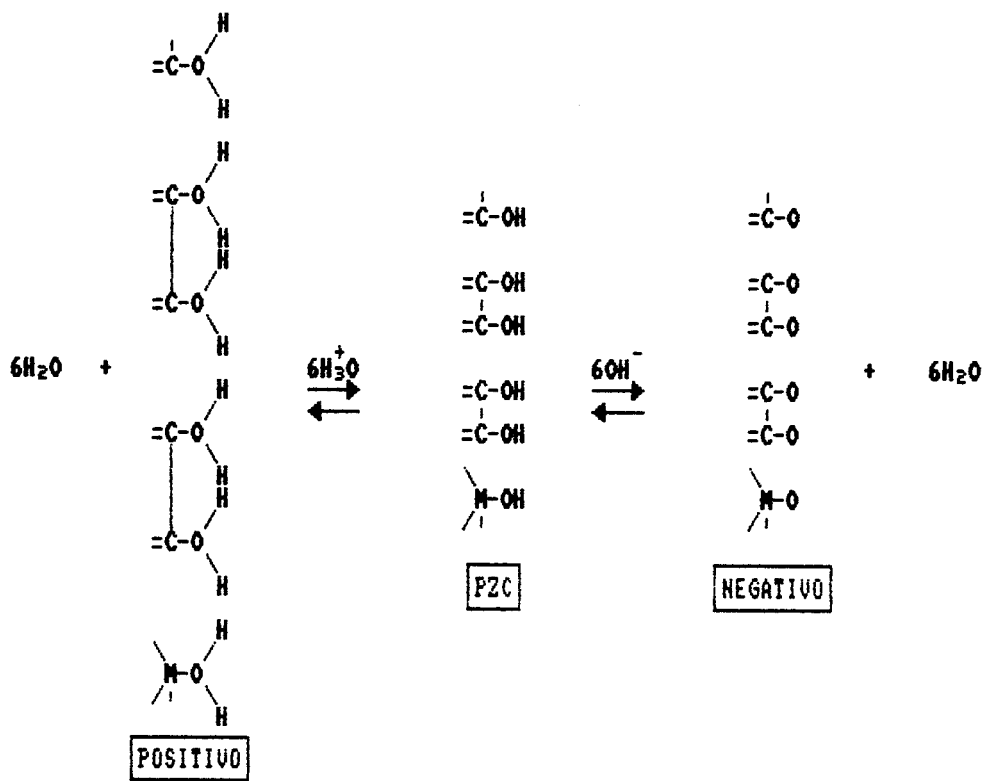


Fig 3.3 : COMPORTAMENTO ELETROKINÉTICO DOS CARVÕES .



PASSO 1 : HIDRATAÇÃO



PASSO 2 : DISSOCIAÇÃO

FIGURA 3.4 : MECANISMO DE INTERAÇÃO NA INTERFACE CARVÃO / MEIO AQUOSO.

Campbell e Sun⁽²²⁾ consideraram que o ponto de máxima hidrofobicidade encontra-se no ponto de carga zero. Isso não significa que esta é a condição de maior seletividade, uma vez que a flotação dos materiais de ganga pode, também, estar favorecida.

O ponto de carga zero de um dado carvão pode ser considerado como uma combinação dos efeitos do "Rank" e impurezas associadas⁽²¹⁻²²⁾.

3.4.2 - Fatores que afetam a flotação de carvão

Os principais fatores que afetam a flotação de carvão são:

- . tamanho de partícula;
- . densidade de polpa;
- . pH
- . condicionamento;
- . agitação e aeração.

3.4.2.1 - Tamanho de partícula

As referências na literatura sobre o efeito do tamanho de partículas na flotação de carvão são muito controvertidas.

Sun e Zimmerman⁽²³⁾ demonstraram que o maior tamanho de partícula flotada em laboratório foi de 5 x 3,3mm. Para a

flotação destas partículas grossas observou-se a adesão de várias bolhas a uma partícula e o fato de que a espuma não tinha poder de suspensão suficiente para elevar estas partículas ao topo da célula.

No mecanismo proposto por Miller et alii⁽²⁴⁾, a flotabilidade é proporcional à área de superfície de carvão disponível para adesão de bolhas de ar e inversamente proporcional à massa da partícula.

Bustamante e Warren⁽²⁵⁾ constataram que a recuperação da matéria carbonosa na flotação, na ausência de coletor, aumenta com o decréscimo do tamanho de grão na faixa de 500 a 26mm.

Chaves⁽²⁶⁾, estudando a flotação de uma amostra de carvão da região do Alto Metalúrgico de Santa Catarina, não obteve sucesso com a fração granulométrica compreendida entre 0,59 e 0,42 mm.

Zimmerman⁽²⁷⁾ considera que o tamanho ótimo de grãos para a flotação encontra-se entre 0,3 e 0,106 mm. Para partículas mais grossas ou mais finas ocorrem dificuldades no que se refere à taxa de flotação e recuperação. O efeito das partículas de tamanho inferior a 0,106mm não é tão significativo quanto para partículas grosseiras, pois pode ser compensado através da densidade de polpa.

Em termos práticos, geralmente, não é considerada econômica a flotação de partículas de tamanho maior que 0,6mm.

3.4.2.2 - Densidade de polpa

A flotação de minerais é, geralmente, conduzida na faixa de 20 a 40% de sólidos em peso na polpa. Considerando a baixa densidade do carvão e o critério de percentagem volumétrica de sólidos, o valor ótimo para a flotação de carvão deve situar-se entre 10 e 20% em peso⁽¹⁾⁽²⁵⁾. Entretanto, como a flotação tem, historicamente, sido utilizada como operação auxiliar para limpeza da água preta, grande parte das indústrias utilizam o conteúdo de sólidos entre 6 e 8%. Alguns pesquisadores consideram que a percentagem de sólidos adequada à flotação de carvão varia em função do "Rank", conteúdo de cinzas, composição petrográfica e do esquema de reagentes utilizado⁽¹⁾⁽¹⁵⁾.

Sun e Zimmerman⁽¹⁷⁾ consideram que a flotação de partículas grosseiras de carvão pode ocorrer com densidade de polpa mais elevada que a empregada para partículas finas.

3.4.2.3 - pH

O pH afeta, significativamente, tanto o conteúdo de cinzas quanto a recuperação da matéria carbonosa na flotação de

carvão. O valor de pH mais frequentemente utilizado encontra-se entre 6 e 8⁽¹¹⁾⁽¹⁷⁾.

Sun e Zimmerman⁽¹⁷⁾, estudando a flotação de um carvão de Pittsburgh, mostraram que a recuperação é máxima na faixa de pH entre 6 e 7,5 e que o conteúdo de cinzas no concentrado cresce com o aumento do pH.

3.4.2.4 - Condicionamento

A necessidade e a conveniência de um condicionamento é assunto de controvérsia. Alguns autores consideram que é necessário um período de condicionamento de reagentes que permita a dispersão de gotículas de óleo na polpa e o recobrimento das partículas. Outros autores consideram que a utilização de condicionamento é desnecessária.

Miller et alii⁽²⁴⁾ consideram que, para muitos carvões um tempo de condicionamento é necessário. No Brasil, todos os carvões têm exigido condicionamento. Se o tempo de condicionamento é excessivo, parte dos reagentes pode ser adsorvida pela estrutura microporosa do carvão acarretando perda de seu efeito na superfície.

Parece que as diferenças de posição encontradas na literatura, refletem a opinião de cada autor e o comportamento particular do carvão estudado.

3.4.2.5 - Agitação e aeração

A taxa de flotação de carvão cresce com o aumento da taxa de aeração dentro de limites práticos. Entretanto, existe um limite a partir do qual a difusão do ar na célula torna-se ineficiente e a recuperação de carvão por unidade de vazão de ar diminui⁽¹⁾.

O efeito da agitação é bem menor. Se a agitação é muito baixa a suspensão da polpa é insuficiente e a dispersão do óleo coletor é ineficiente, acarretando contatos partícula-bolha pobres. Por outro lado, se a agitação é muito intensa, o destacamento de partículas coletadas das bolhas ocorre⁽¹⁾⁽¹⁰⁾.

3.4.3 - Reagentes de flotação

Apesar do carvão apresentar hidrofobicidade natural, em geral esta não é suficiente para recuperação econômica da matéria carbonosa, tornando-se necessária a utilização de reagentes que aumentam a flotabilidade e a seletividade do processo. Existem três classes de reagentes: coletores, espumantes e modificadores.

3.4.3.1 - Coletores

Os coletores têm como função básica promover ou melhorar o contato entre partículas minerais e as bolhas de ar através da formação de uma película hidrofóbica envolvendo a partícula a ser flotada. Ao mesmo tempo, o coletor deve ser seletivo, não coletando as partículas de ganga^{<17><18>}.

Os coletores devem ser adicionados à flotação de carvão, principalmente para os de baixo "Rank" e os oxidados. São normalmente utilizados reagentes apolares oleosos, tipo hidrocarbonetos parafínicos de 20 átomos de carbono, derivados do petróleo. Os mais utilizados são óleo combustível, óleo diesel e querosene^{<19>}. Estes óleos são adicionados na forma de emulsão em água, formando diminutas gotículas que se aderem aos sítios hidrofóbicos da superfície do carvão, aumentando sua hidrofobicidade natural. Como efeito secundário, estes reagentes acarretam a flocculação das partículas de carvão controlando as propriedades da espuma^{<19-20>}.

3.4.3.2 - Espumantes

Moléculas neutras, providas de dipolo permanente, são usualmente empregadas como espumante, mas também têm propriedades coletoras na flotação de carvão, sendo

adsorvidas por seus grupos polares nos sítios hidrofílicos da superfície do carvão⁽¹⁶⁾.

A principal função do espumante é facilitar a produção de espumas estáveis, através da modificação da tensão superficial da água⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾. A espuma deve ser capaz de sustentar as partículas flotadas até que possam ser removidas da célula⁽¹⁷⁾.

No mecanismo de cooperação entre o espumante e o coletor, a extremidade polar do espumante pode interagir com os sítios hidrofílicos na superfície do carvão, ficando a parte apolar voltada para o interior da solução, o que acarreta um aumento na hidrofobicidade⁽¹⁹⁾.

Os espumantes mais utilizados na flotação de carvão são alcoóis com 6 a 8 átomos de carbono no radical apolar. Os mais comuns são o metil-isobutil-carbinol (MIBC) e o óleo de pinho⁽¹⁹⁾. A quantidade normalmente requerida de óleo de pinho é maior que a de MIBC, devido à maior densidade de adsorção do óleo de pinho na superfície do carvão, diminuindo seu efeito tenso-ativo na interface líquido-gás⁽¹⁹⁾.

Chaves⁽²⁰⁾, estudando a flotação de finos naturais do carvão de Santa Catarina, verificou que, para este material, o MIBC apresentou maior seletividade que o óleo de pinho.

3.4.3.3 - Modificadores

Na flotação de carvão, os minerais de ganga podem adsorver o coletor contaminando o concentrado. Para prevenir este efeito, são utilizados os depressores, em função das características da ganga.

A depressão da ganga silicosa pode ser obtida através da utilização de silicato de sódio, carbonato de sódio ou hexametáfosfato de sódio. Estes reagentes atuam basicamente como dispersantes, prevenindo o "slimes coating" da superfície das partículas de carvão⁽¹⁵⁾.

3.4.4 - Cinética de flotação

A cinética de flotação de carvão é influenciada pelo tamanho de partículas, "Rank", petrografia e conteúdo de cinzas⁽¹⁶⁾.

Chaves, Hennies e Ortega⁽²⁶⁻²⁷⁾, estudando os finos naturais e de cominuição do carvão de Santa Catarina, verificaram que o processo é muito seletivo no início. Decorridos os primeiros instantes de flotação, as recuperações e teores dos concentrados tendem a se igualar. A cinética de flotação de carvão é, portanto, extremamente rápida e é o principal fator de controle do processo.

Foi observado que as frações granulométricas intermediárias flutam mais rapidamente que as grosseiras ou muito finas. Neste caso, o fator crítico é o teor de cinzas nas frações finas e o tamanho elevado das partículas grosseiras. As maiores perdas na flotação de carvão são devidas às frações grosseiras que tendem a permanecer no rejeito, pois não conseguem competir pelo coletor na presença de frações mais finas.

3.5 - Dessulfuração de Carvão

O conteúdo de enxofre em muitos carvões pode ser significativamente reduzido através da remoção física da pirita epigenética durante o processo de tratamento do carvão. Entretanto, em alguns casos, a pirita encontra-se finamente disseminada, requerendo uma moagem fina, o que torna a concentração extremamente difícil nos processos convencionais de preparação⁽²⁰⁾.

Três métodos podem ser utilizados na rejeição do enxofre pirítico durante o processo de flotação⁽²⁰⁾:

- . Múltiplos estágios "cleaner";
- . Depressão da pirita;
- . Depressão do carvão com flotação reversa da pirita.

O primeiro método considera que toda a pirita presente no concentrado foi arrastada mecanicamente para a espuma. Entretanto, o uso de óleos coletores na flotação de carvão acarreta a efetiva coleta de partículas de pirita que não podem ser removidas por estágios de "cleaner" sucessivos⁽²⁸⁾.

A depressão da pirita na flotação de cobre, zinco e níquel é bem conhecida. Entretanto, na flotação de carvão, a depressão da pirita é particularmente difícil de ser obtida. Estudos realizados por Baker, Miller e Deurbronck⁽²⁹⁾ mostraram que, tanto a pirita quanto o carvão, em água destilada, em valores de pH maiores ou igual a 4, são negativamente carregados, conforme a Figura 3.5. A adição de íons hidrolizados de metais na solução aquosa foi estudada, para verificar se as diferenças na adsorção destas espécies pela superfície do carvão e da pirita poderiam conduzir à sua separação por flotação.

Os hidróxidos coloidais precipitados de FeCl_3 , AlCl_3 , CrCl_3 e CuSO_4 em solução com NaOH mostraram bom potencial como depressores de pirita na flotação de carvão⁽³⁰⁾.

Outros reagentes utilizados na depressão de pirita são cal, cianeto de sódio, sulfeto de sódio, dicromato de potássio, permanganato de potássio e sulfato ferroso e férrico⁽³¹⁾.

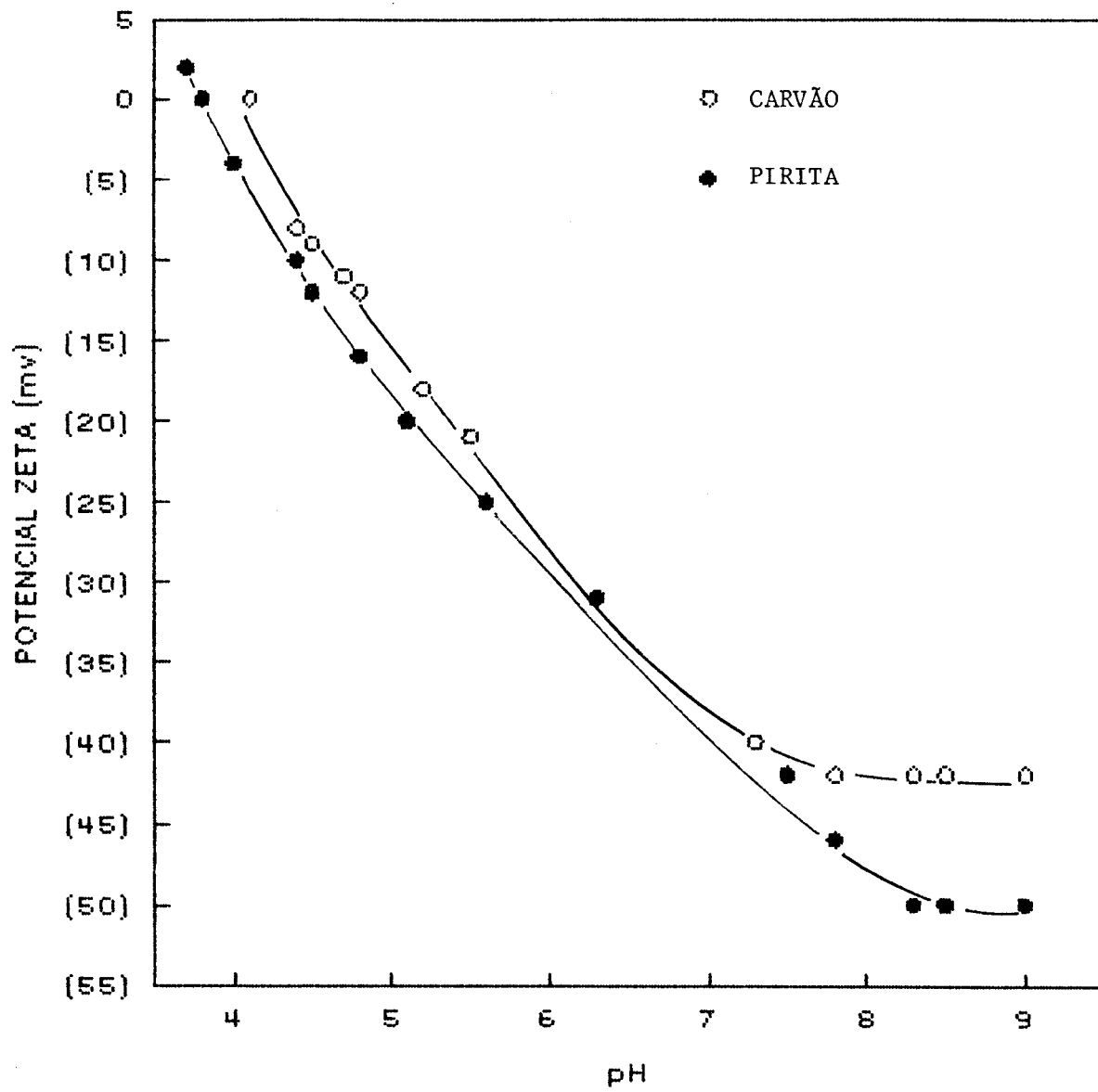


Fig 3.5 : EFEITO DO pH NO POTENCIAL ZETA DO CARVÃO E DA PIRITA.

O terceiro método, depressão do carvão com flotação reversa da pirita, foi desenvolvido pelo Bureau of Mines e tem sido testado para diferentes carvões⁽³¹⁻³⁶⁾.

O primeiro estágio do processo consiste na flotação padrão do carvão com rejeição das impurezas. O concentrado do primeiro estágio é então repolpado em água limpa e tratado com colóides orgânicos para depressão do carvão. Segue-se então a adição de xantato e pequenas quantidades de espumante para flotação reversa da pirita.

Os resultados deste processo, aplicado a diversos carvões, têm demonstrado que 90% do enxofre pirítico pode ser removido com excelente recuperação da matéria carbonosa⁽³⁴⁾.

O depressor de carvão utilizado na maioria dos experimentos foi o Aerodepressant 633 da Cyanamid, com excelentes resultados. Ensaios realizados com quebracho e amido de milho apresentaram resultados ligeiramente inferiores, o que indica a possibilidade de utilização de outras substâncias orgânicas como depressores de carvão.

O processo em dois estágios de flotação, apesar de promissor, apresenta problemas no que se refere ao uso excessivo de reagentes e custo elevado, requerendo estudos adicionais⁽²⁸⁾.

3.6 - Flotação de Carvão em Célula de Coluna

Um dos mais recentes avanços na tecnologia de flotação é a aplicação da célula de coluna para concentração de minerais com a mínima contaminação. A maioria dos estudos de flotação em coluna tem sido conduzida com minerais não combustíveis. Nos últimos anos tem havido um interesse crescente na aplicação de células de colunas ao beneficiamento de carvão fino⁽³⁷⁾.

3.6.1 - Descrição da coluna

A coluna difere substancialmente das células mecânicas convencionais de flotação, tanto na concepção quanto na filosofia de operação, sendo esta a primeira razão para sua pequena aceitação na indústria mineral na época de sua criação⁽³⁸⁾.

O conceito de flotação em célula de coluna foi desenvolvido no início da década de 60 por Boutin, Tremblay e Wheeler⁽³⁹⁾. Esta técnica utiliza o fluxo em contracorrente para contatar a polpa alimentada a, aproximadamente, dois terços da altura total da coluna, com o fluxo ascendente de bolhas de ar introduzido na parte inferior.

O fluxo em contracorrente é acentuado pela adição de água de lavagem no topo da coluna, que substitui a água de

alimentação na camada de espuma. Este modelo de fluxo é diferente daquele obtido nas células convencionais, onde o ar, a água e os sólidos são dirigidos no mesmo sentido⁽⁴⁰⁻⁴²⁾. A coluna apresenta condições de baixa turbulência, adequada ao processo de flotação, que conduzem à obtenção de concentrados mais puros, com elevadas recuperações e baixo consumo energético.

Uma representação esquemática da coluna de flotação pode ser vista na Figura 3.6. São identificadas três seções descritas a seguir:

3.6.1.1 - Seção de concentração

A seção de concentração é aquela compreendida entre o ponto de alimentação da polpa e o de introdução das microbolhas de ar. Nesta seção ocorre a interação entre partículas e bolhas de ar.

A eficiência do contato partícula - bolha na coluna é maior que na célula convencional em decorrência do tipo de colisão. Nas células convencionais, as partículas e as bolhas de deslocam aproximadamente na mesma direção, com velocidades absolutas elevadas. Na coluna, as partículas e as bolhas se deslocam em direções opostas, com velocidades absolutas baixas, mas com velocidades relativas elevadas. Neste caso, é maior a probabilidade de ocorrência de contatos efetivos

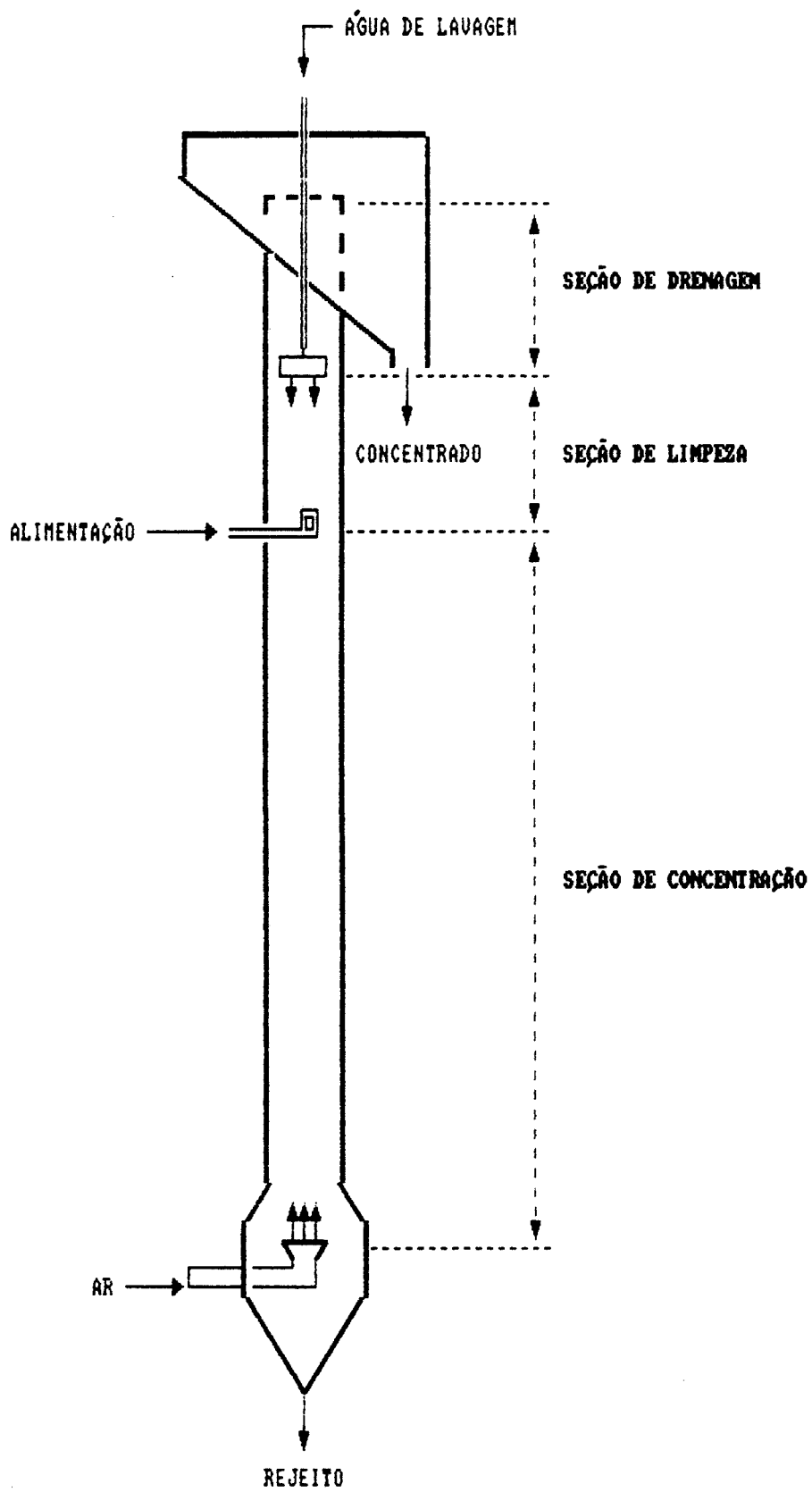


FIGURA 3.6 : REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA COLUMNA DE FLOTAÇÃO.

partículas - bolhas ao longo de todo o volume da seção de recuperação, o que acarreta um aumento na taxa de flotação⁽⁴⁰⁻⁴³⁾.

A condição de baixa turbulência na seção de concentração previne o destacamento de partículas coletadas, aumentando a eficiência de flotação.

A introdução de microbolhas de ar na base da coluna favorece a taxa de flotação e a seletividade, principalmente para partículas muito finas ou grosseiras. Quando a partícula é grosseira, a força exercida por ela para baixo é, muitas vezes, maior que a força de ascensão de uma única bolha, sendo portanto necessárias multibolhas na superfície da partícula para flotá-la⁽²⁹⁾. Para partículas finas, este efeito se verifica devido ao aumento na probabilidade de colisão efetiva. Se a bolha de ar é muito maior que a partícula, o fluxo de líquido em torno da bolha é, provavelmente, suficiente para impedir o contato. O uso de bolhas pequenas aumenta a área de superfície disponível para contato, conforme apresentado na Figura 3.7.

3.6.1.2 - Seção de limpeza

A seção de limpeza está compreendida entre o ponto de alimentação de polpa e o ponto de introdução da água de

lavagem. Esta seção compreende uma fase de polpa, a interface polpa-espuma e a fase de espuma estabilizada⁽⁴¹⁾.

Nesta seção, o fluxo em contracorrente entre a água de lavagem e as bolhas mineralizadas previne o arraste de partículas de ganga para o concentrado. A água de lavagem força o deslocamento da água de alimentação para o rejeito, substituindo-a e evitando a contaminação do concentrado, conforme ilustrado na Figura 3.8⁽⁴²⁾.


Na região imediatamente acima da interface ocorre um decréscimo significativo do conteúdo de minerais de ganga, com conseqüente aumento do teor do concentrado. Este aumento pode ser atribuído à eficiente ação da água de lavagem que impede a entrada de ganga arrastada na base da espuma⁽⁴³⁾.

3.6.1.3 - Seção de drenagem da espuma

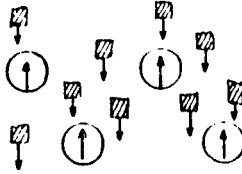
A seção de drenagem da espuma está compreendida entre o ponto de introdução de água de lavagem e o ponto de descarga do concentrado. A ação de limpeza nesta seção é o resultado da coalescência das bolhas com redução do conteúdo de água na espuma, fazendo com que alguma partícula arrastada remanescente retorne para a polpa⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾.

A - Partículas grosseiras



 - partículas

B - Partículas finas




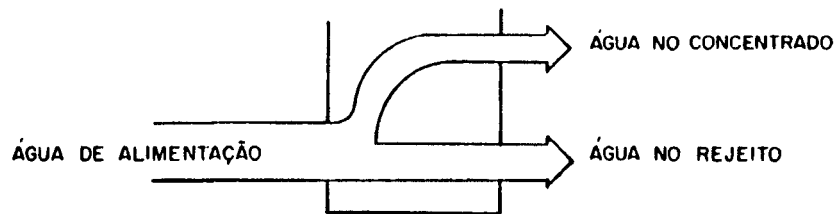
 - bolhas

FIGURA 3.7 A - Efeito do tamanho da bolha na coleta de partículas sólidas grosseiras.

B - Efeito do tamanho da bolha na coleta de partículas sólidas finas.

A - Célula convencional



B - Coluna em contracorrente

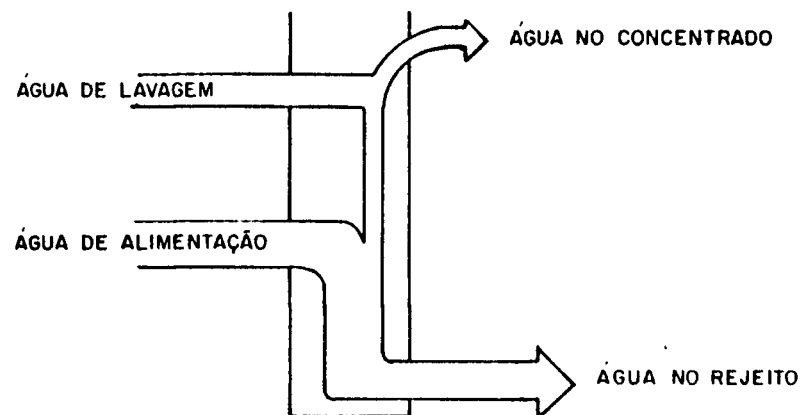


FIGURA 3.8 A - Distribuição de fluxo de água na célula convencional.

B - Distribuição de fluxo de água na flotação em coluna em contracorrente.

3.6.2 - Características operacionais

As características operacionais da coluna que se destacam são:

3.6.2.1 - Conteúdo de sólidos na alimentação

O conteúdo máximo de sólidos na alimentação da coluna, para flotação de carvão, apresenta valores diferentes na literatura.

Misra e Harris⁽³⁷⁾, estudando uma amostra composta de rejeitos de 23 (vinte e três) usinas de beneficiamento de carvão do Alabama, com teor de cinzas superior a 60%, afirmaram que a flotação de carvão fino em coluna pode ser realizada com até 16% de sólidos. Acima deste valor, foram verificadas perdas na recuperação. Groppo⁽⁴⁴⁾ encontrou resultados semelhantes.

Moon e Sirois⁽⁴⁵⁾, estudando um carvão com elevado conteúdo de enxofre de Devco, N.S., verificaram a possibilidade de flotar carvão em polpas contendo 30% ou mais de sólidos. Esta possibilidade foi atribuída ao fato do carvão ser o maior componente da alimentação e ser rapidamente flotado na parte superior da seção de concentração. Com isso, as regiões inferiores da coluna ficam muito diluídas.

3.6.2.2 - Taxa de alimentação de polpa

Luttrell et alii⁴³, estudando a taxa de alimentação de carvão proveniente de Elkhron, contendo 10% de sólidos em peso, verificaram que a recuperação da matéria carbonosa decresce significativamente com o aumento da taxa de alimentação de polpa, conforme mostrado na Figura 3.9. Com objetivo de explicar a variação observada, foram determinados, para os mesmos ensaios, o tempo de residência e o diâmetro das bolhas, apresentados na Figura 3.10. Observa-se que a acentuada queda na recuperação, com o aumento da taxa de alimentação, é devida ao aumento do diâmetro das bolhas. Desde que a taxa de adição de espumante foi mantida constante em todos os ensaios, o aumento do diâmetro das bolhas pode ser explicado como sendo o resultado da adsorção do espumante na estrutura porosa do carvão. Além disso, o decréscimo da recuperação pode ser decorrente do aumento da massa flotada.

Para concentrações de sólidos na polpa menores que 5%, Groppo⁴⁴ verificou a necessidade de aumentar a taxa de alimentação até atingir valores adequados de recuperação. Parece haver uma faixa ótima de alimentação de polpa para uma dada concentração de sólidos.

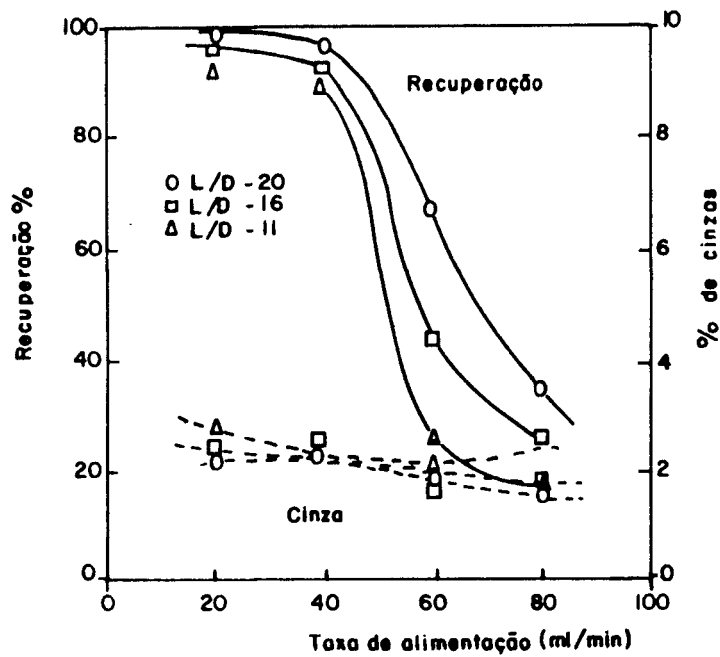


FIG.39- INFLUÊNCIA DA TAXA DE ALIMENTAÇÃO DE POLPA SOBRE A RECUPERAÇÃO E O CONTEÚDO DE CINZAS DO CONCENTRADO⁽⁴⁾

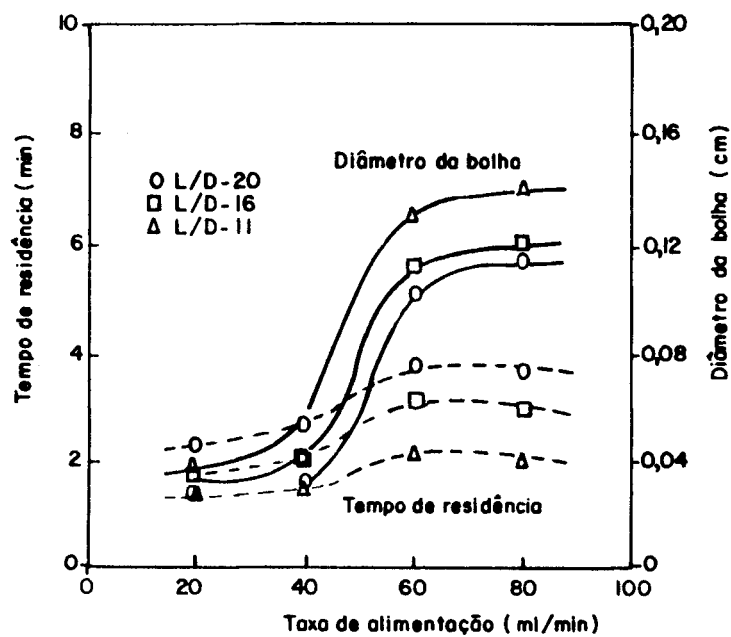


FIG.310- INFLUÊNCIA DA TAXA DE ALIMENTAÇÃO DE POLPA SOBRE O TEMPO DE RESIDÊNCIA E O DIÂMETRO DA BOLHA⁽⁴⁾

3.6.2.3 - Tamanho de partícula

A taxa de flotação é determinada pela competição de vários mecanismos. O mais importante é o de colisão e adesão de partículas hidrofóbicas às bolhas de ar. Além disto, as partículas finas são caracterizadas como estabilizadores de espuma e as grosseiras como desestabilizadores.

Misra e Harris⁽³⁷⁾ conduziram um estudo para determinar o efeito do tamanho de partículas na recuperação e teor de carvão usando células convencionais e de coluna. O coeficiente de separação em função do tamanho médio das partículas está apresentado na Figura 3.11. Observa-se que o coeficiente de separação na célula de coluna aumenta com o decréscimo do tamanho médio das partículas. A queda na eficiência da separação para partículas grosseiras pode ser atribuída ao mecanismo de destacamento que predomina nessa faixa granulométrica⁽³⁷⁾.

Kawatra e Eisele⁽⁴⁰⁾ realizaram estudos em dois estágios de flotação, onde a fração compreendida entre 0,21 e 0,074mm era flotada no primeiro estágio e a fração menor que 0,074mm flotada no segundo. Nessas condições, eles observaram que a coluna foi extremamente efetiva na remoção de minerais de ganga e que 45 a 65% da pirita foi rejeitada.

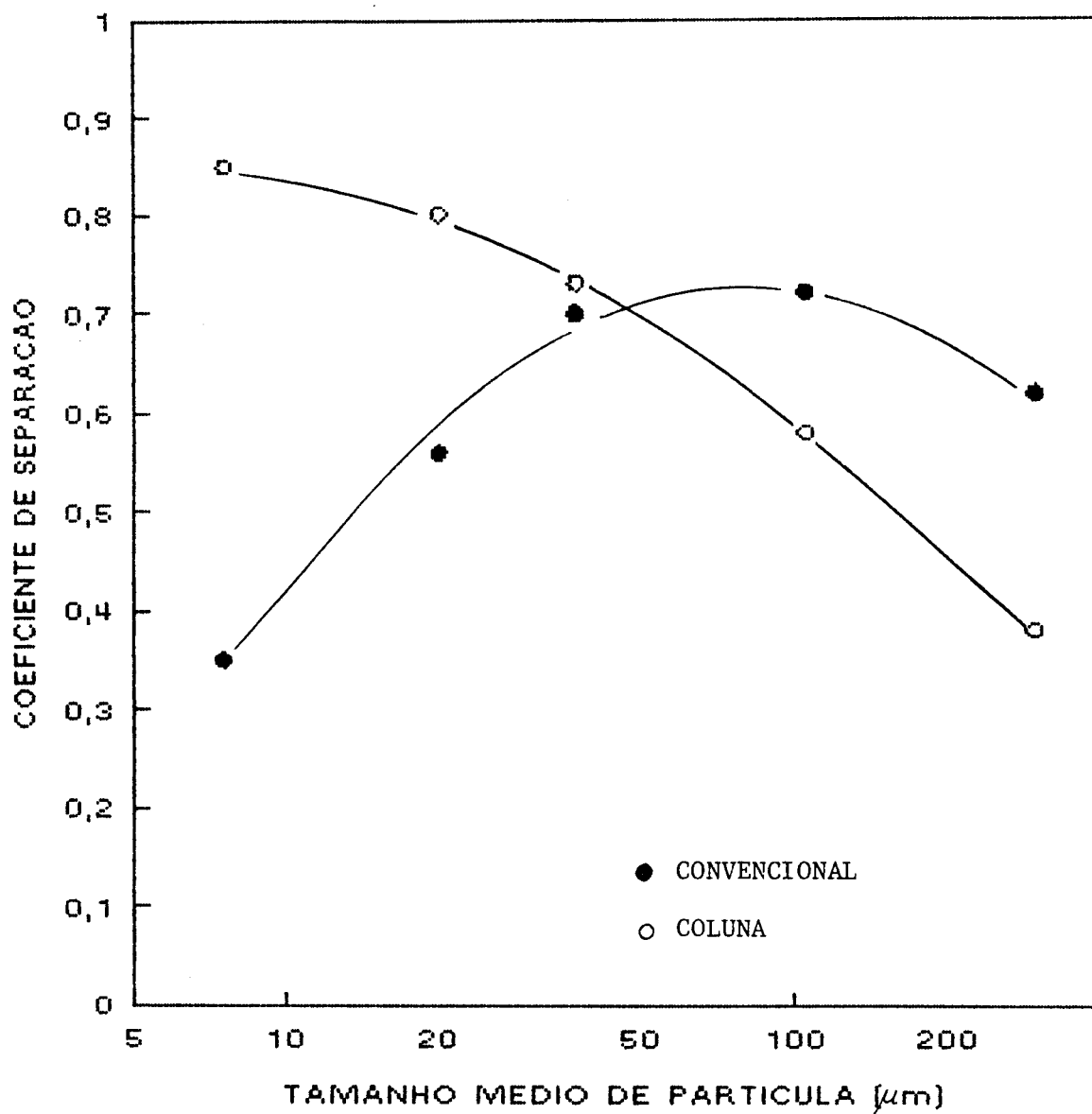


Fig 3.11 : EFEITO DO TAMANHO DE PARTICULA NA EFICIENCIA DE SEPARACAO.

Ross e Deventer⁴⁵ demonstraram que a altura da camada de espuma aumenta com o decréscimo do tamanho das partículas. Isto se deve ao fato de que partículas menores drenam com mais dificuldade.

3.6.2.4 - Taxa de adição de água de lavagem

Segundo Ynchansti⁴¹, o efeito da água de lavagem na coluna é complexo. Existe um valor ótimo para o nível de adição no qual se minimiza o arraste e se mantém a estabilidade da espuma.

Parokh et alii⁴⁷ verificaram que um aumento na taxa de alimentação de água de lavagem acarreta uma queda no teor de cinzas do concentrado sem efeito significativo sobre a recuperação da matéria carbonosa, conforme pode ser visto na Figura 3.12. Resultados semelhantes foram relatados por Groppo⁴⁴ e Nicol et alii⁴⁶. Em contraste com estes resultados, Luttrell et alii⁴⁸ verificaram uma perda significativa na recuperação da matéria carbonosa com o aumento da taxa de água de lavagem, conforme ilustrado na Figura 3.13.

O "Bias" é definido como o fluxo residual de água que flui através da seção de limpeza. A literatura recomenda a utilização de um "bias" positivo de 10%. Entretanto, o

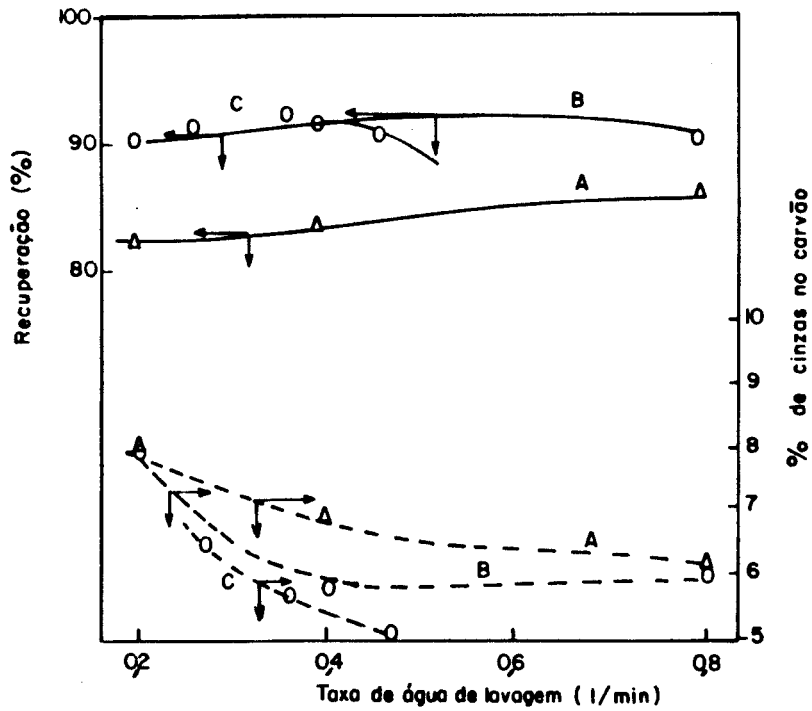


FIG.3.12- INFLUÊNCIA DA TAXA DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM SOBRE A RECUPERAÇÃO DE CARVÃO E O TEOR DE CINZAS NO CONCENTRADO⁽⁴⁷⁾

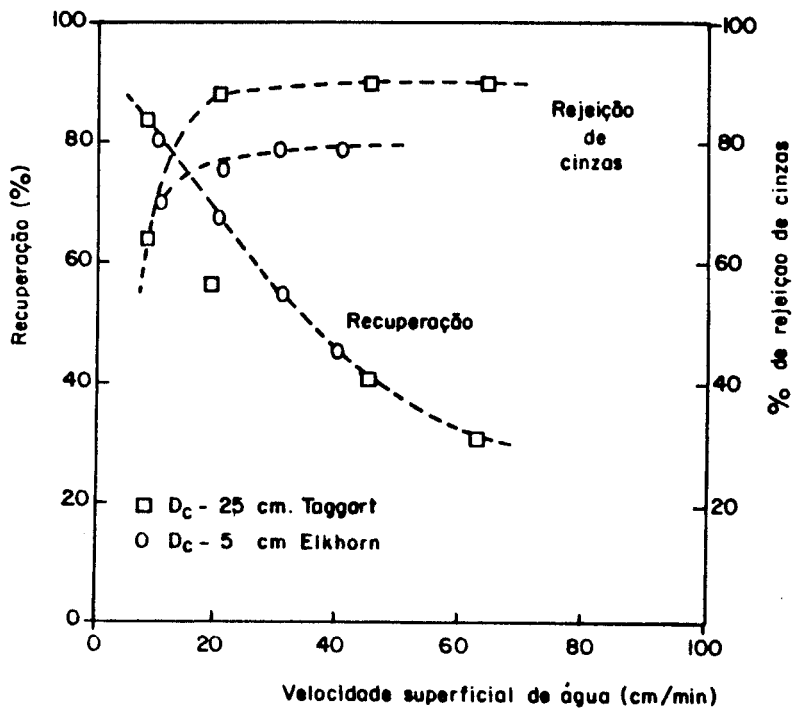


FIG.3.13- INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE SUPERFICIAL DE ÁGUA SOBRE A RECUPERAÇÃO DE CARVÃO E A PERCENTAGEM DE REJEIÇÃO DE CINZAS NO CONCENTRADO⁽⁴⁾

conteúdo de cinzas no concentrado decresce com o aumento da taxa de água de lavagem e portanto do "bias".

Segundo Nicol et alii⁽⁴²⁾, nas colunas piloto é necessário o uso de volumes maiores de água de lavagem, pois parte dela flui pelas paredes da coluna contribuindo pouco para remoção da ganga arrastada. Já nas colunas de maior porte, a quantidade de água de lavagem é aquela necessária à lavagem da camada de espuma.

Reddy et alii⁽⁴³⁾ afirmam que, para condições de operação similares, maiores taxas de água de lavagem levam a melhores resultados.

3.6.2.5 - Taxa de adição de ar

O "hold-up" de ar representa a fração de volume ocupado pelo gás em um determinado ponto da coluna. É função da taxa de alimentação de ar e de polpa, do diâmetro das bolhas, da densidade do agregado partícula-bolha e do conteúdo de sólidos na polpa⁽⁴⁴⁾. O aumento do "hold-up" pode ser obtido através da taxa de alimentação de ar e de espumante e da velocidade descendente de polpa, conforme ilustrado nas Figuras 3.14 e 3.15.

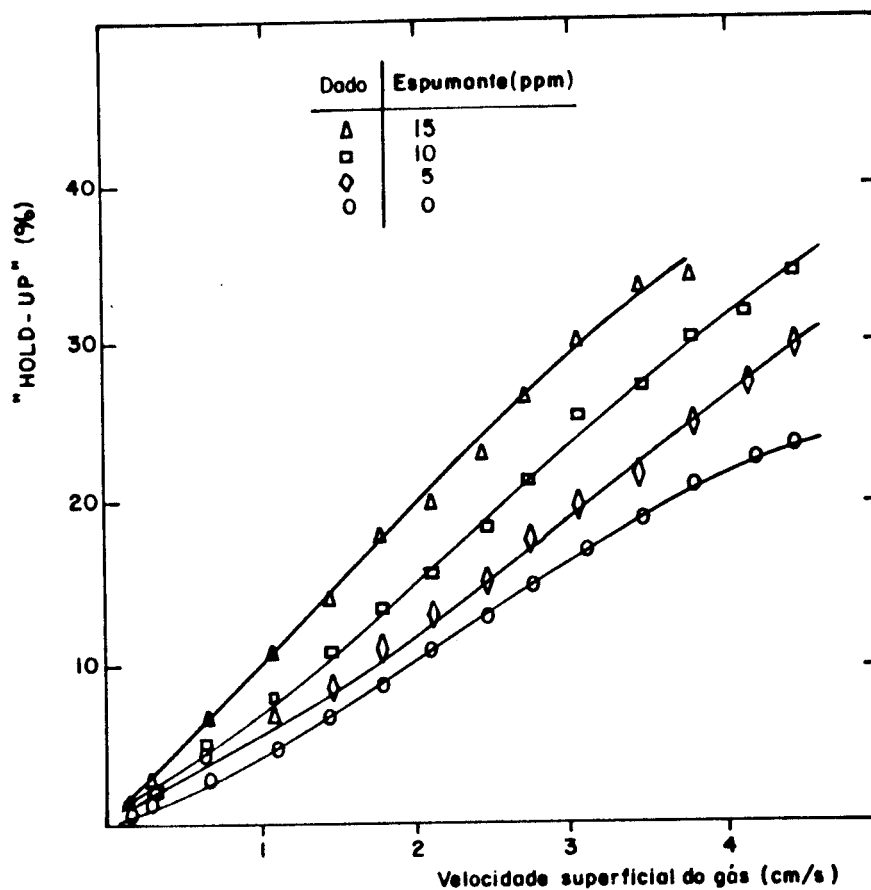


FIG.3.14- INFLUÊNCIA DA TAXA DE ALIMENTAÇÃO DE ESPUMANTE SOBRE O "HOLD-UP"⁽⁴⁹⁾

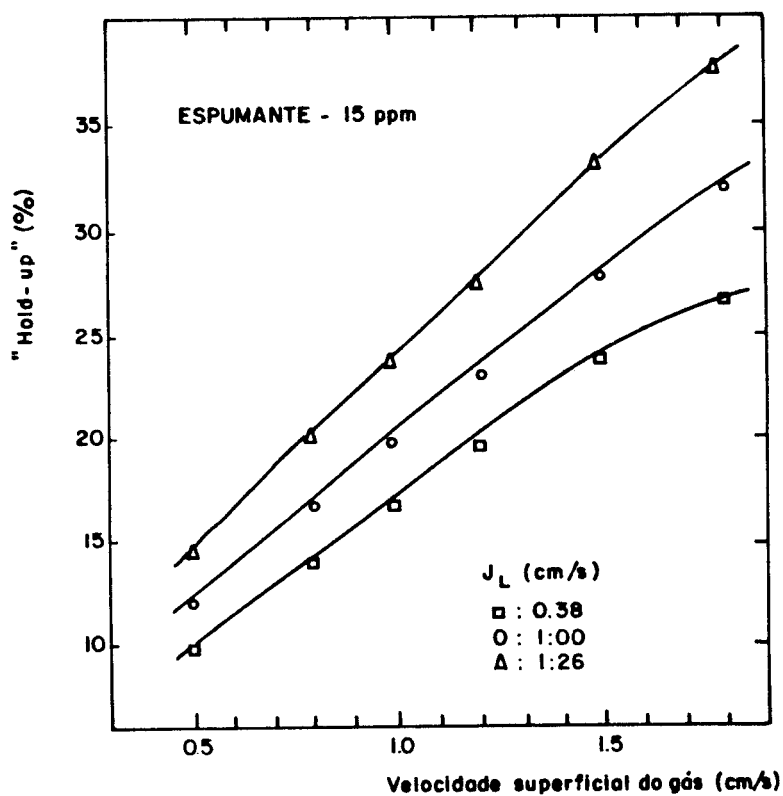


FIG.3.15- INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE SUPERFICIAL DE LÍQUIDO DESCEN-
DENTE (J_L) SOBRE O "HOLD-UP"⁽⁴⁹⁾

A velocidade superficial específica (VSE) de ar é a relação entre o fluxo volumétrico de ar e a área da seção transversal da coluna⁽⁴⁷⁾.

Elzivir et alii⁽⁴⁸⁾ observaram que o "hold-up" é proporcional à vazão de ar na faixa estudada para diferentes concentrações de espumante. Seus resultados indicaram que a quantidade de ar na coluna tem efeito significativo sobre o teor e a recuperação da matéria carbonosa.

Grosso⁽⁴⁹⁾ verificou que a recuperação da matéria carbonosa no concentrado só é afetada pela taxa de alimentação de ar quando dosagens de espumante inferiores a valores críticos são utilizadas. Entretanto, para qualquer dosagem de espumante, o teor de cinzas cresce com o aumento da taxa de alimentação de ar.

Parokh et alii⁽⁵⁰⁾ afirmam que existe uma quantidade ótima de ar na qual se obtém elevada recuperação da matéria carbonosa com o mínimo de arraste de cinzas para o concentrado.

De forma conflitante, Luttrell et alii⁽⁵¹⁾ observaram um aumento direto da recuperação com o aumento da velocidade superficial de ar até que o nível máximo seja atingido. Por outro lado, o conteúdo de cinzas no concentrado é pouco afetado pela taxa de ar. O aumento da recuperação foi

atribuído ao aumento do número e da área total de superfície de bolhas introduzidas na coluna.

Em geral, velocidades de ar elevadas garantem melhores níveis de recuperação até um valor crítico, a partir do qual a coluna apresenta distúrbios e turbulência.

3.6.2.6 - Tempo de residência

O tempo de residência é o fator que afeta de forma mais significativa o teor e a recuperação da matéria carbonosa no concentrado⁽⁴⁾⁽⁴⁷⁾. A Figura 3.16 mostra que o aumento no tempo de residência, através da introdução de módulos de 1,8m de comprimento, melhora a recuperação e aumenta o teor de cinzas no concentrado. Este aumento no teor de cinzas pode ser atribuído à cinética mais lenta da matéria mineral em relação ao carvão⁽⁴⁷⁾.

Luttrell et alii⁽⁴⁾ verificaram que, para uma dada taxa de alimentação e um dado volume de coluna, o produto da constante cinética pelo tempo de residência (Kt) pode ser aumentado através do aumento da relação comprimento/diâmetro da coluna. Uma vez que a velocidade superficial específica foi mantida constante, este aumento em kt é o resultado do aumento do tempo de residência.

3.6.2.7 - Espessura da camada de espuma

O controle da espessura da camada de espuma favorece o processo de separação. Supõe-se que variações em sua espessura podem afetar o teor e a recuperação no concentrado⁽⁴⁴⁾.

Parokh et alii⁽⁴⁷⁾ verificaram que o aumento da camada de espuma tem pouco efeito sobre a recuperação da matéria carbonosa. Entretanto, o teor de cinzas no concentrado diminui significativamente. Isto se deve ao efeito de filtro exercido pela camada de espuma. A Figura 3.17 exemplifica este efeito observado no estudo com o carvão de Horse Creek.

3.6.2.8 - Espessura da camada de drenagem de espuma

Parokh et alii⁽⁴⁷⁾ verificaram que um aumento de 15 para 45 cm reduz o conteúdo de cinzas no concentrado em aproximadamente 50%, sem perda na recuperação da matéria carbonosa.

Wheeler⁽⁴⁸⁾ afirma não ser necessária a utilização da camada de drenagem da espuma uma vez que toda água do concentrado é água de lavagem, isto é, não é água de alimentação. Assim, somente as partículas coletadas nas bolhas de ar podem atingir o topo da coluna.

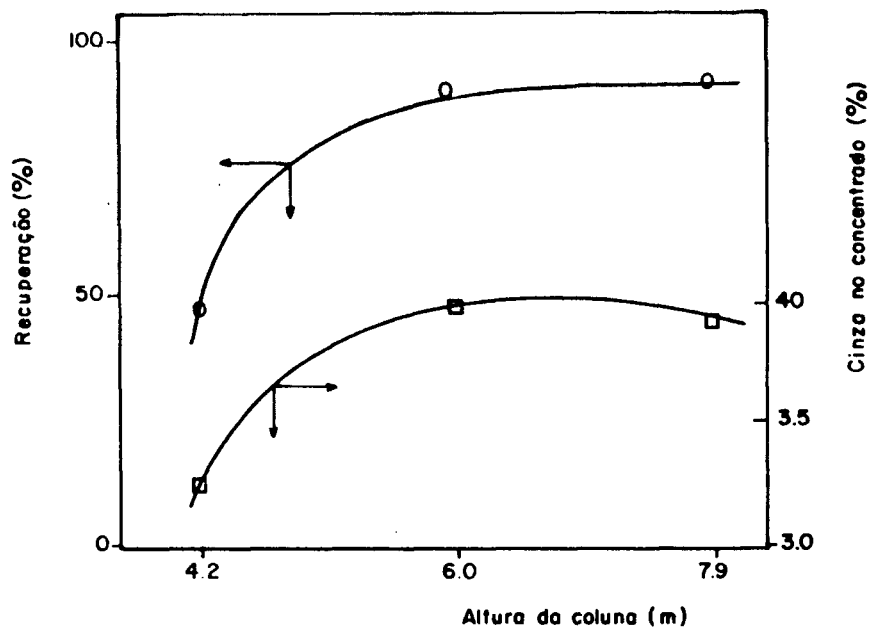


FIG.3.16- EFEITO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA SOBRE A RECUPERAÇÃO DO CARVÃO E O TEOR DE CINZA NO CONCENTRADO⁽⁴⁷⁾

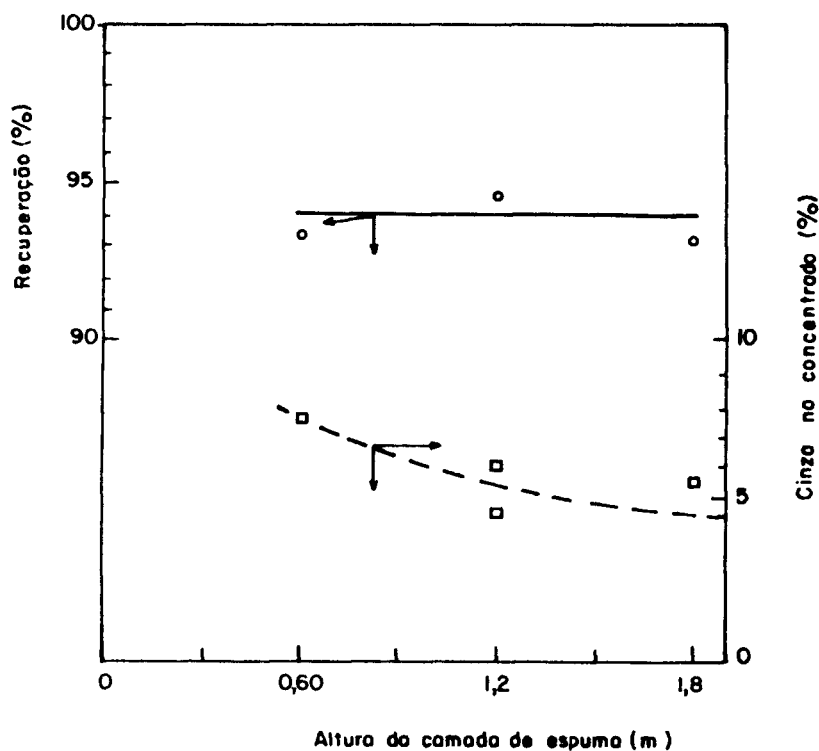


FIG.3.17- EFEITO DA ALTURA DA CAMADA DE ESPUMA SOBRE O TEOR DE CINZA E A RECUPERAÇÃO DE CARVÃO NO CONCENTRADO⁽⁴⁷⁾

Luttrell et alii⁽⁴⁴⁾ afirmam que a ação de limpeza da camada de drenagem de espuma é o resultado da coalescência das bolhas diminuindo o conteúdo de água na espuma, o que favorece o deslocamento de partículas arrastadas de volta para a polpa. Entretanto, quando elevadas adições de água de lavagem são utilizadas, o arraste hidráulico das partículas é eliminado junto à interface polpa-espuma e, como resultado, a seção de drenagem da espuma é desnecessária.

4. METODOLOGIA

O plano de trabalho foi elaborado objetivando avaliar o comportamento de uma amostra de carvão da Carbonífera Criciúma, frente à técnica de flotação em célula de coluna.

Neste capítulo, serão descritas as etapas envolvidas no estudo, os métodos de análise e os materiais utilizados.

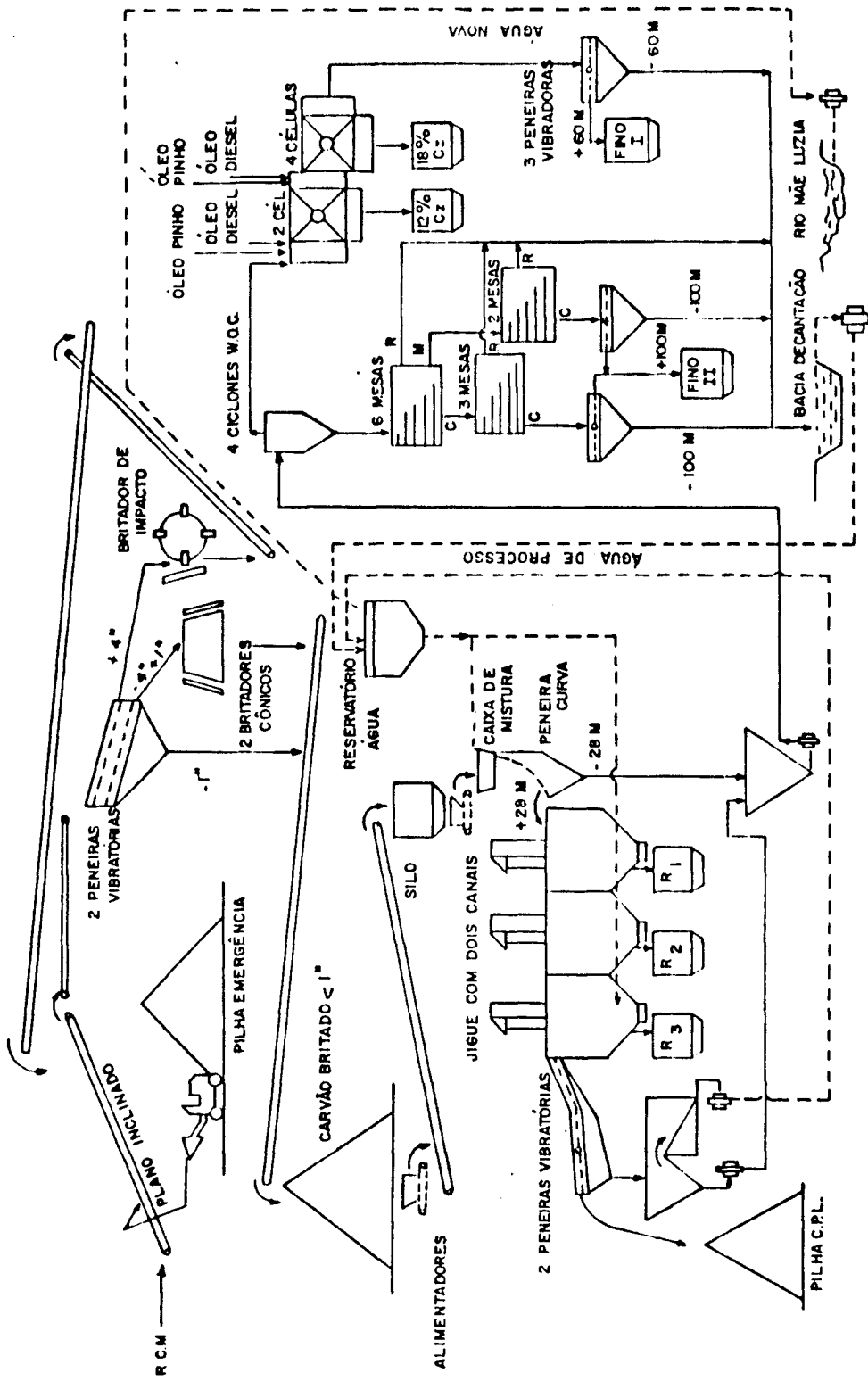
Este estudo compreendeu as seguintes etapas:

- . obtenção, preparação e caracterização da amostra;
- . ensaios de flotação em escala de laboratório utilizando célula mecânica;
- . ensaios de flotação em escala piloto utilizando célula de coluna;
- . caracterização dos produtos.

4.1 - Obtenção e Preparação da Amostra

O circuito de beneficiamento da Unidade Mineira II (Mina Verdinho) processa carvão segundo o fluxograma apresentado na Figura 4.1⁽²⁾.

O carvão lavrado é submetido a uma classificação em duas peneiras vibratórias, instaladas em paralelo, com 2 "decks" (101,6 e 31,7mm) fazendo o corte em 25,4mm. A fração retida



4.1 - FLUXOGRAMA DA USINA DE BENEFICIAMENTO DA MINA VERDINHO - CARBONÍFERA CRICIUMA S.A.⁽⁷⁾

em 101,6mm (4") é submetida a uma britagem, utilizando britador de impacto, em circuito fechado com a peneira. A fração - 101,6 + 31,7mm (-4" + 1 1/4") é cominuída em 2 britadores cônicos instalados em paralelo. O produto britado, juntamente com o passante em 25,4 mm, formam uma pilha de homogeneização.

O carvão britado em 25,4 mm, retomado da pilha através de dois alimentadores de correia, é conduzido a duas peneiras fixas, com abertura de 1,7mm, que classificam o carvão em 0,59mm. A fração passante vai para o circuito de finos e a retida é a alimentação do circuito de jigagem.

A etapa de jigagem é feita em jigue duplo de 3 câmaras, com 3 elevadores para rejeitos. O "overflow" do jigue é classificado em 0,59mm, em peneiras fixas e vibratórias, constituindo o carvão denominado pré-lavado (CPL). O CPL contém 33% de cinzas e é conduzido ao lavador de Capivari para tratamento final. O rejeito primário R₁, rico em pirita, é vendido para fabricação de ácido sulfúrico. Os rejeitos da segunda e terceira câmaras são estocados para futuro aproveitamento. A fração menor que 0,59mm representa 13% da alimentação da jigagem.

O carvão fino, abaixo de 0,59 mm, é bombeado para uma bateria de ciclones de fundo chato, visando a pré-concentração da pirita. O "underflow" do ciclone é processado na etapa de

mensagem, constituída de 11 mesas vibratórias de 3 "decks" cada. O material mais denso, rico em pirita, é o rejeito final e o mais leve é um pré-concentrado de carvão. Este pré-concentrado é classificado em duas peneiras vibratórias, com abertura de $\emptyset,149\text{mm}$. A fração retida constitui o carvão energético fino II, com 4500 a 5200 kcal/kg, destinado às indústrias cerâmica e cimenteira. O passante é bombeado para a bacia de decantação como rejeito final.

O "overflow" dos ciclones alimenta o circuito de flotação constituído de duas etapas "rougher" onde é adicionado óleo diesel como coletor e óleo de pinho como espumante. A flotação ocorre em pH natural. Os concentrados do 1º e 2º "rougher" são produtos finais (carvão metalúrgico) com teores de 12 e 18% de cinzas, respectivamente.

O rejeito da flotação é classificado em $\emptyset,25\text{mm}$, onde o passante é rejeito final e o retido constitui o carvão energético tipo I. O rejeito final fino representa 65,3% da alimentação de finos.

A amostra utilizada neste trabalho foi retirada pela Carbonífera Criciúma S.A. da pilha de estocagem de concentrado do 2º "rougher", embalada em sacos de ráfia com capacidade de 40 kg, na unidade natural, e enviada ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN, Belo Horizonte, onde foi realizado o estudo.

O preparo da amostra consistiu da desaglomeração, homogeneização e quarteamento, conforme fluxograma apresentado na Figura 4.2.

4.2 - Ensaio em Escala de Laboratório

Inicialmente pretendia-se utilizar a técnica de "timed release analysis" (24). Na execução de ensaios exploratórios verificou-se que a técnica é difícil, envolvendo grande quantidade de análises imediatas e problemas operacionais. Optou-se pelo procedimento padrão utilizado para minerais não combustíveis.

Os ensaios foram então realizados em célula de flotação marca Denver, modelo D1, capacidade da cuba de 3 litros, dotada de raspador mecânico para retirada do flotado.

Nos ensaios exploratórios verificou-se a necessidade de utilização de coletor. Verificou-se também a impossibilidade de controlar o pH, uma vez que a polpa era extremamente ácida (pH=2,8). A correção do valor de pH para aqueles recomendados na literatura acarretaria adição de grandes quantidades de álcalis, com formação de sais cujo efeito na flotação é desconhecido. Optou-se então por realizar os ensaios no pH natural da polpa.

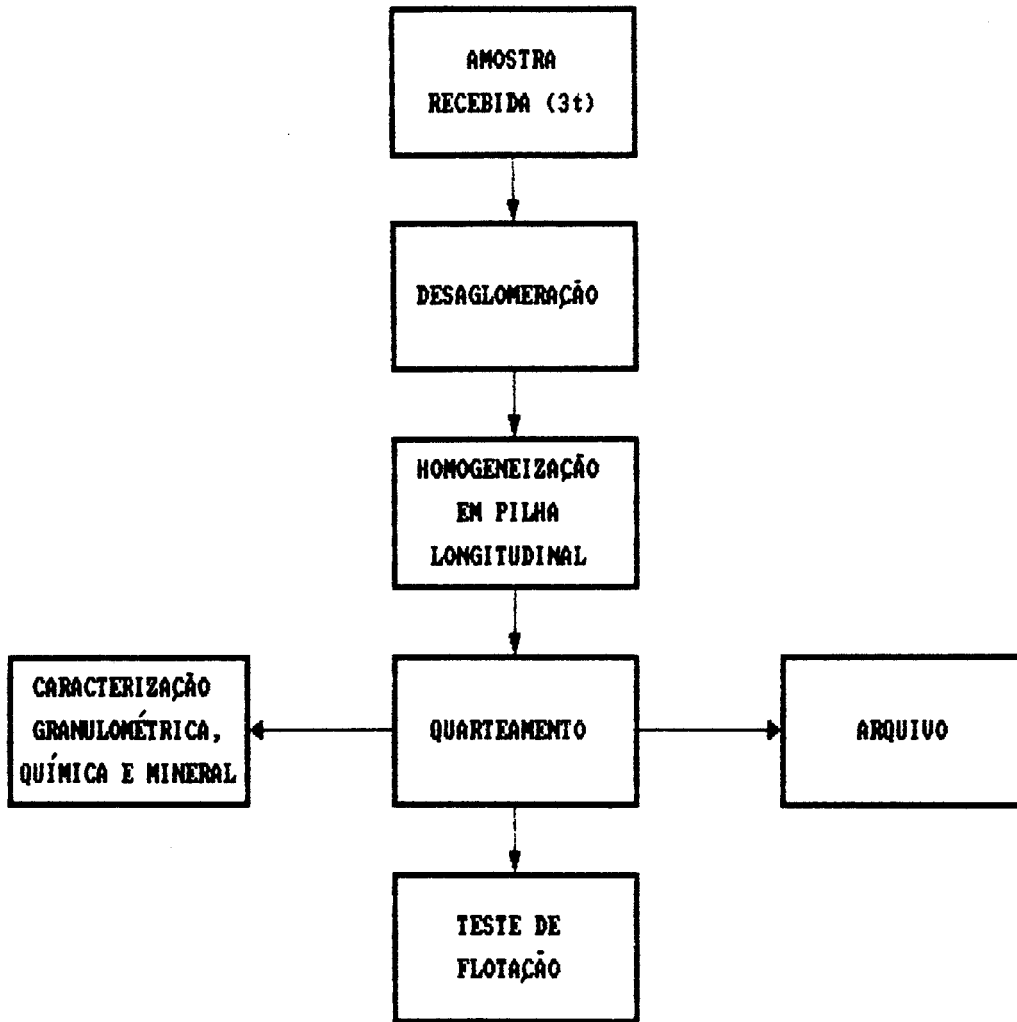


FIGURA 4.2 : FLUXOGRAMA DA PREPARAÇÃO DA AMOSTRA.

Para realização dos ensaios foi utilizado o seguinte procedimento:

- . adicionar água na cuba até o recobrimento do rotor;
- . adicionar 500g de carvão sob agitação;
- . adicionar água necessária para ajustar o conteúdo de sólidos na polpa para o valor desejado;
- . medir o pH;
- . adicionar o modificador e condicionar pelo tempo desejado;
- . adicionar o coletor e condicionar;
- . adicionar o espumante e condicionar;
- . diluir a polpa;
- . abrir a válvula de ar na posição máxima;
- . remover a espuma completando o nível de polpa com água pelo tempo estabelecido.

Neste estudo foi aplicada a metodologia experimental de variar um fator de cada vez, mantendo as demais condições fixas. As seguintes variáveis foram estudadas:

- . tipo e dosagem de coletor;
- . tipo e dosagem de espumante;
- . tempo de condicionamento do coletor;
- . conteúdo de sólidos na flotação;
- . conteúdo de sólidos no condicionamento;
- . tipo e dosagem de depressor de ganga;
- . tempo de flotação;
- . velocidade de rotação da célula.

Não foi possível estudar a taxa de adição de ar, uma vez que o equipamento utilizado não possuía dispositivo de ajustagem da vazão de ar.

4.3 - Ensaios Contínuos em Célula de Coluna

O circuito básico para realização dos ensaios está esquematicamente apresentado na Figura 4.3. O carvão previamente homogeneizado era alimentado através de um alimentador de correia (SI-1) ao condicionador CN-1, onde era adicionada água para preparação da polpa. Por gravidade, a polpa alimentava o condicionador CN-2, passando através de uma peneira de 0,71mm de abertura para retirada de corpos estranhos. No condicionador CN-2 era alimentado o querosene. A polpa fluía, por gravidade, para o condicionador CN-3 onde era adicionado o espumante e ajustado o conteúdo de sólidos para alimentação da coluna de flotação "rougher". O rejeito da coluna "rougher" alimentava o classificador de taça para desaguamento e ajuste do conteúdo de sólidos da etapa "scavenger". O "underflow" do classificador alimentava o condicionador CN-4, onde os reagentes eram adicionados. No condicionador CN-5 era ajustado o conteúdo de sólidos para alimentação da coluna "scavenger".

A alimentação e a retirada de rejeito da coluna e a dosagem de reagentes eram feitas através de bombas peristálticas de vazão ajustável. O nível da interface polpa-espuma foi

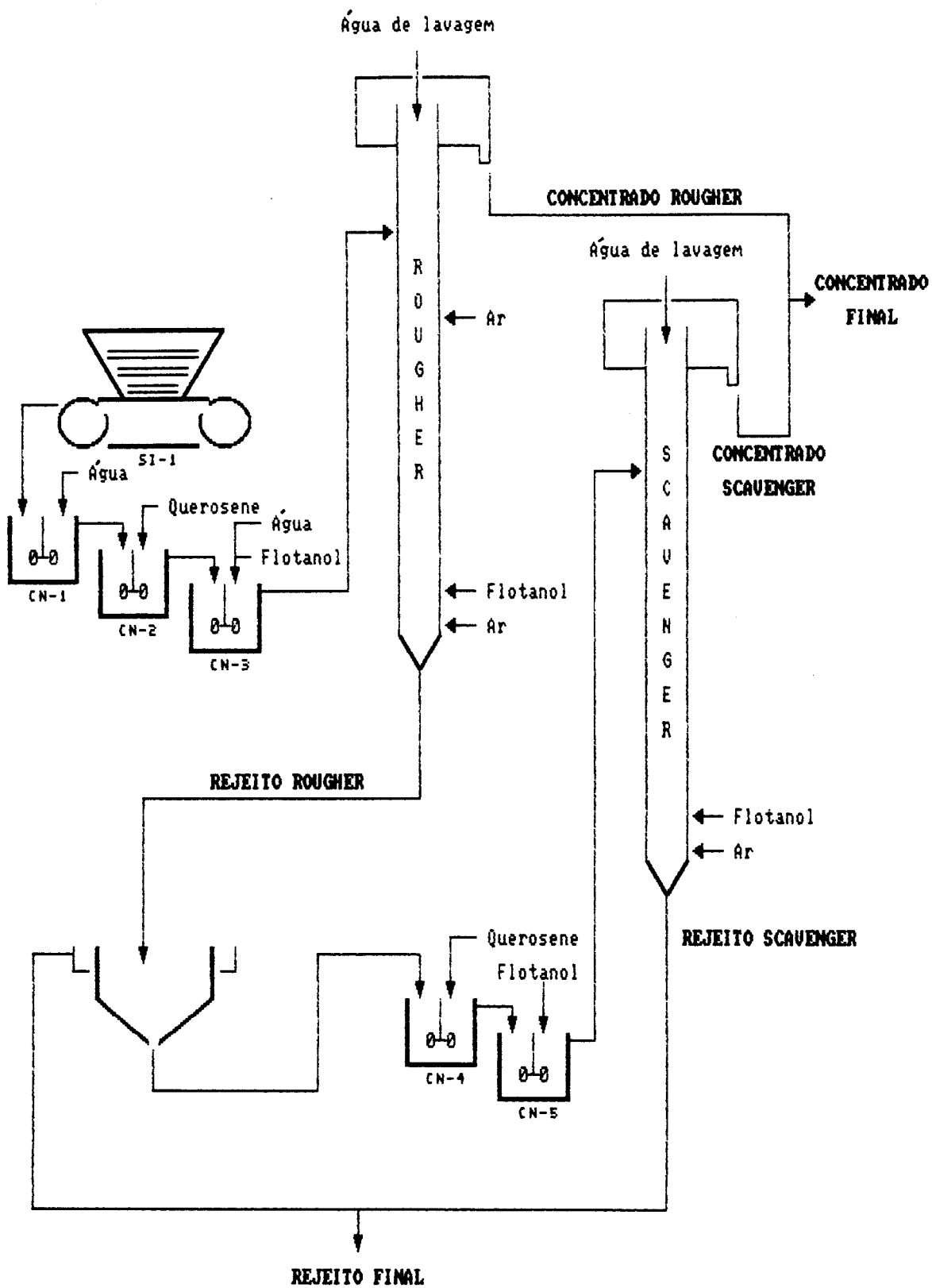


FIGURA 4.3 : FLUXOGRAMA DOS ENSAIOS CONTÍNUOS EM CÉLULA DE COLUNA.

mantido constante através do ajuste manual da vazão de água de lavagem.

Após ajuste das condições de cada ensaio, manteve-se a operação estável por uma hora, procedendo-se, então, a amostragem do concentrado e do rejeito para análise imediata e determinação do balanço de massa. De cada ponto foram retiradas três amostras com intervalos de 10 minutos entre elas. Os ensaios tiveram duração média de 2 horas.

Após a determinação das melhores condições foi realizado um ensaio com 12 horas de duração e amostragens em intervalos de 1 hora para verificação da estabilidade da usina.

Nesta etapa do estudo, novamente foi utilizada a metodologia experimental de variar um fator de cada vez. Os melhores resultados obtidos em uma série de ensaios foram utilizados na série seguinte.

Durante a operação foram controlados os seguintes parâmetros:

- . vazão de carvão no silo alimentador;
- . vazão de água no condicionador CN-1;
- . vazão de coletor no condicionador CN-2;
- . vazão de espumante no condicionador CN-3;
- . vazão de água no condicionador CN-3;
- . vazão e conteúdo de sólidos na alimentação da coluna;

- . vazão de espumante na base da coluna;
- . vazão de água de lavagem;
- . vazão de rejeito;
- . vazão de ar e pressão de operação.

Como parâmetros de resposta foram amostradas as massas de concentrado e rejeito por períodos de 10 minutos.

A inspeção visual permitiu controlar a posição e características da interface polpa-espuma, o diâmetro das bolhas e o regime de fluxo na coluna.

As variáveis estudadas foram:

- . dosagem de querosene;
- . dosagem de espumante;
- . distribuição de espumante entre o condicionador e a coluna;
- . vazão de ar;
- . tempo de residência;
- . conteúdo de sólidos na alimentação da coluna;
- . vazão de água de lavagem;
- . aerador intermediário;
- . altura da coluna;
- . altura da camada de espuma;
- . altura da seção de drenagem da espuma.

4.4 - Métodos de Análise

Para acompanhamento, avaliação e interpretação dos ensaios de flotação foram realizadas análises imediatas para determinação de cinzas, e análise por via úmida convencional para determinação de enxofre pirítico. O teor de matéria carbonosa foi obtido por diferença.

A caracterização da amostra original e dos produtos finais obtidos na melhor condição dos ensaios em célula de coluna envolveram análise granulométrica, química, e mineralógica.

A análise granulométrica foi realizada por peneiramento na faixa de 0,59 a 0,037mm (série Tyler de 28 a 400 mesh).

A análise química realizada por técnicas de análise imediata envolveu a determinação de cinzas, matéria volátil, carbono fixo, e por via úmida convencional, envolveu a determinação de enxofre orgânico, enxofre pirítico, enxofre sulfático e enxofre total.

A análise petrográfica foi realizada através da técnica da luz refletida em seção polida. Teve como objetivo principal o levantamento dos grupos de macerais, seus microlitotipos, os componentes minerais e os respectivos graus de liberação. Além disso, foi realizada a análise mineralógica da porção mineral do carvão, através de técnicas de difratometria de

raios-X. Os resultados de análise imediata apresentados neste estudo representam os valores médios das análises realizadas em cada ensaio.

4.5 - Materiais

4.5.1 - Reagentes

Os reagentes utilizados foram:

- . querosene tipo comercial, marca Jacaré, distribuído pela Esso Brasileira de Petróleo Ltda. - concentrado;
- . óleo diesel tipo comercial, distribuído pela Esso Brasileira de Petróleo Ltda. - concentrado;
- . óleo de pinho comercial, marca b. Herzog, emulsificado sob agitação em água na concentração 1% p/v;
- . metil-isobutil-carbinol (MIBC) marca Rhodia, preparado em solução em água na concentração 1% p/v;
- . flotanol D-14B fabricado pela Hoechst do Brasil, preparado em solução em água na concentração de 0,5% p/v;
- . silicato de sódio comercial, fornecido pela Sulfal, com relação $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ igual a 3,7. Preparado em solução em água na concentração de 2% p/v, diariamente;
- . cloreto férrico, P.A., fabricado pela Quimbrás - Indústrias Químicas S.A., preparado na concentração de 1% p.v.;
- . collamil, amido de milho fornecido pelas Refinações de Milho Brasil, gelatinizado com hidróxido de sódio, na

proporção de quatro partes de amido para uma de soda, sob a forma diluída 1% p/v.

Tanto nos ensaios de laboratório quanto nos ensaios contínuos de flotação em coluna foi utilizada água de torneira.

4.5.2 - Materiais para o estudo de laboratório

Para realização do estudo em escala de laboratório foram utilizados principalmente os seguintes equipamentos e materiais:

- . célula de flotação, marca Denver "Sub-A" modelo D-1, dotada de raspador mecânico para retirada de concentrado;
- . cuba de aço inoxidável AISI 316, com capacidade de 3,0 litros;
- . pHmetro marca Metrohm Herisau, modelo E-603;
- . bandejas;
- . estufa;
- . balança;
- . vidraria convencional de laboratório.

4.5.3 - Materiais para o estudo contínuo em célula de coluna

Para realização do estudo em célula de coluna foram utilizados principalmente os seguintes equipamentos e materiais:

- . Silo alimentador de correia, sem marca, com 40 kg de capacidade;
- . 3 condicionadores de polpa, construídos em aço inoxidável AISI 316, dotados de três saídas em alturas diferentes, com capacidade máxima de 4,6 litros, montados em uma estrutura em cascata;
- . 1 bomba peristáltica marca Masterflex, modelo 7013, vazão máxima 0,3 ml/min, com mangueira de borracha silicone, acoplada a redutor de velocidade 1:2000 e variador mecânico de velocidade marca P.I.V. modelo Posiva;
- . 2 bombas peristálticas construídas no CDTN, vazão máxima 3 l/h, com mangueira de borracha silicone, acopladas a variadores eletrônicos de velocidade;
- . 2 bombas peristálticas construídas no CDTN, vazão máxima 60 l/h, acopladas a variadores de velocidade marca P.I.V., modelo Posiva;
- . 2 rotâmetros para ar, vazão 0,4 a 4,0 l/min, marca OMEL;
- . 3 rotâmetros para água, sendo 2 com vazão de 0 a 18 l/h e 1 com vazão de 0 a 36 l/h, marca OMEL;
- . 2 manômetros marca Willy, sendo 1 graduado de 0 a 15 psi e outro de 0 a 30 psi;
- . 1 válvula reguladora de pressão de ar, marca Devilbiss, faixa de pressão de 0 a 10 kgf/cm²;
- . 2 cronômetros marca Heur;
- . 2 colunas de flotação;
- . vidraria convencional de laboratório.

4.6 - Coluna de Flotação

A coluna de flotação construída e montada no CDTN é constituída de 5 peças de tubo de acrílico com 5,3 cm de diâmetro interno e comprimento unitário de 120 cm, uma peça de 60 cm e uma de 20 cm com orifício para alimentação de polpa. Além destas existe ainda a peça do sistema de aeração e descarga de rejeito com comprimento de 23 cm. Este conjunto de peças visa permitir variações na altura total da coluna e no ponto de alimentação de polpa. Na Figura 4.4 é possível observar os seguintes módulos:

- . **módulo 1 (m1):** construído em tubo de acrílico com 9,2 cm de diâmetro interno e comprimento de 23 cm, flangeado nas extremidades. O diâmetro maior permite a instalação do dispositivo aerador sem obstrução do fluxo de rejeito;
- . **módulo 2 (m2):** constitui a seção de concentração da coluna. Seu diâmetro interno é 5,3 cm e sua altura é ajustável pela introdução ou retirada de peças de 120 ou 60 cm;
- . **módulo 3 (m3):** destinado à alimentação de polpa que pode ser feita em 3 pontos diferentes de uma peça de 120 cm ou na de 20 cm de comprimento;
- . **módulo 4 (m4):** este módulo contém a interface polpa-espuma, a camada de espuma e a calha de concentrado.

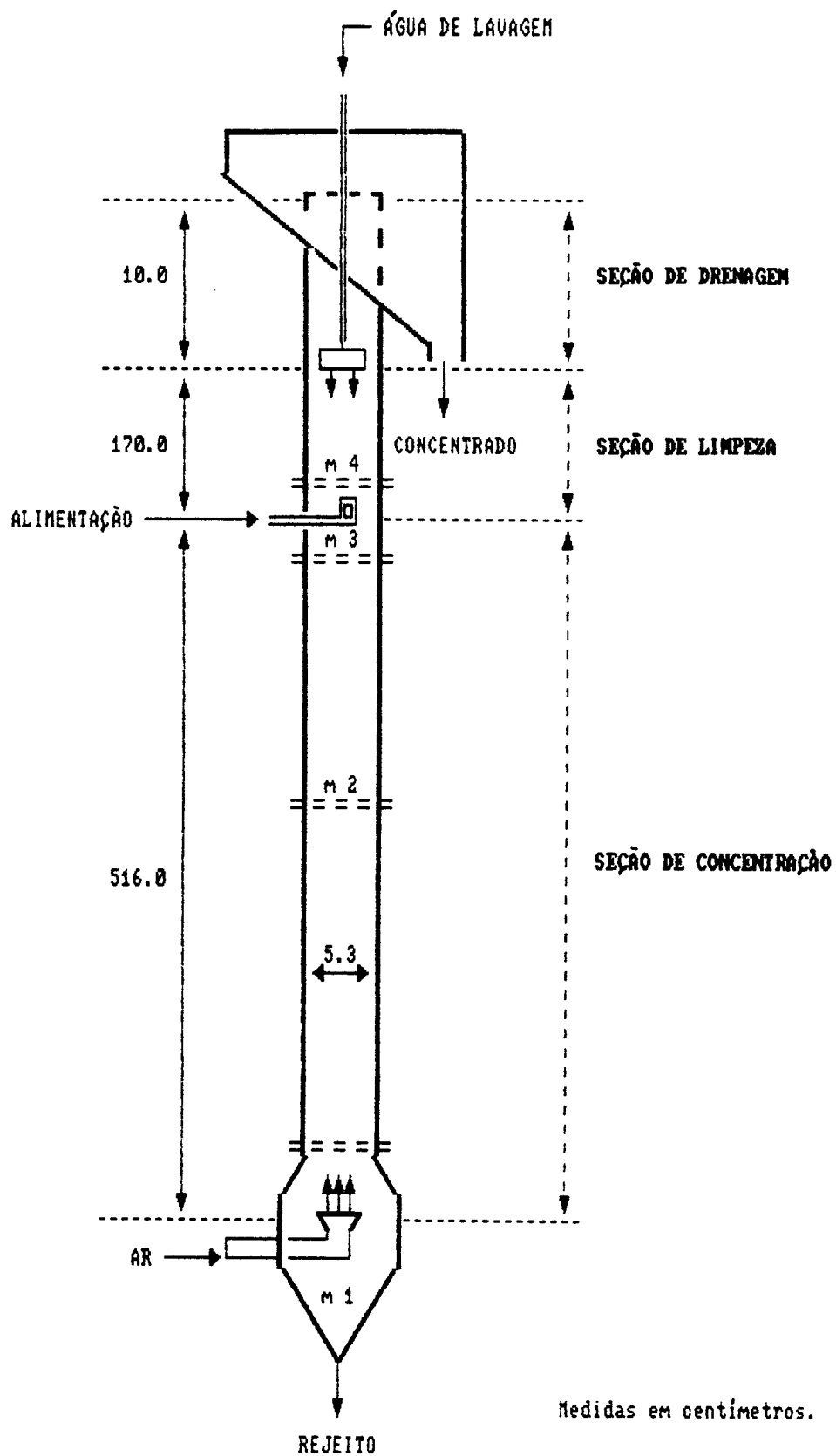


FIGURA 4.4 : REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA COLUNA DE FLOTAÇÃO.

O dispositivo aerador foi construído em tubo de PVC perfurado revestido de borracha microperfurada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos nas diversas etapas do estudo. Inicialmente será vista a caracterização mineralógica e granulométrica da amostra original, seguida dos ensaios de flotação em laboratório e em coluna. Finalmente será mostrada a caracterização dos produtos finais.

O trabalho experimental foi realizado com objetivo de definir as condições de processo e operacionais de flotação em célula de coluna, para obtenção de um produto de melhor qualidade quanto ao teor de cinzas, a partir do carvão metalúrgico estocado para futuro aproveitamento.

As variáveis de resposta e seus níveis ideais estabelecidos foram:

- . teor máximo de cinzas no concentrado: 14%;
- . recuperação de matéria carbonosa : a maior possível

Nestas condições, o produto obtido pode ser composto com o concentrado do 1º "rougher" e enviado às coquerias.

5.1 - Caracterização da Amostra

Para realização deste estudo foi recebida uma amostra de 3000 kg que, após o processo de preparação, foi caracterizada granulométrica, química e mineralogicamente.

5.1.1 - Análise granulométrica

A análise granulométrica do material foi determinada através de peneiramento combinado. A distribuição granulométrica e química dos elementos, apresentada na Tabela V.1, mostra a existência de material grosseiro (3,2% > 0,59mm) associado a uma quantidade significativa de material abaixo de 0,037mm (31,7%). Além disso, verifica-se que 43,7% das cinzas encontram-se na fração granulométrica menor que 0,037mm. Uma faixa granulométrica tão ampla indica a necessidade de descarte da fração menor que 0,037mm, eliminando as lamas prejudiciais à flotação. Entretanto, como a coluna de flotação apresenta bons resultados no tratamento de material com distribuição granulométrica ampla e de material ultrafino, decidiu-se por realizar os ensaios na granulometria original.

A distribuição de massa, cinzas e enxofre pirítico nas frações granulométricas, apresentada na Figura 5.1, mostra uma boa correlação entre elas.

TABELA U-1 : TEOR E DISTRIBUIÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS NAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA AMOSTRA ORIGINAL.

PENEIRA (malhas)		28	35	48	65	100	150	200	270	400	-400	ALIMENTAÇÃO
ABERTURA (µm)		590	490	297	210	149	105	74	53	37	-37	-
PESO (%)		3.2	6.8	6.9	9.2	12.4	11.0	7.1	5.9	5.8	31.7	100.0
ACUMULADA ACIMA (%)		3.2	10.0	16.9	26.1	38.5	49.5	56.6	62.5	68.3	100.0	-
T E O R (%)	UNIDADE	0.36	0.43	0.39	0.34	0.46	0.38	0.38	0.40	0.46	0.82	0.54
	CINZAS	11.22	8.00	9.70	10.27	12.91	14.40	16.51	18.38	22.65	22.74	16.48
	MATÉRIA VOLÁTIL	32.83	34.61	33.57	30.11	31.68	31.67	30.28	30.00	27.61	28.30	30.39
	CARBONO FIXO	55.95	57.39	56.73	59.62	55.41	55.93	53.21	51.62	49.74	47.41	52.85
	ENXOFRE ORGÂNICO	0.11	0.13	0.17	0.10	0.06	0.11	0.08	0.03	0.10	0.06	0.09
	ENXOFRE PIRÍTICO	0.56	0.31	0.34	0.34	0.41	0.50	0.87	1.25	1.37	0.15	0.46
	ENXOFRE SULFÁTICO	0.09	0.09	0.06	0.09	0.09	0.09	0.12	0.16	0.16	2.28	0.79
D I S T R I B. (%)	UNIDADE	2.2	7.7	12.7	18.6	29.3	37.1	42.1	46.5	51.5	100.0	-
	CINZAS	2.2	5.5	9.6	15.3	25.0	34.6	41.7	48.3	56.3	100.0	-
	MATÉRIA VOLÁTIL	3.5	11.2	18.8	27.9	40.8	2.3	59.4	65.2	70.5	100.0	-
	CARBONO FIXO	3.4	10.8	18.2	28.6	41.6	53.2	60.4	66.2	71.6	100.0	-
	ENXOFRE ORGÂNICO	4.1	14.5	28.3	39.1	47.8	62.0	68.7	70.8	77.6	100.0	-
	ENXOFRE PIRÍTICO	3.9	8.5	13.6	20.4	31.4	43.3	56.7	72.7	89.7	100.0	-
	ENXOFRE SULFÁTICO	0.4	1.2	1.7	2.7	4.1	5.4	6.5	7.7	8.9	100.0	-

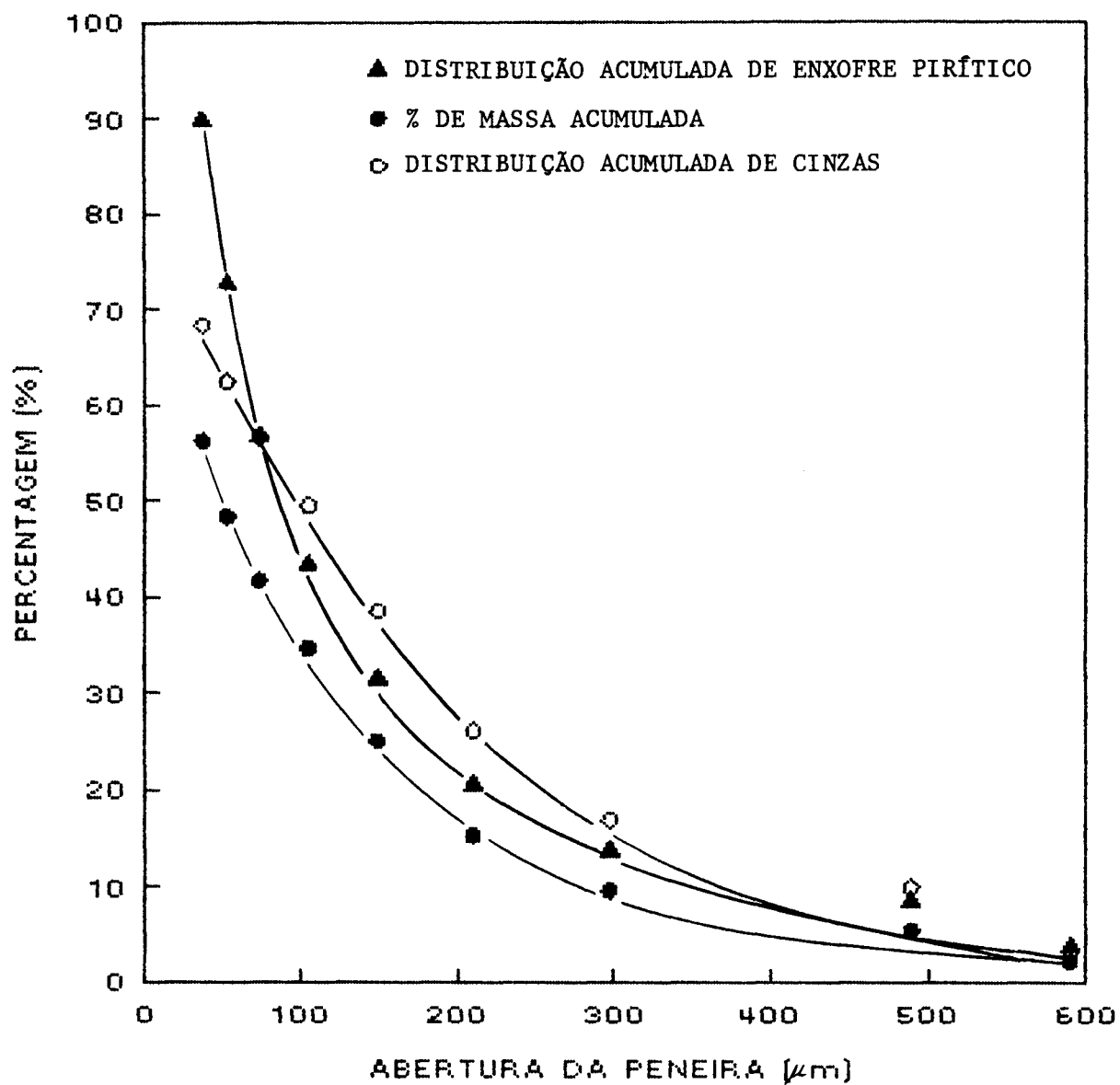


FIGURA 5.1 : DISTRIBUIÇÃO DE MASSA, CINZAS E ENXOFRE PIRÍTICO NAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS.

5.1.2 - Análise química

Na composição química da amostra original, apresentada na Tabela V.2 e na Figura 5.2, verifica-se que o teor de cinzas de 16,64% foi abaixo do esperado, ou seja, 18%. Além disso, o elevado teor de enxofre sulfático em relação ao pirítico indica a possibilidade da amostra ter sofrido um processo de oxidação.

Na Tabela V.3 está apresentada a composição química das cinzas. Nota-se a presença significativa de sílica, alumínio e ferro.

5.1.3 - Análise mineralógica

A composição da amostra e o grau de liberação dos macerais estão apresentados nas Tabelas V.4 e V.5. Estes resultados mostram que o maceral predominante é a vitrinita seguida pela inertinita e pela matéria mineral. Em relação ao grau de liberação, verifica-se que os minerais apresentam-se predominantemente liberados, o que indica a possibilidade de separação por processos físicos ou físico-químicos.

A Tabela V.6 apresenta os minerais da amostra, indicando a predominância de quartzo seguida de ganga argilosa.

TABELA U-2 : COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA AMOSTRA ORIGINAL.

ELEMENTO	TEOR (%)
CINZAS	16.64
UMIDADE	1.22
MATÉRIA VOLÁTIL	30.71
MATÉRIA CARBONOSA	83.36
CARBONO FIXO	52.65
ENXOFRE ORGÂNICO	0.08
ENXOFRE PIRÍTICO	0.45
ENXOFRE SULFÁTICO	0.83
ENXOFRE TOTAL	1.36
DENSIDADE (g/cm ³)	1.43

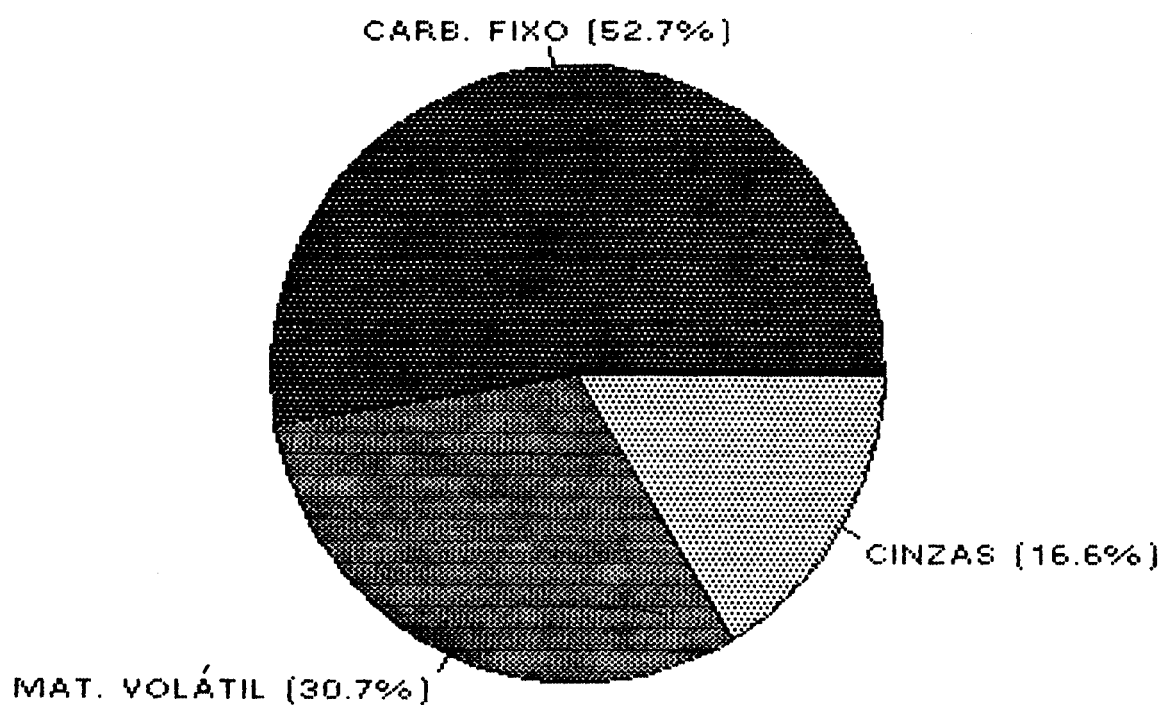


Fig. 5.2 : DIAGRAMA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA AMOSTRA.

TABELA U-3 : COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS CINZAS.

ELEMENTO	TEOR (%)
SiO ₂	54.23
Al ₂ O ₃	27.98
Fe ₂ O ₃	14.13
MgO	ND
Na ₂ O	0.27
K ₂ O	2.90
TiO ₂	0.002
MnO ₂	ND
P ₂ O ₅	0.47

TABELA U-4 : COMPOSICAO TOTAL DA AMOSTRA ORIGINAL.

MACERAL / MINERAL	CONCENTRACAO
VITRINITA	PREDOMINANTE
INERTINITA	MAIOR
EXINITA	MENOR
MINERAIS	MAIOR

TABELA U-5 : GRAU DE LIBERACAO DA AMOSTRA ORIGINAL.

MACERAL / MINERAL	LIBERACAO
VITRINITA	PREDOMINANTE
INERTINITA	MENOR
EXINITA	MENOR
PIRITA	MAIOR
TRANSPARENTES	PREDOMINANTE

Predominante : > 50 % ; Maior : > 10 < 50 % e Menor : < 10 %

TABELA U-6 : COMPOSIÇÃO DOS MINERAIS DA AMOSTRA ORIGINAL.

MINERAL	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	CONCENTRAÇÃO
QUARTZO	SiO_2	PREDOMINANTE
CAOLINITA	$\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$	MAIOR
MOSCOVITA	$\text{KAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	MENOR
GIPSO	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	MENOR
PIRITA	FeS_2	MENOR
TALCO	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$	MENOR
MARCASSITA	FeS_2	MENOR
GOETHITA	HFeO_2	TRAÇO

Predominante : > 30% ;

Maior : > 15 < 30 % ;

Menor : > 5 < 15 % ;

Traço : < 5 %

5.2 - Ensaio de Flotação em Laboratório

Os ensaios de flotação realizados em laboratório tiveram como objetivo definir as condições preliminares para os ensaios em coluna. Estes ensaios compreenderam as etapas "rougher" e "cleaner", sendo na etapa "rougher" estudadas as seguintes variáveis e níveis:

. tipo de coletor	: óleo diesel e querosene
. dosagem de óleo diesel (g/t)	: 0 a 970,9
. dosagem de querosene (g/t)	: 0 a 1130,8
. tipo de espumante	: óleo de pinho, MIBC e flotanol
. dosagem de espumante (g/t)	: 10 a 111,3
. tempo de condicionamento do coletor (min)	: 0,5 a 10
. % sólidos na flotação	: 2,9 a 29,2
. % sólidos no condicionamento	: 15,3 a 52,5
. tipo de depressor de ganga	: silicato de sódio, cloreto férico, collamil
. dosagem de depressor de ganga (g/t)	: 0 a 641,4
. rotação da célula (rpm)	: 1200 a 1550
. tempo de flotação (s)	: 15 a 300

Na etapa "cleaner" tentou-se diminuir o teor de cinzas no concentrado através de um estágio de limpeza.

As condições otimizadas de cada série de ensaios foram utilizadas na série subsequente. As condições e os resultados dos ensaios realizados em laboratório estão apresentados no Anexo I.

Devido ao valor extremamente baixo de pH (2,8) na polpa preparada com 15,4% de sólidos, não foi possível estudar os efeitos desta variável. A introdução de reagentes químicos necessários ao aumento do pH transformaria a flotação em salina, o que foge aos objetivos deste trabalho.

5.2.1 - Influência do tipo e dosagem de coletor

Os coletores testados, óleo diesel e querosene, foram adicionados, sem emulsificação, na polpa sob agitação. Os resultados variando o tipo e a dosagem, apresentados na Tabela V.7 e na Figura 5.3, mostram que a recuperação da matéria carbonosa aumenta com a dosagem de coletor enquanto o teor de cinzas permanece constante. Verifica-se também que o querosene é ligeiramente mais seletivo. Para dosagem da ordem de 950g/t e teor de cinzas no concentrado inferior a 13,7% obtém-se 69,5% de recuperação da matéria carbonosa utilizando o querosene e somente 60,0% com óleo diesel.

A partir da dosagem de 750g/t de querosene parece haver uma tendência de estabilização da recuperação da matéria

TABELA U-7 : INFLUÊNCIA DO TIPO E DOSAGEM DE COLETOR SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS, MATÉRIA CARBONOSA E ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

TESTE	DOSAGEM DE COLETOR (G/T)		TEOR (%)			RECUPERAÇÃO (%)			
	OLEO DIESEL	QUEROSENE	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO	MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO
1	-	-	13.58	86.42	0.52	27.4	22.0	28.4	22.1
2	97.2	-	13.69	86.31	0.44	36.3	28.6	37.9	22.2
3	290.7	-	13.32	86.68	0.46	45.8	35.8	47.9	43.3
4	388.4	-	13.82	86.18	0.56	47.0	37.2	49.1	43.7
5	581.8	-	13.86	86.14	0.52	52.1	42.0	54.2	52.1
6	780.0	-	14.27	85.73	0.54	52.9	42.9	55.0	52.9
7	970.9	-	13.72	86.28	0.56	57.9	46.5	60.3	57.5
8	-	187.0	13.31	86.69	0.49	48.1	38.1	50.1	50.8
9	-	281.5	13.12	86.88	0.49	55.9	43.9	58.3	58.6
10	-	374.8	13.10	86.90	0.48	57.3	46.3	59.4	59.4
11	-	560.9	13.13	86.87	0.49	60.2	47.8	62.7	56.5
12	-	754.7	13.16	86.84	0.49	64.8	51.7	67.4	66.2
13	-	938.2	13.18	86.82	0.49	66.9	52.5	69.8	66.9
14	-	1130.8	13.41	86.59	0.46	69.0	55.2	71.8	69.9

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES: . DOSAGEM DE ÓLEO DE PINHO (G/T) - 55.0
 . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NO CONDICIONAMENTO - 29.4
 . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA FLOTAÇÃO - 14.9
 . TEMPO DE RESIDÊNCIA NO CONDICIONAMENTO (MIN) - 3.0
 . TEMPO DE RESIDÊNCIA NA FLOTAÇÃO (MIN) - 3.0
 . ROTAÇÃO DA CÉLULA (RPM) - 1500

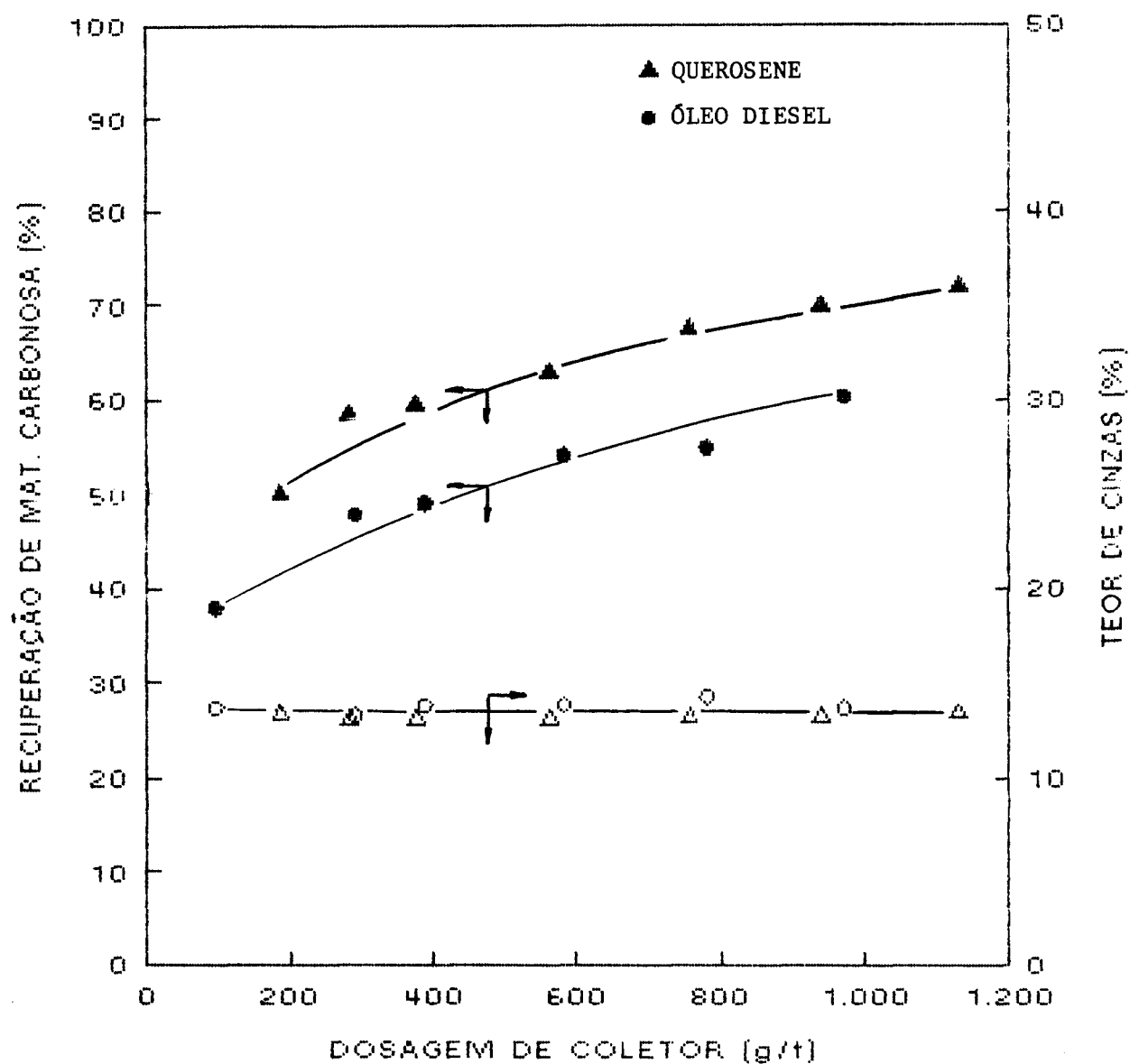


FIGURA 5.3 : INFLUÊNCIA DO TIPO E DOSAGEM DE COLETOR SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

carbonosa. Adotou-se este valor para realização da série seguinte de ensaios.

5.2.2 - Influência do tipo e dosagem de espumante

Para verificação do tipo e dosagem de espumante, foram realizados ensaios com óleo de pinho, MIBC e flotanol D-14B, na concentração de 10 a 100g/t, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela V.8 e na Figura 5.4.

Verifica-se que o tipo de espumante apresenta pouca influência sobre o teor de cinzas no concentrado, sendo ligeiramente maior quando é utilizado o flotanol. Entretanto, para qualquer dosagem, a recuperação é maior quando o flotanol é usado.

Considerando que dosagens de flotanol superiores a 40g/t apresentam uma tendência a estabilização dos valores de recuperação e que, para este nível, o teor de cinzas no concentrado é inferior ao limite de especificação, este reagente, nesta dosagem, foi selecionado para utilização nos ensaios subsequentes.

5.2.3 - Influência do tempo de condicionamento do coletor

Na Tabela V.9 e na Figura 5.5 encontram-se os resultados dos ensaios realizados para verificar a influência do tempo de

TABELA V-8 : INFLUÊNCIA DO TIPO E DOSAGEM DE ESPUMANTE SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS, MATÉRIA CARBONOSA E ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

TESTE	TIPO DE ESPUMANTE	DOSAGEM DE ESPUMANTE (G/T)	TEOR (%)			RECUPERAÇÃO (%)			
			CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO	MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO
15	OLEO DE PINHO	10.7	12.00	88.00	0.31	16.4	11.6	17.4	9.8
16		21.3	12.02	87.98	0.43	24.4	17.6	25.8	19.6
17		32.2	12.28	87.72	0.49	31.8	23.6	33.4	28.9
18		42.6	12.50	87.50	0.46	47.4	35.0	49.9	44.4
19		73.8	13.21	86.79	0.69	64.1	49.8	67.0	68.4
20		106.7	13.51	86.49	0.52	71.6	57.4	74.4	72.8
21	MIBC	11.1	12.01	87.99	0.26	15.1	11.0	15.9	8.3
22		22.2	12.72	87.28	0.29	19.2	14.4	20.1	10.8
23		33.2	11.59	88.41	0.36	30.9	21.5	32.8	22.4
24		44.1	11.80	88.20	0.41	44.3	31.0	46.9	34.8
25		111.3	12.12	87.88	0.41	64.7	47.7	68.0	54.0
26	FLOTANOL	10.7	12.76	87.24	0.38	28.0	21.3	29.4	22.8
27		21.3	13.01	86.99	0.52	50.7	39.1	53.1	52.2
28		32.2	13.82	86.18	0.48	61.8	50.4	64.1	61.3
29		43.1	13.33	86.67	0.48	68.1	54.2	70.8	67.6
30		74.5	13.46	86.54	0.51	72.2	57.8	75.1	73.0
31		110.1	14.14	85.86	0.52	77.6	63.0	80.7	73.2

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSENE (G/T) - 725.0
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NO CONDICIONAMENTO - 30.4
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA FLOTAÇÃO - 15.4
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NO CONDICIONAMENTO (MIN) - 3.0
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NA FLOTAÇÃO (MIN) - 3.0
- . ROTAÇÃO DA CÉLULA (RPM) - 1300

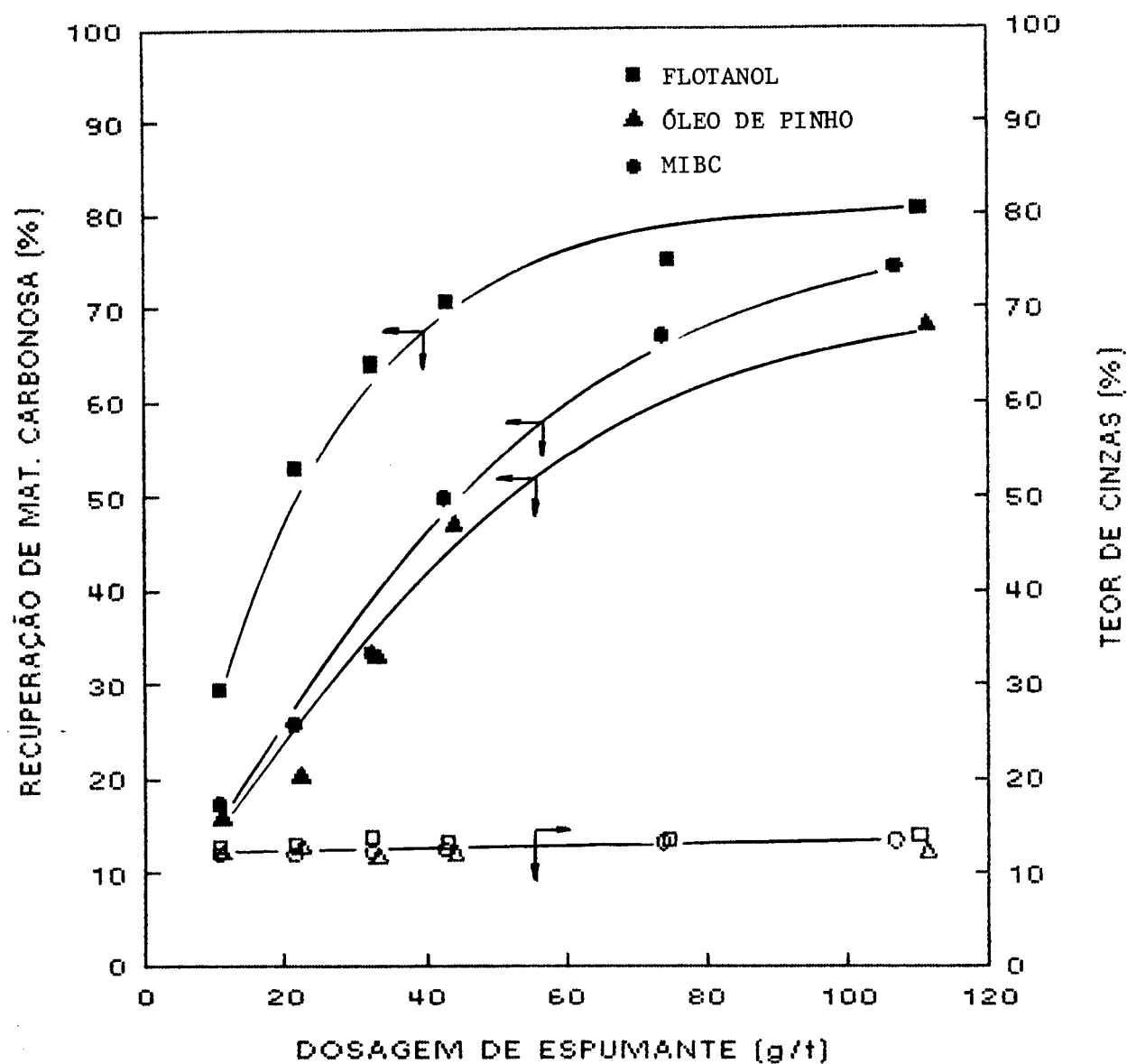


FIGURA 5.4 : INFLUÊNCIA DO TIPO E DOSAGEM DE ESPUMANTE SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TABELA V-9 : INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS, MATÉRIA CARBONOSA E ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

TESTE	TEMPO DE CONDICIONAMENTO (MIN)	TEOR (%)			RECUPERAÇÃO (%)			
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO	MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO
32	0.5	13.11	86.89	0.43	63.3	50.1	65.9	64.4
33	1.0	12.80	87.20	0.44	66.6	51.7	69.6	61.1
34	1.5	12.84	87.16	0.39	69.2	53.3	72.4	68.2
35	2.0	13.12	86.88	0.43	70.3	56.9	72.9	64.2
36	3.0	12.98	87.02	0.48	69.4	54.7	72.3	70.3
37	5.0	12.62	87.38	0.44	67.5	51.5	70.6	65.5
38	7.0	13.07	86.93	0.48	71.4	55.9	74.5	68.1
39	10.0	13.24	86.76	0.56	71.5	57.1	74.4	74.6

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSENE (G/T) - 718.0
- . DOSAGEM DE FLOTAOL (G/T) - 42.0
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NO CONDICIONAMENTO - 30.9
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA FLOTAÇÃO - 15.5
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NA FLOTAÇÃO (MIN) - 3.0

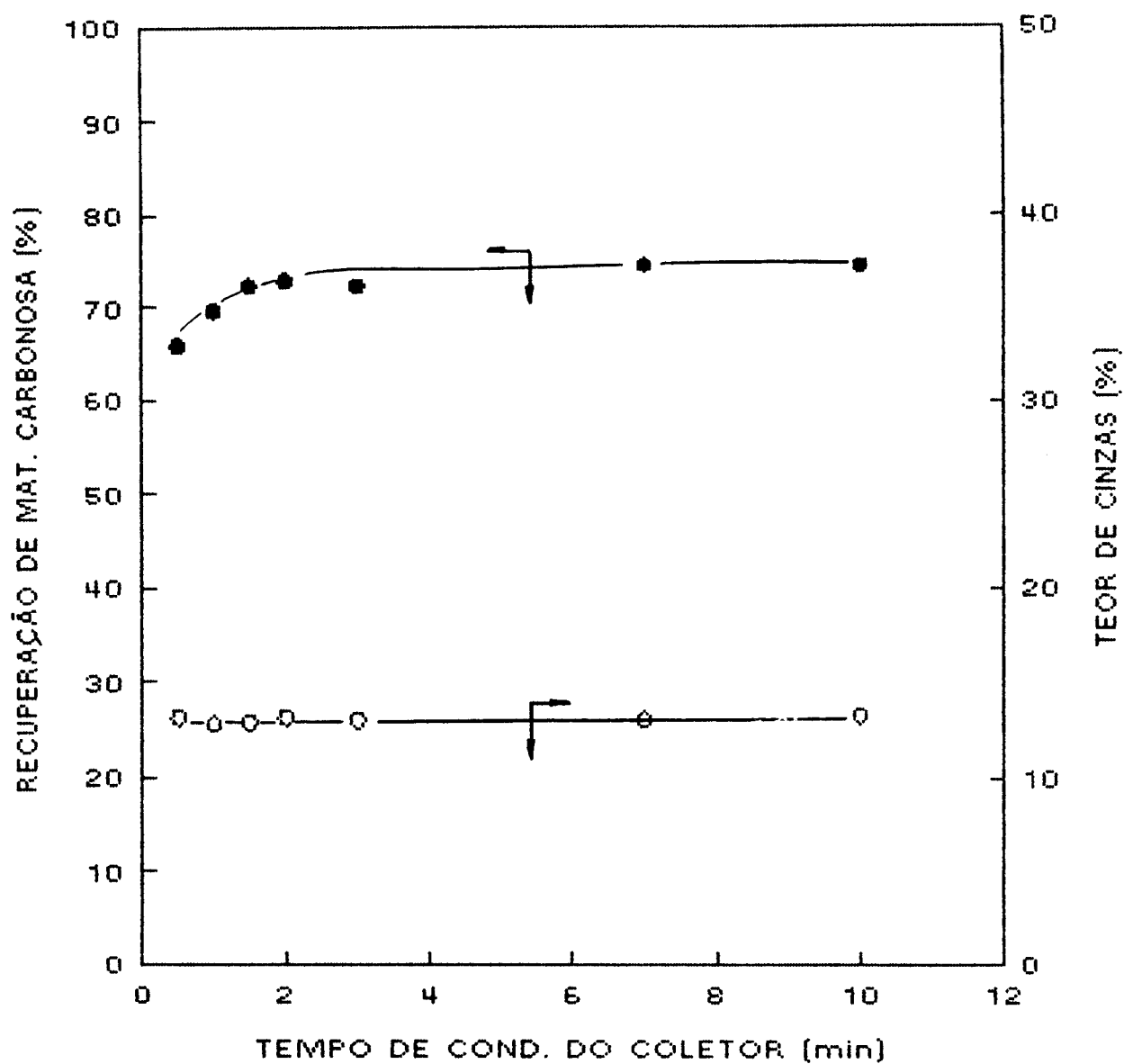


FIGURA 5.5 : INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

condicionamento do coletor sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa no concentrado. Estes resultados mostram que a recuperação da matéria carbonosa é crescente com o tempo de condicionamento do coletor até 2 minutos, a partir do qual se estabiliza. O teor de cinzas no concentrado não foi sensível a esta variável.

Para garantir o adequado condicionamento do coletor foi selecionado o tempo de 3 minutos para realização dos ensaios subsequentes.

5.2.4 - Influência do conteúdo de sólidos na flotação

Os ensaios realizados com objetivo de verificar a influência do conteúdo de sólidos na flotação sobre o teor de cinzas e recuperação da matéria carbonosa, apresentados nas Tabelas V.10 e na Figura 5.6, mostram que o teor de cinzas no concentrado cresce discretamente com a percentagem de sólidos.

A recuperação da matéria carbonosa cresce com o conteúdo de sólidos até aproximadamente 15,3%, a partir da qual decresce significativamente.

O conteúdo de 15,3% de sólidos na polpa de flotação foi selecionado para execução dos ensaios posteriores.

TABELA U-10 : INFLUÊNCIA DO CONTEÚDO DE SÓLIDOS NA FLOTAÇÃO SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS, MATÉRIA CARBONOSA E ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

TESTE	% DE SÓLIDOS	TEOR (%)			RECUPERAÇÃO (%)			
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO	MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO
40	2.9	12.67	87.33	0.28	12.0	9.1	12.6	6.6
41	4.9	12.45	87.55	0.38	27.9	20.7	29.3	23.4
42	8.7	12.32	87.68	0.46	55.4	40.7	58.3	56.5
43	10.5	12.53	87.47	0.46	62.0	46.3	65.2	58.5
44	12.7	12.88	87.12	0.48	64.5	48.1	68.0	64.2
45	15.3	13.02	86.98	0.36	70.0	54.1	73.3	71.2
46	18.3	14.35	85.65	0.38	69.8	58.6	72.1	69.3
47	23.9	14.19	85.81	0.39	66.1	56.4	68.0	63.9
48	29.2	14.97	85.03	0.38	58.5	53.7	59.4	56.6

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSINI (G/T) - 730.5
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NO CONDICIONAMENTO - 30.2
- . DOSAGEM DE FLOTANOL (G/T) - 42.5
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NO CONDICIONAMENTO (MIN) - 3.0
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NA FLOTAÇÃO (MIN) - 3.0
- . ROTAÇÃO DA CÉLULA (RPM) - 1300

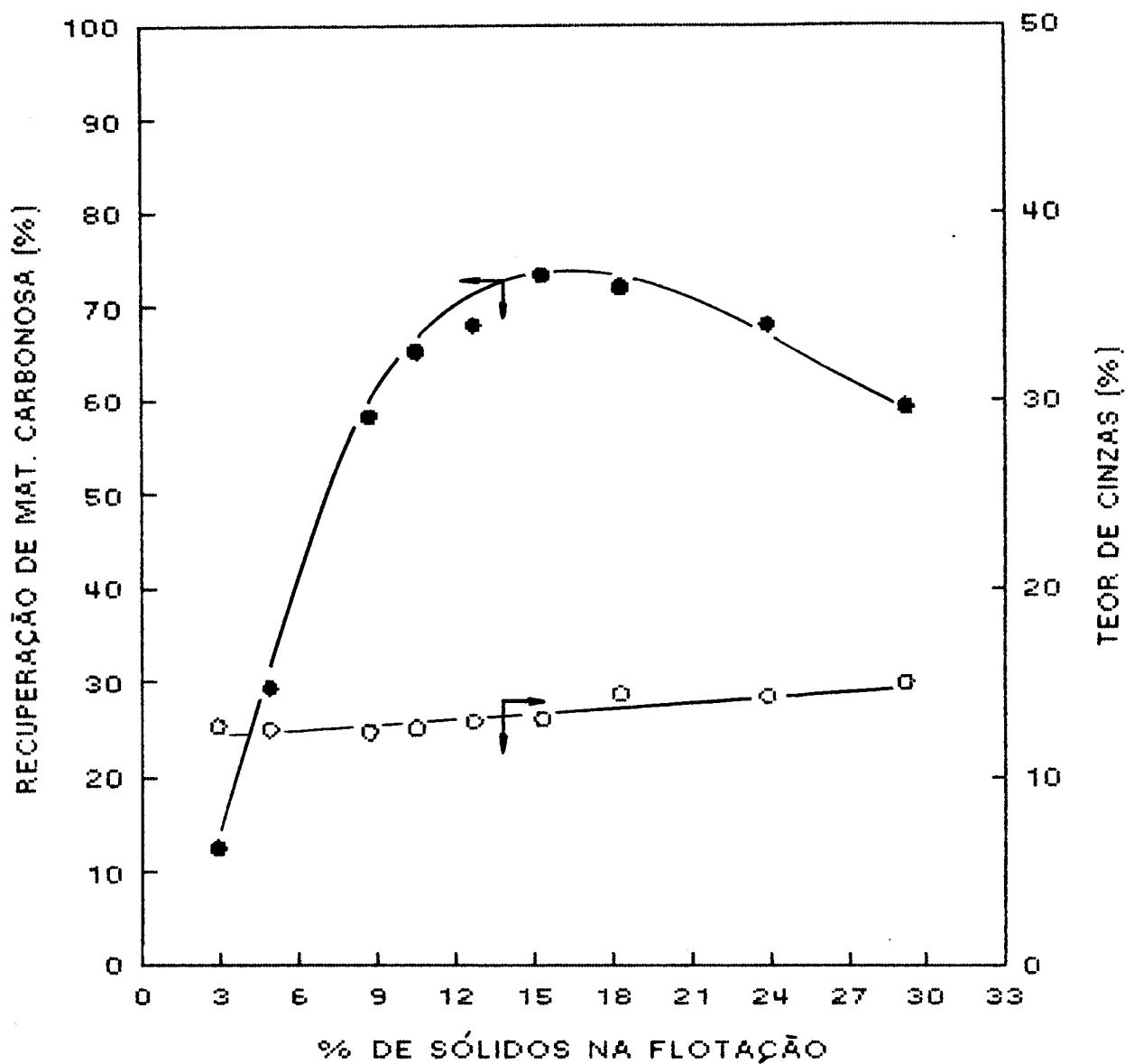


FIGURA 5.6 : INFLUÊNCIA DO CONTEÚDO DE SÓLIDOS NA FLOTAÇÃO SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

5.2.5 - Influência do conteúdo de sólidos no condicionamento do coletor

Na Tabela V.11 e na Figura 5.7 estão apresentados os resultados dos ensaios realizados com objetivo de avaliar a influência do conteúdo de sólidos no condicionamento do coletor. Estes resultados mostram que a recuperação da matéria carbonosa no concentrado cresce até um valor de aproximadamente 28,4% de sólidos, a partir do qual se estabiliza. O teor de cinzas não foi sensível a esta variável.

O conteúdo de 30,2% no condicionamento do coletor foi adotado para realização da série de ensaios subsequente.

5.2.6 - Influência do tipo e dosagem de depressor de ganga

Para verificar a influência do tipo e dosagem de depressor de ganga foram testados silicato de sódio, collamil e cloreto férrico nas dosagens de 0 a 600 g/t conforme apresentado na Tabela V.12 e nas Figuras 5.8 e 5.9.

Os resultados destes ensaios mostram que o teor de cinzas no concentrado não foi sensível a nenhum dos depressores testados. A adição de collamil acarretou uma redução na recuperação da matéria carbonosa e do enxofre pirítico.

TABELA U-11 : INFLUÊNCIA DO CONTEÚDO DE SÓLIDOS NO CONDICIONAMENTO SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS, MATÉRIA CARBONOSA E ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

TESTE	% DE SÓLIDOS	TEOR (%)			RECUPERAÇÃO (%)			
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO	MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO
49	15.3	12.89	87.11	0.43	61.9	48.1	64.6	61.9
50	21.8	13.13	86.87	0.41	63.8	49.4	66.7	63.8
51	28.4	13.11	86.89	0.43	68.0	54.0	70.8	67.5
52	35.7	12.96	87.04	0.39	69.0	53.9	72.0	66.8
53	43.8	13.24	86.76	0.39	69.7	55.1	72.6	66.1
54	52.5	13.01	86.99	0.46	64.8	51.0	67.5	66.3

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSINE (G/T) - 730.4
- . DOSAGEM DE FLOTANOL (G/T) - 42.5
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA FLOTAÇÃO - 15.5
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NO CONDICIONAMENTO (MIN) - 3.0
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NA FLOTAÇÃO (MIN) - 3.0
- . ROTAÇÃO DA CÉLULA (RPM) - 1300

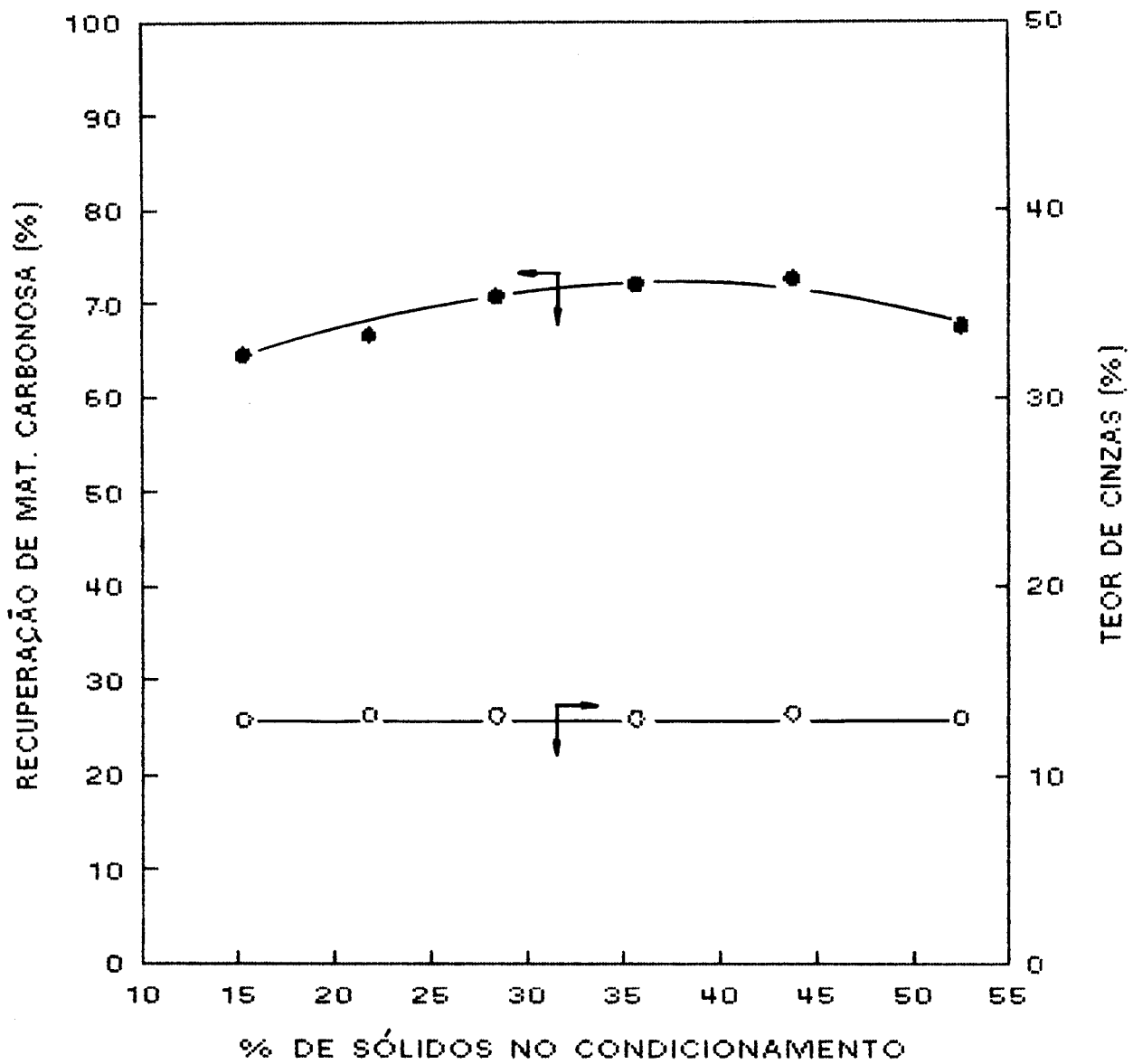


FIGURA 5.7 : INFLUÊNCIA DO CONTEÚDO DE SÓLIDOS NO CONDICIONAMENTO SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TABELA V-12 : INFLUÊNCIA DO TIPO E DOSAGEM DE DEPRESSOR DE GANGA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS, MATÉRIA CARBONOSA E ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

TESTE	TIPO DE DEPRESSOR	DOSAGEM DE DEPRESSOR (G/T)	TEOR (%)			RECUPERAÇÃO (%)			
			CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO	MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO
55	-	-	13.33	86.67	0.44	72.8	57.7	75.9	71.1
56	SILICATO DE SÓDIO	51.3	13.17	86.83	0.43	71.8	56.6	74.6	68.5
57		214.0	13.13	86.87	0.41	75.1	59.1	78.3	68.4
58		319.7	13.30	86.70	0.43	74.3	59.0	77.4	67.8
59		426.9	13.32	86.68	0.42	73.4	58.5	76.4	67.1
60		641.4	13.07	86.93	0.40	71.0	55.9	74.0	64.5
61	COLLANIL	52.8	12.49	87.51	0.44	73.9	47.4	64.7	58.7
62		210.7	13.10	86.90	0.44	67.4	53.4	70.1	66.4
63		315.7	12.97	87.03	0.46	63.6	50.9	66.1	62.6
64		420.7	13.30	86.70	0.46	61.4	50.0	63.6	60.3
65		527.9	12.72	87.28	0.41	58.5	45.9	61.0	59.7
66	CLORETO FÉRRICO	52.7	12.88	87.12	0.44	71.2	51.4	68.0	63.8
67		211.1	12.68	87.32	0.43	70.1	54.7	73.1	65.6
68		316.1	13.35	86.65	0.44	69.9	55.9	72.7	66.7
69		420.7	12.79	87.21	0.43	70.0	54.6	73.0	67.2
70		525.5	13.16	86.84	0.43	69.0	54.3	72.0	65.8
71		632.2	12.82	87.18	0.43	68.6	54.0	71.5	64.4

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSINE (G/T) - 725.4
- . DOSAGEM DE FLOTANOL (G/T) - 42.5
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NO CONDICIONAMENTO (MIN) - 5.0
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NA FLOTAÇÃO (MIN) - 3.0
- . ROTAÇÃO DA CÉLULA (RPM) - 1300

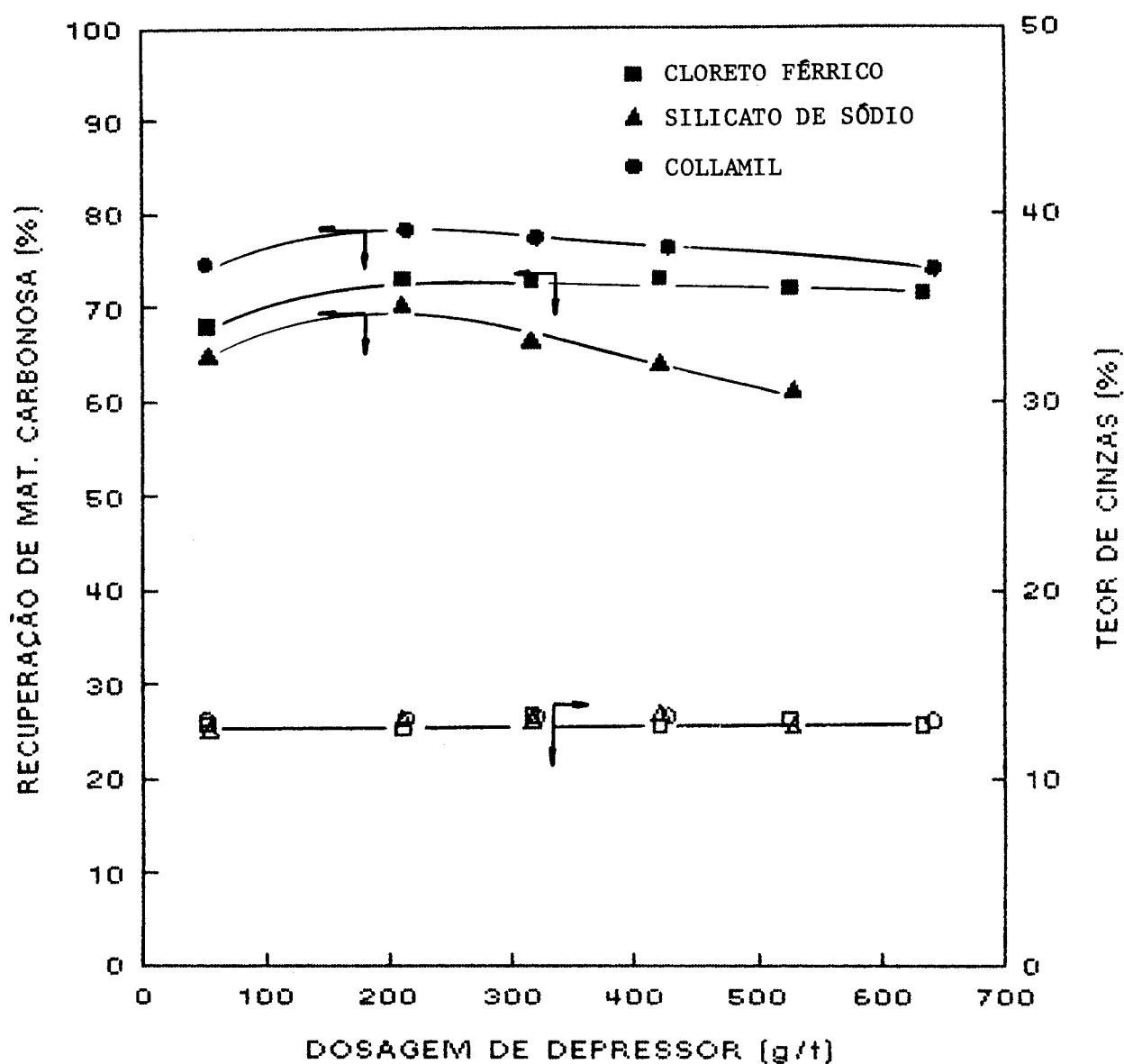


FIGURA 5.8 : INFLUÊNCIA DO TIPO E DOSAGEM DOS DEPRESSORES DE GANGA SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

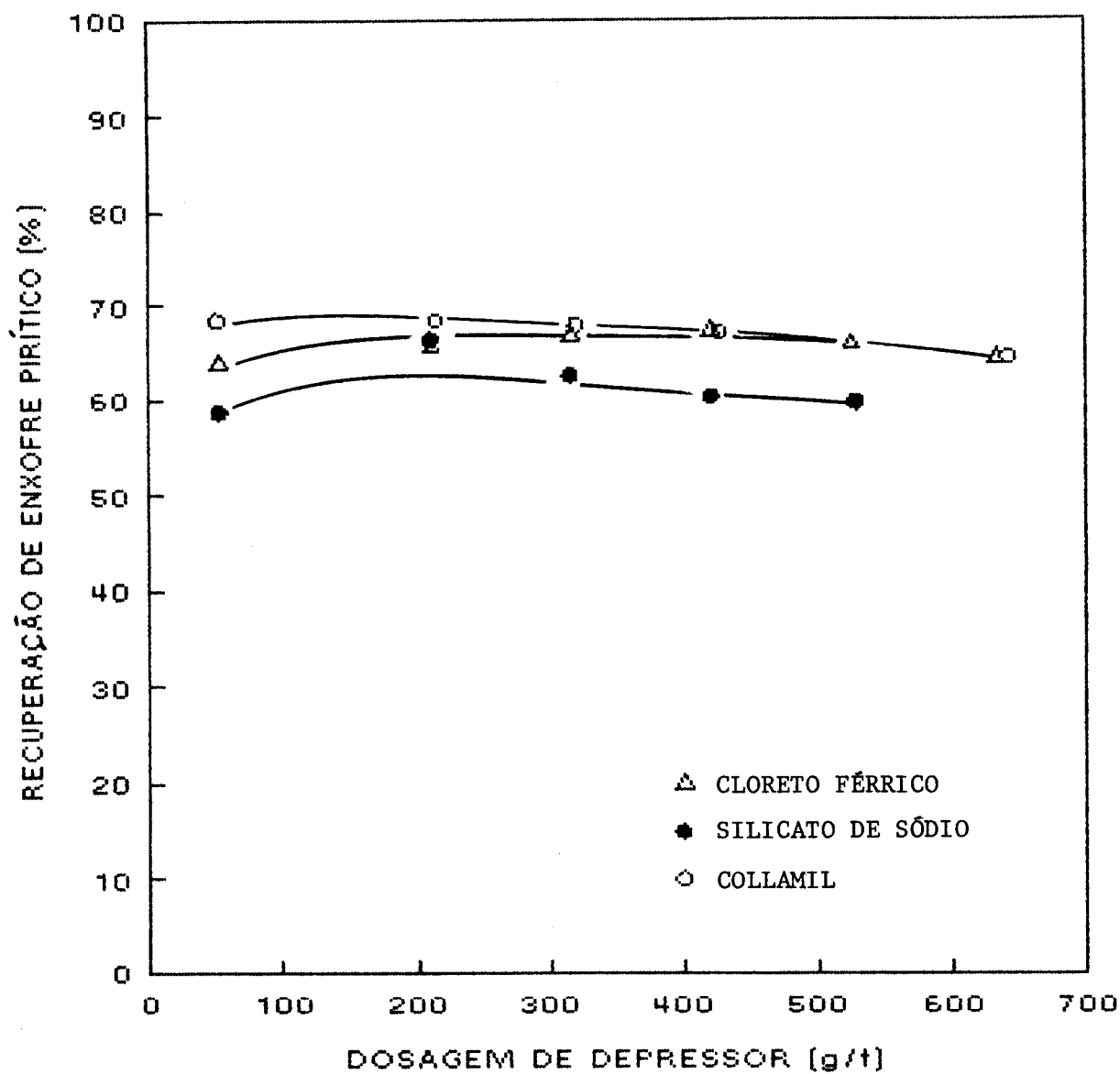


FIGURA 5.9 : INFLUÊNCIA DO TIPO E DOSAGEM DOS DEPRESSORES DE GANGA SOBRE A RECUPERAÇÃO DE ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

Entretanto, esta redução é decorrente da queda da recuperação de massa, o que indica uma depressão não seletiva.

Diante desses resultados optou-se por não utilizar os depressores de ganga no estudo de flotação em célula de coluna.

5.2.7 - Estudo cinético

O estudo cinético realizado teve como objetivo estabelecer uma equação matemática que permitisse a determinação da recuperação de matéria carbonosa e cinzas em função do tempo de flotação.

A flotação pode, em geral, ser estudada como um processo de cinética de primeira ordem, quando se considera como parâmetro a quantidade de material flotado. A flotação de carvão não obedece a um comportamento tão simples, pois a ordem de reação varia no decorrer do processo. Entretanto, para pequenos intervalos de tempo é possível obter-se as constantes cinéticas através da utilização destes modelos.

Os ensaios de cinética foram realizados em célula mecânica, com coleta de incrementos de material flotado em diferentes tempos. As constantes cinéticas foram determinadas considerando que a flotação, no intervalo de 15 a 180

segundos, obedece a uma equação de cinética de primeira ordem:

$$R = R_{\infty} [1 - \exp \{-k(t+\theta)\}] \quad (5.1)$$

onde:

R = recuperação ao final do tempo t

R_{∞} = recuperação ideal após um tempo teoricamente infinito

K = constante cinética de primeira ordem

t = tempo de flotação

θ = fator de correção do tempo

O tempo ideal de flotação foi definido como aquele que maximiza a diferença entre a recuperação da matéria carbonosa (mc) e da ganga (c), dado por:

$$t = \frac{\ln(R_{\infty\langle mc \rangle} \times K_{\langle mc \rangle} / R_{\infty\langle c \rangle} \times K_{\langle c \rangle}) - K_{\langle mc \rangle} \times \theta_{\langle mc \rangle} + K_{\langle c \rangle} \times \theta_{\langle c \rangle}}{K_{\langle mc \rangle} - K_{\langle c \rangle}} \quad (5.2)$$

onde:

t = tempo ideal de flotação

$R_{\infty\langle mc \rangle}$ = recuperação ideal de matéria carbonosa após um tempo teoricamente infinito.

$K_{\langle mc \rangle}$ = constante cinética de primeira ordem da matéria carbonosa

$R_{\infty\langle c \rangle}$ = recuperação de cinzas após um tempo teoricamente infinito

$K_{\langle c \rangle}$ = constante cinética de primeira ordem das cinzas

$\theta_{\langle mc \rangle}$ = fator de correção do tempo de flotação da matéria carbonosa

$\theta_{\langle c \rangle}$ = Fator de correção do tempo de flotação das cinzas

Os resultados destes ensaios, apresentados na Tabela V-13 e na Figura 5.10, mostram que as constantes cinéticas, obtidas através da aplicação da equação (5.1), para a matéria carbonosa e as cinzas, foram $0,0163$ e $0,011 \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

Estas constantes, relativamente próximas, indicam a dificuldade de separação, e o elevado grau de oxidação da matéria carbonosa, o que prejudica a seletividade do processo. O tempo de flotação que maximiza a diferença entre a recuperação da matéria carbonosa e das cinzas, calculado pela equação (5.2), foi de 1,3 min.

Na Figura 5.11 estão apresentadas as recuperações acumuladas de cinzas e matéria carbonosa em função do tempo. Verifica-se que a recuperação é crescente até o tempo de 3,0 minutos, a partir do qual tende a estabilizar. Considerando o limite de especificação do teor de cinzas no concentrado igual a 14% e a necessidade econômica de obtenção de recuperações maiores, o tempo de 3 minutos de flotação foi escolhido.

5.2.8 - Influência da rotação da célula

Analisando os resultados obtidos nas séries anteriores de ensaios, foram selecionados novos níveis para adição de reagentes e introduzida uma etapa adicional de

TABELA U-13 : RESULTADOS DO ESTUDO CINÉTICO DA FLOTAÇÃO.

TEMPO (s)	% PESO	CINZAS						MATÉRIA CARBONOSA					
		TEOR (%)	TEOR ACUM. (%)	RECUPE- RAÇÃO (%)	REC. ACUM. (%)	$\frac{RI-R}{RI}$	$\ln \frac{RI-R}{RI}$	TEOR (%)	TEOR ACUM. (%)	RECUPE- RAÇÃO (%)	REC. ACUM. (%)	$\frac{RI-R}{RI}$	$\ln \frac{RI-R}{RI}$
15	29.3	11.63	11.63	21.0	21.0	0.7325	-0.3113	88.37	88.37	30.9	30.9	0.6508	-0.4295
30	18.8	13.59	12.40	15.7	36.7	0.5325	-0.6302	86.41	87.60	19.4	50.3	0.4316	-0.8402
45	12.7	13.65	12.66	10.7	47.4	0.3962	-0.9259	86.35	87.34	13.1	63.4	0.2836	-1.2601
60	7.7	14.57	12.89	6.9	54.3	0.3083	-1.1767	85.43	87.12	7.9	71.3	0.1944	-1.6381
90	7.3	16.40	13.22	7.4	61.7	0.2140	-1.5417	83.60	86.78	7.3	78.6	0.1119	-2.1905
120	3.3	19.00	13.46	3.9	65.6	0.1643	-1.8059	81.00	86.54	3.2	81.8	0.0757	-2.5809
150	1.9	21.46	13.65	2.5	68.1	0.1325	-2.0213	78.54	86.35	1.8	83.6	0.0554	-2.8938
180	1.1	23.99	13.79	1.6	69.7	0.1121	-2.1883	76.01	86.21	1.0	84.6	0.0441	-3.1220
240	1.2	24.92	13.95	1.8	71.5	0.0892	-2.4172	75.08	86.05	1.1	85.7	0.0316	-3.4534
300	0.6	26.86	14.04	1.0	72.5	0.0764	-2.5713	73.14	85.96	0.5	86.2	0.0260	-3.6501
REJEITO	16.1	27.73	16.24	27.5	100.0	-	-	72.27	83.76	13.8	100.0	-	-
ALIMENTAÇÃO	100.0	16.24	-	100.0	-	-	-	83.76	-	100.0	-	-	-
EQUAÇÃO		$R = 78.5 \{1 - \exp[-0.011(t+32.96)]\}$ $R_{\infty} = 78.5 \quad K = 0.011 \text{ s}^{-1}$						$R = 88.5 \{1 - \exp[-0.0163(t+29.00)]\}$ $R_{\infty} = 88.5 \quad K = 0.0163 \text{ s}^{-1}$					

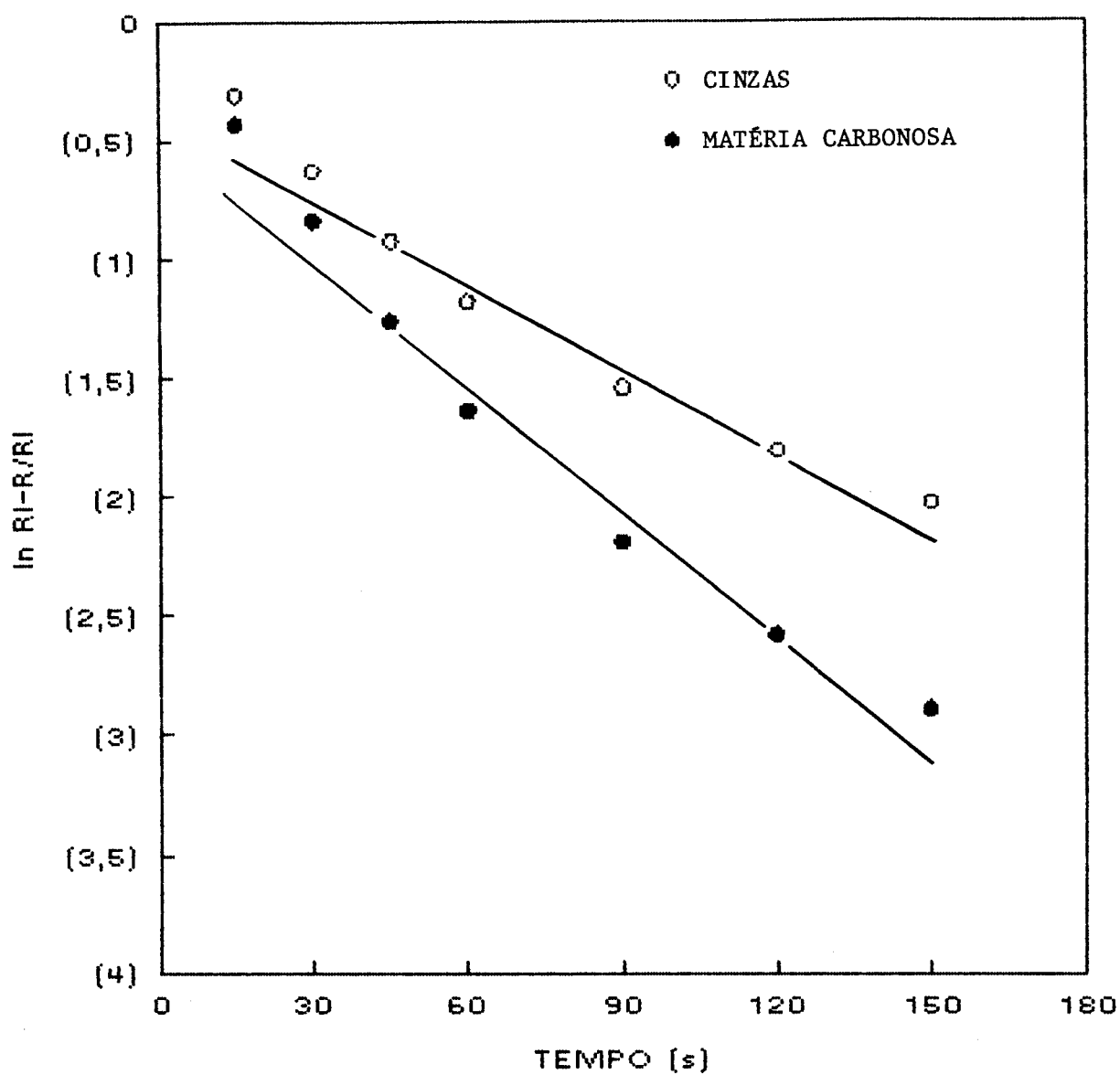


FIGURA 5.10 : CURVA DE DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES CINÉTICAS.

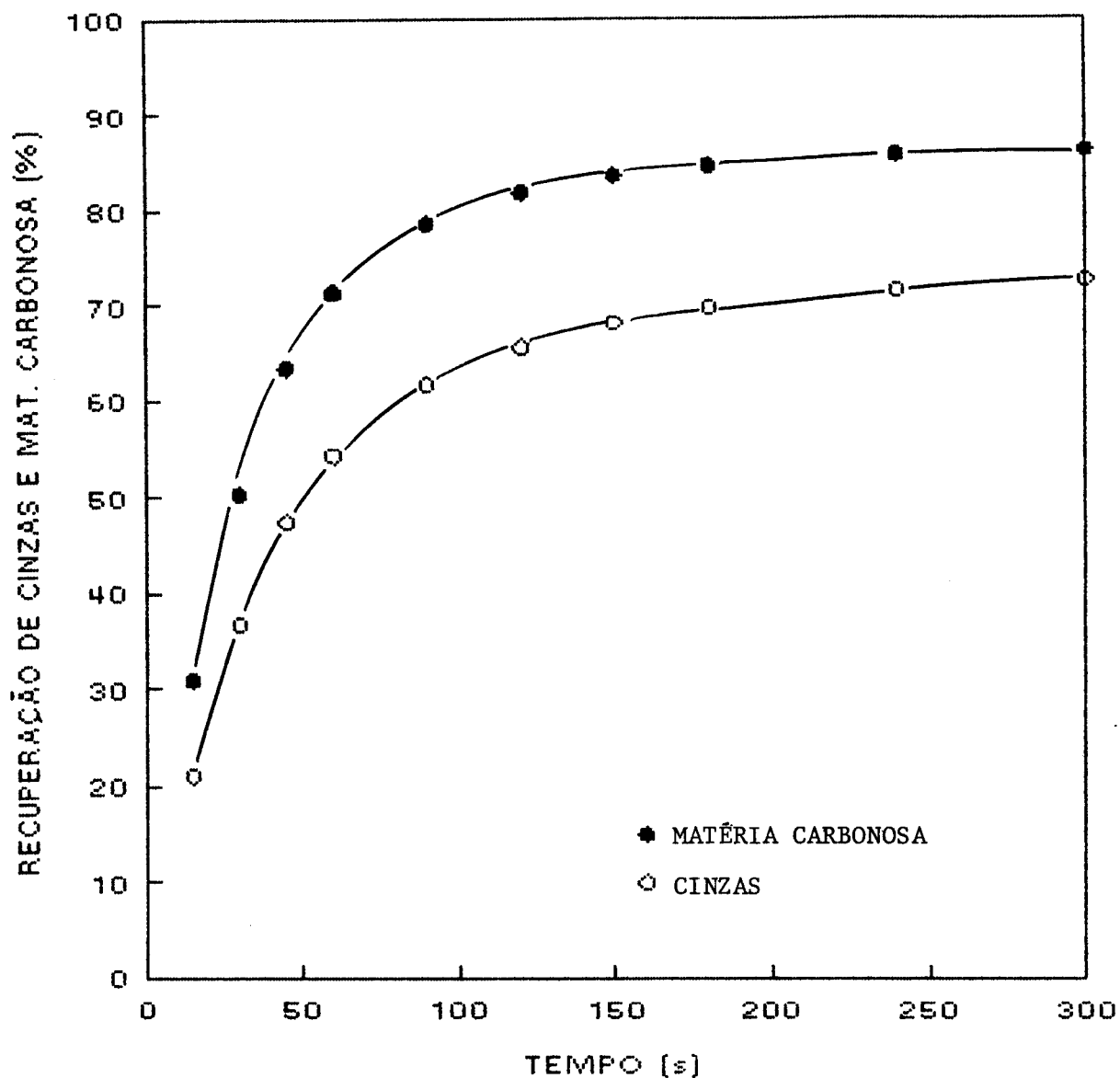


FIGURA 5.11 : EFEITO DO TEMPO DE FLOTAÇÃO SOBRE A RECUPERAÇÃO ACUMULADA DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

condicionamento, destinada a promover o molhamento do material.

A Tabela V.14 e a Figura 5.12 mostram a influência da velocidade de rotação da célula sobre o teor de cinzas e a recuperação da matéria carbonosa no concentrado. Verifica-se que tanto o teor de cinzas quanto a recuperação são ligeiramente crescentes com a velocidade de rotação.

5.2.9 - Ensaio nas melhores condições

As melhores condições obtidas no estudo em escala de laboratório foram:

a. condicionamento-1

- . tempo de molhamento do carvão (min): 5,0
- . conteúdo de sólidos (%) : 30,4
- . rotação da célula (rpm) : 1300

b. condicionamento-2

- . querosene (g/t) : 902,9
- . flotanol D-14B (g/t) : 74,4
- . conteúdo de sólidos (%) : 30,4
- . tempo de condicionamento (min) : 3,0
- . rotação da célula (rpm) : 1300

TABELA U-14 : INFLUÊNCIA DA ROTAÇÃO DA CÉLULA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS, MATÉRIA CARBONOSA E ENXOFRE PIRÍTICO NO CONCENTRADO.

TESTE	ROTAÇÃO (RPM)	TEOR (%)			RECUPERAÇÃO (%)			
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO	MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	ENXOFRE PIRÍTICO
72	1200	12.68	87.32	0.51	80.7	61.4	84.5	74.2
73	1300	13.67	86.33	0.49	82.9	68.0	85.7	76.1
74	1400	13.89	86.11	0.57	84.2	69.0	87.2	82.6
75	1550	14.01	85.99	0.49	84.7	70.7	87.5	76.8

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUIROSENE (G/T) - 986.8
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NO CONDICIONAMENTO - 30.2
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA FLOTAÇÃO - 15.4
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NO CONDICIONAMENTO (MIN) - 3.0
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA NA FLOTAÇÃO (MIN) - 3.0
- . DOSAGEM DE FLOTANOL (G/T) - 74.7

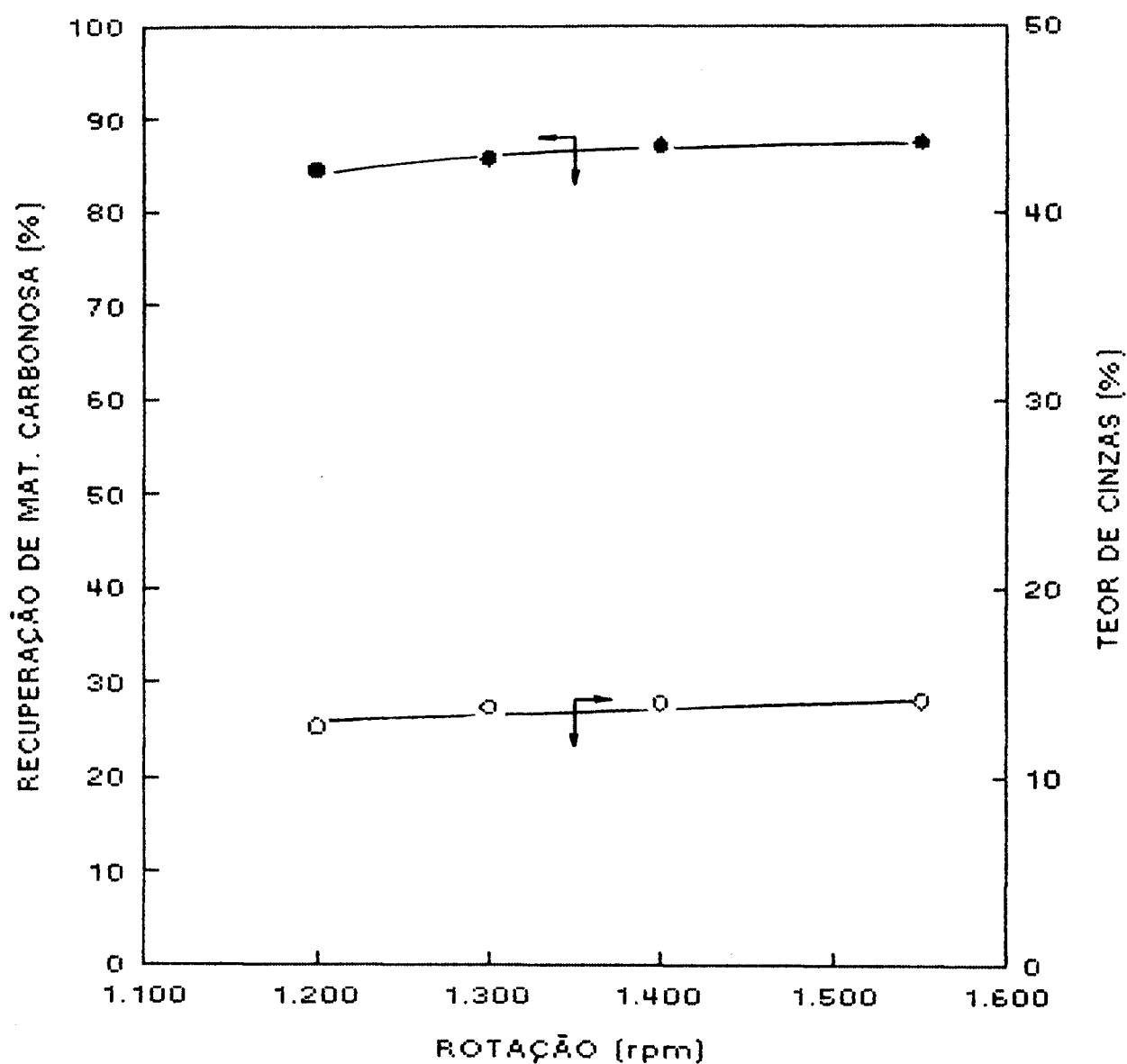


FIGURA 5.12 : EFEITO DA ROTAÇÃO SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

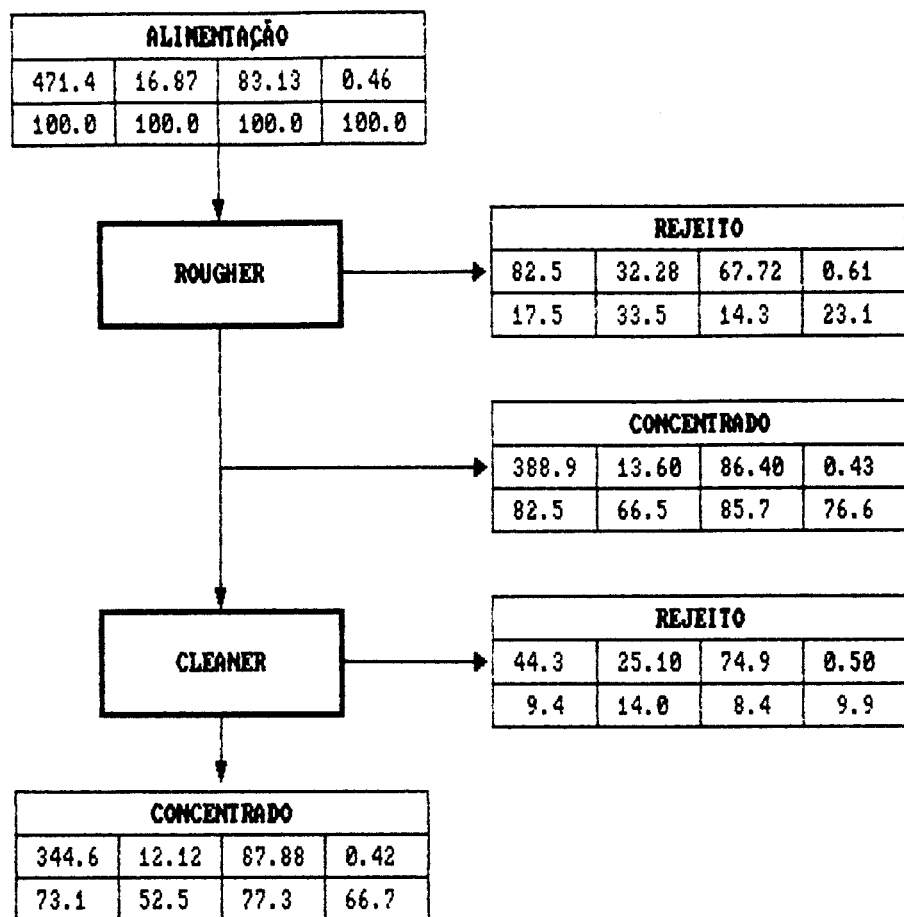
c. flotação

. conteúdo de sólidos (%)	= 15,5
. tempo de condicionamento (min)	= 3,0
. rotação da célula (rpm)	= 1300
. pH	= natural

Nestas condições foi realizada uma série de 5 ensaios e, com a média dos resultados, foi elaborado o balanço de massa apresentado na Figura 5.13. Para verificar a possibilidade de redução do teor de cinzas no concentrado realizou-se, sem um estudo sistemático, uma etapa "cleaner". Observa-se que na etapa "rougher" foi possível obter um concentrado com teor de cinzas de 13,60% e recuperação de 85,7% da matéria carbonosa. A introdução da etapa "cleaner" reduziu o teor de cinzas para 12,12% com perda significativa na recuperação da matéria carbonosa, ou seja, de 85,7 para 77,3%.

5.3 - Ensaios de Flotação em Célula de Coluna

Os ensaios de flotação realizados nesta etapa do estudo tiveram como objetivo ajustar as condições de processo obtidas em escala de laboratório e determinar as condições de operação para a coluna. A meta estabelecida para estes ensaios foi a obtenção de um concentrado com teor de cinzas inferior à 14% e recuperação da matéria carbonosa da ordem de 85%.



LEGENDA

PRODUTO			
MASSA (g)	TEOR (%) CINZA	TEOR (%) MAT. CARB.	TEOR (%) S. PIRITICO
DIST. (%) MASSA	DIST. (%) CINZA	DIST. (%) MAT. CARB.	DIST. (%) S. PIRITICO

FIGURA 5.13 : BALANÇO DE MASSA DO CIRCUITO "ROUGHER" / "CLEANER" - ESTUDO DE LABORATÓRIO.

Os ensaios de flotação compreenderam o estudo em uma única coluna ("rougher") e o estudo de circuito ("rougher"- "scavenger"). Na etapa "rougher" as variáveis estudadas, com os respectivos níveis, foram:

. dosagem de querosene (g/t)	: 649,4 a 1242,4
. dosagem de flotanol no condic. (g/t)	: 22,5 a 78,1
. dosagem de flotanol na coluna (g/t)	: 7,4 a 26,9
. distribuição de flotanol condicionador /coluna (%)	: 100/0 a 0/100
. vazão de ar no aerador inferior (l/min)	: 1,7 a 2,8
. tempo de residência na coluna (min.)	: 9,3 a 14,7
. conteúdo de sólidos na alimentação da coluna (%)	: 12,3 a 28,2
. altura da camada de espuma (cm)	: 35 a 90
. altura da seção de drenagem (cm)	: 5 a 25
. vazão de água de lavagem (l/h)	: 15,0 a 26,4
. vazão de ar no aerador superior (l/min)	: 0 a 2,1
. tempo de residência com aerador intermediário (min)	: 15,3 a 19,0

No estudo de circuito de flotação foi introduzida uma etapa "scavenger" com objetivo de melhorar a recuperação obtida na etapa "rougher". O estudo desta etapa não foi exaustivo, sendo avaliada somente a influência das seguintes variáveis e níveis:

- . desaguamento do rejeito da coluna "rougher": -----
- . dosagem de querosene (g/t) : 197,7 a 571,8
- . dosagem de flotanol total (g/t) : 30,3 a 59,4

Os valores das demais variáveis utilizadas no "scavenger" foram aqueles definidos na etapa "rougher":

- . vazão de ar (aerador inferior) (l/min) : 2,5
- . "bias" : 1,30
- . tempo de residência (min) : 18
- . distribuição de flotanol condicionador/coluna (%) : 75/25

A melhor condição obtida em uma série de ensaios foi utilizada na série posterior. As condições e resultados dos ensaios realizados em célula de coluna encontram-se no Anexo II.

A seguir são apresentados os resultados e comentários sobre o efeito de cada variável estudada.

5.3.1 - Efeito da dosagem de querosene

Devido às taxas extremamente baixas de alimentação de querosene no circuito contínuo, foram realizados alguns ensaios exploratórios para definição da forma mais adequada de adição.

Inicialmente foi utilizada uma célula de flotação Outokumpu, tipo laboratório, com cuba de 4 litros de capacidade, para emulsificar o querosene em água sob agitação, sem auxílio de reagentes. Observou-se que, ao longo do período de operação, a concentração de querosene na emulsão variava. Foram, então, estudadas alternativas de alimentação do querosene concentrado, decidindo-se pela utilização de uma bomba peristáltica, adaptada para micro vazões, através da introdução de um redutor de velocidade na relação 1:2000. O querosene concentrado foi alimentado no condicionador 2, sob agitação.

Na Tabela V-15 e na Figura 5.14 estão apresentados os resultados dos ensaios variando a dosagem de querosene. Estes resultados mostram que o teor de cinzas no concentrado aumenta discretamente com a dosagem de coletor. A recuperação da matéria carbonosa cresce até a dosagem de 1000g/t, adotada para realização da série seguinte de ensaios.

5.3.2 - Efeito da dosagem de flotanol no condicionador

Para realização desta série de ensaios a dosagem de flotanol na coluna foi mantida em 12,5 g/t. Na Tabela V-16 e na Figura 5.15 estão apresentados os resultados dos ensaios variando a dosagem de flotanol, adicionado no condicionador 3. Estes resultados mostram que o teor de cinzas e a recuperação da

TABELA U-15 : EFEITO DA DOSAGEM DE QUEROSENE SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	DOSAGEM DE QUEROSENE (G/T)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
1	649.4	12.17	87.83	19.73	88.27	38.6	27.9	40.8
2	703.8	12.48	87.52	19.83	88.17	43.0	32.2	45.2
3	742.2	12.71	87.29	19.89	88.11	45.2	34.5	47.4
4	806.4	12.79	87.21	20.16	79.84	50.3	39.1	52.5
5	1001.1	12.96	87.04	20.60	79.40	54.2	42.7	56.5
6	1242.4	13.70	86.30	20.43	79.57	54.2	44.3	56.2

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 49.5
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 20.3
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.0
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 11.8
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 14.8
- . BIAS - 1.15

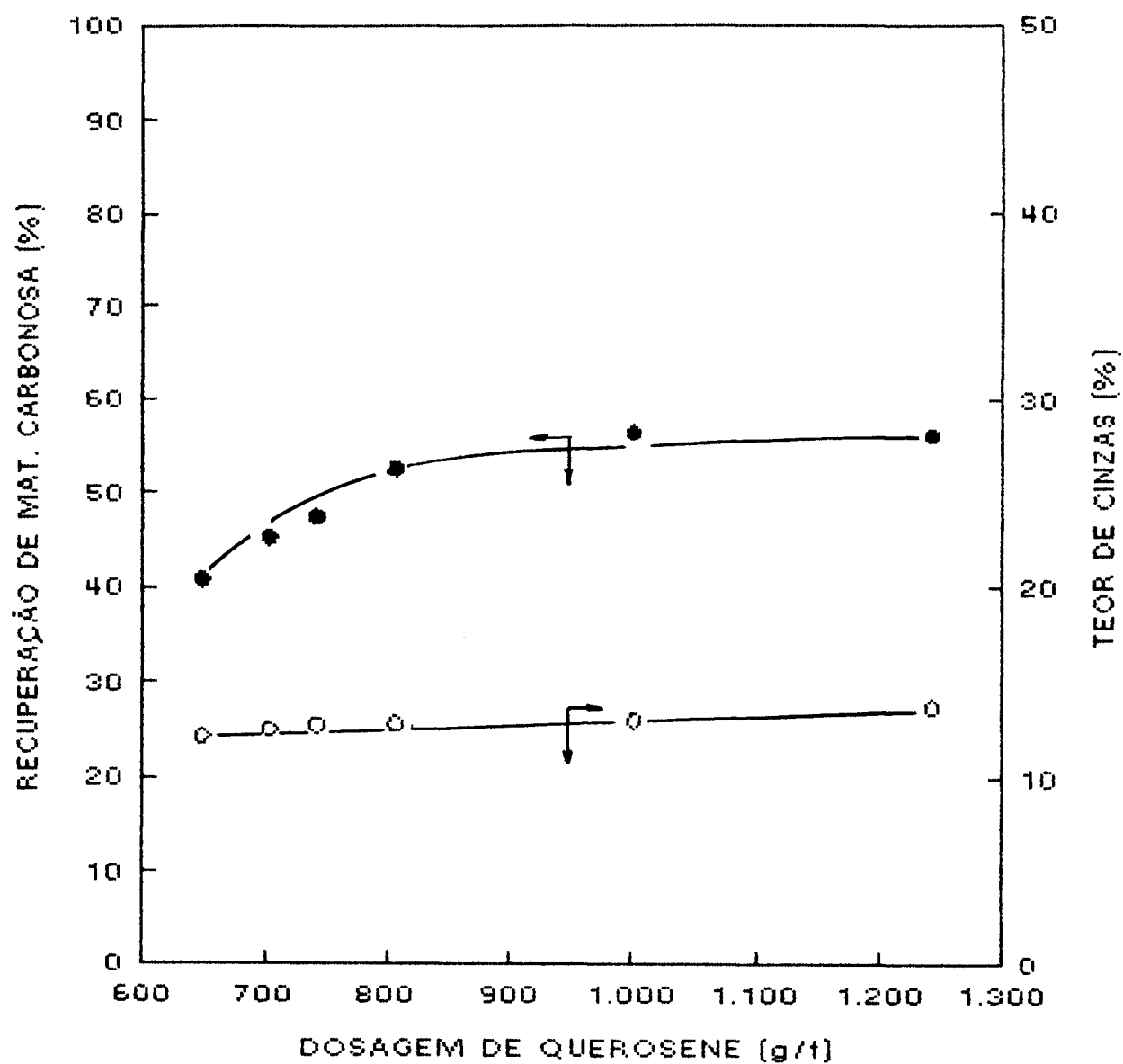


FIGURA 5.14 : EFEITO DA DOSAGEM DE QUEROSENE SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TABELA V-16 : EFEITO DA DOSAGEM DE FLOTANOL D-14B NO CONDICIONADOR SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	DOSAGEM DE FLOTANOL D-14B (G/T)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
7	22.5	11.02	88.98	19.98	80.02	37.9	25.2	40.4
8	38.0	11.78	88.22	20.18	79.82	44.1	31.5	46.6
9	51.6	12.22	87.78	21.60	78.40	49.7	35.9	52.5
10	62.4	12.63	87.37	21.59	78.41	53.7	40.4	56.4
11	78.1	13.96	86.04	20.32	79.68	56.0	46.6	57.9

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUIROSENI NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1046.2
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 12.5
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.1
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 11.6
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 14.9
- . BIAS - 1.14

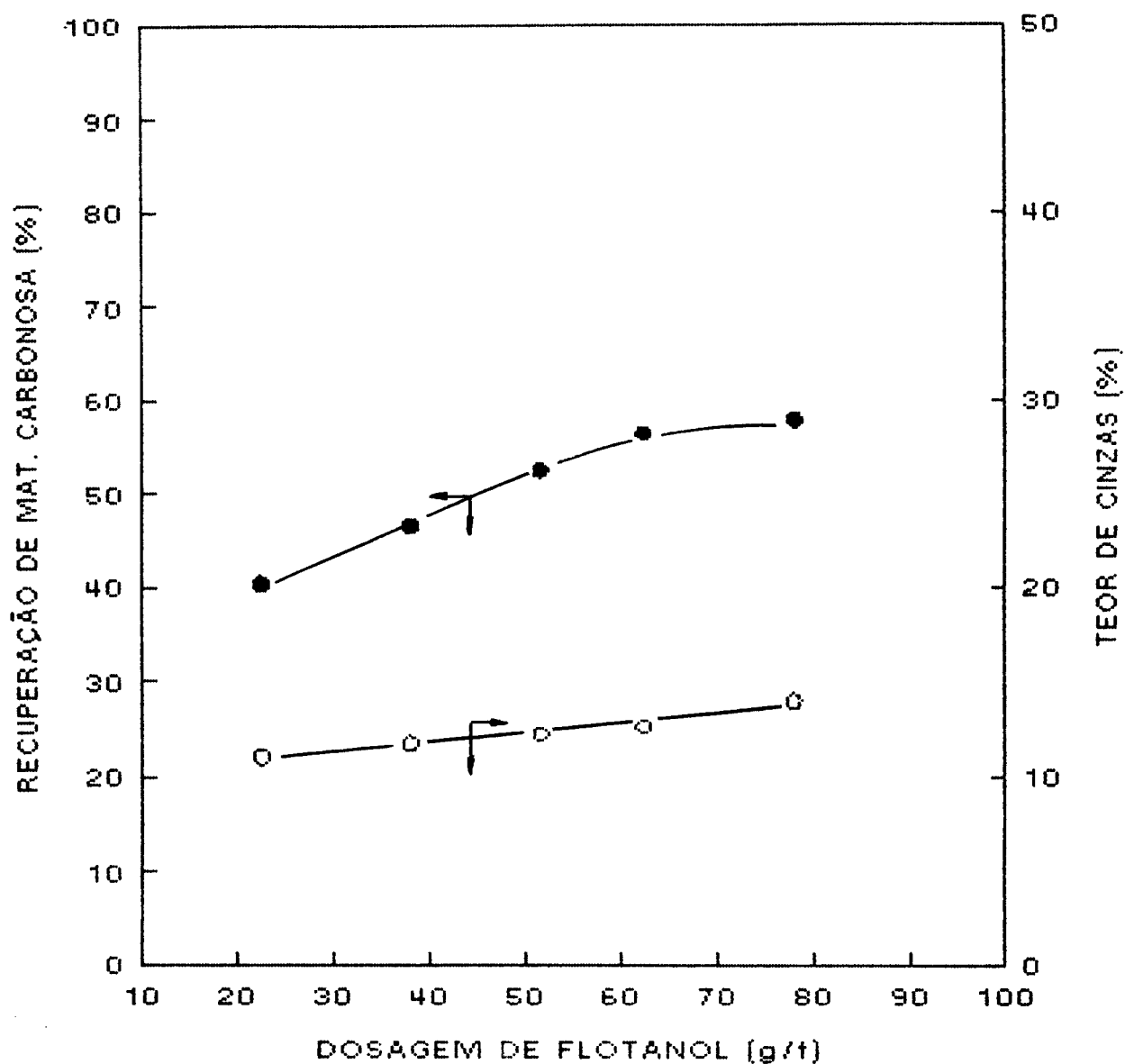


FIGURA 5.15 : EFEITO DA DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

matéria carbonosa no concentrado aumentam com a dosagem de flotanol para toda a faixa estudada.

Respeitando o teor limite de cinzas no concentrado, foi considerado o valor de 60 g/t como sendo uma dosagem adequada de flotanol no condicionamento para realização da série de ensaios subsequente.

5.3.3 - Efeito da dosagem de flotanol na coluna

A adição de espumante na coluna, acima do dispositivo aerador, tem como objetivo controlar o tamanho de bolha adequado à flotação do material. Os resultados obtidos variando a dosagem de flotanol na coluna, apresentados na Tabela V-17 e na Figura V-16, mostram que o teor de cinzas é ligeiramente crescente com a dosagem de flotanol para a faixa estudada. A recuperação da matéria carbonosa aumenta até a dosagem de 21,3 g/t, valor utilizado na série seguinte de ensaios.

5.3.4 - Efeito da distribuição de flotanol entre o condicionador e a coluna

Analisando as séries anteriores de ensaios, a dosagem total de 80 g/t de flotanol foi considerada adequada à flotação desta amostra. Realizou-se, então, uma avaliação da melhor distribuição desta dosagem, entre o condicionador e a coluna.

TABELA U-17 : EFEITO DA DOSAGEM DE FLOTANOL D-14B NA COLUNA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	DOSAGEM DE FLOTANOL D-14B (G/T)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
12	7.4	12.34	87.66	20.71	79.29	49.4	36.3	51.4
13	13.4	12.65	87.35	20.53	79.47	50.9	39.0	53.2
14	17.8	12.73	87.27	21.01	78.99	53.8	41.4	56.3
15	21.3	12.80	87.20	21.08	78.92	54.8	42.4	57.3
16	26.9	13.26	86.74	21.08	78.92	54.8	43.3	57.2

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSINE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1044.5
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 59.0
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.1
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 11.1
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 14.9
- . BIAS - 1.14

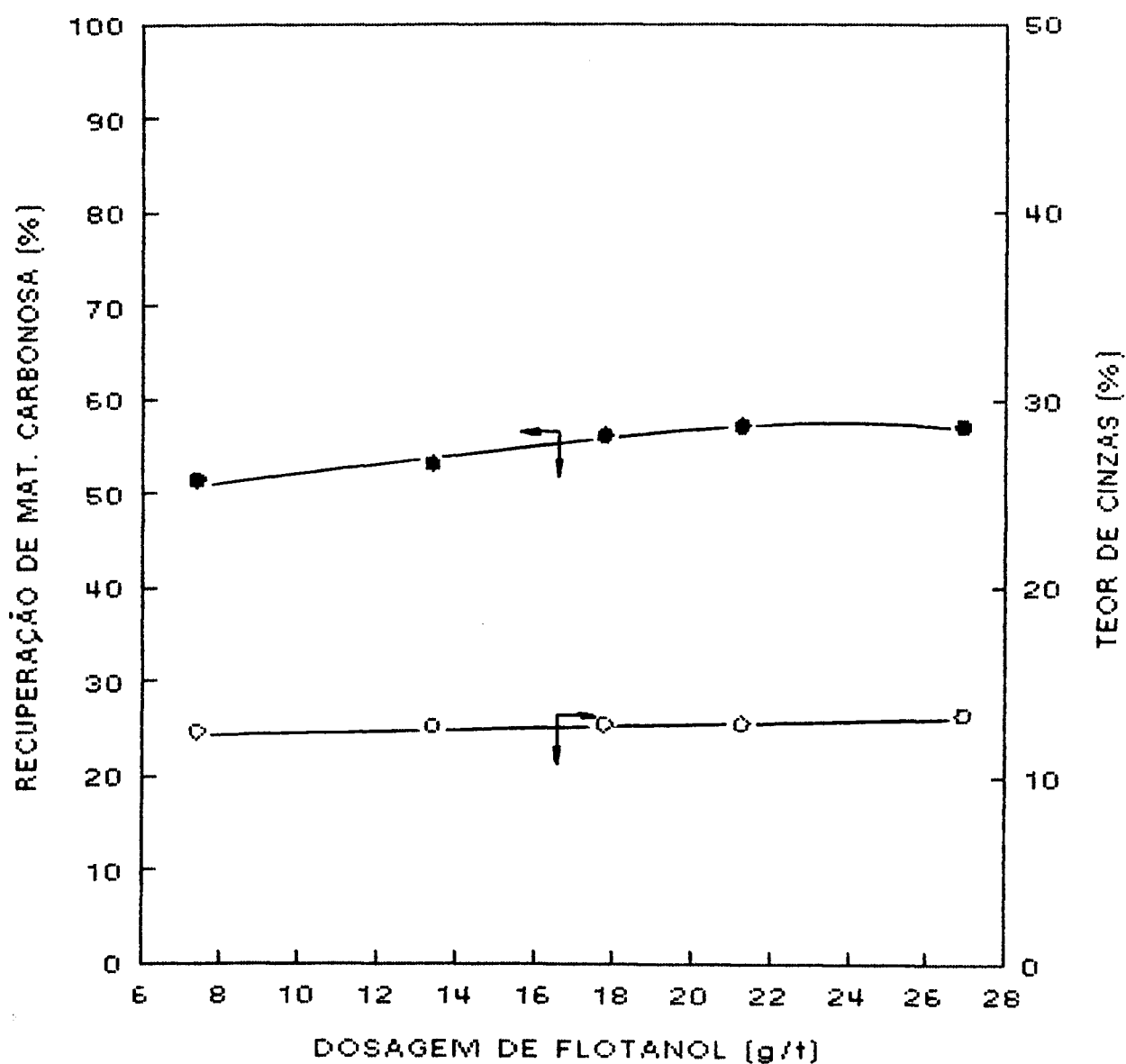


FIGURA 5.16 : EFEITO DA DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

Os resultados destes ensaios, apresentados na Tabela V-18 e na Figura 5.17, mostram que o teor de cinzas no concentrado atinge um valor máximo para a relação 50/50% (13,98%) e mínimo para 0/100%. Entretanto, a recuperação da matéria carbonosa é máxima para a relação 75/25% utilizada na série de ensaios subsequentes.

O comportamento desta série de ensaios pode ser analisado considerando o mecanismo de interação coletor - espumante e a estrutura microporosa do carvão. Para a relação flotanol no condicionador/coluna de 0/100%, o espumante adicionado sem condicionamento não atua no mecanismo de coleta acarretando teor e recuperação baixas. Entretanto, na relação oposta, ou seja, flotanol no condicionador/coluna de 100/0%, parte do espumante é absorvido na estrutura microporosa do carvão, diminuindo seu efeito tenso-ativo na interface líquido-gás ⁽¹⁰⁾. Parece haver uma relação adequada de adição de flotanol entre o condicionador e a coluna para obtenção de recuperação elevada com teor de cinzas dentro dos limites especificados.

5.3.5 - Efeito da vazão de ar

Inicialmente pretendia-se estudar vazões de ar até 3,5 l/min. Entretanto, para a vazão de 2,8 l/min, observou-se a formação de espuma e de uma segunda interface entre a zona de maior concentração de sólidos e a de rejeito, na seção de concentração. A segunda interface na coluna provoca perdas

TABELA U-18 : EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DA DOSAGEM DE FLOTANOL D-14B NO CONDICIONADOR / COLUNA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	RELAÇÃO FLOTANOL D-14B CONDICION. / COLUNA	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
17	100.0 / 0.0	12.58	87.42	20.81	79.19	47.6	35.5	50.1
18	75.0 / 25.0	12.76	87.24	21.34	78.66	55.5	42.7	58.0
19	50.0 / 50.0	13.98	86.02	19.84	80.16	49.8	41.2	51.6
20	36.4 / 63.6	12.72	87.28	19.00	81.00	38.1	29.2	39.9
21	0.0 / 100.0	11.93	88.07	18.83	81.17	28.8	20.4	30.5

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUIROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1017.3
- . DOSAGEM DE FLOTANOL TOTAL (G/T) - 78.8
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 17.9
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 11.6
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 14.6
- . BIAS - 1.26

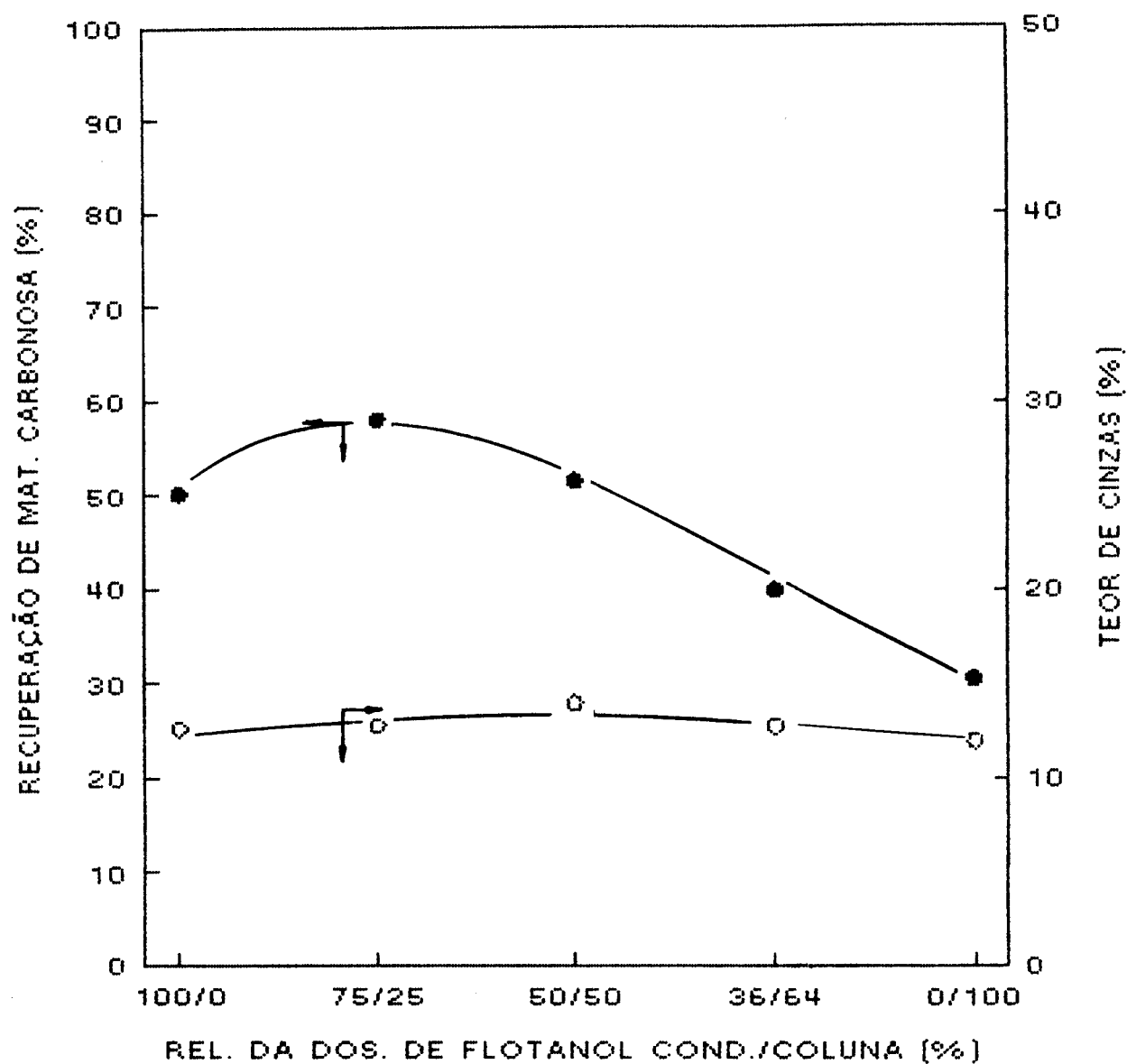


Fig 5.17 : EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DA DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR/COLUNA SOBRE O TEOR DE CINZAS E REC. DE MAT. CARBONOSA NO CONCENTRADO.

excessivas de carvão no rejeito, enquanto o teor de cinzas não é afetado ⁽³⁾. Além disto, o controle de nível da interface polpa-espuma torna-se difícil devido à sua instabilidade.

Os resultados dos ensaios variando a vazão de ar estão apresentados na Tabela V-19 e na Figura 5.18. Verifica-se que, para a faixa estudada, o teor de cinzas e a recuperação da matéria carbonosa no concentrado aumentam com a vazão de ar.

Observando o efeito da velocidade superficial específica (VSE) do ar sobre o "hold-up", apresentado na Figura 5.19, verifica-se que o limite de operação no regime de "plug flow" é atingido na vazão de 2,5 l/min (VSE = 1,89 cm/s) de ar. Acima deste valor a coluna apresenta distúrbios e turbulência. Estes resultados concordam com os de Luttrell et alii ⁽⁴⁾.

5.3.6 - Efeito do tempo de residência

Os ensaios para estudar o tempo de residência na coluna foram realizados através da modificação na altura da seção de concentração, de forma a manter o conteúdo de sólidos constante. Os resultados destes ensaios, apresentados na Tabela V-20 e na Figura 5.20, mostram que, para a faixa estudada, tanto o teor de cinzas quanto a recuperação da

TABELA U-19 : EFEITO DA VAZÃO DE AR SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS
E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	AR		"HOLDUP" (%)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
	VAZÃO (L/MIN)	U.S.E (CM/S)		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
				CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
22	1.7	1.28	14.4	10.27	89.73	17.85	82.15	11.5	7.0	12.4
23	2.0	1.51	15.9	10.76	89.24	20.61	79.39	31.4	25.4	42.3
24	2.2	1.66	17.1	12.72	87.28	21.47	78.53	54.7	41.7	57.3
25	2.5	1.89	18.0	12.83	87.17	22.65	77.35	58.6	44.5	61.5
26	2.8	2.12	17.9	13.45	86.55	22.37	77.63	64.6	52.4	67.1

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES :

- . DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1028.8
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 58.38
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 20.2
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.8
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 11.2
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 14.8
- . BIAS - 1.15

U.S.E - Velocidade Superficial Específica

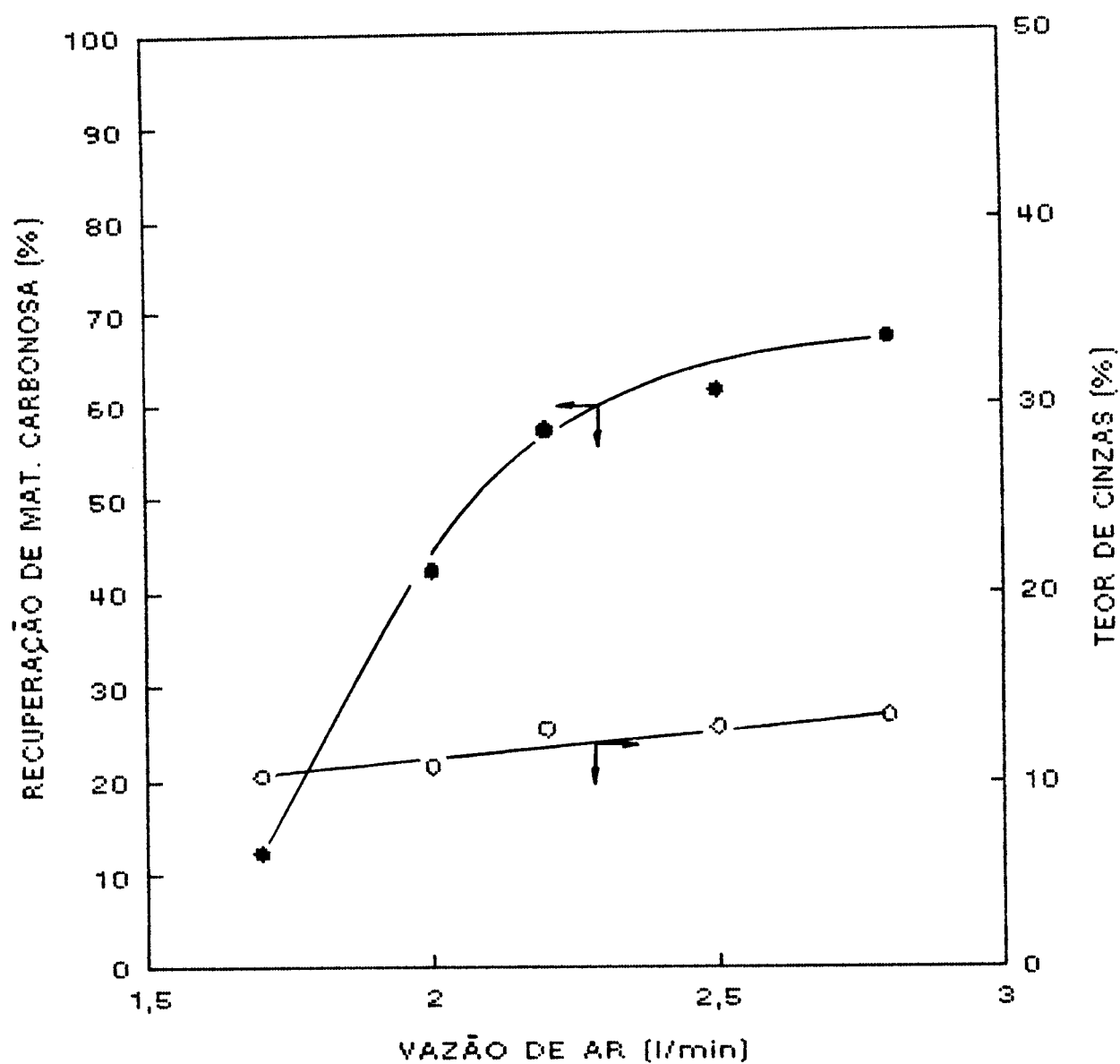


Fig 5.18 : EFEITO DA VAZÃO DE AR SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

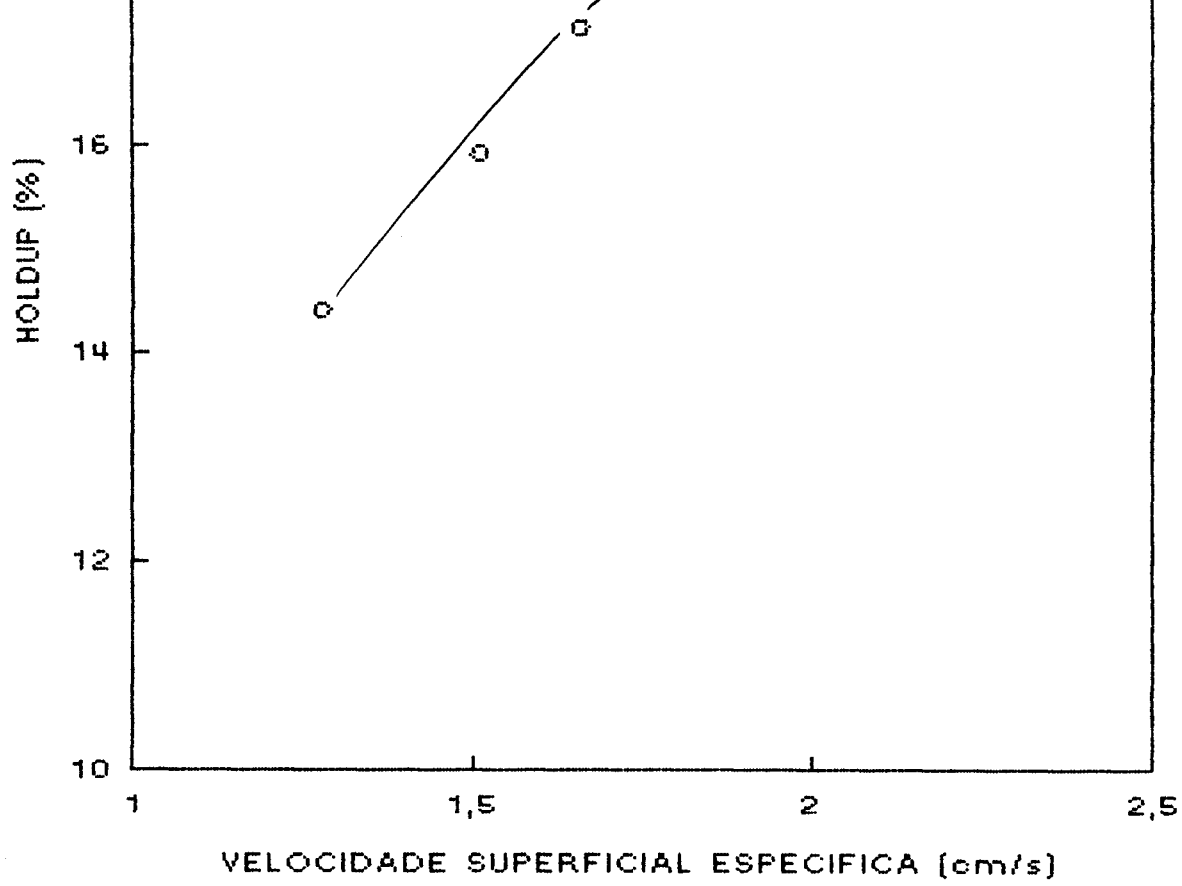


Fig 5.19 : INFLUENCIA DA VELOCIDADE SUPERFICIAL ESPECIFICA DO AR SOBRE O HOLDUP.

TABELA V-20 : EFEITO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
27	9.3	12.23	87.77	23.40	76.60	59.0	42.9	62.2
28	11.4	12.28	87.72	22.52	77.48	57.9	42.9	60.9
29	11.9	12.05	87.95	23.53	76.47	59.0	42.4	62.3
30	13.8	12.53	87.47	22.87	77.13	58.6	43.7	61.6
31	14.7	12.83	87.17	22.65	77.35	58.6	44.5	61.5

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1037.2
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 58.8
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 19.5
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 10.7
- . BIAS - 1.16

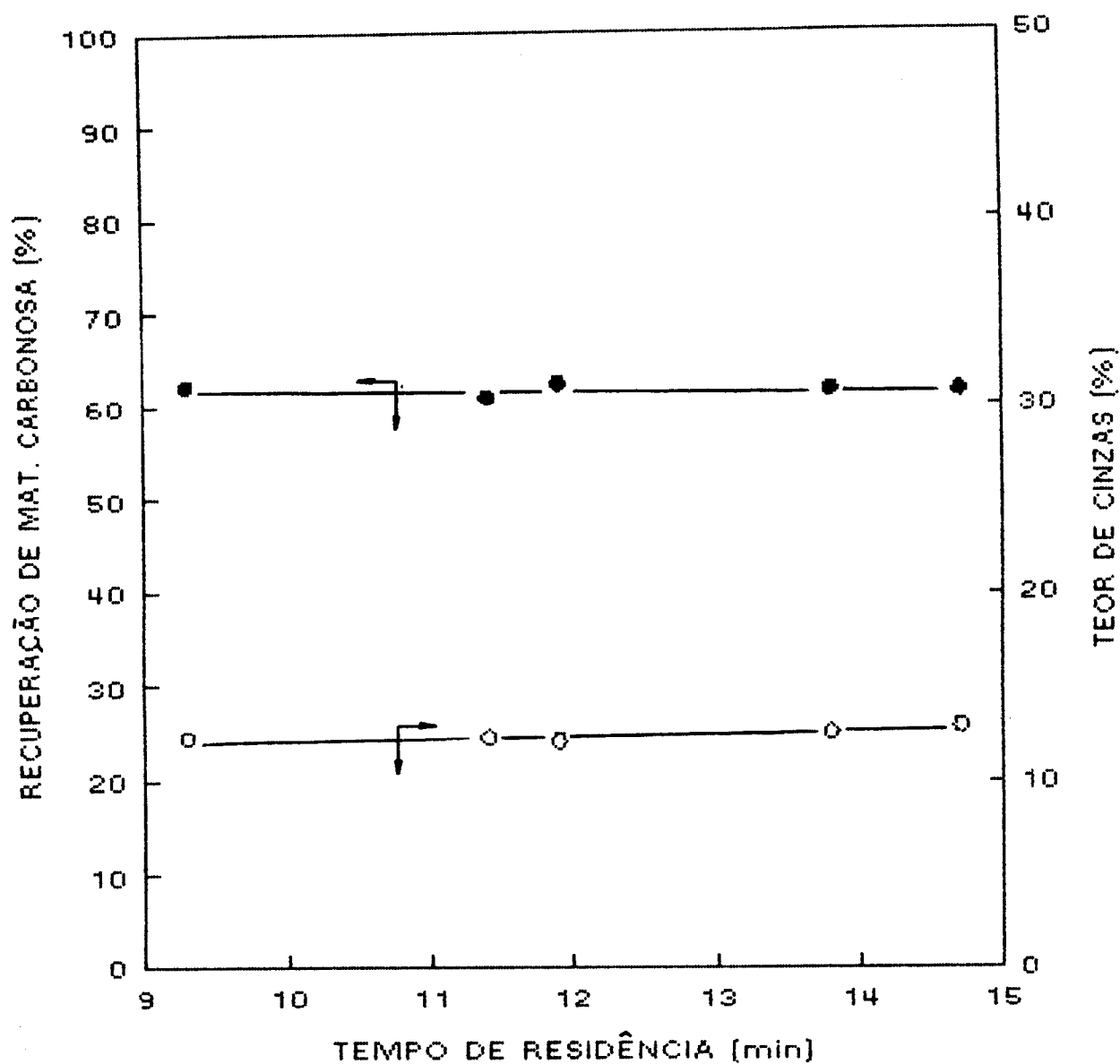


FIGURA 5.20 : EFEITO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA NA COLUNA SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

matéria carbonosa no concentrado não foram sensíveis a esta variável. Entretanto, a operação da coluna apresentou maior estabilidade para tempos de residência mais baixos, sendo adotado o valor de 9,3 min para realização de outras séries de ensaios. Não foi possível estudar tempos de residência menores que 9,3 minutos, pois o sistema de modulação da coluna não permitia reduções maiores na altura da seção de concentração.

5.3.7 - Efeito do conteúdo de sólidos na alimentação da coluna.

O efeito do conteúdo de sólidos na alimentação da coluna foi avaliado através da variação na água de diluição adicionada no condicionador 3. As alterações no tempo de residência verificadas nos ensaios encontram-se dentro dos limites que não afetaram o teor de cinzas e a recuperação da matéria carbonosa, conforme apresentado no item 5.3.6.

Na Tabela V-21 e na Figura 5.21 estão apresentados os resultados desta série de ensaios. Estes resultados mostram que a recuperação da matéria carbonosa não é afetada pelo conteúdo de sólidos até 21,1%. Acima deste valor a recuperação é decrescente enquanto o teor de cinzas permanece constante na faixa estudada.

TABELA U-21 : EFEITO DO CONTEÚDO DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO DA COLUNA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	% DE SÓLIDOS	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
32	12.3	12.32	87.68	22.73	77.27	57.1	41.9	60.2
33	17.3	12.36	87.64	22.88	77.12	59.4	44.1	62.4
34	21.1	12.36	87.64	22.40	77.60	57.6	42.9	60.6
35	23.4	12.56	87.44	22.16	77.84	56.7	42.6	59.5
36	28.2	12.13	87.87	21.00	79.00	53.1	39.5	55.7

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES: . DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1044.3
 . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 19.6
 . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 59.0
 . BIAS - 1.16

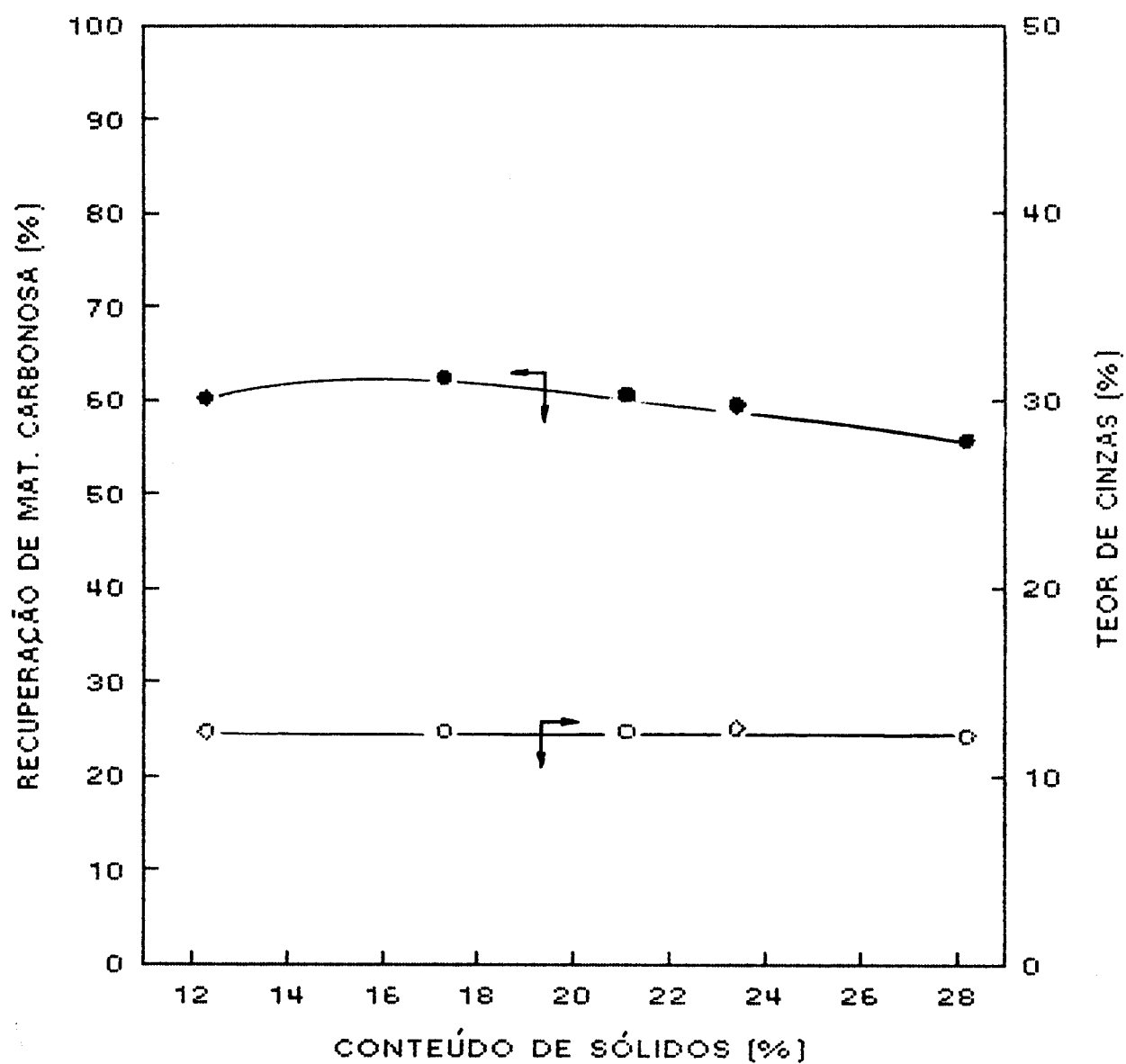


FIGURA 5.21 : EFEITO DO CONTEÚDO DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO DA COLUNA SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

Para garantir níveis maiores de recuperação da matéria carbonosa, o conteúdo de sólidos de 17% na alimentação da coluna foi adotado para as séries de ensaios seguintes.

5.3.8 - Efeito da altura da camada de espuma

Os resultados dos ensaios variando a altura da camada de espuma estão apresentados na Tabela V-22 e na Figura 5.22. Estes resultados mostram que o teor de cinzas é ligeiramente decrescente com o aumento da altura da camada de espuma, que, segundo Parokh et alii⁽⁴²⁾, atua como filtro. A recuperação da matéria carbonosa não é afetada por esta variável. Foi adotada a altura de 60cm para realização das séries de ensaios seguintes.

5.3.9 - Efeito da altura da seção de drenagem

Os resultados variando a altura da seção de drenagem de espuma, apresentados na Tabela V-23 e na Figura 5.23, mostram que a recuperação da matéria carbonosa no concentrado não é afetada por esta variável, enquanto o teor de cinzas do concentrado é ligeiramente decrescente com o aumento da altura. Estes resultados concordam com os de Luttrell et alii⁽⁴⁰⁾ para adições modestas de água.

Verifica-se, também, que um aumento de 5 para 25cm na altura da camada de drenagem, acarreta um acréscimo de 21,6% para

TABELA U-22 : EFEITO DA ALTURA DA CAMADA DE ESPUMA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	ALTURA DA CAMADA DE ESPUMA (CM)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
37	35	12.96	87.04	21.96	78.04	58.0	44.9	60.6
38	45	12.66	87.34	21.98	78.02	57.6	43.9	60.3
39	60	12.35	87.65	22.40	77.60	58.3	43.5	61.2
40	75	12.26	87.74	22.02	77.98	57.9	43.4	60.7
41	90	11.96	88.04	23.33	76.67	58.2	41.7	61.5

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1045.4
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 19.9
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 58.5
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 10.6
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 8.9
- . BIAS - 1.15

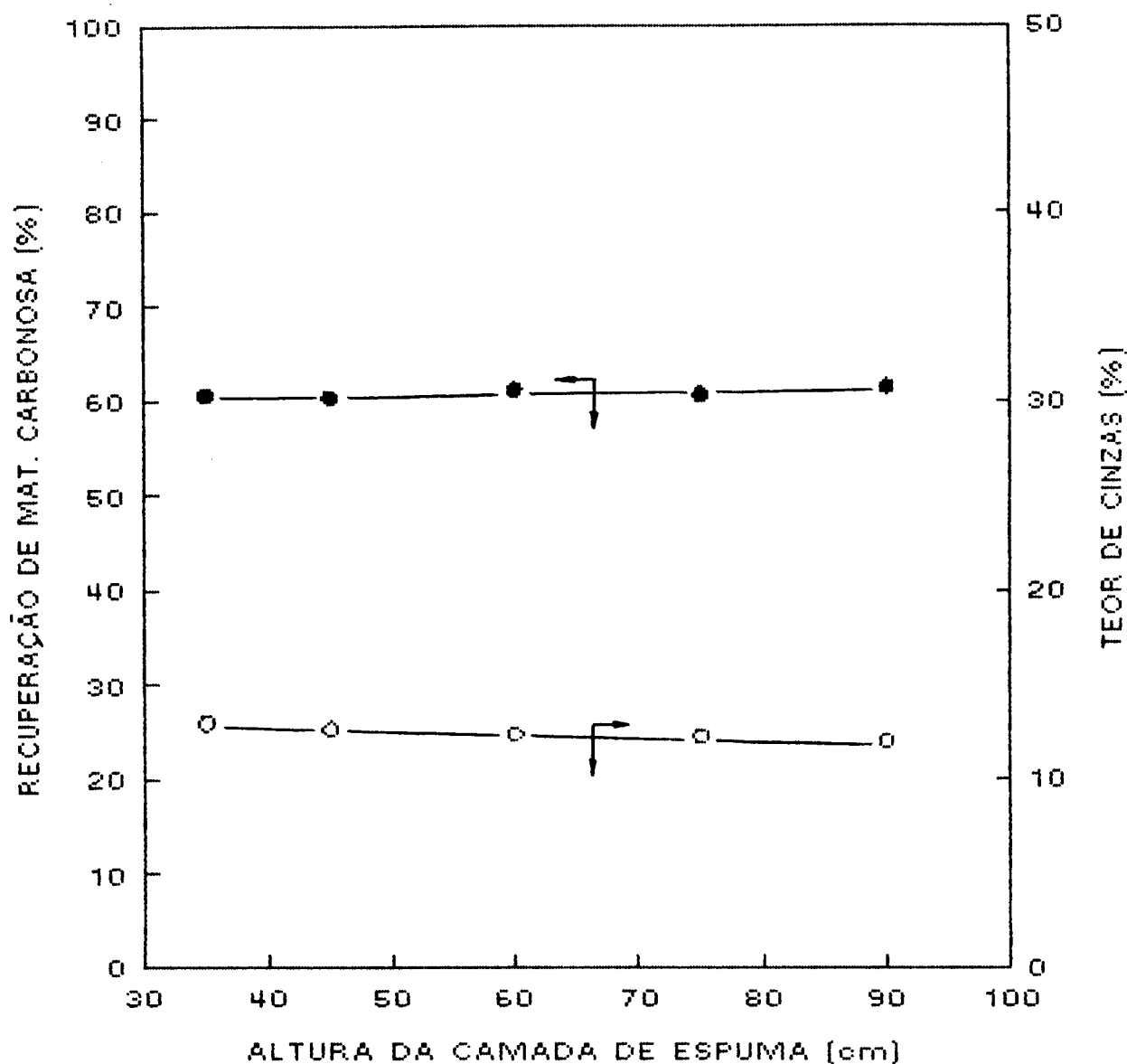


FIGURA 5.22 : EFEITO DA ALTURA DA CAMADA DE ESPUMA SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TABELA U-23 : EFEITO DA ALTURA DA SEÇÃO DE DRENAGEM DE ESPUMA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	ALTURA DA CAMADA DE DRENAGEM (CM)	% DE SÓLIDOS NO CONCENTRADO	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
			CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
			CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
42	5.0	21.6	12.86	87.14	22.25	77.75	59.0	45.4	61.7
43	10.0	22.7	12.46	87.54	22.65	77.35	58.7	43.9	61.7
44	15.0	24.4	12.12	87.88	22.24	77.76	57.9	42.8	60.8
45	20.0	26.6	11.90	88.10	22.65	77.35	57.3	41.3	60.4
46	25.0	29.5	11.59	88.41	23.26	76.74	57.0	39.8	60.4

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES :

- . DOSAGEM DE QUIROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1044.9
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 58.3
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 20.3
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.9
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 10.7
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 8.9
- . BIAS - 1.15

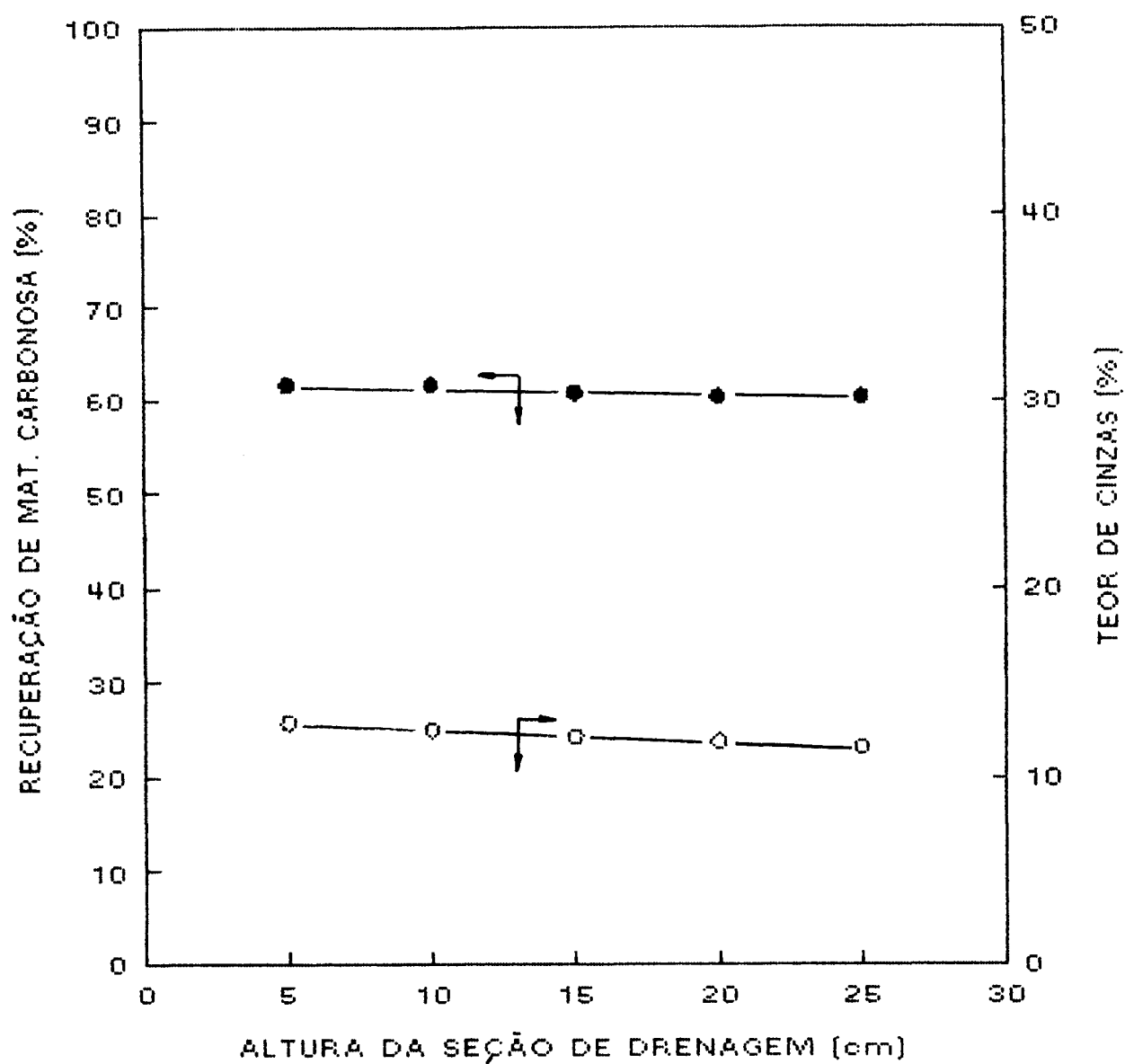


FIGURA 5.23 : EFEITO DA ALTURA DA SEÇÃO DE DRENAGEM SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

29,5% no conteúdo de sólidos do concentrado, conforme apresentado na Figura 5.24. Este acréscimo é decorrente da drenagem de água da espuma, o que favorece o deslocamento de partículas de ganga remanescentes de volta para a polpa. Por outro lado, o aumento de conteúdo de sólidos no concentrado diminui a fluidez da polpa sendo necessária a utilização de água de arraste na calha de coleta. A altura de 10cm foi adotada para realização das séries de ensaios subsequentes.

5.3.10 - Efeito da taxa de adição de água de lavagem

Na Tabela V.24 e na Figura 5.25 estão apresentados os ensaios variando a taxa de alimentação de água de lavagem. Estes resultados mostram que, até uma taxa de 21,6 l/h de água lavagem ("bias" = 1,31), a recuperação da matéria carbonosa no concentrado mantém-se constante. Acima deste valor a recuperação é decrescente. Esta perda na recuperação pode ser função da desestabilização da espuma, acarretando quebra prematura de bolha, com perda de material coletado, ou ainda, devido à redução do tempo de residência de 9,2 para 6,8 minutos. O teor de cinzas no concentrado é ligeiramente decrescente na faixa estudada. O "bias" de 1,30 foi adotado para realização das séries seguintes de ensaios.

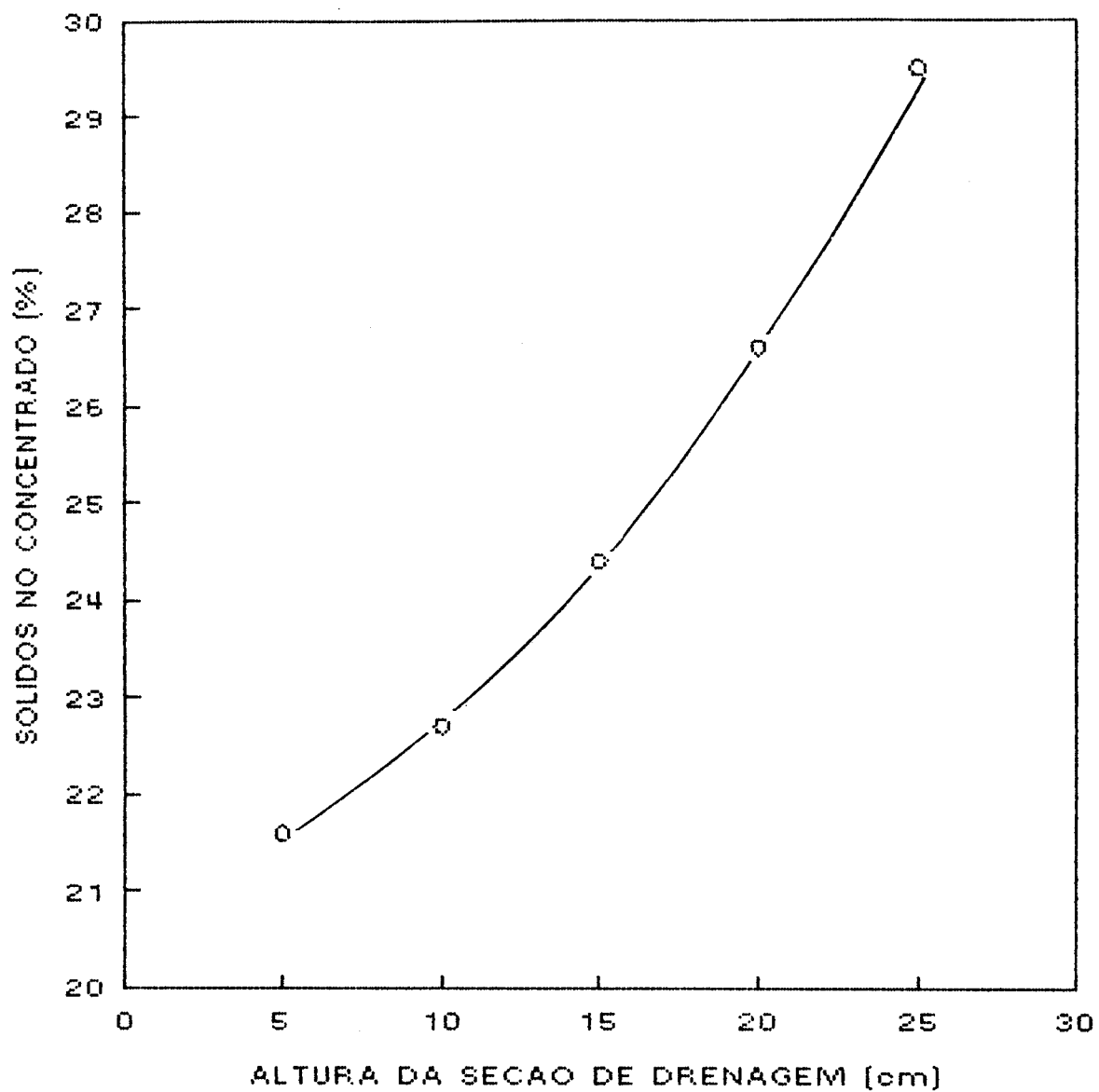


FIGURA 5.24 : EFEITO DA ALTURA DA SECAO DE DRENAGEM SOBRE O CONTEUDO DE SOLIDOS NO CONCENTRADO.

TABELA U-24 : EFEITO DA VAZÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	VAZÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM (L/H)	BIAS	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
			CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
			CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
47	15.0	1.12	12.95	87.05	22.25	77.75	58.8	45.4	61.5
48	18.3	1.22	12.46	87.54	22.84	77.16	58.0	43.0	61.0
49	21.6	1.31	12.10	87.90	22.91	77.09	58.1	43.2	61.3
50	24.9	1.44	11.73	88.27	22.36	77.64	55.4	39.4	58.5
51	26.4	1.49	11.27	88.73	22.68	77.32	53.2	36.1	56.6

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES :

- . DOSAGEM DE QUEROSINE NO CONDICIONAMENTO (6/T) - 1045.4
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (6/T) - 58.1
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (6/T) - 20.4
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.9
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 9.9
- . TEMPO DE RESIDENCIA (MIN) - 7.9

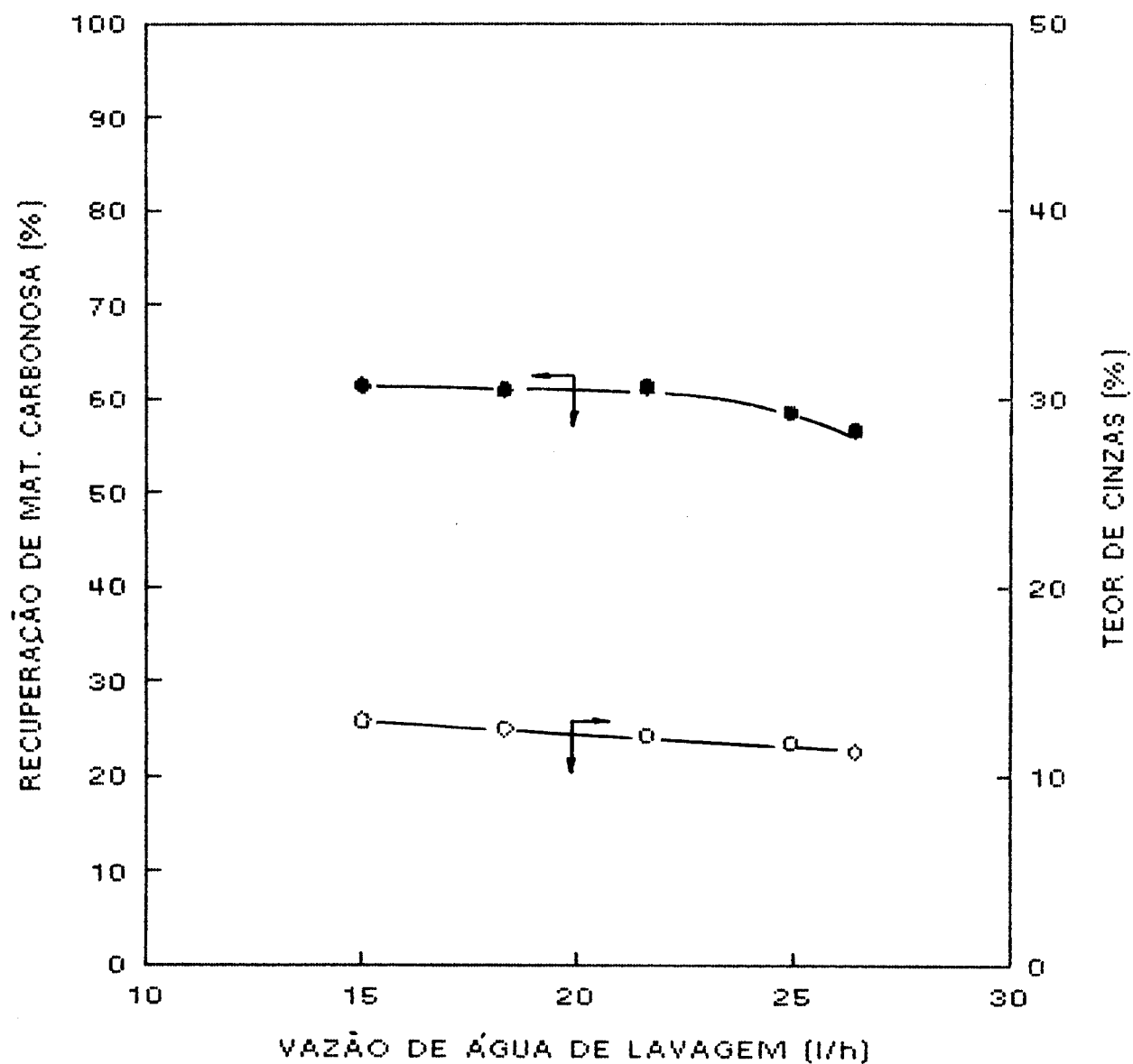


FIGURA 5.25 : EFEITO DA VAZÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

5.3.11 - Efeito da vazão de ar no aerador intermediário

Considerando os baixos níveis de recuperação da matéria carbonosa no concentrado obtidos até esta fase do estudo em coluna, realizou-se uma análise de todas as variáveis estudadas.

Observando a Figura 5.18 verifica-se que, para a vazão do ar de 2,8 l/min, foi obtida uma recuperação da ordem de 67%. Entretanto, nesta condição, a coluna operava em regime turbulento, desaconselhável ao processo de flotação. Uma alternativa de aumentar a vazão de ar sem atingir os limites de turbulência foi a introdução de um aerador intermediário, isto é, localizado na seção de concentração na região de maior conteúdo de sólidos. Foram realizados ensaios exploratórios para determinar a posição adequada de introdução do aerador intermediário e a taxa máxima de adição de ar no aerador inferior. Os resultados destes ensaios indicaram a instalação conforme a Figura 5.26 e a vazão máxima de ar de 2,2 l/min no aerador inferior.

Os resultados variando a vazão de ar do aerador intermediário estão apresentados na Tabela V.25 e na Figura 5.27. Estes resultados mostram pequenos aumentos na recuperação da matéria carbonosa até a vazão de 1,5 l/min. O teor de cinzas cresce com o aumento da vazão de ar para a faixa estudada. A vazão de 1,5 l/min foi adotada para realização dos ensaios

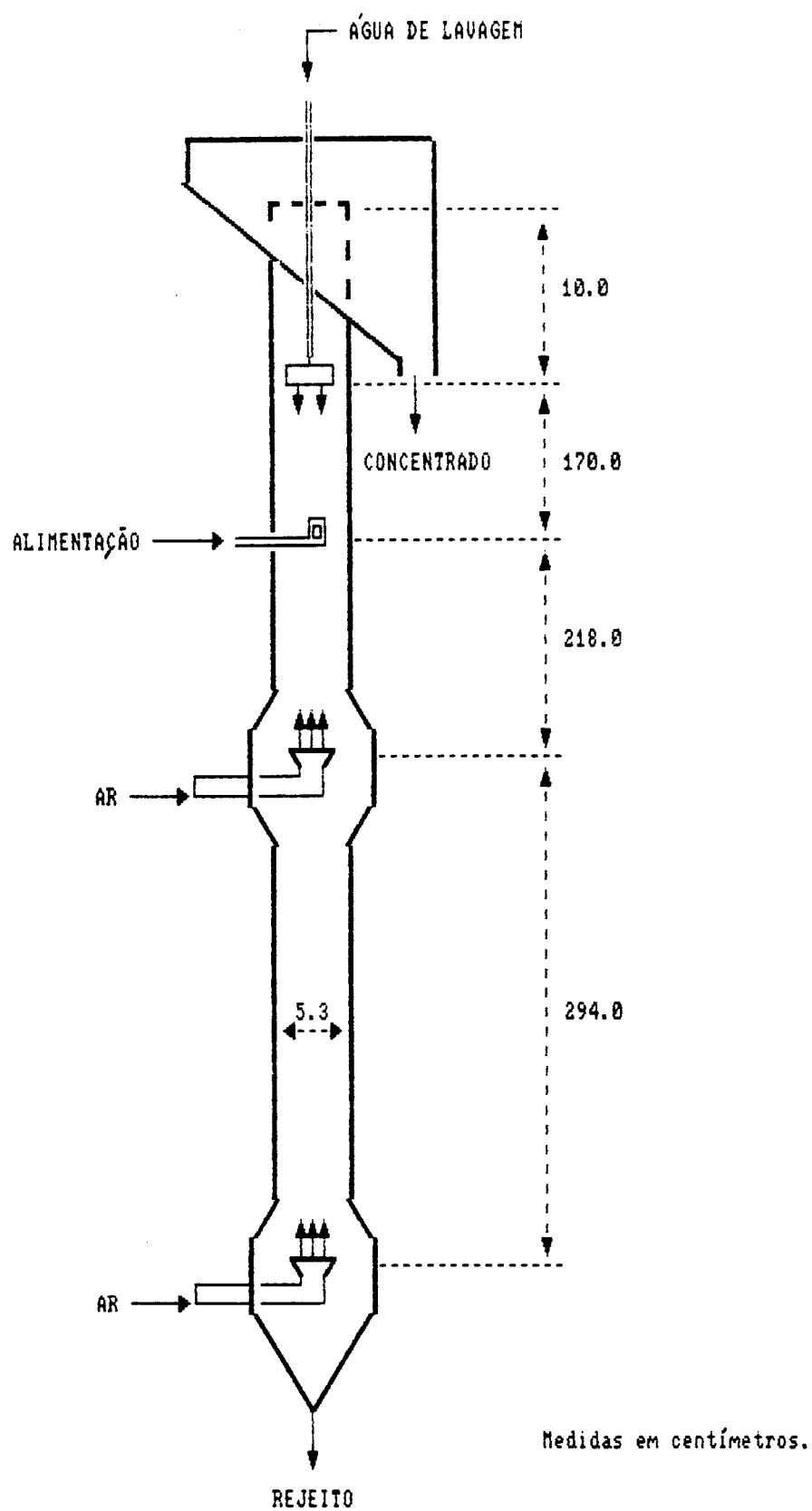


FIGURA 5.26 : REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA COLUNA DE FLOTAÇÃO COM AERADOR INTERMEDIÁRIO.

TABELA U-25 : EFEITO DA VAZÃO DE AR NO AERADOR INTERMEDIÁRIO SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	VAZÃO DE AR SUPERIOR (L/MIN)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
52	0.0	12.76	87.24	21.79	78.21	55.4	42.1	58.1
53	0.5	12.71	87.29	21.78	78.22	56.6	43.2	59.3
54	1.2	13.20	86.80	21.58	78.42	56.9	44.7	59.4
55	1.5	13.45	86.55	20.92	79.08	59.3	48.4	61.5
56	1.8	13.86	86.14	20.15	79.85	59.8	50.6	61.6
57	2.1	14.21	85.79	20.09	79.91	60.0	51.5	61.7

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1061.5
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 20.2
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 58.5
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 9.6
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.2
- . TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) - 11.1
- . BIAS - 1.33

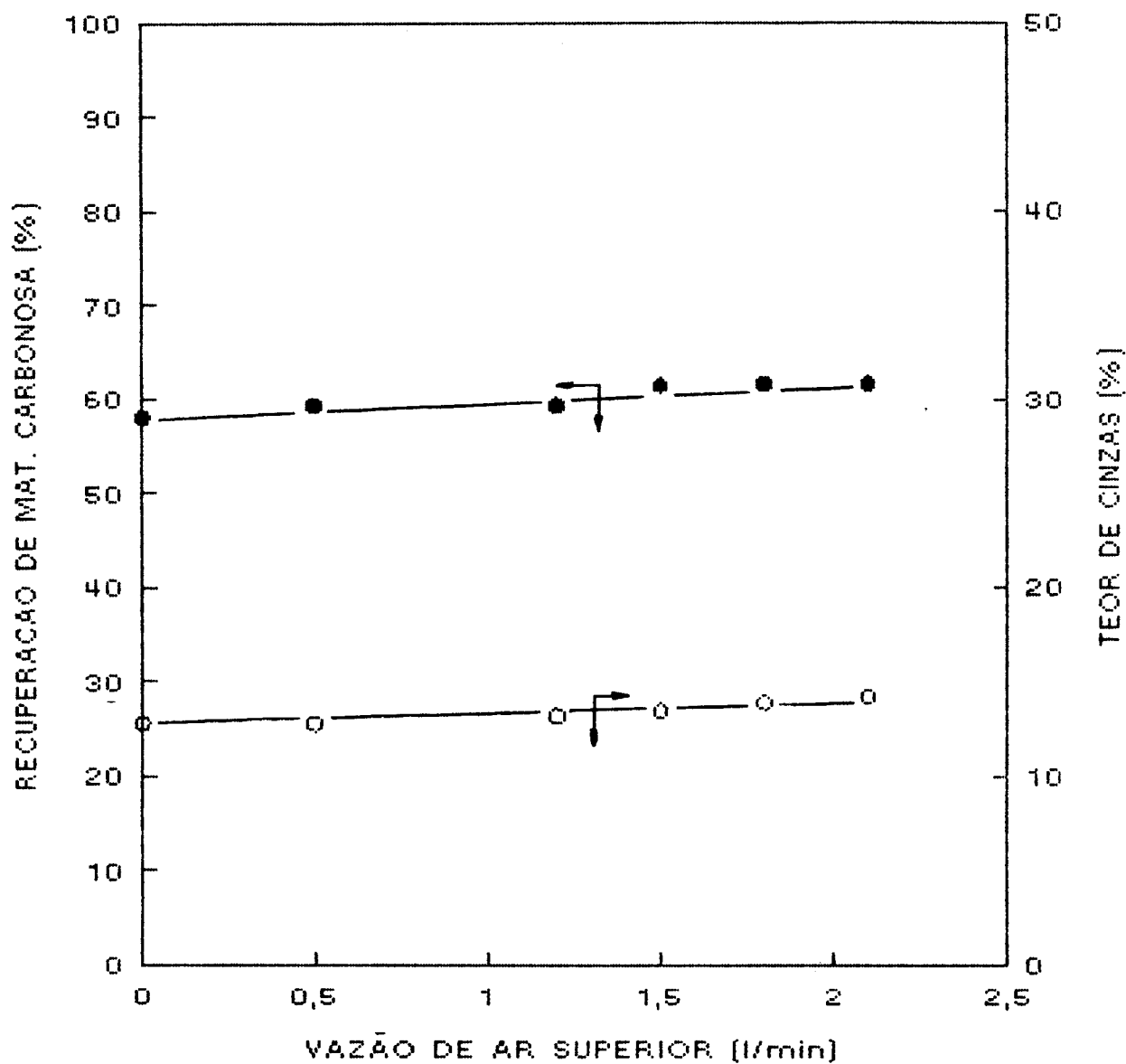


FIGURA 5.27 : EFEITO DA VAZÃO DE AR NO AERADOR INTERMEDIÁRIO SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

posteriores, já que o teor de cinzas, nesta condição, ainda é inferior ao de especificação.

5.3.12 - Efeito do tempo de residência com dois aeradores

Considerando a necessidade de reduzir o teor de cinzas do concentrado, a seção de limpeza foi aumentada para 180cm, através da introdução de um módulo de 50cm. O tempo de residência na seção de concentração foi variado através da introdução de módulos de 60 e 120 cm. Os resultados obtidos, apresentados na Tabela V.26 e na Figura 5.28, mostram que a recuperação da matéria carbonosa foi significativamente aumentada com o aumento do tempo de residência.

5.3.13 - Ensaio nas melhores condições da etapa "rougher"

Com base nos resultados apresentados, as seguintes condições foram consideradas otimizadas para a etapa "rougher":

a - Condicionamento 1

. vazão de sólidos (kg/h)	: 5,4
. vazão de água (l/h)	: 12,6
. conteúdo de sólidos (%)	: 30,1
. pH	: natural
. tempo de residência (min)	: 18,0

TABELA U-26 : EFEITO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA COM AERAÇÃO INTERMEDIÁRIA SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE	TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN)	TEOR (%)				RECUPERAÇÃO (%)		
		CONCENTRADO		REJEITO		MASSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA
		CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA	CINZAS	MATÉRIA CARBONOSA			
55	11.3	13.45	86.55	20.92	79.08	59.3	48.4	61.5
58	15.3	12.88	87.12	25.81	74.19	67.9	51.3	71.3
59	17.4	13.12	86.88	24.29	75.71	70.6	57.8	74.4
60	19.0	12.90	87.10	26.36	73.64	74.2	58.4	77.2

VALORES MÉDIOS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

- . DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 1076.7
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) - 20.8
- . DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONAMENTO (G/T) - 58.9
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIMENTAÇÃO - 16.3
- . PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA - 8.4
- . BIAS - 1.31

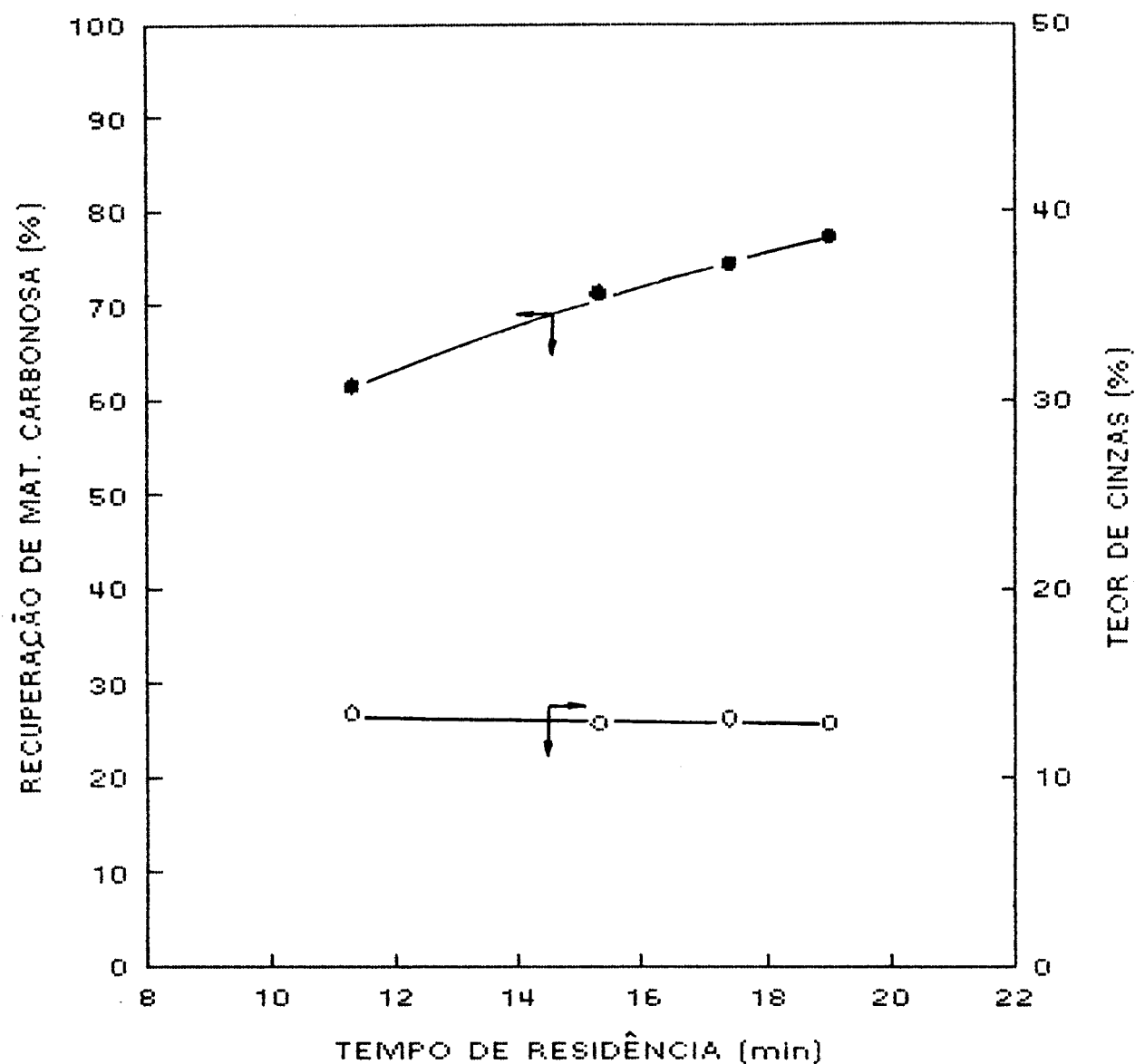


FIGURA 5.28 : EFEITO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA NA COLUNA SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

b - Condicionamento 2

. dosagem de querosene (g/t)	: 1032,6
. conteúdo de sólidos (%)	: 30,1
. tempo de residência (min)	: 4,4

c - Condicionamento 3

. dosagem de flotanol D-14B	: 57,4
. vazão de água (l/h)	: 13,8
. conteúdo de sólidos (%)	: 16,3
. tempo de residência (min)	: 2,5

d - Coluna

. diâmetro (cm)	: 5,3
. altura da seção de recuperação (cm)	: 516,0
. altura da seção de limpeza (cm)	: 170,0
. altura da seção de drenagem (cm)	: 10,0
. altura total (cm)	: 696,0
. pressão de ar (Kgf/cm ²)	: 1,7
. vazão de ar superior (l/min)	: 1,5
. vazão de ar inferior (l/min)	: 2,2
. velocidade superf. específica do ar (cm/s)	: 2,79
. vazão de água de lavagem (l/h)	: 29,1
. velocidade superficial específica da água de lavagem (cm/s)	: 0,37
. dosagem de flotanol D-14B (g/t)	: 19,9
. vazão de polpa de alimentação (l/h)	: 31,6
. velocidade superf. específica da polpa (cm/s)	: 0,40

.. conteúdo de sólidos na alimentação (%)	: 16,3
.. tempo de residência (min)	: 17,1
.. "bias"	: 1,31

Utilizando estas condições foi conduzido um ensaio, com 12 horas de operação e realização de várias amostragens. Os resultados, apresentados no balanço de massa e metalúrgico da Figura 5.29, mostram que foi obtido, na etapa "rougher", um concentrado com teor de 12,69% de cinzas e recuperação da matéria carbonosa de 74,8%.

5.3.14 - Estudo de circuito

Com as condições e resultados definidos para a etapa "rougher", foi estudada a etapa "scavenger", utilizando o circuito apresentado na Figura 5.30. No "scavenger", foi usada uma coluna de 4,5 cm de diâmetro interno e altura de 490cm, sendo 310, 170 e 10cm, as alturas das seções de concentração, limpeza e drenagem da espuma, respectivamente.

Inicialmente foi testada a introdução da etapa "scavenger" sem desaguamento do rejeito "rougher". Entretanto, devido à baixa concentração de sólidos (3,6%), foi introduzido um classificador de taça, fabricado no CDTN.

A seguir são apresentados os resultados e comentários sobre o efeito de cada variável estudada na coluna "scavenger".

LEGENDA

PONTO DO CIRCUITO		
VAZÃO DE SÓLIDOS (G/H)	TEOR DE CINZA (%)	TEOR DE MAT. CARR. (%)
VAZÃO DE POLPA (G/H)	DIST. DE CINZA (%)	DIST. DE MAT. CARR. (%)

ALIMENTAÇÃO		
433.0	16.58	834.2
-	100.0	100.0

ALIMENTAÇÃO DE COLUNA		
5433.0	16.58	83.42
33384.1	100.0	100.0

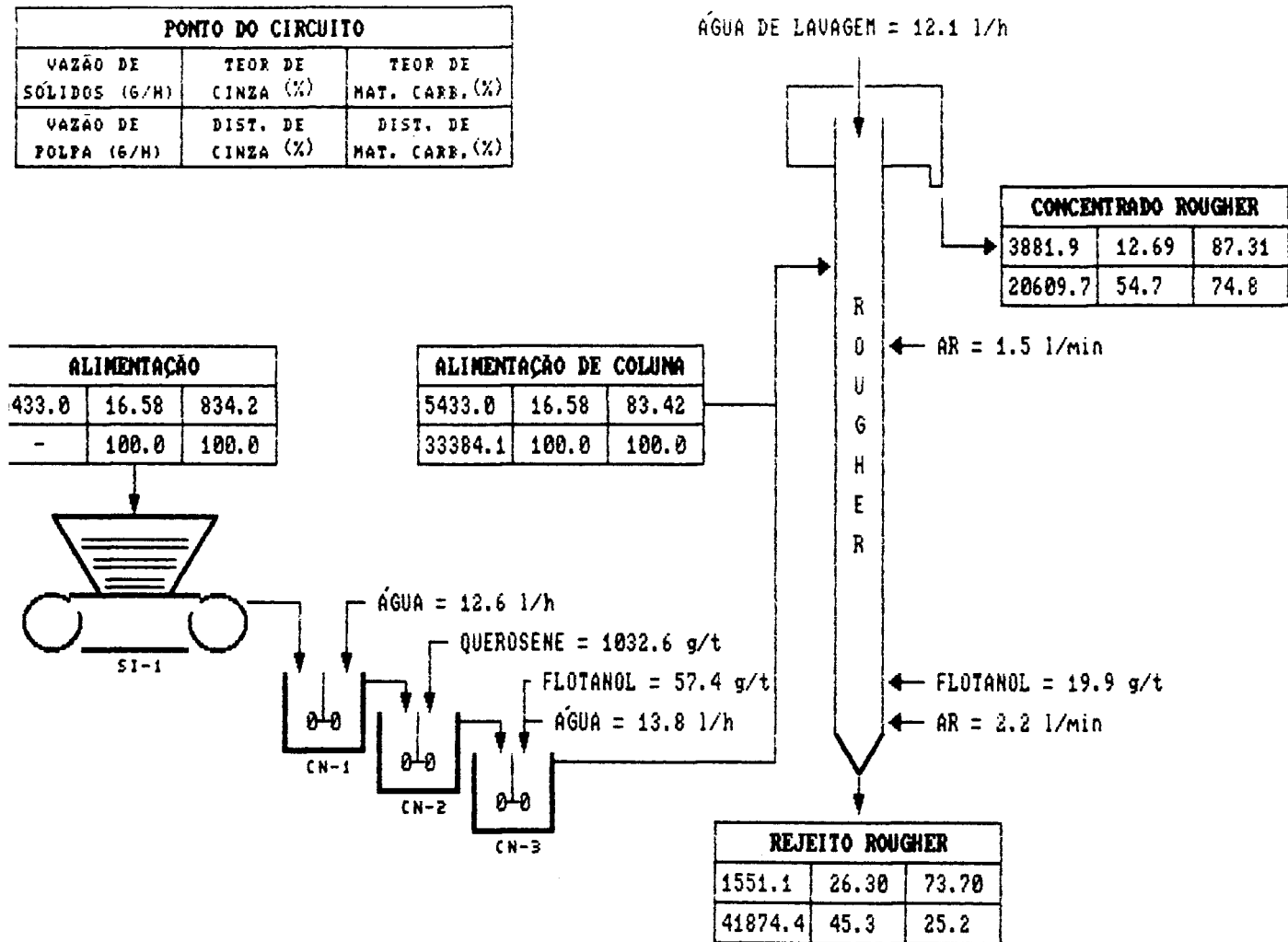


FIGURA 5.29 : FLUXOGRAMA COM BALANÇO DE MASSA DA ETAPA "ROUGHER" - TESTE 61.

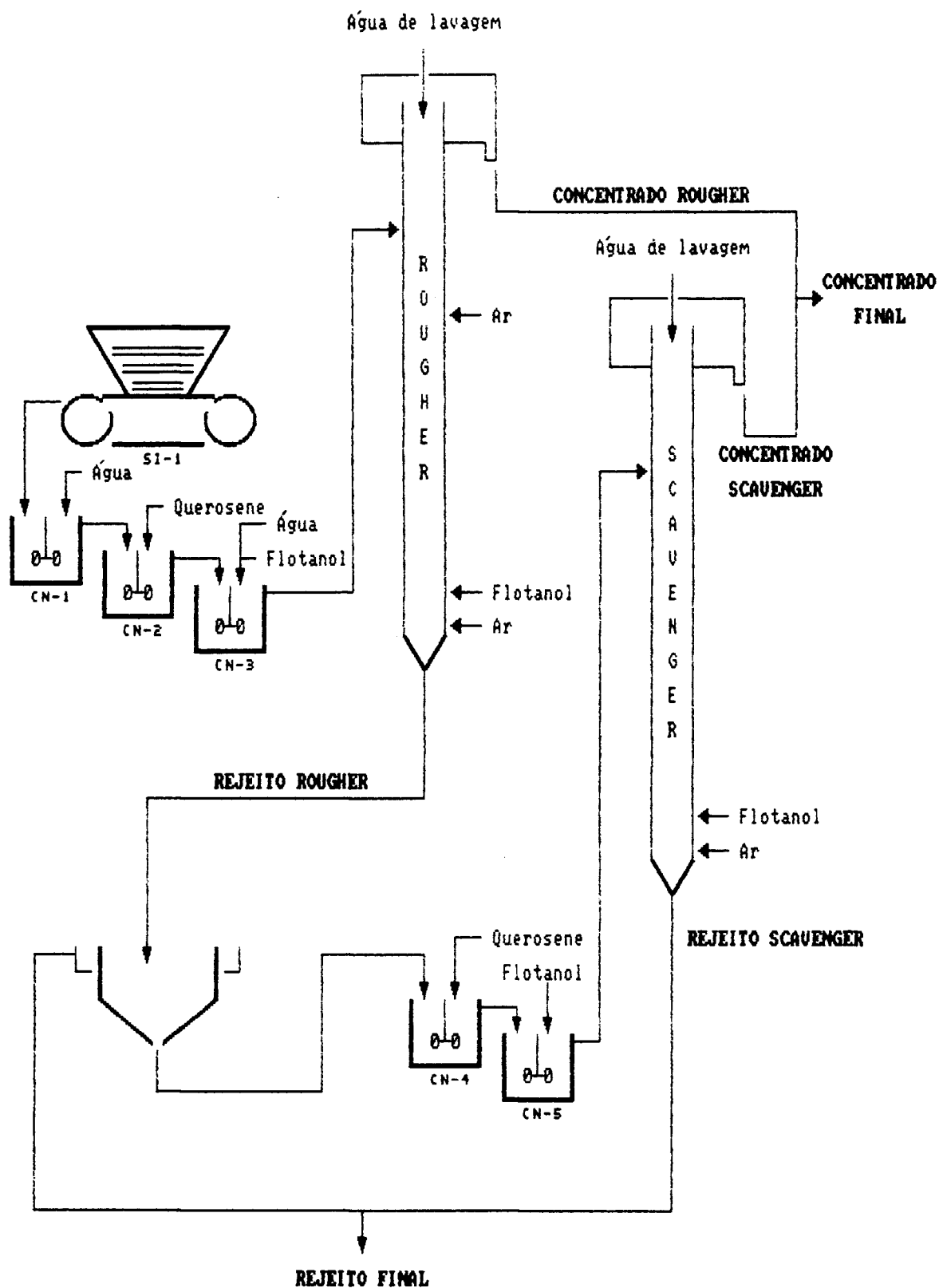


FIGURA 5.30 : FLUXOGRAMA DOS ENSAIOS DE CIRCUITO "ROUGHER"/"SCAUVENGER".

5.3.14.1 - Desaguamento do rejeito "rougher"

Para aumentar o conteúdo de sólidos na alimentação da coluna "scavenger" foi introduzido um classificador de taça, fabricado no CDTN, conforme ilustrado na figura 5.31. Observa-se que houve um descarte de 15,1% da massa com 52,78% de teor de cinzas e 90,4% de recuperação da matéria carbonosa. Estes resultados indicam que as partículas extremamente finas, descartadas no "overflow" do classificador de taça, são as de maior conteúdo de cinzas.

5.3.14.2 - Efeito da dosagem de querosene no "scavenger"

Os resultados variando a dosagem de querosene, adicionado no condicionador 4, estão apresentados na Tabela V-27 e na Figura 5.32. Estes resultados mostram que o aumento na dosagem de querosene acarreta um acréscimo no teor de cinzas e na recuperação da matéria carbonosa no concentrado.

Considerando a necessidade de obtenção de maior recuperação da matéria carbonosa, a dosagem de 540 g/t foi selecionada para utilização nos ensaios posteriores.

5.3.14.3 - Efeito da dosagem de flotanol no "scavenger"

Nos ensaios realizados para verificar a influência da dosagem de espumante, o flotanol foi adicionado no condicionador 5.

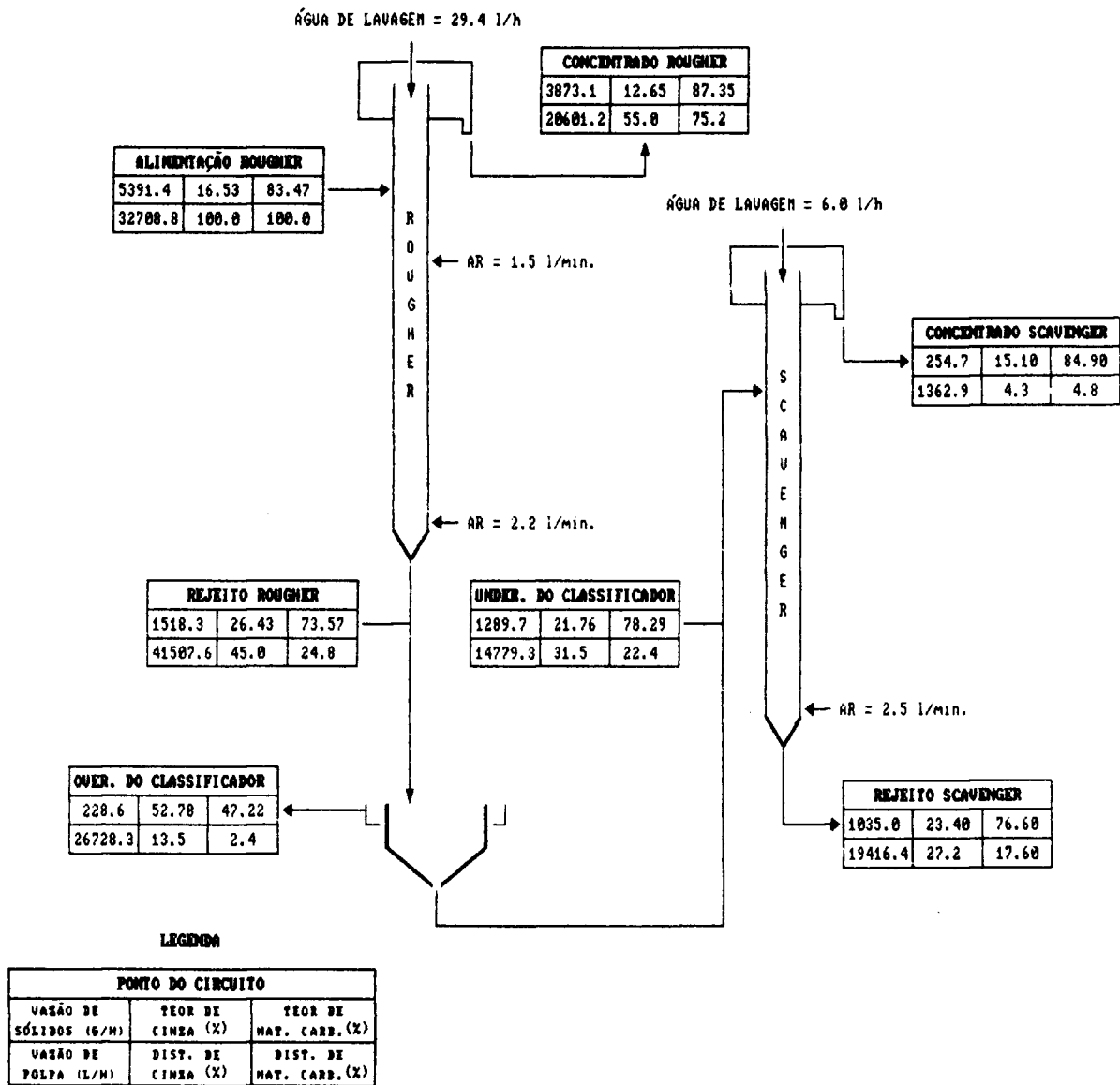


FIGURA 5.31 : FLUXOGRAMA COM BALANÇO DE MASSA DO CIRCUITO "ROUGHER"/"SCAVENGER" COM DESAGUAMENTO DO REJEITO "ROUGHER".

TABELA U-27 : EFEITO DA DOSAGEM DE QUEROSENE NA ETAPA "SCAVENGER" SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE			63	64	65	66
R O U G H E R	TEOR (%)	CINZAS	12.65	12.62	12.74	12.59
		MATÉRIA CARBONOSA	87.35	87.38	87.26	87.41
	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS	55.0	54.0	55.2	53.0
		MATÉRIA CARBONOSA	72.2	75.7	76.0	74.0
C L A S S I F. S E Ç A	TEOR (%)	CINZAS	21.76	23.62	22.77	22.40
		MATÉRIA CARBONOSA	78.24	76.38	77.23	77.60
	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS	31.5	33.4	31.4	33.4
		MATÉRIA CARBONOSA	22.4	21.8	21.5	23.3
S C A V E N G E R	DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		197.7	397.6	539.9	571.8
	TEOR (%)	CINZAS	15.10	15.45	15.93	16.42
		MATÉRIA CARBONOSA	84.90	84.55	84.07	83.58
	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS	4.3	5.1	5.6	5.8
		MATÉRIA CARBONOSA	4.8	5.6	6.0	5.9

CONDIÇÕES MÉDIAS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

	ROUGHER	SCAVENGER
. DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONADOR (G/T) --	1019.1	-
. DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (G/T) ---	59.0	30.1
. DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) -----	20.1	0.0
. PORCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIM. DA COLUNA ----	17.0	8.6
. PORCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA -----	6.6	5.9
. TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) -----	19.0	20.6
. BIAS -----	1.32	1.33

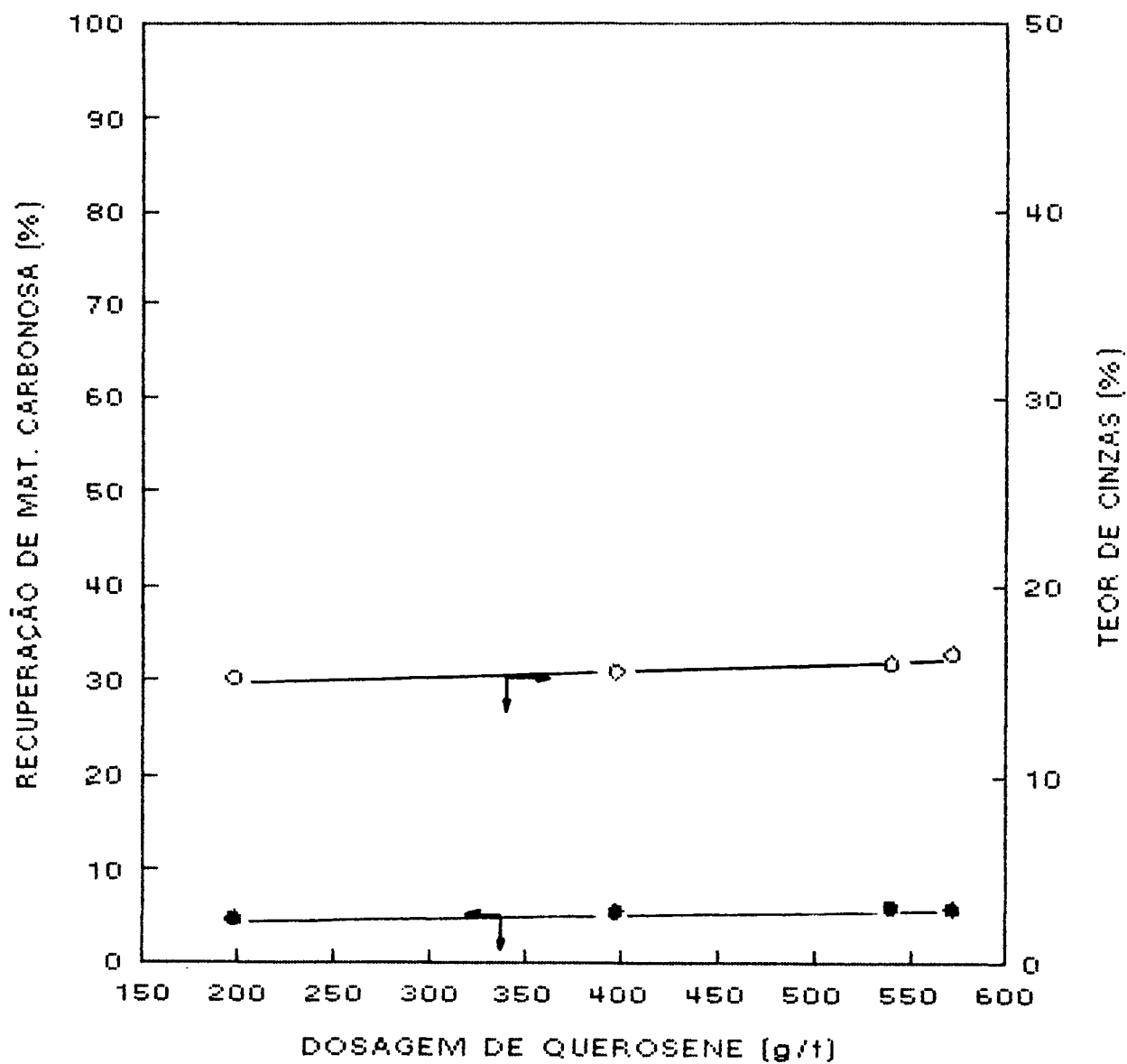


FIGURA 5.32 : EFEITO DA DOSAGEM DE QUEROSENE SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO "SCAUENGER".

Após definição da dosagem adequada, o flotanol foi distribuído entre o condicionador e a coluna na relação de 75/25%, já definida na etapa "rougher".

Os resultados obtidos, apresentados na Tabela V-28 e na Figura 5.33, mostram que, tanto a recuperação da matéria carbonosa, quanto o teor de cinzas no concentrado, crescem com o aumento da dosagem de espumante. A distribuição do flotanol entre o condicionador e a coluna melhora significativamente os resultados.

5.3.14.4 - Estudo com circuito fechado "rougher" e "scavenger"

Utilizando as condições definidas em circuito aberto para as etapas "rougher" e "scavenger", foram realizados alguns ensaios, tentando recircular o concentrado "scavenger" no condicionador 3. Verificou-se que a recirculação proposta provocava uma espumação excessiva no condicionamento, instabilidade de operação e indicava prejuízo nos resultados obtidos com uma única coluna. Diante disto, optou-se por trabalhar no circuito "rougher"/"scavenger" aberto e composição dos concentrados obtidos nas duas etapas.

TABELA U-28 : EFEITO DA DOSAGEM DE FLOTANOL NA ETAPA "SCAVENGER" SOBRE O TEOR E RECUPERAÇÃO DE CINZAS E MATÉRIA CARBONOSA NO CONCENTRADO.

TESTE			66	67	68	69
R O U G H E R	TEOR (%)	CINZAS	12.59	12.73	12.54	12.49
		MATÉRIA CARBONOSA	87.41	87.27	87.46	87.51
	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS	53.0	53.4	54.3	53.4
		MATÉRIA CARBONOSA	74.0	73.9	74.8	74.4
C L A S S I F. I D A D A	TEOR (%)	CINZAS	22.40	22.11	21.48	21.92
		MATÉRIA CARBONOSA	77.60	77.89	78.52	78.08
	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS	33.4	32.7	30.8	31.5
		MATÉRIA CARBONOSA	23.3	23.2	22.2	22.5
S C A V E N G E R	DOSAGEM DE FLOTANOL (g/t)		30.3	40.1	59.4	40.6/15.1
	TEOR (%)	CINZAS	16.42	16.73	16.98	17.76
		MATÉRIA CARBONOSA	83.58	83.27	83.02	82.24
	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS	5.8	6.4	7.2	8.1
		MATÉRIA CARBONOSA	5.9	6.4	6.9	7.5

CONDIÇÕES MÉDIAS DE REALIZAÇÃO DOS TESTES:

	ROUGHER	SCAVENGER
. DOSAGEM DE QUEROSENE NO CONDICIONADOR (G/T) --	1015.3	557.6
. DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (G/T) ---	58.6	-
. DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (G/T) -----	8.6	-
. PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA ALIM. DA COLUNA ----	17.3	9.2
. PERCENTAGEM DE SÓLIDOS NA COLUNA -----	8.6	5.9
. TEMPO DE RESIDÊNCIA (MIN) -----	19.3	20.5
. BIAS -----	1.32	1.34

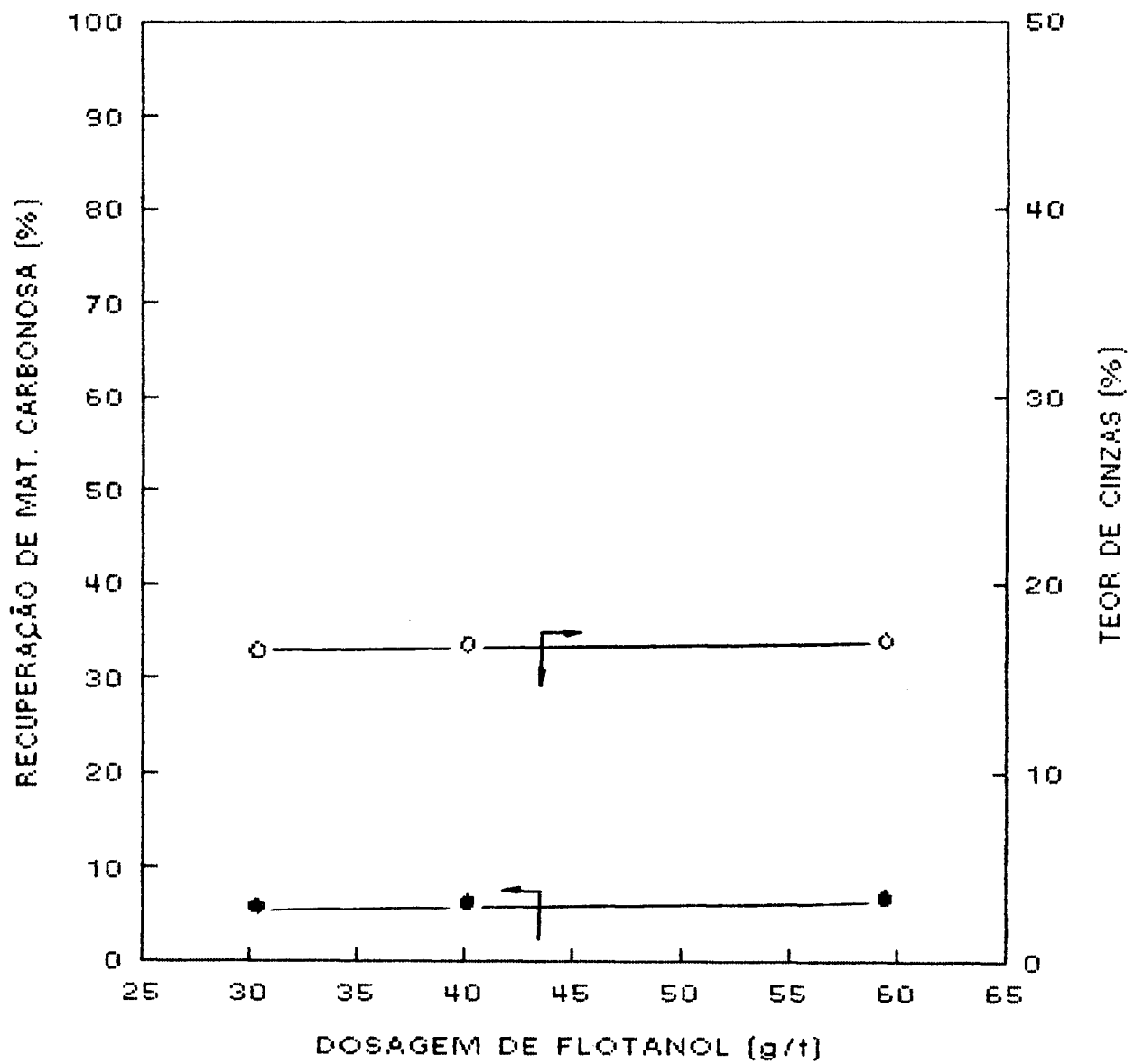


FIGURA 5.33 : EFEITO DA DOSAGEM DE ESPUMANTE NO CONDICIONADOR SOBRE O TEOR DE CINZAS E RECUPERAÇÃO DA MAT. CARBONOSA NO CONCENTRADO "SCAUENGER"

5.3.14.5 - Ensaio nas melhores condições de circuito

Com as condições definidas para o circuito foi realizado o ensaio nº 70 com 12 horas de duração e amostragens em intervalos de 1 hora. Os resultados, mostrados no fluxograma com balanço de massa da Figura 5.34, representam a média das amostragens realizadas. Estes resultados mostram que foi possível obter um concentrado final com 12,98% de cinzas, 1,26% de enxofre total e 83,4% de recuperação da matéria carbonosa.

As condições utilizadas no ensaio final foram:

a - condicionamento 1

. vazão de sólidos (kg/h)	# 5,4
. vazão de água (l/h)	# 12,6
. conteúdo de sólidos (%)	# 30,1
. pH	# nat.
. tempo de residência (min)	# 18,0

b - Condicionamento 2

. dosagem de querosene (g/t)	# 1033
. conteúdo de sólidos (%)	# 30,0
. tempo de residência (min)	# 4,4

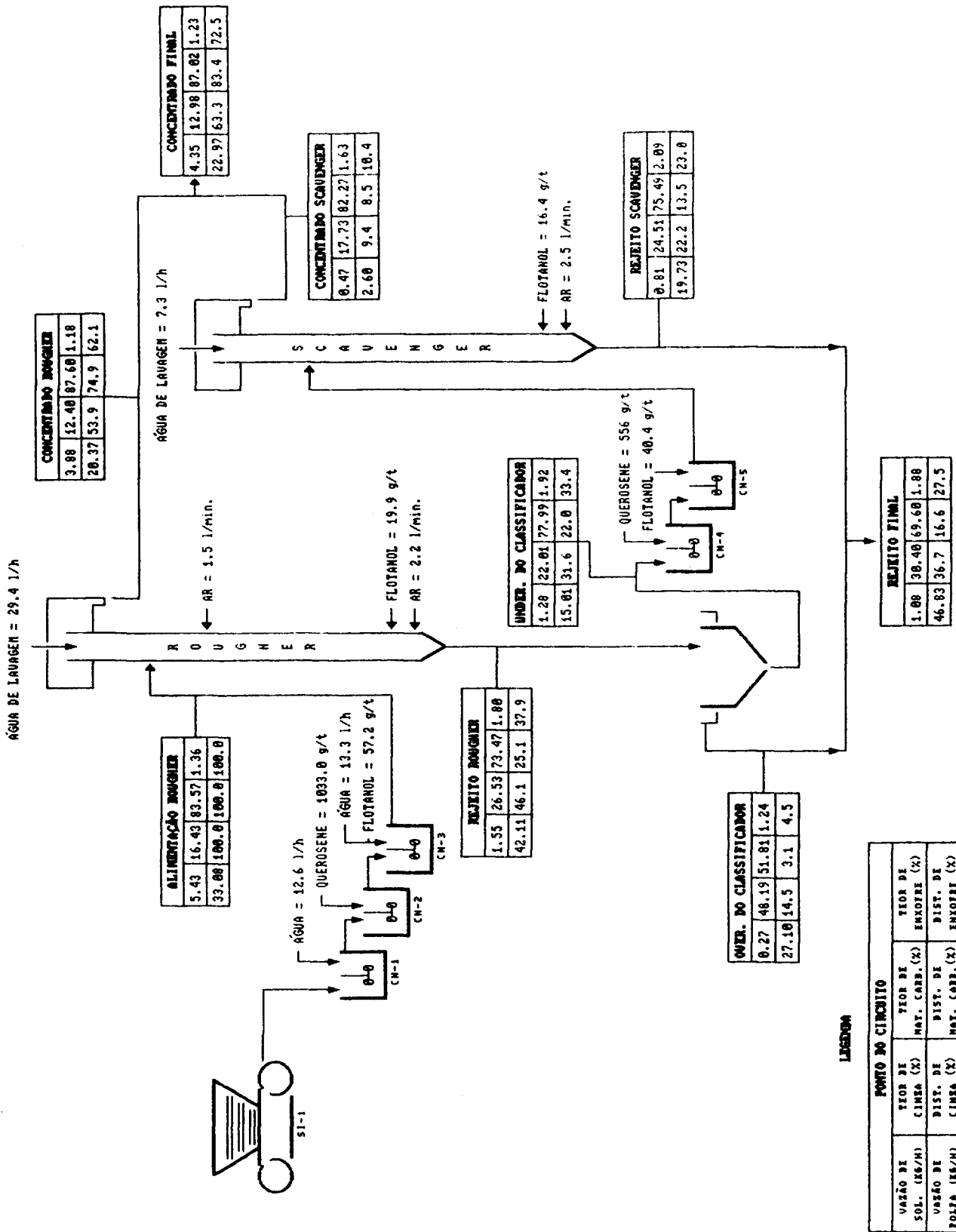


FIGURA 5.34 : FLOXOGRAMA COM BALANÇO DE MASSA DO ENSAIO FINAL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA.

c - Condicionamento 3

. dosagem de flotanol D-14B (g/t)	: 57,3
. vazão de água (l/h)	: 13,8
. conteúdo de sólidos (%)	: 16,4
. tempo de residência (min)	: 2,5

d - Coluna "rougher"

. diâmetro (cm)	: 5,3
. altura da seção de concentração (cm)	: 516,0
. altura da seção de limpeza (cm)	: 170,0
. altura da seção de drenagem (cm)	: 10,0
. altura total (cm)	: 696,0
. pressão de ar (Kgf/cm ²)	: 1,7
. vazão de ar no aerador superior (l/min)	: 1,5
. vazão de ar no aerador inferior (l/min)	: 2,2
. velocidade superficial específica do ar (cm/s)	: 2,79
. "hold-up" (%)	: 38
. vazão de água de lavagem (l/h)	: 29,4
. velocidade superficial específica da água de lavagem (cm/s)	: 0,37
. dosagem de flotanol D-14B (g/t)	: 19,9
. vazão de polpa de alimentação (l/h)	: 31,4
. velocidade superficial específica da polpa de alimentação (cm/s)	: 0,40
. conteúdo de sólidos na alimentação (%)	: 16,4
. tempo de residência (min)	: 17,0
. "bias"	: 1,33

e - Condicionamento 4

. vazão de sólidos (kg/h)	≐ 1,28
. conteúdo de sólidos (%)	≐ 8,5
. dosagem de querosene (g/t)	≐ 556,0
. tempo de residência (min)	≐ 9,9

f - Condicionamento 5

. dosagem de flotanol D-14B (g/t)	≐ 40,4
. conteúdo de sólidos (%)	≐ 8,5
. tempo de residência (min)	≐ 4,3

g - Coluna "scavenger"

. diâmetro (cm)	≐ 4,5
. altura da seção de concentração (cm)	≐ 310,0
. altura da seção de limpeza (cm)	≐ 170,0
. altura da seção de drenagem (cm)	≐ 10,0
. altura total (cm)	≐ 490,0
. pressão de ar (Kgf/cm ²)	≐ 1,7
. vazão de ar (l/min)	≐ 2,5
. velocidade superficial específica de ar (cm/s)	≐ 2,62
. vazão de água de lavagem (l/h)	≐ 7,3
. velocidade superficial específica da água de lavagem (cm/s)	≐ 0,13
. dosagem de flotanol D14-B (g/t)	≐ 16,4
. vazão de polpa de alimentação (l/h)	≐ 14,6
. velocidade superficial específica da polpa de alimentação (cm/s)	≐ 0,26

„ conteúdo de sólidos na alimentação (%)	# 8,5
„ tempo de residência (min)	# 15,2
„ “hold-up” (%)	# 17,6
„ “bias”	# 1,33

5.4 - Caracterização dos Produtos

Os produtos obtidos no ensaio final de flotação em coluna foram caracterizados granulométrica, química e mineralogicamente.

5.4.1 - Análise granulométrica

Na Tabela V-29 e na Figura 5.35 está apresentada a distribuição granulométrica dos produtos. Verifica-se que os concentrados apresentam uma distribuição significativamente mais fina que a dos rejeitos, principalmente nas frações granulométricas acima de $210\mu\text{m}$ (65 mesh). Observa-se ainda que não foi possível flotar a fração retida em $590\mu\text{m}$ (28 mesh).

No “overflow” do classificador de taça observa-se a presença de partículas de granulometria acima de $149\mu\text{m}$, provavelmente em função da forma das partículas de carvão.

A distribuição acumulada de massa nas frações granulométricas dos produtos está apresentada na Tabela V-30 e nas Figuras

TABELA U-29 : DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS PRODUTOS OBTIDOS NO ENSAIO FINAL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA.

PENEIRA (malhas)			28	35	48	65	100	150	200	270	400	-400	ALIM.
ABERTURA (µm)			590	490	297	210	149	105	74	53	37	-37	-
ROUGHER	CONCENTRADO	% PESO	-	2.4	3.6	5.1	11.6	13.6	9.9	12.9	2.6	38.3	100.0
		% RET. ACUM.	-	2.4	6.0	11.1	22.7	36.3	46.2	59.1	61.7	100.0	-
	REJEITO	% PESO	6.8	16.4	17.2	15.5	12.3	6.9	1.8	0.9	1.0	21.2	100.0
		% RET. ACUM.	6.8	23.2	40.4	55.9	68.2	75.1	76.9	77.8	78.8	100.0	-
CLASSIF.	"OVERFLOW"	% PESO	-	3.2	3.9	4.7	4.9	2.8	1.0	0.4	0.3	78.8	100.0
		% RET. ACUM.	-	3.2	7.1	11.8	16.7	19.5	20.5	20.9	21.2	100.0	-
	"UNDERFLOW"	% PESO	8.3	19.2	16.8	18.1	14.2	7.8	2.0	1.0	1.2	11.4	100.0
		% RET. ACUM.	8.3	27.5	44.3	62.4	76.6	84.4	86.4	87.4	88.6	100.0	-
SCUMMER	CONCENTRADO	% PESO	-	1.9	9.9	27.5	33.7	12.9	3.0	1.1	1.1	8.9	100.0
		% RET. ACUM.	-	1.9	11.8	39.3	73.0	85.9	88.9	90.0	91.1	100.0	-
	REJEITO	% PESO	13.1	29.3	20.9	12.6	2.8	4.8	1.4	0.9	1.2	13.0	100.0
		% RET. ACUM.	13.1	42.4	63.3	75.9	78.7	83.5	84.9	85.8	87.0	100.0	-

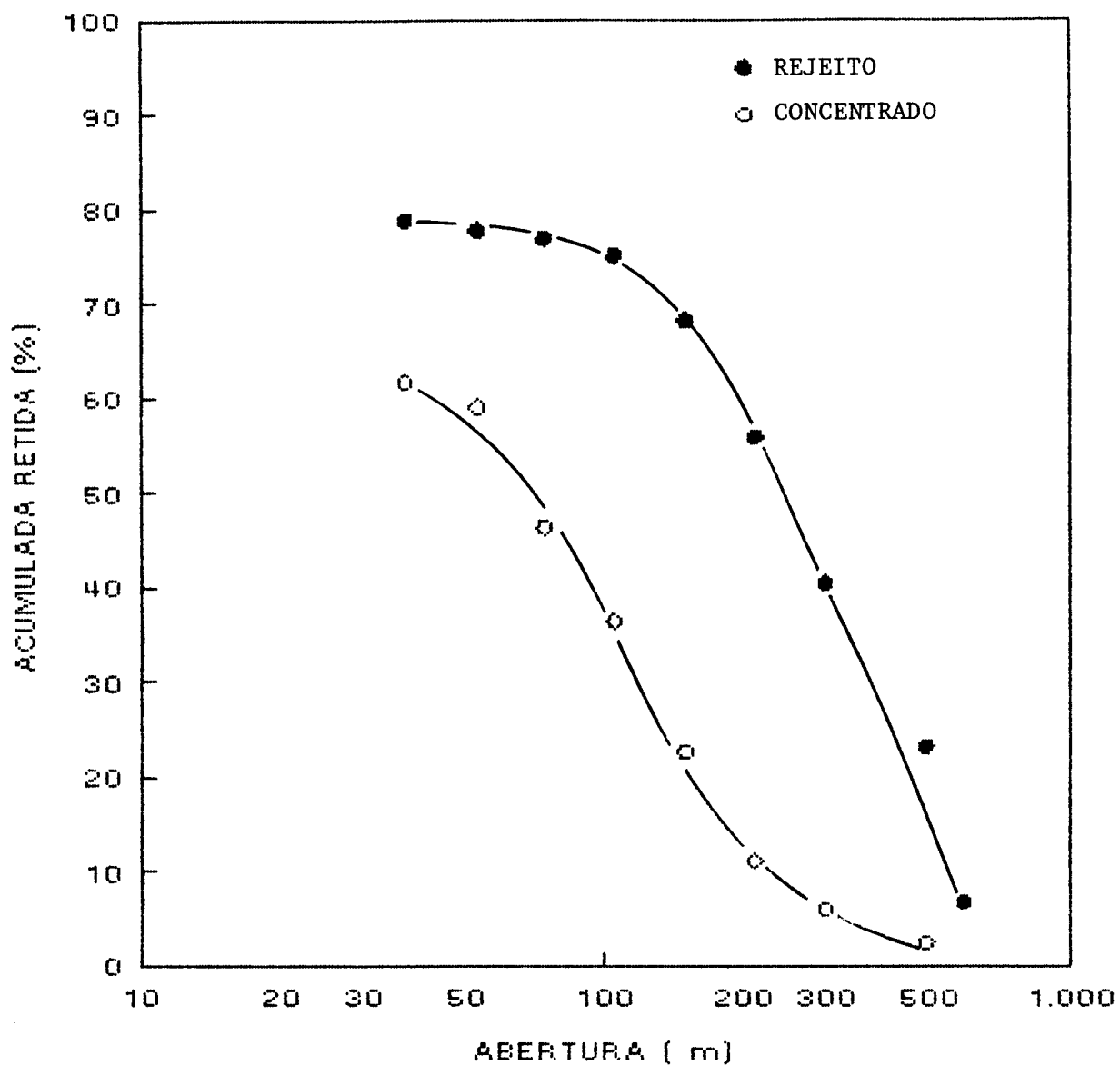


FIGURA 5.35 : DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS PRODUTOS DO "ROUGHER" NO ENSAIO FINAL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA.

5.36 e 5.37. Observa-se que a massa flotada no concentrado é maior na fração granulométrica abaixo de $210\mu\text{m}$ (65 mesh), enquanto a fração grosseira permanece no rejeito, tanto na etapa "rougher" quanto na "scavenger". Esta distribuição indica que a faixa granulométrica abaixo de $210\mu\text{m}$ (65 mesh) é adequada à flotação desta amostra.

5.4.2 - Análise química

Na Tabela V-31 está apresentada a composição química dos produtos obtidos no ensaio final de flotação em coluna.

Considerando que somente o enxofre pirítico pode ser reduzido através do processo de flotação, na caracterização dos produtos optou-se por não entrar na diferenciação analítica dos tipos, tendo sido analisado somente o enxofre total. Observa-se que o concentrado "rougher" apresenta-se dentro dos limites de especificação aceitos nas coquerias, enquanto o concentrado "scavenger" só poderá ser utilizado se composto com o "rougher". A perda de massa no "overflow" do classificador de taça não acarreta perdas significativas na recuperação, pois o teor de matéria carbonosa é baixo (51,98%).

TABELA V-30 : DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DE MASSA NAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS PRODUTOS OBTIDOS NO ENSAIO FINAL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA.

PENEIRA (malhas)			28	35	48	65	100	150	200	270	400	-400	ALIM.
ABERTURA (µm)			590	490	297	210	149	105	74	53	37	-37	-
RECONDICIONADOR	CONCENTRADO	X RET. ACUM.	-	2.4	6.0	11.1	22.7	36.3	46.2	59.1	61.7	100.0	100.0
		MASSA (g)	-	93.1	232.8	430.7	880.9	1408.6	1792.8	2293.4	2394.3	3880.5	3880.5
	REJEITO	X RET. ACUM.	6.8	23.2	40.4	55.9	68.2	75.1	76.9	77.8	78.8	100.0	100.0
		MASSA (g)	105.7	360.6	628.0	868.9	1060.1	1167.4	1195.3	1209.3	1224.9	1554.4	1554.4
CLASSIFICADOR	"OVERFLOW"	X RET. ACUM.	-	3.2	7.1	11.8	16.7	19.5	20.5	20.9	21.2	100.0	100.0
		MASSA (g)	-	8.6	19.2	31.9	45.1	52.7	55.4	56.5	57.3	270.1	270.1
	"UNDERFLOW"	X RET. ACUM.	8.3	27.5	44.3	62.4	76.6	84.4	86.4	87.4	88.6	100.0	100.0
		MASSA (g)	106.6	253.2	568.9	801.4	983.8	1083.9	1109.6	1122.5	1137.9	1284.3	1284.3
SUBSELEZIONADOR	CONCENTRADO	X RET. ACUM.	-	1.9	11.8	39.3	73.0	85.9	88.9	90.0	91.1	100.0	100.0
		MASSA (g)	-	8.9	55.6	185.1	343.9	404.6	418.7	423.9	429.1	471.6	471.6
	REJEITO	X RET. ACUM.	13.1	42.4	63.3	75.9	78.7	83.5	84.9	85.9	87.0	100.0	100.0
		MASSA (g)	106.5	344.6	514.4	616.8	639.6	678.6	690.0	698.1	707.0	812.7	812.7
RECONDICIONADOR (X)	"ROUGHER"	CONCENTRADO	0.0	20.5	27.0	33.1	45.4	54.7	60.0	65.5	66.2	71.4	-
		REJEITO	100.0	79.5	73.0	66.9	54.6	45.3	40.0	34.5	33.8	28.6	-
	CLASSIFICADOR	"OVERFLOW"	0.0	3.3	3.3	3.8	4.4	4.6	4.8	4.8	4.8	17.4	-
		"UNDERFLOW"	100.0	96.7	96.7	96.2	95.6	95.4	95.2	95.2	95.2	82.6	-
	"SCAVENGER"	CONCENTRADO	0.0	2.5	9.8	23.1	35.0	37.3	37.8	37.8	37.8	36.7	-
		REJEITO	100.0	97.5	90.2	76.9	65.0	62.7	62.2	62.2	62.2	63.3	-

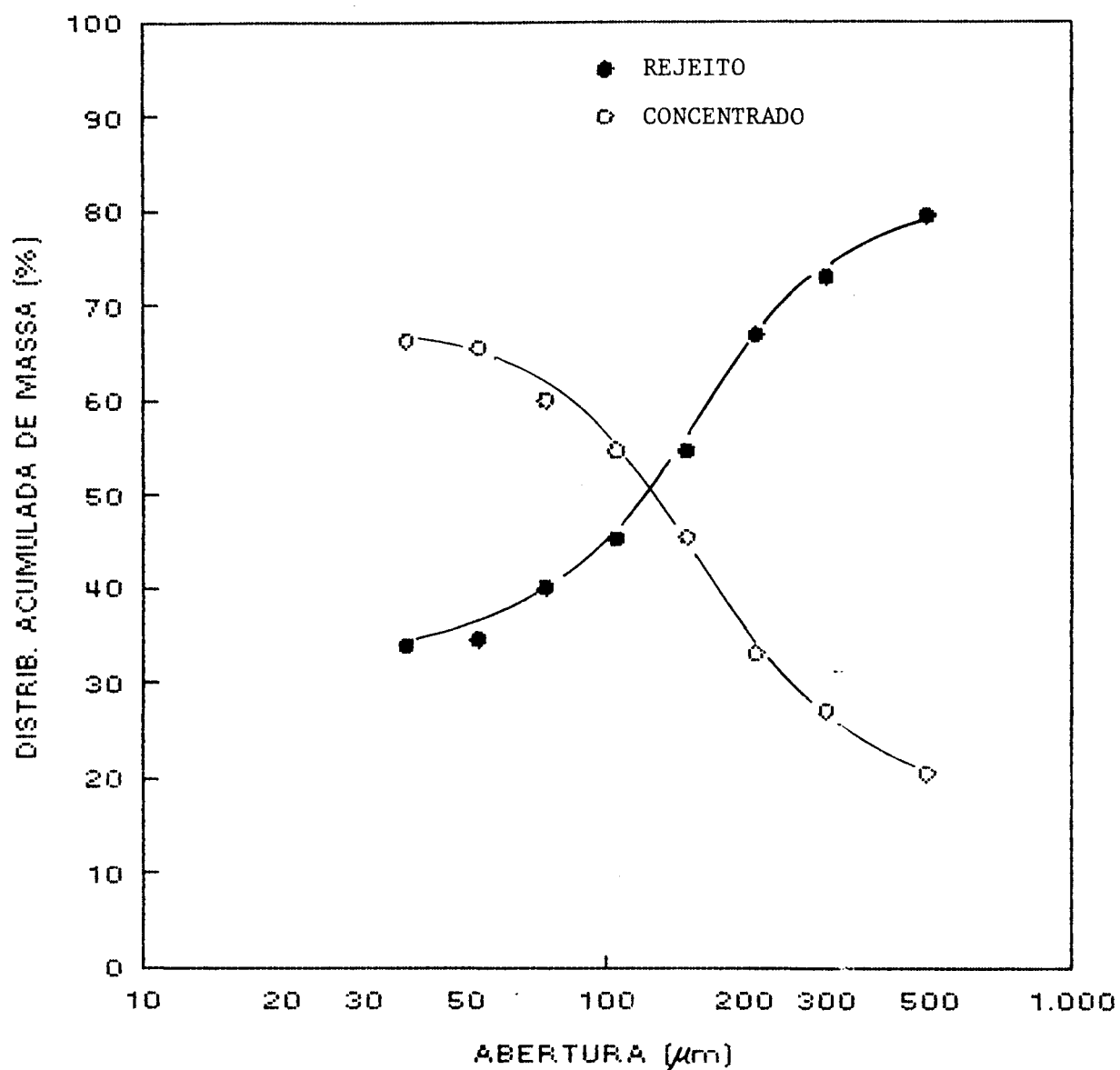


FIGURA 5.36 : DISTRIBUICAO ACUMULADA DE MASSA NAS FRACOES GRANULOMETRICAS DO CONCENTRADO E REJEITO "ROUGHER".

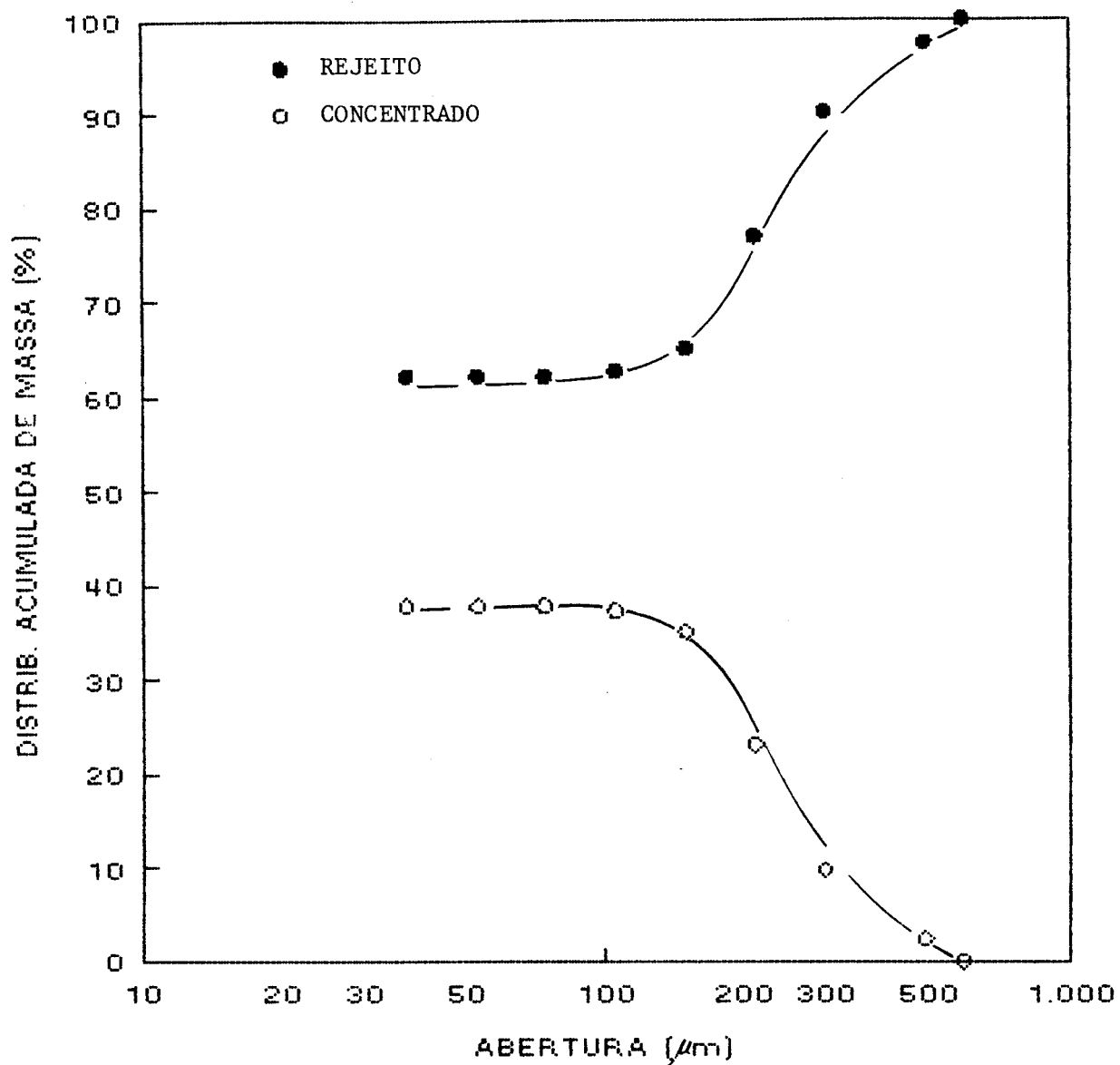


FIGURA 5.37 : DISTRIBUICAO ACUMULADA DE MASSA NAS FRACOES GRANULOMETRICAS DO CONCENTRADO E REJEITO "SCAVENGER".

TABELA U-31 : COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS PRODUTOS OBTIDOS NO ENSAIO FINAL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA.

ELEMENTO	TEOR (%)					
	"ROUGHER"		CLASSIFICADOR		"SCAVENGER"	
	CONCENTRADO	REJEITO	"OVERFLOW"	"UNDERFLOW"	CONCENTRADO	REJEITO
CINZAS	12.40	26.53	48.82	22.81	17.73	24.49
MATÉRIA VOLÁTIL	30.48	31.28	56.94	32.19	33.45	31.46
CARBONO FIXO	57.12	42.19	25.83	45.88	48.82	44.85
MATÉRIA CARBONOSA	87.60	73.47	51.98	77.99	82.27	75.51
ENXOFRE TOTAL	1.18	1.80	1.24	1.92	1.63	2.09
DENSIDADE	1.40	1.50	1.55	1.49	1.47	1.50

5.4.3 - Análise mineralógica

A composição total apresentada na Tabela V-32 mostra que o maceral vitrinita permanece como predominante em todos os produtos, seguido da inertinita e da exinita, mostrando que não houve seletividade do processo em relação aos macerais. O concentrado "rougher" apresenta um conteúdo menor de minerais em relação aos outros produtos e a pirita só foi observada como traços.

Na Tabela V-33 está apresentada a composição da matéria mineral. Verifica-se a predominância de quartzo, seguido da caolinita, em todos os produtos. A pirita apresenta-se em menor quantidade no concentrado "rougher".

TABELA U-32 : COMPOSIÇÃO TOTAL DOS PRODUTOS OBTIDOS NO ENSAIO FINAL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA.

MACERAL / MINERAL	CONCENTRAÇÃO			
	"ROUGHER"		"SCAUENGER"	
	CONCENTRADO	REJEITO	CONCENTRADO	REJEITO
VITRINITA	PREDOMINANTE	PREDOMINANTE	PREDOMINANTE	PREDOMINANTE
INERTINITA	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR
EXINITA	MENOR	MENOR	MENOR	MENOR
MINERAIS	MENOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR
PIRITA	TRAÇO	TRAÇO	TRAÇO	TRAÇO

Predominante = >50 % ; Maior = >10<50 % ; Menor = >1<10 % ; Traço = <1 %

TABELA U-33 : COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA MINERAL NOS PRODUTOS OBTIDOS NO ENSAIO FINAL DE FLOTAÇÃO EM COLUNA.

MINERAL	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	CONCENTRAÇÃO			
		"ROUGHER"		"SCAUENGER"	
		CONCENTRADO	REJEITO	CONCENTRADO	REJEITO
QUARTZO	SiO_2	PREDOMINANTE	PREDOMINANTE	PREDOMINANTE	PREDOMINANTE
CAOLINITA	$Al_2(Si_2O_5)_2(OH)_2$	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR
MARCASSITA	FeS_2	MENOR	TRAÇO	MENOR	TRAÇO
PIRITA	FeS_2	TRAÇO	MENOR	MENOR	MENOR
MOSCOUITA	$KAl_2(Al_2Si_3O_{10})(OH)_2$	-	MAIOR	TRAÇO	MAIOR
GIPSITA	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	TRAÇO	MENOR	TRAÇO	TRAÇO
TALCO	$Mg_3(Si_2O_5)_2(OH)_2$	MENOR	TRAÇO	TRAÇO	TRAÇO

Predominante = >30 % ; Maior = >15<30 % ; Menor = >5<15 % ; Traço = <5 %

6. CONCLUSÕES

- „ O nível de oxidação da amostra estudada, diminuiu a seletividade do processo e elevou o consumo de reagentes em relação aos valores usuais.
- „ Existe uma relação ótima entre a dosagem de espumante adicionada no condicionador e na coluna, que maximiza a recuperação da matéria carbonosa no concentrado. Para esta amostra, a relação 75/25% mostrou-se a mais adequada.
- „ A variável que, nos níveis estudados, apresenta maior influência sobre a recuperação da matéria carbonosa é a vazão de ar. Entretanto, para vazões acima de 2,5 l/min ($VSE=1,890\text{cm/s}$), o regime de fluxo da coluna muda de "plug-flow" para mistura completa. A vazão adequada ao processo, sem turbulência e formação da 2ª interface na seção de concentração, foi obtida através da introdução de um aerador intermediário.
- „ O tempo de residência na coluna, requerido para obtenção de níveis elevados de recuperação da matéria carbonosa, é significativamente maior quando se utiliza um aerador intermediário.
- „ O aumento do conteúdo de sólidos na alimentação da coluna acima de 10% reduz a recuperação da matéria carbonosa.

- . O aumento da altura da seção de drenagem de espuma não afeta significativamente o teor de cinzas e a recuperação da matéria carbonosa. Entretanto, o conteúdo de sólidos no concentrado aumenta drasticamente, diminuindo a fluidez da polpa e aumentando a dificuldade de transbordamento da espuma na coluna.
- . A literatura recomenda a utilização de um "bias" positivo de 1,1. Para esta amostra foi possível trabalhar com um "bias" de 1,3 com redução do teor de cinzas e sem prejuízo na recuperação da matéria carbonosa no concentrado.
- . A utilização do circuito "rougher"-"scavenger" aumenta a recuperação da matéria carbonosa em 8,5% e o teor de cinzas no concentrado em apenas 0,6%.
- . Não foi possível recircular o concentrado "scavenger" para o "rougher" devido a problemas de espumação excessiva e dificuldade de controle da coluna "rougher".
- . O desaguamento do rejeito "rougher" aumentou o conteúdo de sólidos da alimentação da etapa "scavenger", com redução significativa do teor de cinzas e perda pequena na recuperação da matéria carbonosa.
- . a faixa granulométrica abaixo de $210\mu\text{m}$ (65 mesh) é a mais adequada à flotação em coluna desta amostra.

- „ Não foi possível flotar a fração granulométrica acima de $590\mu\text{m}$.

- „ A técnica de flotação em coluna mostrou-se adequada ao aproveitamento do concentrado do 2º "rougher" da usina industrial da Unidade Mineira II, permitindo a obtenção de um concentrado com 13% de cinzas e 83,4% de recuperação da matéria carbonosa.

- „ Estes resultados, semelhantes aos obtidos no estudo de laboratório, sugerem a utilização de células de coluna, que apresentam baixo consumo energético, menor custo de manutenção e melhor controle operacional.

7. RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

Neste capítulo é feita uma análise sumária da importância dos resultados obtidos no contexto da indústria carbonífera brasileira.

O setor de mineração de carvão é um segmento bastante relevante no cenário nacional, tanto pela sua relação com as comunidades onde está situado, como para o fornecimento de matérias-primas para geração de energia em ramos importantes da indústria nacional. O setor vive, entretanto, dificuldades consideráveis, parte devido ao momento de transição pelo qual passa face às mudanças na estrutura de comercialização, parte devido à qualidade de produtos pouco competitiva.

Durante décadas o preço e a estrutura de comercialização do carvão nacional foram dirigidos pelo Governo Federal. Com a edição da portaria S01 de 17 de setembro de 1990, ocorreram a liberação de preços e a autorização de importações com alíquota zero. As mineradoras vêm sofrendo com as profundas modificações estabelecidas no mercado consumidor, desestimulado de comprar o carvão nacional, optando pelo estrangeiro⁽¹⁾. A liberação da importação sem a devida proteção ao produto nacional inviabiliza a comercialização para a maioria dos mercados consumidores, tais como o siderúrgico, cimenteiro e outros. Isto porque a formação geológica de nossos depósitos carboníferos não permite sua

competitividade com a maioria dos países exportadores. Além disso, durante anos pouco foi feito no sentido de melhorar a qualidade do produto através da introdução de outras técnicas de beneficiamento.

Esta decisão governamental tem apresentado graves consequências, entre elas a suspensão total da compra de carvão nacional pelas siderúrgicas. Esta suspensão significa 50% de redução no faturamento das empresas catarinenses, responsáveis por 12 mil empregos diretos. Os fatos apontam para novas demissões e situação pré-falimentar. Indiretamente, poderá ocorrer a desativação de parte da Rede Ferroviária Federal, que tem como principais clientes as mineradoras, e redução das atividades do Porto de Imbituba⁽⁸¹⁾.

Com a falência das mineradoras, a indústria brasileira, que consome o carvão, seja na forma primária ou secundária, ficará totalmente sujeita às flutuações do mercado internacional.

O mercado internacional de carvão é extremamente instável. Em termos gerais, o preço é afetado pelas tarifas ferroviárias, taxas portuárias e transporte marítimo. Este último fator, em particular, pode ter um efeito fundamental. O volume de carvão exportado via marítima nos últimos 10 anos representa 79% do total de carvão comercializado⁽⁸²⁾.

Outro fator de importância significativa no preço do carvão é a comercialização em dólar, o que pode causar diferentes impactos na economia dos países importadores. Finalmente os preços podem ser significativamente afetados por imposições governamentais e exigências políticas tais como o boicote do carvão da África do Sul por diversos países da Europa Ocidental.

O Financial Times de Londres prevê um aumento no preço do carvão no mercado internacional de US\$35/t em 1987 para US\$48-55/t em 1995. Nestas circunstâncias é muito difícil formar uma visão clara da problemática do carvão para estabelecimento de uma política governamental em relação a novos empreendimentos e ao futuro das minas em operação⁽⁵²⁾.

Diante dos fatos expostos e da evolução da produção e consumo de carvão entre 1971 e 1989, apresentada na Tabela VII-1⁽⁵³⁾, cabe à indústria carbonífera procurar alternativas técnicas e econômicas que viabilizem a utilização do carvão nacional.

O processo de flotação é usualmente utilizado nos países de indústria mineira de carvão desenvolvida e especialmente adequada para granulometrias inferiores a 0,42mm⁽⁵⁴⁾. Na flotação em célula de coluna é possível obter-se teor e recuperação de carvão no concentrado maiores ou iguais aos da célula convencional com menor consumo energético e custo de manutenção.

TABELA VII-1 : EVOLUCAO DO CONSUMO E PRODUCAO DE CARVAO METALURGICO DE 1971 A 1989 (53).

ANO	PRODUCAO (10 ³ T)	IMPORTACAO (10 ³ T)	CONSUMO TOTAL (10 ³ T)
1971	830	1672	2502
1972	837	1857	2694
1973	825	1780	2605
1974	1137	1745	2882
1975	869	2793	3662
1976	1002	2964	3966
1977	1199	3824	5023
1978	1317	3547	4864
1979	1438	4253	5691
1980	1545	4515	6060
1981	1132	4264	5396
1982	1139	4100	5239
1983	1171	5459	6630
1984	1303	7576	8879
1985	1407	8049	9456
1986	1330	8442	9772
1987	991	9660	10651
1988	1229	9282	10511
1989	1052	9710	10762

As alternativas de solução para a problemática do carvão nacional passam pela melhoria da qualidade do produto e pela redução de custos necessária à minimização de preços. A aplicação dos resultados obtidos neste trabalho pode contribuir para redução de custos.

No momento em que todo o mundo procura viabilizar suas fontes de energia, o Brasil, que se constitui em grande importador, precisa investir na pesquisa e desenvolvimento de tecnologia e processo, capazes de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir custos. Só desta forma é possível viabilizar sua única fonte significativa de combustível fóssil capaz de complementar suas necessidades energéticas no futuro próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - APLAN, F. F. Coal Flotation. In: FUERSTENAU, M. C. ed. Flotation. 1. Ed. New York: American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. 1976. v.2, cap. 45, p. 1235-1264.
- 2 - ABREU, S. F. Combustíveis Fósseis. In: Recursos Minerais do Brasil, São Paulo: Edgard Blücher, 1973. v.2, cap. 13, p. 321-450.
- 3 - GUERRA, E. A.; SOLARI, J. A. Flotação por Ar Dissolvido de Ultrafinos de Carvão. In: X Encontro Nacional de Tratamento de Minério e Hidrometalurgia, São Paulo, 1984. p. 271-275.
- 4 - LUTTRELL, C. H.; WEBER, A. T.; ADEL, G. T. et al. Microbubble flotation of fine coal. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLUMN FLOTATION, Phoenix, Arizona, 25-58 Jan. 1988. Column Flotation '88. Proceedings. Littleton, Colorado: Society of Mines Engineers. 1988, cap. 21, p. 205-212.
- 5 - MOON, K. S.; SIROIS, L. L. Beneficiation of high sulphur coal by column flotation. In. CANMET PUBLICATION, Canada: Canada Centre for Mineral and Energy Technology, 1982. p. 1-33.

- 6 - NICOL, S. K.; ROBERTS, T.; BENSLEY et al. column flotation of Ultrafine coal: experience at BHP-UTAH. Coal Limited's Riverside Mine. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLUMN FLOTATION, Phoenix, Arizona, 25-28 Jan. 1988. Column flotation '88. Proceedings. Littleton, Colorado: Society of Mining Engineers. 1988, Cap. 2, p. 7-11.

- 7 - LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. Manual de Usinas de Beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM, 1989.

- 8 - MOTTA, W. A. Caracteres Coqueificantes do Carvão Nacional. In: Boletim da Associação Brasileira de Metais, 1960. p. 403-430.

- 9 - MCCLUNG, J.; GEER, M. R. Properties of coal and coal impurities. In: LEONARD, J. W. ed. Coal Preparation. 4. ed. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1979. cap. 1, p. 1-3, 1-73.

- 10 - GHOSH, T. K. Petrography and Coking Potentiality of Indian Coals.

- 11 - THIESSEN, G. Composition and origin of the Mineral Matter in Coal. In: Chemistry of Coal Utilization. New York, WILLEY, J. 1945, v.1, p. 458-495.

- 12 - GRAY, R. J.; SCHAPIRO, N; COE, G. D. Distribution and forms of sulphur in a high volatile Pittsburgh seam coal. In: TRANSACTIONS, Society of Mining Engineers. Colorado, 1963, p. 11-121.
- 13 - FONSÊCA, E. Carvão. Biblioteca Educação é cultura - Rio de Janeiro. Bloch; Brasília: Ministério da Educação e Cultura; Ministério das Minas e Energia, 1980. p. 1-64.
- 14 - SOUZA, G. F. S. Perfil Analítico do Carvão. Ministério das Minas e Energia: Departamento Nacional de Produção Mineral. Boletim n.º 6. Rio de Janeiro, 1973. p. 1-33.
- 15 - RÚBIO, J. Carvão Mineral - Caracterização e beneficiamento. Rio Grande do Sul: Editora Nova Linhares Artes Gráficas, 1988.
- 16 - GLEMBOTSKII, V. A.; KLASSEN, V. I.; PLAKSIN, I. N. Flotation of non-polar non-fulfide minerals. In: Elotation. New York: Primary sources, 1972. p. 406-432.
- 17 - ZIMMERMAN, R. E. Froth flotation. In: LEONARD, J. W. Ed. coal Preparation. 4. ed. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1979. Cap. 10, pt. 3, p. 10-75, 10-94.

- 18 - LASKOWSKI, J. Surface chemistry: aspects of fine coal beneficiation. In: I ENCONTRO DO HEMISFÉRIO SUL SOBRE TECNOLOGIA MINERAL E ENCONTRO E NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIO E HIDROMETALURGIA, Rio de Janeiro, 5-10 dez. 1982. Anais...Rio de Janeiro: CAPES, fundação Djalma Guimarães, 1983. v.1, p. 59-67.
- 19 - LEJA, J. Introduction. In: Surface Chemistry of Froth Flotation. Vancouver: University of British Columbia, 1982. cap. 1, p. 1-59.
- 20 - WEN, W. W.; SUN, S. C. An Electrokinetic Study on the Amine Flotation of Oxidized coal. In: TRANSACTIONS, Society of Mining Engineers. Colorado, 1977, p. 174-180.
- 21 - CAMPBELL, J. A. L.; SUN, S. C. Bituminous Coal Electrokinetics. In: Ibidem, 1970, p. 111-114.
- 22 - CAMPBELL, J. A. L., SUN, S. C. Anthracite Coal Electrokinetics. In: Ibidem, 1970, p. 120-122.
- 23 - SUN, S. C.; ZIMMERMAN, R. E. The Mechanism of Coarse Coal and Mineral Froth Flotations. In: Ibidem, 1950, p. 616-622.

- 24 - MILLER, F. G.; PODGURSKY, J. M.; AIKMAN, R. P. Study of the Mechanism of Coal Flotation and its Role in a System for Processing Fine Coal. In: *Ibidem*, 1967, p. 276-281.
- 25 - BUSTAMANTE, H.; WARREN, L. J. Coal flotation: the effect of grain size on recovery. In: 1 ENCONTRO DO HEMISFÉRIO SUL SOBRE TECNOLOGIA MINERAL E ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIO E HIDROMETALURGIA, Rio de Janeiro, 5 -10 dez. 1982. anais...Rio de Janeiro; CAPES, fundação Djalma Guimarães, 1983, v. 1, p. 1-8.
- 26 - CHAVES, A . P. Flotação de carvão de Santa Catarina. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1982. p. 18-137 (Tese de doutorado em Engenharia - USP).
- 27 - CHAVES, A. P.; HENNIES, W. T.; ORTEGA, J. W. A. Flotação de finos naturais do carvão de Santa Catarina. In: ENCONTRO DO HEMISFÉRIO SUL SOBRE TECNOLOGIA MINERAL, 2., E ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIO E HIDROMETALURGIA, 12. Rio de Janeiro, 25-29 maio 1987. Anais...Rio de Janeiro, FINEP, 1987, v.1, p. 581-635.
- 28 - APLAN, F. F. Use of the Flotation Process for Desulfurization of Coal. In: COAL DESULFURIZATION, Washington, 1977. ACS. Symposium, cap. 6, p. 70-82.

- 29 - BAKER, A. F., MILLER, K. J.; DEURBROUCK, A. W.
Desulfurization of Coal by Froth Flotation, In: U.S.
BUREAU OF MINES PUBLICATION. Washington, 1973, p. 1-13.
- 30 - BAKER, A. F.; MILLER, K. J. Hydrolyzed Metal Ions as
Pyrite Depressants in Coal Flotation. A Laboratory
Study. In: U.S. dept. of the Interior, BUREAU OF MINES.
Washington, 1971, p. 1-21.
- 31 - STONESTREET, P.; FRANZIDIS, J. P. Reverse Flotation of
Coal - A Novel Way for the Benefication of Coal Fines
In: MINERALS ENGINEERING, v.1, n4, 1988. Great Britain,
p. 343-349.
- 32 - MILLER, K. J. Coal - Pyrite Flotation. In: TRANSACTION,
Society of Mining Engineers, Colorado, 1975, v. 258, p.
30-33.
- 33 - MILLER, K. J.; BAKER, A. F. Flotation of Pyrite from
Coal. In: U.S. BUREAU OF MINES - REPORT OF
INVESTIGATION. 17319. Washington, p. 1-7.
- 34 - BAKER, A. F.; MILLER, K. J.; DEURBROUCK, A. W. Two-stage
Flotation Selectively Floats Pyrite from Coal. In: COAL
MINING & PROCESSING. August, 1973. p. 44-56.

- 35 - MILLER, K. J. Desulfurization of Various Midwestern Coals by Flotation. In: U.S. BUREAU OF MINES - REPORT OF INVESTIGATION. Washington, 1978. p. 1-10.
- 36 - MILLER, J. D.; LIN, C. L. Characterization of Pyrite in Products from the Reverse Flotation of Coal. In: COAL PREPARATION, ed. Gordon and Breach Science Publishers S.A, Utah. 1986. p. 243-261.
- 37 - MISRA, M.; HARRIS, R. Column flotation of fine coal from waste coal refuse. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLUMN FLOTATION. Phoenix, Arizona, 25-28 Jan. 1988. Column flotation '88 Proceedings. Littleton, Colorado: Society of Mining Engineers, 1988, cap. 25, p. 235-242.
- 38 - REIS, Jr., J. B. Efeito de alguns parâmetros de flotação em coluna na concentração dos finos de fosfato de Itataia. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1987, p. 6-54 (Tese de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas - UFMG).
- 39 - FURTADO, J. R. V. Recuperação de finos do minério fósforo-uranífero de Itataia - CE. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1984. p. 4-46 (Tese de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em engenharia Metalúrgica e de Minas - UFMG).

- 40 - KAWATRA, S. K.; EISELE, T. C. Studies relating to removal of pyrite from coal by column flotation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLUMN FLOTATION, Phoenix, Arizona. 25-28 Jan. 1988. Column flotation '88. Proceedings. Littleton, Colorado: Society of Mining Engineers. 1988. cap. 22, p. 213-220.
- 41 - YNCHAUSTI, R. A.; MCKAY, J. D.; FOOT, JR., D. C. Column flotation parameters, their effects. In: Ibidem. cap. 17, p. 157-172.
- 42 - MOON, K. S.; SIROIS, L. L. Theory and industrial application of column flotation in Canada.. In: Ibidem. cap. 11, p. 91-102.
- 43 - WHEELER, D. A. Column flotation - the original column. In: MCGILL UNIVERSITY SEMINAR, Dorval, Quebec, may 1986. p. 1-16.
- 44 - GROPPPO, J. Column flotation shows recovery with less ash. In: COAL MINING, august, 1986. p. 36-38.
- 45 - ROSS, V. E.; DEVENTER, J. S. J. Mass transport in flotation column froths. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLUMN FLOTATION, Phoenix, Arizona, 25-28 jan. 1988. Column flotation '88. Proceedings. Littleton, Colorado: Society of Mining Engineers. 1988. cap. 14, p. 129-139.

- 46 - LUTTRELL, G. H.; YOON, R. H. Effects of froth behavior on the column flotation of fine coal. In: SME ANNUAL MEETING, Denver, Colorado. fev. 25-28, 1991, p. 1-4.
- 47 - PAROKH, B. K.; GROPPPO, J. G.; STOTTS, W. F. et al. Recovery of fine coal from preparation plant refuse using column flotation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLUMN FLOTATION, Phoenix, Arizona, 25-28 jan. 1988. Column flotation '88. Proceedings. Littleton, Colorado: Society of Mining Engineers, 1988. cap. 24, p. 227-234.
- 48 - REDDY, P. S. R.; PRAKASH, S.; BHATTACHARYA, K. K. et al. Flotation column for the recovery of coal fines. In: Ibidem. cap. 23, p. 221-226.
- 49 - DOBBY, G. S. Course on Column Flotation, Belo Horizonte, 3-4 may 1989. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia de Minas da UFMG, 1989.
- 50 - GUERRA, E. A.; TAVARES, H. C. M.; SOLARI, A. J. Flotação em coluna de finos de carvão. In: ENCONTRO DO HEMISFÉRIO SUL SOBRE TECNOLOGIA MINERAL, 2. E ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIO E HIDROMETALURGIA, 12., Rio de Janeiro, 25-29 maio 1987. Anais...Rio de Janeiro: FINEP, 1987. v.1, p. 453-466.

- 51 - OLIVEIRA, M. Abertura à importação amplia crise do carvão. In: BRASIL MINERAL, n.82, out. 1990, p. 12-23.
- 52 - HODDINOTT, P.J. Coal. In: METALS & MINERAL ANNUAL REVIEW, 1989. Published by Mining Journal, London, Jun., 1989, p. C121-C129.
- 53 - BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Balanco Energético Nacional, Brasília, 1990.

ANEXO I
CONDIÇÕES E RESULTADOS DOS ENSAIOS DO
ESTUDO DE LABORATÓRIO

CENEN		PROJETO CARVAO								
		FLOTACAO EM LABORATORIO								
		CDTN/CT3								
SERIE N° :		1		PERIODO :23.08.90						
OBJETIVO :		Testar a dosagem de Oleo diesel.								
VARIABEL		TESTE NUMERO								
		C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7		
TIPO DE COLETOR		Oleo diesel								
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		0.0	97.2	290.7	388.4	581.8	780.0	970.9		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		29.5	29.4	29.5	29.4	29.5	29.3	29.4		
TIPO DE ESPUMANTE		Oleo de pinho								
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		55.0	55.2	55.1	55.2	55.1	55.4	55.2		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		29.5	29.4	29.5	29.4	29.5	29.3	29.4		
TIPO DE DEPRESSOR		-								
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		-	-	-	-	-	-	-		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		-	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		-	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS DA FLOTACAO		15.0	14.9	14.9	14.9	14.9	14.8	14.9		
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
		PESO (g)	124.4	164.5	208.0	213.1	236.4	238.7	262.6	
		TEOR	CINZA	13.58	13.69	13.32	13.82	13.86	14.27	13.72
			MAT. CARBONOSA	86.42	86.31	86.68	86.18	86.14	85.73	86.28
CONCENTRADO	(%)		S. PIRITICO	0.52	0.44	0.46	0.56	0.52	0.54	0.56
		DISTRIBUICAO	CINZA	22.0	28.6	35.8	37.2	42.0	42.9	46.5
			MAT. CARBONOSA	28.4	37.9	47.9	49.1	54.2	55.0	60.3
		(%)	S. PIRITICO	22.1	22.2	43.3	43.7	52.1	52.9	57.5

CENEN		PROJETO CARVAO							
		FLOTACAO EM LABORATORIO							
CDTN/CT3									
SERIE N ^o :		2		PERIODO :26.08.90					
OBJETIVO : Testar a dosagem de Querosene.									
VARIAVEL		TESTE NUMERO							
		C 8	C 9	C 10	C 11	C 12	C 13	C 14	
TIPO DE COLETOR		Querosene							
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		187.0	281.5	374.8	560.9	754.7	938.2	1130.8	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		29.5	29.4	29.4	29.5	29.3	29.4	29.3	
TIPO DE ESPUMANTE		Oleo de pinho							
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		55.0	55.2	55.1	55.0	55.5	55.2	55.4	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		29.5	29.4	29.4	29.5	29.3	29.4	29.3	
TIPO DE DEPRESSOR		-							
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		-	-	-	-	-	-	-	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		-	-	-	-	-	-	-	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		-	-	-	-	-	-	-	
% SOLIDOS DA FLOTACAO		14.9	14.9	14.9	14.9	14.8	14.9	14.8	
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
PESO (g)		218.6	253.3	259.7	273.7	291.8	302.9	311.2	
CONCENTRADO	TEOR	CINZA	13.31	13.12	13.10	13.13	13.16	13.18	13.41
		MAT. CARBONOSA	86.69	86.88	86.90	86.87	86.84	86.82	86.59
	(%)	S. PIRITICO	0.49	0.49	0.48	0.49	0.49	0.49	0.46
	DISTRIBUICAO	CINZA	38.1	43.9	46.3	47.8	51.7	52.5	55.2
	MAT. CARBONOSA	50.1	58.3	59.4	62.7	67.4	69.8	71.8	
(%)	S. PIRITICO	50.8	58.6	59.4	56.5	66.2	66.9	69.9	

CNEN		PROJETO CARVAO						CDTN/CT3
		FLOTACAO EM LABORATORIO						
SERIE N° :	3	PERIODO :05.09.90						
OBJETIVO : Testar a dosagem de Oleo de pinho.								
VARIAVEL		TESTE NUMERO						
		C 15	C 16	C 17	C 18	C 19	C 20	
TIPO DE COLETOR		Querosene						
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		724.6	723.6	728.8	724.8	717.3	725.3	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		30.4	30.4	30.2	30.4	30.6	30.3	
TIPO DE ESPUMANTE		Oleo de pinho						
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		10.7	21.3	32.2	42.6	73.8	106.7	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		30.4	30.4	30.2	30.4	30.6	30.3	
TIPO DE DEPRESSOR		-						
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		-	-	-	-	-	-	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		-	-	-	-	-	-	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		-	-	-	-	-	-	
% SOLIDOS DA FLOTACAO		15.4	15.4	15.3	15.4	15.6	15.4	
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
PESO (g)		77.1	114.9	148.2	222.4	303.6	335.3	
CONCENTRADO	TEOR	CINZA	12.00	12.02	12.28	12.50	13.21	13.51
		MAT. CARBONOSA	88.00	87.98	87.72	87.50	86.79	86.49
	(%)	S. PIRITICO	0.31	0.43	0.49	0.46	0.69	0.52
	DISTRIBUICAO	CINZA	11.6	17.6	23.6	35.0	49.8	57.4
	(%)	MAT. CARBONOSA	17.4	25.8	33.4	49.9	67.0	74.4
	(%)	S. PIRITICO	9.8	19.6	28.9	44.4	68.4	72.8

CNEN		PROJETO CARVAO					CDTN/CT3			
		FLOTACAO EM LABORATORIO								
SERIE N ^o :		4		PERIODO :06.09.90						
OBJETIVO : Testar a adicao de MIBC.										
VARIAVEL		TESTE NUMERO								
		C 21	C 22	C 23	C 24	C 25				
TIPO DE COLETOR		Querosene								
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		752.9	754.4	752.9	750.4	757.1				
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0				
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		29.3	29.3	29.3	29.4	29.2				
TIPO DE ESPUMANTE		MIBC								
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		11.1	22.2	33.2	44.1	111.3				
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0				
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		29.3	29.3	29.3	29.4	29.2				
TIPO DE DEPRESSOR		-								
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		-	-	-	-	-				
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		-	-	-	-	-				
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		-	-	-	-	-				
% SOLIDOS DA FLOTACAO		14.9	14.8	14.9	14.9	14.8				
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0				
		PESO (g)		68.1	86.4	139.7	200.5	290.5		
CONCENTRADO	TEOR	CINZA		12.01	12.72	11.59	11.80	12.12		
		MAT. CARBONOSA		87.99	87.28	88.41	88.20	87.88		
	(%)	S. PIRITICO		0.26	0.29	0.36	0.41	0.41		
		DISTRIBUICAO		CINZA		11.0	14.4	21.5	31.0	47.7
	(%)			MAT. CARBONOSA		15.9	20.1	32.8	46.9	68.0
				S. PIRITICO		8.3	10.8	22.4	34.8	54.0

CNEN	PROJETO CARVAO						CDTN/CT3	
	FLOTACAO EM LABORATORIO							
SERIE N ^o :	5		PERIODO :07.09.90					
OBJETIVO : Testar a dosagem de Flotanol D14-B.								
VARIAVEL	TESTE NUMERO							
	C 26	C 27	C 28	C 29	C 30	C 31		
TIPO DE COLETOR	Querosene							
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)	725.3	723.4	730.7	732.9	723.6	748.6		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR	30.3	30.4	30.1	30.0	30.4	29.5		
TIPO DE ESPUMANTE	Flotanol D14-B							
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)	10.7	21.3	32.2	43.1	74.5	110.1		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE	30.3	30.4	30.1	30.0	30.4	29.5		
TIPO DE DEPRESSOR	-							
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)	-	-	-	-	-	-		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS DA FLOTACAO	15.4	15.4	15.3	15.2	15.4	14.9		
TEMPO DE FLOTACAO	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
CONCENTRADO	PESO (g)	131.3	238.5	287.4	315.7	339.4	352.4	
	TEOR	CINZA	12.76	13.01	13.82	13.33	13.46	14.14
		MAT. CARBONOSA	87.24	86.99	86.18	86.67	86.54	85.86
	(%)	S. PIRITICO	0.38	0.52	0.48	0.48	0.51	0.52
		DISTRIBUICAO	CINZA	21.3	39.1	50.4	54.2	57.8
	MAT. CARBONOSA		29.4	53.1	64.1	70.8	75.1	80.7
	(%)	S. PIRITICO	22.8	52.2	61.3	67.6	73.0	73.2

CNEN	PROJETO CARVAO								CDTN/CT3	
	FLOTACAO EM LABORATORIO									
SERIE N ^o :	6			PERIODO :10.09.90						
OBJETIVO : Testar o tempo de condicionamento.										
VARIAVEL	TESTE NUMERO									
	C 32	C 33	C 34	C 35	C 36	C 37	C 38	C 39		
TIPO DE COLETOR	Querosene									
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)	724.2	722.9	723.4	709.5	720.0	724.0	712.2	712.3		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR	30.4	30.4	30.4	30.9	30.5	30.4	30.8	30.8		
TIPO DE ESPUMANTE	Flotanol D14-B									
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)	42.6	42.5	42.6	41.7	42.4	42.6	41.9	41.9		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE	30.4	30.4	30.4	30.9	30.5	30.4	30.8	30.8		
TIPO DE DEPRESSOR	-									
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)	-	-	-	-	-	-	-	-		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)	-	-	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR	-	-	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS DA FLOTACAO	15.4	15.4	15.4	15.7	15.5	15.4	15.7	15.7		
TEMPO DE FLOTACAO	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
CONCENTRADO	PESO (g)	297.2	313.4	325.4	337.1	327.7	316.8	340.7	341.5	
	TEOR	CINZA	13.11	12.80	12.84	13.12	12.98	12.62	13.07	13.24
		MAT. CARBONOSA	86.89	87.20	87.16	86.88	87.02	87.38	86.93	86.76
	(%)	S. PIRITICO	0.43	0.44	0.39	0.43	0.48	0.44	0.48	0.56
		DISTRIBUICAO	CINZA	50.1	51.7	53.3	56.9	54.7	51.5	55.8
	MAT. CARBONOSA		65.9	69.6	72.4	72.9	72.3	70.6	74.5	74.4
	(%)	S. PIRITICO	64.4	61.1	68.2	64.2	70.3	65.5	68.1	74.6

CEN	PROJETO CARVAO										
	FLOTACAO EM LABORATORIO										
SERIE N° : 7		CDTN/CT3									
PERIODO : 12.09.90											
OBJETIVO : Testar a percentagem de solidos na flotacao "rougher".											
VARIAVEL	TESTE NUMERO										
	C 40	C 41	C 42	C 43	C 44	C 45	C 46	C 47	C 48		
TIPO DE COLETOR	Querosene										
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)	840.1	798.8	722.8	700.7	709.1	728.8	723.8	725.2	730.1		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR	6.0	10.0	17.5	21.1	25.3	30.2	28.8	30.3	30.2		
TIPO DE ESPUMANTE	Flotanol D14-B										
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)	40.8	41.7	42.5	41.2	41.7	42.9	42.6	42.7	42.9		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE	6.0	10.0	17.5	21.1	25.3	30.2	28.8	30.3	30.2		
TIPO DE DEPRESSOR	-										
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
% SOLIDOS DA FLOTACAO	2.9	4.9	8.7	10.5	12.7	15.3	18.3	23.9	29.2		
TEMPO DE FLOTACAO	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
CONCENTRADO	PESO (g)	10.3	40.1	143.3	195.7	247.6	326.7	393.6	495.7	544.9	
	TEOR	CINZA	12.67	12.45	12.32	12.53	12.88	13.02	14.35	14.19	14.97
		MAT. CARBONOSA	87.33	87.55	87.68	87.47	87.12	86.98	85.65	85.81	85.03
	(%)	S. PIRITICO	0.28	0.38	0.46	0.46	0.48	0.36	0.38	0.39	0.38
		DISTRIBUICAO	CINZA	9.1	20.7	40.7	46.3	48.1	54.1	58.6	56.4
	MAT. CARBONOSA		12.6	29.3	58.3	65.2	68.0	73.3	72.1	68.0	59.4
(%)	S. PIRITICO	6.6	23.4	56.5	58.2	64.5	71.2	69.3	63.9	56.6	

CNEN		PROJETO CARVAO						CDTN/CT3
		FLOTACAO EM LABORATORIO						
SERIE N° :		8		PERIODO :19.09.90				
OBJETIVO : Testar a percentagem de solidos no condicionamento.								
VARIAVEL		TESTE NUMERO						
		C 49	C 50	C 51	C 52	C 53	C 54	
TIPO DE COLETOR		Querosene						
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		727.4	726.7	727.7	724.5	721.6	722.3	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		15.3	21.8	28.4	35.7	43.8	52.5	
TIPO DE ESPUMANTE		Flotanol D14-B						
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		42.8	42.7	42.8	42.6	42.4	42.5	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		15.3	21.8	28.4	35.7	43.8	52.5	
TIPO DE DEPRESSOR		-						
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		-	-	-	-	-	-	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		-	-	-	-	-	-	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		-	-	-	-	-	-	
% SOLIDOS DA FLOTACAO		15.3	15.4	15.3	15.4	15.5	15.5	
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
		PESO (g)	289.1	298.3	317.7	323.7	328.2	304.8
CONCENTRADO	TEOR	CINZA	12.89	13.13	13.11	12.96	13.24	13.01
		MAT. CARBONOSA	87.11	86.87	86.89	87.04	86.76	86.99
	(X)	S. PIRITICO	0.43	0.41	0.43	0.39	0.39	0.46
	DISTRIBUICAO	CINZA	48.1	49.4	54.0	53.9	55.1	51.0
		MAT. CARBONOSA	64.6	66.7	70.8	72.0	72.6	67.5
	(X)	S. PIRITICO	61.9	63.8	67.5	66.8	66.1	66.3

CNEN		PROJETO CARVAO						CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM LABORATORIO								
SERIE N ^o :		9		PERIODO :24.09.90						
OBJETIVO : Testar a dosagem de Silicato de Sodio.										
VARIABLE		TESTE NUMERO								
		C 55	C 56	C 57	C 58	C 59	C 60			
TIPO DE COLETOR		Querosene								
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		717.8	727.0	727.7	724.6	725.7	727.0			
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		30.6	30.3	30.2	30.4	30.3	30.3			
TIPO DE ESPUMANTE		Flotanol D14-B								
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		42.2	42.8	42.8	42.6	42.7	42.8			
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		30.6	30.3	30.2	30.4	30.3	30.3			
TIPO DE DEPRESSOR		Silicato de Sodio								
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		0.0	51.3	214.0	319.7	426.9	641.4			
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0			
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		30.6	30.3	30.2	30.4	30.3	30.6			
% SOLIDOS DA FLOTACAO		15.5	15.4	15.3	15.4	15.4	15.4			
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
CONCENTRADO	PESO (g)		344.9	335.0	350.8	348.7	344.1	332.1		
	TEOR	CINZA	13.33	13.17	13.13	13.30	13.32	13.07		
		MAT. CARBONOSA	86.67	86.83	86.87	86.70	86.68	86.93		
	(%)	S. PIRITICO	0.44	0.43	0.41	0.43	0.42	0.40		
		DISTRIBUICAO		CINZA	57.7	56.6	59.1	59.0	58.5	55.9
	(%)			MAT. CARBONOSA	75.9	74.6	78.3	77.4	76.4	74.0
				S. PIRITICO	71.1	68.5	68.4	67.8	67.1	64.5

CZEN		PROJETO CARVAO					CDTN/CT3	
		FLOTACAO EM LABORATORIO						
SERIE N ^o :		10		PERIODO :26.09.90				
OBJETIVO :		Testar a dosagem de collamil.						
VARIABLE		TESTE NUMERO						
		C 61	C 62	C 63	C 64	C 65		
TIPO DE COLETOR		Querosene						
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		717.6	716.4	715.5	715.2	717.9		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		30.6	30.7	30.7	30.7	30.6		
TIPO DE ESPUMANTE		Flotanol D14-B						
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		42.2	42.1	42.1	42.1	42.2		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		30.6	30.7	30.7	30.7	30.6		
TIPO DE DEPRESSOR		Collamil						
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		52.8	210.7	315.7	420.7	527.9		
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		30.6	30.7	30.7	30.7	30.6		
% SOLIDOS DA FLOTACAO		15.5	15.6	15.6	15.6	15.5		
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
		PESO (g)						
		293.0	319.8	302.4	291.7	277.1		
TEOR		CINZA						
		12.49	13.10	12.97	13.30	12.72		
		MAT. CARBONOSA						
		87.51	86.90	87.03	86.70	87.28		
CONCENTRADO	(%)	S. PIRITICO						
		0.43	0.44	0.46	0.46	0.41		
DISTRIBUICAO		CINZA						
		47.4	53.4	50.8	50.0	45.9		
		MAT. CARBONOSA						
		64.7	70.1	66.1	63.6	61.0		
		S. PIRITICO						
		58.7	66.4	62.6	60.3	59.7		

CENEN		PROJETO CARVAO						CDTN/CT3
		FLOTACAO EM LABORATORIO						
SERIE N° :		11		PERIODO :28.09.90				
OBJETIVO :		Testar a dosagem de Cloreto Ferrico.						
VARIAVEL		TESTE NUMERO						
		C 66	C 67	C 68	C 69	C 70	C 71	
TIPO DE COLETOR		Querosene						
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		716.4	717.9	716.5	715.2	714.7	716.5	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		30.7	30.6	30.7	30.7	30.7	30.7	
TIPO DE ESPUMANTE		Flotanol D14-B						
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		42.1	42.2	42.1	42.1	42.0	42.1	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		30.7	30.6	30.7	30.7	30.7	30.7	
TIPO DE DEPRESSOR		Cloreto Ferrico						
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		52.7	211.1	316.1	420.7	525.5	632.2	
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		30.7	30.6	30.7	30.7	30.7	30.7	
% SOLIDOS DA FLOTACAO		15.6	15.5	15.6	15.6	15.6	15.6	
TEMPO DE FLOTACAO		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
		PESO (g)	309.8	332.1	331.8	332.7	328.4	325.7
TEOR		CINZA	12.88	12.68	13.35	12.79	13.16	12.82
		MAT. CARBONOSA	87.12	87.32	86.65	87.21	86.84	87.18
CONCENTRADO	(%)	S. PIRITICO	0.44	0.43	0.44	0.43	0.44	0.43
DISTRIBUICAO		CINZA	51.4	54.7	55.9	54.6	54.3	54.0
		MAT. CARBONOSA	68.0	73.1	72.7	73.0	72.0	71.5
(%)		S. PIRITICO	63.8	65.6	66.7	67.2	65.8	64.4

CENEN		PROJETO CARVAO				CDTN/CT3							
		FLOTACAO EM LABORATORIO											
SERIE N° :		12		PERIODO : 01.10.70									
OBJETIVO :		Testar a rotacao da celula.											
VARIAVEL		TESTE NUMERO											
		C 72		C 73		C 74		C 75					
TIPO DE COLETOR		Querosene											
DOSAGEM DE COLETOR (g/t)		891.7		898.1		905.8		906.8					
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO COLETOR (min)		5.0		5.0		5.0		5.0					
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO COLETOR		30.8		30.6		30.4		30.3					
TIPO DE ESPUMANTE		Flotanol D14-B											
DOSAGEM DE ESPUMANTE (g/t)		73.4		74.0		74.6		74.7					
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE (min)		3.0		3.0		3.0		3.0					
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO ESPUMANTE		30.8		30.6		30.4		30.3					
ROTACAO (rpm)		1200.0		1300.0		1400.0		1550.0					
DOSAGEM DE DEPRESSOR (g/t)		-		-		-		-					
TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR (min)		-		-		-		-					
% SOLIDOS NO CONDICIONAMENTO DO DEPRESSOR		-		-		-		-					
% SOLIDOS DA FLOTACAO		15.6		15.5		15.4		15.4					
TEMPO DE FLOTACAO		3.0		3.0		3.0		3.0					
		PESO (g)		384.6		391.8		394.9		397.0			
		TEOR		CINZA		12.68		13.67		13.89		14.01	
				MAT. CARBONOSA		87.32		86.33		86.11		85.99	
CONCENTRADO		(%)		S. PIRITICO		0.51		0.49		0.57		0.49	
		DISTRIBUICAO		CINZA		61.4		68.0		69.0		70.7	
				MAT. CARBONOSA		84.5		85.7		87.2		87.5	
		(%)		S. PIRITICO		74.2		76.1		82.6		76.8	

C N E N	P R O J E T O C A R V A O					C D T N / C T 3			
T E S T E : C 80			D A T A : 12.10.90						
O B J E T I V O : Estudar a etapa rougher otimizada.									
E T A P A	C O N D I C O E S		R E A G E N T E S (g/t)						
	T E M P O (min)	Z S O L I D O S	Q U E R O Z E N E			F L O T A N O L D 14-8			
CONDICIONAMENTO 1	0.0	30.4	902.9			-			
CONDICIONAMENTO 2	0.0	15.5	-			74.4			
FLOTACAO ROUGHER	0.0	15.5	-			-			
P R O D U T O	P E S O		T E O R (Z)			R E C U P E R A C A O (Z)			
	(g)	(Z)	C I N Z A S	M A T. C A R B.	S. P I R I T I C O	C I N Z A S	M A T. C A R B.	S. P I R I T I C O	
CONC. ROUGHER	385.6	81.9	0.00	86.55	0.46	65.8	85.2	76.8	
REJ. ROUGHER	85.1	18.1	31.72	68.28	0.63	34.2	14.8	23.2	
ALIMENTACAO	470.7	100.0	16.75	83.25	0.49	100.0	100.0	100.0	

ANEXO II
CONDIÇÕES E RESULTADOS DOS ENSAIOS DO ESTUDO EM
CÉLULA DE COLUNA

CENEN		PROJETO CARVAO						CDTN/CT3	
		FLOTACAO EM COLUNA							
SERIE N° :		1		PERIODO :29 e 30.01.91					
OBJETIVO :		Testar a dosagem de Querosene.							
VARIABLE		TESTE NUMERO							
		CV 1	CV 2	CV 3	CV 4	CV 5	CV 6		
X DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		30.2	31.3	31.1	32.0	31.3	31.2		
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		649.4	703.8	742.2	806.4	1001.1	1242.4		
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		50.6	49.2	50.4	49.1	50.5	49.5		
X SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		16.6	16.7	16.7	16.7	16.7	16.6		
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-	-		
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2		
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		10.5	10.7	12.2	12.6	12.9	13.2		
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		14.8	14.7	14.8	14.8	14.9	14.8		
CAMADA DE ESPUMA (cm)		80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0		
X DE SOLIDOS NA COLUNA		12.2	12.2	11.7	11.7	11.5	11.4		
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.2	20.1	20.1	21.2	20.2	20.2		
"BIAS"		1.15	1.16	1.15	1.15	1.14	1.15		
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0		
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	6331.1	6284.5	8120.8	8626.1	9285.7	9284.5	
	(g/h)	SOLIDOS	2061.8	2305.8	2424.3	2703.9	2898.6	2894.6	
	TEOR	CINZA	12.17	12.48	12.71	12.79	12.96	13.70	
	(%)	M.C	87.83	87.52	87.29	87.21	87.04	86.30	
	DISTRIBUICAO	CINZA	27.9	32.2	34.5	39.1	42.7	44.3	
	(%)	M.C	40.8	45.2	47.4	52.5	56.5	56.2	

CNEN		PROJETO CARVAO			CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM COLUNA					
SERIE N ^o :		2		PERIODO :04 e 05.02.91			
OBJETIVO : Testar a dosagem de Flotanol D14-B no condicionamento.							
VARIAVEL		TESTE NUMERO					
		CV 7	CV 8	CV 9	CV 10	CV 11	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		29.7	30.0	30.3	30.8	31.3	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1051.2	1044.2	1049.5	1042.1	1043.8	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		22.5	38.0	51.6	62.4	78.1	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		16.3	16.6	16.7	16.9	17.1	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		11.5	12.0	12.5	13.5	15.0	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		14.6	15.1	14.9	15.1	15.1	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA		11.9	11.8	11.6	11.5	11.1	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		13.5	12.3	12.3	12.3	12.3	
"BIAS"		1.17	1.13	1.14	1.13	1.13	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	6737.9	8523.8	8851.8	10183.0	11719.7
	(g/h)	SOLIDOS	2022.3	2368.7	2656.8	2889.8	3009.8
	TEOR	CINZA	11.02	11.78	12.22	12.63	13.96
	(%)	M.C	88.98	88.22	87.78	87.37	86.04
	DISTRIBUICAO	CINZA	25.2	31.5	35.9	40.4	46.6
	(%)	M.C	40.4	46.6	52.5	56.4	57.9

CEN		PROJETO CARVAO					CDTN/CT3	
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N ^o :		3		PERIODO :08 a 14.02.91				
OBJETIVO : Testar a dosagem de Flotanol D14-8 na coluna.								
VARIAVEL		TESTE NUMERO						
		CV 12	CV 13	CV 14	CV 15	CV 16		
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		29.6	25.5	29.2	29.1	28.7		
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1044.2	1042.4	1040.2	1049.1	1047.0		
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		60.3	58.0	57.9	59.5	59.3		
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		16.9	15.8	16.9	16.8	16.8		
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-		
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2		
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		13.8	14.1	14.8	15.9	16.5		
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		15.1	14.8	15.1	14.8	14.9		
CAMADA DE ESPUMA (cm)		80.0	80.0	80.0	80.0	80.0		
% DE SOLIDOS NA COLUNA		11.4	10.8	11.2	10.8	10.7		
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		7.4	13.4	17.8	21.3	26.9		
"BIAS"		1.13	1.07	1.13	1.15	1.14		
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0		
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	10402.3	12410.0	11506.8	11996.0	12897.9	
	(g/h)	SOLIDOS	2625.6	2738.4	2902.3	2932.7	2938.7	
	TEOR	CINZA	12.34	12.65	12.73	12.80	13.26	
	(%)	M.C	87.66	87.35	87.27	87.20	86.74	
	DISTRIBUICAO	CINZA	36.3	39.0	41.4	42.4	43.3	
	(%)	M.C	51.4	53.2	56.3	57.3	57.2	

CZEN		PROJETO CARVAO			CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM COLUNA					
SERIE N ^o :		4		PERIODO :06 e 07.02.91			
OBJETIVO : Testar a relacao de dosagem de Flotanol D14-B no condicionador / coluna.							
VARIABLE		TESTE NUMERO					
		CV 17	CV 18	CV 19	CV 20	CV 21	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		36.3	32.6	33.9	34.7	31.6	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1048.0	995.0	1047.5	1049.5	994.2	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		80.7	60.2	40.3	20.2	0.0	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		18.4	17.8	17.9	18.1	17.1	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		14.7	15.0	15.0	15.0	15.0	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		15.0	15.1	14.9	14.5	13.7	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA		11.6	11.5	11.6	11.9	11.6	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		0.0	20.1	40.3	60.6	80.2	
"BIAS"		1.22	1.19	1.24	1.31	1.33	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	8963.7	10212.0	8861.3	6740.3	5780.3
	(g/h)	SOLIDOS	2549.7	2986.0	2669.3	2036.3	1548.7
	TEOR	CINZA	12.58	12.76	13.98	12.72	11.93
	(%)	M.C	87.42	87.24	86.02	87.28	88.07
	DISTRIBUICAO	CINZA	35.5	42.7	41.2	29.2	20.4
	(%)	M.C	50.1	58.0	51.6	39.9	30.5

CENEN		PROJETO CARVAO					CDTN/CT3	
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N° :		5		PERIODO :15.02.91				
OBJETIVO : Testar a vazao de ar.								
VARIAVEL			TESTE NUMERO					
			CV 22	CV 23	CV 24	CV 25	CV 26	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR			28.9	33.4	29.0	29.6	29.8	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)			1053.3	1042.3	1021.5	1010.7	1022.7	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)			57.5	59.1	59.5	58.3	57.9	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA			16.7	18.4	16.8	16.8	16.9	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)			-	-	-	-	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)			1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)			8.5	11.1	15.4	18.6	21.6	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)			14.8	16.8	14.8	14.7	14.8	
CAMADA DE ESPUMA (cm)			80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA			12.7	12.9	10.9	10.3	9.8	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)			20.3	20.1	20.2	20.2	20.1	
"BIAS"			1.15	1.11	1.15	1.16	1.15	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)			10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	3847.3	8590.3	11513.4	14458.2	17863.6	
	(g/h)	SOLIDOS	613.1	2126.4	2923.8	3136.1	3480.8	
	TEOR	CINZA	10.27	10.76	12.72	12.83	13.45	
	(%)	M.C	89.73	89.24	87.28	87.17	86.55	
	DISTRIBUICAO	CINZA	7.0	25.4	41.7	44.5	52.4	
	(%)	M.C	12.4	42.3	57.3	61.5	67.1	

CNEN	PROJETO CARVAO					CDTN/CT3	
	FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N ^o :	6					PERIODO :18 a 22.02.91	
OBJETIVO : Testar o tempo de residencia na coluna.							
VARIAVEL	TESTE NUMERO						
	CV 27	CV 28	CV 29	CV 30	CV 31		
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR	31.3	30.9	32.2	31.9	29.6		
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)	1042.3	1047.3	1043.0	1043.0	1010.7		
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)	59.1	60.5	56.9	59.1	58.5		
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA	17.7	17.2	17.9	17.9	16.8		
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)	-	-	-	-	-		
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)	18.0	17.4	18.0	18.3	18.6		
TEMPO DE RESIDENCIA (min)	9.3	11.4	11.9	13.8	14.7		
CAMADA DE ESPUMA (cm)	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0		
% DE SOLIDOS NA COLUNA	10.8	10.7	10.9	10.8	10.3		
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)	19.0	19.0	20.1	19.0	20.2		
"BIAS"	1.16	1.14	1.16	1.18	1.16		
CAMADA DE DRENAGEM (cm)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0		
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	14276.4	14128.7	14162.5	13946.9	14458.2
	(g/h)	SOLIDOS	3174.6	3101.4	3172.4	3152.0	3136.1
	TEOR	CINZA	12.24	12.28	12.05	12.53	12.83
	(%)	M.C	87.77	87.72	87.95	87.47	87.17
	DISTRIBUICAO	CINZA	42.9	42.9	42.4	43.7	44.5
	(%)	M.C	62.2	60.9	62.3	61.6	61.5

CNEN		PROJETO CARVAO			CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM COLUNA					
SERIE N° :		7		PERIODO :18 a 22.02.91			
OBJETIVO : Testar o conteudo de solidos na alimentacao da coluna.							
VARIAVEL		TESTE NUMERO					
		CV 32	CV 33	CV 34	CV 35	CV 36	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		30.1	30.7	30.4	28.7	30.9	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1048.5	1043.8	1040.5	1046.1	1042.3	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		59.4	60.3	57.9	58.2	59.1	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		12.3	17.3	21.1	23.4	28.2	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		12.9	15.9	16.2	16.8	14.1	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		11.2	13.3	13.9	14.1	14.8	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA		9.2	11.1	12.5	13.0	15.5	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.2	19.0	20.0	20.1	19.0	
"BIAS"		1.11	1.18	1.17	1.25	1.15	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	9013.6	11280.9	12846.3	12018.4	12110.2
	(g/h)	SOLIDOS	3056.7	3192.5	3106.2	3040.7	2858.0
	TEOR	CINZA	12.32	12.36	12.36	12.56	12.13
	(%)	M.C	87.68	87.64	87.64	87.44	87.87
	DISTRIBUICAO	CINZA	41.9	44.1	42.9	42.6	39.5
	(%)	M.C	60.2	62.4	60.6	59.5	55.7

CZEN		PROJETO CARVAO					CDTN/CT3	
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N ^o :		B		PERIODO :18 e 19.02.91				
OBJETIVO : Testar a influencia da camada de espuma na coluna.								
VARIAVEL		TESTE NUMERO						
		CV 37	CV 38	CV 39	CV 40	CV 41		
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		29.6	29.7	30.3	29.6	29.1		
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1046.4	1041.7	1044.3	1045.1	1049.3		
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		59.3	57.9	58.1	58.1	59.5		
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		17.3	16.9	16.9	16.8	16.8		
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-		
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		17.4	16.8	18.0	17.4	16.8		
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		8.9	8.9	8.8	8.9	8.9		
CAMADA DE ESPUMA (cm)		35.0	45.0	60.0	75.0	90.0		
% DE SOLIDOS NA COLUNA		10.7	10.7	10.4	10.6	10.6		
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.1	20.1	20.1	19.0	20.2		
"BIAS"		1.17	1.15	1.16	1.15	1.14		
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0		
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	13023.4	12986.7	13827.3	13581.6	13283.1	
	(g/h)	SOLIDOS	3109.5	3102.1	3132.1	3107.9	3112.9	
	TEOR	CINZA	12.96	12.66	12.35	12.26	11.96	
	(%)	M.C	87.04	87.34	87.65	87.74	88.04	
	DISTRIBUICAO	CINZA	44.9	43.9	43.5	43.4	41.7	
	(%)	M.C	60.6	60.3	61.2	60.7	61.5	

CNEN		PROJETO CARVAO			CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM COLUNA					
SERIE N ^o :		9		PERIODO :20 e 21.02.91			
OBJETIVO : Testar a influencia da camada de drenagem na coluna.							
VARIAVEL		TESTE NUMERO					
		CV 42	CV 43	CV 44	CV 45	CV 46	
Z DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		29.9	29.7	29.5	29.7	30.6	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1042.2	1049.0	1046.3	1040.8	1046.1	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		59.1	57.2	58.2	57.9	59.3	
Z SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		16.8	16.8	16.8	17.0	17.1	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		18.0	17.7	16.5	16.2	14.7	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		8.9	8.9	8.9	8.7	8.9	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	
Z DE SOLIDOS NA COLUNA		10.4	10.5	10.7	10.9	11.3	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.1	21.3	20.1	20.0	20.1	
"BIAS"		1.13	1.15	1.15	1.18	1.17	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	14683.8	13836.7	12746.7	11623.2	10362.1
	(g/h)	SOLIDOS	3175.8	3139.2	3104.4	3088.6	3056.8
	TEOR	CINZA	12.86	12.46	12.12	11.90	11.59
	(%)	M.C	87.14	87.54	87.88	88.10	88.41
	DISTRIBUICAO	CINZA	45.4	43.9	42.8	41.3	39.8
	(%)	M.C	61.7	61.7	60.8	60.4	60.4

CNEN		PROJETO CARVAO					CDTN/CT3	
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N ^o :		10		PERIODO :25 e 26.02.91				
OBJETIVO : Testar a influencia da vazao de agua de lavagem.								
VARIAVEL		TESTE NUMERO						
		CV 47	CV 48	CV 49	CV 50	CV 51		
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		30.3	29.7	29.9	30.4	30.2		
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1043.1	1049.3	1042.8	1049.0	1042.9		
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		58.0	57.2	58.0	58.3	58.0		
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		17.0	17.0	16.9	17.0	16.8		
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		-	-	-	-	-		
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		15.0	18.3	21.6	24.9	26.4		
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		9.2	8.4	7.8	7.2	6.8		
CAMADA DE ESPUMA (cm)		60.0	60.0	60.0	60.0	60.0		
% DE SOLIDOS NA COLUNA		11.2	10.4	9.8	9.2	9.0		
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.1	21.3	20.1	20.2	20.1		
"BIAS"		1.12	1.22	1.31	1.44	1.49		
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0		
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	12353.5	12256.9	12862.6	12189.7	11776.5	
	(g/h)	SOLIDOS	3162.5	3101.0	3125.6	2962.1	2861.7	
	TEOR	CINZA	12.95	12.46	12.10	11.73	11.27	
	(%)	M.C	87.05	87.54	87.90	88.27	88.73	
	DISTRIBUICAO	CINZA	45.4	43.0	42.3	39.4	36.1	
	(%)	M.C	61.5	61.0	61.3	58.5	56.6	

CENEN		PROJETO CARVAO						CDTN/CT3
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N° :	11	PERIODO :24 e 25.03.91						
OBJETIVO : Testar a influencia do aerador superior na coluna.								
VARIABLE		TESTE NUMERO						
		CV 52	CV 53	CV 54	CV 55	CV 56	CV 57	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		29.8	29.9	29.9	29.9	30.0	29.4	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1041.8	1050.6	1011.1	1043.4	1042.1	1045.0	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		59.0	58.4	58.4	58.0	58.0	58.1	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		17.0	17.2	16.6	17.0	16.8	16.5	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		0.0	0.5	1.2	1.5	1.8	2.1	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		22.8	22.8	22.8	23.1	22.8	21.6	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		10.8	11.3	11.1	11.3	11.3	11.3	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA		9.6	9.6	9.5	9.6	9.5	9.6	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.0	20.2	20.2	20.1	20.1	20.1	
"BIAS"		1.36	1.34	1.31	1.32	1.30	1.28	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	12266.7	13312.1	13810.4	14114.7	14326.2	13589.6
	(g/h)	SOLIDOS	2984.3	3022.6	3042.2	3188.3	3219.4	3221.2
	TEOR	CINZA	12.76	12.71	13.20	13.45	13.86	14.21
	(%)	M.C	87.24	87.29	86.80	86.55	86.14	85.79
	DISTRIBUICAO	CINZA	42.1	43.2	44.7	48.4	50.6	51.5
	(%)	M.C	58.1	59.3	59.4	61.5	61.6	61.7

CNEN		PROJETO CARVAO				CDTN/CT3			
		FLOTACAO EM COLUNA							
SERIE N° :		12		PERIODO :02 a 08.04.91					
OBJETIVO : Testar o tempo de residencia com aerador intermediario.									
VARIAVEL		TESTE NUMERO							
		CV 58	CV 59	CV 60	CV 61				
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		30.0	30.2	29.9	30.1				
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1050.6	1041.3	1043.4	1032.6				
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		56.2	60.1	58.0	57.4				
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		16.9	17.3	17.2	17.1				
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		1.5	1.5	1.5	1.5				
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.2	2.2	2.2				
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		30.6	30.6	32.4	29.1				
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		15.3	17.4	19.0	17.1				
CAMADA DE ESPUMA (cm)		60.0	60.0	60.0	60.0				
% DE SOLIDOS NA COLUNA		8.4	8.5	8.3	8.7				
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.2	21.2	21.2	19.9				
"BIAS"		1.31	1.31	1.33	1.31				
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0				
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	22085.7	22114.3	23321.8	20609.7			
	(g/h)	SOLIDOS	3624.6	3863.4	3986.4	3881.9			
	TEOR	CINZA	12.88	13.12	12.90	12.69			
	(%)	M.C	87.12	86.88	87.10	87.31			
	DISTRIBUICAO	CINZA	51.3	57.8	58.4	54.7			
	(%)	M.C	71.3	74.4	77.2	74.8			

CZEN		PROJETO CARVAO				CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N ^o :		13		PERIODO : 15 a 17.04.91				
OBJETIVO : Testar o circuito "rougher" / "scavenger".								
VARIAVEL		TESTE : CV 62		TESTE : CV 63		TESTE : CV 64		
		ROUGHER	SCAVENGER	ROUGHER	SCAVENGER	ROUGHER	SCAVENGER	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		30.1	3.7	26.7	8.7	25.2	8.8	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1039.5	202.1	1040.5	197.7	1039.2	198.8	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		57.8	29.7	57.9	30.2	57.8	30.4	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		17.0	3.7	17.3	8.7	16.8	8.8	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		1.5	-	1.5	-	1.5	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.5	2.2	2.5	2.2	2.5	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		29.1	5.8	29.4	6.0	28.8	6.3	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		19.0	9.0	17.3	15.4	17.1	15.2	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		60.0	80.0	60.0	80.0	60.0	80.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA		8.6	3.2	8.7	6.2	8.6	6.1	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	
"BIAS"		1.31	1.11	1.32	1.33	1.29	1.36	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	20630.8	1268.0	20601.2	1362.9	20615.7	1309.1
	(g/h)	SOLIDOS	3882.9	253.6	3873.1	254.7	3888.4	297.7
	TEOR	CINZA	12.70	14.98	12.65	15.10	12.62	15.45
	(%)	M.C	87.30	85.02	87.35	84.90	87.38	84.55
	DISTRIBUICAO	CINZA	54.9	4.2	55.0	4.3	54.0	5.1
	(%)	M.C	75.3	4.8	75.2	4.8	75.7	5.6

CNEN		PROJETO CARVAO				CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N ^o :		14		PERIODO : 17 e 18.04.91				
OBJETIVO : Testar o circuito "rougher" / "scavenger".								
VARIABLE		TESTE : CV 65		TESTE : CV 66		TESTE : CV 67		
		ROUGHER	SCAVENGER	ROUGHER	SCAVENGER	ROUGHER	SCAVENGER	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		25.8	7.5	26.5	8.0	25.8	8.8	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1056.3	539.9	1047.3	571.8	949.5	535.6	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		61.0	29.3	59.4	80.3	58.1	40.1	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		16.8	7.5	17.4	8.0	17.0	8.8	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		1.5	-	1.5	-	1.5	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.5	2.2	2.5	2.2	2.5	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		29.4	6.3	29.7	7.6	29.1	6.6	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		17.0	14.1	17.2	13.9	17.3	15.0	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		60.0	80.0	60.0	80.0	60.0	80.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA		8.5	5.4	8.5	5.8	8.6	6.1	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.3	0.0	20.2	0.0	20.1	0.0	
"BIAS"		1.32	1.31	1.34	1.31	1.30	1.33	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	20585.8	1503.3	20426.6	1705.8	20786.4	1790.5
	(g/h)	SOLIDOS	3851.4	314.8	3776.4	314.5	3783.7	344.0
	TEOR	CINZA	12.74	15.93	12.59	16.42	12.73	16.73
	(%)	M.C	87.26	84.02	82.41	83.58	87.27	83.27
	DISTRIBUICAO	CINZA	55.2	5.6	53.0	5.8	53.4	6.4
	(%)	M.C	76.0	6.0	74.0	5.9	73.9	6.4

CZEN		PROJETO CARVAO				CDTN/CT3		
		FLOTACAO EM COLUNA						
SERIE N° :		15		PERIODO : 19 a 30.04.91				
OBJETIVO : Testar o circuito "rougher" / "scavenger".								
VARIABLE		TESTE :	CV 68	TESTE :	CV 69	TESTE :	CV 70	
		ROUGHER	SCAVENGER	ROUGHER	SCAVENGER	ROUGHER	SCAVENGER	
% DE SOLIDOS NO CONDICIONADOR		28.0	8.6	26.5	8.6	26.0	8.5	
DOSAGEM DE QUEROSENE (g/t)		1048.3	565.4	1040.2	551.8	1032.2	555.9	
DOSAGEM DE FLOTANOL NO CONDICIONADOR (g/t)		58.3	59.4	57.9	40.6	57.4	40.4	
% SOLIDOS NA ALIMENTACAO DA COLUNA		17.6	8.6	17.4	8.6	17.2	8.5	
VAZAO DE AR SUPERIOR (l/min)		1.5	-	1.5	-	1.5	-	
VAZAO DE AR INFERIOR (l/min)		2.2	2.5	2.2	2.5	2.2	2.5	
VAZAO DE AGUA DE LAVAGEM (l/h)		29.7	6.9	30.0	7.1	29.4	7.3	
TEMPO DE RESIDENCIA (min)		17.6	14.9	17.1	14.9	17.0	15.1	
CAMADA DE ESPUMA (cm)		60.0	80.0	60.0	80.0	60.0	80.0	
% DE SOLIDOS NA COLUNA		8.7	5.9	8.6	5.9	8.7	5.8	
DOSAGEM DE FLOTANOL NA COLUNA (g/t)		20.2	0.0	20.0	15.1	19.9	16.4	
"BIAS"		1.33	1.38	1.34	1.36	1.33	1.33	
CAMADA DE DRENAGEM (cm)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
CONCENTRADO	VAZAO	POLPA	21023.2	1546.1	20689.9	2331.2	20371.6	2601.4
	(g/h)	SOLIDOS	3822.1	371.2	3826.3	409.5	3880.6	471.6
	TEOR	CINZA	12.54	16.98	12.49	17.76	12.40	17.73
	(%)	M.C	87.46	83.02	87.51	82.24	87.60	82.27
	DISTRIBUICAO	CINZA	54.3	7.1	53.4	8.1	53.8	9.4
	(%)	M.C	74.8	6.9	74.4	7.5	74.9	8.5