



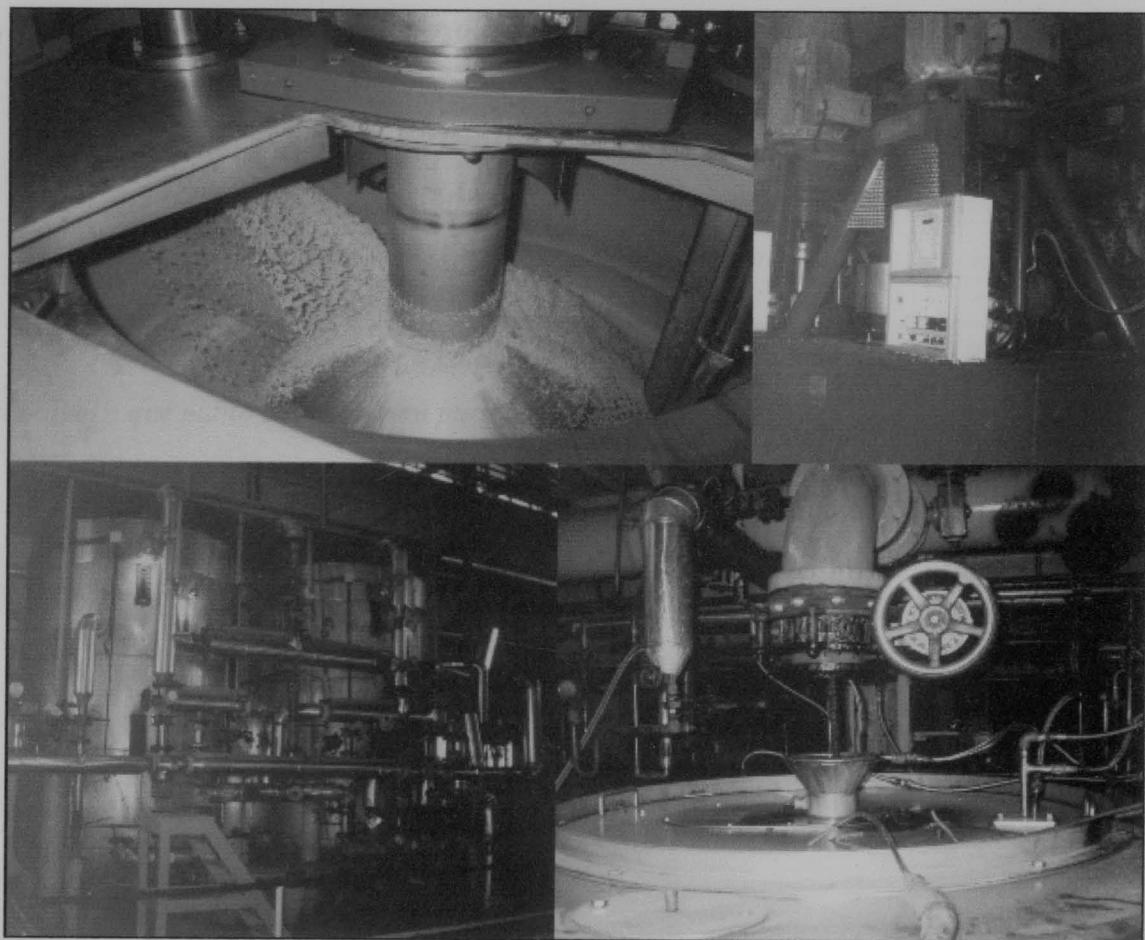
UNIÃO EUROPEIA

Fundo Social Europeu



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.



Estagiária: Berta Maria Abreu Nogueiro Estevinho

Orientadores:

Eng.º Amélia Maria de Andrade Ferraz (RAR)

Prof. Fernando Alberto Nogueira da Rocha (FEUP)

66(047.3)
LEQ 2003/ESTb

Outubro de 2003/Março de 2004

Berta Estevinho



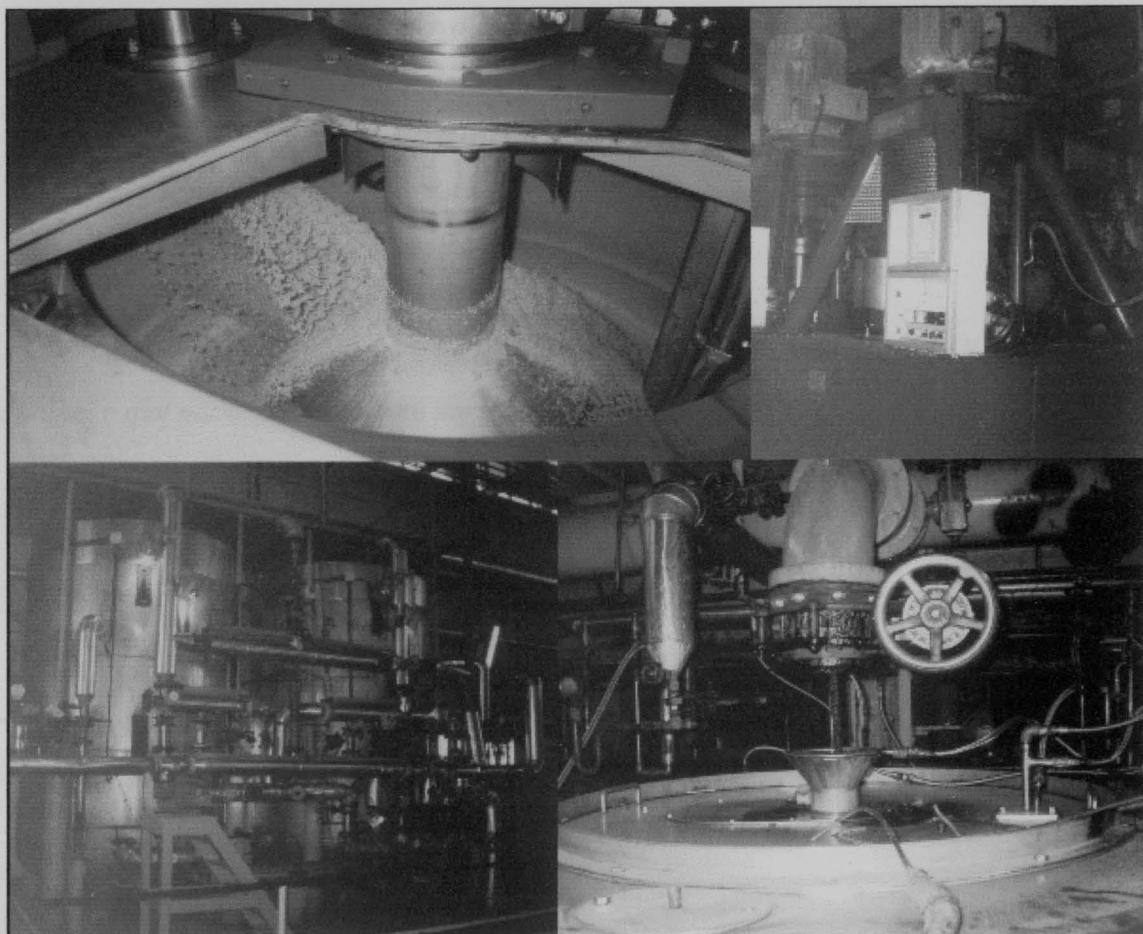
UNIÃO EUROPEIA

Fundo Social Europeu



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.



Estagiária: Berta Maria Abreu Nogueiro Estevinho

Orientadores:

Eng.^a Amélia Maria de Andrade Ferraz (RAR)
Prof. Fernando Alberto Nogueira da Rocha (FEUP)

Outubro de 2003/Março de 2004

66(047.3) / LEG 2003 / EST 6

Universidade do Porto	
Faculdade de Engenharia	
Biblioteca 11	
Nº	91331
CDU	66.021047.3
Data	03.09.2007

AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

ÍNDICO Os meus maiores agradecimentos a quem tornou este estágio possível e me permitiu ter uma perspectiva da Indústria. Quero também agradecer o apoio e ajuda que sempre obtive no decorrer de todo o trabalho. Não posso deixar de agradecer a simpatia e amabilidade com que sempre fui tratada.

OBJECTIVOS

INTRODUÇÃO Os meus agradecimentos especiais a:

Prof. Fernando Alberto Nogueira da Rocha (FEUP)

Eng.ª Amélia Maria de Andrade Ferraz (RAR)

Eng.ª Ana Isabel Ferreira (RAR)

Eng.º José Chorão (RAR)

Dr.ª Emilia Pereira (RAR)

Quero também agradecer a colaboração de todos os funcionários da RAR com quem trabalhei e que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

- Realização de ensaios de simulação da massa do cristaleno concentrado de caramelo, proveniente da instalação de nanodifusão, com Melayo.
- Estabelecimento de correlações entre alguns parâmetros e características do Açúcar Arcado Amparo.
- Realização de ensaios de teste de Açúcar com cítricos.
- Optimização de alguns parâmetros de funcionamento das centrífugas de Afinação.
- Optimização da distribuição de água nas centrífugas da 1^a Recuperação.

RESULTADOS

- Caracterização do Efluente das Resinas de Permuta Iônica:
 - Correlação condutividade, vs. Cl⁻
 - Correlação condutividade, vs. NaCl
 - Parâmetros analisados
 - Caracterização do Sistema I...

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	1
ÍNDICE GERAL.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE TABELAS.....	7
ABREVIATURAS.....	8
OBJECTIVOS.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
• RAR – Sociedade de Controle (Holding) S.A.	10
• Caracterização do Processo de Produção de Açúcar.....	12
• Caracterização do trabalho realizado	20
• Caracterização do Efluente das Resinas de Permuta Iônica.....	23
• Estudo da Influencia do efluente das Resinas no Efluente total a enviar para a ETAR.	23
• Estudo da viabilidade de aplicação de um sistema com carvão Activado para tratamento do Efluente, concentrado de corantes, da Instalação de Nanofiltração.....	24
• Realização de ensaios de simulação de mistura do efluente concentrado de corantes, proveniente da instalação de nanofiltração, com Melaço.	25
• Estabelecimento de correlações entre alguns parâmetros e características do Açúcar Areado Amarelo.	27
• Realização de ensaios mistura de Açúcar com canela.	27
• Optimização de alguns parâmetros de funcionamento das centrífugas de Afinação....	27
• Optimização da distribuição de água nas centrífugas da 1 ^a Recuperação.....	31
RESULTADOS.....	33
• Caracterização do Efluente das Resinas de Permuta Iônica.....	33
○ Correlação condutividade. vs. Cl ⁻	33
○ Correlação condutividade. vs. NaCl.....	34
○ Parâmetros analisados	35
○ Caracterização do Sistema I	37

○ Caracterização do Sistema II.....	38
○ Caracterização do Sistema III	39
○ Caracterização do Sistema IV	40
● Estudo da Influencia do efluente das Resinas no Efluente total a enviar para a ETAR. ..	44
● Resultados do desvio do efluente das resinas de permuta iônica.....	47
● Estudo da viabilidade de aplicação de um sistema com carvão Activado, para tratamento do Efluente das Resinas.	50
● Realização de ensaios de simulação de mistura do efluente concentrado de corantes, proveniente da instalação de nanofiltração, com Melaço.	55
● Realização de ensaios mistura de Açúcar com canela.	57
● Optimização de alguns parâmetros de funcionamento das centrífugas de Afinação.	58
● Optimização da distribuição de água nas centrífugas da 1 ^a Recuperação.....	60
CONCLUSÕES	64
BIBLIOGRAFIA.....	65
ANEXO I - Sistema I	66
ANEXO II - Sistema II	68
ANEXO III - Sistema III	70
ANEXO IV - Sistema IV.....	72
ANEXO V	74
ANEXO VI.....	75
ANEXO VII	76
Figura 17: Centrífuga de 1 ^a recuperación.....	31
Figura 18: Pormenor do anel da Centrífuga da 1 ^a Recuperação.....	32
Figura 19: Interior da Centrífuga da 1 ^a Recuperação.....	32
Figura 20: Gráfico com valores experimentais da condutividade e da concentração de cloretos.....	33
Figura 21: Gráfico com valores experimentais da condutividade e da concentração de sal.....	34
Figura 22: Caracterização do efluente das resinas.....	35
Figura 23: Caracterização do Sistema I de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.....	37
Figura 24: Caracterização do Sistema I de resinas de permuta iônica, relativamente à Concentração de Sal.....	37

Figura 25: Caracterização do Sistema II de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.....38

Figura 26: Caracterização do Sistema I de resinas de permute iônica, relativamente à Concentração de Sal.....38

Figura 27: Caracterização do Sistema III de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.....38

Figura 1: Logótipo da empresa.	10
Figura 2: Símbolo presente nos pacotes de Açúcar.	11
Figura 3: Rama de Açúcar.....	12
Figura 4: Diagrama Processual da produção de açúcar na RAR.	13
Figura 5: Centrífugas Batch (A e B) utilizadas na Etapa de Afinação.....	14
Figura 6: Sistemas de Resinas de Permuta Iônica.....	15
Figura 7: Sistema III e IV de Resinas de Permuta Iônica.	16
Figura 8: Centrífugas de recuperação.	19
Figura 9: Sistema II – Colunas de Resinas de permute Iônica.....	20
Figura 10: Esquema do funcionamento da instalação de Nanofiltração.	22
Figura 11: Centrífugas de Afinação.	27
Figura 12: Alimentação da centrífuga.....	28
Figura 13: Centrífuga à velocidade máxima.	28
Figura 14: Início do descarregamento do açúcar afinado.	29
Figura 15: Descarregamento do açúcar afinado.....	29
Figura 16: Pormenor do descarregador na descarga do açúcar afinado.....	30
Figura 17: Centrífuga de 1 ^a recuperação.....	31
Figura 18: Pormenor do anel da Centrífuga da 1 ^a Recuperação.	32
Figura 19: Interior da Centrífuga da 1 ^a Recuperação.....	32
Figura 20: Gráfico com valores experimentais da condutividade e da concentração de cloretos.	33
Figura 21: Gráfico com valores experimentais da condutividade e da concentração de sal....	34
Figura 22: Caracterização do efluente das resinas.	35
Figura 23: Caracterização do Sistema I de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.....	37
Figura 24: Caracterização do Sistema I de resinas de permute iônica, relativamente à Concentração de Sal.....	37

Figura 25: Caracterização do Sistema II de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.....	38
Figura 26: Caracterização do Sistema II de resinas de permute iônica, relativamente à Concentração de Sal.....	38
Figura 27: Caracterização do Sistema III de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.....	39
Figura 28: Caracterização do Sistema III de resinas de permute iônica, relativamente à Concentração de Sal.....	39
Figura 29: Caracterização do Sistema IV de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância 420 nm.....	40
Figura 30: Caracterização do Sistema IV de resinas de permute iônica, relativamente à Concentração de Sal.....	40
Figura 31: Concentração de cloretos no efluente da estação elevatória.....	47
Figura 32: Evolução do pH no efluente da estação elevatória.....	48
Figura 33: CQO no efluente da estação elevatória.....	48
Figura 34: Relação entre a massa de carvão por volume de amostra e a massa adsorvida para cada carvão.....	52
Figura 35: Relação entre o CQO final e a massa de carvão adicionada.	52
Figura 36: Relação entre a absorvância final e a massa de carvão adicionada.	53
Figura 37: Relação entre a remoção de cor e a redução do CQO para os vários carvões.....	53
Figura 38: Parâmetros e resultados de operação para a centrífuga de afinação em 17-03-04. 59	59
Figura 39: Parâmetros e resultados de operação para a centrífuga de afinação em 18-03-04 (amostras recolhidas às 11 horas; 1, 2, 3 e amostras recolhidas às 15 horas; 4, 5, 6)....	59
Figura 40: Caudal de água e distribuição desta (25-03-04).	61
Figura 41: Resultados obtidos para o açúcar e xaropes rico e pobre (25-03-04).	61
Figura 42: Caudal de água e distribuição desta (31-03-04).	62
Figura 43: Resultados obtidos para o açúcar e xaropes rico e pobre (31-03-04).	62
Figura 44: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância.....	66
Figura 45: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permute iônica, relativamente à Condutividade.....	66
Figura 46: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permute iônica, relativamente à Concentração de Sal.....	67

Figura 47: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permuta iônica, relativamente ao CQO.....	67
Figura 48: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância.....	68
Figura 49: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente à Condutividade.....	68
Figura 50: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente à concentração de sal.....	69
Figura 51: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente ao CQO.....	69
Figura 52: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância.....	70
Figura 53: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente à Condutividade.....	70
Figura 54: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente à concentração de sal.....	71
Figura 55: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente ao CQO.....	71
Figura 56: Caracterização do Sistema IV – Ciclo nº166/1688 de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância.....	72
Figura 57: Caracterização do Sistema IV – Ciclo nº166/1688 de resinas de permuta iônica, relativamente à condutividade.....	72
Figura 58: Caracterização do Sistema IV – Ciclo nº166/1688 de resinas de permuta iônica, relativamente à concentração de sal.....	73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Síntese de resultados obtidos para os vários sistemas de resinas.....	42
Tabela 2: Resultados estimados para a concentração de cloreto na ETAR, com base em resultados obtidos para o efluente das resinas de permuta iônica.....	45
Tabela 3: Resultados para a influência do CQO do efluente das resinas no efluente total da ETAR.....	46
Tabela 4: Resultados obtidos para a absorvância e para o CQO das amostras (50 ml) com os vários carvões, em várias quantidades.....	51
Tabela 5: Cinzas sulfatadas e condutivimétricas para vários ensaios com melaço antes e após a adição de sal.....	56
Tabela 6: Amostras com diferentes composições de açúcar, canela e aroma de canela.....	57
Tabela 7: Resultados para a centrífuga de 1 ^a Recuperação.....	63

NaCl – Cloreto de sódio

O₂ – Oxigênio

Pureza - % aproximada do sacarose numa amostra

X_p – Xarope Pobre

X_r – Xarope Rico

[] – Concentração

ABREVIATURAS

AAA - Açúcar Areado Amarelo

Aç. - Açúcar

Brix – Fracção de sólidos numa amostra ou solução de açúcar

Cl⁻ - Ião cloreto

Col I – Coluna I do sistema de resinas de Permuta Iónica

Col II – Coluna II do sistema de resinas de Permuta Iónica

CQO – Carência Química de Oxigénio

ETAR – Estação de tratamento de água Residual

I.V. – Açúcares Invertidos

m. – Massa

mf. – Massa final

NaCl – Cloreto de sódio

O₂ – Oxigénio

Pureza - % aproximada de sacarose numa amostra

Xp - Xarope Pobre

Xr – Xarope Rico

[] – Concentração

areado amarelo.

- Determinar as possíveis características da A.A.A. que conferem dificuldades de ensacamento deste.

OBJECTIVOS

Um dos principais objectivos deste estágio foi obter um primeiro contacto com a indústria, nomeadamente com o processo de refinação do açúcar.

Os objectivos referentes à realização deste trabalho são:

- Conhecer o Processo de Refinação de Açúcar e das suas várias etapas.
- Caracterizar o efluente proveniente da etapa de descoloração do açúcar, em termos de Concentração de Cloreto de sódio, CQO e cor.
- Aplicar várias técnicas laboratoriais para a determinação de vários parâmetros necessários para a caracterização do efluente.
- Identificar e optimizar a fracção de efluente a ser tratada por um processo de nanofiltração.
- Estudar a recuperação e formas de eliminação dos corantes do licor removidos na etapa de descoloração.
- Diminuir a quantidade de cloretos no efluente proveniente das resinas.
- Optimizar o funcionamento das centrífugas de Afinação e das centrífugas da 1^a Recuperação.
- Correlacionar várias características do Açúcar Areado Amarelo.
- Determinar as possíveis causas das manchas brancas existentes no açúcar areado amarelo.
- Determinar as possíveis características do A.A.A. que conferiam dificuldades de ensacamento deste.

Figura 1: Logotipo da empresa

A actualmente a RAR funciona com equipamento moderno e produz aproximadamente 500 toneladas/dia de açúcar.

INTRODUÇÃO

• RAR – Sociedade de Controle (Holding) S.A.

O grupo RAR é uma Holding, tendo empresas especializadas nos mais diferentes ramos de actividade económica:

- Alimentar – RAR Açúcar, SA; RAR Cogeração, LDA; Sucral, SA; Imperial CD, SA...
- Embalagens – IBERHOLDING, SGPS SA; COLEP Portugal, SA...
- Financeira – FINANTIPAR, SGPS SA; BANCO FINANTIA, SA...
- Imobiliária – RAR imobiliária, SA...
- Serviços – NUTRIGER, SGPS, SA; RARTRANSPORTES, LDA; RAR
- Ambiente; CENTRAR, SA...
- Turismo – GEOTUR IP, SGPS, SA...

Este Estágio foi realizado na RAR Açúcar.

Em 1962 nove refinarias de açúcar da região do Porto juntaram-se para formar a RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas.



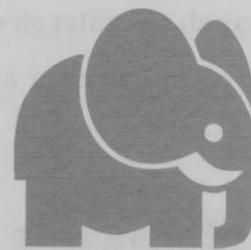
RAR - REFINARIAS DE AÇÚCAR REUNIDAS, S.A.

Figura 1: Logótipo da empresa.

Actualmente a RAR funciona com equipamento moderno e produz aproximadamente 500 toneladas/dia de açúcar.

Caracterização do Processo de Produção de Açúcar

A matéria-prima do processo de produção de açúcar é a cana de açúcar, que é obtida a partir da cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar é um tipo de planta de açúcar com uma pelúcia de xerops envolvente. [1]



R A R

Figura 2: Símbolo presente nos pacotes de Açúcar.

O açúcar branco é a principal produção da refinaria e satisfaz as normas Europeias de qualidade. A RAR produz também em quantidades consideráveis açúcar areado amarelo.

- * Coagulação
- * Descoloração
- * Evaporação
- * Cristalização
- * Condução
- * Secagem
- * Classificação

Conforme o tipo de açúcar a produzir existem vários tipos algumas diferenças no processo de produção. A RAR produz diferentes tipos de açúcar, nomeadamente: Açúcar Branco, Açúcar Branco Extra e Açúcar Semidensidade cuja diferença é a cor. Açúcar Fino, Açúcar Extra-fino e Açúcar Grosso, em que a diferença entre elas é a granulometria e ainda o Açúcar Areado Amarelo e o Açúcar Demerara.

Paralelamente ao processo de produção de açúcar existe um processo de recuperação, com o objectivo de recuperar licores, xerops e águas doces resultantes de algumas etapas. O Produto final da recuperação é o Melão.

No Figma 4 encontra-se esquematizado o processo de produção de açúcar.

- **Caracterização do Processo de Produção de Açúcar**

A matéria-prima do processo de refinação de açúcar é a rama de açúcar, que é obtida a partir da cana-de-açúcar. A Rama consiste em cristais de açúcar com uma película de xarope envolvente. [1]



Figura 3: Rama de Açúcar.

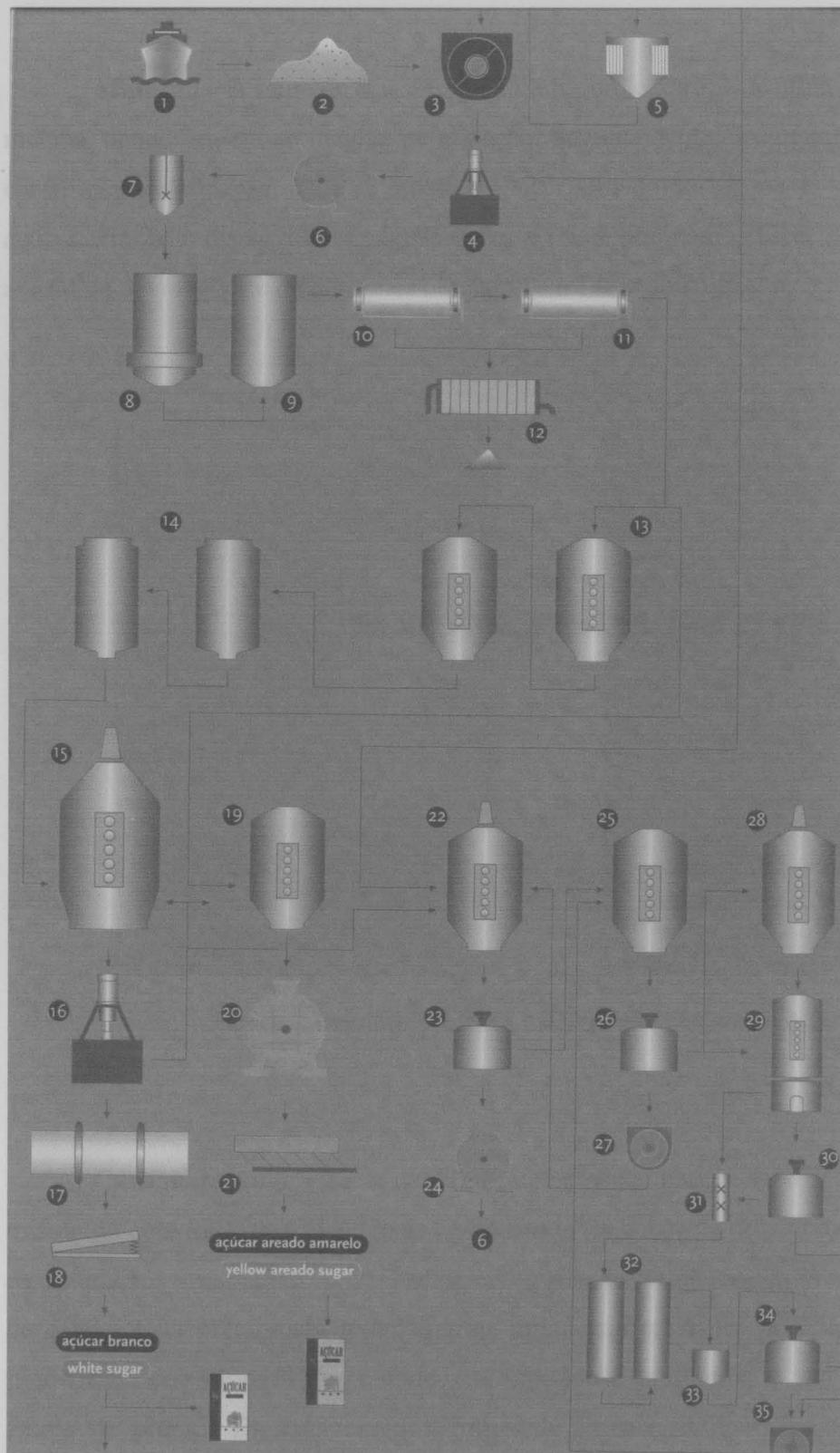
As Principais etapas do processo de Refinação do Açúcar são:

- Afinação
- Carbonatação
- Descoloração
- Evaporação
- Cristalização
- Centrifugação
- Secagem
- Classificação

Conforme o tipo de açúcar a produzir assim vamos ter algumas diferenças no processo de Produção. A RAR produz diferentes tipos de açúcar, nomeadamente; Açúcar Branco, Açúcar Branco Extra e Açúcar Semi-Branco cuja diferença é a cor, Açúcar Fino, Açúcar Extra-fino e Açúcar Grosso, em que a diferença entre eles é a granulometria e ainda o Açúcar Areado Amarelo e o Açúcar Demerara.

Paralelamente ao processo de produção de açúcar existe um processo de recuperação, com o objectivo de recuperar licores, xaropes e águas doces resultantes de algumas etapas. O Produto final da recuperação é o Melaço.

Na Figura 4 encontra-se esquematizado o processo de produção de açúcar.



RAMA

1. Chegada da Rama ao Porto de Leixões
2. Rama nos armazéns da RAR

AFINAÇÃO

3. Amassadora de Magma
4. Centrifugas
5. Aquecedor de Xaropes
6. Dissolvedores

CARBONATAÇÃO

7. Mexedor de Licor e Cal
8. Saturador A
9. Saturador B
10. Filtros Rotativos
11. Filtros Rotativos de Segurança
12. Filtro de Câmaras para Lamas

DESCOLORAÇÃO

13. Resinas de Permuta Iônica

EVAPORAÇÃO

14. Evaporadores

CRISTALIZAÇÃO, CENTRIFUGAÇÃO, SECAGEM E CLASSIFICAÇÃO DO AÇÚCAR BRANCO

15. Tachos de Vácuo
16. Centrifugas
17. Secador/Arrefecedor
18. Classificadores

CRISTALIZAÇÃO, AREADORES E PENEIRAÇÃO DO AÇÚCAR AREADO

AMARELO

19. Tachos de Vácuo
20. Areadores
21. Arrefecimento e Peneiração
22. Tachos de Vácuo de Primeira
23. Centrifuga de primeira
24. Dissolvedor
25. Tacho de Vácuo de segunda
26. Centrifuga de segunda
27. Amassadora de Primeiro Pé-de-cozedura
28. Não instalado
29. Não instalado
30. Tacho de Vácuo de Continuo
31. Pré-centrifugação de terceira Massa cozida
32. Mexedor de Massa cozida e xarope
33. Cristalizadores Arrefecedores Verticais
34. Re-aquecedor de Massa cozida
35. Centrifuga de Terceira

36. Amassadora de Segundo Pé-de-cozedura

Figura 4: Diagrama Processual da produção de açúcar na RAR.

Afinação – A rama de açúcar é misturada com o xarope de afinação na amassadora de magma, dando origem ao magma de afinação. Seguidamente este magma é centrifugado nas centrífugas de afinação, onde se separa o açúcar afinado do xarope de afinação (figura 5). O açúcar afinado é dissolvido em águas doces e misturado com o Licor da recuperação e com açúcar de devoluções e de derrames obtendo-se o Licor de Afinação.

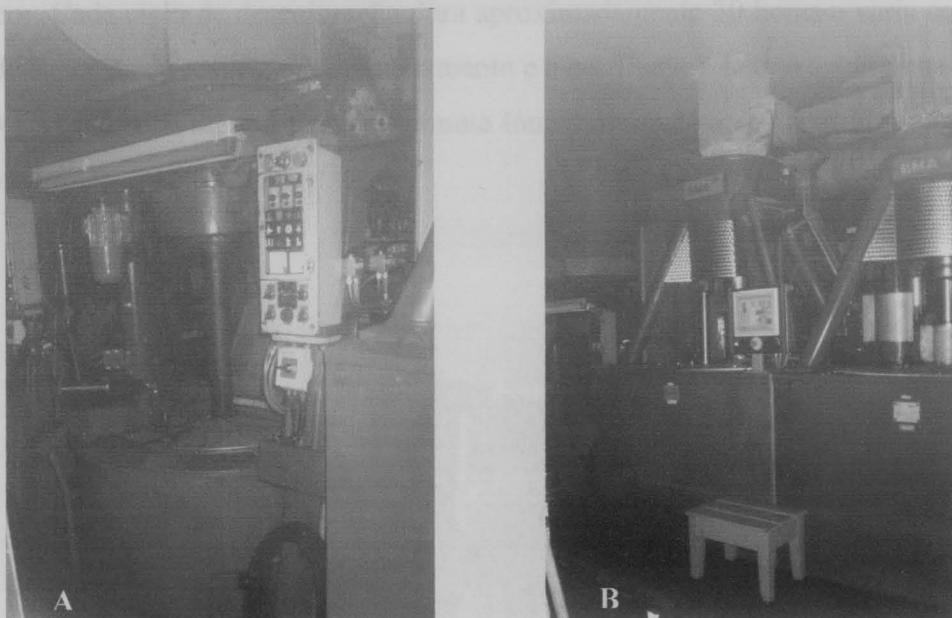


Figura 5: Centrífugas Batch (A e B) utilizadas na Etapa de Afinação.

Carbonatação – O Licor da Afinação é enviado para a etapa de carbonatação, onde é misturado com Leite de Cal e depois carbonatado (injecção de dióxido de Carbono) nas torres de Saturação. A cal reage com o gás de carbonatação formando um precipitado de carbonato de cálcio. Este precipitado retém muitas impurezas presentes no Licor. Posteriormente o Licor passa por vários filtros e onde o precipitado e as impurezas são separados através de filtros de prensa. Da lavagem dos filtros de Prensa resultam águas doces e lamas de carbonatação. O Licor Carbonatado segue para a etapa de descoloração.

Descoloração – O Licor Carbonatado passa pelas Resinas de Permuta Iônica (Resinas aniónicas fortes) onde ficam retidos os corantes. A resina é constituída por uma estrutura rígida, formando pequenas esferas porosas, contendo pontos activos onde se verifica a troca do corante pelo ião da resina. A maioria dos corantes, são ácidos orgânicos, num meio alcalino apresentam cargas negativas.

A descoloração é feita através da troca entre os corantes e o ião negativo Cl^- (cloreto), presente nas resinas. Os corantes ficam retidos nas resinas enquanto que o ião cloreto passa para o licor. Cada ciclo de descoloração dura aproximadamente 30 horas e varia consoante o número de sistemas de resinas em funcionamento e a cor final do licor à saída desta etapa.

O Licor que sai das colunas de Permuta Iônica designa-se de Licor Final e passa para os Evaporadores.

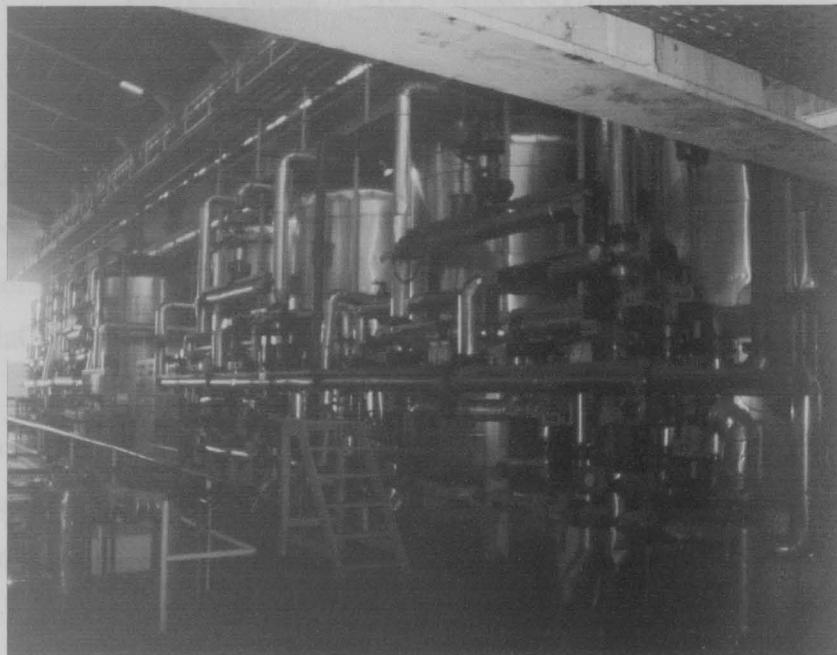


Figura 6: Sistemas de Resinas de Permuta Iônica.

Na RAR existem 4 sistemas de resinas de permuta iônica tendo cada um deles duas colunas (figura 6). Estas colunas possuem resinas com diferentes idades e consequentemente diferentes capacidades de descoloração.



Figura 7: Sistema III e IV de Resinas de Permuta Iônica.

Quando a capacidade de descoloração das resinas diminui significativamente é necessário proceder à sua regeneração. A regeneração das resinas é feita com o intuito de remover os corantes das resinas e de as saturar novamente em iões Cloreto através de uma corrente de NaCl (Cloreto de Sódio).

Evaporação – Nos Evaporadores o Licor Final é concentrado, por remoção de água, passando a designar-se Licor Concentrado. Nesta etapa usam-se evaporadores de duplo efeito funcionando o segundo evaporador sob vácuo.

Cristalização – Nesta etapa ocorre a cristalização, nos Tachos de Vácuo, do açúcar presente no Licor concentrado e no xarope de refinação, obtendo-se uma massa cozida. A cristalização inicia-se com a adição da Sementeira (solução de açúcar e álcool) ao Licor sobresaturado e prolonga-se com a adição de Licor concentrado ou de Xarope de refinação, conforme o tipo de açúcar a produzir. A massa cozida vai para os Mexedores de massa cozida e de seguida para as centrífugas de refinação.

Centrifugação – A massa cozida vai para as centrífugas de Refinação onde se faz a separação do açúcar Húmido do Xarope de Refinação. O Xarope de Refinação vai ser posteriormente reutilizado para a cristalização de açúcar branco ou do açúcar amarelo. Periodicamente uma parte deste xarope é enviada para a recuperação. O açúcar húmido que sai das centrífugas de refinação é transportado por um transportador-gafanhoto, elevador e tapete de banda para o secador de açúcar.

Secagem – O açúcar húmido é seco num secador rotativo em duas etapas. Numa primeira etapa o açúcar contacta com ar aquecido em co-corrente, posteriormente com ar frio, pelo que o açúcar quando sai do secador já sai à temperatura ambiente. Com este procedimento minimizam-se os problemas de empedramentos devido a condensações de água. O ar utilizado é previamente tratado, através da passagem por vários filtros. No final do secador existe uma rede onde ficam retidas as troças de açúcar.

Classificação – O açúcar seco é classificado, isto é, é separado do pó e dos grossos. Os classificadores são peneiros de 3 andares de redes de classificação. Na rede superior fica retido o grosso e na rede inferior o pó.

Os açúcares com granulometrias diferentes do açúcar branco são produzidos através de uma etapa posterior de classificação do açúcar branco em que a abertura das redes varia conforme o açúcar que se pretende produzir.

O pó aspirado ao longo do sistema de transporte e resultante da separação do açúcar é recuperado em ciclones húmidos, dando origem a águas doces.

Recuperação – Nesta etapa faz-se o aproveitamento do açúcar vindo dos xaropes de Afinação, Xaropes de Refinação rejeitados e de águas doces. A recuperação envolve:

- **Pré-Processa Recuperação**

A RAR produz diferentes tipos de açúcar. Seguidamente apresentam-se os casos particulares de produção do Açúcar Semi-Branco, Açúcar Areado Amarelo e do Açúcar Demerara.

- **Terceira Recuperação**

Na produção de açúcar Semi-branco, na etapa de cristalização, nos tachos de Vácuo, é utilizada uma mistura inicial de licor final com xarope de refinação, em que a % de xarope de refinação é maior que a utilizada no açúcar branco.

Para a produção de Açúcar Areado Amarelo utiliza-se uma mistura de licor carbonatado e de xarope de refinação. Esta mistura é concentrada até ao ponto em que se formam espontaneamente cristais nos tachos de vácuo. A massa cozida formada nos tachos de vácuo é descarregada nos areadores, onde ocorre uma posterior cristalização, por vácuo, e secagem da massa. O açúcar é descarregado dos areadores para o sistema de transporte, onde é seco, arrefecido e peneirado.

O Açúcar Demerara é produzido por cristalização do xarope de refinação, em tachos de vácuo. A cristalização é iniciada pela adição da sementeira. No final da cozedura procede-se à descarga parcial do tacho de vácuo até à calândria de aquecimento. A massa descarregada vai para as centrífugas, sendo o açúcar enviado para o dissolvedor da recuperação. O tacho de vácuo é realimentado com xarope que sai das centrífugas e repete-se o procedimento. Novamente realimenta-se o tacho de vácuo com xarope de refinação mas desta vez o açúcar das centrífugas não vai para o dissolvedor, mas sim para o ensaque e para o armazenamento num silo onde é posteriormente peneirado.

Recuperação – Nesta etapa faz-se o aproveitamento do açúcar vindo dos xaropes de Afinação, Xaropes de Refinação rejeitados e de águas doces. A recuperação envolve:

- Pré-Primeira Recuperação
- Primeira Recuperação
- Segunda Recuperação
- Terceira Recuperação

As massas cozidas de cada cozedura são centrifugadas em centrífugas contínuas, produzindo-se um açúcar e um xarope (figura 8). O açúcar é enviado para a cozedura da recuperação anterior e o xarope para a da recuperação seguinte. O xarope da terceira recuperação é o melaço. [1]

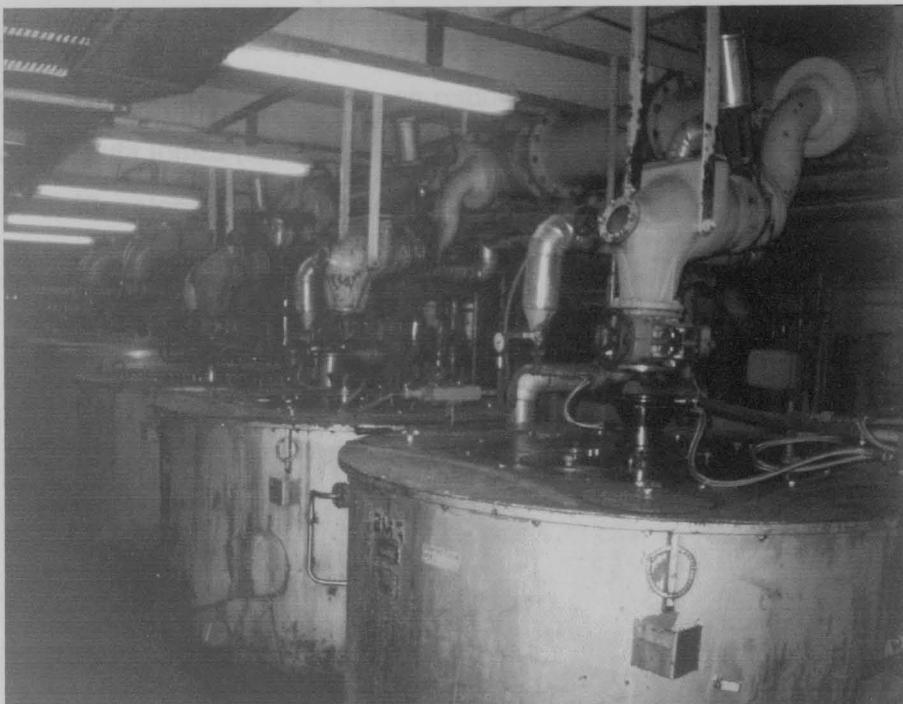


Figura 8: Centrífugas de recuperação.

Quando a capacidade de descoloração das resinas diminui significativamente é necessário proceder à sua regeneração. Cada ciclo de descoloração dura aproximadamente 40 horas e varia conforme o número de sistemas de resinas em funcionamento. A regeneração das resinas é feita com o intuito de remover os carregantes das resinas e de assanhar novamente em fogo Clorato através de uma corrente de NaCl. [1]

- **Caracterização do trabalho realizado**

- 1 Desengarneiro
- 2 Desacianamento

Este trabalho centrou-se principalmente no estudo e no acompanhamento do funcionamento da etapa de descoloração do licor.

A etapa de descoloração consiste na remoção de compostos corados do licor, através de resinas de permuta iônica (resinas aniónicas fortes). Os corantes ficam retidos nas resinas, enquanto que os íões cloreto (presentes nas resinas) passam para o licor.

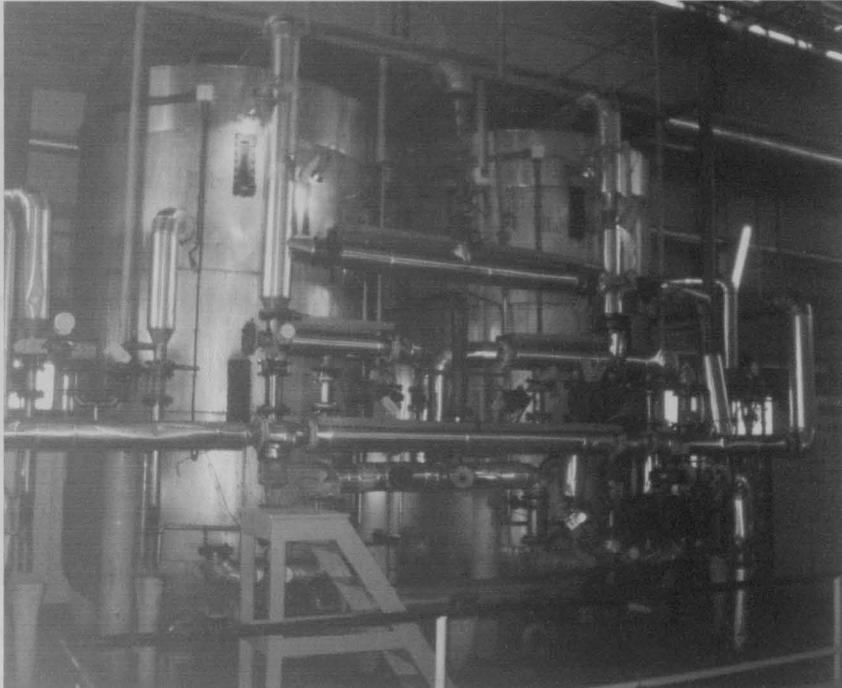


Figura 9: Sistema II – Colunas de Resinas de permuta Iônica.

Quando a capacidade de descoloração das resinas diminui significativamente é necessário proceder à sua regeneração. Cada ciclo de descoloração dura aproximadamente 30 horas e varia consoante o número de sistemas de resinas em funcionamento. A regeneração das resinas é feita com o intuito de remover os corantes das resinas e de as saturar novamente em íões Cloreto através de uma corrente de NaCl. [1]

A regeneração das resinas envolve as seguintes etapas:

- 1º Desaçucaramento
- 2º Desaçucaramento
- Esvaziamento das colunas
- Descompactação das colunas com ar
- Enchimento com água
- Passagem de Salmoura (Solução de NaCl com $[NaCl] \approx 110\text{mg/l}$)
- Lavagem lenta com água
- Lavagem rápida com água

Durante a regeneração, forma-se águas doces nos desaçucaramentos.

Nas restantes etapas da regeneração forma-se um efluente que é descarregado na ETAR e posteriormente na rede de saneamento. Este efluente que vai para a ETAR possui uma concentração elevada de cloretos (apenas 10% do sal que entra nas resinas fica retido) e de corantes, e são estes últimos que impedem que o efluente seja reciclado novamente às resinas. [6, 7, 8, 9]

A solução para a viabilização económica e ambiental do efluente passa pela utilização de uma instalação de nanofiltração. Para a utilização desta instalação foi necessário caracterizar primeiramente o efluente a tratar de modo a obter o maior rendimento desta, uma vez que apenas 10 m^3 do efluente é que vão ser tratados.

A instalação de Nanofiltração permite concentrar os corantes numa pequena porção de efluente (1m^3), sendo os restantes 9 m^3 reutilizados novamente para a regeneração das resinas (Figura 10).

A porção de efluente a enviar para a nanofiltração será aquela que possui uma maior quantidade de sal, assim poderemos reutilizar mais sal.

• Caracterização do Efluente das Resinas de Permuta Iônica.

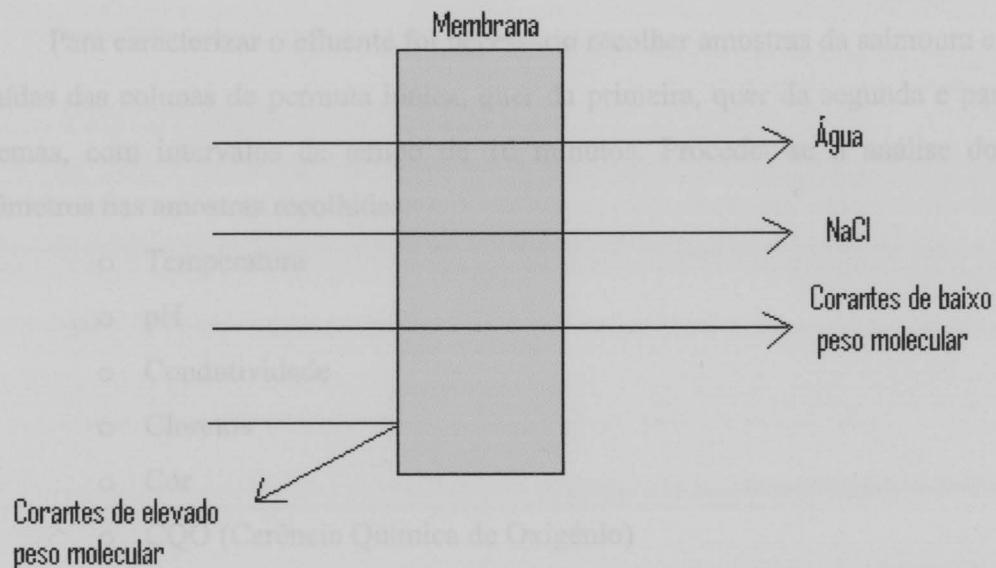


Figura 10: Esquema do funcionamento da instalação de Nanofiltração.

O trabalho na etapa de Descoloração pode ser subdividido em várias fases:

- Caracterização do Efluente das Resinas de Permuta Iônica.
- Estudo da Influência do efluente das Resinas no Efluente total a enviar para a ETAR.
- Estudo da viabilidade de aplicação de um sistema com carvão Activado para tratamento do Efluente, concentrado de corantes, da Instalação de termos de melaço Nanofiltração.
- Realização de ensaios de simulação de mistura do efluente concentrado de corantes proveniente da instalação de nanofiltração com Melaço.

- **Caracterização do Efluente das Resinas de Permuta Iônica.**

Para caracterizar o efluente foi necessário recolher amostras da salmoura e do efluente à saídas das colunas de permuta iônica, quer da primeira, quer da segunda e para os quatro sistemas, com intervalos de tempo de 10 minutos. Procedeu-se a análise dos seguintes parâmetros nas amostras recolhidas:

- Temperatura
- pH
- Condutividade
- Cloretos
- Cor
- CQO (Carência Química de Oxigénio)

Por integração numérica dos resultados obtidos, foi possível quantificar a quantidade de sal à saída, assim como a quantidade de matéria orgânica e identificar a fracção do efluente a enviar para a nanofiltração.

- **Estudo da Influencia do efluente das Resinas no Efluente total a enviar para a ETAR.**

O efluente proveniente das resinas foi caracterizado relativamente a vários parâmetros, nomeadamente à concentração de cloretos e a CQO. Ao efluente presente na ETAR eram efectuadas análises diárias a estes parâmetros. Se considerarmos que houve em média duas vírgula quatro (2,4) regenerações por dia nas resinas e se quantificarmos em termos de massa de sal e de CQO que saiu das resinas e foi enviada para a ETAR, sabendo que o volume de efluente a descarregar na ETAR era de aproximadamente $300\text{m}^3/\text{dia}$, podemos calcular o valor esperado para estes parâmetros em termos de concentrações na ETAR Assim poderemos estimar a influencia do efluente das resinas no efluente global da refinaria.

- **Estudo da viabilidade de aplicação de um sistema com carvão Activado para tratamento do Efluente, concentrado de corantes, da Instalação de Nanofiltração.**

A instalação de Nanofiltração permite concentrar os corantes numa pequena porção de efluente que sai das Resinas e vai para a ETAR possui uma concentração elevada de cloretos, pois apenas 10% do sal que entra nelas fica retido, e de corantes. Estes últimos impedem que o efluente seja reciclado novamente às resinas.

A instalação de Nanofiltração permite concentrar os corantes numa pequena porção de efluente ($1m^3$), sendo os restantes $9 m^3$ reutilizados novamente para a regeneração das resinas.

Um sistema de carvão Activado pode remover os corantes do efluente concentrado de corantes ($1m^3$) e consequentemente o CQO, reduzindo a quantidade de matéria orgânica a enviar para a ETAR. Os estudos da viabilidade do uso de carvão activado foram feitos com 3 tipos diferentes de carvão activado da *Chemviron Carbon* [5]:

- *CAL® AND CAL® I – Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon*
- *CPG® LF – Acid Washed Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon*
- *CANEICAL® - Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon*

Estes carvões foram colocados em contacto com a amostra de efluente das resinas, à temperatura ambiente, com agitação (300 rpm) durante 20.5 horas. No fim deste período de tempo procedeu-se à analise:

- CQO
- Absorvâncias

No final comparou-se a redução para cada carvão da CQO e da Absorvância, relativamente à amostra inicial.

- **Realização de ensaios de simulação de mistura do efluente concentrado de corantes, proveniente da instalação de nanofiltração, com Melaço.**

...devido ao agravamento das migrações, reações eletroquímicas, o processo que se realizou na filtragem não ficou a funcionar durante o período de duração deste estágio. Pelo que não foi possível optimizar a curva para baixamente deprecada.

A instalação de Nanofiltração permite concentrar os corantes numa pequena porção de efluente (1m^3), sendo os restantes 9 m^3 reutilizados novamente para a regeneração das resinas.

A porção de efluente com elevada concentração de corantes pode ser misturada com o melaço (produto final das recuperações), em vez de ser enviada para a ETAR onde provoca um aumento do CQO.

A adição do efluente ao melaço em princípio não provoca alterações indesejáveis, dado que este pode ser utilizado em rações animais, sendo neste caso necessário adicionar posteriormente sal. Por sua vez a adição de corantes ao melaço não apresenta nenhum inconveniente, uma vez que o melaço já tem uma quantidade muito grande de corantes.

Foram feitos vários ensaios, nos quais se adicionou sal ao melaço, em quantidade igual ou superior à estimada para o efluente da nanofiltração. Nestes ensaios foram feitas análises às cinzas:

- Condutivimétricas
- Sulfatadas.

Após a obtenção dos resultados, verificou-se se o valor obtido para as cinzas estava dentro do limite desejável.

• Estabelecimento de correlações entre alguns parâmetros e características do

Devido a alguns contratemplos, imprevisíveis, a instalação de Nanofiltração não ficou a funcionar durante o período de duração deste estágio. Pelo que não foi possível optimizá-la como era inicialmente previsto.

No entanto foram desenvolvidos outros trabalhos que inicialmente não estavam previstos, nomeadamente:

- Estabelecimento de correlações entre alguns parâmetros e características do Açúcar Areado Amarelo.
- Realização de ensaios de mistura de Açúcar com canela.
- Optimização de alguns parâmetros de funcionamento das centrífugas de Afinação.
- Optimização da distribuição de água nas centrífugas da 1^a Recuperação.

• Optimização de alguns parâmetros de funcionamento das centrífugas de

Afinação.

A rama de açúcar é misturada com o suco de refloresta ou amassadura de milho, dando origem ao suco de afinação. Seguidamente este suco é centrifugado nas centrífugas de afinação, onde se separa o suco de afinação do suco de aclarado.

Figura 11: Centrífuga de afinação

- **Estabelecimento de correlações entre alguns parâmetros e características do Açúcar Areado Amarelo.**

O estabelecimento de várias correlações entre várias características do Açúcar Areado Amarelo permitiu determinar quais as condições ideais para minimizar o aparecimento de manchas brancas no Açúcar.

- **Realização de ensaios mistura de Açúcar com canela.**

Realizaram-se vários ensaios com diferentes composições relativamente às fracções de canela e de aroma de canela a usar. As amostras obtidas foram submetidas a provas organolépticas.

- **Optimização de alguns parâmetros de funcionamento das centrífugas de Afinação.**

A rama de açúcar é misturada com o xarope de afinação na amassadora de magma, dando origem ao magma de afinação. Seguidamente este magma é centrifugado nas centrífugas de afinação, onde se separa o açúcar afinado do xarope de afinação.

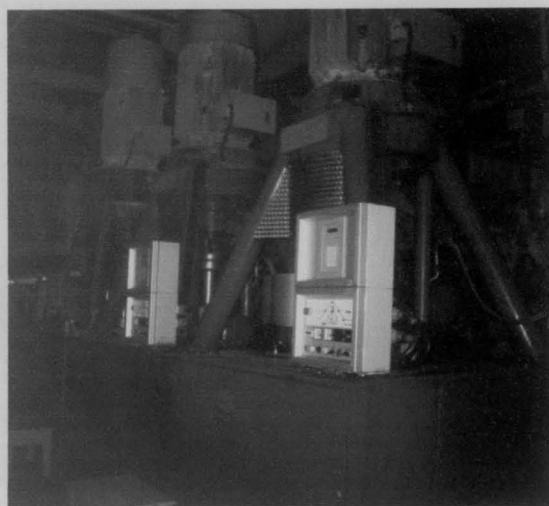


Figura 11: Centrífugas de Afinação.

As centrífugas da Afinação funcionam por Batch. Ao longo de um ciclo de funcionamento podem ser identificadas várias etapas:

- Alimentação do magma à centrífuga (figura 12)

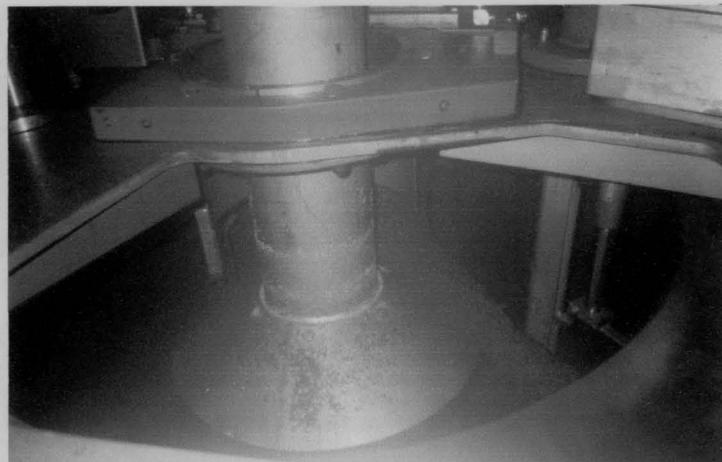


Figura 12: Alimentação da centrífuga.

- Aumento da velocidade de centrifugação
- Lavagem da Massa na centrífuga
- Centrifugação à velocidade máxima (figura 13)

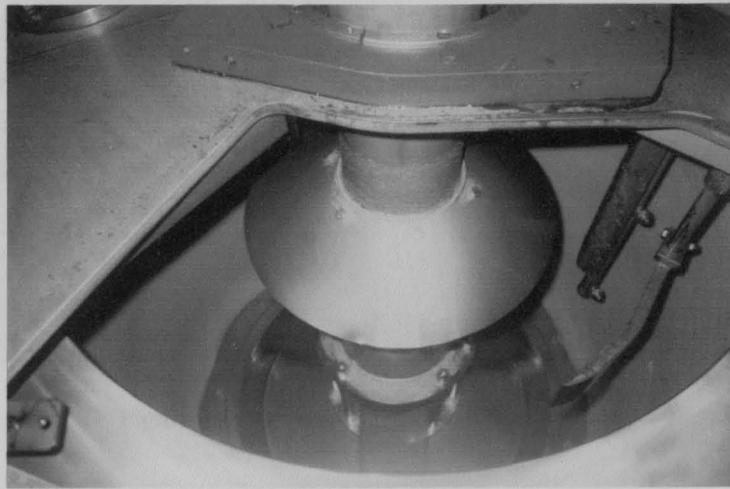


Figura 13: Centrifuga à velocidade máxima.

- Desaceleração da centrífuga
- Descarregamento do açúcar centrifugado (figuras 14, 15 e 16)



Figura 14: Inicio do descarregamento do açúcar afinado.



Figura 15: Descarregamento do açúcar afinado.

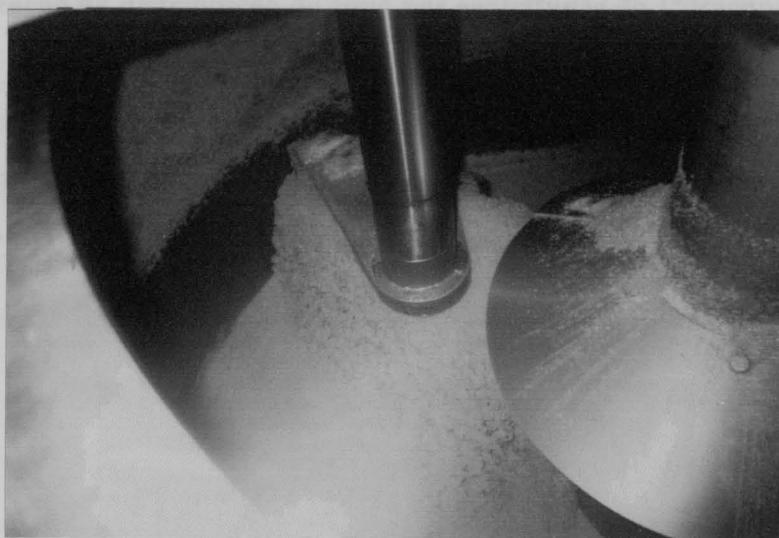


Figura 16: Pormenor do descarregador na descarga do açúcar afinado.

- Lavagem do cesto da centrífuga [3, 4]

Realizaram-se vários ensaios com diferentes parâmetros de funcionamento das centrífugas com o objectivo de optimizar o seu funcionamento. Após cada alteração de parâmetros, recolheram-se amostras de Açúcar afinado e determinou-se a cor do açúcar em cada amostra. O objectivo foi obter o conjunto de parâmetros mais favoráveis obtendo uma cor de açúcar o mais baixa possível.

O Parâmetros a optimizar foram:

- Tempo a partir do qual se inicia a Lavagem
- Duração da Lavagem
- Tempo de centrifugação à velocidade máxima.

A água para a lavagem é introduzida no interior da centrífuga, na parte de cima do cesto ou na parte de baixo desse (figuras 15 e 16). Para tal foram recolhidas várias amostras, para cada cozedura, com diferentes distribuições de água, de xerope pobre e de xerope rico, de açúcar centrifugado e de massa da cozedura.

• **Optimização da distribuição de água nas centrífugas da 1^a Recuperação.**

Na 1^a recuperação, a massa cozida de cada cozedura é centrifugada numa centrífuga contínua, produzindo-se um açúcar, um xarope Pobre e um Xarope Rico. O açúcar é enviado para a cozedura da recuperação anterior.

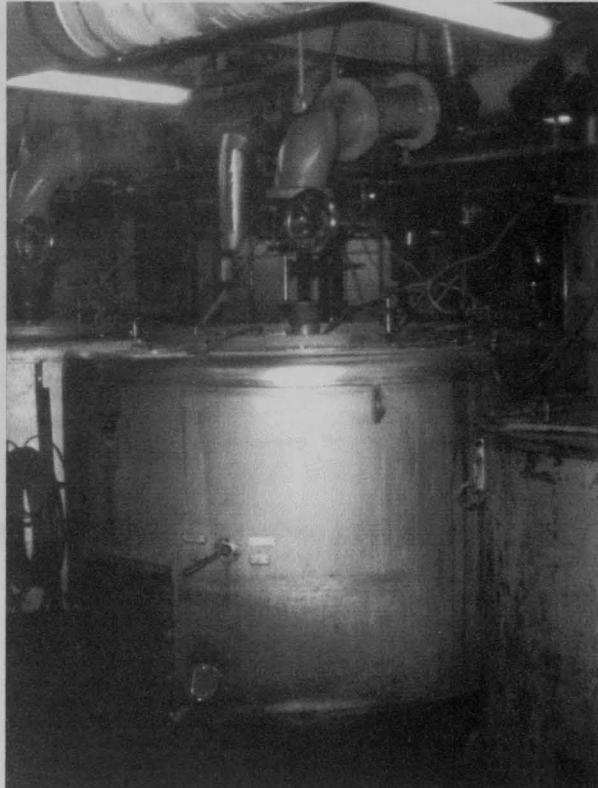


Figura 17: Centrífuga de 1^a recuperação.

O objectivo deste trabalho foi optimizar a distribuição de água na centrífuga.

A água pode ser libertada no anel, ou então no interior da centrífuga, na parte de cima do cesto ou na parte debaixo deste (figuras 18 e 19). Para tal foram recolhidas várias amostras, para cada cozedura, com diferentes distribuições de água, de xarope pobre e de xarope rico, de açúcar centrifugado e de massa da cozedura.

Figura 18: Interior da Centrífuga de 1^a Recuperação.

As amostras recolhidas de massa, de açúcar e de xaropes foram analisadas relativamente aos seguintes parâmetros:

- Brix
- Pureza

Para as amostras de açúcares foram ainda determinadas as Cores.

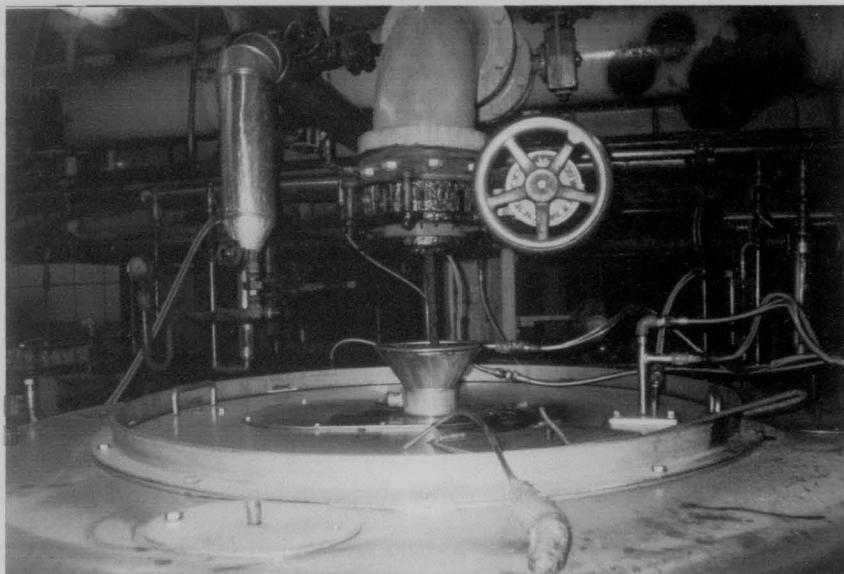


Figura 18: Pormenor do anel da Centrífuga da 1^a Recuperação.

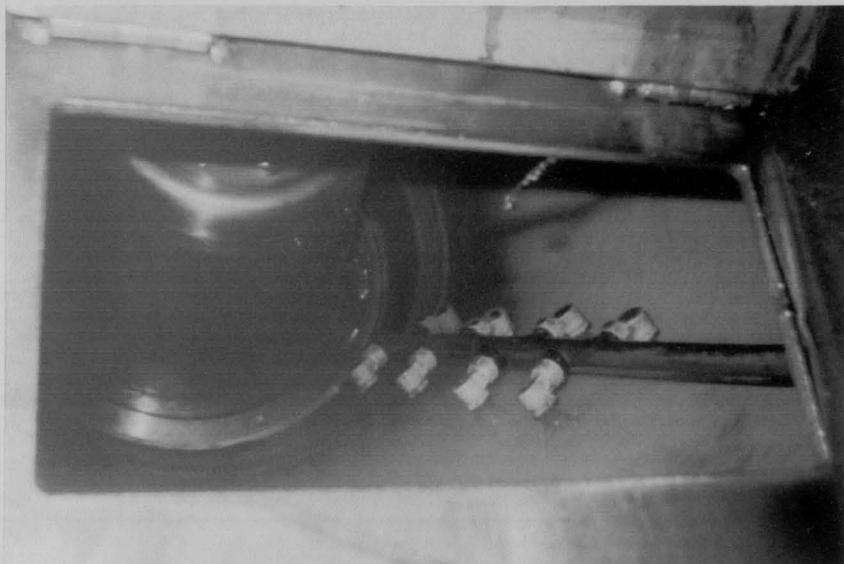


Figura 19: Interior da Centrífuga da 1^a Recuperação.

A correlação obtida possui um valor de correlação bastante elevado. Esta correlação permite determinar matematicamente o valor da concentração de cloretos no efluente, uma vez que a condutividade se obtém com um condutivímetro. Por sua vez tem ainda a vantagem de não ser necessário utilizar reagentes (nitroto de prata e dicromato de potássio).

- **Caracterização do Efluente das Resinas de Permuta Iônica.**

Para caracterizar o efluente foi necessário recolher amostras da salmoura e do efluente à saída das colunas de permuta iônica, quer da primeira, quer da segunda coluna e para os quatro sistemas, com intervalos de tempo de 10 minutos. Procedeu-se à análise dos seguintes parâmetros nas amostras recolhidas: Temperatura, pH, Condutividade, Cloretos, Cor, CQO.

A partir dos valores da condutividade e dos cloretos obtidos experimentalmente para o efluente das resinas foi possível obter uma correlação que relaciona o valor da condutividade com a concentração de Cl^- , uma vez que a concentração de cloretos se relaciona estatisticamente com a condutividade (figura 21).

A partir dos valores da condutividade e dos cloretos obtidos experimentalmente para o efluente das resinas foi possível obter uma correlação que relaciona o valor da condutividade com a concentração de Cloretos Cl^- (figura 20).

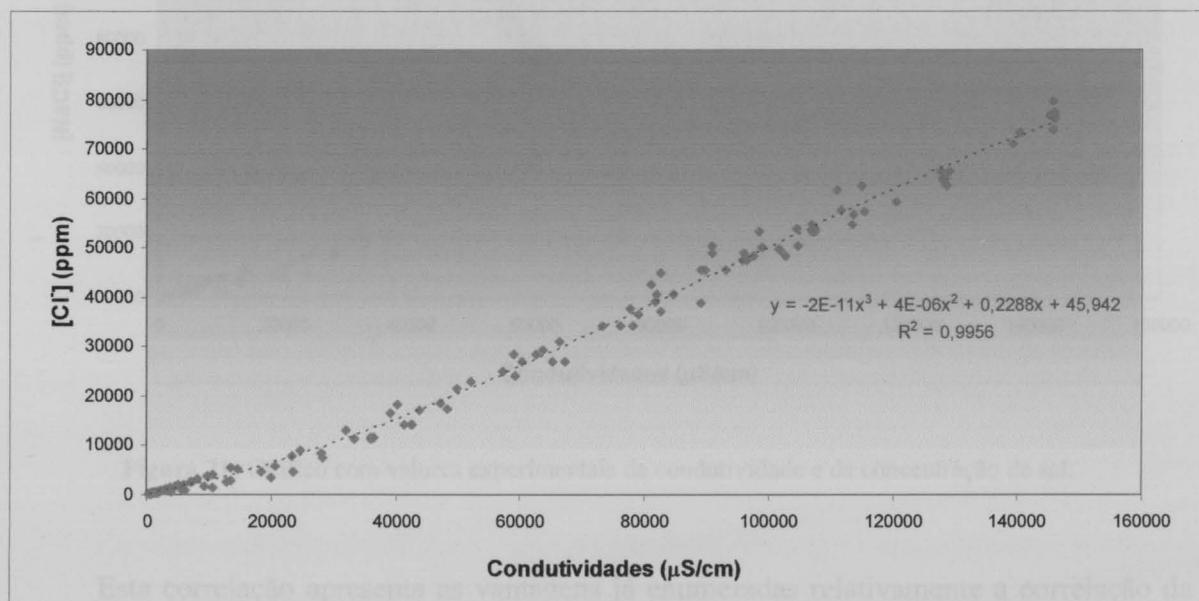


Figura 20: Gráfico com valores experimentais da condutividade e da concentração de cloretos.

A correlação obtida possui um coeficiente de correlação bastante elevado. Esta correlação permite determinar mais rapidamente o valor da concentração de cloretos no efluente, uma vez que a condutividade se obtém com um condutivímetro. Por sua vez tem ainda a vantagem de não ser necessário utilizar reagentes (nitrato de prata e dicromato de potássio), o que torna esta correlação mais vantajosa em termos ambientais.

No figura podem ver os valores experimentais para cada um destes parâmetros no efluente que saiu das resinas. O valor do COD inicialmente foi bastante alto e que sugeriu a presença de açúcar

- **Correlação condutividade. vs. NaCl**

A partir dos valores da condutividade e dos cloretos obtidos experimentalmente para o efluente das resinas foi possível obter uma correlação que relaciona o valor da condutividade com a concentração de NaCl, uma vez que a concentração de cloretos se relaciona estequiométricamente com a concentração de sal. (figura 21).

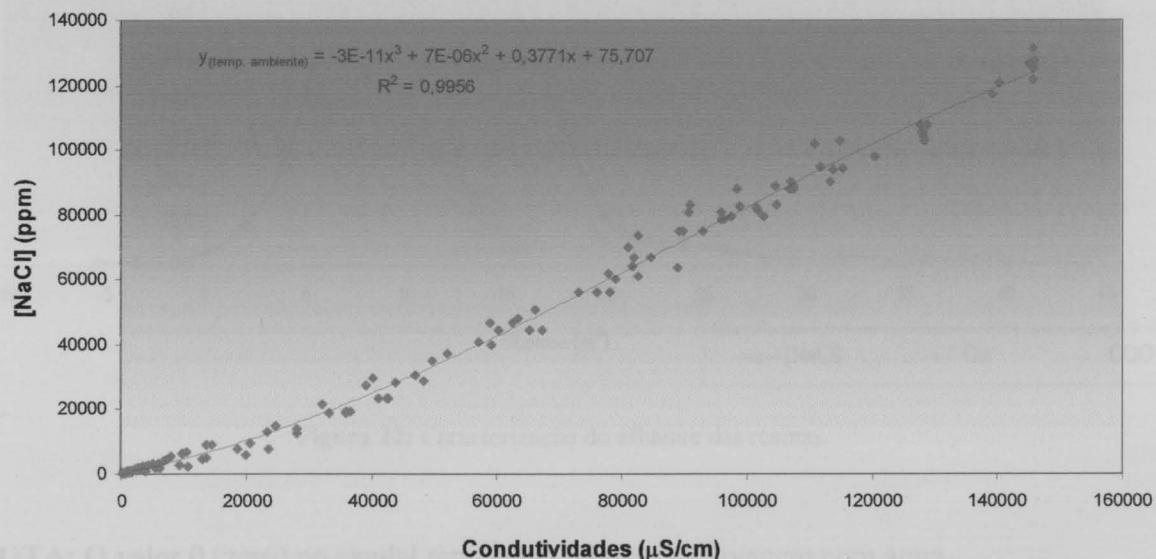


Figura 21: Gráfico com valores experimentais da condutividade e da concentração de sal.

Os valores da cor do efluente e o COD foram os primeiros parâmetros a serem analisados. Esta correlação apresenta as vantagens já enumeradas relativamente a correlação da condutividade com a concentração de cloretos.

- **Parâmetros analisados**

Os principais parâmetros analisados foram a concentração de sal, a absorvância que traduz a concentração de corantes, e o CQO, que traduz a quantidade de matéria orgânica presente na amostra.

Na figura podemos ver como aumentou cada um destes parâmetros no efluente que saiu das resinas. O valor do CQO inicialmente foi bastante alto o que sugeriu a presença de açúcar nas resinas.

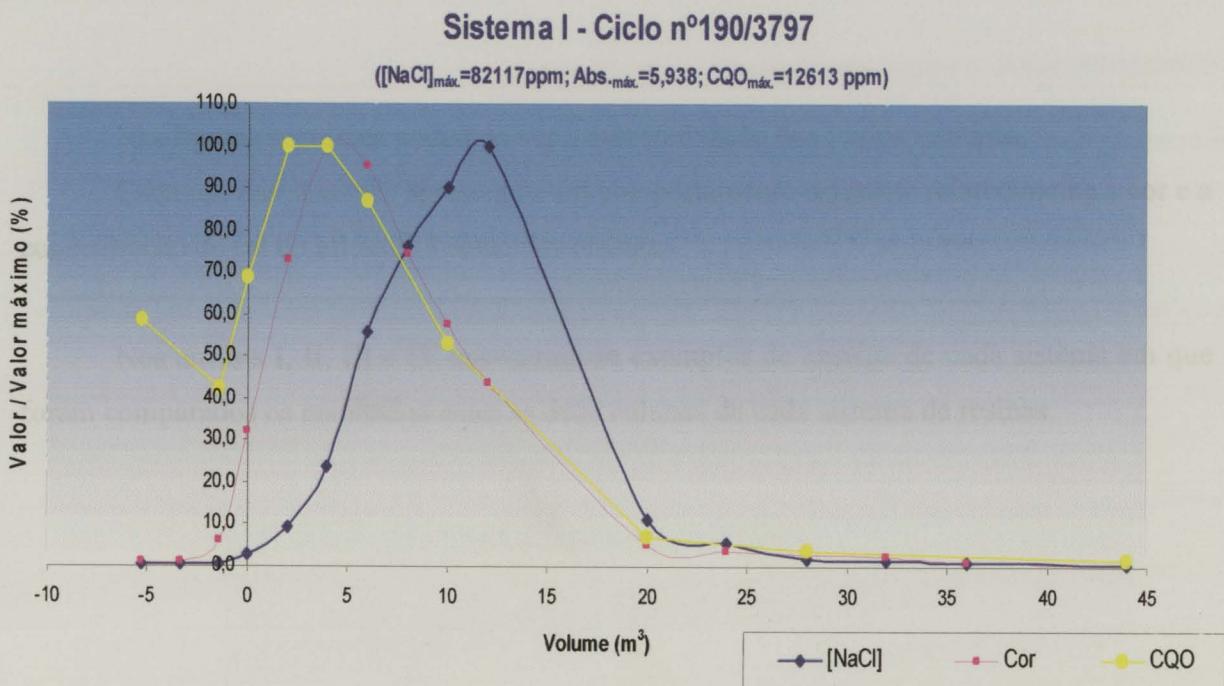


Figura 22: Caracterização do efluente das resinas.

NOTA: O valor 0 (zero) no caudal representa o início da lavagem com água.

Os valores da cor do efluente e o CQO foram os primeiros parâmetros a aumentar no efluente das resinas. De um modo geral estes dois parâmetros variaram simultaneamente, isto é quando um aumentou o outro também aumentou e vice-versa.

A cor do efluente aumentava rapidamente no início da lavagem e diminuía posteriormente muito gradualmente.

A concentração de sal aumentou mais tarde, quando os outros dois parâmetros já estavam a diminuir. O Pico da concentração máxima de sal atingia-se normalmente no momento da mudança do caudal de lavagem, isto é, quando se passava da Lavagem Lenta para a Lavagem Rápida.

A partir do momento em que se inicia a Lavagem rápida a concentração de Sal diminuía rapidamente.

Nas figuras seguintes podemos ver a caracterização dos vários sistemas.

Cada um dos sistemas apresentou um comportamento diferente relativamente a cor e a concentração de sal do efluente à saída das resinas.

Nos anexos I, II, III e IV encontram-se exemplos de ensaios de cada sistema em que foram comparados os resultados entre as duas colunas de cada sistema de resinas.

o Caracterização do Sistema II

o Caracterização do Sistema I

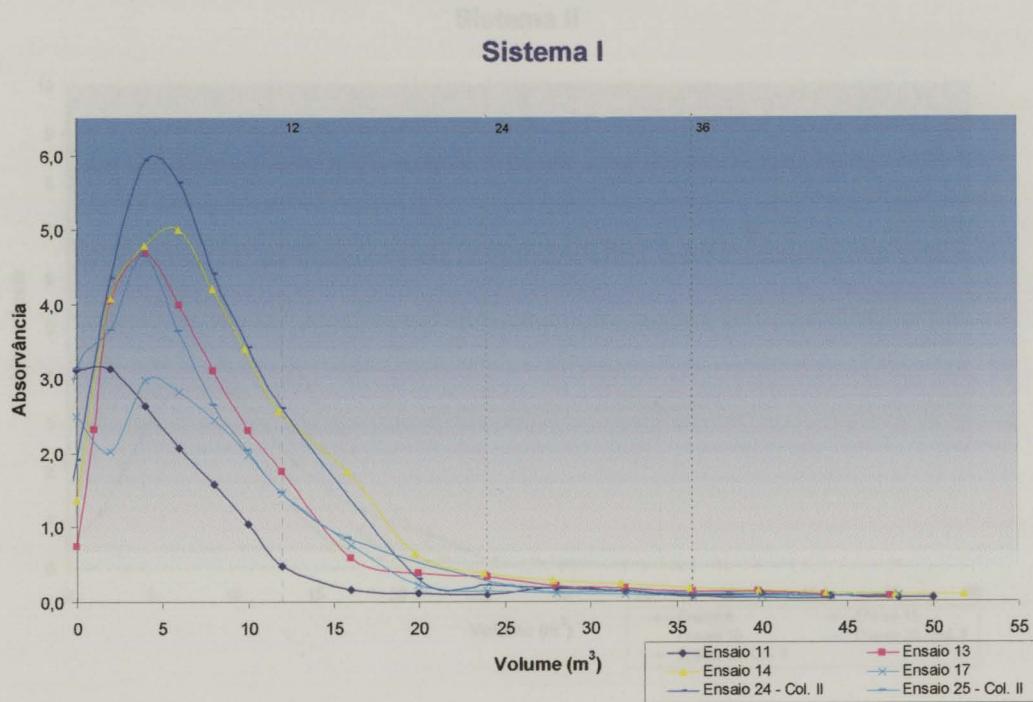


Figura 23: Caracterização do Sistema I de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.

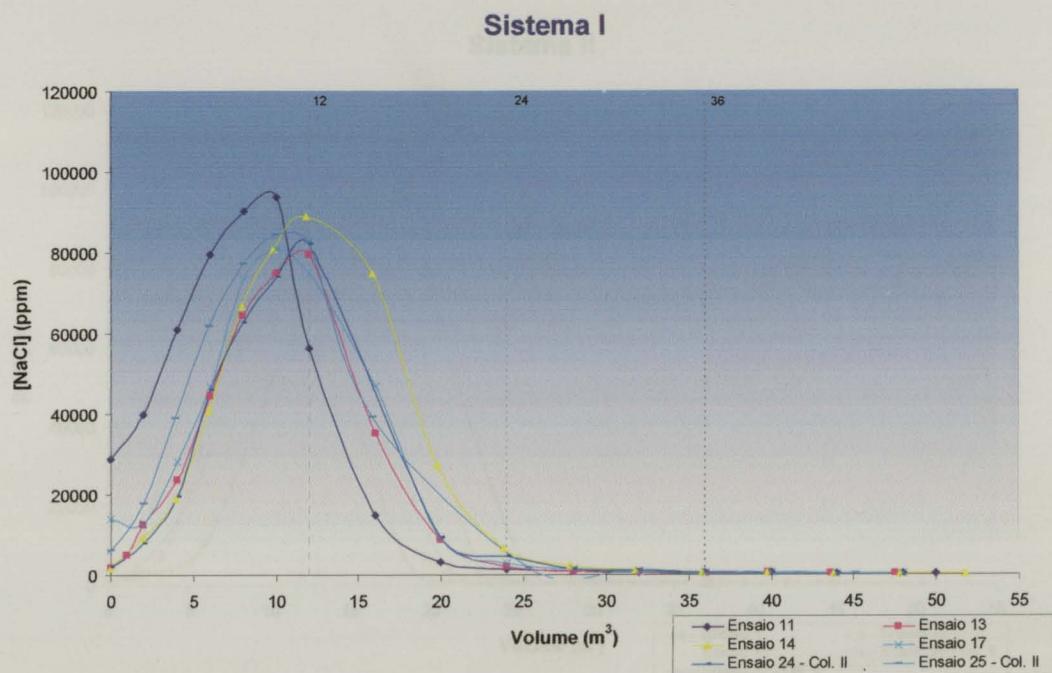


Figura 24: Caracterização do Sistema I de resinas de permuta iônica, relativamente à Concentração de Sal.

- **Caracterização do Sistema II**

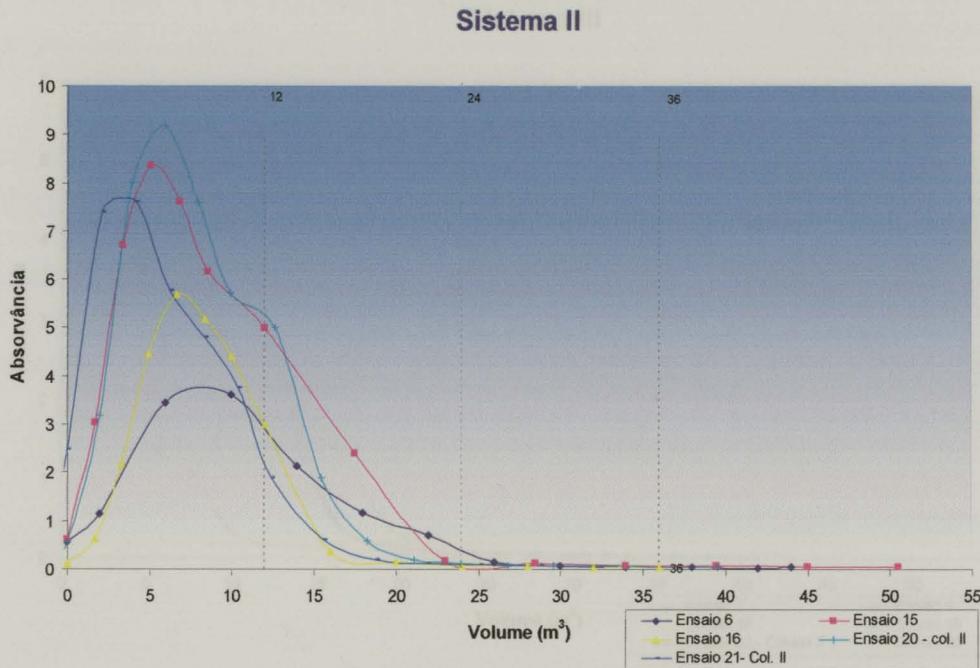


Figura 25: Caracterização do Sistema II de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.

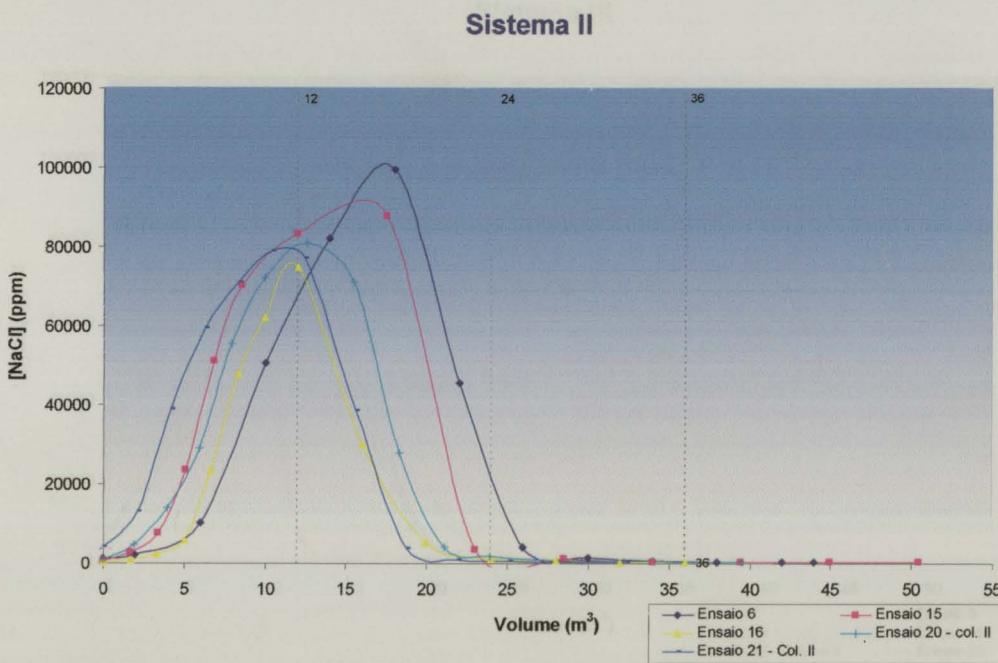


Figura 26: Caracterização do Sistema II de resinas de permuta iônica, relativamente à Concentração de Sal.

- **Caracterização do Sistema III**

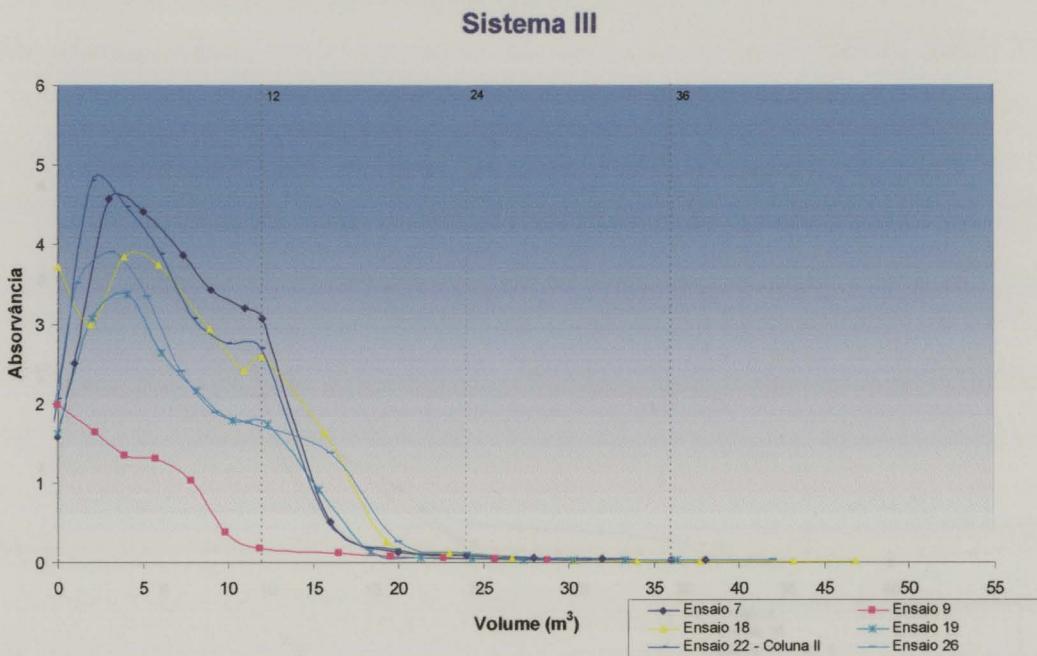


Figura 27: Caracterização do Sistema III de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância a 420 nm.

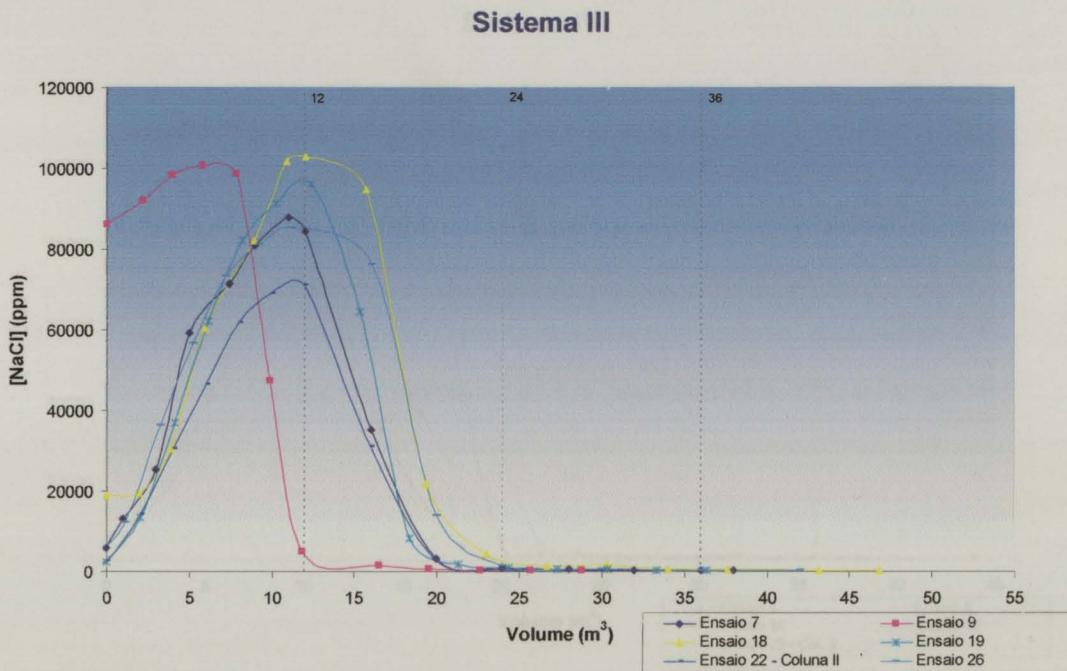


Figura 28: Caracterização do Sistema III de resinas de permuta iônica, relativamente à Concentração de Sal.

- **Caracterização do Sistema IV**

Na Tabela 1 encontram-se amostras das curvas obtidas para todos os ensaios incluídos na medição. A curva de menor capacidade de saída é a entrada, assim com o valor da saída.

Sistema IV

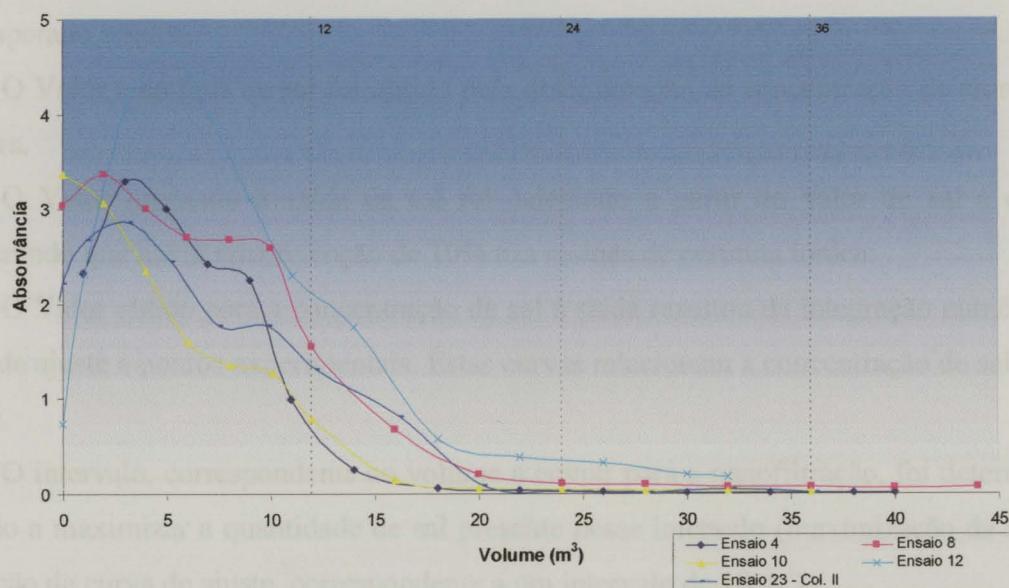


Figura 29: Caracterização do Sistema IV de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância 420 nm.

Sistema IV

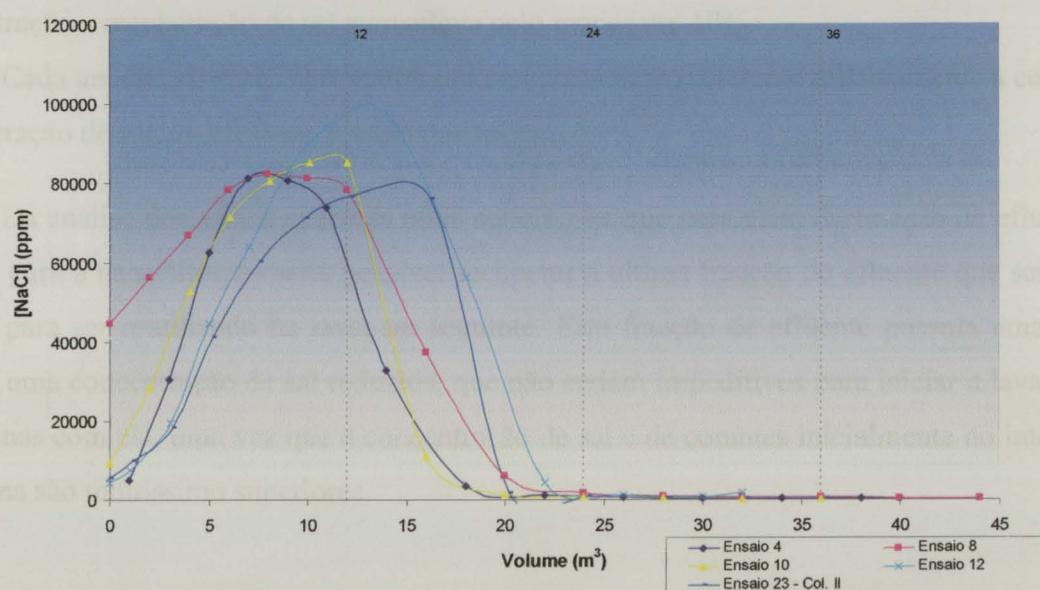


Figura 30: Caracterização do Sistema IV de resinas de permuta iônica, relativamente à Concentração de Sal.

Na Tabela 1 encontram-se sintetizados os resultados obtidos para todos os ensaios efectuados, nomeadamente as estimativas da concentração de sal à entrada, assim com o valor esperado a saída.

O Valor a entrada de sal foi obtido pela determinação da concentração de cloretos na salmoura.

O Valor estimado à saída de sal foi calculado a partir do valor de sal à entrada considerando que havia uma retenção de 10% nas resinas de permuta iônica.

O Valor obtido para a concentração de sal à saída resultou da integração numérica de curvas de ajuste a pontos experimentais. Estas curvas relacionam a concentração de sal com o volume.

O intervalo, correspondente ao volume a enviar para a nanofiltração, foi determinado de modo a maximizar a quantidade de sal presente nesse intervalo (maximização da área de integração da curva de ajuste, correspondente a um intervalo de 10 m^3).

Os resultados para os ensaios em que se recolheram amostras à saída das 2 colunas, mostraram que a dispersão de sal e de corantes, como era de esperar, foi menor à saída da primeira coluna. Pelo que quanto menor for a dispersão de sal maior vai ser a recuperação de sal na nanofiltração.

Se o efluente que saiu da coluna I do sistema de resinas fosse directamente para a nanofiltração a recuperação de sal aumentava pelo menos em 10%.

Cada um dos sistemas apresentou um comportamento diferente relativamente a cor e a concentração de sal, do efluente, à saída das resinas.

Da análise dos vários sistemas pôde concluir-se que para além da fracção de efluente que vai para a nanofiltração seria possível recuperar a ultima fracção do efluente que sai das resinas para ser reutilizado na lavagem seguinte. Esta fracção de efluente possuía uma cor baixa e uma concentração de sal reduzida, que não seriam impeditivos para iniciar a lavagem das resinas com ela, uma vez que a concentração de sal e de corantes inicialmente no interior da coluna são muitíssimo superiores.

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

Tabela 1: Síntese de resultados obtidos para os vários sistemas de resinas.

Ensaio	Data	Sistema	Ciclo	Densidade média (°Be)	Total de sal à entrada (kg)	Total sal (NaCl) à saída		Tratamento nanofiltração			CQO – Máximo (ppm O ₂)	Observações:
						Estimado (kg)	Obtido (kg)	Massa de Nacl nos 10 m ³ (kg)	Intervalo Tratado (m ³)	NaCl recuperado (%)		
4	22-10-03	IV	130/1651	-	-	-	805	691	3,5;13,5	86	-	
6	24-10-03	II	25/3723	-	-	-	1152	828	12;22	72	-	Erro no caudal da lavagem lenta (24 m ³)
7	29-10-03	III	105/2482	-	-	-	978	742	5;15	76	-	
8	03-11-03	IV	134/1655	-	-	-	1180	773	3,5;13,5	65	-	Salmoura ácida (parado durante o fim de semana)
9	06-11-03	III	108/2485	-	-	-	961	908	0;10	95	-	A Lavagem já tinha sido iniciada
10	10-11-03	IV	138/1659	9,6	1170	1053	939	745	4;14	79	-	
11	12-11-03	I	160/3767	9,2	1115	1004	848	646	5,5;15,5	76	-	
12	13-11-03	IV	140/1661	10,3	1365	1229	1258	872	7;17	69	-	
13	19-11-03	I	163/3770	7,6	969	872	851	646	5,5;15,5	76	22861	
14	27-11-03	I	166/3773	9,2	1137	1023	1099	779	7,5;17,5	71	9750	
15	28-11-03	II	39/3737	9,1	1082	974	1347	864	10;20	64	20444	Q salmoura=4m ³ /l; Q l. lenta =10 m ³ /h; Q L. Rápida = 22 m ³ /h
16	03-12-03	II	40/3738	8,2	983	885	676	536	6,5;16,5	79	19859	Q l. Lenta =10 m ³ /h
17	09-12-03	I	169/3776	8,0	982	884	952	688	5,5;15,5	72	13733	
18	16-12-03	III	123/2500	11,3	1497	1347	1328	916	7,0;17,0	69	14791	Q L. Rápida = 22 m ³ /h; CQO do efluente da COL. II

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

Tabela 2 (cont.): Síntese de resultados obtidos para os vários sistemas de resinas

Ensaio	Data	Sistema	Ciclo	Densidade média (^o Be)	Total de sal à entrada (kg)	Total sal (NaCl) à saída		Tratamento nanofiltração			CQO – Máximo (ppm O ₂) Data	Observações: Sistema
						Estimado (kg)	Obtido (kg)	Massa d ^e Nacl nos 10 m ³ (kg)	Intervalo Tratado (m ³)	NaCl recuperado (%)		
19	06-01-04	III	129/2506	11,4	1233	1109	1066	815	5,5;15,5	76	-	Q L. Rápida a 18m ³ /h
20 Col. I	08-01-04	II	50/3749	9,0	938	845	825	741	-1,5;8,5	90	23250	Q L. Rápida a 17m ³ /h
20 Col. II	08-01-04	II	50/3749	9,0	938	845	867	687	7;17	79	17250	Q L. Rápida a 17m ³ /h; CQO do efluente à saída da COL. II
21 Col. I	16-01-04	II	53/3752	9,4	866	780	743,17	682	-3;7	92	-	Q L. Rápida a 19m ³ /h
21 Col. II	16-01-04	II	53/3752	9,4	866	780	885	681	5,5;15,5	77	-	Q L. Rápida a 19m ³ /h
22 Col. I	21-01-04	III	135/2512	9,7	903	813	754	710	-2,5;7,5	94	-	Estudo da aplicabilidade do carvão
22 Col. II	21-01-04	III	135/2512	9,7	903	813	782	597	5;15	76	9725	CQO do efluente a saída da col. II.
23 Col. I	04-02-04	IV	166/1688	9,8	1088	979	1003	783	-1,5;8,5	78	-	Avaria na válvula da H ₂ O
23 Col. II	04-02-04	IV	166/1688	9,8	1088	979	1064	688	7;17	65	-	Avaria na válvula da H ₂ O
24 Col. I	10-02-04	I	190/3797	9,8	937	843	924	785	-1,5;8,5	85	-	
24 Col. II	10-02-04	I	190/3797	9,8	937	843	950	711	7;17	75	12613	CQO do efluente a saída da col. II.
25 Col. I	18-02-04	I	193/3800	9,6	1027	924	978	832	-2,5;7,5	85	-	
25 Col. II	18-02-04	I	193/3800	9,6	1027	924	1115	695	5;12	62	-	
26	26-02-04	III	147/2524	11,6	1114	1002	1160	805	6;16	69	-	
Média a saída (col. II)	-	-	-	9,6	1082,3	974,1	1009,4	744,1	-	74,6	-	-

- **Estudo da Influencia do efluente das Resinas no Efluente total a enviar para a ETAR.**

Após a caracterização do efluente das resinas em termos de Cloretos e de CQO, foi possível comparar com os resultados destes parâmetros no efluente global da ETAR.

As resinas são a principal fonte de cloretos do efluente da fábrica, daí a relevância de um tratamento do efluente que sai dos vários sistemas de resinas de permuta iônica durante a etapa de lavagem.

Como foi referido anteriormente apenas $10m^3$ deste efluente é que vão ser tratados na nanofiltração. Por sua vez a Nanofiltração apenas recupera 90% do sal que entra, sendo os restantes 10% encaminhados novamente para a ETAR.

Na tabela 2 encontram-se alguns resultados estimados para a concentração de cloretos na ETAR, com base em resultados obtidos para o efluente das resinas de permuta iônica.

Na tabela 3 apresentam-se resultados da influência do CQO do efluente das resinas no efluente total da ETAR.

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

Tabela 3: Resultados estimados para a concentração de cloreto na ETAR, com base em resultados obtidos para o efluente das resinas de permuta iônica.

Implicações na ETAR (Caudal que chega a ETAR= 300 m³/dia; CQO _{médio} =2491 ppm)					
Ensaio	M_{Total} de NaCl à saída das resinas (kg)	Massa de NaCl recuperada na Nanofiltração (kg)	Massa de NaCl enviada para a ETAR (kg)	Massa de Cloreto (Cl) enviados para a ETAR (kg)	Concentração de Cloreto na ETAR (considerando 2.4 regenerações/dia e caudal de 300 m³/dia) (ppm /dia)
4	805,0	622,1	182,9	111,0	888,0
6	1151,6	745,1	406,5	246,7	1973,4
7	978,0	667,4	310,6	188,5	1507,7
8	1180,0	695,3	484,8	294,2	2353,3
9	960,7	817,3	143,4	87,0	696,0
10	938,7	670,4	268,2	162,8	1302,2
11	847,9	581,2	266,6	161,8	1294,3
12	1257,8	784,7	473,1	287,1	2296,9
13	851,0	581,2	269,7	163,7	1309,3
14	1099,1	700,8	398,3	241,7	1933,5
15	1347,3	777,7	569,6	345,7	2765,3
16	676,3	482,6	193,7	117,5	940,4
17	951,7	619,5	332,3	201,6	1613,0
18	1327,7	824,3	503,4	305,5	2444,1
19	1066,5	733,7	332,8	201,9	1615,4
20 Col. I	825,3	666,9	158,3	96,1	768,7
20 Col. II	866,8	618,1	248,7	150,9	1207,2
21 Col. I	743,2	613,5	129,7	78,7	629,6
21 Col. II	885,3	613,1	272,2	165,2	1321,4
22 Col. I	754,0	638,6	115,4	70,0	560,2
22 Col. II	781,5	537,7	243,8	147,9	1183,5
23 Col. I	1003,4	704,3	299,2	181,6	1452,4

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

Tabela 4 (cont.): Resultados estimados para a concentração de cloretos na ETAR, com base em resultados obtidos para o efluente das resinas de permuta iônica.

Implicações na ETAR (Caudal que chega a ETAR= 300 m ³ /dia; CQO _{médio} =2491 ppm)					
Ensaio	M _{Total} de NaCl à saída das resinas (kg)	Massa de NaCl recuperada na Nanofiltração (kg)	Massa de NaCl enviada para a ETAR (kg)	Massa de Cloretos (Cl ⁻) enviados para a ETAR (kg)	Concentração de Cloretos na ETAR (considerando 2.4 regenerações/dia e caudal de 300 m ³ /dia) (ppm /dia)
23 Col. II	1064,2	618,9	445,3	270,2	2161,8
24 Col. I	924,0	706,6	217,4	131,9	1055,2
24 Col. II	950,4	640,3	310,1	188,2	1505,6
25 Col. I	977,7	748,5	229,2	139,1	1112,5
25 Col. II	1114,6	625,3	489,3	296,9	2375,3
26	1159,6	724,8	434,8	263,9	2111,0
Média a saída (col. II)	1009,4	669,7	339,7	206,2	1649,4

Tabela 5: Resultados para a influência do CQO do efluente das resinas no efluente total da ETAR.

Implicações na ETAR (Caudal = 300 m ³ /dia; CQO _{médio} =2491 ppm O ₂ → 747,3 kg O ₂)				
Ensaio	CQO total à saída das Resinas (kg O ₂)	CQO enviado para a ETAR (kg O ₂)	CQO na ETAR (considerando 2.4 regenerações/dia) (kg O ₂)	Fracção do CQO na ETAR proveniente das resinas (%)
18 Col. II	135,5	135,5	325,3	43,5
20 Col. I	176,2	176,2	422,9	56,6
20 Col. II	212,4	212,4	308,0	68,2
22 Col. II	128,3	128,3	308,0	41,2
Média à saída (col. II)	158,8	158,8	381,0	51,0

- Resultados do desvio do efluente das resinas de permuta iónica**

Os resultados seguintes referem-se a uma simulação, a cerca de como ficará o efluente na estação elevatória quando a instalação de nanofiltração estiver a funcionar. Efectuou-se um desvio do efluente que saiu das resinas correspondente aos 10 m³ com maior concentração de Sal de todas as lavagens efectuadas num período de 24 horas (figuras 31, 32 e 33).

Através de um amostrador automático retiraram-se amostras de hora a hora na estação elevatória (Anexo V). A estação elevatória é o local para onde são enviados todos os efluentes da fábrica e onde ocorre a homogeneização deles. Após a homogeneização o efluente global é enviado para a ETAR, antes de ser descarregado no colector publico. Na ETAR processa-se o controlo do pH do efluente a descarregar.

Figura 31: Evolução da pH no efluente da estação elevatória.

Resultados da análise à Água da Estação Elevatória (19-02-2004/20-02-2004)

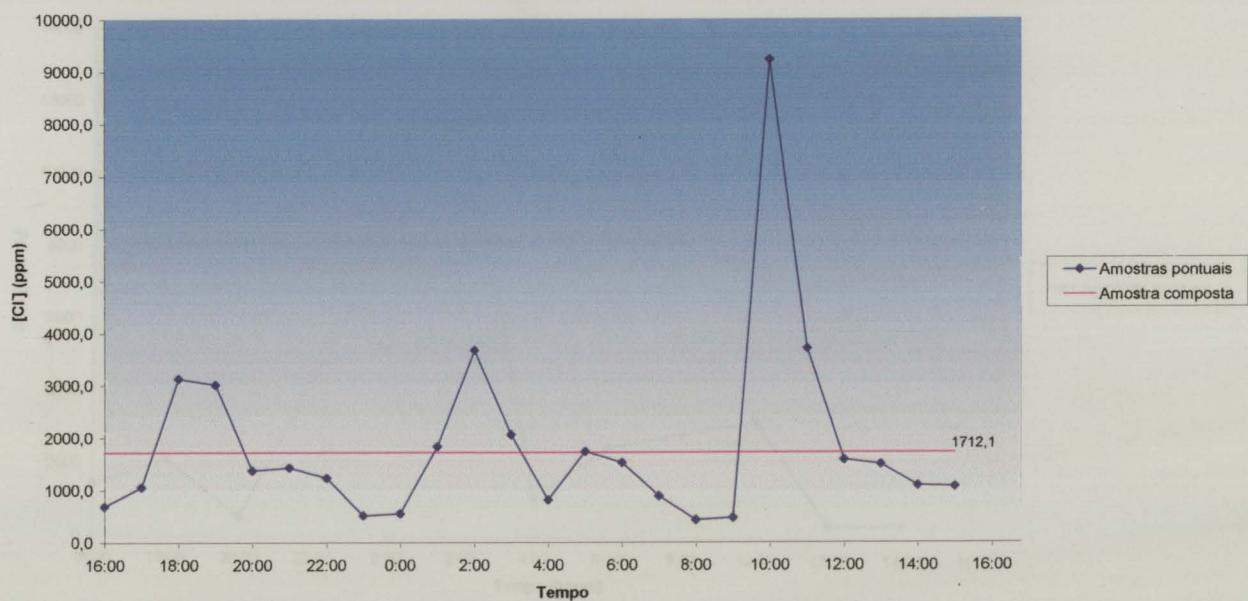


Figura 31: Concentração de cloretos no efluente da estação elevatória.

Resultados da análise à Água da Estação Elevatória (19-02-2004/20-02-2004)

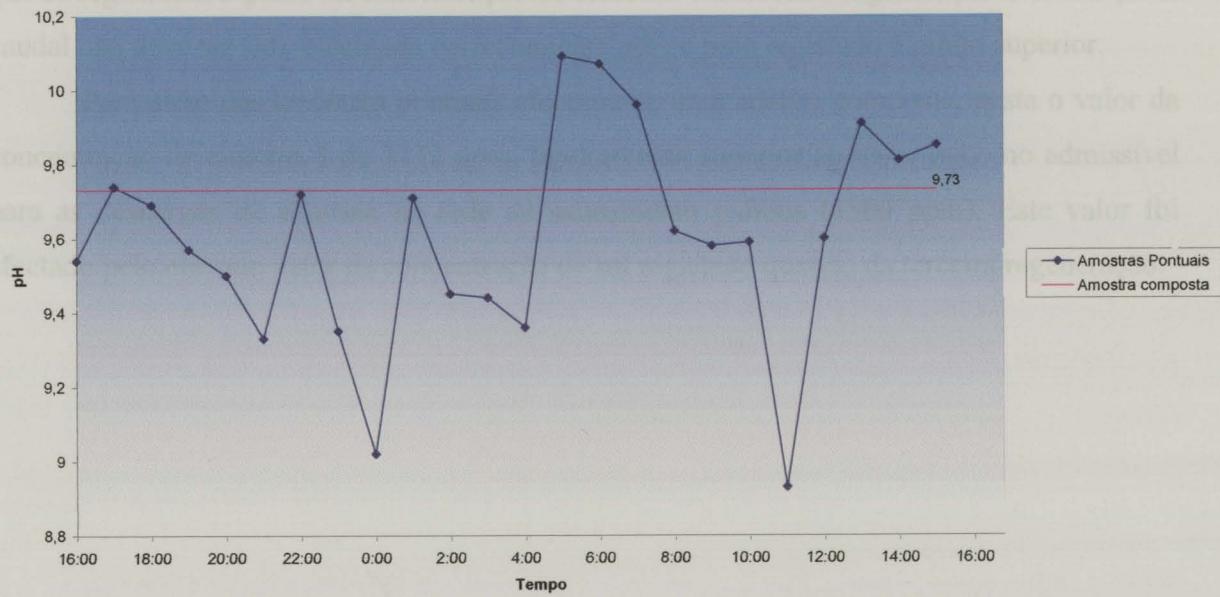


Figura 32: Evolução do pH no efluente da estação elevatória.

Resultados da análise à Água da Estação Elevatória (19-02-2004/20-02-2004)

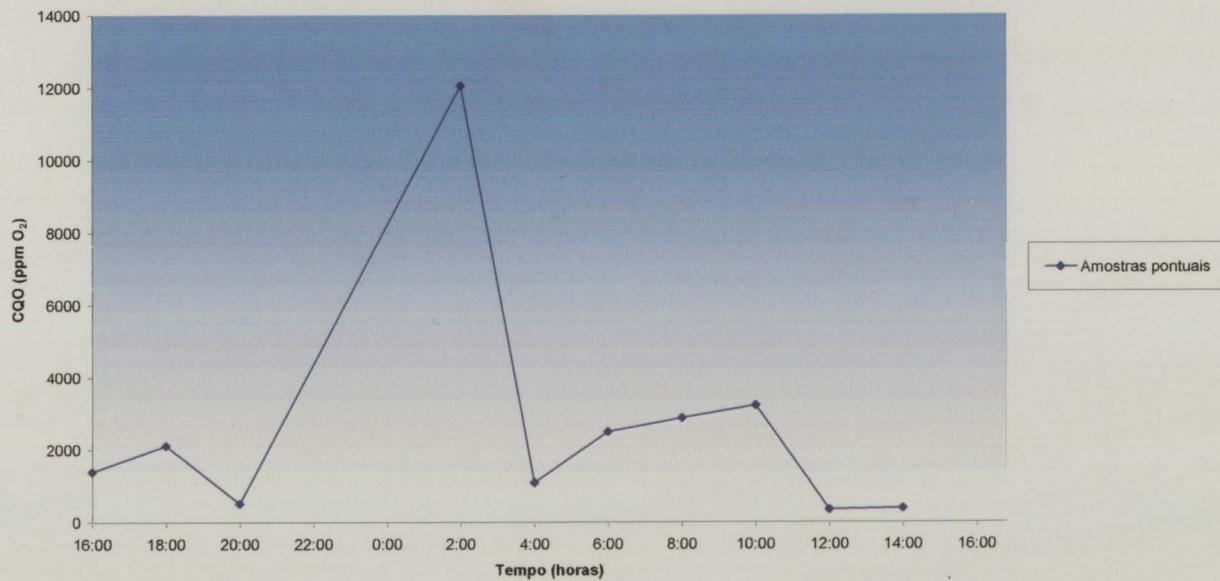


Figura 33: CQO no efluente da estação elevatória.

Da análise da figura 31 pode-se identificar as três regenerações efectuadas, uma vez que se registaram 3 picos na concentração de cloretos. Na terceira regeneração a mudança de caudal não deve ter sido efectuada correctamente pois o pico registado é muito superior.

Para além das amostras pontuais efectuou-se uma análise composta, nesta o valor da concentração de cloretos é de 1712 ppm, ligeiramente superior ao valor máximo admissível para as descargas de efluente na rede de saneamento pública (1500 ppm). Este valor foi afectado pelo elevado valor da concentração de sal registado quando da terceira regeneração.

O COO na ETAR deve ser o mais baixo possível, sendo assim, se os responsáveis pelo valor do COO fizessem as mudanças no clínizadores consideravelmente os cortes estariam a baixar o COO.

Os estudos da viabilidade do uso de carvão activado foram feitos com 3 tipos diferentes de carvão activado da Chemviron Carbon:

- o. CAL® AND CAL® I - Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon
- o. CPG®-LF - Acid Washed Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon
- o. CANECAL® - Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon

Estes carbons foram colocados em contacto com a amostra de etanol das reuniões com uma agitação de 300 rpm, durante aproximadamente 20 horas e à temperatura ambiente. Ao fim desse período de tempo analisou-se o COO e a absorbância das amostras.

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos.

- **Estudo da viabilidade de aplicação de um sistema com carvão Activado, para tratamento do Efluente das Resinas.**

Um sistema de carvão Activado pode remover os corantes do efluente concentrado de corantes (1m^3) e consequentemente o CQO a enviar para a ETAR.

O CQO na ETAR deve ser o mais baixo possível, sendo assim, se os responsáveis pelo valor do CQO forem os corantes ao eliminarmos consideravelmente os corantes estaremos a baixar o CQO.

Os estudos da viabilidade do uso de carvão activado foram feitos com 3 tipos diferentes de carvão activado da *Chemviron Carbon*:

- *CAL® AND CAL® I – Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon*
- *CPG® LF – Acid Washed Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon*
- *CANEICAL® - Agglomerated Coal Based Granular Activated Carbon*

Estes carvões foram colocados em contacto com a amostra de efluente das resinas com uma agitação de 300 rpm, durante aproximadamente 20 horas e à temperatura ambiente. Ao fim desse período de tempo analisou-se o CQO e a absorvância das amostras.

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos.

Tabela 6: Resultados obtidos para a absorvância e para o CQO das amostras (50 ml) com os vários carvões, em várias quantidades.

Carvão	Amostra	m. Carvão adicionado (g)	[] (g de carvão/100 ml de amostra)	CQO final (mg O ₂ /l)	Redução do CQO (%)	Absorvância final	Remoção de Cor (%)
CAL AND CAL I	1	0,0062	0,0124	6100	-4,27	3,413	5,54
	2	0,0505	0,1010	5900	-0,85	2,900	19,72
	3	0,5019	1,0038	3650	37,61	0,203	94,38
CAL LF (CPG-LF)	4	0,0057	0,0114	5700	2,56	3,375	6,57
	5	0,0503	0,1006	5600	4,27	3,113	13,84
	6	0,5005	1,0010	4450	23,93	0,457	87,35
CANECAL	7	0,0062	0,0124	6300	-7,69	3,375	6,57
	8	0,0534	0,1068	5500	5,98	2,550	29,41
	9	0,5011	1,0022	3400	41,88	0,164	95,46
Ensaio Branco	10	0,0000	0,0000	5850	0,00	3,613	0,00

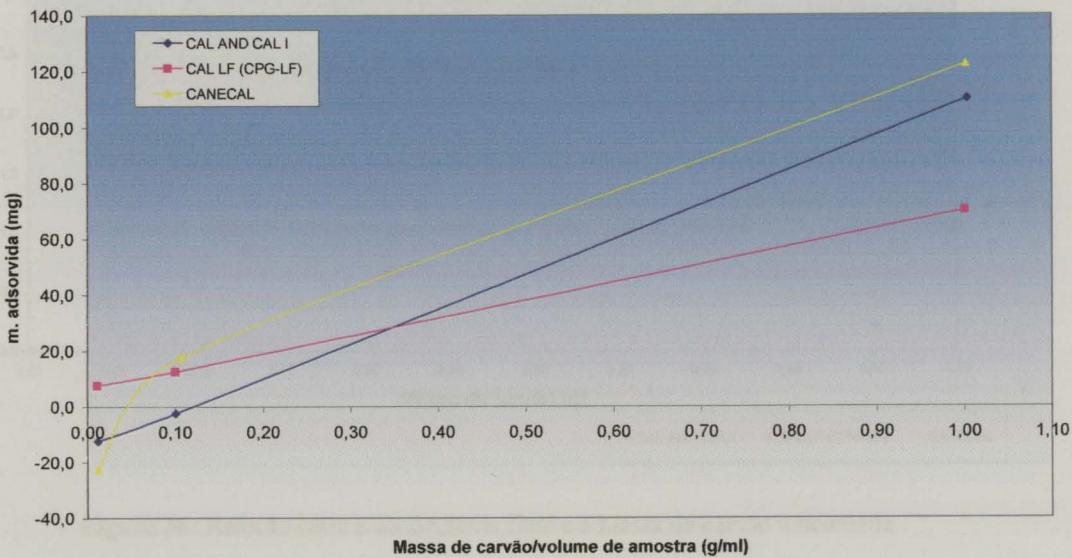


Figura 34: Relação entre a massa de carvão por volume de amostra e a massa adsorvida para cada carvão.

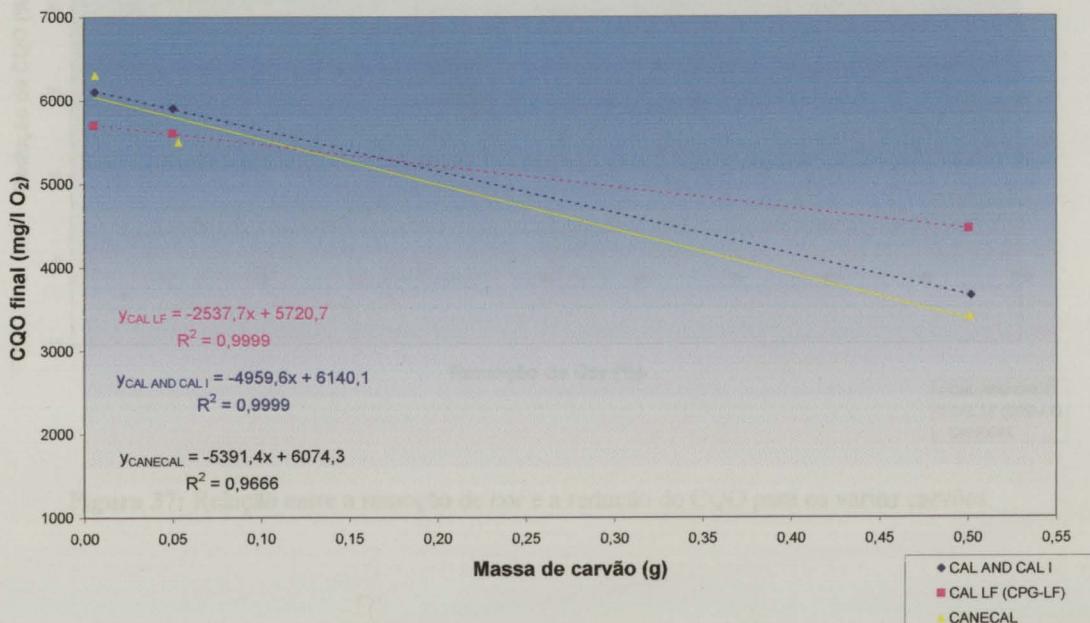


Figura 35: Relação entre o CQO final e a massa de carvão adicionada.

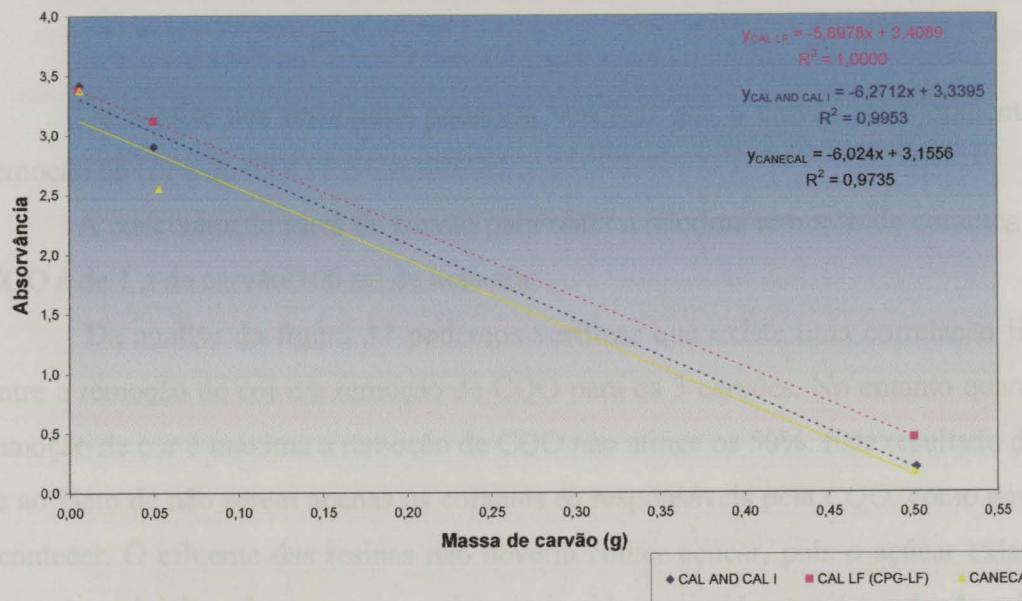


Figura 36: Relação entre a absorvância final e a massa de carvão adicionada.

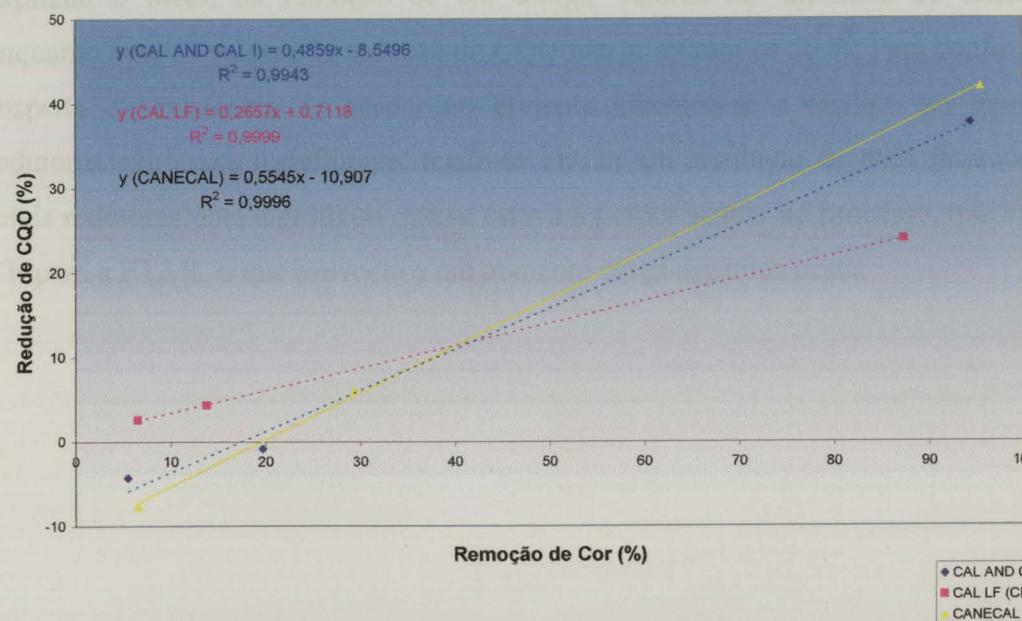


Figura 37: Relação entre a remoção de cor e a redução do CQO para os vários carvões.

Da análise dos resultados podemos verificar que o carvão mais eficiente na remoção da cor e do CQO é o CANECAL.

A concentração ideal de carvão para obter a máxima remoção de corantes e de CQO é de 1 g de carvão/100 ml de amostra.

Da analise da figura 37 podemos verificar que existe uma correlação linear entre a remoção de cor e a remoção de CQO para os 3 carvões. No entanto quando a remoção de cor é máxima a remoção de CQO não atinge os 50%. Este resultado deve-se ao facto de não serem apenas os corantes os responsáveis pela CQO, como deveria acontecer. O efluente das resinas não deveria conter açúcar, pois o açúcar existente antes de se iniciar a lavagem nas resinas teria sido removido com água dando origem a águas doces. Estas águas doces seriam aproveitadas no processo.

As diferenças entre os valores de remoção de Cor e da redução do CQO pressupuseram a existência de açúcar no efluente das resinas, pois só assim se explicou o facto, da remoção de cor atingir valores tão elevados de eficiência enquanto que, os valores de redução do CQO não atingiram os 50 %. Para confirmar a suspeita da existência de açúcar no efluente efectuou-se a análise aos açúcares redutores existentes no efluente, tendo-se obtido um resultado de 80% de açúcares totais redutores. Isto significou que se estava a perder açúcar do processo, que estava a ir para a ETAR, o que provocava um aumento carga orgânica nesta.

análise dos açúcares totais redutores no efluente das resinas mostrou que havia concentrações de açúcas inferiores aos do limite admissível (0% acima da concentração de açúcar no efluente das resinas = 13%).

- **Realização de ensaios de simulação de mistura do efluente concentrado de corantes, proveniente da instalação de nanofiltração, com Melaço.**

A instalação de Nanofiltração permite concentrar os corantes numa pequena porção de efluente (1m^3), sendo os restantes 9 m^3 , com elevada concentração de sal, reutilizados novamente para a regeneração das resinas.

A porção de efluente com elevada concentração de corantes pode ser misturada com o melaço (produto final das recuperações), em vez de ser enviada para a ETAR onde provoca um aumento do CQO e da concentração de cloretos.

Foram feitos vários ensaios, nos quais se adicionou sal ao melaço em quantidade igual ou superior à estimada para o efluente da nanofiltração. Em cada ensaio foram determinadas as cinzas condutivimétricas e as cinzas sulfatadas. (tabela 5)

Analisou-se também o aumento da percentagem de cinzas correspondente à adição de sal ao melaço.

Determinou-se o valor médio do aumento das cinzas com a adição de sal e adicionou-se ao valor das cinzas dos últimos 2 anos. Verificou-se que todos os melaços após uma hipotética adição do efluente da nanofiltração apresentariam concentrações de cinzas inferiores aos do limite admissível (% normalizada de cinzas Sulfatadas = 13%).

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

Tabela 7: Cinzas sulfatadas e condutivimétricas para vários ensaios com melaço antes e após a adição de sal.

Ensaios	Data	Cinzas Condutivimétricas			Cinzas Sulfatadas								
		Melaço	Melaço + NaCl	Diferença [(2)-(1)]	Melaço	Melaço + NaCl	Diferença [(2)-(1)]						
		(1) %	[] (mg sal/kg de Melaço)	(2) %	%	(1) %	[] (mg sal/kg de Melaço)	(2) %	% normalizada	%			
1	13-01-2004	75,8	76,7	0,9	14,456	13669,24	16,360	1,904	12,16	11837,91	13,82	10,60	1,66
2	19-01-2004	75,8	76,7	0,9	13,676	13428,62	16,210	2,534	12,25	12429,48	13,61	10,45	1,36
3	20-01-2004	75,8	76,7	0,9	13,551	14697,26	16,155	2,604	12,22	12192,64	13,63	10,46	1,41
4	29-01-2004	76,6	77,8	1,2	13,961	14198,32	16,355	2,394	12,11	11963,83	13,37	10,40	1,27
5	30-01-2004	76,8	77,6	0,8	13,348	12472,86	15,653	2,304	11,64	11975,22	12,91	10,02	1,27
6	02-02-2004	74,0	74,8	0,8	13,482	12879,12	15,660	2,178	-	-	-	-	-
Máximo	-	76,8	77,8	1,2	14,456	14697,26	16,360	2,604	12,25	12429,48	13,82	10,60	1,66
Mínimo	-	74,0	74,8	0,8	13,348	12472,86	15,653	1,904	11,64	11837,91	12,91	10,02	1,27
Média	-	76,2	77,1	0,9	13,746	13557,57	16,065	2,320	12,08	12061,23	13,47	10,39	1,39

(1) – Percentagem de cinzas no melaço

(2) – Percentagem de cinzas na amostra de melaço + sal.

- **Realização de ensaios mistura de Açúcar com canela.**

Realizaram-se vários ensaios com diferentes composições relativamente às fracções de canela e de aroma de canela a usar. As amostras obtidas foram submetidas a provas organolépticas.

Tabela 8: Amostras com diferentes composições de açúcar, canela e aroma de canela.

Amostra	% de açúcar	% de canela	% de aroma de canela
1	99,892	0,108	0,000
2	99,791	0,209	0,000
3	99,869	0,104	0,027
4	99,699	0,301	0,000
5	99,592	0,408	0,000
6	99,854	0,102	0,045
7	99,821	0,115	0,064
8	99,799	0,112	0,089
9	99,775	0,201	0,024
10	99,749	0,207	0,043

As amostras cuja combinação de açúcar, canela e aroma de canela que tiveram maior aceitação nas provas organolépticas foram as amostras 2, 5, 6 e 9.

- **Optimização de alguns parâmetros de funcionamento das centrífugas de Afinação.**

Realizaram-se vários ensaios com diferentes parâmetros de operação, das centrífugas, com o objectivo de optimizar o seu funcionamento. Após cada alteração de parâmetros, recolheram-se amostras de Açúcar afinado e determinou-se a cor do açúcar de cada amostra.

O objectivo foi o de obter o conjunto de parâmetros mais favoráveis obtendo uma cor de açúcar o mais baixa possível, de preferência com o menor tempo possível de centrifugação à velocidade máxima.

A rama utilizada foi rama da Índia.

Da análise dos resultados das figuras 38 e 39 verificou-se que os parâmetros ideais de funcionamento foram:

- Tempo a partir do qual se inicia a Lavagem = 17s
- Duração da Lavagem = 3s
- Tempo de centrifugação a velocidade máxima = 70s

Figura 39: Parâmetros e resultados de operação para a centrifuga de afinação em 18-07-03 (amostras recolhidas às 11 horas; 1, 2, 3 e amostra recolhida às 13 horas; 4, 5, 6).

Centrifuga de Afinação - Rama da Índia (17-03-04)

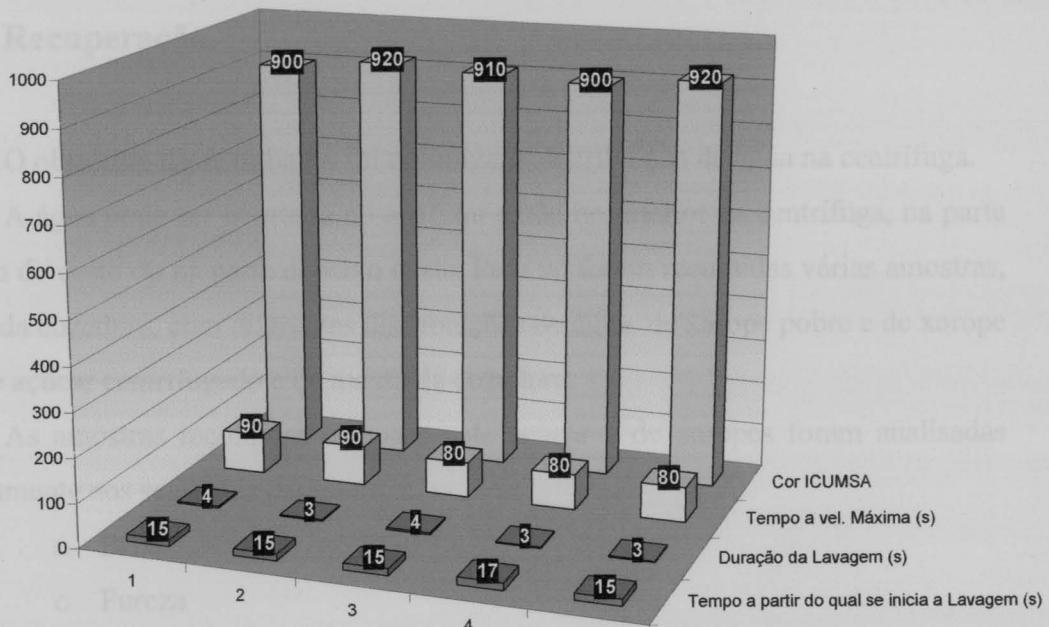


Figura 38: Parâmetros e resultados de operação para a centrífuga de afinação em 17-03-04.

Rama da Índia (18-03-04)

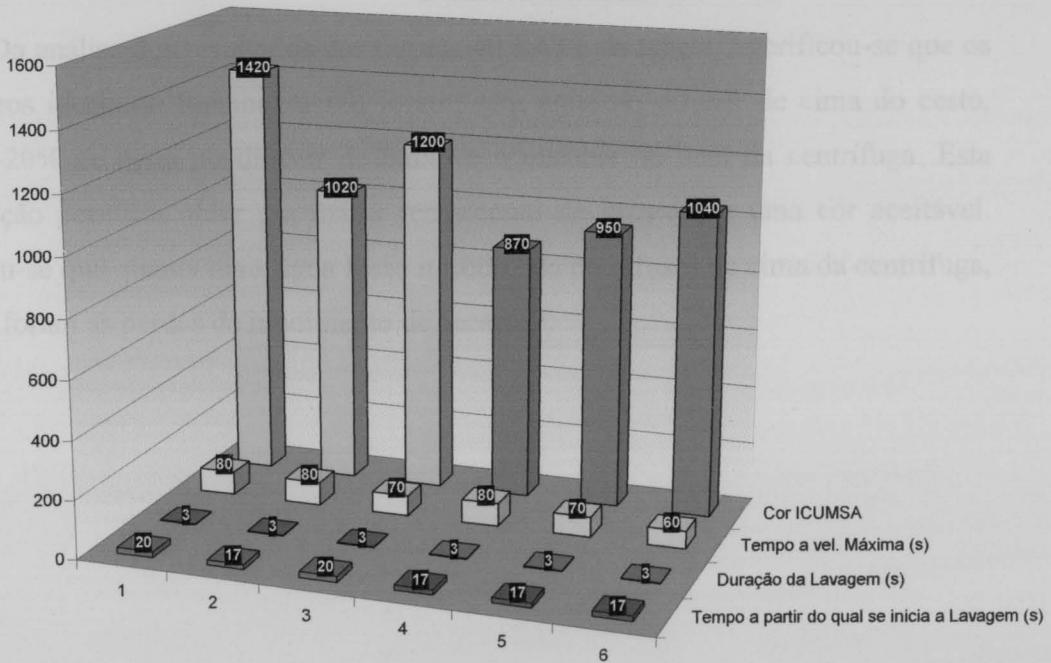


Figura 39: Parâmetros e resultados de operação para a centrífuga de afinação em 18-03-04 (amostras recolhidas às 11 horas; 1, 2, 3 e amostras recolhidas às 15 horas; 4, 5, 6).

- **Optimização da distribuição de água nas centrífugas da 1^a Recuperação.**

O objectivo deste trabalho foi optimizar a distribuição de água na centrífuga.

A água pode ser libertada no anel, ou então no interior da centrífuga, na parte de cima do cesto ou na parte debaixo deste. Para tal foram recolhidas várias amostras, para cada cozedura, com diferentes distribuições de água, de xarope pobre e de xarope rico, de açúcar centrifugado e de massa da cozedura.

As amostras recolhidas de massa, de açúcar e de xaropes foram analisadas relativamente aos seguintes parâmetros:

- Brix
- Pureza

Para as amostras de açúcares foram ainda determinadas as Cores.

Com base nos resultados dos brix e das purezas, efectuaram-se balanços materiais à centrífuga com o objectivo de obter o valor do rendimento em sacarose e em sólidos do processo. No anexo 7 encontra-se um exemplo de cálculo.

Da análise dos resultados das figuras 40 à 43 e da tabela 7 verificou-se que os parâmetros ideais de funcionamento foram; sem água no difusor de cima do cesto, com 15-20% de água no difusor de baixo e o restante no anel da centrífuga. Esta distribuição permitiu obter um maior rendimento de sacarose e uma cor aceitável. Verificou-se que quanta mais água fosse introduzida no difusor de cima da centrífuga, maiores foram as perdas de rendimento de sacarose.

Figura 41: Resultados obtidos para o açúcar e xaropes rico e pobre (25-01-01)

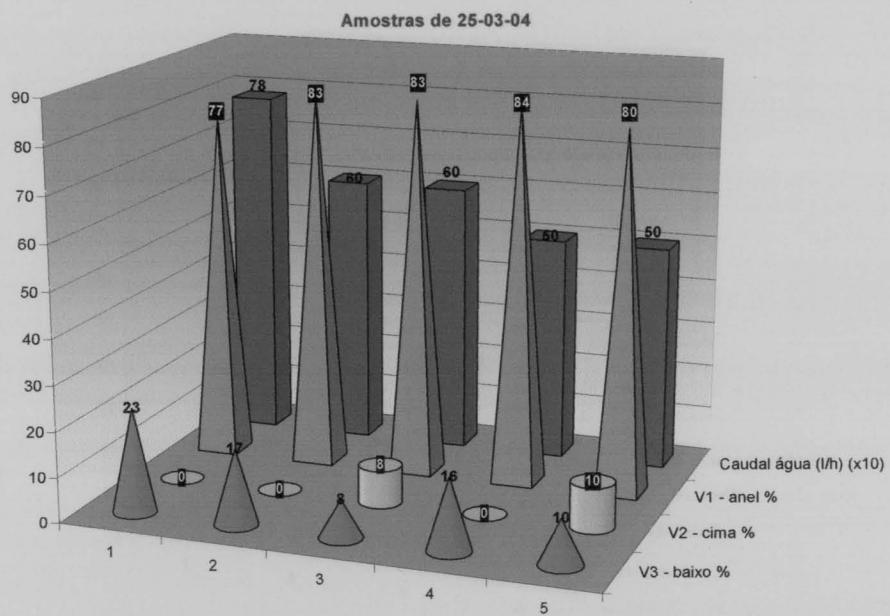


Figura 40: Caudal de água e distribuição desta (25-03-04).

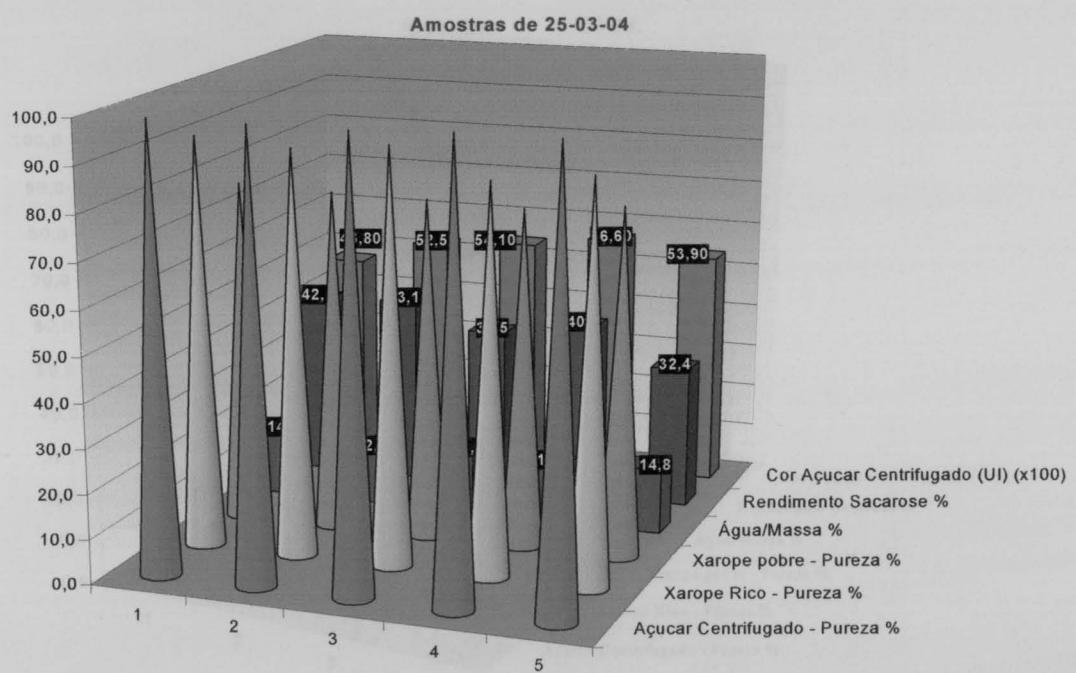


Figura 41: Resultados obtidos para o açúcar e xaropes rico e pobre (25-03-04).

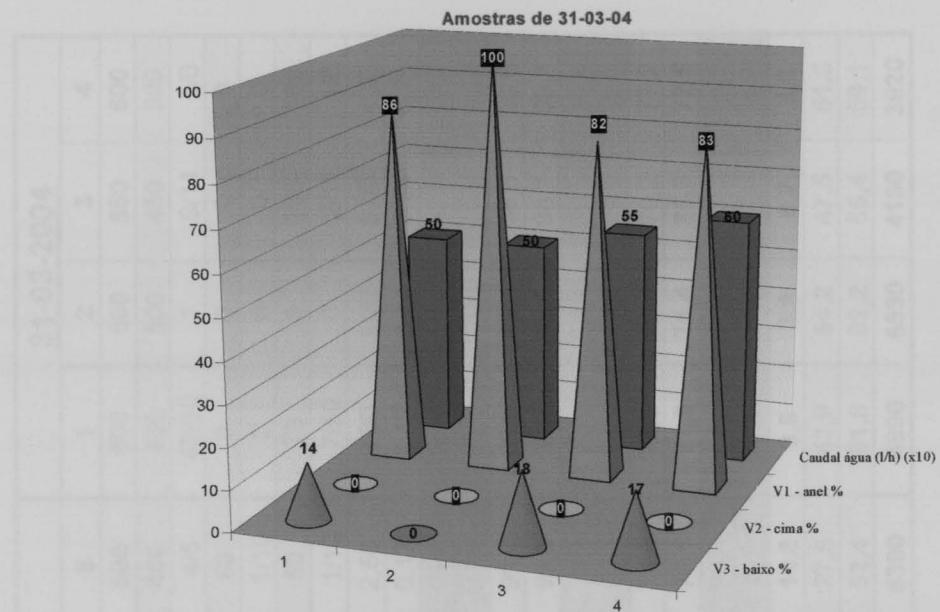


Figura 42: Caudal de água e distribuição desta (31-03-04).

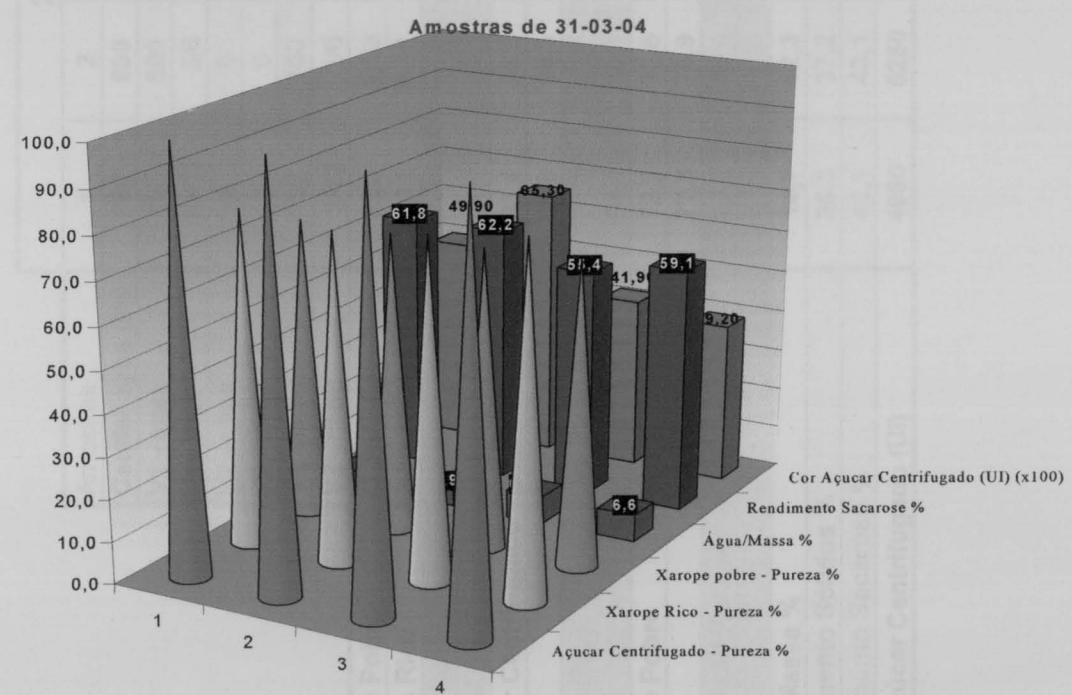


Figura 43: Resultados obtidos para o açúcar e xaropes rico e pobre (31-03-04).

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

Tabela 9: Resultados para a centrífuga de 1ªRecuperação.

	25-03-2004					31-03-2004			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Amostras									
Caudal água (l/h)	780	600	600	500	500	500	500	550	600
V1 - anel	600	500	500	420	400	430	500	450	500
V1 - anel	10/13	5/6	5/6	21/25	4/5	43/50	1	9/11	5/6
V2 - cima	0	0	50	0	50	0	0	0	0
V2 - cima	0	0	1/12	0	1/10	0	0	0	0
V3 - baixo	180	100	50	80	50	70	0	100	100
V3 - baixo	3/13	1/6	1/12	4/25	1/10	7/50	0	2/11	1/6
Xarope Pobre	Q (m³/h)	3,80	2,93	2,55	2,84	2,56	3,80	5,32	5,02
Xarope Rico	Q (m³/h)	0,11	0,11	0,17	0,10	0,17	0,17	0,14	0,24
Massa Cozida	Brix °	91,6	91,2	91,8	91,8	91,8	91,8	92,4	92,6
	Pureza %	85,5	85,4	84,5	84,5	84,5	86,7	86,6	84,5
Açúcar Centrifugado	Brix °	98,4	98,6	96,4	98,0	99,0	99,0	99,0	98,8
	Pureza %	99,0	99,0	98,9	99,8	99,8	99,5	99,3	98,7
Xarope Rico	Brix °	69,0	71,0	72,0	73,4	71,2	76,0	76,4	76,6
	Pureza %	91,7	90,3	92,3	86,4	88,7	79,5	77,7	79,9
Xarope Pobre	Brix °	72,2	73,6	74,8	74,2	74,8	78,8	79,4	78,2
	Pureza %	77,3	76,9	76,8	76,1	78,1	71,5	71,4	71,3
Relação de Xaropes	Pobre %	97,2	96,4	93,6	96,7	93,8	95,7	97,5	95,4
	Rico %	2,8	3,6	6,4	3,3	6,2	4,3	2,5	4,6
Água/Massa %		14,7	12,3	14,1	13,4	14,8	3,8	3,9	6,7
Rendimento Sólidos %		36,3	37,2	32,1	34,5	27,5	53,9	54,2	47,5
Rendimento Sacarose %		42,1	43,1	37,5	40,8	32,4	61,8	62,2	55,4
Cor Açúcar Centrifugado (UI)		4680	5250	5410	5660	5390	4990	6530	4190
									3920

CONCLUSÕES

1. *Procedimentos Operacionais (geral) - RAR - Direção de Operações, 2ª edição.*

Este estágio contribui, de forma significativa, para a aquisição de novos conhecimentos na área da Engenharia. Permitiu a aquisição de uma perspectiva da indústria, nomeadamente da indústria de refinação de açúcar e a consolidação de informação e de conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Química.

Abrangeu vários sectores da refinaria, o que permitiu ampliar e consolidar muita informação à cerca de várias operações e processos químicos. Foram desenvolvidos vários trabalhos com o intuito de optimizar o funcionamento de determinados sectores.

Permitiu ainda cativar a atenção para determinados problemas ambientais, bem como contactar com tecnologia de ponta.

2. *Carla M. P. G. Lopes, "Treatment of sugar Decolorizing Resin Regeneration Waste and Application" - Iberian Advances in Desalination 113 (1997), 143-152.*
3. *"Handbook of Water Treatment and Industrial Resin Process for color and salt Removal" - Marcel Dekker, New York, 1999.*
4. *"Ion-Exchange Membrane & Flexible Way to Electrolysis and Capacitor Electrolyte" - TEC 94 Meeting, Taipei.*
5. *Fernando Francisco Marques, Renan Theotonio, Célia, Stephanie, "Industrial Susto Brine Recovery by Nanofiltration from Ion-Exchange Decolorization"*

BIBLIOGRAFIA

- Neste anexo apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios de laboratório:
1. **Procedimentos Específicos (geral)** – RAR - Direcção de Operações, 2^a edição, 2001
 2. **Métodos de Análise** – RAR - Direcção de Operações, 4^a edição, 2002
 3. Oliver Lyle – “*Tecnology for sugar Refinery Workers*” - 3rd Editions, Chapman & Hall, 1970, Great-Britain – London
 4. Chung Chi Chou – “*Handbook of Sugar Refining – A manual for design and operation of sugar Refining Facilities*” – John Wiley & Sons, 2000, Canada
 5. “*Laboratory Evaluation of Granular Activated Carbon for Liquid Phase Applications*” – Chemviron Carbon
 6. Cartier, S.; Theoleyre, M.A.; Decloux, M.; “*Treatment of Sugar Decolorizing Resin Regeneration Waste using nanofiltration*” – Elsevier Science - Desalination 113 (1997); 7-17
 7. “*Handbook of Sugar Refining – Ion-Exchange Resin Process for color and ash Removal*” – Chapter 10 - 1st Edition
 8. “*Ion-Exchange Decolorization: A Flexible Way to Modernization and Capacity Extension*” – 2001 – Sit Meeting, Taipei
 9. Verhaeghe, Francois; Malgoyre, Ronan; Theoleyre, M.A.; Cartier, Stephanie; “*Industrial Scale Brine Recovery by Nanofiltration from Ion-Exchange Decolorization*”

Figura 45: Caracterização do Sistema I – Ciclo n°1903797 da retentor de permuta iônica relativamente à Condutividade.

ANEXO I - Sistema I

Neste anexo apresentamos os resultados obtidos para o ensaio 24 mais detalhadamente.

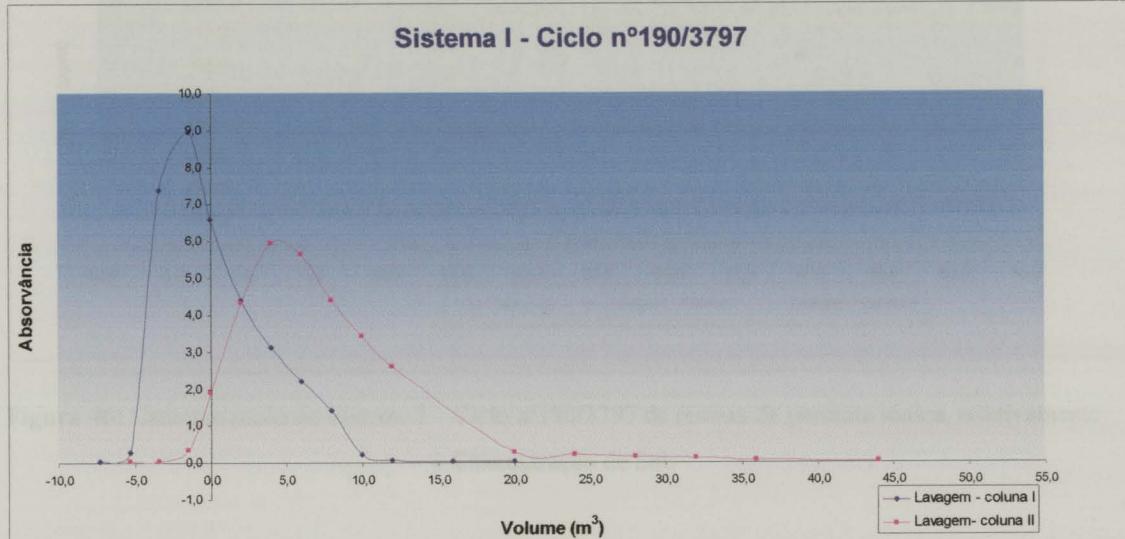


Figura 44: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância.

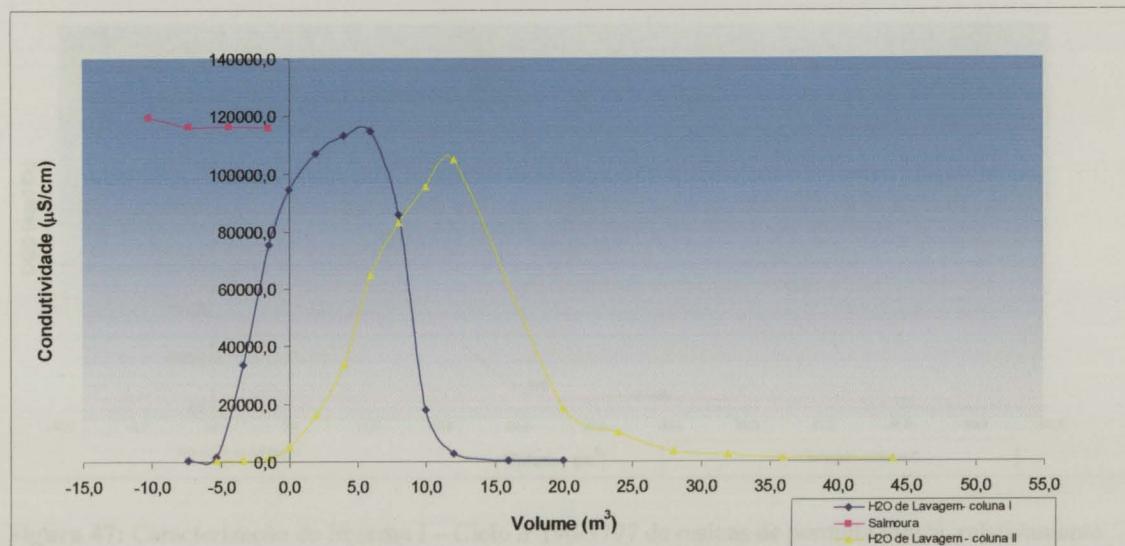


Figura 45: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permuta iônica, relativamente à Condutividade.

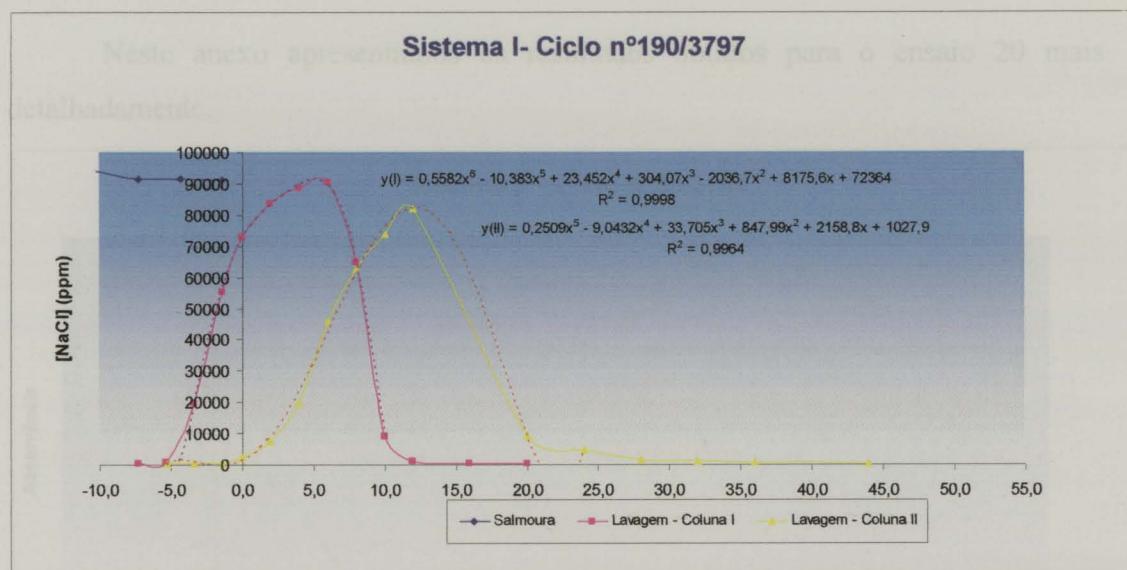


Figura 46: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permuta iônica, relativamente à Concentração de Sal.

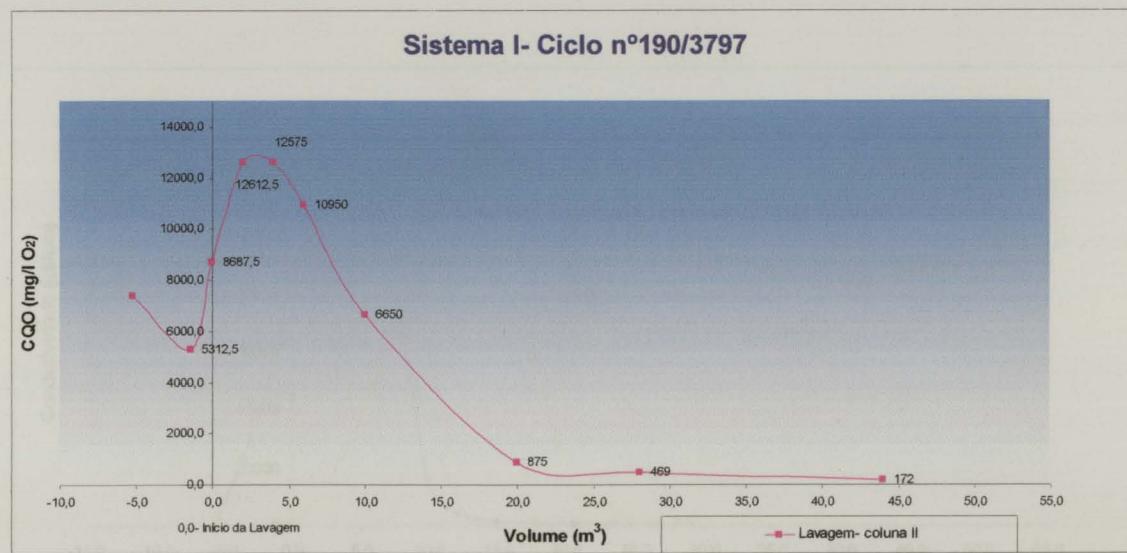


Figura 47: Caracterização do Sistema I – Ciclo nº190/3797 de resinas de permuta iônica, relativamente ao CQO.

ANEXO II - Sistema II

Neste anexo apresentamos os resultados obtidos para o ensaio 20 mais detalhadamente.

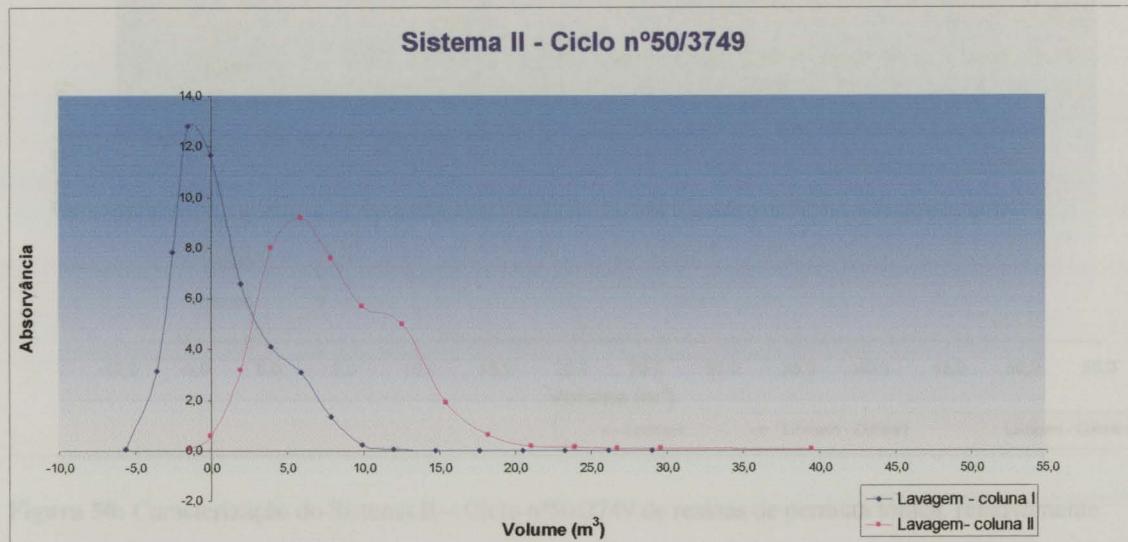


Figura 48: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância.

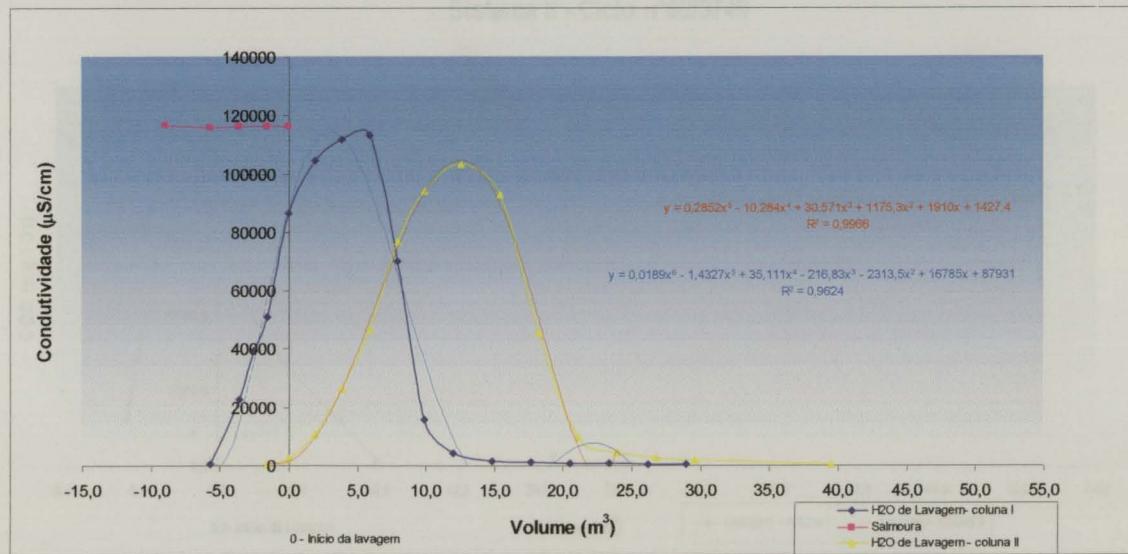


Figura 49: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente à Condutividade.

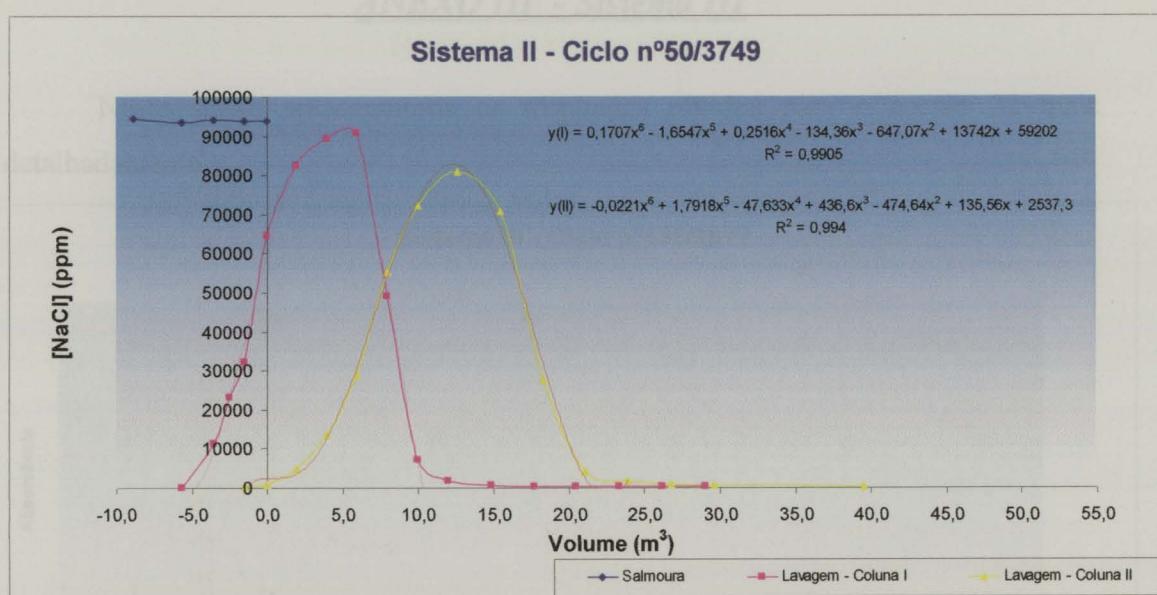


Figura 50: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente à concentração de sal.

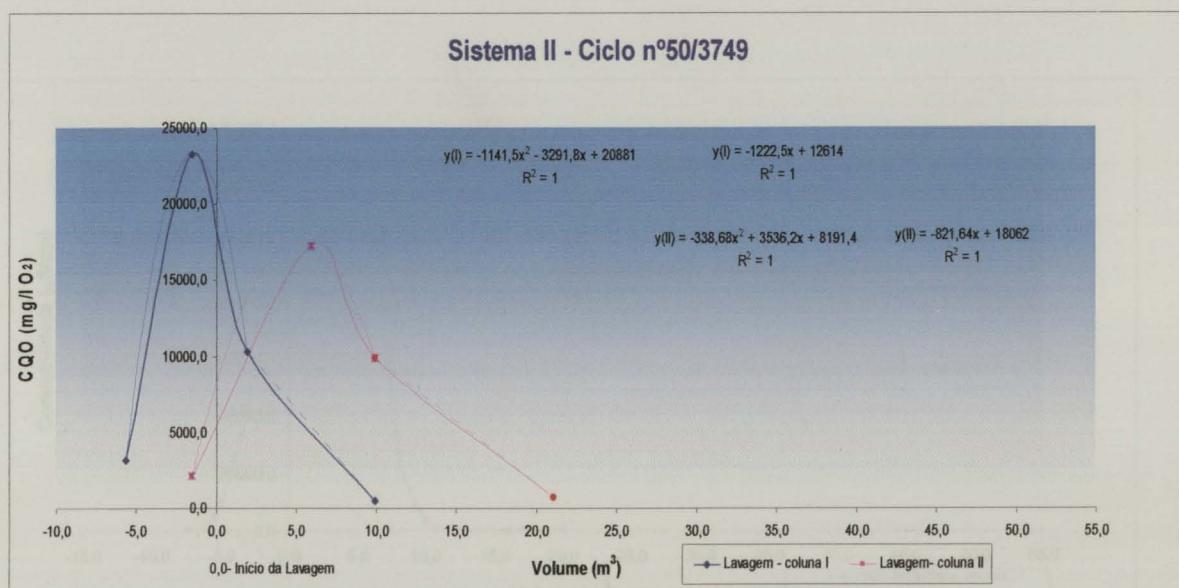


Figura 51: Caracterização do Sistema II – Ciclo nº50/3749 de resinas de permuta iônica, relativamente ao CQO.

ANEXO III - Sistema III

Neste anexo apresentamos os resultados obtidos para o ensaio 22 mais detalhadamente.

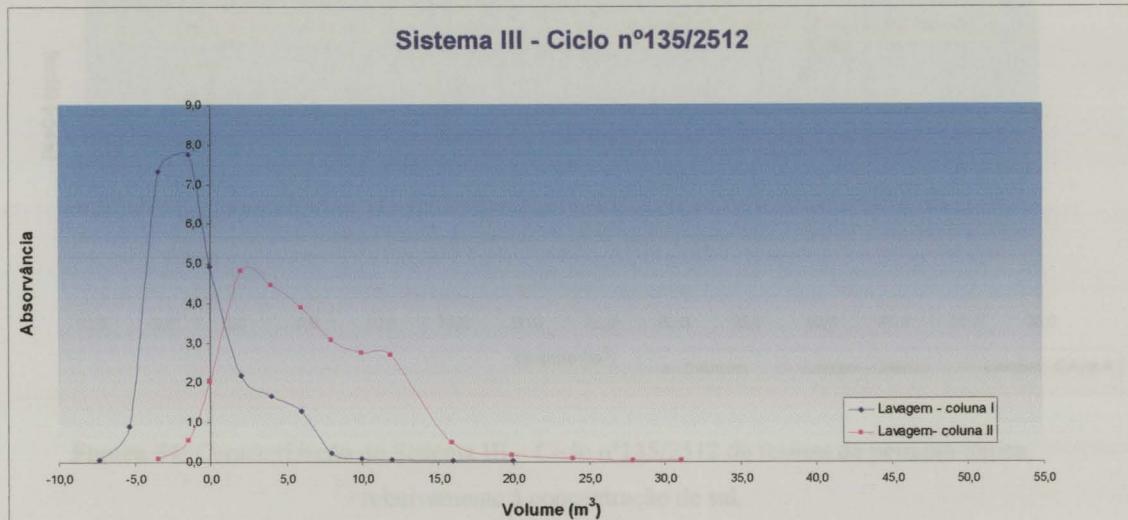


Figura 52: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente à absorvância.

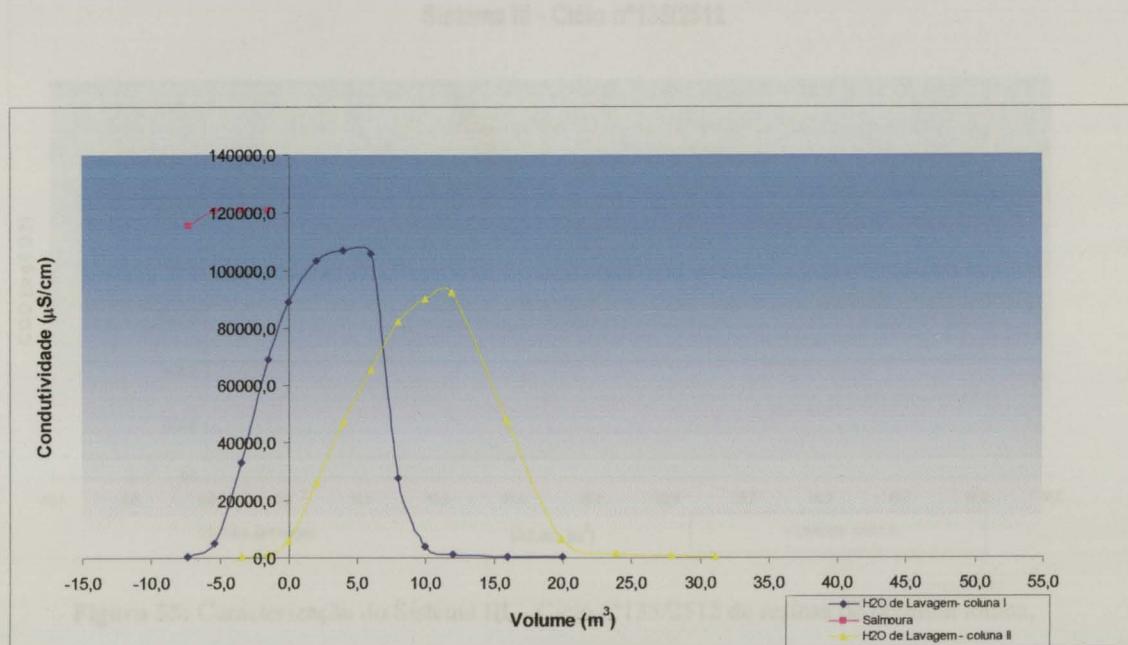


Figura 53: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente à Condutividade.

Sistema III - Ciclo nº135/2512

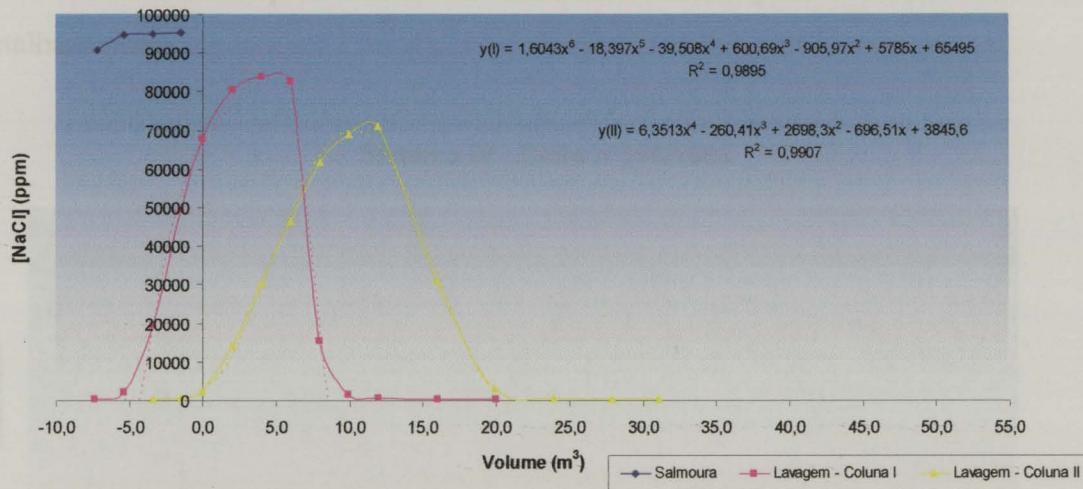


Figura 54: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente à concentração de sal.

Sistema III - Ciclo nº135/2512

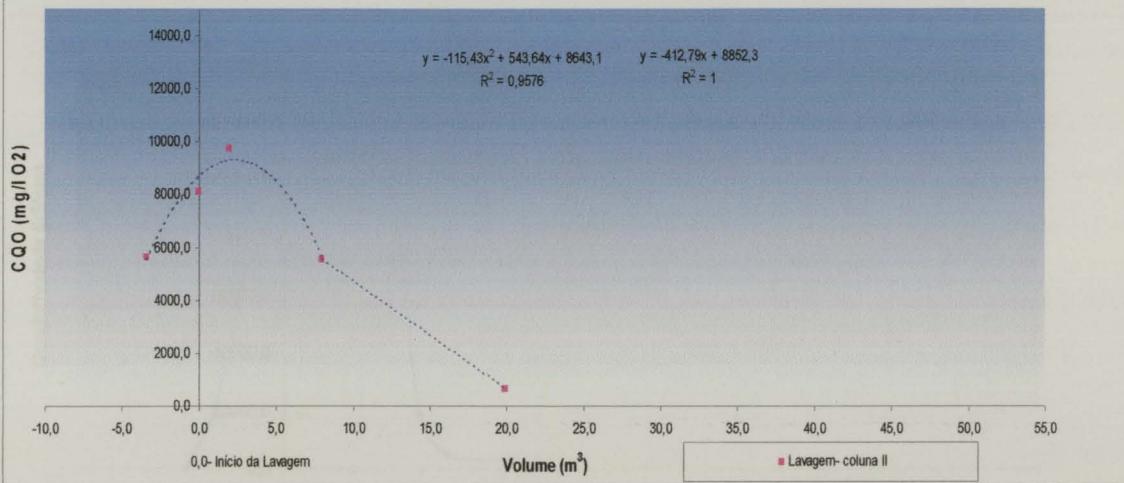


Figura 55: Caracterização do Sistema III – Ciclo nº135/2512 de resinas de permuta iônica, relativamente ao CQO.

ANEXO IV - Sistema IV

Neste anexo apresentamos os resultados obtidos para o ensaio 23 mais detalhadamente.

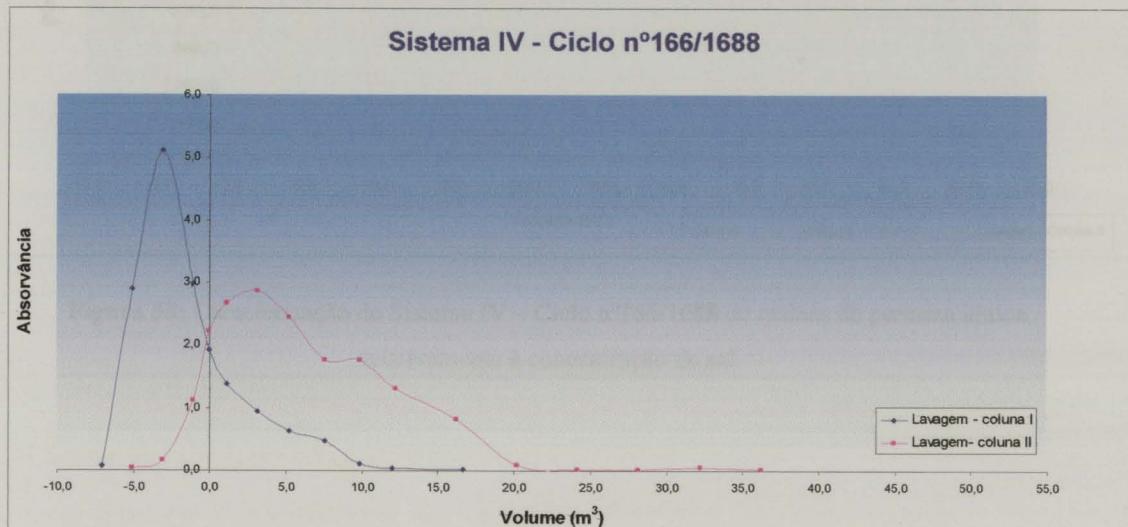


Figura 56: Caracterização do Sistema IV – Ciclo nº166/1688 de resinas de permute iônica, relativamente à absorvância.

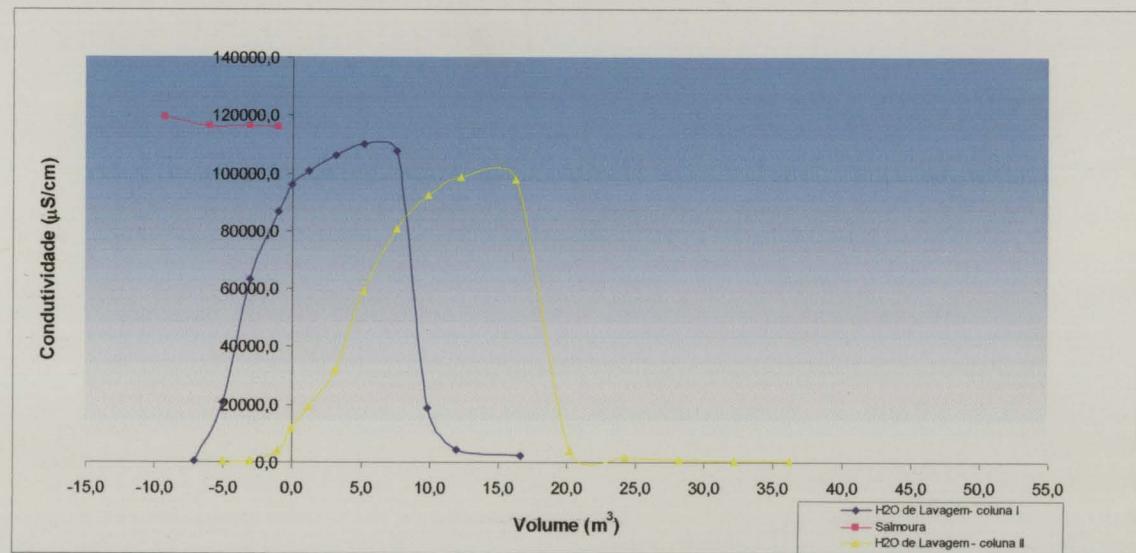


Figura 57: Caracterização do Sistema IV – Ciclo nº166/1688 de resinas de permute iônica, relativamente à condutividade.

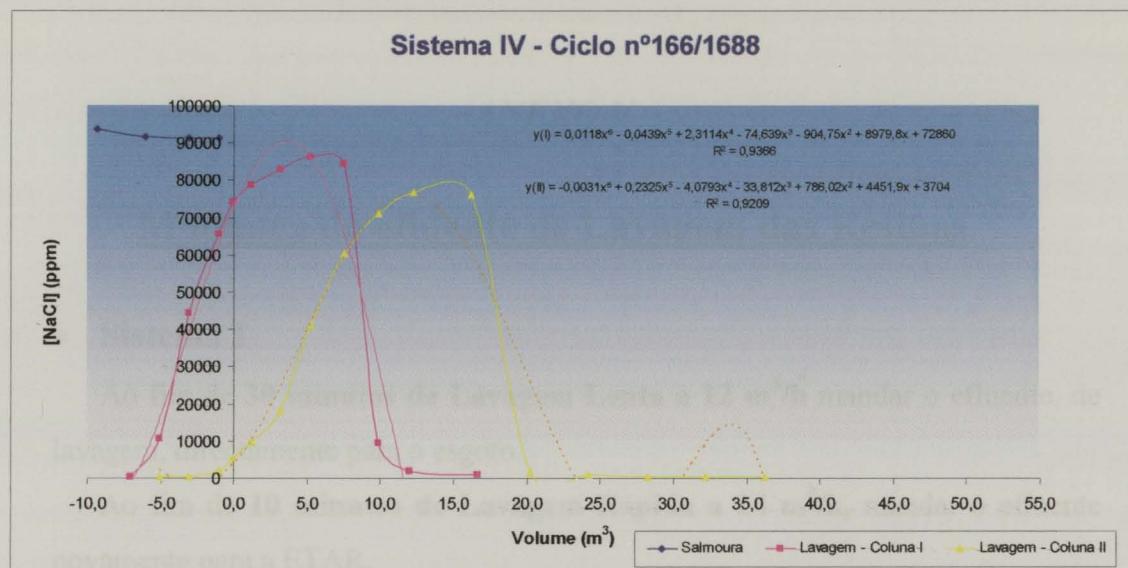


Figura 58: Caracterização do Sistema IV – Ciclo nº166/1688 de resinas de permuta iônica, relativamente à concentração de sal.

Após os 12 minutos de Lavagem Lenta a 12 m^3/h , mandar o efluente de lavagem, direcionando para o reator.

Ao fim de 12 minutos de Lavagem Lenta a 12 m^3/h , mandar o efluente novamente para a ETAR.

* Sistema IV

Ao fim de 30 minutos de Lavagem Lenta a 12 m^3/h mandar o efluente de lavagem, direcionando para o reator.

Ao fim de 15 minutos de Lavagem Rápida a 24 m^3/h , mandar o efluente novamente para a ETAR.

* Sistema IV

Ao fim de 20 minutos de Lavagem Lenta a 12 m^3/h mandar o efluente de lavagem, direcionando para o reator.

Ao fim de 3 minutos de Lavagem Rápida a 24 m^3/h , mandar o efluente novamente para a ETAR.

Os tempos de residência da direção do efluente devem ser respeitados no processo.

ANEXO V

Mudança do efluente de Lavagem das Resinas

• **Sistema I**

Ao fim de **30 minutos de Lavagem Lenta a 12 m³/h** mandar o efluente, de lavagem, directamente para o esgoto.

Ao fim de **10 minutos de Lavagem Rápida a 24 m³/h**, mandar o efluente novamente para a ETAR.

• **Sistema II**

Ao fim de **35 minutos de Lavagem Lenta a 12 m³/h** mandar o efluente, de lavagem, directamente para o esgoto.

Ao fim de **12 minutos de Lavagem Rápida a 24 m³/h**, mandar o efluente novamente para a ETAR.

• **Sistema III**

Ao fim de **30 minutos de Lavagem Lenta a 12 m³/h** mandar o efluente, de lavagem, directamente para o esgoto.

Ao fim de **10 minutos de Lavagem Rápida a 24 m³/h**, mandar o efluente novamente para a ETAR.

• **Sistema IV**

Ao fim de **20 minutos de Lavagem Lenta a 12 m³/h** mandar o efluente, de lavagem, directamente para o esgoto.

Ao fim de **5 minutos de Lavagem Rápida a 24 m³/h**, mandar o efluente novamente para a ETAR.

Os tempos de mudança da direcção do efluente devem ser respeitados ao máximo.

ANEXO VI

Sistema III - Ciclo nº147/2524

26-02-2004

		Início/Fim	Caudal (m^3/h) ⁽¹⁾	Duração (min.) ⁽¹⁾	Amostra	Hora
Regeneração a Alta Densidade ($[NaCl]=122,11Kg/m^3$)		13:30 / 15:15	6	120	1	14:30
					2	14:50
					3	15:10
					4	15:20 ⁽³⁾
					5	15:30
					6	15:40
					7	15:50
					8	16:00
					9	16:10
Lavagem Final - com água	Lavagem Lenta	15:15 / 16:15	12	60	10	16:25 ⁽⁴⁾
	Lavagem Rápida	16:15 /17:30	24	(2)	11	16:35
					12	16:45
					13	17:00
					14	17:15
					15	17:30

(1) - Valores de acordo com as instruções de trabalho.

(2) - Duração Variável até que a concentração de cloretos seja ≤ 200 ppm.

(3) - Início da Lavagem Lenta às 15:15, mas a amostra foi recolhida às 15:20.

(4) - Início da Lavagem Rápida às 16:15, mas a amostra foi recolhida às 16:25.

Nota: O Sistema das colunas comporta cerca de 14 m^3 de líquido, ou seja, às 15:15 iniciou-se a Lavagem Lenta com água, mas o sistema ainda estava praticamente cheio com salmoura.

ANEXO VII

Ensaio 2

31-03-2004

Entrada

Caudal água	500	l/h
--------------------	-----	-----

Distribuição de caudais		
V1 - anel	500	1
V2 - cima	0	0
V3 - baixo	0	0

Saída

Xarope Pobre		
Volume	3,5	l
Tempo	2,37	s
Q	1,48	l/s
Q	5,32	m ³ /h

Xarope Rico		
Volume	1,2	l
Tempo	31,94	s
Q	0,04	l/s
Q	0,14	m ³ /h

Massa Cozida	Brix	92,4	°Brix
	Pureza	86,62	%
Açúcar Centrifugado	Brix	99	°Brix
	Pureza	99,30	%
Xarope Rico	Brix	76,4	°Brix
	Pureza	77,69	%
Xarope Pobre	Brix	79,4	°Brix
	Pureza	71,44	%
Relação de Xaropes	Pobre	97,52	%
	Rico	2,48	%

Relatório de Estágio – RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.

	Xp	Xr	Aç	Água		
Total	1	1	1	-1	100	
Matéria seca	0,794	0,764	0,99	0	92,4	
Sacarose	0,567	0,594	0,983	0	80,034	
Relação de Xaropes	1	-39,307	0	0	0	

A-1

0	4,405	-4,436	0,0186	52,001	Xp
0	0,112	-0,113	-0,0250	1,323	Xr
0	-2,609	3,645	0,00432	50,606	Aç
-1	1,908	-0,904	-0,00201	3,931	Água

M. Sólidos – Açúcar	50,10	
M. Sólidos – Massa	92,40	
Rendimento Sólidos	54,22	%

M. Sacarose - Açúcar	49,75	
M. Sacarose - Massa	80,03	
Rendimento Sacarose	62,16	%

Cor Açúcar Centrifugado **6530** UI

Berta Estevinho





0000091331