

EVOLUÇÃO DA USINA DE ÓLEO LEVE NOS 25 ANOS DE OPERAÇÃO (1).

José Carlos Nora (2)

Takashi Morimoto (3)

Murilo Teixeira (3)

RESUMO

Apresenta-se o histórico dos 25 anos de operação da Usina de Óleo Leve da USIMINAS, sua evolução com a entrada em operação da planta nº2, as melhorias implantadas e os ganhos obtidos em termos de produção, qualidade, controle de poluição e custo.

---

(1) Contribuição Técnica ao I Encontro de Carboquímica (COQUIM) ABM, agosto/88 - Vitória - ES.

(2) Membro da ABM, Engenheiro Químico, Chefe da Seção de Produtos Químicos - USIMINAS - Ipatinga - MG.

(3) Membro da ABM, Técnico Metalurgista de Produtos Carboquímicos da Unidade de Metalurgia do Gusa - USIMINAS - Ipatinga - MG.

## 1. INTRODUÇÃO

A Usina de Óleo Leve da USIMINAS é responsável pelo tratamento final do gás de coqueria (COG) e absorção, recuperação e fracionamento do óleo leve (BTX) contido no mesmo.

Em outubro de 1962, entrou em operação a Unidade nº 1 simultaneamente com a bateria de coque nº 1 que foi o marco inaugural da Usina Intendente Câmara.

A Usina de Óleo Leve foi adaptada para tratamento de todo o gás gerado a medida que foram sendo implantadas as novas baterias de coque, bem como, refinar o óleo leve produzido, obtendo produtos com qualidade compatível com o mercado consumidor.

Neste trabalho, apresenta-se de forma sintética, todas as etapas percorridas pelas unidades da Usina de Óleo Leve, enfatizando a produção, qualidade, melhorias introduzidas, controle de poluição e redução de custo nestes 25 anos de operação.

## 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Usina de Óleo Leve da USIMINAS tem dupla finalidade:

- retirar impurezas do gás de coqueria, estabilizando o seu poder calorífico, de modo a adequá-lo como combustível para as diversas unidades consumidoras da Usina;
- refinar o óleo leve gerado, obtendo-se benzeno, tolueno e xileno.

A unidade de absorção e recuperação, inicialmente dimensionada para tratar 30.000 Nm<sup>3</sup>/h de COG, sofreu a primeira expansão em 1974 juntamente com a entrada em operação da bateria de coque nº 3, quando sua capacidade foi ampliada para 60.000 Nm<sup>3</sup>/h. Entretanto, na refinaria não houve expansão porque sua capacidade atendia ao incremento advindo desta maior geração de óleo leve.

Em agosto de 1979, em conformidade com o plano de expansão da USIMINAS para 3,5 Mt/ano de aço, deu-se partida na planta de óleo leve nº 2. Esta unidade é composta pela unidade de absorção e recuperação de óleo leve nº 3 com a capacidade de 32.000 Nm<sup>3</sup>/h e pela refinaria de óleo leve nº 2, com a capacidade de 70t/dia suficiente para tratar toda matéria-prima gerada. O processo empregado é o de lavagem ácida contínuo, que decorrente da sua condi-

ção de pioneiro no mundo apresentou falhas de projeto provocando desgaste prematuro dos equipamentos, obstruções, consumo elevado de insumos, poluição e geração de produtos fora de especificação. Após estudos e implantação de melhorias foi possível contornar estes problemas.

Com objetivo de minimizar poluição estão em fase de implantação as seguintes melhorias: destilador de amônia das águas residuais das coquerias e produtos químicos, depurador das águas de processo utilizadas na Usina de Óleo Leve, queima da fração anterior no forno da unidade de absorção e recuperação nº3 (FU-151) e neutralização do resíduo ácido com calcário.

### 3. ABSORÇÃO DE ÓLEO LEVE DO COG E RENDIMENTO SOBRE CARVÃO CARREGADO.

O processo de absorção e recuperação de óleo leve do gás de coqueria, consiste na sua limpeza com água e óleo absorvedor. No dia 02 de outubro de 1962 entrou em funcionamento a unidade nº1 composta de 3 torres para lavagem e resfriamento e 3 torres de absorção do óleo leve. Este sistema foi dimensionado para tratar inclusive o gás produzido pela bateria de coque nº2, a qual entrou em operação no dia 12 de setembro de 1965. Sua capacidade é de 30.000 Nm<sup>3</sup>/h de COG.

Em 1974, com a implantação da bateria de coque nº3, foi instalada a unidade de absorção e recuperação de óleo leve nº2 com capacidade de tratamento de 30.000 Nm<sup>3</sup>/h de COG.

Em 1979, com a entrada em operação da bateria de coque nº4, foi instalada a unidade de absorção nº3 para tratar o gás por ela gerado com capacidade de 32.000 Nm<sup>3</sup>/h. Neste caso, um sistema mais moderno foi colocado em operação, onde as colunas de refrigeração passaram a ter funções distintas:

- a primeira torre passou a trabalhar com água aquecida à aproximadamente 45 °C, sendo que a água usada na lavagem do gás passou a ser recirculada;
- a segunda torre, tem a finalidade de absorver o naftaleno do gás com óleo absorvedor;
- e na terceira torre o gás é resfriado a 30 °C.

O sistema de absorção de óleo leve compõe-se de duas colunas, as quais possuem seis seções distintas equipadas com bicos para

aspersão do óleo no gás.

Com a implantação desta unidade foi bastante minimizada a geração de poluição provocada pela lavagem do gás. Por este motivo, após estudos de viabilidade, nas unidades 1 e 2, adaptou-se as segundas torres de lavagem do gás para absorção do naftaleno em setembro de 1981 e em janeiro de 1984 respectivamente.

A recuperação do naftaleno, tem significado relevante em termos de poluentes. Tomando-se como parâmetro dados teóricos, pode-se afirmar que o COG contém aproximadamente  $0,7 \text{ gNF/Nm}^3$ . Deste modo, para os níveis atuais de produção, cerca de 1,3 t de naftaleno passaram a ser recuperados diariamente. O aproveitamento deste naftaleno, pode ser constatado através da elevação significativa da produção do óleo leve residual nº1 após a implantação destes sistemas, ( figura 1 ).

Na USIMINAS, visando adequar a qualidade e produção de coque às necessidades dos altos fornos, foi reduzida a matéria volátil das misturas nestes vinte e cinco anos de operação, (figura 2). Consequentemente, a tendência do rendimento do óleo leve sobre carvão carregado também foi de declínio. Em 1986, após estudos preliminares de acompanhamento do desempenho dos sistemas de recuperação de óleo leve, foi observado que esta tendência de redução, estava acima da expectativa (figura 3). Este problema foi contornado com as seguintes providências:

- aumento da temperatura do óleo absorvedor para as torres de destilação de 180 para 190 °C;
- e elevação da relação vapor estripante sobre vazão de óleo absorvedor das unidades 1 e 2 de 0,7 a 0,8 para 1,0 a 1,1  $\text{kg/m}^3$  e na unidade 3 de 0,6 a 0,7 para 1,0 1,1  $\text{kg/m}^3$ .

O acerto destas medidas fica evidenciadas através do aumento significativo da produção e rendimento de óleo leve em relação ao carvão carregado a partir de 1986, (figuras 3 e 4).

#### 4. UNIDADE DE REFINAÇÃO DO BTX

Nas usinas siderúrgicas integradas o óleo leve contido no gás de coqueria pode ter uma das seguintes aplicações:

- como combustível industrial na própria siderúrgica;
- comercialização como matéria prima, para indústrias químicas;

- fracionado em seus diversos componentes e comercializados, para aplicações industriais em síntese orgânica, solvente, etc.

Na USIMINAS, optou-se pela última alternativa tendo em vista o alto valor comercial dos produtos obtidos com a refinação do BTX.

#### 4.1 Unidade de Refinação de BTX nº1

A unidade de refinação nº1, foi projetada com capacidade nominal para tratar 25 t/dia de BTX e os produtos obtidos eram a fração anterior, benzol nitração, toluol industrial e xilol industrial, ( figura 5 ).

O processo empregado nesta planta era caracterizado pela lavagem ácida do benzeno cru em bateladas. Sua performance foi altamente positiva durante o período que esteve em funcionamento, destacando-se os seguintes aspectos:

- produtos obtidos conforme especificações internacionais;
- reduzido nível de poluição ambiental;
- baixo custo operacional;
- e excelentes índices de segurança.

Esta unidade foi desativada em 1980 devido necessidade de produtos mais nobre pelo mercado e instrumentação em fim de vida útil e obsoleta.

#### 4.2 Unidade de Refinação de BTX nº2

Dentro do cronograma de expansão para produção de 3,5 Mt/ ano de aço da USIMINAS, iniciou-se estudos preliminares visando adequar a Usina de Óleo Leve para atender as novas necessidades de produção e qualidade para o mercado consumidor.

Existiam duas opções para a planta de refinação envolvendo processos distintos:

- Processo de Hidrogenação;
- Processo de Lavagem Ácida Contínuo.

Ambos apresentam vantagens e desvantagens, as quais podem ser destacadas, no tabela nº1.

TABELA Nº 1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS PROCESSOS DE HIDROGENAÇÃO E LAVAGEM ÁCIDA DE ÓLEO LEVE.

HIDROGENAÇÃO		LAVAGEM ÁCIDA	
VANTAGENS	DESVANTAGENS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
1. produtos de alta qualidade.	1. processo mais complexo.	1. custo de investimento e operacional menor.	1. alta geração de resíduo ácido.
2. não gera resíduos do processo.	2. elevada pressão de trabalho ( mínimo 60 kg/cm <sup>2</sup> ).	2. produtos de alta qualidade.	2. inexistência de planta com esta tecnologia em operação.
3. perdas insignificantes.	3. alto investimento.	3. pressão reduzida de trabalho ( máximo de 4 kg/cm <sup>2</sup> ).	3. baixo rendimento.
	4. rentabilidade para planta com capacidade mínima de 120 t/dia.		

Diante destas alternativas, a USIMINAS optou pelo Processo de Lavagem Ácida Contínuo e em agosto de 1979 foi dada a partida na planta. Deve-se ressaltar que a planta em questão não tinha similar em operação no mundo e por este motivo não existiam dados concretos sobre o seu desempenho.

Durante a fase inicial de operação ocorreram diversas anomalias que prejudicaram sensivelmente a performance operacional desta unidade; as principais foram as seguintes:

- funcionamento irregular do lavador contínuo;
- deposição de material em trocadores de calor e bandejas das torres;
  - deficiência na remoção de enxofre livre do BTX lavado;
  - corrosão acentuada nas bandejas das torres, trocadores de calor, resfriadores, tubulações e bombas;
  - elevada geração de resíduo e conseqüentemente baixo rendimento;
  - forte poluição pela formação de emulsão em conseqüência de deficiência no controlador de vazão de ácido;
  - consumo em excesso de insumos ( NaOH e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ).

Em decorrência destes problemas, e devido a dificuldade de estabilizar as condições operacionais da planta, tomou-se as seguintes providências:

- suprimido um reator de lavagem com água e acrescentado um reator neutralizador com hidróxido de sódio;
- aumentado a pressão de trabalho do lavador;
- e acrescentado à planta um sistema de neutralização com solução de NaOH à quente para eliminar o enxofre livre gerado durante o tratamento do BTX.

Após a implantação destas providências em 04 de fevereiro de 1982, foi dada a segunda partida da planta de refinação de óleo leve, sendo considerado satisfatório seu funcionamento e entregue a USIMINAS pelo consórcio fornecedor.

Com o objetivo de otimizar a performance da refinaria foram implantadas as seguintes melhorias:

- Modificação no fluxo operacional do sistema de lavagem do benzeno puro.

Para evitar corrosão nos equipamentos, foi alterado o fluxo de injeção de NaOH deste sistema sem prejuízo para a sua operação, sanando definitivamente o problema. Nas figuras 6 e 7 são mostrados os dois fluxos.

- Substituição do hidróxido de sódio por hidróxido de amônio (1) e (2).

Dentro do projeto de minimizar custos operacionais, estudos foram desenvolvidos para substituir parcialmente o hidróxido de sódio por hidróxido de amônio, produto disponível na USIMINAS.

Tecnicamente ficou evidenciada a sua viabilidade, entretanto, houve dificuldade no processo de preparação da solução de hidróxido de amônio em virtude da alta pressão da mesma nos tanques de estocagem na Usina de Amônia Anidra.

Posteriormente, este problema foi contornado e a partir de março de 1986 foi definitivamente implantado proporcionando os seguintes benefícios:

- Redução do consumo de hidróxido de sódio de 300 para 25t/ano;
- 93% da amônia consumida foi de produto recuperado, contribuindo para a redução da poluição atmosférica;

. Este processo foi motivo de pedido de depósito de patente no INPI, sob título: Instalação e Processo para Preparar Solução de  $\text{NH}_4\text{OH}$ <sup>(3)</sup> e nº PI 08606211.

**- Redução de pressão nas torres de fracionamento.**

O projeto original da planta de refinação de óleo leve nº2, foi concebido tendo em vista a produção de benzeno alta pureza (HPB) produto mais nobre que o benzeno nitração (BN) produzido na planta nº1. Por isso a condição de operação nas torres de fracionamento previa pressão em torno de  $4 \text{ kg/cm}^2$ .

Analisando a qualidade da matéria prima, chegou-se a conclusão que seria possível trabalhar com menor pressão nas torres de destilação. Por este motivo, a partir de janeiro de 1986, esta foi reduzida gradativamente até o nível de 1 a  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  nas diversas torres. Deste modo, conseguiu-se uma redução de 37% no consumo de calor, minimizando custo e proporcionando maior disponibilidade de combustível na usina.

**- Adaptação de bombas dosadoras para ácido sulfúrico**

Desde a implantação da unidade de refinação nº2, um dos itens que mais preocuparam foi o elevado consumo de ácido sulfúrico.

O consumo de ácido em excesso, tinha como consequência uma eleva da geração de resíduo, e perda de óleo. Estes problemas eram ocasiona dos pelo seu mau funcionamento dos controladores de vazão por deposi ção de resíduo e corrosão nas placas de orifício.

Visando reduzir a perda de óleo, a partir de 1983 foi iniciada a sua recuperação manualmente.

Para solucionar definitivamente estes problemas, em novembro de 1986, os controladores de vazão foram substituídos por bombas dosado ras. Com esta melhoria, o consumo de ácido sobre produtos acabados foi reduzido de 20 para 10% e a perda de óleo reduziu acentuadamen te. Em julho de 1986, foi instalado um sistema automático de separa ção do óleo do resíduo. As figuras 08 e 09 fornecem os ganhos obti dos com a implantação destas melhorias.

## 5. QUALIDADE DOS PRODUTOS E PRODUÇÃO

Os produtos da planta de refinação de óleo leve nº1 em termos de qualidade sempre atenderam as especificações. Nesta unidade obti nham-se os seguintes produtos.

Benzeno Grau 60	B60
Benzeno Grau Nitração	BN

Fração Anterior	FA
Tolueno Industrial	TI
Xileno Industrial	XI
Óleo Residual nº1	RO-1

Com a entrada em operação da unidade nº2 a partir de agosto de 1979, além destes produtos teve início a geração do benzeno de alta pureza de acordo com a norma ASTM-D-2359/79, em que o tiofeno deve ser  $\leq 1$  ppm.

Em 1985, embora não especificado, os consumidores de benzeno alta pureza, que o utilizam em síntese orgânica, solicitaram a redução no teor de enxofre de 130 para 2,0 ppm. Após estudos<sup>(4)</sup> desenvolvidos, em janeiro de 1986, passou-se a extrair em torno de 60 l/h de benzeno solvente no topo da torre de benzeno, conseguindo desta forma atender os clientes.

Quanto a pureza do HPB, tem-se conseguido teor acima do padrão de produto para análise (P.A.), que é de 99,5%. Em fevereiro de 1988 à média foi de 99,9%.

Na Usina de Óleo Leve o único produto que não é comercializado normalmente é a fração anterior. Por este motivo, está sendo implantado um sistema para seu aproveitamento como combustível no forno FU-151.

Durante os 25 anos de operação da Usina de Óleo Leve a produção de derivados evoluíram conforme mostra a figura 10. O aumento da produção se deve a:

- Maior geração de matéria prima a medida em que novas baterias foram implantadas.
- Boa aceitação dos produtos pelo mercado em função de sua qualidade.
- Melhorias e novos procedimentos operacionais introduzidos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A Usina de Óleo Leve tem desempenhado eficientemente ao longo destes 25 anos de operação a sua função principal, que é a limpeza do gás de coqueria pelas unidades de absorção e recuperação.

Para as unidades de refinação do BTX destaca-se:

- A unidade nº1, onde os produtos acabados sempre foram produzidos conforme especificações internacionais.
- A unidade nº2, que embora durante a fase inicial tenha apre-

sentado diversas anormalidades devido ao seu pioneirismo, a partir de fevereiro de 1982 passou a ser operada regularmente. Sua performance melhorou significativamente após introdução das seguintes melhorias :

.Substituição do hidróxido de sódio por hidróxido de amônio, diminuindo seu consumo em 275 t/ano;

.Redução na pressão das torres de destilação, gerando uma economia de 37% do gás de coqueria utilizado como combustível, (aproximadamente 1.536.000 Nm<sup>3</sup>/ano );

. Substituição dos controladores de vazão de ácido sulfúrico por bombas dosadoras e adaptação de separadores de óleo do resíduo ácido, proporcionando um aumento no rendimento em produtos acabados de 8%, (em torno de 1.700 t/ano) e redução no consumo de ácido sulfúrico de 1.300 t/ano. Consequentemente, a geração de poluentes foi diminuída em aproximadamente 3.000 t/ano.

- No aspecto segurança, deve-se destacar que apesar da Usina de Óleo Leve ser uma área de alto risco devido a inflamabilidade de seus produtos, não foi registrado nenhum acidente grave na área.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Moraes, A.R; Neto, A.F.A e Morimoto, T. - Utilização de hidróxido de amônio na neutralização do benzeno crú - Seminário COMIN/COMAP/COEMA - ABM - Vitória - ES - setembro de 1.984.

2. Contreras, R.S.R; Morimoto, T. Nóra, J.C - Implantação do sistema de preparação de hidróxido de amônio na Usina de Óleo Leve da USIMINAS - Seminário COMIN/COMAP - ABM - Porto Alegre RS - setembro de 1987.

3. Morimoto, T; Contreras, R.S.R. e Barbosa, A.S. - Instalação e Processo para Preparar Solução de NH<sub>4</sub>OH - PI nº 08302815.

4. Jorge, A.M.D; Nóra, J.C e Morimoto, T. - Produção de Benzeno Alta Pureza com Teor de Enxofre Total Máximo de 2 ppm. Seminário COMIN/COMAP - ABM - Santos - SP - setembro de 1986.

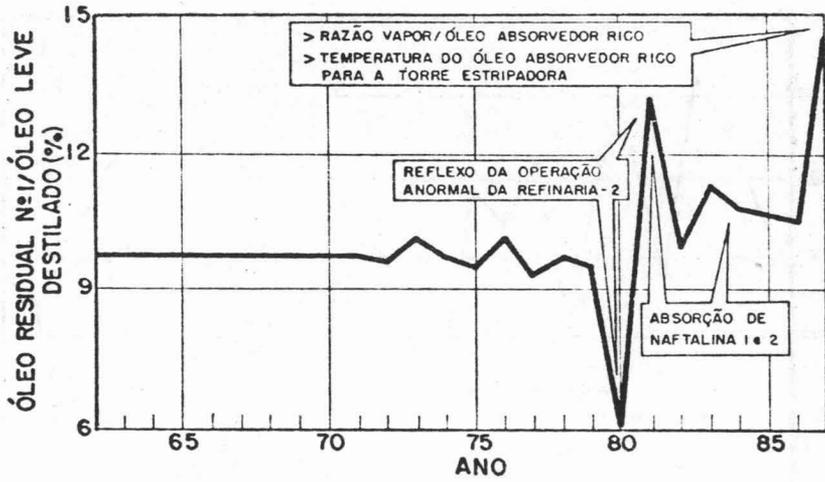


Figura -1 Produção de óleo residual n° 1 em relação ao óleo leve destilado

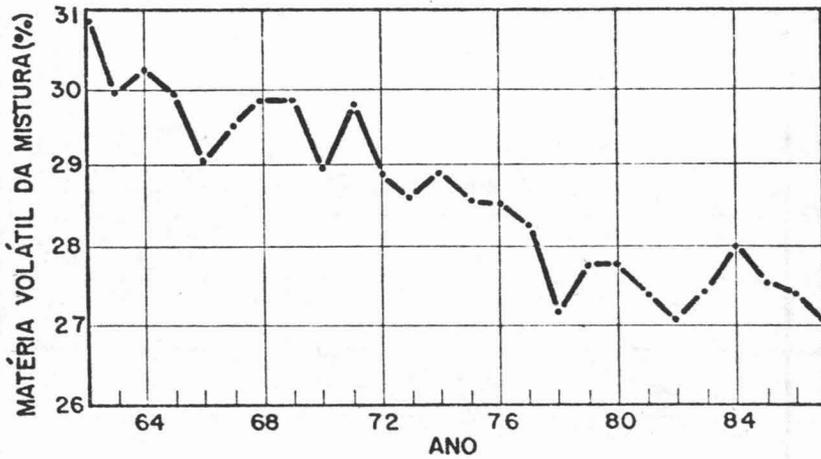


Figura - 2 Matéria volátil das misturas

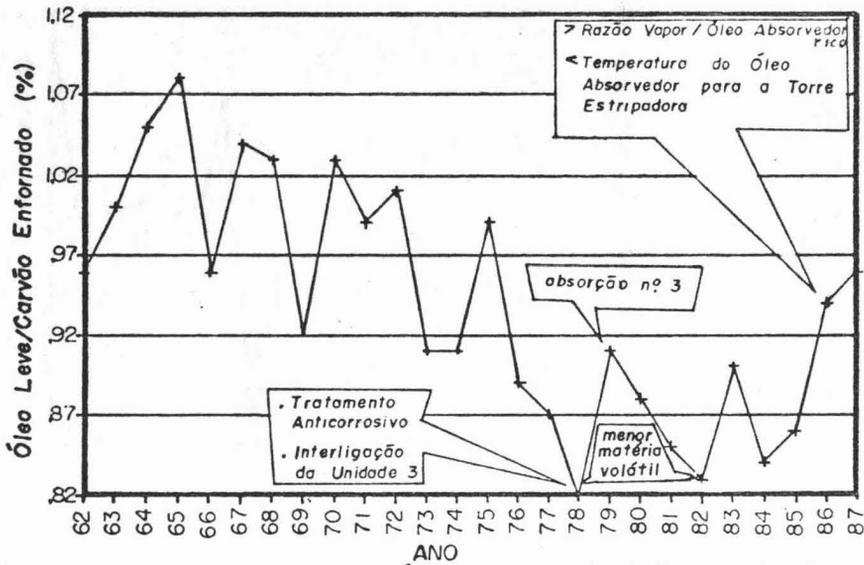


Fig. 3 - Rendimento de Óleo Leve em Relação ao Carvão Enfornado

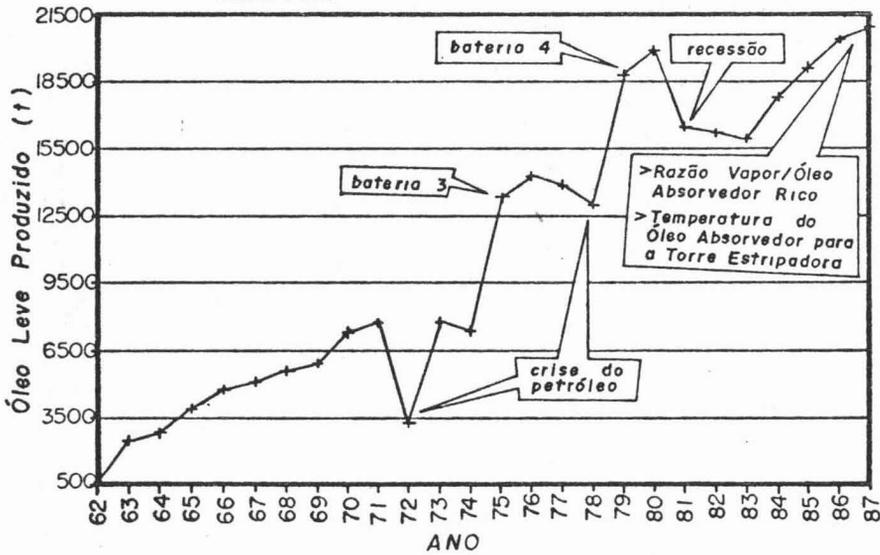


Fig. 4 - Evolução da Produção de Óleo Leve

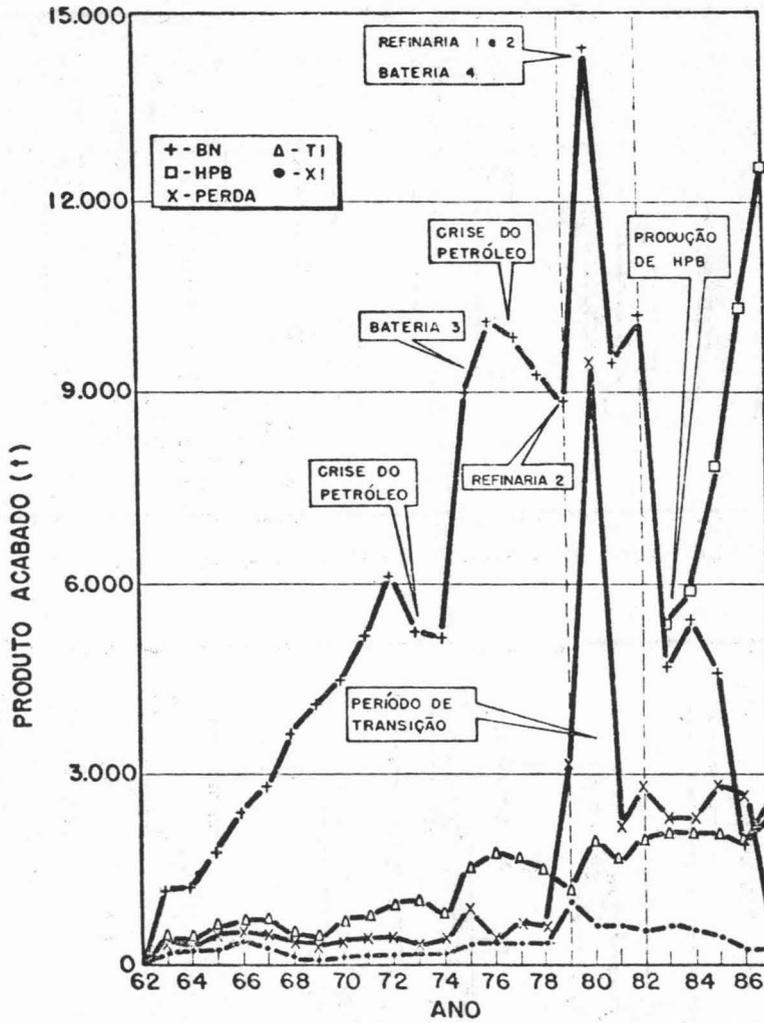


Figura 5 - Produtos acabados das unidades 1 e 2

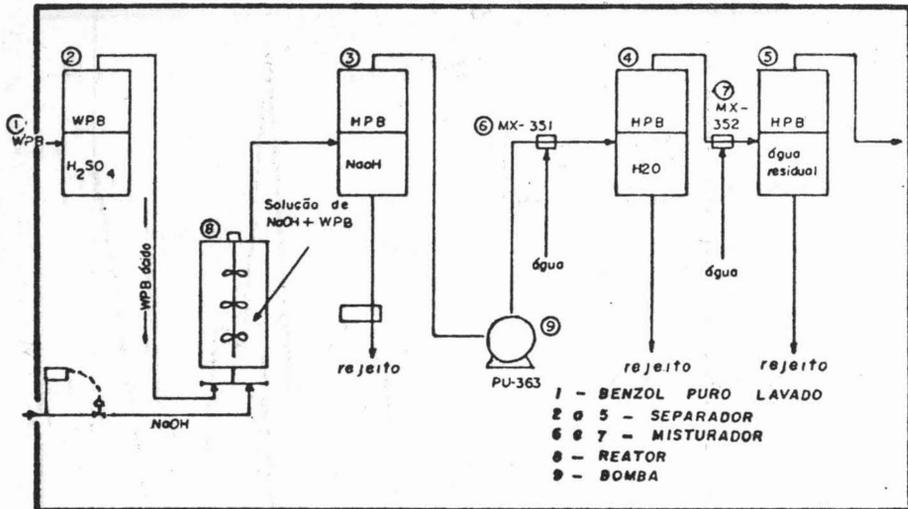


FIG.6. Fluxo Original do Sistema de Lavagem de Benzeno Puro

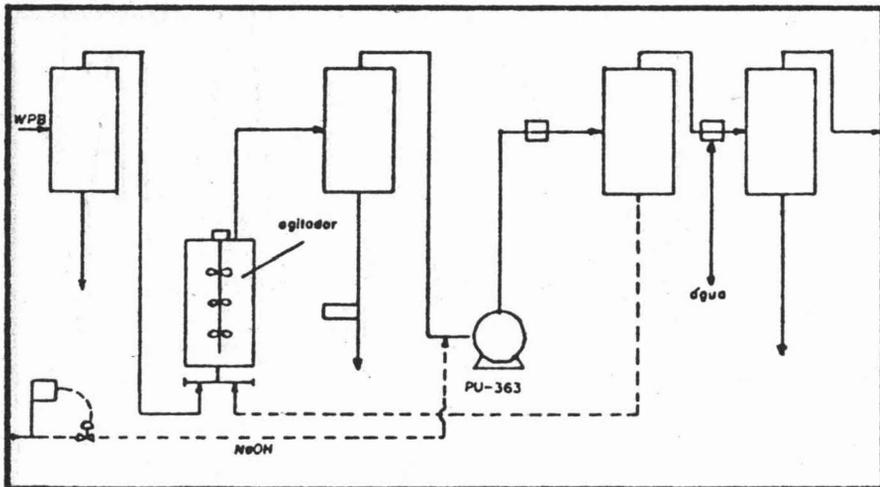


FIG.7. Fluxo Modificado do Sistema de Lavagem de Benzeno Puro.

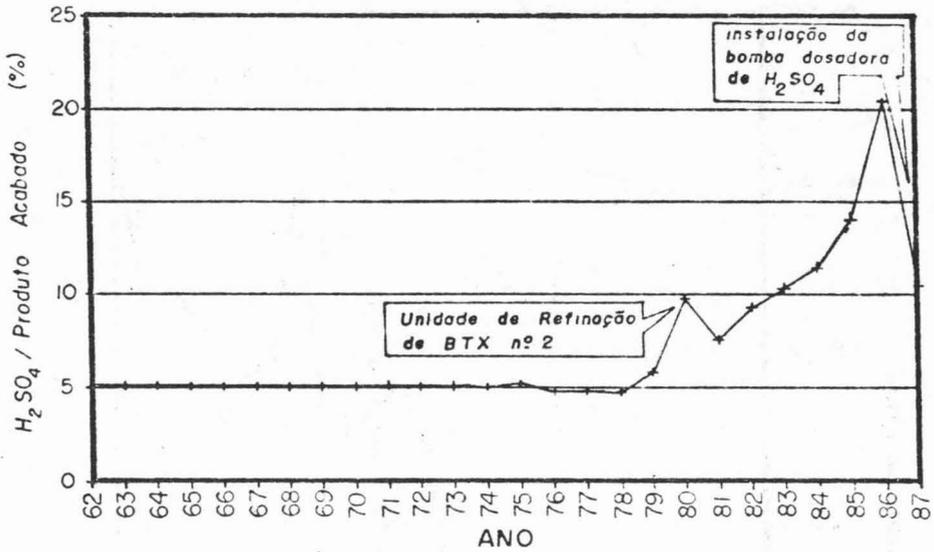


Fig. 8 - Consumo de Ácido Sulfúrico em Relação aos Produtos Acabados

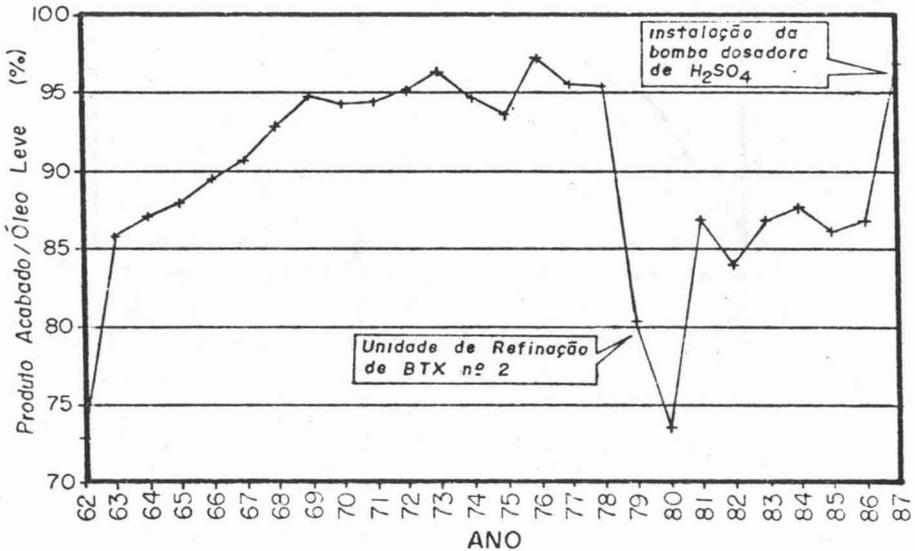


Fig. 9 - Rendimento de Produtos Acabados em Relação ao Óleo Leve

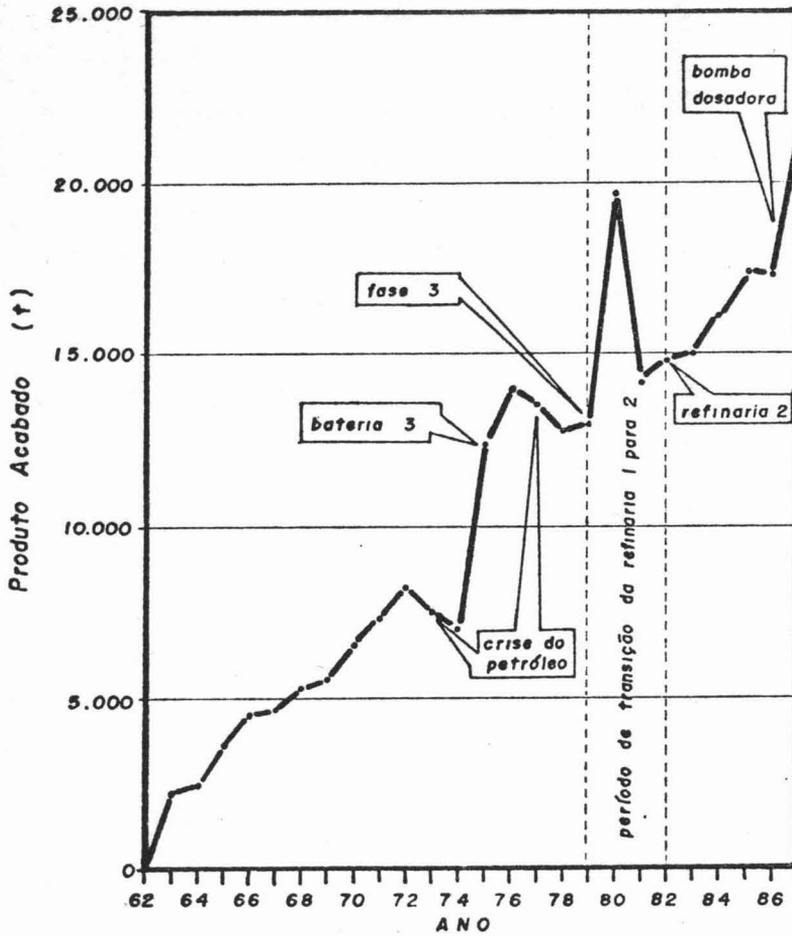


Fig. 10 - Evolução da Produção da Usina de Óleo Leve