

# OTIMIZAÇÃO DA PLANTA DE RECUPERAÇÃO DE LIGAS METÁLICAS<sup>1</sup>

Estudo da melhor operação visando uma otimização de ativos

Thiago Moreira Pinto<sup>2</sup>  
Edgar Betancourt<sup>3</sup>  
Ademir Duarte<sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar o processo de recuperação do níquel contido na escória da refinaria da Anglo American Niquelândia – Codemin, produtora da liga ferroníquel, bem como mostrar o que foi feito para otimização da Planta de Recuperação de Ligas. O foco do trabalho foi o de aumento da relação recuperação de níquel por custo de manutenção da planta – uma otimização dos ativos. Como resultados foram encontrados gargalos que limitam a recuperação de níquel e foram apresentados cenários que possibilitam uma maximização dos lucros da planta com um mínimo de investimento possível. Foi também analisada uma proposta de investimentos para recuperação da escória da refinaria de uma planta de ferroníquel com capacidade quatro vezes maior que a Codemin.

**Palavras-chave:** Ferroníquel; Recuperação; Otimização de ativos.

## OPTIMIZATION OF A METAL ALLOY RECOVERY PLANT

### Abstract

This paper has an objective of present the recovery process of nickel contained in the refining slag from Anglo American Niquelândia – Codemin, a producer of a ferronickel alloy, as to show what was done focusing its optimization. The main point of this work was to increase the relation between nickel recovery and maintenance costs – an asset optimization. As the main results, were founded some bottlenecks which are limits for the nickel recovery and were presented some situations that permit a profit maximization with the less investments as possible. Was presented a purpose of investments focusing the processing of an amount of slag four times bigger than the actual, came from another ferronickel producer.

**Key words:** Ferronickel; Recovery; Asset optimization.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 11º Seminário de Metais Não Ferrosos, 1 a 3 de setembro de 2009, São Paulo, SP.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalurgista Trainee do Departamento de Processos Metalúrgicos da Anglo American Niquelândia – Codemin.*

<sup>3</sup> *Especialista em Processos do Departamento de Processos Metalúrgicos da Anglo American Niquelândia – Codemin.*

<sup>4</sup> *Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento da Anglo American Niquelândia.*

# 1 INTRODUÇÃO

A Anglo American Niquelândia – Codemin, é uma produtora da liga ferroníquel, um ferroliga muito utilizado como elemento de liga na fabricação de aços especiais, como os aços inoxidáveis. A Codemin é uma empresa do grupo Anglo American e possui desde a etapa de lavra do minério até a produção da liga em sua forma granulada.

Para a produção do ferroníquel, o minério deve passar por etapas de calcinação e redução em fornos elétricos, sendo posteriormente refinado para adequação do produto final de acordo com as especificações requeridas pelo cliente. Nesta etapa de refino, impurezas como enxofre, fósforo e carbono são separadas da liga ferroníquel por uma escória composta basicamente de óxidos de ferro e cálcio. Contudo esta escória arrasta consigo uma quantidade considerável da liga ferroníquel, que de acordos com estudos é viável sua recuperação a fim de reaver o níquel arrastado. A recuperação deve ser focada como sendo menos onerosa o possível, visando uma máxima eficiência do processo com um mínimo de investimentos. Então é este o foco e objetivo do trabalho, otimizar a recuperação de níquel a partir da escória da refinaria de ferroníquel, identificando um ponto ótimo de operação da Planta de Recuperação de Ligas da Anglo American Niquelândia – Codemin. Outro objetivo deste trabalho foi de identificar os gargalos na planta para o processamento da escória do refino de outra usina do grupo, com capacidade cerca de quatro vezes a da Codemin. A geração média de escória da Refinaria da Codemin é de 400 toneladas mensais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado no presente trabalho foram 164.750 kg da escória proveniente da Refinaria da liga ferroníquel da Anglo American Niquelândia – Codemin, com um teor médio de 1,88% Ni. Este material foi processado na Planta de Recuperação de Ligas em dois diferentes circuitos – *Circuito 1* e *Circuito 2*. No *Circuito 1* o material segue o fluxo descrito na Figura 1.

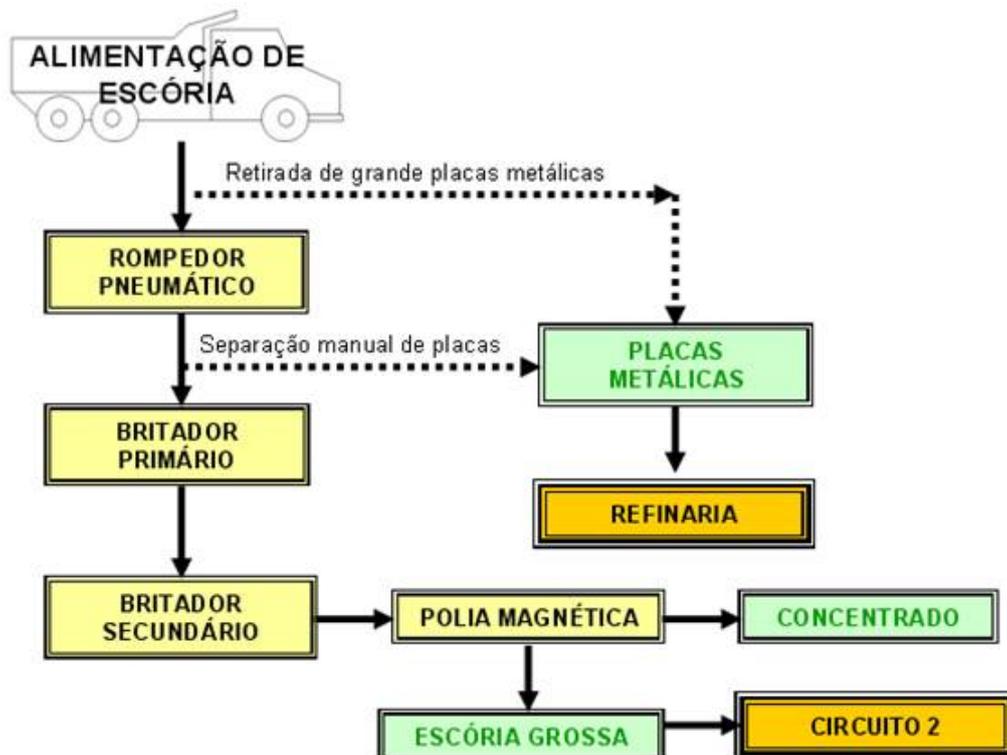


Figura 1: Fluxo para recuperação de escória do refino no Circuito 1.

O rompedor pneumático do tipo “pica-pau” tem a função de fazer o rompimento de grandes blocos de escória, fazendo-a passar por uma grelha fixa com abertura de 350 x 350 mm. No próprio rompedor, antes do britador primário, é feita uma catagem de grandes placas de ferroníquel, não passantes na grelha fixa do equipamento. Este material possui alta concentração média de níquel (22,07% Ni).

O britador primário é do tipo mandíbulas, modelo 4230C da Fábrica de Aço Paulista, com 25 cv de potência. É regulado com uma abertura de 70 mm.

O britador secundário é do tipo mandíbulas, modelo 4535C da Fábrica de Aço Paulista, com 25 cv de potência e regulado com uma abertura de 55 mm.

A polia magnética: gera dois produtos distintos, sendo um chamado “concentrado” (2,11% Ni), e um segundo chamado de “escória grossa” (0,86% Ni). Ambos os materiais são enviados para o “Circuito 2”, sendo processados alternadamente já que possuem teores diferentes.

Ambos os tipos de materiais separados pela polia magnética são dirigidos ao Circuito 2, cujo fluxo está descrito na Figura 2.

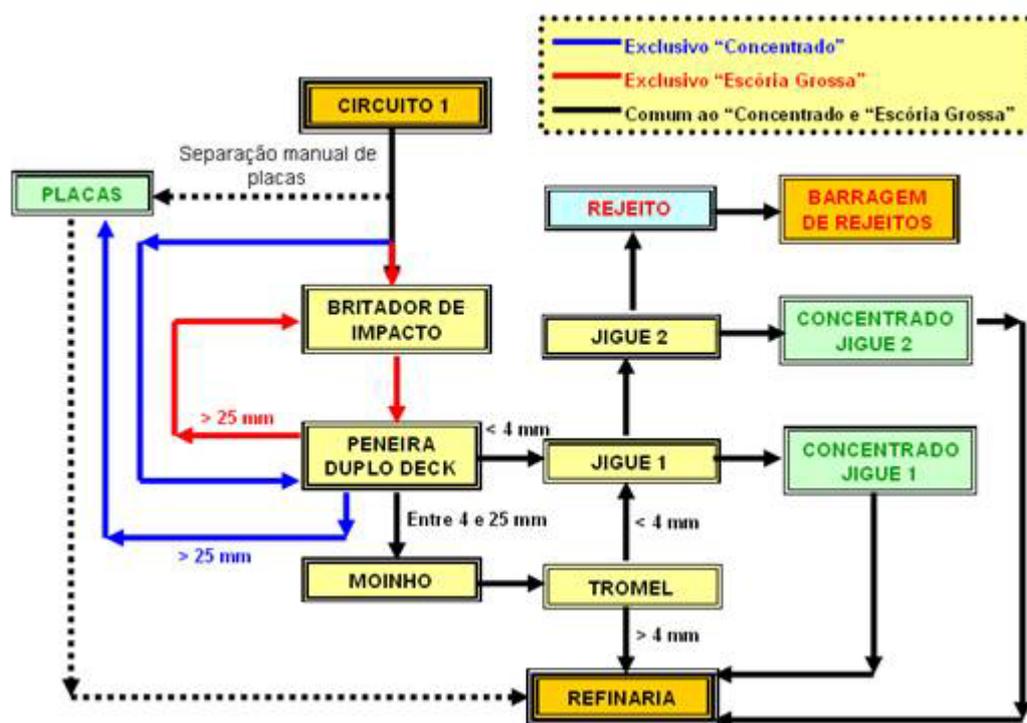


Figura 2: Fluxo para recuperação de escória do refino no Circuito 1.

Todo o material descrito como concentrado e escória grossa, provenientes do *Circuito 1* são processados no *Circuito 2*, separadamente devido à diferença entre seus teores de níquel.

O material descrito com escória grossa tem uma granulometria média de 45 mm. Para ocorrer a liberação do ferroníquel nele contido, o material é britado em um britador de impacto da marca Hazemag, de 100 cv. Este britador está regulado para gerar um material de até 35 mm. Este material é então classificado por uma peneira vibratória duplo-deck da marca Faço. O primeiro deck possui uma malha com abertura de 25 mm, e todo material retido é novamente enviado ao britado de impacto. O segundo deck da peneira é de 4 mm. O material passante pelo primeiro deck e retido no segundo é enviado para um moinho de barras, com capacidade de

processamento de até 3 ton/ h de material. Na saída do moinho existe uma peneira rotativa tipo tromel, com uma malha de abertura de 4 mm. O material passante por esta malha é bombeado juntamente com o material passante pelo segundo deck da peneira vibratória (de também 4 mm), até o jigue 1. Já o acima de 4 mm retido no tromel tem um teor médio de níquel de 15%, sendo enviado diretamente à Refinaria.

O jigue 1 é do tipo Denver, da marca Mineralmaq e possui capacidade de processamento de até 50 ton/ h polpa com até 75% de umidade. Este equipamento faz uma separação por meio gravimétrico, gerando dois produtos: concentrado jigue 1, que é enviado ao forno de refino e um rejeito. Este rejeito serve de alimentação para um segundo jigue, ligado em série com o primeiro, jigue 2. Este jigue é idêntico ao primeiro, sendo seu concentrado enviado à refinaria e o rejeito enviado a uma barragem de rejeitos.

O fluxo para o material concentrado proveniente do *Circuito 1* é comum em muitos pontos. A diferença é que este concentrado é em geral mais fino, com uma granulometria média de 5 mm. Sendo assim há um sistema de *by-pass* no britador de impacto, e o pouco material acima de 25 mm que é gerado é em geral pequenas placas com teores de níquel em torno de 23%, sendo então elas enviadas diretamente à Refinaria. No restante do *Circuito 2* o concentrado segue o mesmo fluxo da Escória Grossa. Lembrando que a Escória Grossa e o Concentrado são processados separadamente.

Os teores de níquel em cada fração do material foram analisados pelo método de absorção atômica, com exceção das placas que foram analisadas por via úmida. Os pontos de amostragem foram:

- *Circuito 2:*
  - Rejeito do jigue 2;
  - Concentrado do jigue 1;
  - Concentrado do jigue 2;
  - Concentrado do tromel;
  - Alimentação do moinho;
  - Placas;
  - Alimentação do circuito 2.
- *Circuito 1:*
  - Concentrado;
  - Escória grossa;
  - Placas.

### 3 RESULTADOS

Os 164.750 kg de escória foram processados na Planta de Recuperação de Ligas (*Circuitos 1 e 2*), e foram coletadas amostras de cada uma das entradas e saídas a fim de verificar o teor de níquel correto de cada uma delas. Foi medida a massa de cada um dos produtos para fazer um balanço de massa completo para o processamento de escória, como mostrado na Figura 3.

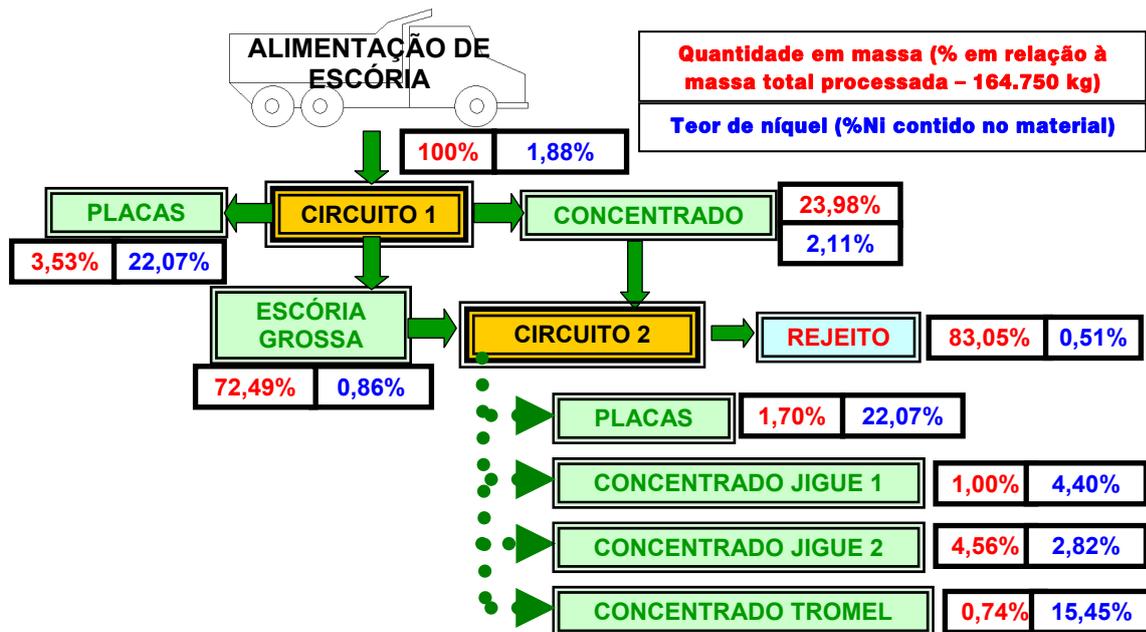


Figura 3: Fluxograma do balanço de massa da Planta de Recuperação de Ligas.

Na Figura 4 podem ser visualizados as massas e os teores de níquel da entrada e dos produtos gerados no *Circuito 1*. O teor de níquel de alimentação do circuito não foi mensurado por análise química, e sim por fechamento do balanço de massa do *Circuito 1*.

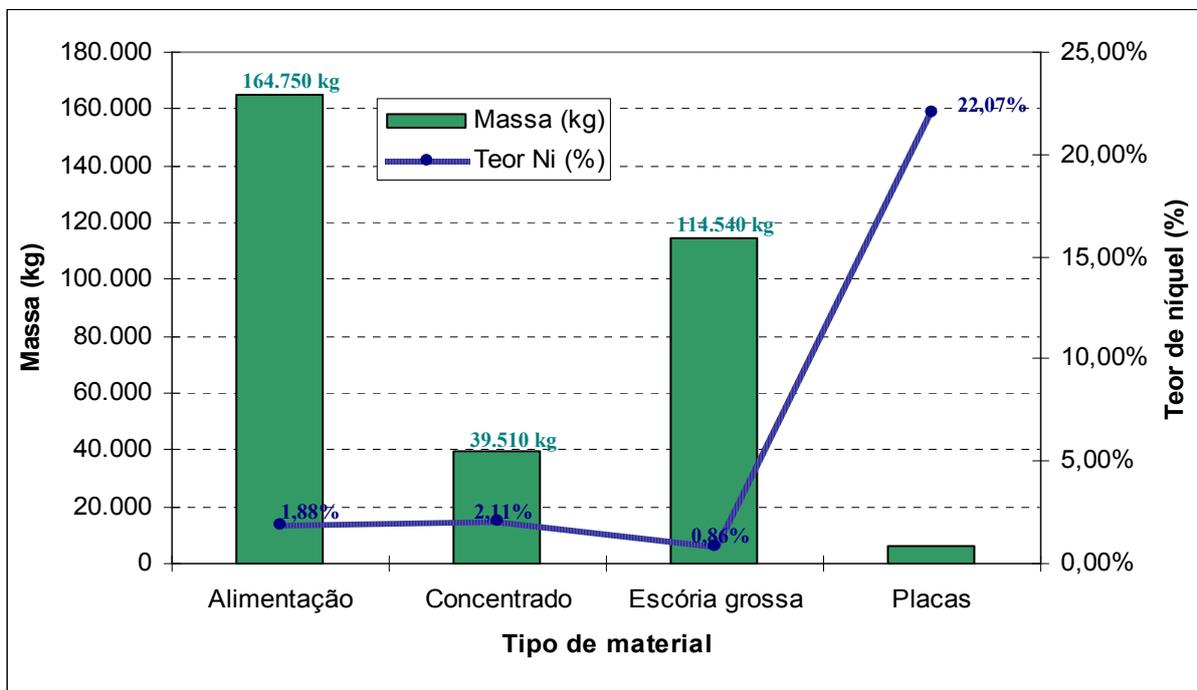
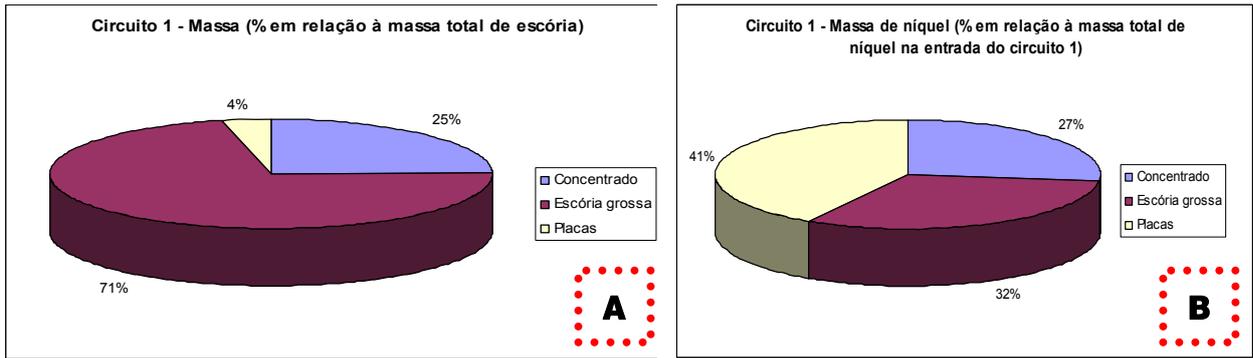


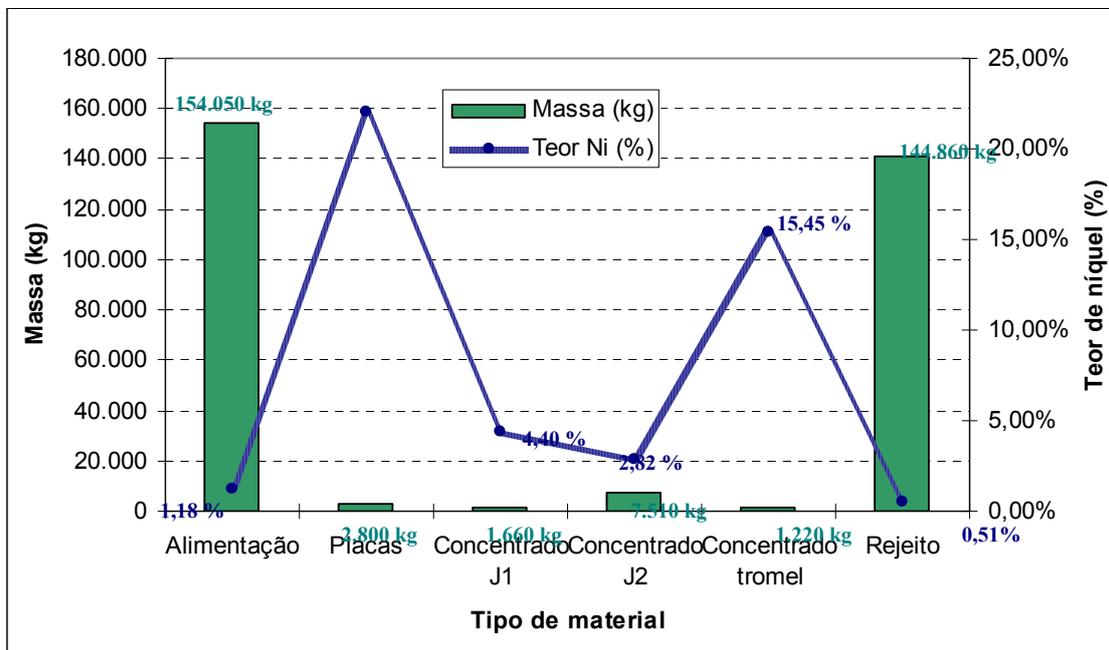
Figura 4: Massa de cada produto gerado a partir da escória do circuito 1 com seu respectivo teor de níquel.

Na Figura 5 pode ser visualizado o quanto representa em termos da massa total e da massa de níquel cada um dos produtos gerados no *Circuito 1*.



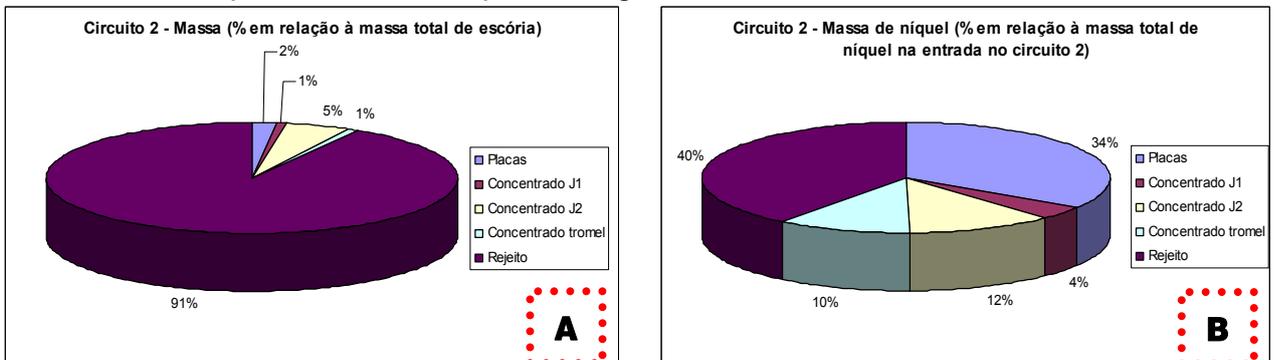
**Figura 5:** Quantidade relativa de cada um dos produtos *Circuito 1*: (A) Em relação à massa bruta total; (B) Em relação à massa de níquel.

Na Figura 4 podem ser visualizados as massas e os teores de níquel da entrada e dos produtos gerados no *Circuito 2*.



**Figura 6:** Massa de cada produto gerado a partir da escória do circuito 1 com seu respectivo teor de níquel.

Na Figura 7 pode ser visualizado o quanto representa em termos da massa total e da massa de níquel cada um dos produtos gerados no *Circuito 1*.



**Figura 7:** Quantidade relativa de cada um dos produtos *Circuito 1*: (A) Em relação à massa bruta total; (B) Em relação à massa de níquel.

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com os dados das Figura 5 e Figura 7, podemos montar a Tabela 1.

**Tabela 1:** Recuperação de níquel nos circuitos 1 e 2

| Local                          | Recuperação de Ni |
|--------------------------------|-------------------|
| Catagem de placas - circuito 1 | 41,47%            |
| Catagem de placas - circuito 2 | 19,95%            |
| Jigagem 1                      | 2,36%             |
| Jigagem 2                      | 6,84%             |
| Concentrado tromel             | 6,09%             |
| <b>Total</b>                   | <b>76,70%</b>     |

Com base na Tabela 1, pode-se afirmar que a recuperação total de níquel é satisfatória, de 76,70%. 61,42% do níquel é recuperado por uma simples catagem de placas. Para a catagem de placas apenas é necessário a operação do Circuito 1 e parte do Circuito 2 – britador de impacto e peneira vibratória (Figura 1 e Figura 2). O restante (15,18%) da recuperação obtida, necessita-se do uso do moinho de barras, tromel, jigues e bombas de polpa. Coincidentemente estes equipamentos responsáveis pelo pouco mais de 15% de recuperação da planta, são fonte de mais da metade dos custos de manutenção da planta.

Foram levantados os custos de manutenção da Planta de Recuperação de Ligas, e definidas três diferentes rotas para a recuperação de níquel. A primeira rota fora denominada Cenário 1, e consiste na operação de somente o *Circuito 1* (vide Figura 1). Com isto reduzir-se-ia os custos de manutenção significativamente, como também a recuperação de níquel.

Em uma diferente rota, denominada Cenário 2, o *Circuito 1* também operaria normalmente, e seria paralizado parte do *Circuito 2*. Este cenário está descrito na Figura 8:



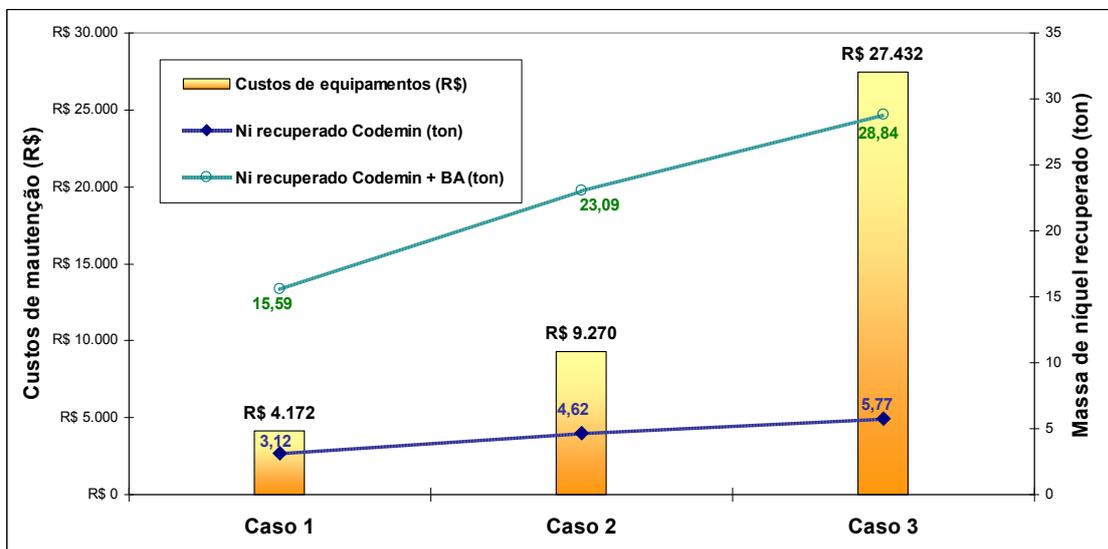
**Figura 8:** Rota alternativa para a recuperação de níquel visando uma redução dos custos de manutenção.

O Cenário 3, foi considerado como o funcionamento total da planta, com os *Circuitos 1 e 2* operando normalmente.

Neste estudo foi também considerado o processamento da escória da Refinaria de outra indústria de ferroníquel do grupo Anglo American. Esta indústria tem uma capacidade de produção quatro vezes superior a da Codemin, sendo assim foi considerado que a geração de escória seria também quatro vezes superior. Outra consideração feita foi em relação ao teor de níquel que seria o mesmo do da Codemin. A outra usina foi descrita como “BA”.

A

Figura 9 mostra um gráfico comparativo dos três cenários já descritos, considerando a Codemin e a usina BA e os custos de manutenção estimados:



**Figura 9:** Custo de manutenção e produção de níquel para os Cenários 1, 2 e 3, considerando o tratamento da escória da Refinaria da Codemin e da Codemin + BA.

Para o tratamento da escória da Refinaria visto os três cenários e considerando a possibilidade de tratar a escória de “BA”, foi levantada a capacidade de cada equipamento, considerando a sua disponibilidade física. Foi encontrado que para tratar a escória de BA ter-se-ia que investir em um novo rompedor, preferencialmente hidráulico, com uma capacidade três vezes maior. Considerando o Cenário 3 atrativo ter-se-ia também de ser feitos investimentos em um novo moinho de barras com uma capacidade também três vezes superior ao atual.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a Planta de Recuperação de Ligas possui uma recuperação de níquel relativamente boa, recuperando mais de três quartos do níquel que seria perdido junto com a escória. Quase dois terços de todo o níquel recuperado é feito por equipamentos que possuem um baixo custo de manutenção, o que abre uma porta para um aumento do ganho de níquel recuperado em comparação com os custos de manutenção. Foram avaliados três diferentes cenários e constatados que o maior ganho, em termos de um índice expresso pelo níquel recuperado dividido

pelos custos de manutenção, está no Cenário 2. Com a rota definida por este novo cenário, economizar-se-ia mais de 17 mil reais por mês, deixando-se de ganhar o preço equivalente a pouco menos de uma tonelada de níquel entrando como sucata na Refinaria. Considerando a recuperação de níquel de outra usina, de uma massa 4 vezes maior, o Cenário 3 volta a ser atraente, já que deixaria de recuperar cerca de 5 toneladas ao mês de níquel. Dentro da atual conjuntura do cenário econômico mundial, variações de cada um dos cenários podem ser adotadas, visando a maximização do lucro em vista do preço da *commoditie* níquel.

### **Agradecimentos**

Sou grato a todos os que me apoiaram na execução deste trabalho, à Anglo American como um todo, em especial ao engenheiro Ademir de Pádua e Edgar Betancourt.