

Áurea Maria Dias Gomes

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DOS PROCESSOS DE CIANETAÇÃO E
ADSORÇÃO DA MINA DE FAZENDA BRASILEIRO - CVRD**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Engenharia

São Paulo
1997

Áurea Maria Dias Gomes

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DOS PROCESSOS DE CIANETAÇÃO E
ADSORÇÃO DA MINA DE FAZENDA BRASILEIRO - CVRD**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Engenharia

Área de Concentração: Engenharia Mineral

Orientador: Prof. Dr. Arthur Pinto Chaves

São Paulo
1997

Gomes, Áurea Maria Dias

Avaliação Técnica dos Processos de Cianetação e Adsorção
da Mina de Fazenda Brasileiro. São Paulo, 1997

160 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas.

I. Minérios de Ouro 2. Lixiviação 3. Cianetação 4. Cinética
5. Adsorção I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.

Departamento de Engenharia de Minas II. t

Agradecimentos

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pelo excelente Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral desenvolvido para a CVRD.

Ao orientador desta dissertação de Mestrado, Prof. Dr. Arthur Pinto Chaves, pela competência e seriedade na condução da mesma.

À Companhia Vale do Rio Doce, pela oportunidade de participação neste curso.

Aos colegas da CVRD, que têm acompanhado e contribuído para meu aperfeiçoamento profissional, em especial: *Hélcio Guerra, Eugênio Victorasso, José Leitoguinhos, Carlos Alberto Fonseca, Alcides Palma e Paulo Sérgio Ribeiro.*

À Profa. Dra. Virgínia Sampaio T. Ciminelli pelas observações pertinentes e a clareza na transmissão de seus ricos conhecimentos da área de Hidrometalurgia do Ouro.

A concretização de todas as minhas aspirações profissionais, em consonância com as necessidades da CVRD, não seria tão harmoniosa se não houvesse, ao meu lado, uma pessoa humana e participativa que me ajuda a transformar todo o trabalho em felicidade. Esta pessoa é o meu marido, que por coincidência ou não, é engenheiro de minas: *Paulo Fernando Teixeira Souto de Souza.*

Sumário

RESUMO/ ABSTRACT

| | |
|---|-----------|
| 1-INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA | 1 |
| 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1- BREVE HISTÓRICO DA INDÚSTRIA DO OURO | 3 |
| 2.2- A INDÚSTRIA DO OURO NA ATUALIDADE | 5 |
| 2.3- PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS DE OURO | 12 |
| 2.4- A QUÍMICA DA CIANETAÇÃO | 16 |
| 2.4.1- TERMODINÂMICA DAS REAÇÕES QUÍMICAS | 16 |
| 2.4.2- MECANISMO DE DISSOLUÇÃO DE OURO POR CIANETO | 21 |
| 2.4.3- CINÉTICA DE DISSOLUÇÃO DE OURO POR CIANETO | 23 |
| 2.4.4- INTERFERÊNCIAS DOS CONSTITUINTES DO MINÉRIO | 26 |
| 2.4.5- EFEITO DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO | 31 |
| 2.4.6- DIAGNÓSTICO DE LIXIVIAÇÃO | 35 |
| 2.5- ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO | 37 |
| 2.5.1- O CARVÃO ATIVADO UTILIZADO NA INDÚSTRIA DO OURO | 37 |
| 2.5.2- CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE ADSORÇÃO | 39 |
| 2.5.3- O PROCESSO DE ELUIÇÃO | 43 |
| 3- A MINA DE FAZENDA BRASILEIRO | 45 |
| 3.1- A USINA HIDROMETALÚRGICA | 45 |
| 3.2- CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO ROM | 49 |
| 4- AVALIAÇÃO TÉCNICA DA CIANETAÇÃO/ADSORÇÃO | 52 |
| 4.1- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DO MINÉRIO DA LIXIVIAÇÃO | 53 |
| 4.2- AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO GERAL DA USINA HIDROMETALÚRGICA | 61 |
| 4.2.1- O CIRCUITO CIANETAÇÃO/ADSORÇÃO | 61 |
| 4.2.2- AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO GERAL DA USINA HIDROMETALÚRGICA | 67 |
| 4.3- AVALIAÇÃO CINÉTICA DA DISSOLUÇÃO DE OURO POR CIANETO | 73 |
| 4.3.1- DETERMINAÇÃO DAS EQUAÇÕES CINÉTICAS DE DISSOLUÇÃO DO OURO POR CIANETO | 73 |
| 4.3.2- ESTABELECIMENTO DE CORRELAÇÃO EMPÍRICA ENTRE VARIÁVEIS DE PROCESSO E TEOR DE OURO NO REJEITO DO CIRCUITO DE CIANETAÇÃO/ADSORÇÃO | 79 |
| 4.3.3- ENSAIO DE CIANETAÇÃO/ADSORÇÃO CIP E CIL EM BANCADA | 87 |
| 4.3.4- FLUXOGRAMAS PROPOSTOS DE LIXIVIAÇÃO DO MINÉRIO DE FAZENDA BRASILEIRO | 92 |

5- CONCLUSÕES **96**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **98**

ANEXOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

Resumo

Os processos de cianetação e adsorção da mina de Fazenda Brasileiro foram estudados com o objetivo de se otimizar tais processos visando a expansão da capacidade de produção de 5 para 7 toneladas anuais - FB 2001 e o aumento de produtividade (expressa pela razão entre receita e custos). O aumento de produtividade está diretamente relacionado com o aumento de recuperação metalúrgica.

A avaliação técnica dos processos de cianetação/adsorção foi realizada a partir da caracterização mineralógica do minério que alimenta a cianetação, da análise de dados do comportamento da usina hidrometalúrgica nos circuitos original (projeto) de adsorção CIP e modificado (atual) de adsorção CIP/CIL, por interpretação de resultados obtidos por ensaios em escala de laboratório e pelo estabelecimento de correlação empírica entre as variáveis de processo e o teor de ouro no rejeito. Equações cinéticas de dissolução de ouro por cianeto foram determinadas para os circuitos original e modificado.

Foram identificadas alternativas de melhoria do processo com ganhos de recuperação metalúrgica de 91 para 91,8% (solução dos problemas com agitadores e suprimento de ar comprimido) e de 91,8% para 93,5% (aumento do tempo de residência da polpa através da utilização dos processos de cianetação (32 h)/adsorção CIP (9 h) ou adsorção CIL (23 h)). Um aumento em receita de US\$ 1,036,700.00 é estimado. Quanto à expansão da capacidade de produção com o aumento de 120 para 170 t/h de sólidos alimentados ao circuito hidrometalúrgico, a operação do processo de adsorção CIL não exigirá necessidade de investimentos de capital em equipamentos (basicamente tanques) pois, será possível tratar 120 t/h de sólidos (capacidade atual de processamento) na linha 2 e as 50 t/h de sólidos restantes (capacidade adicional de processamento) na linha 1.

Abstract

The cyanidation and adsorption processes of the Fazenda Brasileiro mine were studied from the point of view of optimizing them regarding to the increase of production from 5 to 7 tonnes per year - FB 2001 and productivity (expressed by the ratio between income and costs). The increase of the productivity is related to the improvement of metallurgical recovery of the hydrometallurgical circuit.

The technical evaluation was performed from mineralogical characterization of the cyanidation ore, analysis of data of the behavior of the hydrometallurgical plant in the original circuit (project) of adsorption CIP and of the modified one (current) CIP/CIL, through the interpretation of the results of tests in laboratory scale and stabilishing an empirical correlation between the variables of the process and the grade of gold in the tailings. The mineralogical characteristics of the run-of-mine and of the ore that goes into the hydrometallurgical treatment were discussed. Kinetic equations for gold dissolution by cyanide were determined for both circuits (project and current).

Some alternatives of improvement of the processes were identified with gains of metallurgical recovery from 91 to 93.5%. First, from 91 to 91.8% (solution of the problems with agitators and compressed air supply) and then, from 91.8 to 93.5% (increase of the retention time of the pulp by using the cyanidation (32 hours)/adsorption CIP (9 hours) or adsorption CIL (24 hours) processes). An increase of income of US\$ 1,036,700.00/yr is estimated. The expansion of the production capacity with the increase from 120 to 170 t/h of solids fed into the CIL adsorption hydrometallurgical circuit will not demand capital investiments in equipments (basically tanks) , because it will be possible to treat 120 t/h of solids (current capacity of the process) in line 2 and the remaining 50 t/h of solids (additional capacity of the process) on line 1.

I- INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

A indústria do ouro apresenta peculiaridades que condicionam fortemente a gestão do negócio, visto que o ouro é um ativo financeiro que comporta-se como um “commodity”, tendo sua cotação definida internacionalmente pelas grandes Bolsas de Valores. Assegurar a competitividade de uma empresa produtora de ouro significa estabelecer requisitos de projeto de minas com baixos custos de produção, alta taxa de sucesso em pesquisa geológica, nível de reservas capaz de garantir a operação do empreendimento e alta habilidade em operações de comercialização do ouro (substituição de operações “spot” por “hedging”) ⁽¹⁾.

Aliada às características próprias da indústria do ouro, observa-se, em nível mundial, a redução gradativa das reservas de teores significativos. Para a exploração de jazidas com teores baixos, torna-se necessária a aplicação de técnicas de lavra e beneficiamento com investimentos e custos operacionais baixos, a fim de viabilizar o empreendimento ^(2,3).

A Companhia Vale do Rio Doce é, atualmente, a maior produtora de ouro da América Latina (18 toneladas anuais) e apresenta custos operacionais competitivos. Até 2001, a CVRD pretende produzir um milhão de onças-troy de ouro anuais, pertencendo, assim, ao “ranking” das quinze maiores empresas produtoras de ouro do mundo.

Para alcançar esta produção, novas minas serão implantadas e outras terão sua capacidade de produção aumentada. Este último é o caso da mina de Fazenda Brasileiro, situada na Bahia, que expandirá sua capacidade produtiva de 5 para 7 toneladas anuais em 2001.

O ouro contido no minério de Fazenda Brasileiro é recuperado por concentração gravítica e pelo processo hidrometalúrgico de cianetação-adsorção.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar tecnicamente os processos de cianetação e adsorção desta mina, a fim de propor melhorias que minimizem os investimentos a serem realizados na expansão (estudo cinético) e que possibilitem ganhos em termos de recuperação metalúrgica. Uma redução do teor de ouro no rejeito de 0,01 gAu/t, a US\$ 12.00/g Au e 80.000 toneladas de minério processado mensalmente, significa um aumento de US\$ 115,200.00 na receita anual do empreendimento. A idéia é "OTIMIZAR PARA EXPANDIR".

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- BREVE HISTÓRICO DA INDÚSTRIA DO OURO

Os processos de concentração gravítica, amalgamação, cianetação, cloração, precipitação por zinco e adsorção em carvão são conhecidos há pelo menos cem anos e permanecem básicos em muitos fluxogramas de processo da indústria do ouro ^(4,5).

Antes da descoberta da cianetação, o ouro, em estado nativo, era extraído de veios ou aluviões e concentrado por meio de separação densitária. A cloração, proposta por Plattner em 1848, foi utilizada na Califórnia (1858) com o objetivo de tratar minérios contendo ouro fino e/ou associados a sulfetos ⁽⁶⁾.

O processo de cianetação passou a ser utilizado a partir de 1889, iniciando-se na Crown Mine, na Nova Zelândia. A solubilidade do ouro em soluções cianetadas havia sido descoberta por Scheele, em 1783 (Suécia), e estudada por Elsner e Faraday (Inglaterra). O processo foi patenteado por MacArthur e irmãos Forrest em 1889. Com a utilização do processo de cianetação foi possível aumentar as recuperações das minas e tratar minérios de teores mais baixos e com ouro finamente disseminado ^(7,8). Os processos de tratamento de minérios auríferos foram se aprimorando através da utilização da flotação, eletrólise, concentração densitária em jiques e mesas vibratórias, fechamento de circuitos de moagem, desenvolvimento das pachuca no México, melhorias no processo "Merril-Crowe", entre outros ⁽⁶⁾.

Entre os anos de 1972-1990 houve o grande desenvolvimento técnico da indústria do ouro: aplicação da lixiviação em pilha (1970's), desenvolvimento dos processos "Carbon in Pulp" e "Carbon in Leaching" (CIP/CIL), tratamento de minérios refratários por lixiviação sob pressão e lixiviação bacteriana. A elevação

do preço do ouro, entre 1980 e 1990, incentivou o desenvolvimento tecnológico e levou a um aumento significativo da produção do metal ⁽⁶⁾.

Desde então, um processo contínuo de pesquisa vem sendo observado: desenvolvimento de novas rotas para tratamento de minérios refratários ^(9,10), substituição de CIP ("Carbon in Pulp") por RIP ("Resin in Pulp") ⁽¹¹⁾, melhoria do controle de efluentes ⁽¹²⁾, uso de reagentes alternativos de lixiviação ⁽¹³⁾, eletrólise seletiva direta para soluções diluídas, processos de biooxidação comercial para minérios sulfetados ^(14,15,16,17), aperfeiçoamento nos sistemas de análise e controle de processos, e, outros.

2.2- A INDÚSTRIA DO OURO NA ATUALIDADE

O ouro foi um dos primeiros metais a ser utilizado pelo homem. Isto em função do seu elevado potencial de oxidação, o que explica a ocorrência do metal no estado nativo, e de sua maleabilidade, que permitiu que o mesmo pudesse ser trabalhado com as ferramentas rudimentares do homem primitivo. Aliadas a estas propriedades, a sua relativa escassez e a cor distinta fizeram com que o ouro assumisse, durante um período superior a 5000 anos, o importante papel de principal reserva mundial de riqueza. De 3400 a.C. até por volta de 1930, o metal foi usado como lastro de todas as formas de moeda e, desde então, oferece suporte ao complexo sistema financeiro internacional ⁽³⁾.

A indústria do ouro na atualidade é estudada com base na publicação GOLD 1996 ⁽¹⁸⁾ em termos de análises de oferta e demanda, evolução do preço do ouro, evolução da produção mundial de ouro de mina por continente, principais países e empresas produtoras e custos de produção. As principais minas produtoras de ouro do mundo, também são apresentadas.

Oferta do produto

A Figura 2.1 mostra a oferta e o preço do ouro no mundo ocidental no período de 1986 a 1996. Observa-se uma tendência à estabilização da oferta de ouro no mundo ocidental entre 3000 a 3500 toneladas por ano, sendo aproximadamente 1900 toneladas anuais provenientes da produção de minas. Outras ofertas do produto compreendem vendas a futuro, reciclagem, vendas oficiais, desinvestimento e vendas do bloco comunista (Figura 2.1).

A oferta e a demanda do metal referem-se ao mundo ocidental, em função da falta de informação de alguns países do bloco comunista (China e União Soviética), antes de 1990. Incluindo os países citados, a produção

mundial de ouro em 1995 foi de 3622 toneladas, sendo 2272 toneladas provenientes da produção de minas ⁽¹⁸⁾.

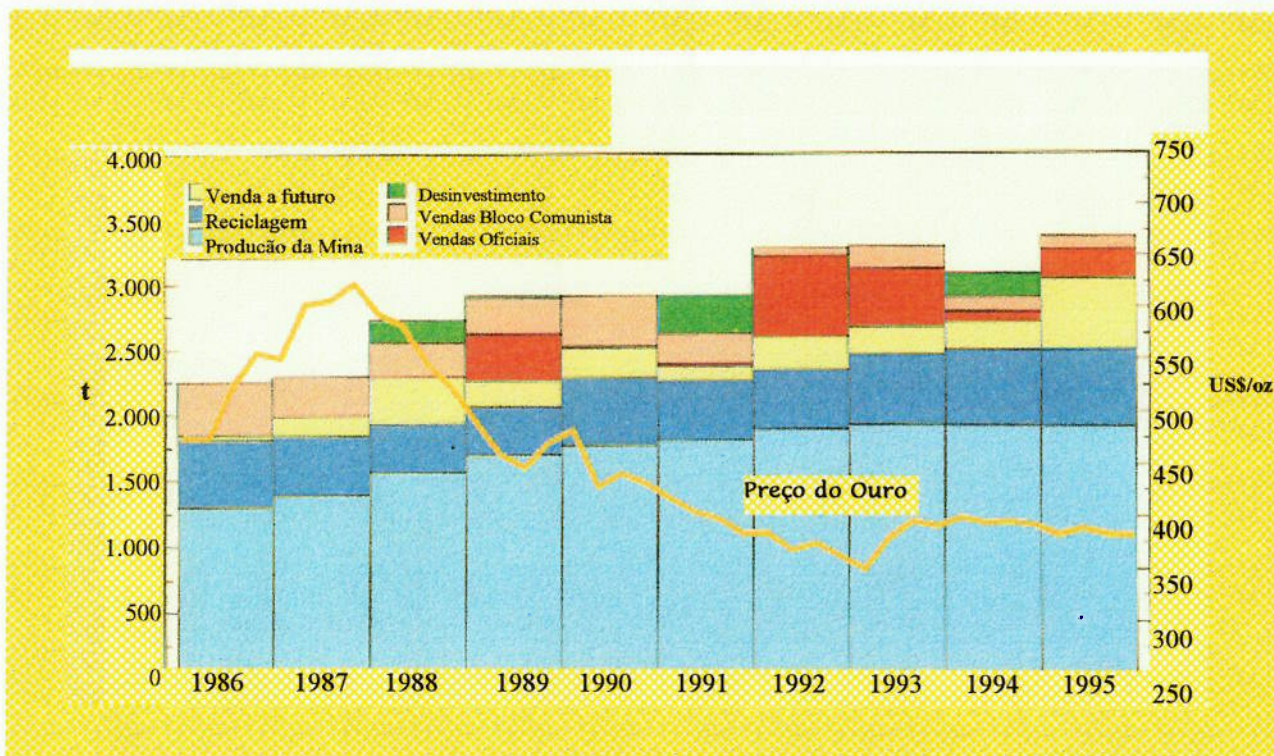


Figura 2.1- Oferta e preço de ouro no mundo ocidental ⁽¹⁸⁾

Demanda do produto

A principal demanda pelo produto é para a utilização na indústria joalheira (75,6% em 1995). Houve 6% de aumento de demanda do setor joalheiro em 1995 em relação a 1994, principalmente na Índia e no Oriente Médio (Figura 2.2). O restante compreende estoque de barras, compras oficiais, operações de "hedging", investimentos e outras aplicações ⁽³⁾.

Os Bancos Centrais possuem, aproximadamente, 35.000 toneladas de ouro em estoque, representando 10 vezes a oferta anual do produto. Isto demonstra que a utilização do ouro como lastro monetário continua sendo importante.

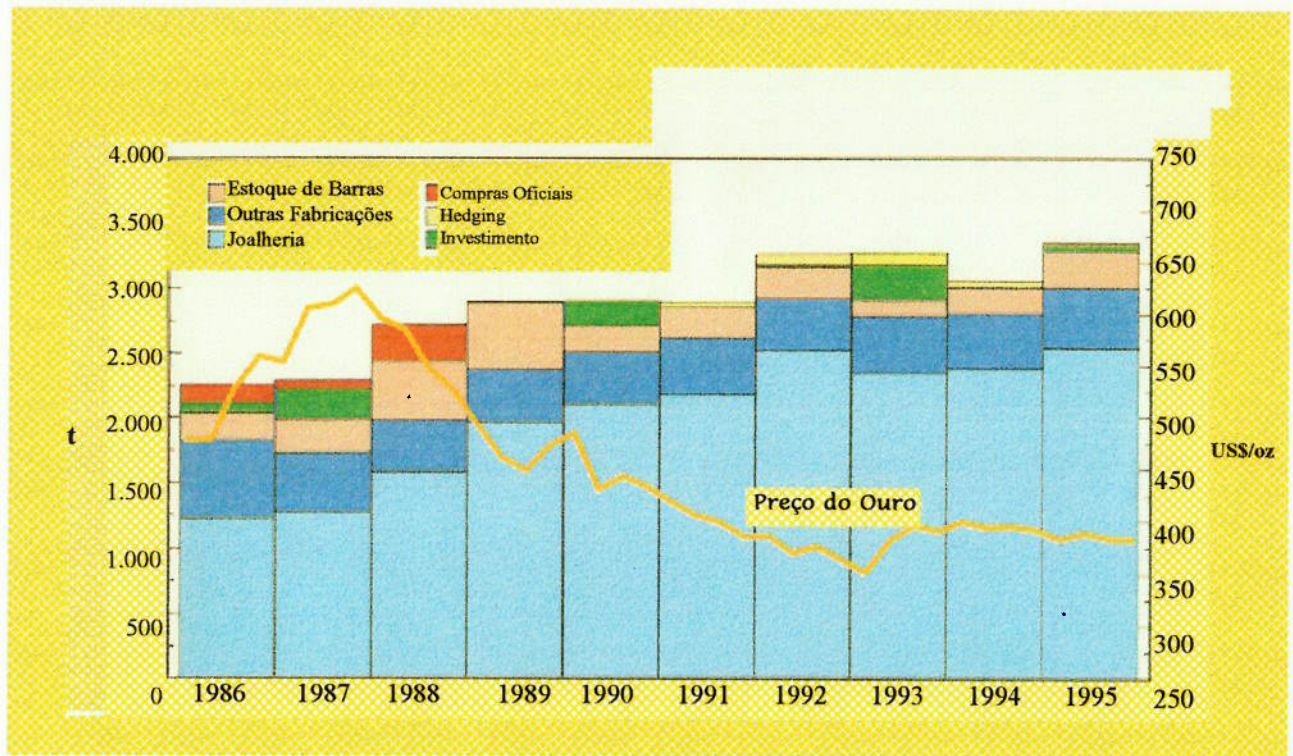


Figura 2.2 - Demanda de ouro no mundo ocidental ⁽¹⁸⁾

Evolução do preço do metal

A evolução do preço do ouro pode ser observada nas Figuras 2.1 e 2.2 no período de 1986 a 1995.

Os anos 80 foram uma década extraordinária para os negócios de ouro. O preço excepcionalmente elevado despertou o interesse dos principais produtores de metais em todo o mundo. O resultado dos projetos de exploração foi um aumento da produção de ouro na segunda metade dos anos 80. A produção australiana quintuplicou de 1984 a 1989, a produção dos Estados Unidos quadruplicou, e a produção canadense dobrou ⁽¹⁹⁾. O melhor preço do metal ocorreu em 1987. Após 1987, o preço do ouro apresentou-se em declínio e se estabilizou em aproximadamente US\$ 400.00/oz.

Principais países produtores de ouro

África do Sul, Estados Unidos e Austrália são, atualmente, os maiores países produtores de ouro do mundo, nesta ordem. Os seis países de maior produção são responsáveis por 67,5% (1995) da produção mundial das minas (Tabela 2.1).

O Brasil não ocupa posição de destaque, contribuindo apenas com 3,0% da produção mundial do metal das minas, de acordo com os dados de 1995.

Tabela 2.1 - Os vinte países maiores produtores de ouro do mundo⁽¹⁸⁾

| Posição 1994 | Posição 1995 | País | Produção (t/ano) | |
|--------------|--------------|---------------------|------------------|-------|
| | | | 1995 | 1994 |
| 1 | (1) | África do Sul | 522,4 | 583,9 |
| 2 | (2) | Estados Unidos | 329,3 | 326,0 |
| 3 | (3) | Austrália | 253,5 | 294,9 |
| 4 | (5) | Canadá | 150,3 | 146,4 |
| 5 | (4) | Rússia | 142,1 | 158,1 |
| 6 | (6) | China | 136,4 | 124,1 |
| 7 | (10) | Indonésia | 74,1 | 55,3 |
| 8 | (7) | Brasil | 67,4 | 73,4 |
| 9 | (8) | Uzbekistan | 63,6 | 64,4 |
| 10 | (9) | Papua Nova Guiné | 54,8 | 60,5 |
| 11 | (11) | Ghana | 52,2 | 44,5 |
| 12 | (13) | Peru | 51,5 | 39,3 |
| 13 | (12) | Chile | 48,5 | 43,3 |
| 14 | (14) | Filipinas | 28,4 | 31,0 |
| 15 | (16) | Zimbabwe | 26,1 | 22,5 |
| 16 | (15) | Colômbia | 24,1 | 22,5 |
| 17 | (19) | México | 20,3 | 13,9 |
| 18 | (20) | Venezuela | 17,1 | 13,7 |
| 19 | (17) | Bolívia | 16,0 | 14,7 |
| 20 | (18) | Coréia do Norte | 14,0 | 14,0 |

Principais empresas produtoras de ouro

A “Anglo American” é a maior empresa produtora do metal (10,3% da produção total proveniente de minas em 1995). As quinze maiores empresas produtoras de ouro totalizaram 42,6% da produção mundial de minas em 1995. A Tabela 2.2 mostra a produção de cada uma destas empresas.

Tabela 2.2 - As quinze maiores empresas produtoras de ouro do mundo ⁽¹⁸⁾

| Companhia | País de Origem | Produção (t/ano) | |
|-------------------------------------|----------------|------------------|------|
| | | 1994 | 1995 |
| 1 Anglo American | África do Sul | 253 | 235 |
| 2 Gold Field of South Africa (GFSA) | África do Sul | 124 | 105 |
| 3 Barrick Gold | Canadá | 72 | 98 |
| 4 Gencor | África do Sul | 68 | 63 |
| 5 Newmont | Estados Unidos | 52 | 58 |
| 6 Placer Dome | Canadá | 54 | 58 |
| 7 RTZ-CRA | UK | 51 | 53 |
| 8 Homestake | Estados Unidos | 50 | 51 |
| 9 JCI | África do Sul | 53 | 47 |
| 10 Freeport-MeMoRan | Estados Unidos | 24 | 41 |
| 11 Anglovaal | África do Sul | 39 | 36 |
| 12 Randgold | África do Sul | 38 | 35 |
| 13 Normandy Poseidon | Austrália | 30 | 32 |
| 14 Ashanti Goldfields | Ghana | 27 | 29 |
| 15 Santa Fe Pacific Gold | Estados Unidos | 29 | 26 |

Custos de produção

O maior custo “cash” (custo de produção que não inclui depreciação) de ouro do mundo é o da África do Sul (US\$ 323.00/oz em 1995) e se mostra crescente devido ao aprofundamento das minas em operação. O país de menor

custo de produção é a Papua Nova Guiné com custo "cash" de US\$169.00/oz em 1995. A Tabela 2.3 mostra os custos médios de alguns países produtores de ouro.

Tabela 2.3 - Custos de produção de ouro por país ⁽¹⁸⁾

| País | | Custos médios US\$/oz | |
|------------------|------------------|-----------------------|------|
| | | 1994 | 1995 |
| Austrália | Custo "cash" | 245 | 258 |
| | Total dos custos | 298 | 323 |
| Brasil | Custo "cash" | 236 | 229 |
| | Total dos custos | 286 | 271 |
| Canadá | Custo "cash" | 227 | 247 |
| | Total dos custos | 279 | 293 |
| Papua Nova Guiné | Custo "cash" | 158 | 169 |
| | Total dos custos | 247 | 246 |
| África do Sul | Custo "cash" | 282 | 323 |
| | Total dos custos | 318 | 364 |
| Estados Unidos | Custo "cash" | 212 | 224 |
| | Total dos custos | 277 | 291 |

Evolução da produção mundial de ouro de mina por país e principais minas produtoras

A evolução da produção mundial de ouro proveniente de minas por continente de 1992 a 1995 é apresentada na Figura 2.3. A localização das principais minas é identificada.

Regiões produtoras de ouro do mundo

Este mapa mostra a localização das principais minas produtoras de ouro do mundo.

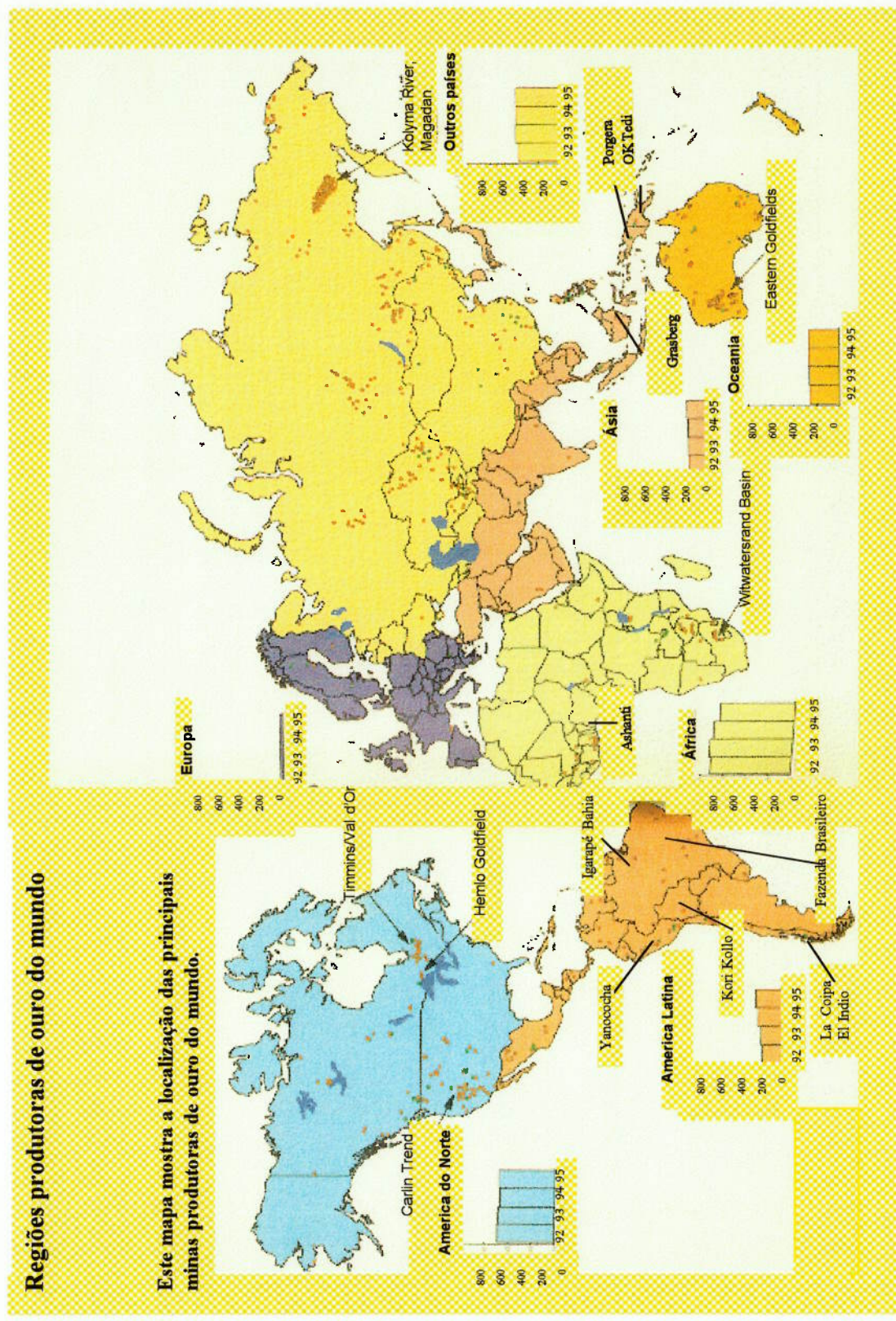


Figura 2.3 - Regiões produtoras de ouro do mundo (18)

2.3- PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS DE OURO

Os minérios de ouro podem ser classificados como “free milling” (o ouro ocorre em grãos discretos que, após britagem e/ou moagem, se tornam acessíveis para a cianetação) e minérios refratários, contendo matéria carbonosa ou o ouro encontra-se finamente disseminado em sulfetos e silicatos ⁽²⁰⁾.

A forma de ocorrência do ouro no minério deve ser cuidadosamente estudada através de caracterização mineralógica ^(21,22,23,24,25) a fim de indicar as alternativas de processo mais adequadas ao tratamento do minério ^(26,27,28).

A grande maioria dos minérios de ouro não refratários é tratada por separação gravítica ^(33,34) e pelo processo de lixiviação alcalina com cianeto ^(29,30,31,32). A lixiviação alcalina por cianeto é realizada em pilhas de estéril ou rejeitos (“dump leaching”), em pilhas de minério (“heap leaching”) ou em tanques com agitação ⁽³⁵⁾. A escolha de um dos métodos depende das características do minério (composição, solubilidade e associação dos minerais, possibilidade de concentração prévia e, principalmente teor), além da escala de produção. Estes métodos são discutidos a seguir:

- ◆ *Lixiviação em pilhas de rejeitos* ⁽³⁶⁾ : a lixiviação em pilhas, devido aos seus baixos custo operacional e investimento necessário, pode ser utilizada para aproveitamento de estéril de mina e de rejeitos. Apresenta como características a baixa recuperação (em geral, entre 15 e 40%), ciclos longos e consumo elevado de reagentes.
- ◆ *Lixiviação em pilhas de minérios* ^(37,38,39,40,41) : o principal método de beneficiamento de minérios oxidados de ouro de baixo teor é a lixiviação em pilhas. Recuperações de 50 a 85% podem ser obtidas. Minérios argilosos devem ser previamente aglomerados para possibilitar a eficiente percolação da solução lixiviante de cianeto de sódio na pilha.

- ◆ *Lixiviação em tanques agitados* ^(2,3,20,42,43): a cianetação em tanques agitados é o método mais utilizado para o beneficiamento de minérios de ouro. Aplica-se a minérios que requerem moagem, com teores mais elevados que justifiquem o investimento e os custos operacionais mais altos. Recuperações superiores a 90% são, em geral, alcançadas.

O beneficiamento de minérios refratários contendo ouro disseminado em sulfetos ou matéria carbonosa requer o pré-tratamento oxidativo antes que a polpa seja submetida à cianetação ⁽²⁰⁾. Na Figura 2.4 são apresentadas as rotas de processo para o tratamento destes minérios refratários de ouro.

A ustulação, a bioxidação, a oxidação sob pressão e a oxidação química são métodos de pré-tratamento de minérios de ouro refratários ^(44,45,46,47) que visam obter níveis adequados de recuperação metalúrgica destes minérios. Uma descrição sucinta desses métodos é apresentada a seguir:

- ◆ *Ustulação* ^(35,48): a ustulação de minérios contendo ouro encapsulado em sulfetos ou contendo matéria carbonosa é normalmente realizada entre 450 a 600°C, com suprimento adequado de oxigênio. A temperatura e a pressão de oxigênio têm uma influência marcante na cinética de oxidação de sulfetos de ferro e nas características do calcinado e, conseqüentemente, na extração posterior do ouro. Alguns dos problemas da ustulação são a emissão de gases poluentes, gerados da queima de sulfetos e a presença de arsênio, no caso de minério arsenopirítico. A produção de ácido sulfúrico propicia a remoção do dióxido de enxofre e permite a comercialização deste como subproduto, contribuindo para o aumento de faturamento da unidade produtiva.

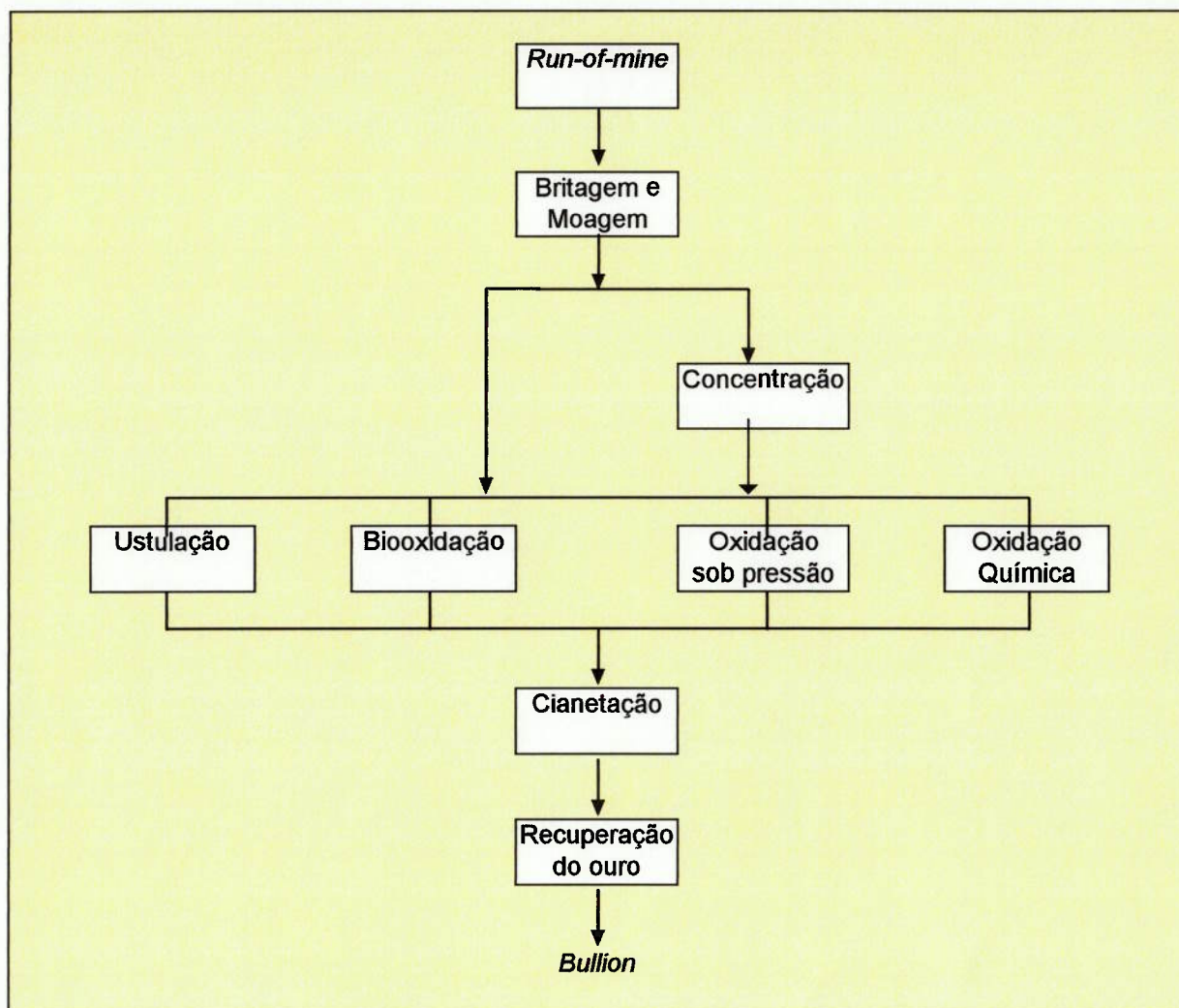


Figura 2.4- Rotas de processo para minérios de ouro refratários ⁽²⁰⁾

- ◆ **Biooxidação** ^(14,15,16,17) : a biooxidação é realizada em condições ácidas (pH 1-2), em tanques agitados e refrigerados, nos quais uma colônia mista de microorganismos aeróbicos, com predominância dos *thiobacillus ferrooxidans*, catalisa a oxidação de sulfetos. Os maiores custos do processo estão associados à necessidade de eficiente agitação e refrigeração.
- ◆ **Oxidação sob pressão** ^(3,49) : a oxidação sob pressão em meio ácido é realizada em autoclaves multicompartimentadas, em temperaturas que variam de 170-225°C e pressões parciais de oxigênio de 350-

700 kPa. A autogenia da reação é alcançada para teores de enxofre acima de 3%. A temperatura deve ser mantida acima de 160°C para garantir a oxidação irreversível de sulfeto a sulfato, evitando oclusão de ouro em enxofre (S).

- ◆ *Oxidação Química* ⁽⁵⁰⁾: a oxidação química pode ser realizada tanto à pressão atmosférica quanto sob pressão. A oxidação de minérios refratários por reagentes químicos pode ser efetuada por cloro, compostos de cloro (hipoclorito de sódio), ácido nítrico e outros. Não se conhece a utilização da oxidação química em escala industrial.

Existem outras alternativas ao beneficiamento de minérios de ouro que consistem na lixiviação direta do minério com condições ou reagentes especiais. Algumas delas são:

1- Processo "Carbon in leaching" (CIL): minérios contendo matéria carbonosa que apresentam leve efeito "preg-robbing" podem apresentar ganhos em recuperação metalúrgica pela utilização do processo CIL ^(26,51).

2- Utilização de reagentes alternativos: têm-se testado reagentes como a tiouréia, tiosulfato, brometo e iodeto como agentes lixiviantes de ouro ⁽¹³⁾.

2.4- A QUÍMICA DA CIANETAÇÃO

2.4.1- Termodinâmica das reações

O processo de lixiviação de minérios de ouro se baseia na capacidade do agente lixiviante formar um complexo estável com o ouro. A Tabela 2.4 mostra a grande estabilidade do complexo dicianoaurato de ouro em relação aos outros complexos do metal ^(3,35). Valores elevados das constantes de estabilidade, β , das reações de complexação indicam que, no equilíbrio, a concentração do complexo é muito superior à concentração dos reagentes (cátion metálico + ligante).

Tabela 2.4 - Constantes de estabilidade dos complexos de Au(I) ⁽³⁾

| Complexo | $\log \beta^1$ |
|--|----------------|
| $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ | 38 |
| $\text{Au}(\text{Tu})_2^+$ | 23,3 |
| $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ | 28,7 |
| $\text{Au}(\text{SCN})_2^-$ | 17,1 |
| AuBr_2^- | 12 |
| AuCl_2^- | 9 |

¹ β representa a constante de equilíbrio para a seguinte reação de complexação do metal: $\text{Au}^+ + n\text{C}^m = \text{Au}(\text{C})_n^{1-m}$;

Tu representa tiouréia, $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$.

A termodinâmica do sistema cianeto-água é apresentada na Figura 2.5. O diagrama Eh - pH mostra que a cianetação deve ser conduzida a $\text{pH} > 9,2$. Abaixo deste pH, a espécie predominante de cianeto é o gás cianídrico (HCN) de toxicidade elevada. Uma característica importante do íon cianeto é a meta-estabilidade do composto em meio aquoso ^(3,35). O íon cianeto é termodinamicamente instável. A espécie termodinamicamente estável em meio aquoso é o íon cianato (CNO^-). Isto explica o processo de degradação natural do

cianeto. A existência do íon cianeto em meio aquoso se deve à cinética lenta de oxidação de cianeto a cianato.

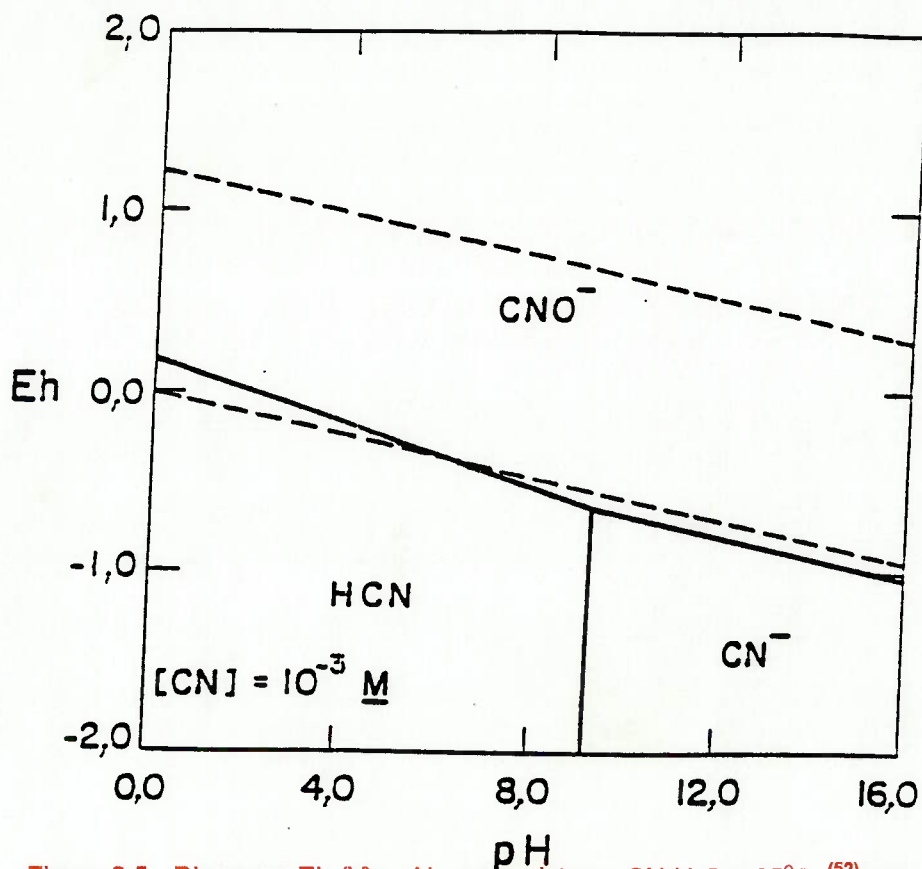


Figura 2.5 - Diagrama Eh (V) - pH para o sistema CN-H₂O a 25°C ⁽⁵²⁾ M= mol/l

A dissolução de ouro contido no minério pelo cianeto depende da oxidação de Au(0) a Au(I) e a estabilização deste último pelo complexante em solução. O diagrama Eh - pH do sistema Au-CN-H₂O é apresentado na Figura 2.6. O diagrama mostra que o complexo solúvel produzido na lixiviação, Au(CN)₂⁻, é estável em toda a faixa de pH. Industrialmente, o pH de cianetação é mantido acima de 9,2 devido à geração de gás cianídrico em pH < 9,2. Observa-se que as condições necessárias à oxidação do ouro são relativamente brandas na faixa alcalina de pH ^(53,54).

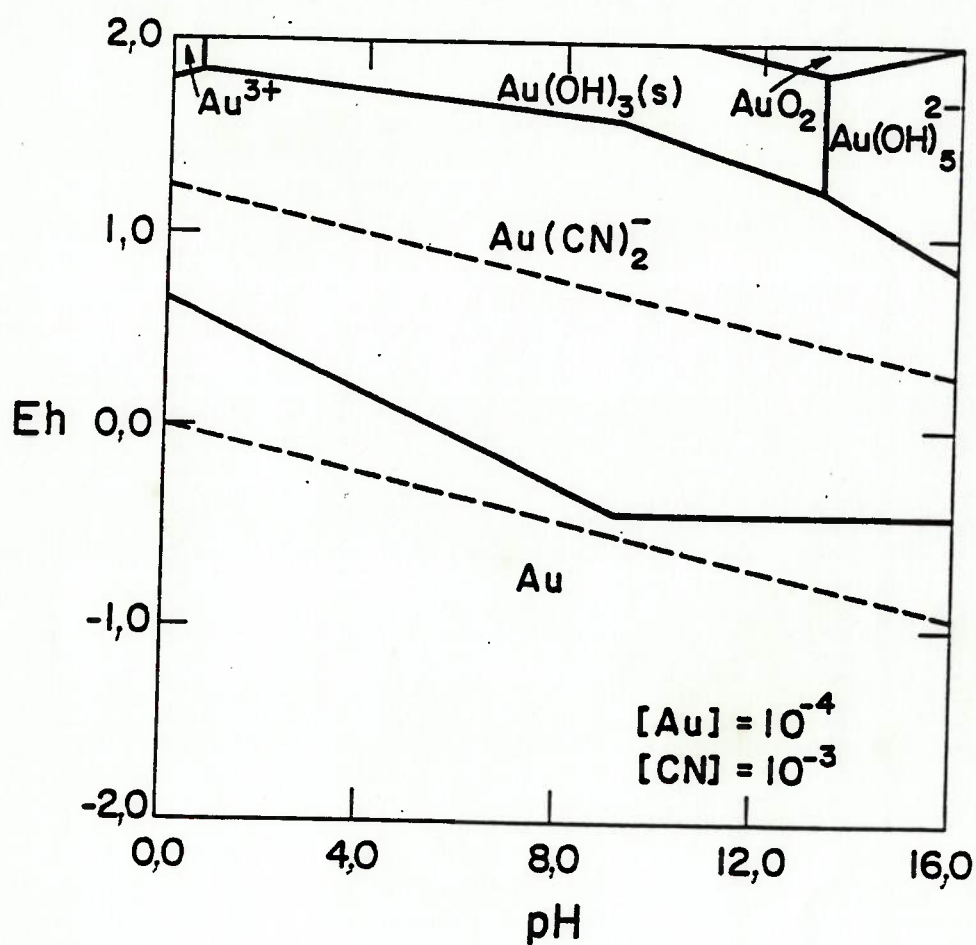


Figura 2.6- Diagrama Eh(V) - pH para o sistema Au-CN-H₂O a 25°C ⁽⁵²⁾
Concentrações em mol/l

A Tabela 2.5 mostra as constantes de estabilidade de alguns cianocomplexos de metal. Cianocomplexos de metal que apresentam constantes de equilíbrio superiores ao cianocomplexo de ouro são preferencialmente formados durante a reação de complexação (cianicidas) ⁽⁵⁵⁾.

Tabela 2.5 - Constantes de estabilidade de alguns cianocomplexos de metal ⁽⁵⁵⁾

| Íon Metálico | Complexo | log β^1 |
|------------------|-----------------------------------|---------------|
| Zn ⁺² | Zn(CN) ₄ ²⁻ | 16,7 |
| Ag ⁺ | Ag(CN) ₂ ⁻ | 21,1 |
| Au ⁺ | Au(CN) ₂ ⁻ | 38,3 |
| Cu ⁺ | Cu(CN) ₄ ³⁻ | 30,3 |
| Ni ⁺² | Ni(CN) ₄ ²⁻ | 31,3 |
| Fe ⁺² | Fe(CN) ₆ ⁴⁻ | 35,4 |
| Hg ⁺² | Hg(CN) ₄ ²⁻ | 41,5 |
| Fe ⁺³ | Fe(CN) ₆ ³⁻ | 43,6 |
| Co ⁺³ | Co(CN) ₆ ³⁻ | 64,0 |

¹ β representa a constante de equilíbrio para a seguinte reação de complexação do metal: $M^{+n} + mCN^- = M(CN)_m^{n-m}$;

Apesar das condições favoráveis de oxidação do ouro, a seletividade da dissolução do ouro por cianeto é pequena em relação a outros metais como o ferro e o cobre, que geralmente compõem os minerais de ganga em quantidades muito superiores ao teor do ouro ⁽⁵⁶⁾. Estes metais são também complexados com o cianeto e geram grande e indesejável consumo do lixiviante ^(7,54,55).

Os diagramas Eh - pH dos sistemas Fe-CN-S-H₂O e Cu-CN-S-H₂O são apresentados nas Figuras 2.7 e 2.8. Observa-se que, na faixa de pH de 10 a 12 (usinas normalmente operam nesta faixa de pH), os cianocomplexos solúveis (Cu(CN)₃⁻² e Fe(CN)₆⁻⁴) são estáveis termodinamicamente nas condições moderadamente oxidantes empregadas na cianetação do ouro. A composição destes complexos indica a extensão do consumo de cianeto provocada pela dissolução do cobre e ferro: 3 moles de CN⁻ para 1 mol de Cu e 6 moles de CN⁻ para 1 mol de Fe ^(7,53,54,56). A Figura 2.7 mostra que, em condições mais oxidantes (Eh mais elevado) é possível evitar o campo de predominância do cianocomplexo solúvel de ferro (Fe(CN)₆⁻⁴). Operar a lixiviação em uma "janela" em que haja predominância de FeOOH (s) e de Au(CN)₂⁻, significa reduzir o consumo de cianeto durante a lixiviação de minérios de ouro contendo ferro.

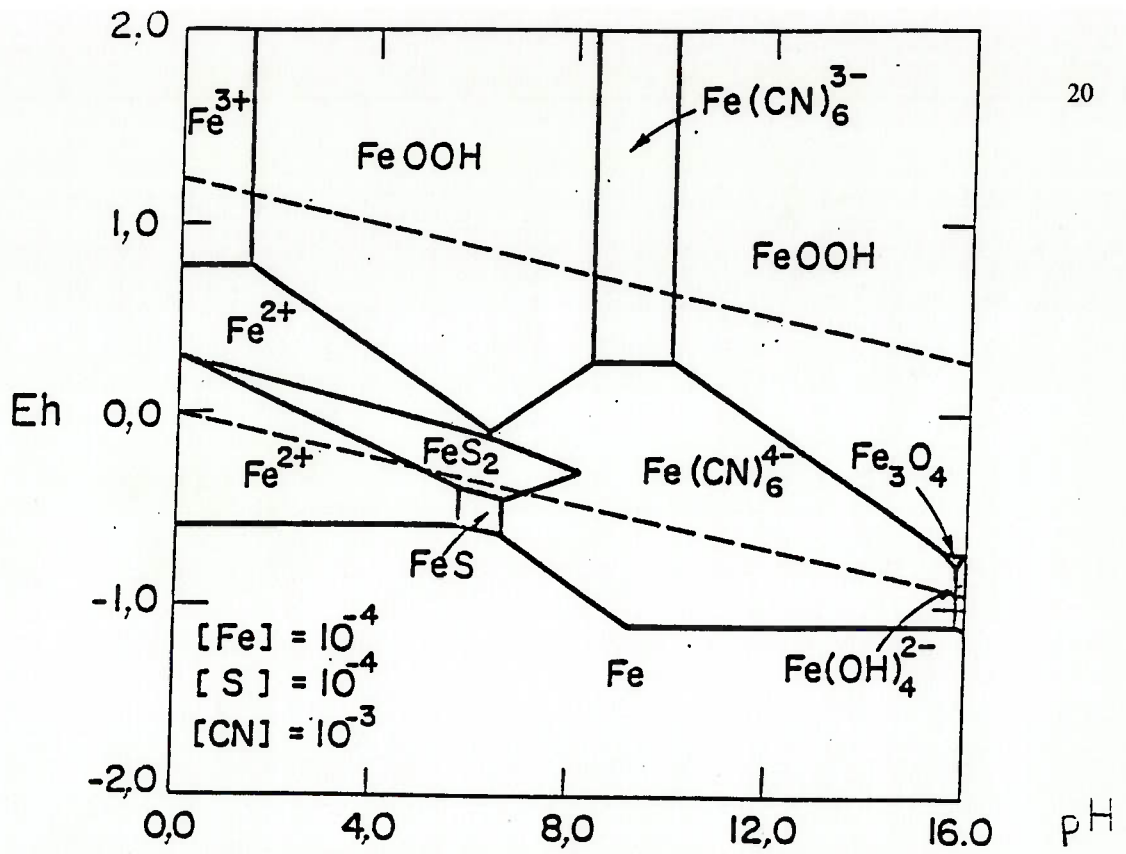


Figura 2.7 - Diagrama Eh(V)- pH para o sistema Fe-CN-S-H₂O a 25°C ⁽⁵²⁾

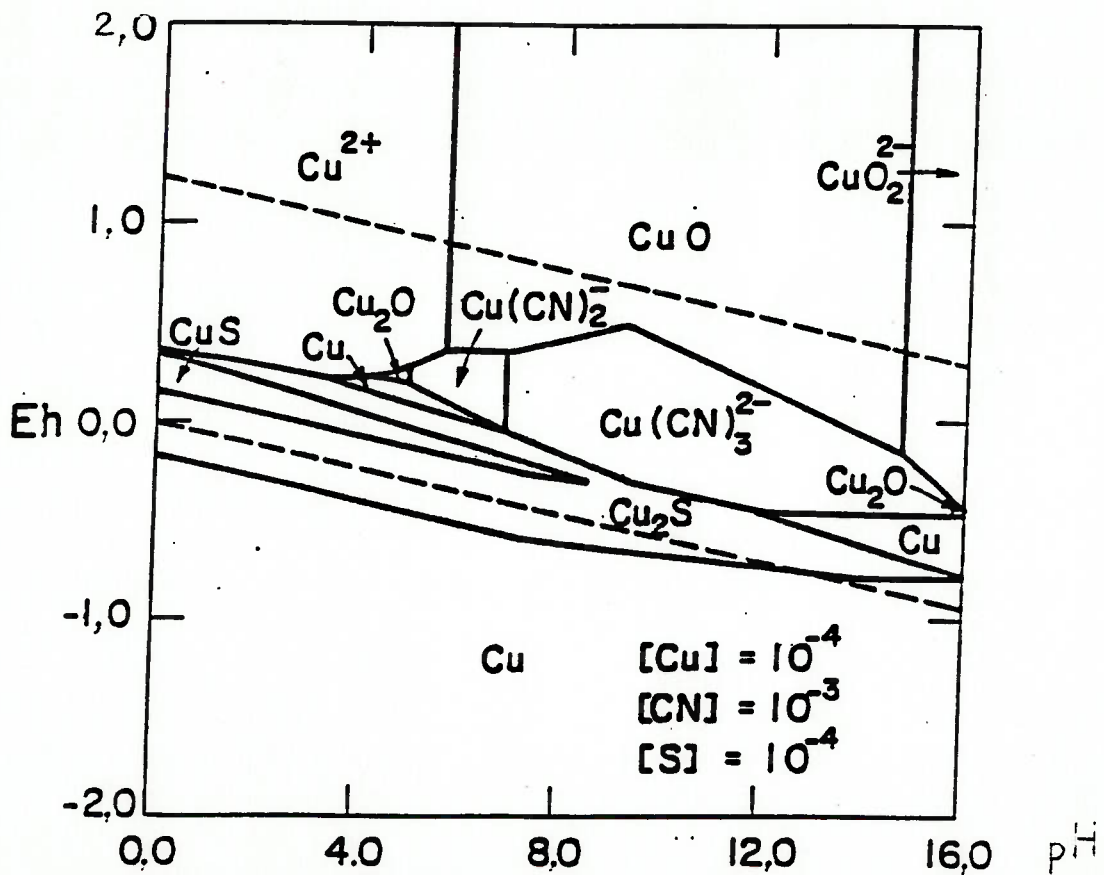


Figura 2.8- Diagrama Eh(V)-pH para o sistema Cu-CN-S-H₂O a 25°C ⁽⁵²⁾

2.4.2- Mecanismo de dissolução de ouro por cianeto

A dissolução do ouro em solução alcalina de cianeto é uma reação heterogênea que ocorre na interface sólido-líquido ^(3,20,57).

O mecanismo da reação de dissolução do ouro por cianeto foi estudado por Elsner, em 1846. Elsner verificou que o oxigênio atmosférico é essencial para a dissolução do ouro e propôs a seguinte reação química ^(5,6,8,29,58) :



Alguns anos depois, Bodlander sugeriu que a dissolução do ouro ocorreria em duas etapas com a formação de peróxido de hidrogênio como produto intermediário:



Na verdade, a equação (1) é a soma das equações (2) e (3).

Boonstra ⁽⁵⁵⁾ verificou que a dissolução de ouro em solução de cianeto é similar ao processo de corrosão de um metal no qual o oxigênio dissolvido é reduzido a H_2O_2 ou OH^- . Subsequentemente, muitos pesquisadores aceitaram o conceito de Boonstra e concluíram que o ouro dissolve-se anodicamente com liberação de elétrons e o oxigênio é reduzido catodicamente a íon hidroxila (OH^-). A Figura 2.9 mostra o conceito do mecanismo de transferência de elétrons do ouro sólido para o oxigênio dissolvido. O íon cianeto (CN^-) e o oxigênio (O_2) são adsorvidos na superfície do ouro no interior da camada limite de Nernst. A taxa de dissolução do ouro depende da taxa de difusão do oxigênio ou do cianeto na

camada limite. As equações de (4) a (9) representam o mecanismo eletroquímico simplificado da cianetação de ouro ^(55,59).

Reações anódicas:



Reações catódicas:



A soma das equações (6) e (9) reproduz a equação de Elsner.

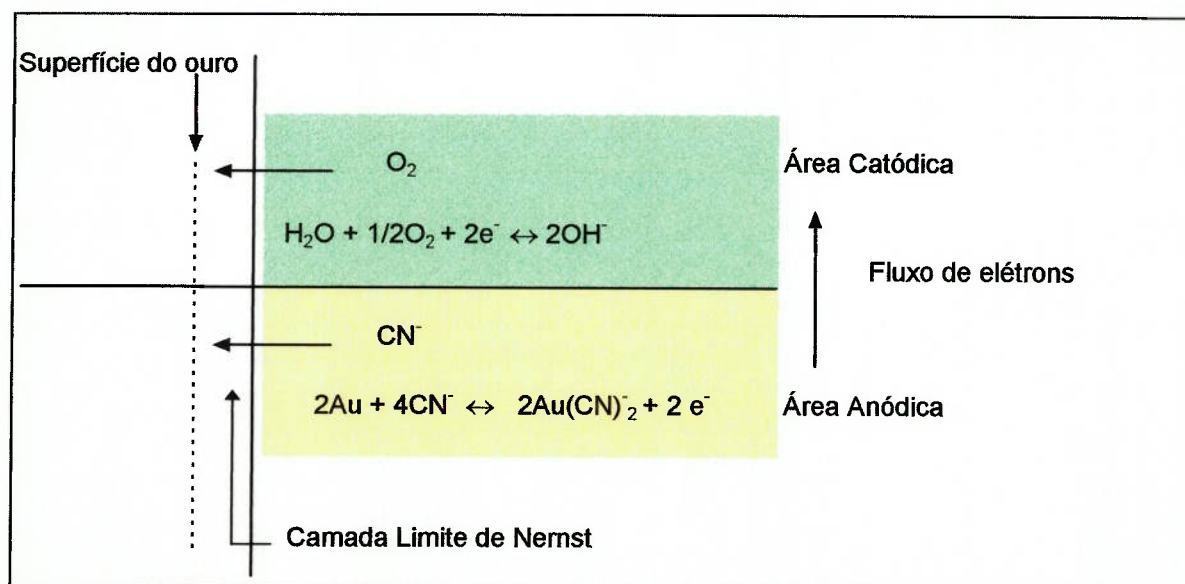
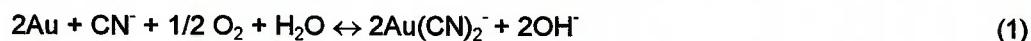


Figura 2.9. Mecanismo eletroquímico de dissolução de ouro em solução cianetada ⁽⁵⁵⁾

Um mecanismo mais detalhado da dissolução eletroquímica do ouro é proposto por MacArthur ⁽⁶⁰⁾ :

(a) adsorção de cianeto na superfície do ouro:



(b) extração eletroquímica de um elétron:



(c) combinação do produto intermediário adsorvido com outro íon cianeto:



2.4.3- Cinética de dissolução de ouro por cianeto

Alguns estudos da cinética de dissolução de ouro em sistema contendo cianeto são apresentados a seguir ^(3,20,55,59,61-65) :

♦ *Ouro puro - Habashi* ^(3,20,55,61) :

Para ouro puro lixiviado com solução cianetada, a velocidade de dissolução de ouro, segundo Habashi, pode ser expressa por:

$$\text{Velocidade} = \frac{2AD_{\text{CN}^-} \cdot D_{\text{O}_2} \cdot [\text{CN}^-] \cdot [\text{O}_2]}{d (D_{\text{CN}^-} \cdot [\text{CN}^-] + 4D_{\text{O}_2} \cdot [\text{O}_2])} \quad (13)$$

onde: $[\text{CN}^-]$ e $[\text{O}_2]$ são concentrações médias (mol/cm^3), D_{CN^-} e D_{O_2} são os coeficientes de difusão (cm^2/s), "A" é a área superficial do disco de ouro em contato com a fase aquosa (cm^2) e d é a espessura da camada limite de Nernst (cm).

Essa equação mostra que, a baixas concentrações de cianeto, a velocidade de dissolução de ouro depende primariamente dessa concentração, enquanto que, para altas concentrações de cianeto, a velocidade de dissolução do ouro depende, principalmente, da concentração de oxigênio. Na prática, é mais fácil manter alto nível de cianeto que alto nível de oxigênio dissolvido em solução. Portanto, a maioria das usinas opera a níveis de cianeto tais que a velocidade de dissolução do ouro depende do nível de oxigênio dissolvido ⁽⁶²⁾.

Os experimentos de Habashi ⁽⁶¹⁾ em laboratório indicaram que a etapa determinante da dissolução do ouro é a difusão de ions cianeto ou oxigênio dissolvido para a superfície do metal. A aplicação prática da equação de Habashi é dificultada pela necessidade de se estimar a área superficial das partículas de ouro expostas no minério, a espessura da camada limite de Nernst e o coeficiente de difusão.

◆ *Lixiviação em pilhas* ⁽⁶³⁾

A cinética de cianetação do processo de lixiviação em pilha foi estudada por Worstell ⁽⁶²⁾ que propõe, com base na equação (14), a seguinte velocidade para dissolução do ouro:



onde: (s) sólido e (aq) aquoso.

$$r[\text{Au}] = \frac{d[\text{Au(CN)}_2^-]}{dt} = k[\text{CN}^-]^4[\text{O}_2][\text{H}_2\text{O}]^2[\text{Au(s)}]^2 \quad (15)$$

e $[\text{Au(s)}]=1$ desde que ouro é sólido e $[\text{H}_2\text{O}]$ é constante e pode ser incorporada a

k'. A equação se reduz a :

$$r[\text{Au}] = K'[\text{CN}]^4[\text{O}_2]. \quad \text{onde } K' = k'[\text{H}_2\text{O}]^2 \quad (16)$$

A equação acima é derivada da equação de Elsner [equação (1)] e mostra que a dissolução do ouro é grandemente afetada pela concentração de cianeto ($[\text{CN}]^4$).

A velocidade de dissolução de ouro decresce com a altura da pilha devido ao consumo de oxigênio e à dissolução de contaminantes ao longo da pilha ^(62,63). A Carlin Gold Mining Co., Nevada, uma subsidiária da Newmont Mining Corp., produz ouro por lixiviação em pilha. As pilhas possuem 85 m de comprimento por 49 m de largura por 3 m de altura contendo 16 000 t de minério de ouro. Velocidades de dissolução de ouro 29% superiores e tempo de processamento de 32 dias (comparado a 45 dias para o caso de não injeção de ar na pilha) foram verificados para pilhas lixiviadas com solução saturada de oxigênio ⁽⁶³⁾.

♦ *Lixiviação em tanques agitados* ^(64,65)

A velocidade de dissolução de ouro em solução cianetada pode ser descrita pela equação de velocidade de primeira ordem ⁽⁶⁴⁾ :

$$dC/dt = -k (C-C_I) , \quad (17)$$

onde C é a concentração de ouro (g/t) no sólido no tempo t (horas), k é a constante de velocidade (h^{-1}) e C_I a concentração de ouro (g/t) no resíduo de lixiviação a um tempo teoricamente infinito. Após integração da equação e

assumindo os limites de $C=C_0$ em $t=0$ e $C=C$ em $t=t$, resulta:

$$E = E_i (1 - e^{-kt}), \quad (18)$$

$$E = (C_0 - C)/C_0 \text{ e } E_i = (C_0 - C_i)/C_0$$

onde E é a extração de ouro (%) no tempo t (horas), E_i é a extração máxima de ouro (%) e k é a constante de velocidade (h^{-1}).

Ensaio de cianetação de três diferentes minérios de ouro em escala de laboratório resultaram em erro médio inferior a 3% com a aplicação da equação de primeira ordem, comparada com os dados experimentais ⁽⁶⁴⁾.

Estudos de cinética de dissolução de ouro por cianeto em minérios executados por Liu et alii ⁽⁶⁵⁾ mostram que o ajuste dos dados cinéticos à equação de primeira ordem não é adequado. A velocidade de extração de ouro depende da granulometria e da composição mineralógica do minério, além das concentrações de cianeto e oxigênio. A equação (18) foi modificada para se obter melhor ajuste dos dados experimentais ao modelo, cujo erro médio determinado foi de 1%.

$$E = E_i (1 - \gamma e^{-kt}), \quad (19)$$

onde E é a extração de ouro (%) no tempo t (horas), E_i é a extração máxima de ouro (%) e k e γ são constantes ⁽⁶⁵⁾.

As constantes E_i , k e γ são determinadas através de algoritmo. Com base nos dados experimentais de $E_{\text{observado}}$ e t estima-se E_i , k e γ . Estes valores são substituídos na equação (19) e obtém-se o $E_{\text{calculado}}$. O processo iterativo continua até que a soma quadrática do erro $((E_{\text{observado}} - E_{\text{calculado}})^2)$ seja mínima. A constante γ é muito sensível às concentrações de cianeto e oxigênio. À medida

que os níveis de cianeto e oxigênio aumentam, o valor de γ decresce ⁽⁶⁵⁾. Quando $\gamma = 1$, a equação (19) é idêntica à equação (18). A equação (18) é, portanto, um caso limite da equação (19).

2.4.4- Interferências dos constituintes do minério

As principais interferências no beneficiamento de minérios de ouro por lixiviação alcalina de cianeto são a presença de matéria carbonosa e a dissolução de minerais de ganga contendo ferro, cobre, arsênio, antimônio e/ou chumbo.

♦ **Matéria Carbonosa** ^(6,9,10,26,29,66,67) : com o objetivo de investigar como a presença de matéria carbonosa afeta a cianetação de minérios oxidados de ouro, o *Bureau of Mines* conduziu uma série de experimentos de cianetação com minérios de diferentes conteúdos de matéria carbonosa ⁽²⁶⁾. Os resultados são apresentados na Figura 2.10.

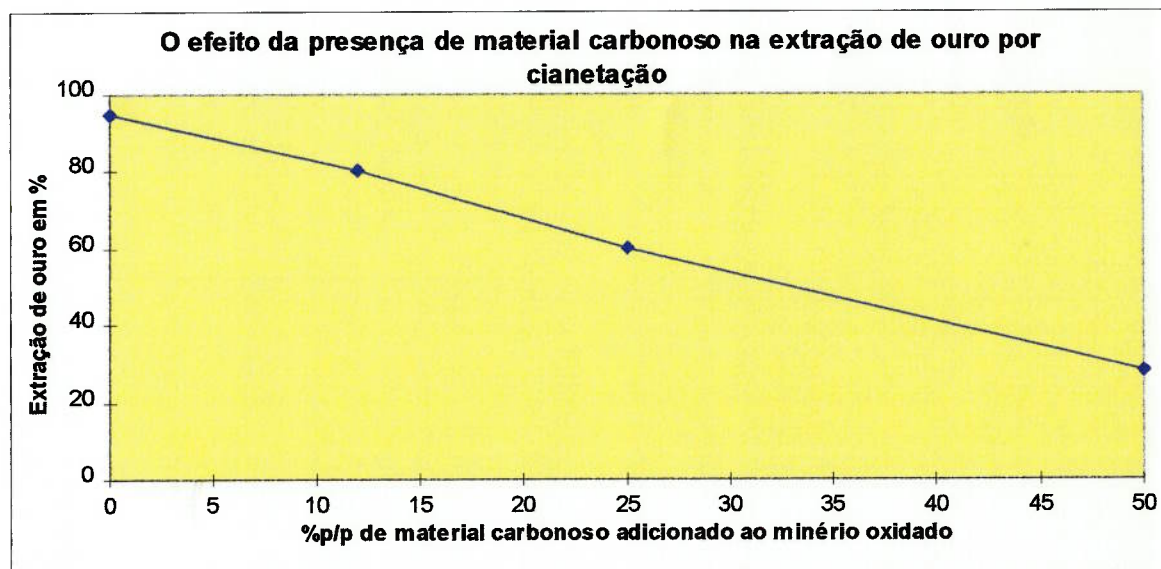


Figura 2.10 - Efeito da presença de matéria carbonosa na cianetação de ouro ⁽²⁶⁾

A extração de ouro decresce linearmente à medida que o conteúdo de matéria carbonosa aumenta, devido à adsorção do complexo ouro-cianeto pelo carbono durante a cianetação (efeito "preg-robbing")⁽¹⁰⁾.

A técnica de mascarar o carbono ativo mediante a adição de querosene ou outro produto de petróleo mostra-se parcialmente efetiva, dependendo do minério. Adição de resina aniônica ou carvão ativado granulado durante a cianetação compete pelo complexo de $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ e geralmente melhora a extração de ouro^(11,12,51,68,69) para baixos conteúdos de matéria carbonosa ativa.

A possibilidade de que certas matérias carbonosas contenham o ouro aprisionado em uma forma que não se encontra disponível para a cianetação (o ouro apresenta-se na forma de composto orgânico (ácido húmico-ácido carboxílico de cadeia longa)) foi provada, desde que compostos orgânico-ouro foram isolados dos minérios contendo matéria carbonosa da "Carlin Gold Mine"-USA⁽²⁶⁾.

A matéria carbonosa pode ser removido por ustulação do minério antes da cianetação^(35,48) ou por oxidação química⁽⁵⁰⁾, sendo este último menos utilizado.

◆ **Minerais de ganga**^(3,6,20,55,62,70,71,72).

◇ **sulfetos e óxidos de ferro** comumente estão presentes em minérios de ouro. A pirita (FeS_2) é o mineral de sulfeto mais comum que ocorre em minérios de ouro mas raramente interfere na cianetação. A marcassita (FeS_2) e a pirrotita (Fe_5S_6) são os minerais mais reativos^(3,6,20).

Os sulfetos de ferro, quando reagem com cianeto, formam cianocomplexos de ferro e sulfetos solúveis (S^{2-}) (equação (20)). Além disso, o íon sulfeto reage com cianeto na presença de oxigênio e forma tiocianato (equação (21)) ⁽⁵⁵⁾:



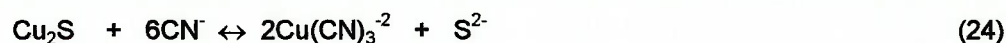
Quando minerais de sulfetos estão presentes em minérios de ouro, a dissolução do ouro pode ser afetada de várias maneiras. Na primeira, sulfetos solúveis gerados pela dissolução do mineral reagem com o ouro e formam uma película passivadora, que diminui a velocidade e a extensão da lixiviação. Em outra, um par dinâmico de redução forma-se na superfície mineral do sulfeto, que resulta na oxidação de grãos de ouro, com formação de película não porosa de cianeto de ouro favorecendo a passivação ⁽⁶²⁾.

Os íons sulfeto são consumidores de oxigênio, além de cianídeos e podem ser oxidados através de pré-aeração intensiva da polpa a tiosulfato e sulfato (equações (22) e (23)), reduzindo assim o consumo de cianeto durante a lixiviação de minérios sulfetados de ouro ⁽⁵⁵⁾:

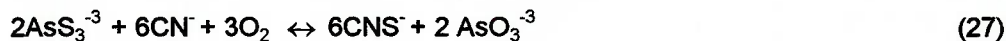
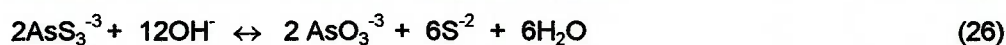
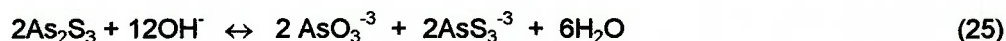


◇ a maioria dos **minerais de cobre** são altamente solúveis em solução de cianeto, exceto a calcopirita que apresenta solubilidade limitada (5,6%) ^(6,20,54). O cobre forma vários tipos de complexos com o cianeto [$Cu(CN)_2^-$, $Cu(CN)_3^{2-}$, $Cu(CN)_4^{3-}$] e, é portanto, um dos maiores consumidores de cianeto (Figura 2.8). Entre estes complexos de cobre, o tricianocomplexo é o mais importante. O cobre passa por todos os estágios do tratamento do ouro, estando presente, até mesmo no "bullion" ⁽⁵⁵⁾.

Os sulfetos de cobre (por exemplo Cu_2S :calcosita) quando reagem com cianeto, formam cianocomplexos de cobre e sulfetos solúveis (S^{2-}) (62):

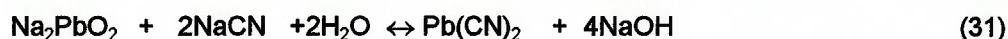
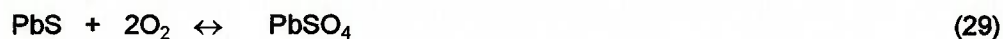


◇ **Arsênio e antimônio** ocorrem em minérios de ouro na forma de arsenopirita (FeAsS), realgar (As_2S_2), ouro-pigmento (As_2S_3) ou estibinita (Sb_2S_3). A arsenopirita é um dos minerais mais comuns em minérios de ouro. Os minérios arsenopiríticos podem ser cianetados após moagem. Geralmente a arsenopirita não interfere no processo de cianetação de ouro, a menos que o ouro esteja finamente disseminado ou fisicamente aprisionado no mineral (62,70,71). Quimicamente, realgar e ouro-pigmento são mais reativos que a arsenopirita, especialmente acima de pH 10, quando vários produtos de oxidação são formados:



As reações com a estibinita são essencialmente as mesmas apresentadas acima. Essas reações indicam que minerais de arsênio e antimônio são consumidores de cianeto e oxigênio. Alguns produtos de oxidação, tais como tioarsenitos (AsS_3^{-3}), tioantimonitos (SbS_3^{-3}) e tioantimoniatos (SbS_4^{-3}) podem formar película passivadora sobre o ouro. Como consequência, a taxa de cianetação diminui consideravelmente. O efeito adverso desses minerais pode ser minimizado ou eliminado através de pré-aeração da polpa a ser lixiviada, seguida de cianetação a baixa alcalinidade (55,72).

◇ Entre os vários **minerais de chumbo**, a galena (PbS) é o mais comumente encontrado em minérios de ouro. A galena é pouco reativa com cianeto, mas frequentemente sofre oxidação superficial com a formação de sulfato de chumbo (PbSO₄). Este, em solução altamente alcalina, pode formar plumbato solúvel, o qual pode reagir com o cianeto formando cianeto de chumbo básico, fracamente solúvel ⁽⁶⁵⁾:



Minérios contendo anglesita (PbSO₄) devem ser cianetados a baixa alcalinidade para evitar a formação de plumbatos de chumbo.

◇ A maioria dos **minerais de zinco** são solúveis em solução de cianeto. Entre os minerais de zinco, a esfalerita (ZnS) frequentemente está presente no minério de ouro. A esfalerita reage com cianeto e forma cianocomplexo de zinco solúvel em água [Zn(CN)₄⁻²] e íon sulfeto (S⁻²). A constante de estabilidade do cianocomplexo de zinco é bem menor que o do cianocomplexo de ouro (Tabela 2.5). Conseqüentemente este serve como fonte de cianeto para a cianetação do ouro, não sendo significativo o efeito adverso da presença de zinco em minérios de ouro.

2.4.5- O Efeito das Variáveis de Processo

Com o objetivo de melhorar o processamento de minérios de ouro, o efeito de muitas variáveis de processo vem sendo estudado. Os resultados têm sido diversos, dependendo das condições de operação e da composição mineralógica dos minérios de ouro.

A reação global de cianetação do ouro (equação (1)) sugere que a velocidade de dissolução do ouro é dependente das concentrações de cianeto e de oxigênio. Outros fatores são o pH, o tamanho da partícula de ouro, a concentração de sólidos na polpa, a agitação e a temperatura.

♦ *Concentração de cianeto*

Normalmente, as fontes de cianeto são: NaCN, KCN ou Ca(CN)₂. A velocidade de formação do complexo dicianoaurato [Au(CN)₂]⁻ depende principalmente da concentração de cianeto (CN⁻) e de oxigênio (O₂) na interface de reação (velocidade de difusão)^(55,67), conforme indicado na equação (13).

A concentração ótima de cianeto depende da mineralogia do minério e deve ser determinada para cada material individualmente. Níveis comumente utilizados são 0,05-0,2% de NaCN. Recomenda-se o uso de baixas concentrações de cianeto na lixiviação de minérios de ouro devido a menores custos operacionais envolvidos e ao menor consumo de cianeto devido à dissolução de impurezas^(20,72-74).

♦ *Concentração de oxigênio dissolvido*

A presença de oxigênio é necessária para propiciar a oxidação do ouro antes de sua complexação com o ânion cianeto.

O ar é comumente utilizado como oxidante na lixiviação de minérios de ouro devido à sua alta disponibilidade, baixo preço e menor agressividade quando comparado a outros oxidantes químicos (oxigênio puro, H₂O₂, Na₂O₂, CaO₂, KMnO₄, Cl₂, Br₂)^(6,20,55).

Geralmente, a velocidade de oxidação é muito mais alta quando se utilizam peroxidantes, comparada ao uso de ar, devido à geração de oxigênio atômico reativo (produto intermediário H_2O_2) ^(55,65,75).



A cinética inicial de lixiviação aumenta e as perdas de ouro lixiviável diminuem com o aumento do nível de oxigênio na polpa ^(3,6,20,55,62,65,70).

A primeira aplicação da lixiviação peróxido-assistida (PAL) a minérios sulfetados de ouro ocorreu na Mina de Fairview, em 1987, e as usinas que operam atualmente o processo PAL têm verificado possibilidade de aumento de recuperação metalúrgica, redução dos tempos de lixiviação e minimização das perdas de cianeto ^(76,77).

◆ *Efeito do pH*

Alcalinidade alta (pH 10 a 12) da solução cianetada é um fator importante para manter a máxima concentração de cianeto durante a lixiviação ^(3,20,62,65). A cal (CaO) é o insumo mais utilizado para manter a alcalinidade da polpa cianetada. Apresenta as vantagens quando, comparada ao NaOH ou KOH , de possuir baixo preço, agir como coagulante em operações de espessamento e filtragem e remover íons CO_3^{-2} e HCO_3^- como precipitados ⁽⁵⁵⁾.

O efeito prejudicial em pH alto (maior dissolução de impurezas) deve ser estudado em termos de fatores mineralógicos. A maioria das usinas opera entre pH 10,5 e 12 ^(55,70).

◆ *Efeito do tamanho da partícula*

A velocidade de cianetação de ouro depende da área da partícula de ouro realmente disponível (acessível) à reação química ^(5,55). Obviamente, partículas menores requerem tempos de dissolução do ouro menores. Partículas maiores que 74 μm são, geralmente, separadas por densidade, enquanto que, para tamanhos de partícula entre 45 μm e 74 μm , é necessário um tempo de residência total na cianetação entre 30 e 48 horas. Formas irregulares (não esféricas) e partículas de ouro parcialmente expostas requerem tempos de residência maiores ^(55,62,65).

◆ *Efeito da concentração de sólidos na polpa*

Quanto mais diluída a polpa, maior é o contato entre o ouro e o agente lixiviante (cianeto) e maior a taxa de solubilização do metal ⁽⁶⁵⁾. O inconveniente de polpa diluída é a necessidade de tubulações de diâmetro maior, tanques de agitação, bombas, filtros e clarificadores maiores. Normalmente, a concentração de sólidos em polpas a serem cianetadas varia de 45 a 52%, em peso ⁽⁶⁵⁾.

◆ *Efeito da agitação*

A velocidade de cianetação de ouro é dependente da difusão de cianeto (CN^-) e de oxigênio (O_2) através da camada limite de Nernst (Figura 2.9). Portanto, o aumento da agitação, diminui a espessura da camada limite e conseqüentemente favorece a difusão dos reagentes ^(55,65).

◆ *Efeito da temperatura*

A energia de ativação de solubilização de ouro em solução cianetada varia entre 2 a 5 kcal /mol, que é típica de um mecanismo de controle por

difusão ⁽⁶¹⁾. A velocidade de cianetação de ouro aumenta com o aumento de temperatura até 85°C. Acima desta temperatura, a taxa de cianetação de ouro diminui devido ao decréscimo da solubilidade do oxigênio (2 mg a 3 mg/l água a 85 °C), aumento da reatividade química de minerais de ganga (Fe, Cu, As, Sb, Zn, S, Hg, etc.) ^(61,70) e decomposição do cianeto ^(73,74).

◆ *Efeito do tempo de residência*

A polpa deve permanecer em contato com a solução de cianeto durante o tempo necessário para que ocorra a solubilização do ouro presente no minério, assegurando o alcance da recuperação desejada. O tempo de residência está intimamente relacionado com a cinética de extração do ouro, que varia de acordo com as características do minério e com as condições operacionais do circuito de cianetação ^(64,67,78,79). O tempo de residência na etapa de cianetação normalmente varia entre 30 e 48 horas ⁽⁵⁵⁾.

2.4.6- Diagnóstico de Lixiviação

Análises detalhadas de rejeitos de cianetação de minérios de ouro têm mostrado que a eficiência da lixiviação pode ser melhorada significativamente. Os métodos convencionais de caracterização mineralógica não são capazes de quantificar as inclusões e associações do ouro devido aos baixos teores envolvidos. Uma ferramenta analítica desenvolvida pelos *Anglo American Research Laboratories* permite examinar o comportamento de ouro em minérios ou qualquer tipo de produto da usina e é conhecida como Diagnóstico de Lixiviação ⁽⁸⁰⁾.

As informações do Diagnóstico de Lixiviação podem ser usadas para projetar fluxogramas metalúrgicos, resolver problemas em uma usina existente e/ou avaliar o efeito de vários reagentes no desempenho de uma usina ^(80,81).

A técnica do Diagnóstico de Lixiviação combina lixiviações sequenciais seletivas de um mineral, concentrado, produto intermediário, rejeito ou entre estágios da cianetação. O processo varia de acordo com a mineralogia da matriz e destrói sequencial e seletivamente os minerais associados ao ouro. Ácido diluído e lavagens com cianeto entre estágios podem também ser utilizadas para destruir depósitos de superfície ⁽⁸²⁾.

As análises químicas para a determinação da concentração de ouro no sólido e em solução são realizadas, normalmente, pelo método clássico de Fusão/Copelação e Espectrofotometria de Absorção Atômica ou Plasma-ICP, respectivamente ⁽⁸³⁻⁸⁶⁾.

Na Tabela 2.6 são apresentadas algumas relações entre os estágios de pré-tratamento que compõem o diagnóstico de lixiviação e os minerais que provavelmente serão destruídos ⁽⁸⁰⁾.

Tabela 2.6 - Estágios importantes de Diagnóstico de Lixiviação ⁽⁸⁰⁾

| Estágio de pré-tratamento | Prováveis minerais a serem destruídos |
|-----------------------------------|---|
| 1- Lavagem NaCN | - Ouro precipitado |
| 2- NaCN | - Ouro cianetável |
| 3- HCl | - Pirrotita, Calcita, Dolomita, Galena, Hematita, Goetita, Carbonato de cálcio, Ferritas. |
| 4- H ₂ SO ₄ | - Uraninita, Esfalerita, Sulfetos de cobre, Sulfetos de metal básico. |
| 5- HNO ₃ | - Pirita, Arsenopirita, Marcassita. |
| 6- HF | - Silicatos. |
| 7- Eluição com acetonitrila | - Ouro adsorvido em carbono |

2.5- ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

2.5.1- O carvão ativado utilizado na indústria do ouro

Carvão ativado é um termo genérico de uma ampla gama de materiais à base de carbono preparados para exibir elevada porosidade e grande área superficial, conferindo ao carvão alta atividade de superfície. A maioria dos carvões comercialmente disponíveis apresentam área superficial da ordem de 800 a 1200 m²/g, constituída predominantemente de microporos com diâmetros efetivos menores que 2 nm. A distribuição do tamanho dos poros depende do tipo de matéria-prima utilizada e do método de fabricação do carvão ativado ⁽⁸⁷⁾.

Os carvões ativados utilizados na adsorção de ouro são normalmente ativados entre 700 e 800°C e apresentam propriedades ácidas e básicas. Essas propriedades são consistentes com a presença de ácidos carboxílicos e grupos fenólicos na superfície do carvão, além de grupos peróxido e quinonas ^(87,88).

O carvão ativado pode ser produzido a partir de várias matérias-primas como casca de coco, carvão betuminoso, antracito, coque de petróleo, linhito e turfa. A composição elementar típica de carvão ativado é 87% C, 0,5% H, 0,5% N, 1% S, 5% O e 6% cinza. Contudo, estes valores não podem servir como especificação da qualidade do carvão ativado: a caracterização física e capacidade de adsorção devem ser determinadas ⁽⁸⁹⁾.

O carvão adequado a ser utilizado em processos de recuperação de ouro deve possuir características específicas, dentre as quais se podem destacar ⁽⁹⁰⁾.

- elevada cinética de adsorção de espécies em fase líquida (velocidade de extração de ouro) e capacidade de carregamento;

- resistência à abrasão, para garantir um consumo específico do carvão ativado em limites aceitáveis (em geral, 50 g carvão/tonelada de minério processada). Esta característica ou propriedade é particularmente importante nos circuitos CIL e CIP com o objetivo de minimizar as perdas decorrentes da geração de finos ^(87,90,91).

A avaliação das características dos carvões ativados consiste em determinar as propriedades físicas e físico-químicas tais como: resistência à abrasão, distribuição granulométrica, área superficial (adsorção de nitrogênio segundo modelo BET, índice de iodo ou adsorção de tetracloreto de carbono), capacidade de carregamento e cinética de adsorção. Esse tipo de avaliação é imprescindível considerando-se que um carvão inadequado causa queda na eficiência do processo de produção, acarretando perda de ouro solúvel e adsorvido em partículas finas de carvão. O aumento do consumo específico de carvão devido à abrasão eleva os custos operacionais ^(87,90,92). As técnicas utilizadas para determinação dessas propriedades estão descritas em normas ASTM (*American Society for Testing and Materials - Test Methods for Activated Carbon*).

As perdas médias do carvão ativado Le Carbone-G210 AS em usinas, após vários anos de operação, são apresentadas na Tabela 2.7 ⁽⁹⁰⁾:

Tabela 2.7 - Perdas de carvão LE CARBONE em usinas com vários anos de operação ⁽⁹⁰⁾

| CIP | tipo de minério | toneladas de minério tratadas por mês | perdas de carvão fino(g) por tonelada de minério processado |
|------------|-----------------|---------------------------------------|---|
| 7 estágios | calcinado | 30 000 | 32 g/t |
| 5 estágios | minério | 55 000 | 45 g/t |
| 7 estágios | calcinado | 18 000 | 28 g/t |
| 5 estágios | pirita | 300 000 | 20 g/t |

No Brasil, a indústria de carvão ativado, apesar de ter tradição na produção desta matéria-prima para outros fins, vem se esforçando na tentativa de adequar o produto à indústria de ouro. Entretanto, a concorrência com o produto importado ainda é grande, pois este, além de apresentar qualidade melhor, pode ser adquirido a preços competitivos com os dos produtos nacionais ⁽⁸⁷⁾.

2.5.2- Características do Processo de Adsorção

O interesse metalúrgico da utilização do carvão ativado para a recuperação de metais preciosos é conhecido desde 1880, quando Davis patenteou o processo para adsorção de ouro em soluções cianetadas ^(88,93,94). A queima do carvão carregado para a recuperação do metal elevava muito os custos de produção do ouro e não competia com o processo Merrill-Crowe.

O desenvolvimento de processos eficientes de eluição do ouro e de reativação do carvão tornou o processo de adsorção em carvão ativado mais atrativo, sendo preferencialmente utilizado em detrimento do método de precipitação com zinco metálico ⁽⁹⁵⁻¹⁰¹⁾. O processo consiste, inicialmente, na adsorção em carvão ativado do complexo $\text{Au}(\text{CN})_2^-$, formado durante a cianetação da polpa. Em seguida, o carvão ativado é separado por peneiramento e enviado para eluição com solução de cianeto de sódio e hidróxido de sódio. Existem variações operacionais relativas à concentração destes reagentes, temperatura e pressão na etapa de eluição. A solução concentrada segue para a eletrorecuperação. A primeira usina em escala industrial utilizando carvão ativado foi instalada na Homestake, Dakota, nos Estados Unidos, em 1973 ⁽⁸⁸⁾.

O processo de adsorção do complexo dicianoaurato ($\text{Au}(\text{CN})_2^-$) em carvão ativado apresenta vantagens quando comparado ao processo "Merrill-Crowe", tais como: a adsorção do ouro é menos afetada pelas impurezas comumente presentes no licor de lixiviação, dispensa operações de clarificação e

filtragem, a perda de ouro solúvel é significativamente menor e o processo é adequado a minérios de baixo teor ⁽³⁾.

A etapa de adsorção em carvão ativado pode ser conduzida pelos processos:

1- *CIC (Carbon in Column)*: a solução clarificada, proveniente da lixiviação em pilha ou em tanques agitados, alimenta uma série de colunas contendo carvão ativado;

2- *CIP (Carbon in Pulp)* ⁽⁹⁵⁻¹⁰¹⁾: contato da polpa já cianetada com carvão ativado, normalmente em fluxo contra-corrente.

3- *CIL (Carbon in Leaching)* ^(68,69): a adsorção se realiza juntamente com a cianetação e é indicada para minérios que contêm material carbonoso.

A adsorção de substâncias em carvão ativado ocorre devido ao desbalanceamento de forças sobre os átomos de carbono presentes na superfície do carvão, um fenômeno inerente a toda superfície. Com o objetivo de minimizar este desbalanceamento, moléculas em fase aquosa ou gasosa são atraídas e adsorvidas na superfície. A adsorção superficial, sem considerar a energia de interação, deve sempre ocorrer com uma variação negativa da energia livre do sistema (ΔG), além do decréscimo de entropia (ΔS) que, de acordo com a equação abaixo ⁽⁹³⁾ :

$$\Delta H = \Delta G + T \Delta S \quad (34)$$

resulta em variação negativa da entalpia (ΔH). Portanto, a adsorção é, geralmente, é um processo exotérmico.

Os fatores que influenciam o processo de adsorção de ouro em carvão ativado são:

- ◆ *tipo de matéria-prima*: carvões ativados provenientes de várias fontes de matéria-prima apresentam propriedades químicas e físicas diferenciadas que afetam a taxa de adsorção e a capacidade de carregamento ⁽⁹⁰⁾.
- ◆ *granulometria do carvão*: apesar da distribuição granulométrica do carvão ter grande efeito sobre a área da superfície externa, isto representa muito pouco frente à área superficial total devido à estrutura de poros internos existente. Deve-se utilizar o carvão ativado em uma faixa estreita de tamanhos de forma a minimizar as perdas decorrentes da geração de finos.
- ◆ *agitação*: favorece a velocidade de adsorção, uma vez que a maioria dos sistemas de adsorção em carvão ativado opera fora da condição de equilíbrio, abaixo da máxima capacidade de carregamento, onde a velocidade de adsorção é dependente da difusão na interface sólido-líquido ⁽⁶⁾.
- ◆ *concentração de sólidos*: a velocidade de adsorção decresce com o aumento da densidade de polpa ⁽⁶⁾.
- ◆ *temperatura*: a velocidade de adsorção de ouro em carvão ativado aumenta com o aumento de temperatura, enquanto que, a capacidade de carregamento decresce com o aumento da temperatura ⁽⁶⁾.
- ◆ *concentração de ouro em solução*: a velocidade de adsorção e o carregamento aumentam com o aumento da concentração de ouro em solução ⁽⁶⁾. Entretanto, para soluções de ouro diluídas, o processo de adsorção não é influenciado pela variação da concentração de ouro ⁽¹⁰²⁾.
- ◆ *concentração de cianeto*: a velocidade de adsorção e a capacidade de carregamento diminuem com o aumento da concentração de cianeto em solução. Isto é atribuído ao aumento da competição das espécies de cianeto livre por sítios de adsorção do carvão.

Entretanto, a seletividade de adsorção de complexos de ouro em relação a complexos de outros metais aumenta com o aumento da concentração de cianeto em solução ⁽⁶⁾.

- ◆ *pH da solução*: o aumento do pH diminui a taxa de adsorção e a capacidade de carregamento do ouro no carvão ⁽⁶⁸⁾. A diminuição do pH é limitada em 9,2 devido à formação de gás cianídrico.
- ◆ *a natureza das espécies presentes*: a capacidade do carvão ativado adsorver complexos de ouro segue a seguinte sequência: $\text{AuCl}_4^- > \text{Au}(\text{CN})_2^- > \text{Au}(\text{SCN})_2^- > \text{Au}[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]_2^+ > \text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{-3}$. A capacidade de carregamento de ouro no carvão aumenta com o aumento da concentração de cátions em solução na seguinte ordem: $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{H}^+ > \text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+$, mas decresce com o aumento da concentração de ânions na seguinte ordem: $\text{CN}^- > \text{S}^{-2} > \text{SCN}^- > \text{SO}_3^{-2} > \text{OH}^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ ^(6,93).

A energia de ativação para a adsorção de ouro em carvão ativado é estimada em 11 kJ/mol, típica de mecanismo de controle por difusão ⁽⁶⁾.

A velocidade de adsorção de ouro em carvão ativado pode ser descrita por uma equação de velocidade de primeira ordem ^(93,102,103):

$$\ln ([\text{Au}]_{\text{so}} / [\text{Au}]_{\text{s}}) = k \cdot t \quad (35)$$

onde $[\text{Au}]_{\text{s}}$ = concentração de ouro em dado tempo t , $[\text{Au}]_{\text{so}}$ = concentração inicial de ouro em solução e k = constante de velocidade. Para tempos de adsorção inferiores a 4 horas obtém-se um ajuste satisfatório dos dados experimentais à equação de velocidade de primeira ordem. Para tempos de adsorção maiores, outra equação de velocidade que relaciona fração reagida com o tempo tem sido proposta ⁽¹⁰²⁾.

A capacidade de carregamento de ouro em carvão ativado é normalmente determinada empiricamente pela utilização da isoterma de Freundlich ⁽⁶⁾:

$$q = K C^n \quad (36)$$

$$\text{isto é: } \log q = \log K + n \log C \quad (37)$$

onde: q = massa de adsorvido (mg) / massa de adsorvente (g); K = capacidade de carregamento no equilíbrio (mg Au/g carvão) e C = concentração de ouro em equilíbrio na solução (mg/l) e n= constante. O valor de K é determinado para o carvão ativado carregado em equilíbrio com a solução de ouro residual com concentração de 1 mg/l.

2.5.3- O Processo de Eluição

Os fatores que inibem a adsorção favorecem a eluição, tais como altas concentrações de CN^- , OH^- , certos compostos orgânicos como álcoois, altas temperaturas e baixas concentrações de íons como Na^+ , K^+ e Ca^{+2} ^(6,42,68).

Duas variações principais do processo de eluição são utilizadas na indústria. O processo Zadra consiste no bombeamento de solução cáustica de cianeto (1,0 a 2,0% NaOH e 0,2-0,5% de NaCN) a 90°C através da coluna de carvão e desta para o circuito de eletrólise, onde o ouro é removido. O processo apresenta baixa cinética, levando até 50 horas para que se obtenha uma eluição satisfatória. No processo AARL (Anglo American Research Laboratories), o carvão é primeiramente contactado com uma solução caústica de cianeto forte e quente (2% de NaOH e 1,0-3,0% de NaCN) a 100-120°C por aproximadamente 1 hora. A eluição é facilitada pela formação, no carvão, de uma superfície muito fortemente negativa devido aos íons hidróxido e cianeto. Após este período de contato, a coluna de carvão é lavada com água quente por um período de 6 a 8

horas. A força iônica mais baixa na coluna, promove rápida eluição e resulta em cinética mais rápida deste processo ⁽⁶⁸⁾. Atualmente muitas das unidades de beneficiamento de ouro não tem utilizado cianeto de sódio durante o processo de eluição.

O processo de eluição é muito importante, pois além de contribuir para os custos operacionais e investimentos, uma eluição resultando em alto conteúdo de ouro carregado no carvão sendo enviado à adsorção provocará diminuição da eficiência de adsorção.

3- A MINA DE FAZENDA BRASILEIRO

A mina de Fazenda Brasileiro situa-se no nordeste do Estado da Bahia e foi a primeira mina de ouro da Companhia Vale do Rio Doce. Em 1984 iniciou a operação da usina de lixiviação em pilhas com minério oxidado proveniente de mina a céu aberto. Em 1988, houve uma expansão da capacidade de produção com a partida da usina hidrometalúrgica CIP e o início da lavra subterrânea ⁽¹⁰⁴⁾. A produção atual é de 5 toneladas de ouro por ano, com movimentação mensal de 80.000 toneladas de minério com teor médio de 5 g Au/t da mina subterrânea e 25.000 toneladas com teor médio de 1 g Au/t da mina a céu aberto. Pretende-se produzir em Fazenda Brasileiro 7 toneladas anuais de ouro a partir do ano 2001.

3.1- A USINA HIDROMETALÚRGICA

A seguir, são apresentados a descrição sucinta das etapas de beneficiamento do minério de Fazenda Brasileiro e o fluxograma do processo ⁽¹⁰⁵⁾ (Figura 3.1).

Inicialmente o "ROM", apresentando teor médio de 5 g Au/t (densidade média de 2,80 t/m³ e densidade aparente de 1,63t/m³), é basculado por caminhões de perfil rebaixado em moega metálica dotada de grelha fixa com abertura de 800mm. O minério é retomado através de um alimentador vibratório, dotado de grelha com abertura de 178mm, e a porção retida é alimentada a um britador de mandíbulas. Nesta etapa, o minério é britado a 178mm (7") e segue para a pilha pulmão.

A partir da pilha pulmão, o minério é retomado em túnel, por meio de alimentadores vibratórios, e encaminhado à segunda etapa de cominuição, que envolve as seguintes operações: peneiramento primário, em 9mm; britagem



COMPANHIA VALE DO RIO DOCE

PROJETO OURO BAHIA
USINA HIDROMETALÚRGICA CIP FAZENDA BRASILEIRO
FLUXOGRAMA DE PROCESSO



Engenharia Projeto Consultoria Ltda

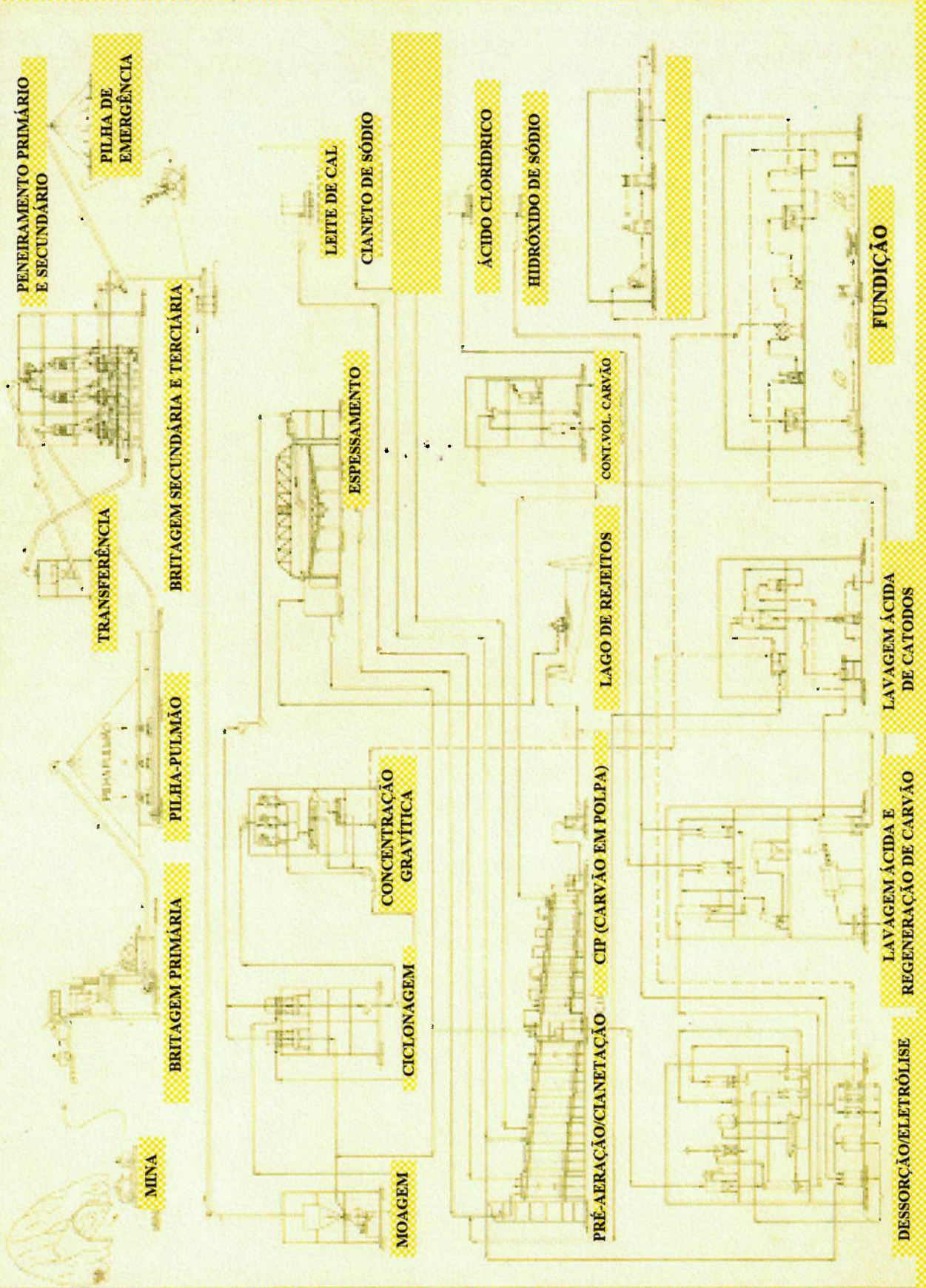


Figura 3.1- Fluxograma do processo de beneficiamento do minério de Fazenda Brasileiro (105)

secundária, em britador cônico, do retido no peneiramento primário; peneiramento secundário, em 9mm, do produto da britagem secundária; britagem terciária, em britadores cônicos, em circuito fechado com o peneiramento secundário. O produto da segunda etapa de cominuição consiste em minério passante em 9mm, oriundo dos peneiramentos primário e secundário, que segue para a etapa de moagem.

As etapas seguintes de beneficiamento ocorrem em duas linhas de produção: a primeira delas (linha 1) trata 40 t/h de sólidos e a outra (linha 2) trata 80 t/h de sólidos.

A moagem ocorre em circuito fechado com dupla classificação e concentração gravítica. A descarga do moinho alimenta uma primeira bateria de 3 ciclones de 381mm (15") de diâmetro cujo underflow constitui-se na alimentação de 3 jigues de duas câmaras, tipo Denver. O concentrado dos jigues, constitui-se na alimentação da mesa desbastadora. A concentração seguinte é realizada em uma mesa vibratória de limpeza ("cleaner"), cujo concentrado é recolhido em um filtro caixa tipo cofre. Este concentrado é repassado na mesa de limpeza até atingir um teor mínimo de 20% de Au, adequado à fundição direta. Os rejeitos de todos os equipamentos de concentração gravítica são reunidos e bombeados para a alimentação de uma segunda bateria de 3 ciclones de 381mm (15") de diâmetro. O underflow da segunda ciclonagem retorna ao moinho, fechando o circuito e constituindo-se, portanto, na carga circulante deste. Os overflows das duas ciclonagens são reunidos, constituindo-se num produto com granulometria 80% passante em 74 μ m, bombeados até uma peneira vibratória para eliminação de materiais estranhos à polpa (farpas, plásticos, etc) e alimentam o espessador. O overflow do espessador é água a ser recirculada ao processo, sobretudo ao circuito de moagem. O underflow do espessador, apresentando cerca de 50% de sólidos (em massa), constitui-se na alimentação da etapa de pré-aeração e cianetação.

A etapa de pré-aeração/cianetação é realizada em 6 tanques em série, cada qual alimentando o subsequente por gravidade, e equipados com agitadores mecânicos e sistema de injeção de ar. Nestes tanques, o pH é ajustado por adição de cal e o ouro contido no minério é dissolvido por uma solução de cianeto de sódio. O tempo de residência nessa etapa é de aproximadamente 42 horas. Em operação regular está prevista a utilização dos dois primeiros tanques para pré-aeração, e dos quatro subsequentes para cianetação. A polpa é transferida, por gravidade, para o circuito de carvão em polpa ("CIP").

O circuito CIP é composto por 6 tanques dispostos em série e equipados com agitadores mecânicos e sistema de injeção de ar. A polpa oriunda da cianetação, diluída a 40% sólidos (em massa), flui do primeiro ao último tanque, cada qual alimentando o subsequente por gravidade. Nestes tanques, o ouro dissolvido é adsorvido em partículas de carvão ativado apresentando granulometria na faixa de 3,33 a 0,99mm (6 a 16 mesh Tyler). O tempo de residência nesta etapa é de aproximadamente 9 horas. Ao final do circuito, a polpa "pobre" em ouro é descarregada continuamente sobre uma peneira vibratória horizontal com tela de 0,59mm (28 mesh Tyler), com o objetivo de reter os finos de carvão carregados com ouro. A polpa passante na peneira segue para a barragem de rejeitos. A água de processo é recuperada. Efetua-se a transferência de carvão carregado do primeiro tanque de adsorção, para a recuperação do ouro nele contido. A transferência do carvão de cada tanque para o tanque imediatamente anterior é realizada através de bombeamento em contracorrente, e ocorre o carregamento, no último tanque, de carvão regenerado ou novo. O carvão carregado é separado da polpa e lavado em peneira vibratória horizontal. A seguir, é enviado à caixa de alimentação da coluna de dessorção.

A recuperação do ouro adsorvido no carvão proveniente do CIP é realizada em coluna de dessorção operando em regime de bateladas de carvão e em circuito fechado com células eletrolíticas. Após a dessorção, o carvão

contendo impurezas (carbonatos, metais básicos), bem como algum teor de ouro residual é submetido a uma lavagem com solução de ácido clorídrico, a neutralização com solução de hidróxido de sódio e a lavagem com água. Posteriormente, este carvão é enviado a um forno elétrico rotativo para sua reativação e retorna ao circuito de adsorção.

Os cátodos de lã de aço carregados, periodicamente retirados das células eletrolíticas, são manuseados para a recuperação desse ouro por fundição. O concentrado gravítico é homogeneizado com fundentes e fundido em forno elétrico de indução. O material fundido é vazado em moldes cônicos (lingotes) para a separação da escória e formação dos “bullions”.

3.2- CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO “RUN OF MINE”(ROM)

A composição mineralógica (% em peso) foi determinada por microscopia óptica e difratometria de raios-X com o auxílio de análises químicas e análises por microsonda eletrônica ⁽¹⁰⁶⁾.

Tabela 3.1- Caracterização Mineralógica do “ROM” da Mina de Fazenda Brasileiro ⁽¹⁰⁶⁾

| MINERAL | % | MINERAL | % |
|-----------------|------|--------------------|-----|
| quartzo | 32,5 | sericita/muscovita | 0,8 |
| albita | 24,3 | goethita | 1,0 |
| clorita | 23,0 | pirita | 0,8 |
| calcita | 4,0 | dolomita | 0,5 |
| ferrocalcita | 4,1 | biotita | 0,3 |
| ferrodolomita | 3,0 | pirrotita | 0,4 |
| arsenopirita | 2,0 | grafita | 0,2 |
| rutilo/ilmenita | 2,5 | calcopirita | 0,2 |

traços de hematita, magnetita, marcassita, titanita, zirconita e ouro.

Os principais minerais presentes no minério de Fazenda Brasileiro são: quartzo (32,5%), albita (24,3%) e clorita (23,0%). Os minerais de sulfetos (pirita, arsenopirita, pirrotita, calcopirita) correspondem a 3,41% do "ROM".

As principais formas de ocorrência de ouro no ROM são ⁽¹⁰⁷⁾:

- ◆ ouro nativo preenchendo fraturas em sulfetos, principalmente pirita e arsenopirita (Figura 3.2);
- ◆ ouro nativo na superfície de sulfetos, formando pequenos "dentes" (Figura 3.3).
- ◆ ouro nativo associado a fraturas em veios de quartzo (Figura 3.4).

Outra forma menos frequente de ocorrência de ouro no minério de Fazenda Brasileiro é a inclusão em arsenopirita ⁽¹⁰⁷⁾. A maior parte do ouro encontra-se, portanto, disponível à cianetação após moagem.

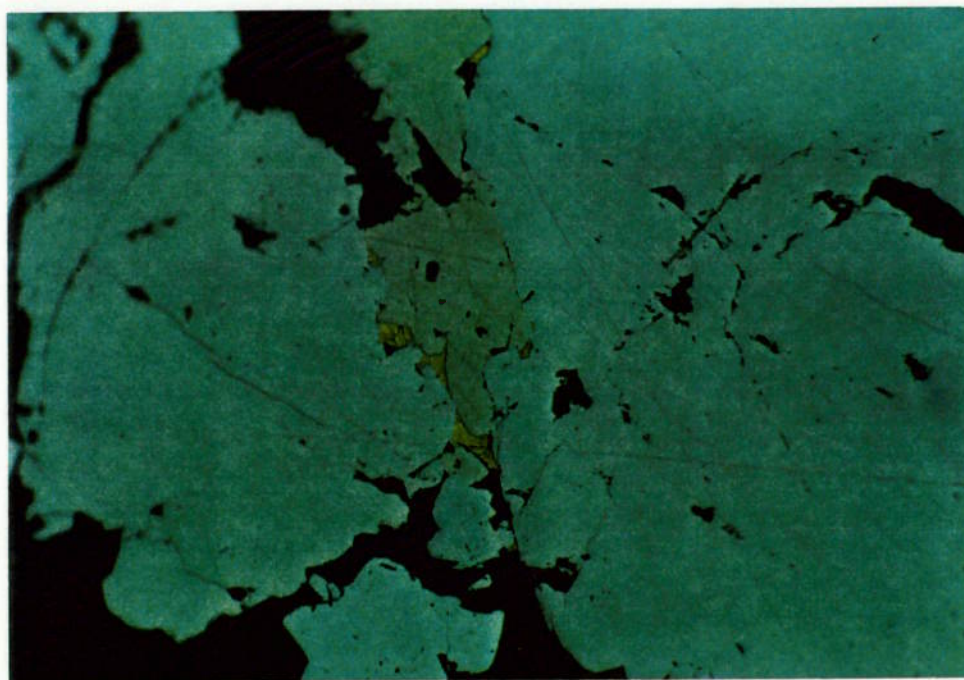


Figura 3.2 - Fotomicrografia (luz refletida) de grãos de ouro preenchendo fraturas em pirita e arsenopirita ⁽¹⁰⁷⁾

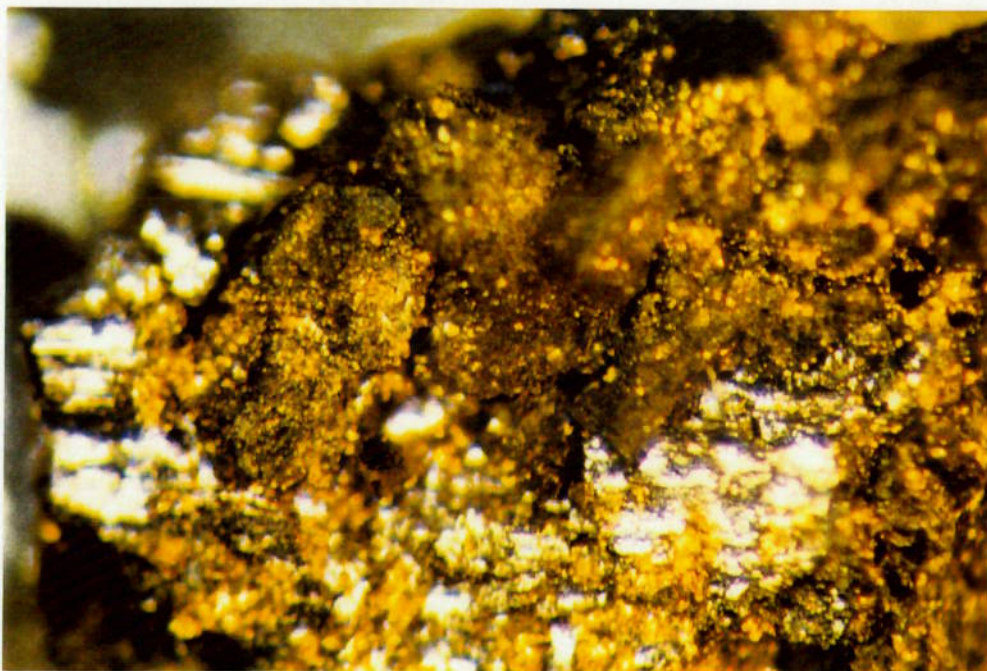


Figura 3.3- Fotomicrografia de grãos de ouro na superfície de arsenopirita ⁽¹⁰⁷⁾

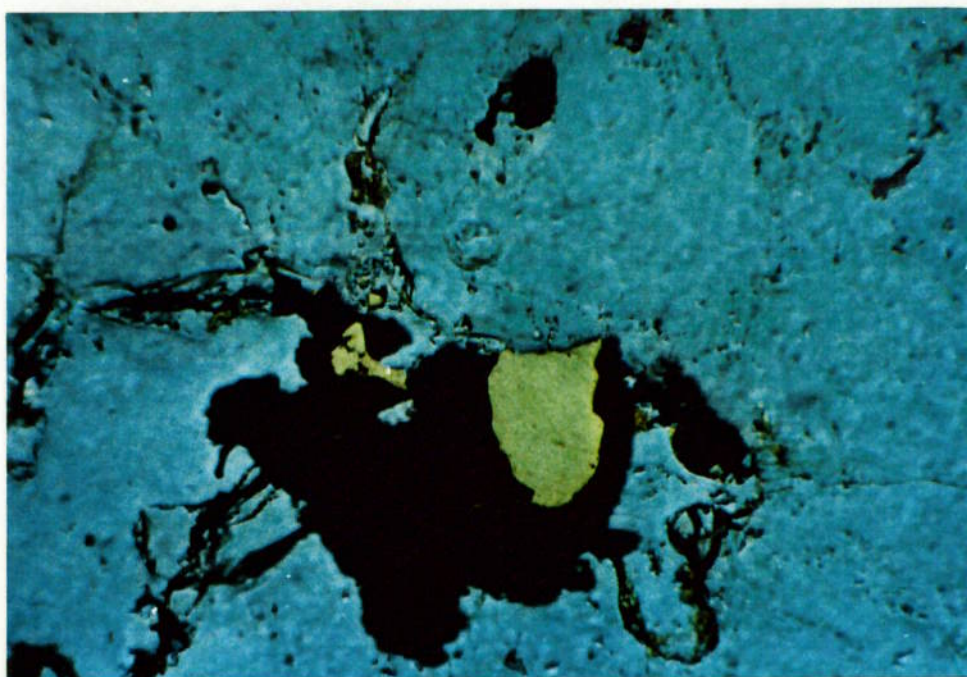


Figura 3.4- Fotomicrografia de cristal de ouro em veio de quartzo ⁽¹⁰⁷⁾

4- AVALIAÇÃO TÉCNICA DA CIANETAÇÃO/ADSORÇÃO

A metodologia de avaliação técnica dos processos de cianetação/adsorção da mina de Fazenda Brasileiro, com o objetivo de se verificar a possibilidade de aumento de recuperação metalúrgica (diretamente relacionada com ganhos de produtividade expressa pela razão receita/custos ou em kg de ouro produzido/homem.ano) e minimizar os investimentos de capital (basicamente tanques) no projeto de expansão FB 2001, está representada na Figura 3.5.

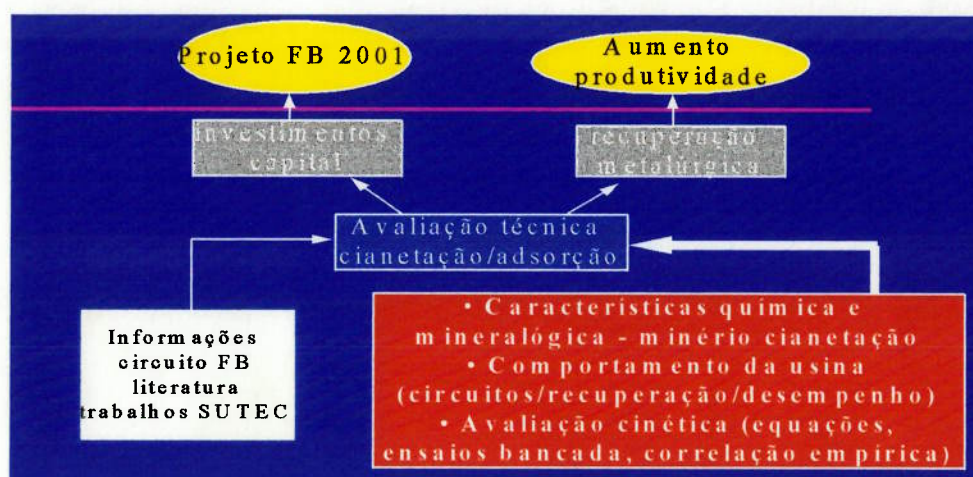


Figura 3.5 - Metodologia de avaliação técnica do circuito de cianetação/adsorção

A avaliação consistiu da determinação das características químicas e mineralógicas do minério no circuito de cianetação/adsorção, da análise do comportamento geral da usina hidrometalúrgica com base em dados históricos de desempenho dos circuitos original e modificado e do estudo da cinética de dissolução de ouro por cianeto, que incluiu a determinação de equações cinéticas, a realização de ensaios de bancada e o estabelecimento de uma correlação empírica entre as variáveis de processo e o teor de ouro no rejeito. Informações da literatura internacional ⁽¹⁰⁷⁾, bem como relatórios da Superintendência de Tecnologia (CVRD-SUTEC) ^(106,108,109) foram avaliadas a fim de contribuir para a

análise, interpretação e validação dos resultados obtidos da avaliação técnica realizada nesta dissertação.

4.1- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DO MINÉRIO DA LIXIVIAÇÃO

Metodologia:

a- Foram amostradas e preparadas três amostras do circuito de cianetação/adsorção: amostras de minério da alimentação da cianetação, saída da cianetação e saída da adsorção.

b- As amostras foram compostas durante 60 dias através de incrementos turno a turno com o objetivo de se obter representatividade do minério do circuito. A granulometria original foi mantida (80% - 74 μm).

c- Cada amostra (massa total de aproximadamente 40 kg) foi homogeneizada e quarteada em pilha tronco de pirâmide construída por alimentador vibratório tipo calha. O quarteamento foi realizado em duas etapas: o primeiro quarteamento com obtenção da massa final de 2,5 kg e o quarteamento seguinte em que cada sub-amostra de 2,5 kg foi reduzida a 500 g.

d- Aplicou-se o teste estatístico de Análise de Variância - 1 fator para se verificar a igualdade de médias entre as porções quarteadas das amostras (sub-amostras de 500g). Oito sub-amostras de cada posição do circuito (alimentação da cianetação, saída da cianetação e saída da adsorção) foram testadas em duplicata sob condições de repetibilidade.

e- A análise química elementar de cada amostra foi realizada utilizando-se os métodos convencionais de análises por via úmida, fusão e

copelação, espectrofotometria de absorção atômica, raios-X e plasma, dependendo do teor do elemento em estudo na amostra, da precisão requerida e da disponibilidade de método para análise.

f- Utilizou-se a Difratomia de Raios-X para determinar a composição mineralógica semi-quantitativa das amostras.

g- O tamanho e o grau de liberação foram determinados por Microscopia Óptica das seções polidas na amostra de alimentação da cianetação.

h- A composição química média das partículas de ouro presentes na alimentação da cianetação foi obtida em microscópio eletrônico de varredura Phillips XL-30, com detector de elétrons retroespalhados e aceleração de feixe de 20kV.

i- As determinações da análise química elementar, da composição mineralógica, do tamanho, grau de liberação e composição química média das partículas de ouro foram realizadas pela Superintendência de Tecnologia - CVRD/SUTEC, exclusivamente para esta dissertação de Mestrado, tendo em vista que, até então, a caracterização do minério de Fazenda Brasileiro se restringia ao "run-of-mine" ^(106,107) e diagnósticos de lixiviação do rejeito do circuito hidrometalúrgico ^(108,109).

Resultados e Discussão

A definição de rotas de processo para tratamento de minérios ou a avaliação de circuitos em operação deve ser conduzida assegurando-se a representatividade da amostra em estudo para que inferências sobre a população sejam estatisticamente corretas. Portanto, torna-se necessário a verificação da

homogeneidade das sub-amostras através da aplicação do teste de hipótese de igualdade de médias - Análise de Variância.

O resultado da Análise de Variância - 1 fator para a amostra de alimentação da cianetação é apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Resultados da Análise de Variância - 1 fator

| Resultados experimentais (teor de ouro em g Au/t) | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|------------------|-----------------------|-------------------|------|------|------|
| Amostras | 2.3 | 4.1 | 6.5 | 8.7 | 10.7 | 12.9 | 14.3 | 15.2 |
| 1a. análise | 3,23 | 3,26 | 3,37 | 3,32 | 3,42 | 3,48 | 3,59 | 3,20 |
| 2a. análise | 3,53 | 3,29 | 3,14 | 3,34 | 3,20 | 3,36 | 3,53 | 3,42 |
| Análise de Variância | | | | | | | | |
| Fonte de variação | Soma quadrática | Graus de liberdade | Média quadrática | Teste F F_{calc} | Estimativa de | | | |
| sub-amostra | 0,1359 | 7 | 0,0194 | 1,2 | $\sigma_F = 0,04$ | | | |
| erro experimental | 0,1295 | 8 | 0,0162 | | $\sigma_W = 0,13$ | | | |
| total | 0,2654 | 15 | | | | | | |
| $F_{tab} (7,8,5\%) = 3,5 - F_{calc} < F_{tab}$ | | | | | | | | |

Como o fator F de "Fisher" calculado (1,2) é inferior ao fator F tabelado (3,5) não se pode afirmar ao nível de confiança de 95% que existe diferença significativa entre as sub-amostras de 500 g obtidas pelo quarteamento. A aplicação da Análise de Variância pode ser consultada no Anexo A.

As amostras de saída da cianetação e de saída da adsorção também foram avaliadas através da Análise de Variância e forneceram resultados similares aos obtidos com a amostra de alimentação da cianetação, indicando que as sub-amostras são homogêneas. Os teores médios em g Au/t e os desvios padrão para as amostras de alimentação da cianetação, saída da

cianetação e saída da adsorção foram $3,36 \pm 0,14$; $0,60 \pm 0,09$; $0,32 \pm 0,04$, respectivamente.

Os resultados da análise química elementar são apresentados na Tabela 3.3, bem como o método analítico utilizado.

Tabela 3.3 - Composição elementar do minério em diferentes etapas do circuito de cianetação/adsorção ⁽¹¹⁰⁾

| Elemento | Unidade | Método de Análise | Amostras | | |
|----------|---------|-------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Alimentação Cianetação | Saída Cianetação | Rejeito Adsorção |
| Si | % | Plasma | $23,2 \pm 1,0$ | 22,1 | 23,5 |
| Fe | % | Plasma | $11,6 \pm 0,5$ | 10,2 | 11,4 |
| Al | % | Plasma | $5,13 \pm 0,30$ | 5,34 | 5,13 |
| Ca | % | Plasma | $4,8 \pm 0,3$ | 5,34 | 4,59 |
| S | % | Raios-X | $2,26 \pm 0,10$ | 2,17 | 2,27 |
| C total | % | Via Úmida | $1,8 \pm 0,2$ | 2,2 | 1,8 |
| Mg | % | Plasma | $1,5 \pm 0,1$ | 1,7 | 1,5 |
| As | % | Absorção Atômica | $0,72 \pm 0,10$ | 0,93 | 0,81 |
| Cu | % | Plasma | $0,03 \pm 0,001$ | 0,03 | 0,03 |
| Zn | % | Absorção Atômica | $0,02 \pm 0,001$ | 0,01 | 0,02 |
| Au | g/t | Fusão/copelação | $3,36 \pm 0,14$ | $0,60 \pm 0,09$ | $0,32 \pm 0,04$ |
| Pb | g/t | Absorção Atômica | <50 | <50 | <50 |
| Ni | g/t | Plasma | 15 ± 1 | 16 | 18 |
| Sb | g/t | Absorção Atômica | $1 \pm 0,10$ | 1 | 1 |
| Ag | g/t | Absorção Atômica | <1 | <1 | <1 |

Os principais elementos químicos presentes no minério de Fazenda Brasileiro são silício, ferro, alumínio, cálcio e enxofre, que totalizam 47% da composição elementar total.

Os resultados da análise mineralógica semi-quantitativa são apresentados na Tabela 3.4.

Os principais minerais presentes na alimentação da cianetação são o quartzo, a albita e a clorita (silicatos) e representam 79% da composição mineralógica total. Ao compararmos a composição mineralógica do ROM (Tabela 3.1) determinada em 1993 ⁽¹⁰⁶⁾ com os resultados obtidos na Tabela 3.4 observa-se que estes minerais (quartzo, albita e clorita) totalizaram 79,8%. Isto indica que a composição atual do minério de Fazenda Brasileiro ⁽¹¹⁰⁾ permanece muito próxima do minério de 1993, com relação a estes minerais.

Tabela 3.4- Composição mineralógica em diferentes etapas do circuito de cianetação/adsorção (% em peso) ⁽¹¹⁰⁾

| Minerais | Fórmula Estrutural | Alimentação Cianetação | Saída Cianetação | Rejeito Adsorção |
|------------------|--|------------------------|------------------|------------------|
| Quartzo | SiO ₂ | 25 ± 2 | 23 ± 2 | 28 ± 2 |
| Clorita | (Mg,Al,Fe) ₁₂ [(Si,Al) ₈ O ₂₀](OH) ₁₆ | 26 ± 2 | 29 ± 2 | 31 ± 2 |
| Albita | NaAlSi ₃ O ₈ | 28 ± 2 | 25 ± 2 | 22 ± 2 |
| Calcita | CaCO ₃ | 13 ± 1 | 13 ± 1 | 12 ± 1 |
| Biotita | K ₂ (Mg,Fe) ₄₋₆ Al(Fe,Al,Ti) ₀₋₂ [Si ₅₋₆ Al ₂₋₃ O ₂₀](OH,F) ₄ | 3 ± 0,5 | 4 ± 0,5 | 3 ± 0,5 |
| Muscovita | K ₂ Al[Si ₆ Al ₂ O ₂₀](OH,F) ₄ | t | 1 | 1 |
| Caolinita | Al ₄ [Si ₄] ₁₀ (OH) ₇ | - | r | r |
| Pirita | FeS ₂ | t | r | t |
| Pirrotita | Fe _(1-x) S | t | t | t |
| Arsenopirita | FeAsS | t | t | t |
| Calcopirita | CuFeS ₂ | r | r | r |
| Bornita | Cu ₅ FeS ₄ | rr | rr | - |
| Calcosita | CuS | rr | - | - |
| Marcassita | FeS ₂ | rr | - | rr |
| Ilmenita | FeTiO ₃ | t | t | t |
| Hematita | Fe ₂ O ₃ | r | r | r |
| Carbono orgânico | C | t | t | t |

t: traços (<1%) r: raro rr: raríssimo -: mineral não observado

Os principais minerais portadores de ferro ⁽¹¹¹⁾ são a clorita e a biotita. Estes minerais são silicatos e apresentam solubilidade limitada em meio aquoso, não contribuindo para provocar consumo adicional de cianeto no circuito de cianetação.

Os principais minerais sulfetados presentes no minério de Fazenda Brasileiro são a pirita, a arsenopirita e a pirrotita. A pirita e a arsenopirita são bastante estáveis em solução de cianeto (Tabela 3.5), não sendo considerados, portanto, cianicidas. A pirrotita, mineral consumidor de cianeto e oxigênio (Tabela 3.5) apresenta-se em concentração inferior a 1% (análise semi-quantitativa - Tabela 3.4). A análise mineralógica quantitativa do ROM, apresentada na Tabela 3.1, fornece a concentração de pirrotita correspondente a 0,4%. A solubilidade da pirrotita pode ser avaliada através da quantidade de ferrocianeto formado durante a cianetação. A interpretação dos resultados de determinação analítica do ferro solúvel por espectrofotometria de absorção atômica na solução de saída da adsorção fornece uma indicação da presença de ferrocianeto. O valor encontrado apresenta-se em torno de 20 mg/l de ferro e indica pequena interferência da pirrotita no circuito hidrometalúrgico.

Outros minerais sulfetados, como a calcopirita, calcosita, bornita e marcassita, apresentam-se em pequenas quantidades no minério, sendo o primeiro pouco solúvel (5,6%) em soluções cianetadas.

Tabela 3.5 - Solubilidade de minerais sulfetados em solução de cianeto ⁽²⁰⁾

| Mineral | % dissolvida em 24 h |
|-----------------------|----------------------|
| calcosita | 90,2 |
| calcopirita | 5,6 |
| pirrotita /marcassita | totalmente solúvel |
| arsenopirita | 0,9 |
| ouro-pigmento | 73,0 |
| pirita | pouco solúvel |
| bornita | 70,0 |

A baixa solubilidade da arsenopirita e da pirita em soluções cianetadas, aliada à baixa concentração de ferro na solução de saída da adsorção (indicativo de solubilização da pirrotita) levam à necessidade de avaliação da atual etapa de

pré-aeração da polpa durante 21 horas antes do processo de lixiviação do minério de Fazenda Brasileiro.

Um outro ponto a considerar é o pH resultante do minério em meio aquoso na ausência de cianeto. O pH da polpa apresenta-se entre 7,8-8,0, e se encontra fora da faixa indicada para realização da pré-aeração. A pré-aeração deste minério provoca solubilização das espécies sólidas em meio aquoso (minerais sulfetados) e gera sulfetos solúveis (Figura 2.7).

O carbono orgânico apresenta-se em concentrações baixas nas amostras estudadas (Tabela 3.4). Teor de 0,4% de carbono orgânico pode ser calculado com base na determinação de carbono total (Tabela 3.3) que apresenta-se em concentração de aproximadamente 2% e na relação estequiométrica entre a calcita (Tabela 3.4 - 13%) e o carbono que fornece o teor de carbono inorgânico de 1,6%. O minério de Fazenda Brasileiro contém, portanto, matéria carbonosa pouco ativa no sentido de adsorver o cianocomplexo de ouro. Este dado é confirmado pelo resultado de diagnóstico de lixiviação ⁽¹⁰⁹⁾ do rejeito da usina hidrometalúrgica, que indica que, apenas 0 a 10% do ouro contido no rejeito encontra-se adsorvido em matéria carbonosa.

Os resultados da determinação do tamanho do grão de ouro e o grau de liberação são apresentados na Tabela 3.6. Utilizou-se o conceito de diâmetro equivalente, que corresponde ao diâmetro de um círculo de mesma área da pinta, ou seja diâmetro equivalente = $2x (\text{área partícula}/\pi)^{1/2}$. O termo borda é utilizado para pintas com área exposta menor que 50%, enquanto que associado é utilizado para pintas com área exposta maior que 50% ⁽¹¹²⁾. Foram realizadas várias preparações de seções polidas e somente foi possível identificar a presença de partículas de ouro na amostra de alimentação da cianetação. Os teores de ouro nas amostras de saída da cianetação e saída da adsorção são muito baixos, dificultando assim a identificação de pintas para a caracterização

mineralógica. Associações com grãos de quartzo foram observadas na amostra de alimentação da cianetação.

Tabela 3.6- Caracterização do ouro na alimentação da cianetação ⁽¹¹⁰⁾

| Dimensão (μm) | | Área (μm^2) | Diâmetro equivalente (μm) | % partícula hospedeira | Posicionamento da partícula |
|----------------------------|-------|--------------------------|--|------------------------|------------------------------|
| maior | menor | | | | |
| 30 | 12 | 360 | 21,4 | 100 | Liberado |
| 33 | 9 | 297 | 19,5 | 7,7 | Associado ao grão de quartzo |
| 12 | 9 | 108 | 11,7 | 4,4 | Borda de grão de quartzo |
| 6 | 6 | 36 | 6,7 | 100 | Liberado |
| 10 | 3 | 30 | 6,1 | 100 | Liberado |
| 9 | 3 | 27 | 5,9 | 100 | Liberado |
| 5 | 2 | 10 | 3,6 | 100 | Liberado |
| 2 | 1 | 2 | 1,6 | 100 | Liberado |

A composição química média das partículas de ouro corresponde a 96,4% de ouro, 3,0% de prata e 0,6% de ferro ⁽¹¹⁰⁾. A Figura 3.6 mostra o aspecto geral de uma partícula de ouro liberada. A maioria das pintas de ouro apresenta-se liberada, com formas, em geral, alongadas e bordas embainhadas.



Figura 3.6- Aspecto geral de uma partícula de ouro liberada ⁽¹¹⁰⁾

4.2- AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO GERAL DA USINA HIDROMETALÚRGICA

4.2.1- O circuito cianetação/adsorção

Os circuitos original (concepção de projeto) e modificado (Linha 1 em novembro/94 e Linha 2 em julho/95) de cianetação/adsorção são descritos a seguir. A Figura 3.7 apresenta uma vista dos tanques de cianetação da mina de Fazenda Brasileiro.



Figura 3.7- Tanques de cianetação do ouro da mina de Fazenda Brasileiro

O processo original de cianetação/adsorção

O circuito original (Figura 3.8) compreende duas linhas de cianetação/adsorção. O circuito de cianetação envolve uma série de seis tanques, sendo, normalmente, os dois primeiros tanques utilizados para a etapa de pré-aeração, seguidos de seis tanques de adsorção CIP, com movimentação da polpa por gravidade. São tanques agitados e dotados de sistema de injeção de ar comprimido. Os tempos de residência nas etapas de pré-aeração/cianetação e adsorção CIP são, respectivamente, 42 e 9 horas.

O processo original de cianetação consiste em submeter a polpa de minério com cerca de 50% em peso de sólidos e granulometria de 80% abaixo de 0,074 mm a um tratamento prévio de aeração seguido de lixiviação em pH alcalino, com solução de cianeto de sódio e leite de cal. A adição de cal, com o objetivo de regular o pH da polpa para 10,5 (pH de operação), é projetada para ser realizada no primeiro e/ou segundo tanque de pré-aeração e a adição de cianeto (lixiviação do ouro não recuperável pela concentração gravítica) pode se dar em qualquer dos quatro primeiros tanques (concentração de 450 mg/l de NaCN na polpa). Normalmente, a adição de cal ocorre no segundo tanque e o cianeto de sódio é adicionado no terceiro tanque de cianetação.

O processo original de adsorção consiste em promover, inicialmente, a diluição da polpa contendo o ouro dissolvido, de 50% para 40% em peso de sólidos. No projeto, a diluição seria feita com água, mas devido à necessidade de se recuperar o ouro da solução de saída das pilhas de lixiviação (tratamento de minérios de baixo teor provenientes da mina a céu aberto), optou-se por transferir a referida solução para a Usina CIP, desativando-se a adsorção existente na Usina de Lixiviação em Pilhas. Esta solução representa uma vazão total de aproximadamente 35 m³/h com teor de 1 g Au/t, que alimenta o primeiro tanque de adsorção CIP. Passou-se então a utilizar esta solução para a diluição da polpa

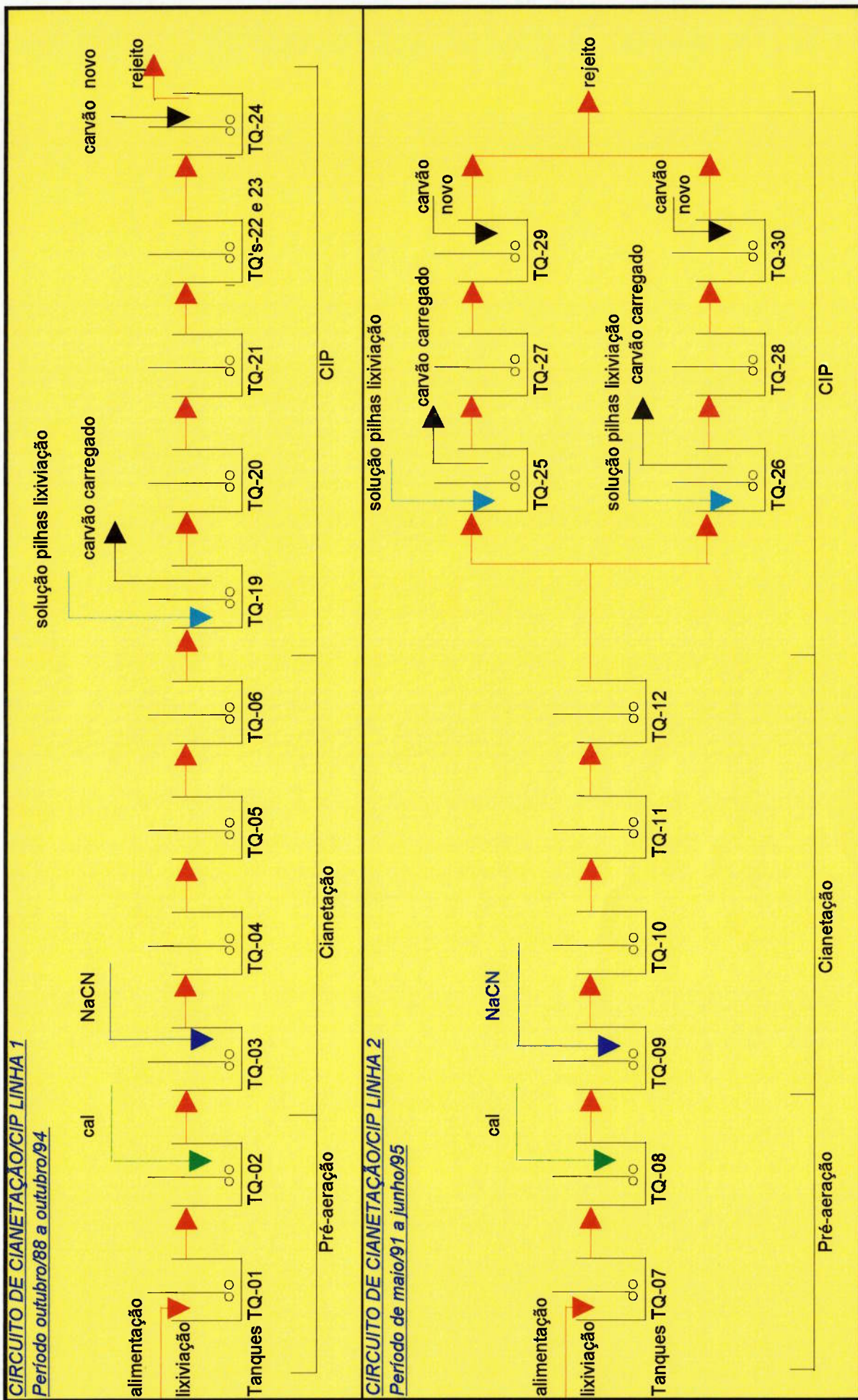


Figura 3.8 - Circuitos originais de cianetação/adsorção das linhas 1 e 2

no circuito de adsorção. A polpa, após a adsorção, é transferida para a barragem de rejeitos. O carvão carregado é transferido do primeiro tanque de adsorção para o processo de eluição, já que o fluxo de polpa e carvão é em contra-corrente.

A primeira linha de cianetação/adsorção trata aproximadamente 40 toneladas/hora de sólidos e possui tanques de volumes 350 m^3 e 110 m^3 para os processos de cianetação e adsorção, respectivamente. A operação do processo original desta linha compreendeu o período de outubro/1988 a outubro/1994. A segunda linha de cianetação/adsorção foi inicialmente operada em maio/1991, quando ocorreu a expansão da capacidade de produção de Fazenda Brasileiro (de 25.000 para 80.000 toneladas de minério processado mensalmente) e trata aproximadamente 80 toneladas/hora de sólidos e possui tanques de volumes 750 m^3 e 200 m^3 para os processos de cianetação e adsorção, respectivamente.

A recuperação metalúrgica prevista em projeto para o circuito de cianetação/adsorção é de 93%.

O processo modificado de cianetação/adsorção

O processo modificado de cianetação/adsorção encontra-se representado na Figura 3.9.

O circuito modificado é essencialmente o mesmo do circuito original de projeto (mesmos volumes de tanques, mesmos reagentes adicionados) exceto no que se refere ao número de tanques de adsorção da Linha 1, que passou de seis para quatro, com a conseqüente redução do tempo de residência da adsorção de 9 para 6 horas.

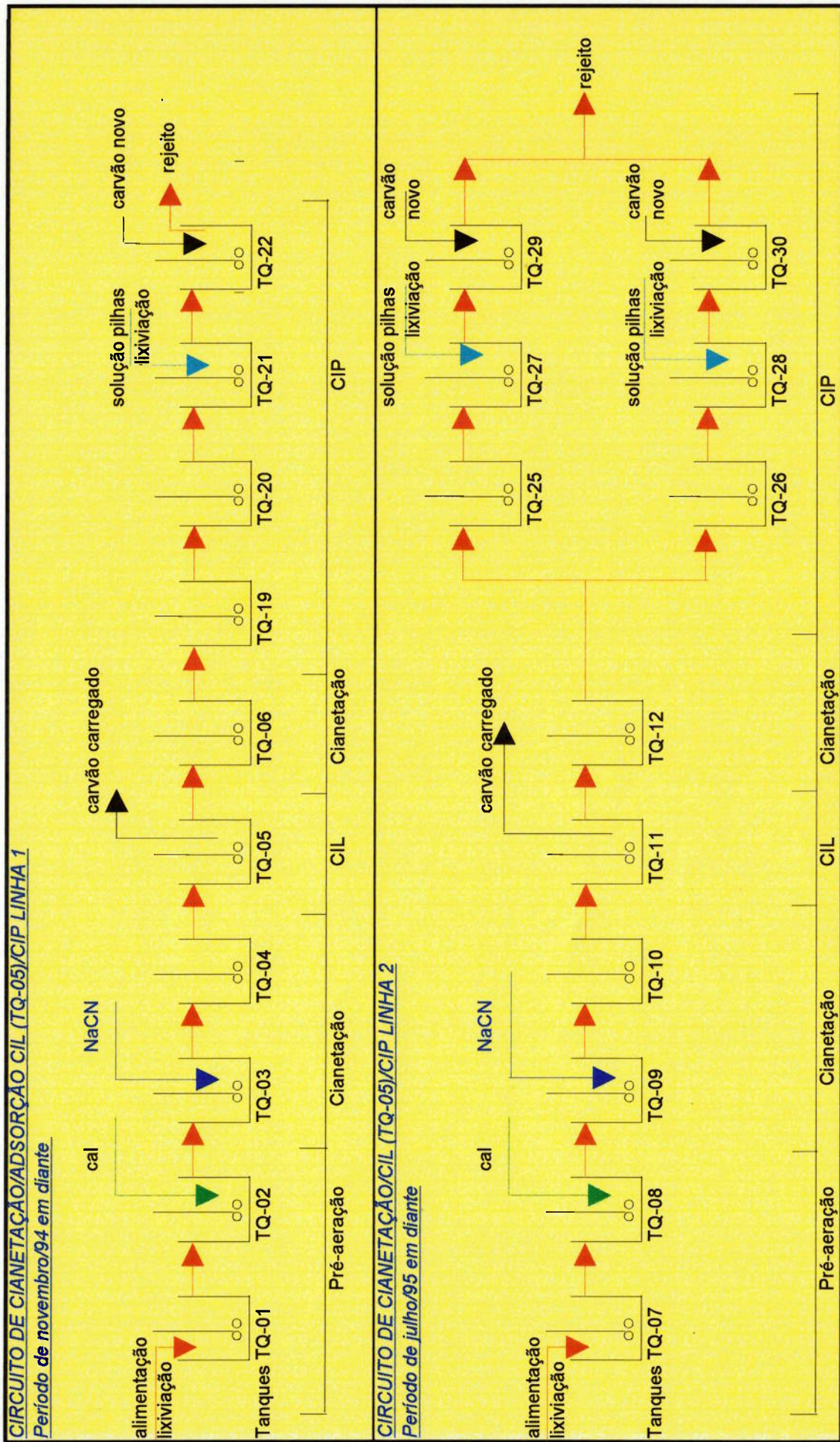


Figura 3.9 - Circuitos modificados de cianetação/adsorção das linhas 1 e 2

O processo foi modificado com o objetivo de verificar a possibilidade de se conseguir melhor resultado de recuperação metalúrgica. O carvão ativado passou a ser adicionado no penúltimo tanque de cianetação das Linhas 1 e 2, promovendo um estágio de processo de adsorção "Carbon in Leaching" ("CIL"). O último tanque de cianetação permanece com a função de lixiviação e a etapa de adsorção CIP permanece como no projeto original, exceto com relação ao número de tanques de adsorção da Linha 1.

O carvão carregado, anteriormente transferido do primeiro tanque de adsorção, passou a ser transferido do tanque correspondente ao estágio de CIL.

A solução proveniente da saída das pilhas de lixiviação passou a ser adicionada somente no segundo tanque de adsorção CIP, mantendo-se as concentrações de sólidos e cianeto altas no primeiro tanque de CIP, evitando-se a diluição do agente lixiviante (cianeto).

O projeto Fazenda Brasileiro 2001

Existem estudos de ampliação das reservas de minério sulfetado em Fazenda Brasileiro que, se forem viabilizados, darão origem a uma nova expansão da capacidade de produção da mina para 7 toneladas de ouro anuais a partir do ano 2001. Esta produção significará a necessidade de tratar cerca de 115.000 toneladas de minério mensalmente com teor de 5 g Au/t. Todo o processo de beneficiamento do minério precisará ser reavaliado e adequado a esta nova condição de produção, incorrendo na necessidade de investimentos de capital.

4.2.2- Avaliação do comportamento geral da usina hidrometalúrgica

Metodologia

a- O comportamento geral da usina será avaliado sob dois aspectos:

- ◆ Comparação entre recuperações metalúrgicas dos circuitos original e modificado de cianetação/adsorção;
- ◆ Comparação do desempenho da usina hidrometalúrgica no período de 1993 a 1996.

b- A comparação entre recuperações metalúrgicas dos circuitos original e modificado de cianetação/adsorção foi realizada através das informações dos teores de ouro do minério na alimentação da cianetação, saída do primeiro tanque de cianetação, saída do último tanque de cianetação e saída da adsorção (rejeito) das linhas 1 e 2, coletadas turno a turno, gerando aproximadamente 8000 dados para análise. Os dados foram levantados com relação ao conteúdo de ouro contido no minério devido à maior confiabilidade deste comparado a teores de ouro em solução e estão disponíveis para consulta no Anexo B.

Os circuitos original e modificado foram avaliados em termos de recuperação metalúrgica no período de 01/04 a 30/10/94 e 01/05/95 a 30/11/95, respectivamente. Devido a sérios problemas de agitação de polpa em função de quebras de agitadores em 1995 e ao início da operação da adsorção CIL em um estágio na Linha 2 em julho/95, os dados estudados da linha 2 do circuito modificado foram restritos ao mês de novembro de 95.

c- A comparação do desempenho da usina hidrometalúrgica foi realizada em termos anuais no período de 1993 a 1996.

Resultados e discussão

◆ Comparação entre recuperações metalúrgicas dos circuitos original e modificado de cianetação/adsorção

Os comparativos dos resultados obtidos da coleta de dados turno a turno das linhas 1 e 2 são apresentados nas Tabelas 3.7 e 3.8, respectivamente.

Tabela 3.7 - Comparativo de resultados dos circuitos original e modificado de cianetação/adsorção 94/95- Linha 1

| Resultados linha 1 | | 1994 | 1995 |
|--|--|--------------|--------------|
| Teor médio ouro minério alimentação cianetação | | 3,30 ± 0,66 | 3,39 ± 0,53 |
| Teor médio ouro minério | saída 1 ^o . tanque cianetação | 1,12 ± 0,30 | 1,16 ± 0,33 |
| | saída cianetação | 0,65 ± 0,17 | 0,37 ± 0,11 |
| | rejeito CIP | 0,27 ± 0,07 | 0,28 ± 0,08 |
| Recuperação Metalúrgica | saída 1 ^o . tanque cianetação | 66,06 ± 9,86 | 65,78 ± 9,93 |
| | saída cianetação | 80,30 ± 5,90 | 89,09 ± 3,23 |
| | saída CIP | 91,73 ± 2,55 | 91,65 ± 2,45 |

Período de coleta de dados : 1994 - 01/04 a 30/10

1995 - 01/05 a 30/11 - Linha 1

Tabela 3.8 - Comparativo de resultados dos circuitos original e modificado de cianetação/adsorção 94/95 - linha 2

| Resultados linha 2 | | 1994 | 1995 |
|--|--|--------------|--------------|
| Teor médio ouro minério alimentação cianetação | | 3,30 ± 0,66 | 3,39 ± 0,53 |
| Teor médio ouro minério | saída 1 ^o . tanque cianetação | 1,12 ± 0,36 | 1,15 ± 0,31 |
| | saída cianetação | 0,67 ± 0,22 | 0,39 ± 0,10 |
| | rejeito CIP | 0,28 ± 0,07 | 0,28 ± 0,07 |
| Recuperação Metalúrgica | saída 1 ^o . tanque cianetação | 66,06 ± 10,3 | 66,08 ± 9,31 |
| | saída cianetação | 79,70 ± 6,39 | 88,50 ± 3,46 |
| | saída CIP | 91,48 ± 2,48 | 91,83 ± 1,89 |

Período de coleta de dados : 1994 - 01/04 a 30/10

1995 - 01/11 a 30/11

A recuperação metalúrgica no primeiro tanque de cianetação para as duas linhas dos circuitos original e modificado apresenta-se em um nível bastante elevado (aproximadamente 66%), o que indica a alta dissolução do ouro por cianeto durante as sete primeiras horas de contato entre o metal e o agente lixiviante.

Ao compararmos as recuperações globais da cianetação/adsorção das linhas 1 e 2 do período de 1994 e 1995 observamos que não houve ganho em termos de recuperação global ao introduzirmos o processo CIL em um tanque de cianetação (91,73% e 91,65% - linha 1 ; 91,48% e 91,83% - linha 2 em 1994 e 1995, respectivamente - Tabelas 3.7 e 3.8). Contudo, fica claro o aumento de aproximadamente 8,8% em recuperação metalúrgica na saída da cianetação em função da operação CIL (de 80,30 em 1994 para 89,09 em 1995 - linha 1 e de 79,70 em 1994 para 88,50 em 1995 - linha 2 - Tabelas 3.7 e 3.8). Estes resultados confirmam, portanto, o comportamento similar das Linhas 1 e 2 de cianetação/adsorção em cada circuito.

O aumento em recuperação entre as etapas de cianetação e adsorção, em 1994, foi de 11,43% e 11,78% para as Linhas 1 e 2, respectivamente. Com a introdução do processo CIL este aumento passou a ser de apenas 3%, aproximadamente (Tabelas 3.7 e 3.8).

A diminuição do tempo de residência no circuito de adsorção de 9 para 6 horas em 1995 - Linha 1 não gerou redução de recuperação metalúrgica da cianetação/adsorção comparado a 1994.

◆ *Comparação do desempenho da usina hidrometalúrgica no período de 1993 a 1996.*

Tabela 3.9 - Comparação de dados de processo 1993/1994/1995/1996

| Dados de processo | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Teor de ouro em g Au/t | | | | |
| alimentação moagem | 4,85 | 4,93 | 5,16 | 5,56 |
| alimentação cianetação | 3,48 | 3,38 | 3,35 | 3,14 |
| rejeito adsorção linha 1 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,29 |
| rejeito adsorção linha 2 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,26 |
| Variáveis de processo | | | | |
| Concentração NaCN (ppm)- 1º. tanque cianetação | * | 380 | 360 | 310 |
| Concentração NaCN (ppm)- saída cianetação | * | 240 | 180 | 140 |
| Granulometria alimentação cianetação (% passante) 200 mesh (0,074 mm) | * | 81,03 | 80,99 | 81,43 |
| O ₂ dissolvido- 1º. tanque cianetação (mg O ₂ /l) | 7,18 | 6,78 | 7,31 | 6,86 |
| Consumos específicos de insumos | | | | |
| NaCN (g NaCN/t minério processado) | 486 | 556 | 486 | 477 |
| cal (g CaCO ₃ /t minério processado) | 1255 | 1373 | 1420 | 1315 |
| carvão ativado (g carvão/tonelada de minério processado) | 43 | 36 | 46 | * |
| Recuperação metalúrgica | | | | |
| cianetação/adsorção (%) | 91,95 | 91,57 | 91,04 | 91,08 |
| global - gravimetria + cianetação (%) | 94,23 | 93,98 | 94,19 | 94,96 |
| Participação da gravimetria (%) | 28,25 | 33,32 | 35,80 | 41,07 |

* Dados não disponíveis

A granulometria, a concentração de oxigênio dissolvido no primeiro tanque de cianetação e o consumo de cal hidratada permaneceram praticamente constantes no período de 1993 a 1996 (Tabela 3.9).

Observa-se aumento de teor de ouro na alimentação da moagem ao longo dos anos. A recuperação do ouro por meios gravíticos apresenta-se crescente e conseqüentemente, o teor de ouro no minério alimentado na cianetação mostra-se com pequena diminuição (Tabela 3.9).

A recuperação metalúrgica no circuito de cianetação/adsorção manteve-se no patamar de 91,7% em 1993 e 1994. Nos anos seguintes, a

recuperação no circuito hidrometalúrgico diminuiu a níveis de 91% principalmente devido a frequentes problemas de agitação de polpa e suprimento de ar comprimido nos tanques.

Entretanto, a recuperação global incluindo os circuitos gravítico e hidrometalúrgico apresentou-se em 1996 superior aos anos anteriores devido à maior contribuição do ouro recuperado na concentração gravítica.

O consumo de cianeto de sódio em 1995 e 1996 foi mantido ao nível de 1993. Observa-se, contudo, redução significativa da concentração de NaCN na polpa na saída da cianetação nos anos de 95/96 (Tabela 3.9). Neste período o circuito modificado estava em operação e o estágio de adsorção CIL durante a cianetação levou a um consumo adicional de NaCN e à diluição da polpa cianetada durante as transferências de carvão do tanque CIL (Figura 3.9).

Ao compararmos os resultados de recuperação metalúrgica obtidos da coleta de dados turno a turno, em que foram excluídos os problemas de agitação da polpa e de suprimento de ar comprimido (circuitos original e modificado das linhas 1 e 2 em torno de 91,7% - Tabelas 3.7 e 3.8), com o desempenho da usina hidrometalúrgica em 93/94 (91,8% - Tabela 3.9) verifica-se que as recuperações são muito próximas. A diminuição da recuperação deve-se, portanto, principalmente à deficiência dos agitadores e compressores de ar.

Ao se proceder à avaliação dos circuitos original e modificado através da coleta de dados turno a turno (Tabelas 3.7 e 3.8), as recuperações metalúrgicas obtidas foram influenciadas pelo baixo nível de cianeto na saída da cianetação. Recuperações 8,8% superiores na saída da cianetação foram obtidas no circuito modificado em relação ao circuito original. Contudo, durante a adsorção apenas 3,3% do ouro foi solubilizado no circuito modificado (11,5% no circuito original), sendo mantida a recuperação global. A adsorção CIL pode ter

acelerado a dissolução do ouro, porém não havia agente lixiviante suficiente para prosseguir a extração durante a adsorção CIP.

Na Figura 3.10 é apresentado de forma esquemática a discussão dos resultados de avaliação do comportamento geral da usina hidrometalúrgica.

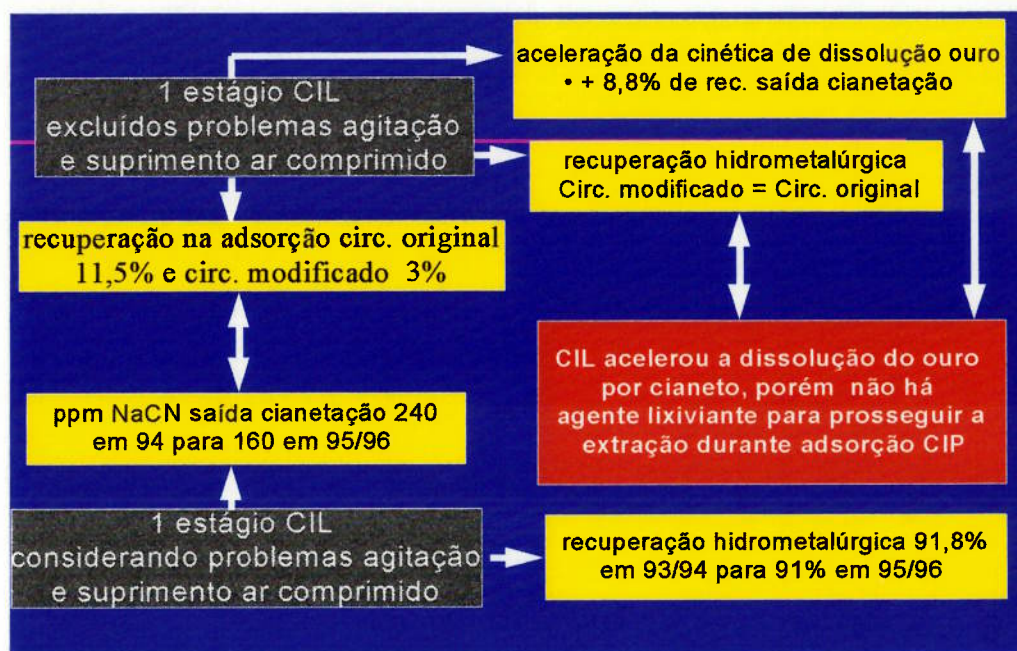


Figura 3.10- Principais resultados da avaliação global do comportamento da usina

Torna-se necessário, portanto, validar estes resultados através de avaliação da cinética de dissolução do ouro por cianeto, estabelecimento de correlação empírica entre variáveis de processo e o teor de ouro no rejeito do circuito de cianetação/adsorção e realização de ensaios em bancada.

4.3- AVALIAÇÃO CINÉTICA DA DISSOLUÇÃO DE OURO POR CIANETO

A avaliação cinética da dissolução do ouro por cianeto foi realizada em três partes conforme descrito a seguir.

4.3.1- Determinação das equações cinéticas de dissolução de ouro por cianeto dos circuitos original e modificado com dados de usina;

4.3.2- Ensaio de cianetação/adsorção CIP e CIL em bancada;

4.3.3- Estabelecimento de correlação empírica entre as variáveis de processo e a recuperação metalúrgica do circuito de cianetação/adsorção.

4.3.1- Determinação das equações cinéticas de dissolução de ouro por cianeto dos circuitos original e modificado

Metodologia

a- A determinação das equações cinéticas de dissolução de ouro por cianeto foi realizada com base nas informações dos teores de ouro em minério na alimentação da cianetação, saída do primeiro tanque de cianetação, saída da cianetação e saída da adsorção (rejeito) das linhas 1 e 2. Aproximadamente 8.000 dados foram levantados turno a turno dos circuitos original e modificado de cianetação/adsorção (item 4.2.2 - Anexos B.1 e B.2).

b- As curvas cinéticas de teor de ouro residual no minério foram traçadas em função do tempo de residência.

c- A equação matemática que descreve o melhor ajuste entre os pontos foi determinada pelo traçado da linha de tendência (Excel) - método dos mínimos quadrados - regressão não linear.

d- Utilizou-se o método diferencial para a confirmação da ordem de reação de dissolução do ouro por cianeto. Determinou-se a derivada da equação de reação de primeira ordem que relaciona a concentração de ouro no sólido em vários tempos de reação (0, 7, 28 e 37 horas - para os circuitos original - linhas 1 e 2 e modificado - linha 2 e 0, 7, 28 e 34 horas para o circuito modificado - linha 1):

$$[\text{Au}]_s = [\text{Au}]_o e^{-kt} \quad (38)$$

$$-d[\text{Au}]/dt = [\text{Au}]_o k e^{-kt} \quad (39)$$

e- Utilizou-se também o método integral para a confirmação da equação de velocidade de dissolução de ouro por cianeto no circuito de Fazenda Brasileiro.

$$-\ln \frac{[\text{Au}]_s}{[\text{Au}]_o} = kt \quad (40)$$

Resultados e Discussão

As equações de velocidade de dissolução de ouro por cianeto dos circuitos original e modificado de Fazenda Brasileiro para as linhas 1 e 2 são apresentadas na Tabela 3.10. A Figura 3.11 mostra as curvas cinéticas.

Tabela 3.10- Equações de dissolução de ouro por cianeto

| | | |
|----------------------------|--------------------------------------|------|
| Circuito original | | |
| Linha 1 | $[\text{Au}]_s = 3,30 e^{-0,0676 t}$ | (41) |
| Linha 2 | $[\text{Au}]_s = 3,30 e^{-0,0664 t}$ | (42) |
| Circuito modificado | | |
| Linha 1 | $[\text{Au}]_s = 3,39 e^{-0,0791 t}$ | (43) |
| Linha 2 | $[\text{Au}]_s = 3,39 e^{-0,0738 t}$ | (44) |

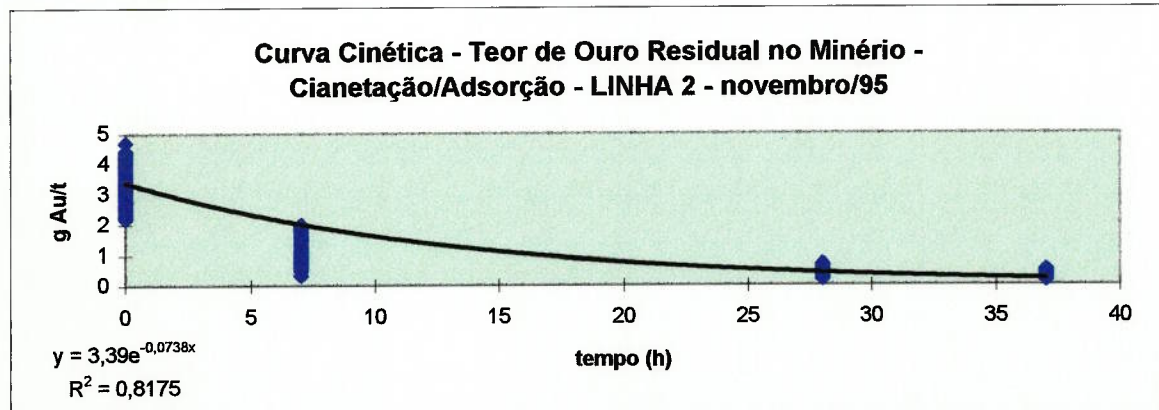
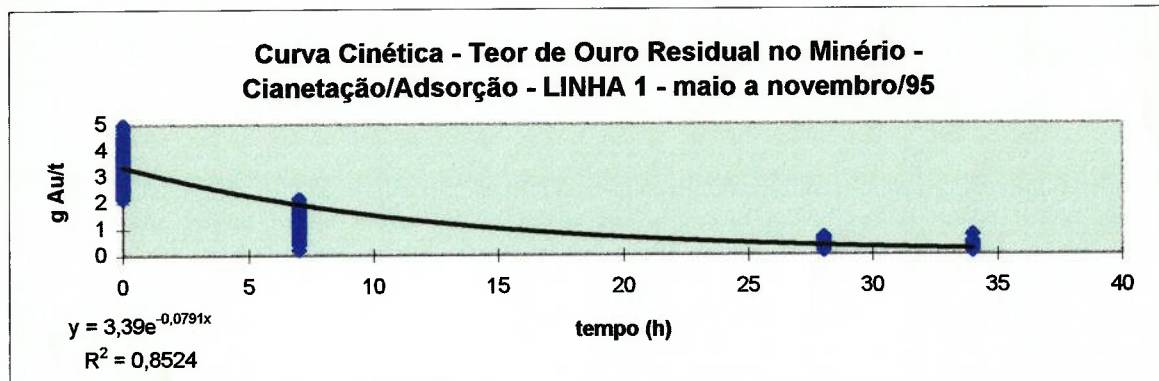
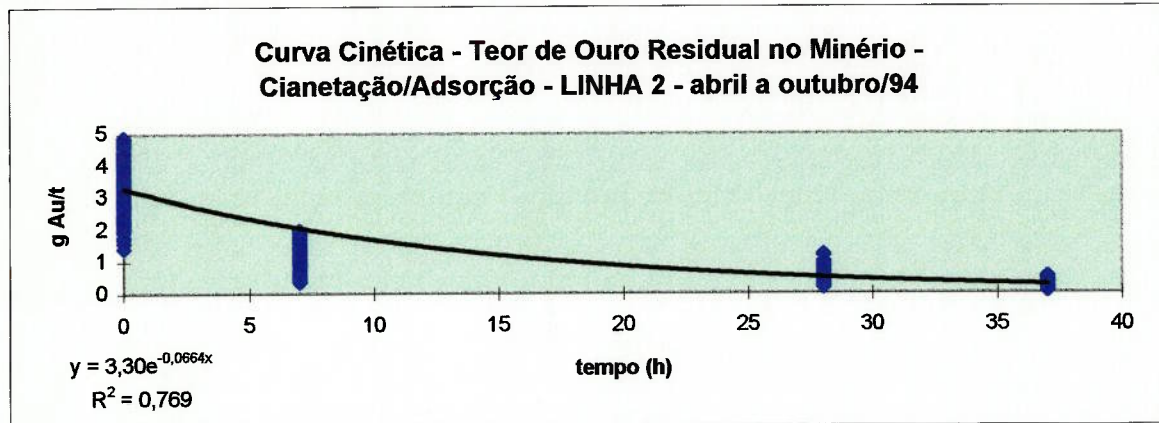
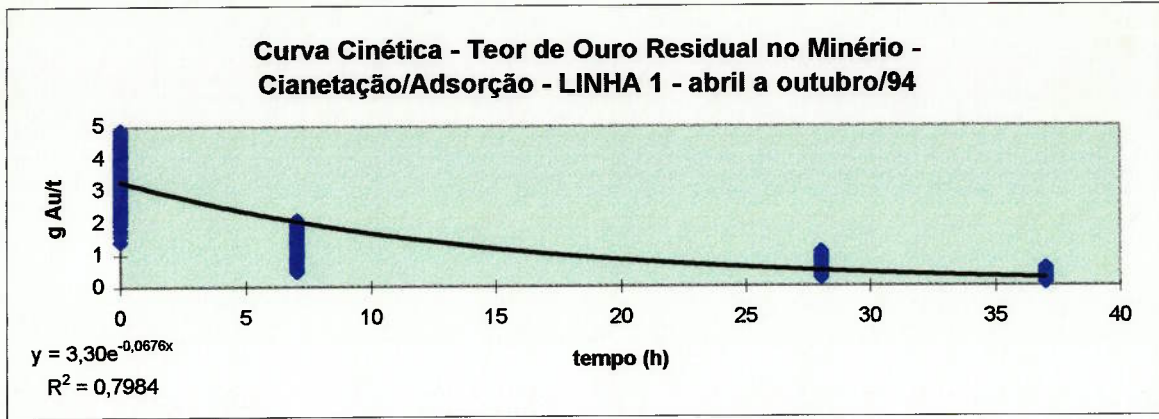


Figura 3.11- Curvas cinéticas - teor de ouro no minério em função do tempo de residência.

Observa-se na Figura 3.11 e na Tabela 3.10 que a constante de velocidade - k apresenta-se com os valores de aproximadamente $0,067 \text{ h}^{-1}$ para o circuito original (projeto) e $0,076 \text{ h}^{-1}$ para o circuito modificado (incorporação de um estágio de adsorção CIL no terceiro tanque de cianetação). Ocorre, portanto, o aumento da velocidade de dissolução do ouro por cianeto, o que está de acordo com os resultados de aumento de recuperação de ouro na saída da cianetação do circuito modificado quando comparado ao circuito original (aumento de 8,8% - Tabelas 3.7 e 3.8).

A aplicação do método diferencial é apresentada na Figura 3.12. As curvas $-d[\text{Au}]/dt$ vs $[\text{Au}]$ para as linhas 1 e 2 dos circuitos original e modificado foram traçadas. A reação de dissolução de ouro por cianeto em relação à concentração de ouro no sólido do minério de Fazenda Brasileiro é de primeira ordem (coeficientes de determinação - R^2 próximos a 0,9). Os valores de k correspondem ao coeficiente angular da reta (inclinação). Melhores coeficientes de correlação linear podem ser obtidos a partir da obtenção de um número maior de dados de teores de ouro e de tempos de residência no circuito (informações tanque a tanque, por exemplo).

A aplicação do método integral, apresentada na Figura 3.13, forneceu ajustes das retas que relacionam o $-\ln[\text{Au}]/[\text{Au}]_0$ e o tempo de residência, com coeficientes de determinação (R^2) próximos de 0,9, como observado no método diferencial.

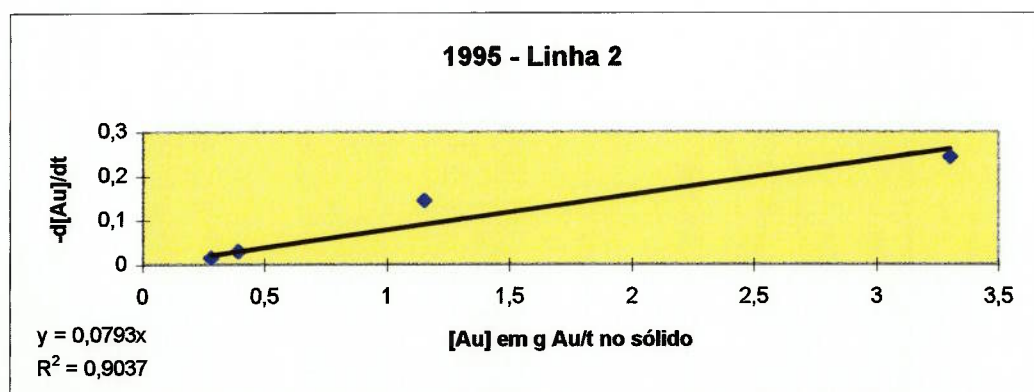
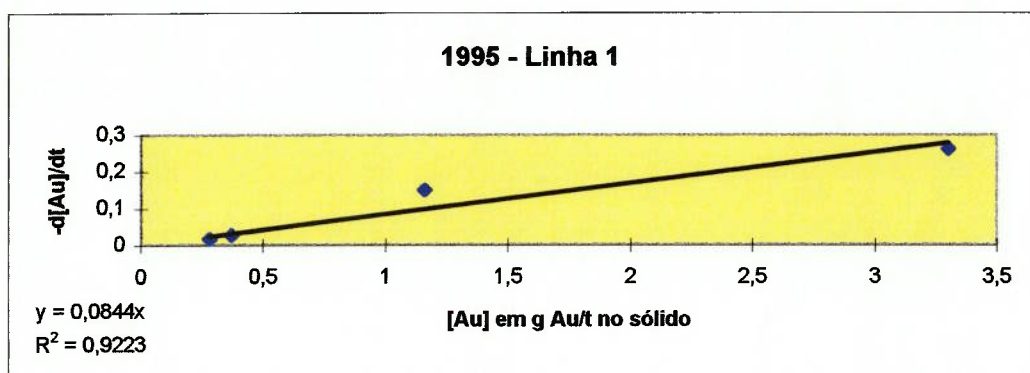
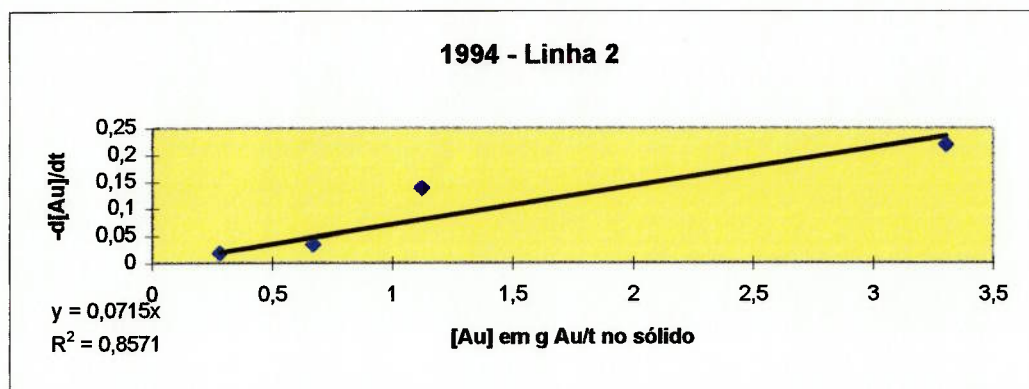
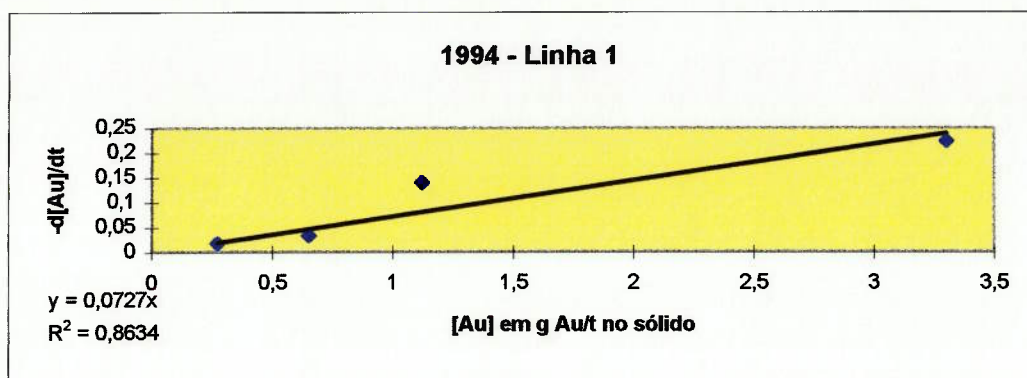


Figura 3.12 - Aplicação do método diferencial para determinação da equação cinética

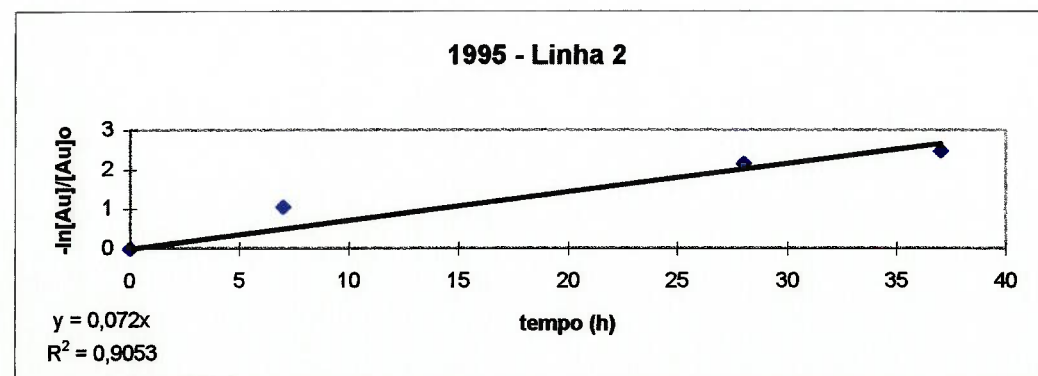
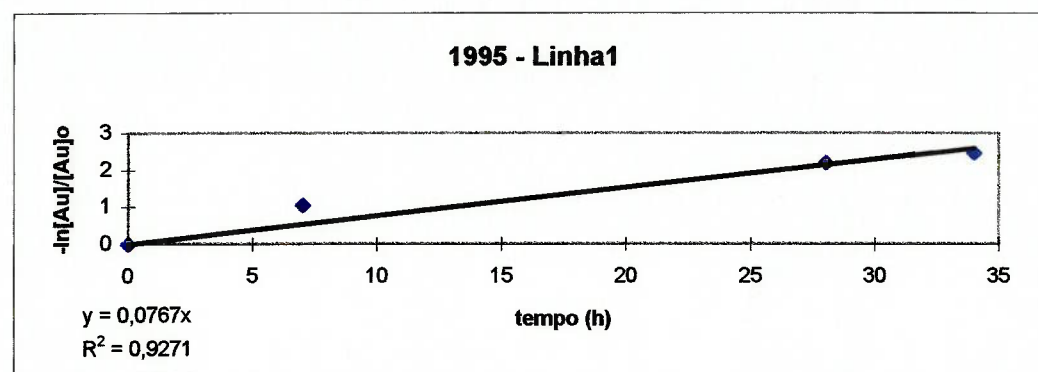
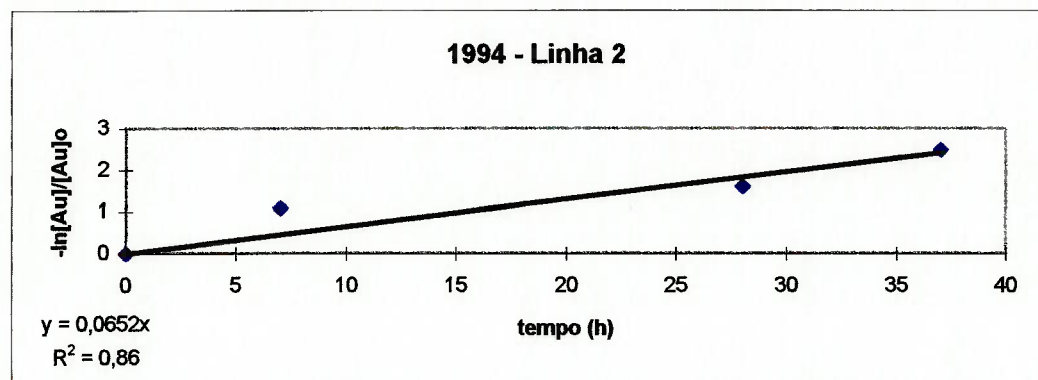
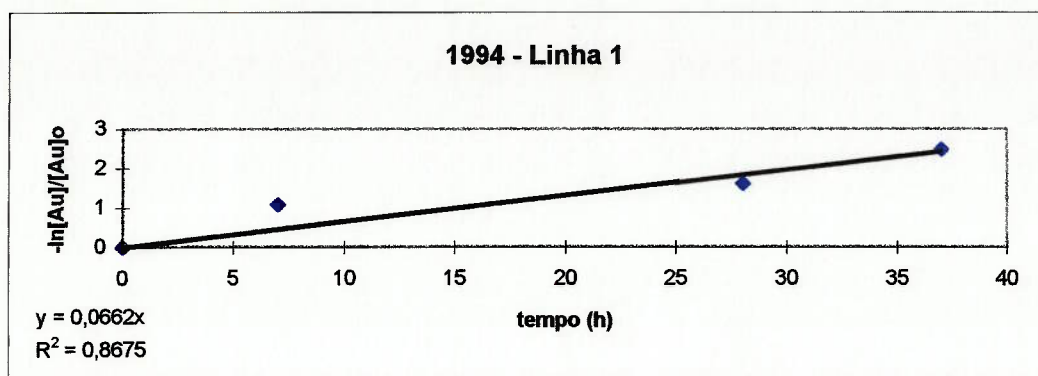


Figura 3.13 - Aplicação do método integral para determinação da equação cinética

4.3.2- Estabelecimento de correlação empírica entre as variáveis de processo e o teor de ouro no rejeito do circuito de cianetação/adsorção

A modelagem e a simulação de processos de beneficiamento de minérios têm uma das mais valiosas aplicações na otimização de processos.

A modelagem do processo de cianetação/adsorção foi desenvolvida de forma empírica, baseada no ajuste estatístico de uma equação matemática a dados do comportamento da usina, que relaciona o teor de ouro no rejeito da usina com as variáveis de processo. A correlação empírica obtida tem aplicação restrita ao processo em estudo.

A correlação matemática obtida torna possível prever o teor de rejeito da usina hidrometalúrgica a partir das principais variáveis de processo e, assim, desenvolver ações preventivas ao longo do processo produtivo. Além disso, as variáveis que impactam mais fortemente o desempenho do circuito de cianetação/adsorção passam a ser conhecidas.

Metodologia

a- Foram avaliados 60 dados diários de operação da usina referentes ao mês de dezembro/96 para as linhas 1 e 2, onde as variáveis de processo teor de ouro na alimentação em g Au/t (x_1), densidade de polpa em t/m³ (x_2), concentração de NaCN em mg/l no primeiro tanque de cianetação (x_3), saída da cianetação (x_4) e saída da adsorção CIP (x_5), concentração de oxigênio dissolvido em mg/l no primeiro (x_6) e último (x_7) tanques de cianetação, foram correlacionadas matematicamente com o teor de ouro no rejeito (y - variável resposta).

b- A equação matemática para as duas linhas de operação foi obtida através de regressão linear múltipla (método dos mínimos quadrados) realizada com a planilha eletrônica Excel.

c- O coeficiente de determinação (R^2) é calculado e fornece a informação de ajuste dos dados experimentais ao modelo de correlação proposto. Valores de R^2 próximos de 1 indicam que a diferença entre os valores de y estimados e os calculados são pequenos, ou seja, existe boa correlação entre os dados estudados.

d- As variáveis que mais impactam o teor de ouro no rejeito do circuito de cianetação/adsorção de Fazenda Brasileiro foram determinadas utilizando-se o teste estatístico unilateral "t" de Student, que relaciona o valor dos coeficientes da equação de reta (a_1, a_2, \dots, a_7) com os valores dos erros-padrão para estes coeficientes (se_1, se_2, \dots, se_7). A razão entre cada coeficiente e o erro padrão associado é calculada e seu valor absoluto é comparado com o valor de "t" tabelado ao nível de significância de 5% para n graus de liberdade ($n=50$, neste caso). O valor de "t" calculado superior a "t" tabelado indica que dada variável é importante para prever o valor do teor de ouro no rejeito.

Resultados e Discussão

A expressão matemática resultante da modelagem do processo de cianetação/adsorção é apresentada na equação (44):

$$y = 0,0934x_1 + 1,513x_2 + 0,000159x_3 - 0,00105x_4 + 0,000442x_5 - 0,0536x_6 - 0,0143x_7 - 1,822 \quad (44)$$

As Tabelas 3.11 e 3.12 apresentam os dados das variáveis de processo estudadas e os teores de ouro no rejeito observados e calculados pela equação (44), para as linhas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 3.11 - Comparação entre resultados do teor de ouro no rejeito observados e calculados- Linha 1

| Linha 1 | | | | | | | | |
|------------|----------------------|--------------|--------------|-----------|------------------------|------------------------|----------------|----------------|
| teor alim. | dens. polpa | ppm NaCN | ppm NaCN | ppm NaCN | mg/l de O ₂ | mg/l de O ₂ | g Au/t rejeito | g Au/t rejeito |
| g Au/t | (g/cm ³) | 1º.TQ cianet | saída cianet | saída CIP | 1º.TQ cianet | saída cianet | observado | calculado |
| 3,48 | 1,52 | 342 | 180 | 95 | 7,75 | 7,5 | 0,21 | 0,18 |
| 3,42 | 1,53 | 315 | 153 | 78 | 7,21 | 8,01 | 0,25 | 0,23 |
| 3,05 | 1,52 | 334 | 120 | 64 | 6,74 | 6,98 | 0,28 | 0,25 |
| 3,88 | 1,53 | 315 | 72 | 39 | 6,97 | 7,56 | 0,32 | 0,36 |
| 3,7 | 1,53 | 341 | 132 | 61 | 7,35 | 6,84 | 0,32 | 0,28 |
| 3,66 | 1,53 | 348 | 122 | 67 | 5,33 | 7,72 | 0,28 | 0,39 |
| 3,47 | 1,53 | 342 | 105 | 60 | 5,67 | 6,11 | 0,33 | 0,39 |
| 2,77 | 1,53 | 348 | 102 | 51 | 6,08 | 6,06 | 0,40 | 0,30 |
| 2,7 | 1,54 | 231 | 119 | 75 | 7,16 | 7,84 | 0,18 | 0,20 |
| 3,28 | 1,54 | 349 | 116 | 65 | 4,41 | 7,38 | 0,27 | 0,43 |
| 3,86 | 1,54 | 355 | 101 | 57 | 5,17 | 8,55 | 0,46 | 0,44 |
| 3,44 | 1,56 | 346 | 110 | 62 | 3,51 | 7,55 | 0,43 | 0,52 |
| 2,93 | 1,56 | 373 | 97 | 55 | 3,02 | 6,99 | 0,53 | 0,53 |
| 3,32 | 1,55 | 344 | 92 | 39 | 3,13 | 6,8 | 0,50 | 0,54 |
| 3,4 | 1,54 | 340 | 91 | 46 | 3,36 | 6,38 | 0,51 | 0,53 |
| 3,08 | 1,55 | 349 | 102 | 67 | 3,26 | 5,8 | 0,58 | 0,52 |
| 3,79 | 1,55 | 364 | 95 | 92 | 3,83 | 6,49 | 0,60 | 0,57 |
| 3,11 | 1,58 | 352 | 92 | 92 | 3,92 | 6,36 | 0,51 | 0,55 |
| 3,59 | 1,57 | 346 | 90 | 88 | 4,26 | 7,01 | 0,48 | 0,55 |
| 4,36 | 1,54 | 346 | 88 | 88 | 4,6 | 6,63 | 0,65 | 0,57 |
| 3,89 | 1,57 | 352 | 71 | 57 | 4,71 | 6,31 | 0,58 | 0,57 |
| 3,82 | 1,54 | 330 | 93 | 80 | 4,16 | 6,21 | 0,67 | 0,53 |
| 4,37 | 1,57 | 329 | 92 | 60 | 3,86 | 6,33 | 0,70 | 0,64 |
| 4,68 | 1,54 | 314 | 73 | 42 | 1,8 | 3,52 | 0,84 | 0,78 |
| 4,6 | 1,53 | 368 | 83 | 53 | 2,15 | 7,26 | 0,73 | 0,69 |
| 4,2 | 1,54 | 364 | 120 | 58 | 4,67 | 7,26 | 0,55 | 0,49 |
| 4,91 | 1,51 | 364 | 83 | 38 | 5,67 | 6,88 | 0,57 | 0,50 |
| 4,05 | 1,55 | 323 | 92 | 56 | 6,43 | 7,84 | 0,40 | 0,42 |
| 3,16 | 1,52 | 342 | 200 | 95 | 6,38 | 6,26 | 0,20 | 0,22 |

Tabela 3.12 - Comparação entre resultados do teor de ouro no rejeito observados e calculados- Linha 2

| Linha 2 | | | | | | | | |
|------------|----------------------|--------------|--------------|-----------|------------------------|------------------------|----------------|----------------|
| teor alim. | dens. polpa | ppm NaCN | ppm NaCN | ppm NaCN | mg/l de O ₂ | mg/l de O ₂ | g Au/t rejeito | g Au/t rejeito |
| g Au/t | (g/cm ³) | 1°.TQ cianet | saída cianet | saída CIP | 1°.TQ cianet | saída cianet | observado | calculado |
| 3,16 | 1,52 | 342 | 200 | 95 | 6,38 | 6,26 | 0,20 | 0,22 |
| 3,48 | 1,52 | 356 | 200 | 84 | 7,34 | 6,06 | 0,19 | 0,20 |
| 3,25 | 1,51 | 341 | 173 | 76 | 6,86 | 7,51 | 0,24 | 0,19 |
| 3,42 | 1,53 | 319 | 170 | 82 | 6,55 | 7,3 | 0,24 | 0,26 |
| 3,05 | 1,52 | 318 | 143 | 72 | 6,27 | 6,36 | 0,27 | 0,26 |
| 3,88 | 1,53 | 306 | 72 | 35 | 6,93 | 5,85 | 0,24 | 0,38 |
| 3,7 | 1,53 | 347 | 132 | 65 | 7,01 | 6,79 | 0,23 | 0,30 |
| 3,66 | 1,53 | 346 | 170 | 71 | 6,22 | 6,4 | 0,24 | 0,31 |
| 3,47 | 1,53 | 351 | 132 | 58 | 6,68 | 5,71 | 0,25 | 0,31 |
| 2,77 | 1,53 | 348 | 125 | 58 | 6,68 | 6,71 | 0,31 | 0,24 |
| 3,28 | 1,54 | 348 | 155 | 71 | 7,73 | 8,13 | 0,21 | 0,20 |
| 3,86 | 1,54 | 343 | 125 | 65 | 7,81 | 8,3 | 0,27 | 0,27 |
| 3,44 | 1,56 | 347 | 130 | 63 | 7,55 | 7,2 | 0,35 | 0,29 |
| 2,93 | 1,56 | 344 | 127 | 60 | 7,3 | 6,25 | 0,36 | 0,27 |
| 3,32 | 1,55 | 387 | 110 | 52 | 5,31 | 6,19 | 0,37 | 0,42 |
| 3,67 | 1,59 | 370 | 95 | 45 | 4,9 | 7,38 | 0,45 | 0,53 |
| 3,4 | 1,54 | 321 | 112 | 38 | 5,26 | 7,31 | 0,55 | 0,38 |
| 3,08 | 1,55 | 351 | 125 | 58 | 5,22 | 6,88 | 0,49 | 0,38 |
| 3,79 | 1,55 | 345 | 122 | 53 | 6,87 | 7,37 | 0,36 | 0,35 |
| 3,11 | 1,58 | 345 | 130 | 55 | 5,42 | 5,72 | 0,41 | 0,42 |
| 3,59 | 1,57 | 343 | 110 | 50 | 5,78 | 5,73 | 0,48 | 0,45 |
| 4,36 | 1,54 | 338 | 110 | 53 | 5,97 | 5,89 | 0,53 | 0,46 |
| 3,89 | 1,57 | 334 | 94 | 44 | 5,87 | 5,93 | 0,50 | 0,48 |
| 3,82 | 1,55 | 332 | 100 | 47 | 5,08 | 6,21 | 0,62 | 0,48 |
| 4,37 | 1,57 | 347 | 107 | 59 | 5,03 | 6,33 | 0,66 | 0,56 |
| 4,68 | 1,55 | 340 | 93 | 43 | 3,63 | 3,52 | 0,55 | 0,68 |
| 4,6 | 1,53 | 375 | 111 | 59 | 4,61 | 7,26 | 0,49 | 0,53 |
| 4,2 | 1,55 | 352 | 141 | 60 | 6,33 | 7,26 | 0,46 | 0,40 |
| 4,91 | 1,52 | 312 | 108 | 43 | 7,13 | 6,88 | 0,35 | 0,40 |
| 4,05 | 1,55 | 349 | 154 | 55 | 7,08 | 7,84 | 0,33 | 0,32 |

O ajuste adequado da equação matemática (teor de ouro no rejeito calculado) aos resultados experimentais (teor de ouro no rejeito observado) pode ser visualizado na Figura 3.14.

O coeficiente de correlação (R) obtido apresentou o valor de 0,90, indicando um bom ajuste entre os valores de y calculados pela equação e os valores de y observados.

As equações matemáticas podem ser utilizadas para prever a recuperação metalúrgica a ser obtida em determinado turno de operação, a partir dos dados das variáveis de processo. A correlação empírica pode ser melhorada ao longo do tempo pela incorporação de um número maior de dados experimentais para análise por regressão linear múltipla.

A aplicação da estatística "t" de Student é apresentada na Tabela 3.13.

Tabela 3.13 - Aplicação do teste "t" para determinação das variáveis de processo mais importantes

| Variável estudada | Coefficiente da equação | Erro padrão para os coeficientes | "t" calculado | "t" tabelado (50, 5%) |
|--|-------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------|
| teor de ouro(g Au/t) alimentação cianetação | $a_1 = 0,0934$ | $se_1 = 0,0203$ | 4,58 | 1,67 |
| densidade de polpa (t/m^3) | $a_2 = 1,513$ | $se_2 = 0,631$ | 2,39 | 1,67 |
| conc. NaCN (ppm) 1º. tanque cianetação | $a_3 = 0,000159$ | $se_3 = 0,000501$ | 0,32 | 1,67 |
| conc. NaCN (ppm) saída cianetação | $a_4 = -0,00105$ | $se_4 = 0,000537$ | -1,95 | 1,67 |
| conc. NaCN (ppm) saída CIP | $a_5 = 0,000442$ | $se_5 = 0,000815$ | 0,54 | 1,67 |
| mg/l de O ₂ dissolvido 1º. tanque cianetação | $a_6 = -0,0536$ | $se_6 = 0,00964$ | -5,56 | 1,67 |
| mg/l de O ₂ dissolvido saída cianetação | $a_7 = -0,0143$ | $se_7 = 0,0118$ | -1,21 | 1,67 |

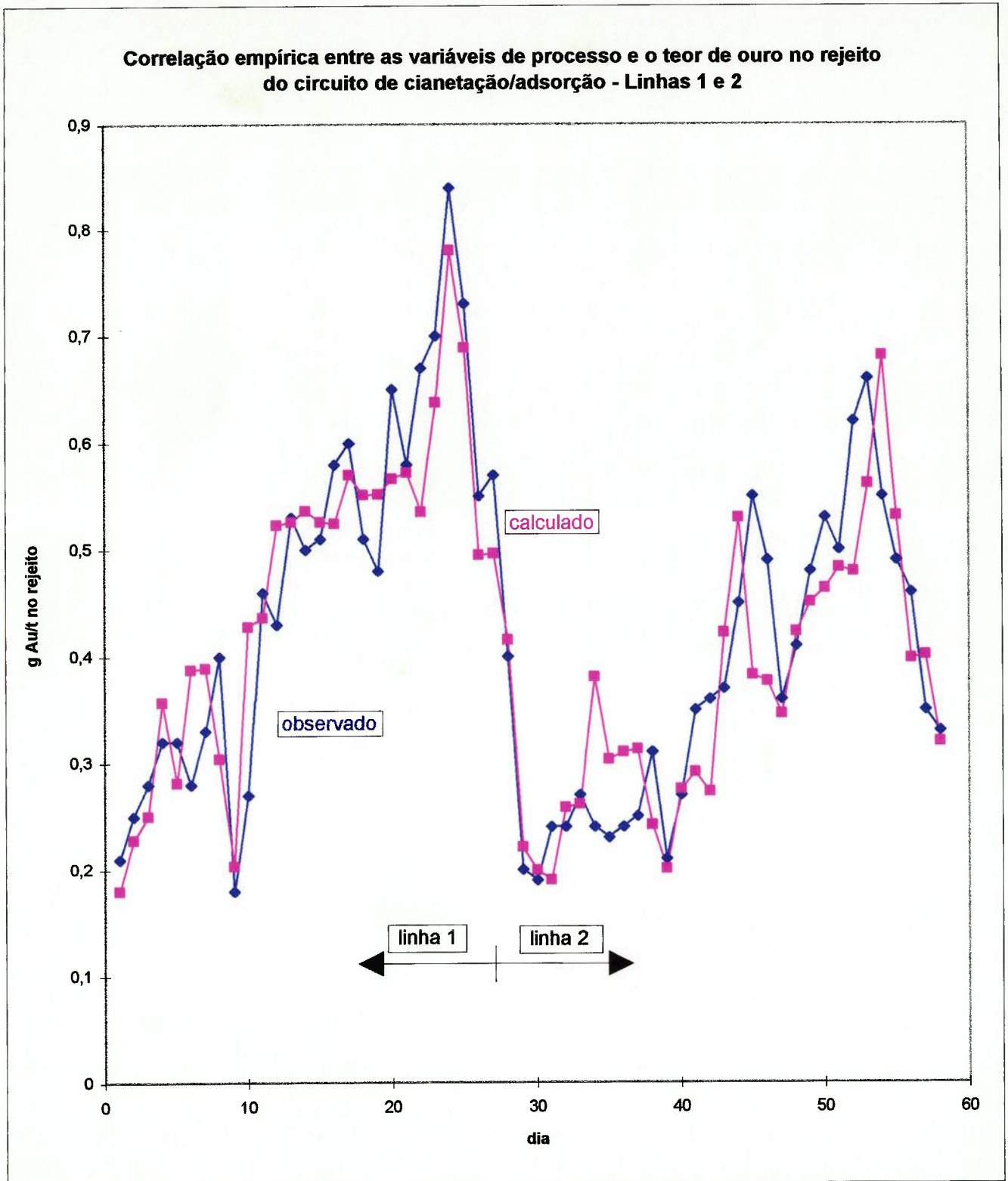


Figura 3.14- Correlação empírica entre os teores de ouro no rejeito observados e calculados pela equação (44)

As variáveis estatisticamente determinadas que mais impactam o desempenho da usina hidrometalúrgica de Fazenda Brasileiro são: o teor de ouro na alimentação da cianetação, a densidade de polpa, o teor de cianeto de sódio na saída da cianetação e o teor de oxigênio dissolvido no primeiro tanque de cianetação.

As duas primeiras variáveis estão intimamente relacionadas ao tempo de residência da polpa no circuito. Os minérios alimentados na cianetação com maior teor de ouro e maior densidade de polpa requerem maiores tempos de contato com o agente lixiviante para que ocorra a extração esperada. Esta observação coincide com resultados de recianetação do rejeito do circuito de cianetação/adsorção em tambor realizada diariamente na usina de Fazenda Brasileiro e que fornece indicações de que teores de 0,21 g Au/t no rejeito não apresentam ouro ainda passível de cianetação, e que para valores acima deste maiores tempos de residência na lixiviação são requeridos para se obter a extração desejada. Com base no teor de 3,3 g Au/t do minério que alimenta a cianetação (valor histórico - Tabela 3.9) e no teor de ouro no rejeito de 0,21 g Au/t, recuperações da ordem de 93,6% seriam alcançadas. Desde 1993, antes mesmo da modificação do circuito original, resultados de diagnóstico de lixiviação de rejeitos da mina de Fazenda Brasileiro realizados pela Superintendência de Tecnologia ⁽¹⁰⁹⁾ indicavam que para amostras de rejeito com teor aproximado de 0,40 g Au/t, 40 a 60% do ouro contido no rejeito é passível de cianetação, 20 a 30% encontra-se incluso em óxidos/sulfetos/carbonatos, 0 a 10% adsorvido em matéria carbonosa e 10 a 30% incluso em silicatos. A recuperação do ouro encapsulado não é econômica, pois além da quantidade ser pequena, a sua recuperação requer gastos com a moagem adicional do minério. Isto nos leva à necessidade de estudar a possibilidade de aumento da recuperação metalúrgica proporcionando maior tempo de contato entre o minério e o agente lixiviante, seja por retorno ao circuito original com maior tempo de cianetação ou pela implantação da adsorção CIL em todos os estágios.

A concentração de cianeto de sódio na saída da cianetação e a concentração de oxigênio dissolvido no primeiro tanque de cianetação também apresentam grande influência sobre a recuperação do ouro no circuito de cianetação/adsorção. Deve-se manter o controle operacional destas variáveis a níveis que não incorram em aumento de teor de ouro no rejeito.

Ensaio de cianetação/adsorção CIP e adsorção CIL foram realizados com o objetivo de verificar em que condições operacionais é possível alcançar recuperação metalúrgica em torno de 93,5%.

Na Figura 3.15 são apresentados os principais resultados do estabelecimento da correlação empírica.

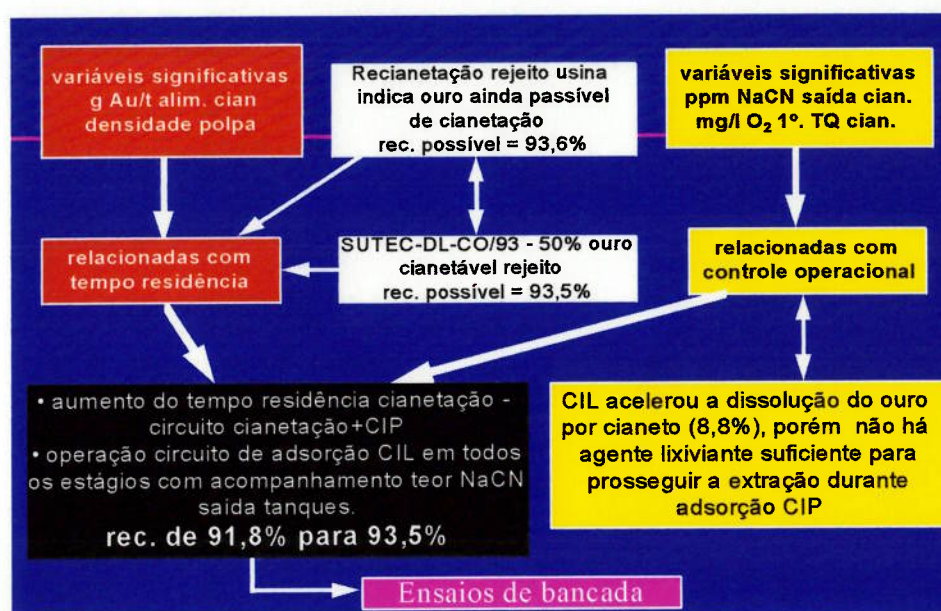


Figura 3.15- Principais resultados do estabelecimento da correlação empírica.

4.3.3- Ensaios de cianetação/adsorção CIP e CIL em bancada

Os ensaios de bancada foram planejados para se avaliar a necessidade da pré-aeração para os minérios de Fazenda Brasileiro, a influência da concentração de cianeto na recuperação metalúrgica do ouro e comparar os resultados de recuperação metalúrgica e tempos de residência para circuitos de adsorção CIP e CIL.

Metodologia

a- Utilizou-se a amostra de alimentação da cianetação obtida, homogeneizada, preparada e testada conforme descrito no item 4.1. O teor de ouro da amostra é de $3,36 \pm 0,14$ g Au/t.

b- Os ensaios de cianetação/adsorção CIP e de adsorção CIL foram desenvolvidos em duplicata com massa de minério de 500 g, porcentagem de sólidos na polpa de 50%, pH = 10,5 e concentração de carvão na polpa de 20 g/l. As concentrações de cianeto de sódio na polpa avaliadas foram de 300 (nível próximo em que a usina opera) e 500 mg/l. Alguns ensaios foram executados com a realização da etapa de pré-aeração e outros não. Os tempos de cianetação e adsorção CIP e CIL variaram durante o ensaio conforme a operação da usina hidrometalúrgica. Os ensaios foram executados em reator de vidro de 1000 ml e a polpa foi agitada durante todo o tempo programado.

c- A concentração de cianeto durante o ensaio foi controlada a fim de manter a menor variabilidade possível, sendo feita a reposição do cianeto de sódio consumido. A análise de cianeto foi realizada através de volumetria de complexação utilizando-se como agente titulante o nitrato de prata e a rodanina como indicador. O consumo de cianeto de sódio (g NaCN/t minério) foi calculado considerando a quantidade de NaCN adicionado em cada ensaio.

d- As análises de ouro no minério foram realizadas utilizando-se o método de Fusão e Copelação.

e- A geração de carvão fino foi acompanhada, com o objetivo de se avaliar a eventual possibilidade de aumento desta geração em circuito de adsorção CIL, quando comparado ao circuito CIP, com base na distribuição granulométrica do carvão novo que não possui massa retida em 65 mesh (207 μm).

f- A recuperação de cada ensaio individual foi calculada com base no teor dosado de ouro no minério. A recuperação média foi calculada a partir das recuperações de cada teste individual (duplicata) sob as mesmas condições.

$$\text{Recuperação individual} = \frac{[\text{Au}]_s \text{ inicial} - [\text{Au}]_s \text{ final}}{[\text{Au}]_s \text{ inicial}} \times 100 \quad (45)$$

$$\text{Recuperação média (duplicata)} = (\text{Rec. ensaio 1} + \text{Rec. ensaio 2}) / 2 \quad (46)$$

Resultados e Discussão

As condições experimentais e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.14.

As recuperações médias dos testes CIP e CIL para mesmas condições de pH, concentração de NaCN, densidade de polpa, tempo de residência e realização ou não da etapa de pré-aeração foram praticamente idênticas (ensaios 1, 2 e 3 de CIP e CIL).

O consumo de cianeto é ligeiramente maior para o processo de adsorção CIL quando comparado ao CIP para a mesma condição de concentração de cianeto na polpa (ensaios 1, 2 e 3 de CIP e CIL). Isto confirma a

Tabela 3.14 - Condições e resultados de ensaios de cianetação/adsorção em bancada.

| n°. teste | Condições dos ensaios | | | | | Resultados | | |
|-----------|-----------------------|------------|-------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| | pH | [NaCN] ppm | pré-aeração | tempo (h) cianetação | tempo (h) adsorção | Recuperação (%) | Consumo g NaCN/t | % carvão (+65mesh) |
| 1-CIP | 10,4 ± 0,3 | 507 ± 59 | não | 24 | 6 | 93,6 ± 0,4 | 1362 | 6,9 |
| 1-CIL | 10,5 ± 0,3 | 499 ± 58 | não | | 30 | 93,1 ± 0,5 | 1520 | 6,6 |
| 2-CIP | 10,5 ± 0,4 | 514 ± 84 | pré(14h) | 24 | 6 | 93,8 ± 0,5 | 1410 | 4,9 |
| 2-CIL | 10,4 ± 0,3 | 493 ± 63 | pré(14h) | | 30 | 93,7 ± 0,5 | 1580 | 5,2 |
| 3-CIP | 10,3 ± 0,5 | 294 ± 64 | pré(14h) | 24 | 6 | 93,1 ± 0,4 | 1200 | 6,8 |
| 3-CIL | 10,3 ± 0,3 | 279 ± 52 | pré(14h) | | 30 | 93,3 ± 0,4 | 1270 | 7,0 |
| 4-CIP | 10,7 ± 0,3 | 456 ± 46 | não | 31 | 8 | 94,3 ± 0,5 | 1830 | 5,1 |
| 4-CIL | 10,8 ± 0,2 | 458 ± 57 | não | | 24 | 94,0 ± 0,4 | 1265 | 6,9 |
| 5-CIP | 10,5 ± 0,4 | 257 ± 45 | não | 31 | 8 | 93,7 ± 0,4 | 1390 | 8,2 |
| 6-CIL | 10,6 ± 0,2 | 261 ± 41 | não | | 24 | 93,5 ± 0,4 | 810 | 8,4 |

Observações:

Testes em duplicata

Massa de sólidos: 500 g

Concentração de sólidos na polpa: 50% em peso

Testes em bancada realizados com concentração de carvão na polpa de 20 g/l

Concentração de ouro em solução $\leq 0,01$ ppm

diminuição do teor de cianeto na saída da cianetação observado na operação industrial do circuito hidrometalúrgico em 1995 e 1996 (Tabela 3.9). O consumo de cianeto foi muito alto nos ensaios de bancada devido à reposição do agente lixiviante ao longo do ensaio.

Quanto à geração de carvão fino, com base na distribuição granulométrica do carvão novo que não possui massa retida em 65 mesh (207 μm), não se observa aumento de perdas de carvão devido à abrasão quando se compara o desempenho dos circuitos CIP e CIL (% de carvão retido em 65 mesh) - Tabela 3.8 - (ensaios 1, 2 e 3 de CIP e CIL).

Ocorre o aumento de recuperação de ouro quando se eleva a concentração de cianeto na polpa (comparações entre os ensaios 2 e 3 de CIP, 2 e 3 de CIL, ensaios 4 e 5 de CIP e 4 e 5 de CIL).

Ao compararmos os ensaios 1 e 2, que se diferenciam pela realização ou não da etapa de pré-aeração para a concentração de cianeto na polpa de aproximadamente 500 ppm, observa-se que as recuperações metalúrgicas obtidas foram as mesmas e que não houve consumo adicional de cianeto no teste 1 (ausência de pré-aeração). Isto pode ser explicado pela pequena solubilidade dos minerais sulfetados e dos minerais contendo ferro presentes no minério de Fazenda Brasileiro frente a soluções de cianeto (Tabela 3.5). Deve-se, portanto, verificar a possibilidade de redução do tempo necessário de pré-aeração da polpa em escala industrial. A pré-aeração da polpa antes da cianetação se faz necessária quando a concentração de consumidores de oxigênio no minério (principalmente sulfetos solúveis) é alta. Os sulfetos, além de consumirem o oxigênio necessário à obtenção do potencial de oxidação do ouro a íon auroso, consomem também o cianeto com a formação de tiocianato (equação (21)). A pré-aeração objetiva passivar a pirrotita e oxidar os sulfetos solubilizados a tiosulfato ou sulfato (equações (22) e (23)), minimizando o consumo de oxigênio

e cianeto durante a lixiviação ^(54,61,64,66). Outra maneira de remover sulfetos solúveis da polpa é pela adição de sais de chumbo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, PbO , $\text{Pb}(\text{OCOCH}_3)_2$), mercúrio, tálio e bismuto, sendo o primeiro mais comumente utilizado. O íon sulfeto é precipitado na forma de PbS , sal fracamente solúvel, mantendo a superfície do ouro acessível ao cianeto ^(54,66,76).

Os ensaios 5-CIP e 5-CIL mostram que recuperações da ordem de 93,6% (em bancada) podem ser obtidas para concentrações de 260 ppm de NaCN na polpa e ausência de pré-aeração nos tempos de 31 horas de cianetação + 8 horas de adsorção CIP ou 24 horas para a adsorção CIL. O processo de adsorção CIL proporciona, neste caso, aceleração da velocidade de extração do ouro com conseqüente diminuição do número de tanques necessários à operação da unidade hidrometalúrgica. Observação similar pode ser feita entre os ensaios 4-CIP e 4-CIL para concentração de cianeto na polpa de aproximadamente 460 ppm.

Ensaio de recianetação do rejeito obtido após lixiviação em bancada indicaram a ausência de ouro cianetável.

Pode-se afirmar, com base nos resultados dos ensaios de bancada e confirmados pelos ensaios de recianetação do rejeito industrial da usina e pelo diagnóstico de lixiviação, que recuperações superiores a 91,8% podem ser obtidas com o aumento do tempo de residência da polpa durante a lixiviação possibilitando a extração do ouro ainda passível de cianetação no rejeito. Resultados de recuperação hidrometalúrgica de 93,5% podem ser alcançados através da operação dos processos de cianetação (31 horas) + adsorção CIP (8 horas) ou adsorção CIL (24 horas)).

Os principais resultados dos ensaios em bancada são apresentados na Figura 3.16.

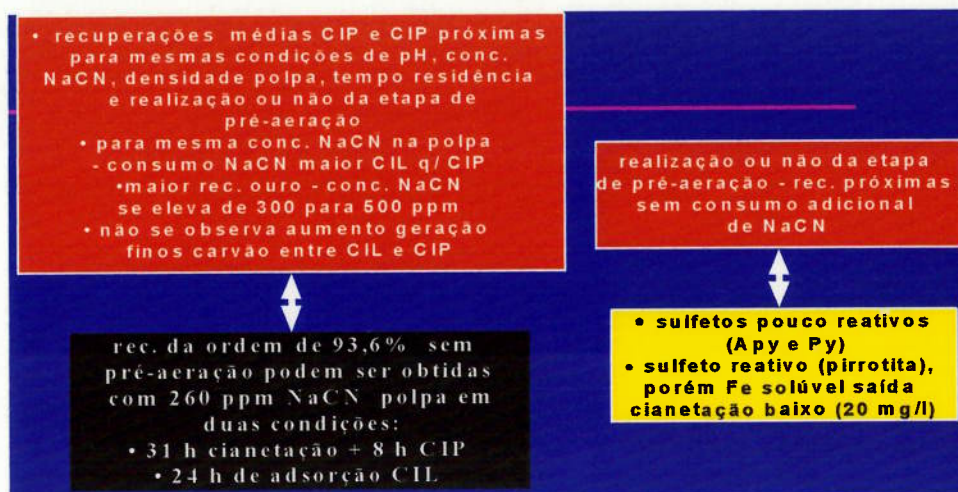


Figura 3.16- Principais resultados dos ensaios em bancada

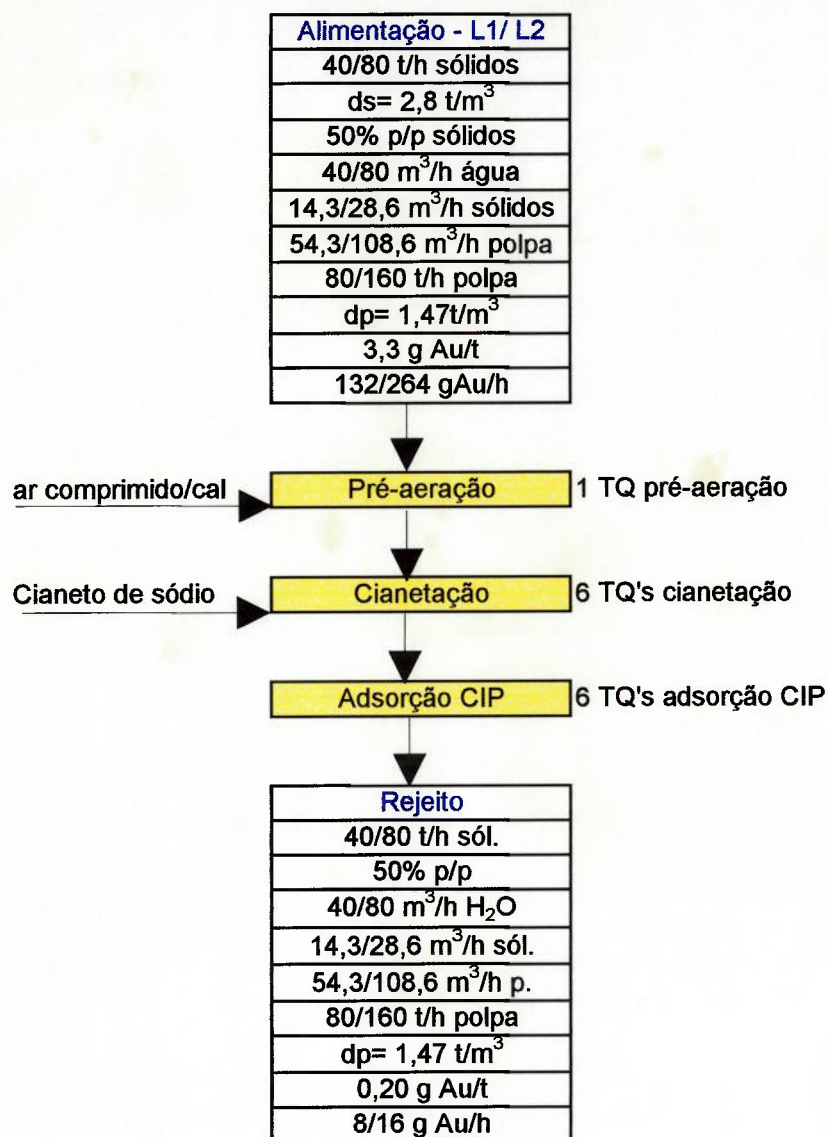
4.4- FLUXOGRAMAS PROPOSTOS DE LIXIVIAÇÃO DO MINÉRIO DE FAZENDA BRASILEIRO

Os fluxogramas propostos para operação da usina hidrometalúrgica de Fazenda Brasileiro são apresentados nas Figuras 3.17 e 3.18. Os fluxogramas foram definidos com base nos estudos de comportamento da usina, avaliação da cinética de dissolução do ouro dos circuitos original e modificado, informações da correlação empírica obtida entre as variáveis de processo e o teor de ouro no rejeito e resultados dos ensaios em bancada a fim de se obter uma recuperação metalúrgica de 93,5%.

Existem duas alternativas de circuitos:

- a- cianetação (32 horas) + adsorção CIP (9 horas);
- b- adsorção CIL (23 horas).

Os tempos de residência da polpa nos circuitos propostos diferem-se muito pouco dos tempos de residência avaliados nos ensaios de bancada e esta diferença se deve, basicamente, ao volume dos tanques disponíveis em operação.



| Legenda | Cianetação | Adsorção CIP |
|---------|--|--|
| | Volume tanque = 350 m^3 /750 m^3 | Volume tanque = 110 m^3 /200 m^3 |
| | Tempo residência= 6,4 horas/TQ | Tempo residência= 1,5 horas/TQ |
| | Tempo pré-aeração= 6,4 horas | Concentração carvão = 30 g/l |
| | Tempo cianetação = 32 horas | Carvão novo = último tanque |
| | Tempo CIP = 9 horas | |
| | Tempo total = 47,4 horas | |

Figura 3.17- Fluxograma proposto de cianetação/adsorção CIP para tratar 120 t/h de sólidos nas Linhas 1 e 2.

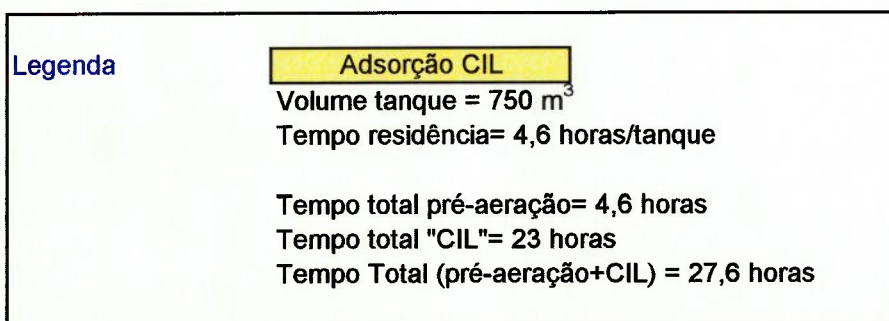
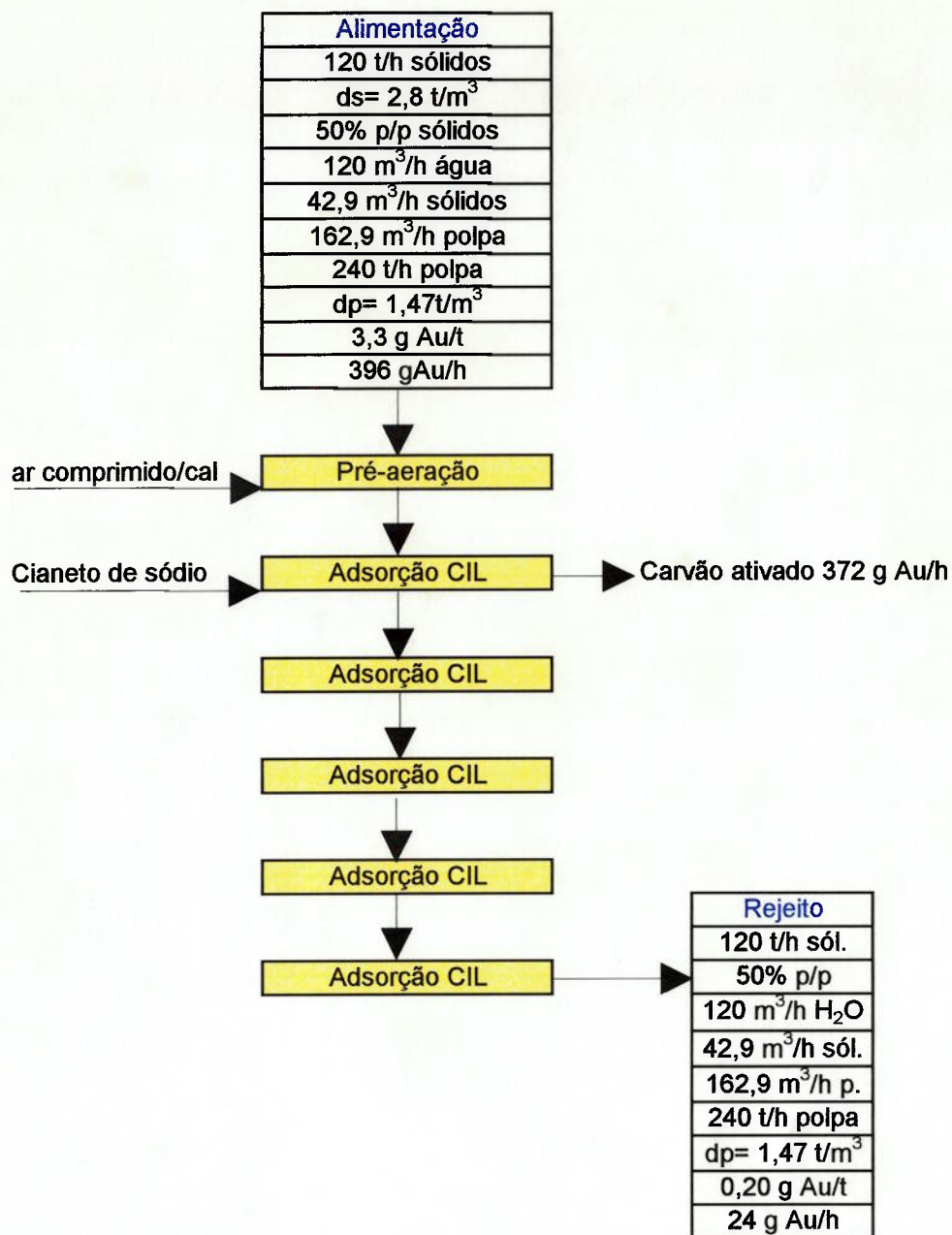


Figura 3.18- Fluxograma proposto de adsorção CIL para tratar 120 t/h de sólidos na Linha 2

Com a operação de um dos circuitos hidrometalúrgicos propostos será possível aumentar a produtividade (receita/custos) da mina de Fazenda Brasileiro através da melhoria de desempenho em termos de recuperação metalúrgica.

Primeiramente, recuperações de 91,8% (obtidas em 93 e 94) podem ser alcançadas através da solução de problemas com agitadores e com o suprimento de ar comprimido (recuperações metalúrgicas próximas de 91% em 95 e 96). Para o valor histórico do teor de ouro na alimentação da cianetação de 3,3 g Au/t, isto significa redução do teor de rejeito de 0,30 g Au/t para 0,27 g Au/t. A receita anual passa a ser acrescida de 0,03 g Au/t x US\$ 115,200.00, o que corresponde a US\$ 345,600.00.

O aumento de recuperação adicional de 91,8% para 93,5% (recuperação prevista no projeto = 93%) pode ser obtido pelo aumento do tempo de residência no circuito, ou seja através da operação do processo de cianetação (32 horas) + adsorção CIP (9 horas) ou adsorção CIL (23 horas) em todos os estágios. Esta possibilidade de aumento de recuperação é validada pela avaliação dos circuitos de cianetação/adsorção original e modificado, pelo estudo cinético da dissolução do ouro por cianeto, pelo estabelecimento de correlação empírica entre as variáveis de processo e o teor de ouro no rejeito e por ensaios em bancada, além de resultados de recianetação do rejeito em tambor realizada diariamente na usina e pelo diagnóstico de lixiviação, que indicam a presença de ouro ainda passível de cianetação no rejeito do circuito hidrometalúrgico da mina de Fazenda Brasileiro. Para o valor histórico de teor de ouro na alimentação da cianetação de 3,3 g Au/t isto significa redução do teor de rejeito de 0,27 g Au/t para 0,21 g Au/t. A receita anual passa a ser acrescida de 0,06 g Au/t x US\$ 115,200.00, que corresponde a US\$ 691,100.00.

O acréscimo total de receita atinge, portanto, US\$ 1,036,700.00 anuais.

4 - CONCLUSÕES

As características químicas e mineralógicas do minério submetido à lixiviação foram determinadas e levam à necessidade de avaliação da atual etapa de pré-aeração da polpa durante 21 horas antes do processo de cianetação do minério de Fazenda Brasileiro.

A partir de dados de operação da usina ficou demonstrado que ocorre a aceleração da velocidade de dissolução do ouro quando se introduz um estágio de adsorção CIL no circuito hidrometalúrgico. Determinou-se, ainda, que a reação de dissolução do ouro é de primeira ordem em relação à concentração de ouro no sólido.

Estabeleceu-se uma correlação empírica das variáveis de processo: teor de ouro (g Au/t) do minério na alimentação da cianetação, densidade de polpa (t/m^3), concentração de cianeto de sódio (mg/l) no primeiro tanque de cianetação, saída da cianetação e saída da adsorção, concentração de oxigênio dissolvido (mg/l) no primeiro e último tanques de cianetação com o resultado de teor de ouro no rejeito (equação 44). O coeficiente de correlação obtido foi de 0,90. Foram determinadas as variáveis que mais impactam o desempenho da usina hidrometalúrgica. Estas variáveis são o teor de ouro na alimentação da cianetação, a densidade de polpa, a concentração de cianeto de sódio na saída da cianetação e a concentração de oxigênio no primeiro tanque de cianetação.

Os ensaios de bancada mostraram que recuperações metalúrgicas da ordem de 93,5% podem ser obtidas. Este resultado é muito próximo ao previsto em projeto (93%), entretanto, nunca foi alcançado no circuito em operação.

A Figura 3.19 resume os resultados da avaliação técnica da cianetação/adsorção de Fazenda Brasileiro com o objetivo de se obter ganhos de produtividade.

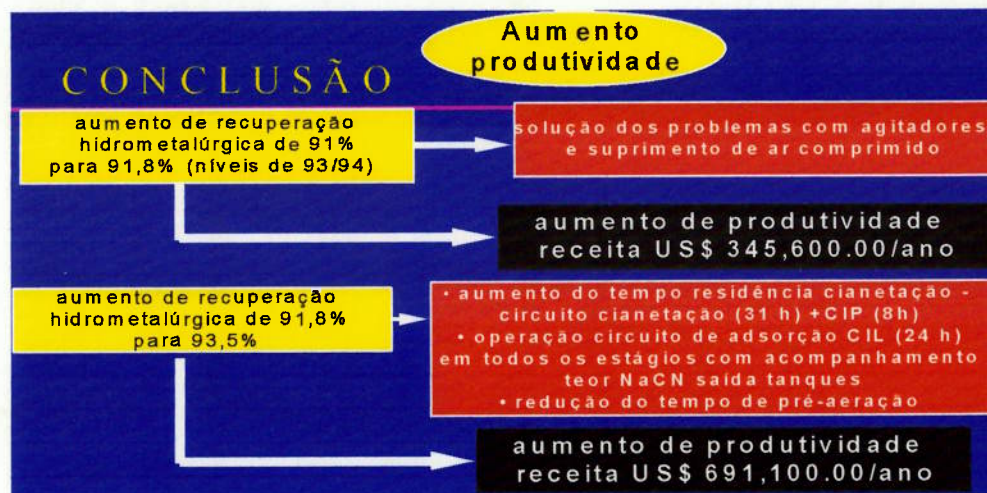


Figura 3.19- Resultados de aumento de produtividade

O acréscimo de receita total atinge US\$ 1,036,700.00 anuais. Em termos percentuais, com base na produção anual de 5 t ouro a US\$ 12.00/g, que gera uma receita total de aproximadamente US\$ 60 milhões, a receita adicional corresponderá a 1,73% da receita total.

Com relação à expansão da capacidade de produção da mina de Fazenda Brasileiro de 5 para 7 toneladas anuais de ouro a partir de 2001 (170 t/h de sólidos), a alternativa de operação do circuito de adsorção CIL (23 horas de tempo de residência - Figura 3.18) possibilitará tratar 120 t/h de sólidos na linha 2 do circuito hidrometalúrgico e as 50 t/h restantes na linha 1. Isto dispensará investimentos de capital na aquisição de tanques, agitadores, compressores, etc. O circuito então, otimizado, encontra-se pronto para expandir. A idéia é OTIMIZAR para EXPANDIR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LIBÂNIO, P. **Programa de Desenvolvimento Gerencial ***. Rio de Janeiro, 1994. (Documento Interno CVRD-SUMEN acessível mediante autorização da empresa).
2. CHAVES, A.P. Métodos de concentração e extração de ouro. **Brasil Mineral**, São Paulo, n.14, p.26-36, 1985.
3. CIMINELLI, V.S. Tecnologia de Extração de Ouro - Desenvolvimentos e Desafios, **Brasil Mineral**, n. 135, p.32-42, 1995.
4. FIVAZ, C. Presidential Address: how the MacArthur-Forrest cyanidation process ensured South Africa's golden future. **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**, vol.88, n.9, p.309-318, Sep. 1988.
5. FLEMING, C. Hydrometallurgy of precious metals recovery. **Hydrometallurgy**, v.30, p. 127-162, Amsterdam, 1992.
6. MARSDEN, J.; HOUSE, I. **The chemistry of gold extraction**, London, Ellis Horwood Limited, 1992.
7. NICOL, M.; FLEMING, C.; PAUL, R. The chemistry of the extraction of gold. In: STANLEY, G. G., ed. **The extractive metallurgy of gold in South Africa**. Johannesburg, The South African Institute of Mining and Metallurgy, 1987, p. 831-901.
8. UDUPA, A.; KAWATRA, S.; PRASAD, M. Developments in gold leaching: a literature survey. **Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review**, vol.7, p.115-135,1990.
9. AFENYA, P. Treatment of carbonaceous refractory gold ores. **Minerals Engineering**, vol. 4, n. 7/11, Great Britain, p. 1043-1055, 1991.
10. HAUSEN, D.; BUCKNAM, C. Study of preg robbing in the cyanidation of carbonaceous gold ores from Carlin, Nevada. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF APPLIED MINERALOGY (ICAM) 84. **Proceedings**. Nova York, TMS-AIME, 1985, p. 833-857.
11. FLEMING, C.; NICOL, M. Alternative process to filtration: CIP and RIP in the hydrometallurgical industry. In: SOCIETY OF CHEMICAL INDUSTRY SYMPOSIUM. **Proceedings**. Manchester, England, jul. 1981.

12. COSTA, R.S. - **Resina de troca iônica** - opção tecnológica para mineração em tratamento de efluentes e recuperação de metais. Belo Horizonte, 1995. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.
13. SWAMINATHAN, C.; PYKE, P.; JOHNSTON, R. Reagent trends in the gold extraction industry. **Minerals Engineering**, vol.6, n.1, p.1-16, Great Britain, 1993.
14. MURTY, K. S.; NATARAJAN, K.A. The role of surface attachment of *thiobacillus ferrooxidans* on the biooxidation of pyrite. **Mineral and Metallurgical Processing**, vol.9, n.1, p. 20-4, feb.1992.
15. NATARAJAN, K.A. Bioprocessing for enhanced gold recovery. **Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review**, vol. 8, p. 143-153, 1992.
16. LAWSON, E.N.; TAYLOR, J.L.; HULSE, G.A. Biological pre-treatment for the recovery of gold from slimes dams. **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**, p.45-49, 1990.
17. KOMNITSAS, C.; POOLEY, F.D. - Bacterial oxidation of an arsenical gold sulphide concentrate from Olympias. **Minerals Engineering**, vol.3, n. 3/4, p. 295-306, Greece, 1990.
18. MURRAY, S.; KLAPWIJK, P; SUTTON-PRATT, T.; WALKER, P. **GOLD 1996** Gold Fields Mineral Services Ltd, 1996.
19. CHENDER, M. As estratégias corporativas e o custo de descobrir ouro. **Minérios: Extração e Processamento**, n. 161, p.30-3, jul/ago 1990.
20. YANNOPOULOS, J. **The extractive metallurgy of gold**, Van Norstrand Reinhold, 281 p., New York, 1991.
21. KAHN, H.; TASSINARI, M.; CASSOLA M. Metodologias de caracterização de minérios auríferos. In: SIMPÓSIO EPUSP DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA NA ENGENHARIA DE INDÚSTRIA MINERAL, São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo, EPUSP, p.421-50, 1990.
22. GASPARRINI, C. The mineralogy of gold and its significance in metal extraction. **CIM Bulletin**, v. 76, n.851, p.144-53, 1983.
23. HENLEY, K. Ore-dressing mineralogy - a review of techniques, applications and recent developments. **Spec. Publ. geol. Soc. S. Afr.**, 7 (1983), 175-200, 1983.

24. HENLEY, K. The role of mineralogy in gold ore metallurgy. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OURO, 2., Rio de Janeiro, 1986. **Anais**. s.l., ABRAMO, 1986, p. 1-58. /Paper 7/.
25. TASSINARI, M. **Caracterização tecnológica de minérios auríferos: um estudo do caso; o minério primário da jazida de Salamangone, AP.** São Paulo, 1996, 140 p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
26. SCHEINER, B.J. **Relation of mineralogy to treatment methods for carbonaceous gold ores**, U.S. Bureau of Mines/The Metallurgical Society, Pennsylvania, USA, 1987.
27. HENLEY, K. Gold-ore mineralogy and its relation to metallurgical treatment. **Minerals Science Engineering**, vol. 7, n. 4, p.289-312, oct. 1975.
28. OOSTHUYZEN, E.; SCHOUWSTRA, R.; ANDREWS, L. **The role of process mineralogy in hydrometallurgical operations.** Mintek, Randbug. School, p. 27-29, 1994 (Apostila).
29. FINKELSTEIN, N. The chemistry of the extraction of gold from its ores. In: ADAMSON, R. J., ed. **Gold Metallurgy in South Africa**. s.l, Chamber of Mines of South Africa, 1972.
30. DAMASCENO, E.C. Recuperação de Ouro. **Informativo NEP**, São Paulo, 1(3):8, mar/abr 1988.
31. McQUISTON, E.; SHOEMAKER, R. **Gold and silver cyanidation plant practice monograph.** American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, 1975.
32. McQUISTON, F.; SHOEMAKER, R. Precious metals. In: WEISS, N.L., ed. **SME Mineral Processing Handbook.** American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers Inc., Section 18, 35p., New York, 1985.
33. WOODCOCK, F.; LAPLANTE, A. A laboratory method for determining the amount of gravity recoverable gold. In: RANDOL BEAVER CREEK'93. **Proceedings.** Golden, Randol International Ltd., 1993.
34. LAPLANTE, A., DOUCET, R. A laboratory procedure to determine the amount of gravity recoverable gold. In: SME ANNUAL MEETING, Phoenix, Arizona. March 11-14. **Preprints.** Littleton, Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc., 1996.

35. CIMINELLI, V.S. **Termodinâmica**. São Paulo, EPUSP, 1996. /Notas de aula de Pós-graduação, na disciplina Tópicos de hidrometalurgia de interesse à engenharia de minas- PMI 796/
36. CRISTOVICI, M.A. Recovery of gold from old tailing ponds. CANMET, **CIM BULLETIN**, Ottawa, Ontario, p. 27-33, Nov. 1986.
37. PROSSER, A. Simulation of gold heap leaching as an aid to process development. **The Minerals, Metals & Materials Society**, Department of Mineral Processing and Extractive Metallurgy, School of Mines, University of New South Wales, Kensington, Australia, p. 121-135, 1988.
38. EVELYN, S.; FONSECA, C. Lixiviação em pilhas do minério de ouro de Riacho dos Machados, com utilização de moinhos não convencionais, **Minério/Minerales**, n. 207, p. 34-35, nov./dez. 1995.
39. GORSKY, G. New agglomeration aids help heap leaching. **E&MJ**, Philadelphia, p. 24-25, November 1992.
40. MENNE, D. Heap leaching. In: REGIONAL CONFERENCE ON GOLD-MINING, METALLURGY AND GEOLOGY. **Proceedings**. The Aus.I.M.M. Perth and Kalgoorlie Branches, p. 229-243, October 1984.
41. POTTER, G. Design factors for heap leaching operations. **Mining Engineering**. vol.33, n. 3, p. 277-81, Mar. 1981.
42. GRANATO, M. **Metalurgia extrativa do ouro**. Brasília, DNPM-CETEM, 1986. (Série Tecnologia Mineral, nº 37, Seção Metalurgia Extrativa, n.14), 79p.
43. DUFRESNE, C.; DESCHÊNES, G.; CIMON, D.; CORRIGAN, J. Technical note control of cyanidation at yvan vézina plant, Minister of Spplly and Services Canada, **Minerals Engineering**, vol. 7, nº.11, p. 1427-1434, Great Britain, 1994.
44. ADDISON, R. Gold and silver extraction from sulfide ores. **Mining Congress Journal**, vol. 66, n. 10, p. 47-54, oct. 1980.
45. CORRANS, I.; ANGOVE, J. Ultra fine milling for the recovery of refractory gold. Ammtec Pty Ltd, 6 Macadam Place, Balcatta, WA 6021, Australia, **Minerals Engineering**, vol. 4, n. 7-11, p. 763-776, Great Britain, 1991.
46. ROSSOVSKY, S. Alkaline leaching of refractory gold arsenosulphide concentrates, **CIM Metallurgy** 86, Moscow, Russia, p.140-1, Jun. 1993.

47. WHITE, L. Treating refractory gold ores, **Mining Engineering**, v. 42, n. 2, p.168-174, Feb. 1990.
48. SUTTILL, K. Pyromet or Hydromet? How do pyrometallurgical and hydrometallurgical processes for sulphide concentrates compare?. **E&MJ**, vol. 191, n. 5, p. 30-5, 1990.
49. SOUZA, A.V.; CIMINELLI, V.S.T. Oxidação alcalina sob pressão para tratamento de concentrado refratário de ouro. In: ENCONTRO DO HEMISFÉRIO SUL SOBRE TECNOLOGIA MINERAL, 3., São Lourenço, MG, 1992. **Anais**. Extração de Ouro: fundamentos, prática e meio ambiente. Ciminelli, V.S.T e Salum, M.J.G. (Eds) ABTM, p.177-197.
50. SEYMOUR, D.; RAMADORAI, G.; TRACZYK, F.; HILL, D. Rapid oxidation of refractory gold-bearing ores by intense - "flash chlorination" at Newmont Gold Company. **The Minerals, Metals & Materials Society**, p.165-178, 1988.
51. STANGE, W.; WOOLLACOTT, L.; KING, R. Towards more effective simulation of CIP and CIL processes. 3. Validation and use of a new simulator. . **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**. vol.90 n.12, p.323-31, 1990.
52. XUE, T.; CIMINELLI, V.S.T and OSSEO-ASARE,K. Solution Chemistry of Cyanide Leaching Systems, In: **Precious Metals**, Kudryk, V., Corrigan, D.A. and Liang, W.W. (Eds), AIME, Warrendale, PA, 1984, p. 283-97.
53. TEIXEIRA, L.A.. **Utilização de diagramas de Pourbaix de pH e Eh em hidrometalurgia - Fundamentos**. São Paulo, EPUSP, 1996. /Notas de aula de Pós-graduação, na disciplina Tópicos de hidrometalurgia de interesse à engenharia de minas - PMI 796/.
54. TEIXEIRA, L.A.. **Utilização de diagramas de Pourbaix de pH e Eh em hidrometalurgia - Aplicações**. São Paulo, EPUSP, 1996. /Notas de aula de Pós-graduação, na disciplina Tópicos de hidrometalurgia de interesse à engenharia de minas - PMI 796/.
55. HAQUE, K. The role of oxygen in cyanide leaching of gold ore. **CIM Bulletin CANMET-EMR**, vol. 85, Mineral Sciences Laboratories, Ottawa, Ontario, 1992.
56. POWER, G. P.; RITCHIE, I. M. Mixed potentials - Experimental illustrations of an important concept in practical electrochemistry. **Journal of Chemical Education**, vol. 60, p.1022-26, 1983.

57. CIMINELLI, V. S. **Cinética das reações metalúrgicas**. São Paulo, EPUSP, 1996. /Notas de aula de Pós-graduação, na disciplina Tópicos de hidrometalurgia de interesse à engenharia de minas - PMI 796/.
58. BROOY, H.; LINGE, H.; WALKER, G. Review of gold extraction from ores. **Minerals Engineering**, v.7, n.10, p.1213-1241, 1994.
59. WADSWORTH, M. E.; MILLER, J.D. Hydrometallurgical Processes. In: **Rate Processes of Extractive Metallurgy**; Wadworth, M.E. (eds.), Plenum Press, 1979, p. 139-244
60. MacARTHUR, D. A study of gold reduction and oxidation in aqueous solutions. **J. Electrochem. Soc.**, vol. 119, p.672-7, 1972.
61. HABASHI, F. Kinetics and mechanism of gold and silver dissolution in cyanide solution. **Bulletin, Bureau of Mines and Geology**; Montana, n. 59, april 1967.
62. KONDOS, P.D.; DESCHÊNES G.; MORRISON R.M. Process optimization studies in gold cyanidation. Mineral Sciences Laboratories. CANMET, Ottawa, Ontario. **Hydrometallurgy** , n.39, p. 235-250,1995.
63. WORSTELL, J. Enhance heap leaching rates with air injection into the heap. **Mining Magazine**, International Mining Crews, Texas, U.S.A, p. 40-41, January 1987.
64. McLAUGHLIN, J.; AGAR, G.E. Development and application of a first order rate equation for modelling the dissolution of gold in cyanide solution, **Minerals Engineering**, v. 4, n.12, p 1305-1314, Great Britain, 1991.
65. LIU, G.; YEN, W.T. Dissolution kinetics and carbon adsorption for the cyanidation of gold ores in oxygen-enriched slurry. Queen's University, Kingston, Ontario, **Mineral Processing**, v. 88, n. 986, p. 42-47, CIM BULLETIN, Jan. 1995.
66. CIMINELLI, V. Princípios da extração do ouro. In: COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. In: **Hidrometalurgia de Ouro: curso de extensão**. Fazenda Brasileiro, p.1/36, ago. 1992.
67. WEICHSELBAUM, J.; TUMILTY, J.; SCHMIDT, C. Improved gold recovery by cyanidation - a kinetic problem. The Institution of **Mining and Metallurgy**, Anglo American Corporation of South Africa Ltd., p. 679-690, Johannesburg, South Africa, 1989.

68. STANGE, W.; KING, R.P.; WOOLLACOTT, L.. Towards more effective simulation of CIP and CIL processes. 2. A population-balance-based simulation approach. **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**, v.90, n.11, pp.307-314, nov. 1990.
69. OSTHOF, H.; PASCHEN, P. Application of the carbon-in-leach (CIL) process of gold ores difficult to leach, **Erzmetall** n. 12, VCH Verlagsgesellschaft MBH, Weinheim, 1990.
70. LIU, G.Q.; YEN, W.T. Effects of sulphide minerals and dissolved oxygen on the gold and silver dissolution in cyanide solution. **Minerals Engineering**, v. 8, n. 1/2, p. 111-23, Great Britain, 1995.
71. MARSDEN, J.; MANSANTI, J.; SASS, S. Innovative methods for precious metals recovery in North America. **Mining Engineering**, p.1144-51, Sep. 1993.
72. CATHRO, K. Effect of oxygen in cyanidation process for gold recovery. **Proceedings**. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, v.207, p.180-205, 1963.
73. ADAMS, M.D. The chemical behaviour of cyanide in the extraction of gold. 1. Kinetics of cyanide loss in the presence and absence of activated carbon. **Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy**, v.90, n.2, p.37-44, Feb. 1990.
74. ADAMS, M.D.. The chemical behaviour of cyanide in the extraction of gold. 2. Mechanisms of cyanide loss in the carbon-in-pulp process. **Journal of The African Institute of Mining and Metallurgy**, vol.90, n.3, p.67-73, Mar. 1990.
75. BALL, S.P.; MONHEMIUS, A.J.; WYBORN, P.J. The use of inorganic peroxides as accelerators for gold heap leaching. **The Minerals, Metals & Materials Society**, p.149-162, 1988.
76. LOROSCH.J.; VICKELL G.; NORCROSS, R. Peroxide-Assisted gold leaching. Accelerates kinetics, increases recovery, and means big savings in cyanide costs. **E & MJ**, jun. 1991.
77. HEDLEY, N.; TABACIINICK, H. **Chemistry of cyanidation**. rev. ed. s.l., American Cyanamid Company (Mineral Dressing Notes n.23), 54p., dec. 1968.
78. REUTER M.A.; BERNHARD, D. The simulation and identification of metallurgical kinetic processes using a generalised kinetic rate equation

and trained neural nets. **Minerals Engineering**, v.7, n.1, p.1-19, Great Britain, 1994.

79. LORENZEN, L.; VAN DEVENTER, J. The mechanism of leaching of gold from refractory ores. **Minerals Engineering**, v.5, n. 10/12, p.1377-1387, Great Britain, 1992.
80. LORENZEN, L., & TUMILTY, J.A. Diagnostic leaching as an analytical tool for evaluating the effect of reagents in the performance of a gold plant. **Minerals Engineering**, v.5, n. 3-5, p.503-512, 1992.
81. MALHOTRA, D.; ARMSTRONG, S. Characterization of refractory gold ores through diagnostic leach procedures. In: 1993 SME ANNUAL MEETING, Reno, Nevada. February 15-18. **Preprints**. Littleton, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., 1993.
82. TORRES, V.; COSTA, R. Characterization of gold ores and CIP tailings using a diagnostic leaching technique. In: XIX INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS. **Proceedings**. Littleton, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., 1995. v.1., p.15-18.
83. RATTI, G.; CHAVES, A P. **Análises Químicas em Engenharia Mineral - São Paulo**, EPUSP, 22p., (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT - PMI - 031), 1995
84. RATTI, G.; CHAVES, A P. Análises Químicas em Engenharia Mineral (parte 1). **Brasil Mineral** n.127, p.50-55, 1995.
85. RATTI, G.; CHAVES, A P . Análises Químicas em Engenharia Mineral (parte 2). **Brasil Mineral** n.128, p.48-51, 1995.
86. RATTI, G., CHAVES, A P. Análises Químicas em Engenharia Mineral (parte 3). **Brasil Mineral** n.129, p.32-37, 1995.
87. GOMES, A. **Caracterização de carvões ativados utilizados na usina hidrometalúrgica de ouro**. Teofilândia, 1995. (Relatório Interno CVRD-SUMEN).
88. McDOUGALL, G.; HANCOCK, R. Activated carbons and gold - a literature survey. **Minerals Science and Engineering**., v.12, p.85, apr. 1980.
89. McDOUGALL, J.; HANCOCK, D. Gold complexes and activated carbon. **Gold Bulletin**, vol.14, n. 4, p.138-153, 1981.

90. MONTAGNON, J.; DAGOIS, G. Criteria for the selection of activated carbon for gold. In: **Regional Conference on Gold-Mining, Metallurgy and Geology**, oct. 1984.
91. WOOLLALCOT, L., ERASMUS, C. The distribution of gold on loaded carbon. **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**. v.92, n.7, p.177-182, 1992.
92. LADEIRA, A.; FIGUEIRA, M.; CIMINELLI, V.S.T. Characterization of activated carbons utilized in the gold industry: physical and chemical properties, and kinetic study, **Minerals Engineering**, v.6, n.6, p.585-596, Great Britain, 1993.
93. FLEMING, C. **Adsorption Theory**, Council for Mineral Technology, August, 1985.
94. KNAEBEL, K. Adsorption Research Inc. **Chemical Engineering**, p.92-98, Nov. 1995.
95. DAVIDSON, R.; SCHOEMAN, N. The management of carbon in a high-tonnage CIP operation, **Journal of The African Institute of Mining and Metallurgy**, v.91, n.6, p.195-208, Jun. 1991.
96. LOYD G.; SEIIC, O. Carbon-in-pulp testwork and flowsheet development. In: Carbon-in-Pulp. In: SEMINAR ON CARBON-IN-PULP TECHNOLOGY IN EXTRACTION OF GOLD, 1982. **Carbon-in-pulp tecnology for extraction of gold**. TheParkville, AUSIMM, 1982. p. 131-45.
97. DIXON, S.N., CHO, E. H. and PITT, C. H. The interaction between gold cyanide, silver cyanide and high surface area charcoal, **AIChE Symp. Series**, vol. 74, n. 173, 1978, p. 75-83
98. RODRIGUES, C. O desenvolvimento do pump cell para plantas CIP. **Minérios/Minerales**, n.209, p.16-17, 1996.
99. van DEVENTER, J.; ROSS, V.. The dynamic simulation of carbon-in-pulp systems: a review of recent developments. **Minerals Engineering**, v.4, n.7-11, p. 667-681, Great Britain, 1991.
100. van RENSBURG, P.; van DEVENTER, J. Simulation of adsorption of metal cyanides in packed beds of activated carbon. **Extraction Metallurgy' 85**, London, Inst. Min. Metall., 9-12, sept. 1985, p. 289-308.

101. DEVENTER, J., van der MERWE, P.F. Factors affecting the elution of gold cyanide from activated carbon. **Minerals Engineering**, v.7, n.1, p.71-86, Great Britain, 1994.
102. LADEIRA, A.C. ; FIGUEIRA, M.E.; CIMINELLI, V.S.- Characterization of Activated Carbons utilized in the gold industry: physical and chemical properties, and kinetic studies. **Minerals Engineering**, v.6, n.6, p.585-596, 1993.
103. LE ROUX, J., BRYSON, A. YOUNG, B. A comparison of several kinetic models for the adsorption of gold cyanide onto activated carbon. **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**, v.91, n., p.95-103, Mar. 1991.
104. SOUZA, P.; BRANDÃO, J. Planejamento da Mina de Fazenda Brasileiro. **Anais do Seminário de Planejamento de Mina**, IBRAM, Jul 1996.
105. COMPANHIA VALE DO RIO DOCE/EPC. **Memorial Descritivo do Processo: Projeto Ouro - Fazenda Brasileiro - Usina Hidrometalúrgica CIP**, out. 1987 (Documento Interno-CVRD/EPC)
106. VIEIRA, B. **Estudo de Caracterização do Minério de Fazenda Brasileiro**, Belo Horizonte, 1993 (Relatório Interno - Superintendência de Tecnologia - CVRD).
107. VASCONCELOS, P. M. **Gold Geochemistry in a semiarid weathering environment: a case study of the Fazenda Brasileiro deposit, Bahia, Brazil**. Texas, 1987. 254p. Dissertação (Mestrado) - University of Texas.
108. TORRES, V.M. **Diagnostic Leaching de Rejeitos de Fazenda Brasileiro (III)**. Belo Horizonte, 1993. (Relatório Técnico CVRD/SUTEC).
109. TORRES, V. M. **Diagnóstico de lixiviação para minérios de ouro**. São Paulo, 1996. 75p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
110. VIEIRA, B . **Caracterização do Minério de Ouro de Fazenda Brasileiro**. Belo Horizonte, 1996 (Relatório Técnico CVRD/SUTEC).
111. LEINZ, V., CAMPOS, J.E. **Guia para determinação de minerais**. 10. ed. São Paulo, Nacional, 1991.
112. FUJIMORI, S., FERREIRA, Y. **Introdução ao Uso do Microscópio Petrográfico**, Salvador, CEB/UFBA, 1985.

ANEXOS

Anexo A - Análise de Variância - 1 fator

| Fonte de variação | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Média quadrática | Teste F F_{calc} | Estimativa de |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|
| fator | SSF | a-1 | MSF | MSF/MSW | $n\sigma_F^2 + \sigma_W^2$ |
| erro experimental | SSW | a (n-1) | MSW | | σ_W^2 |
| total | SST | an-1 | | | |

onde:

$$SSF = \sum_{i=1}^a \frac{T_i^2}{n} - \frac{T^2}{an}$$

SSF = soma quadrática do fator
 T_i^2 = soma quadrática de cada nível do fator
T = soma total dos níveis do fator
a = número de níveis do fator
n = número de replicações

$$SST = \sum y^2 - \frac{T^2}{an}$$

SST = soma quadrática total
 y^2 = valor individual de cada nível do fator

$$SSW = SST - SSF$$

SSW = soma quadrática do erro experimental

$$MSF = \frac{SSF}{a-1}$$

MSF = média quadrática do fator

$$MSW = \frac{SSW}{a(n-1)}$$

MSW = média quadrática do erro experimental

$$\sigma_F^2 = \text{variância do fator}$$

$$\sigma_W^2 = \text{variância do erro experimental}$$

Anexo B - Dados de comportamento da usina hidrometalúrgica de Fazenda Brasileiro

Anexo B.1 - Teores de ouro no minério turno a turno do circuito de cianetação/adsorção - 1994

Período de 01/04 a 30/10/94 - Linhas 1 e 2

teor de ouro em g Au/t no sólido

espaços vazios representam dados não disponíveis ou considerados "outliers"

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 4,10 | 1,44 | 0,74 | | | | |
| 4,30 | 1,51 | | | | 0,39 | |
| 3,35 | 1,31 | 0,72 | | | 0,33 | 0,43 |
| 3,49 | 1,19 | | 1,17 | | 0,31 | 0,35 |
| 3,39 | 1,02 | 0,71 | 1,40 | 0,72 | 0,28 | |
| 2,79 | 1,10 | 0,72 | 1,38 | 0,86 | 0,22 | 0,33 |
| 2,83 | 0,71 | 0,65 | 1,23 | 0,79 | 0,24 | 0,47 |
| 3,06 | 1,02 | 0,57 | 1,33 | 0,99 | 0,24 | 0,32 |
| 3,49 | 0,86 | 0,51 | 1,38 | 1,00 | 0,32 | 0,38 |
| 4,49 | 0,72 | 0,57 | 1,10 | 0,58 | 0,24 | 0,46 |
| 2,83 | 0,66 | 0,59 | 1,68 | 0,83 | 0,29 | 0,45 |
| 3,16 | 0,89 | 0,60 | 1,50 | 0,68 | 0,33 | 0,37 |
| 3,77 | 0,68 | 0,62 | 1,50 | 0,75 | 0,22 | 0,43 |
| 2,79 | 1,12 | 0,37 | 1,31 | 0,60 | 0,24 | 0,30 |
| 2,76 | 0,62 | 0,65 | 1,77 | 1,00 | 0,19 | 0,28 |
| 2,87 | 0,97 | 0,74 | 1,07 | 0,45 | 0,24 | |
| 3,09 | | 0,56 | 1,40 | 0,48 | 0,34 | 0,52 |
| | 0,83 | 0,47 | 1,69 | 0,58 | 0,26 | 0,44 |
| 3,47 | 1,17 | 0,57 | 0,95 | 0,73 | 0,24 | 0,48 |
| 3,51 | 0,66 | 0,43 | 1,14 | 0,89 | 0,26 | 0,31 |
| 2,94 | 0,79 | 0,66 | 1,46 | 0,70 | 0,19 | 0,28 |
| 2,61 | 0,79 | 0,52 | 1,33 | | 0,22 | 0,26 |
| 2,81 | | 0,42 | 1,06 | 0,51 | 0,29 | 0,25 |
| 3,04 | 0,64 | 0,57 | 1,60 | 0,62 | 0,28 | 0,17 |
| 3,35 | 1,04 | 0,63 | 1,29 | 0,69 | 0,38 | 0,34 |
| 2,98 | 0,88 | 0,38 | 1,21 | 0,58 | 0,25 | 0,31 |
| 4,51 | 0,65 | 0,52 | 1,24 | 0,72 | 0,22 | 0,35 |
| 3,40 | 0,92 | 0,70 | 1,02 | 0,54 | 0,19 | 0,31 |
| 3,27 | 0,82 | 0,46 | 0,87 | | 0,31 | 0,28 |
| 4,40 | 0,84 | 0,50 | 1,49 | 0,60 | 0,22 | 0,19 |
| 3,61 | 0,99 | 0,55 | 1,26 | 0,55 | 0,25 | 0,23 |
| 3,57 | 0,95 | 0,87 | 0,96 | | 0,20 | 0,27 |
| 3,17 | 0,86 | | 1,74 | 0,57 | 0,27 | 0,32 |
| 4,02 | 1,04 | 0,58 | | 0,74 | 0,16 | 0,26 |
| 3,40 | 1,06 | 0,60 | 1,83 | 0,31 | 0,16 | 0,24 |
| 3,54 | 0,64 | 0,73 | 1,89 | 1,00 | 0,27 | 0,37 |
| | 1,02 | 0,54 | 1,75 | 0,76 | 0,30 | 0,29 |
| 4,38 | 1,33 | 0,49 | 1,40 | 0,51 | 0,28 | 0,30 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 4,08 | 1,20 | | 0,98 | 0,70 | 0,20 | 0,28 |
| 3,56 | 1,58 | | 1,22 | 0,46 | 0,21 | 0,34 |
| 3,86 | 0,98 | 0,61 | 1,45 | 0,36 | 0,31 | 0,48 |
| 3,01 | 1,02 | 0,48 | 1,38 | 0,50 | 0,26 | 0,19 |
| 3,02 | 0,54 | 0,74 | 1,73 | 0,67 | 0,29 | 0,25 |
| 3,87 | 0,94 | 0,75 | 1,47 | 0,39 | 0,30 | 0,29 |
| 4,08 | 0,81 | 0,33 | 1,29 | 0,59 | 0,24 | 0,19 |
| 4,88 | 0,75 | 0,56 | 1,06 | 0,67 | 0,20 | 0,25 |
| 4,22 | 1,30 | 0,49 | 1,56 | 0,39 | 0,20 | 0,25 |
| 4,14 | 1,10 | 0,40 | 1,43 | 0,62 | 0,23 | 0,23 |
| 4,84 | 1,07 | 0,53 | 0,65 | 0,64 | 0,16 | 0,29 |
| 4,59 | 1,52 | 0,71 | 0,96 | 0,64 | 0,26 | 0,22 |
| 3,86 | 1,04 | 0,39 | 0,80 | 0,42 | 0,28 | 0,23 |
| 4,02 | 0,96 | 0,71 | 0,62 | 0,55 | 0,23 | 0,18 |
| 2,80 | 0,61 | 1,08 | 0,87 | 0,44 | 0,24 | 0,25 |
| 4,12 | 0,85 | 0,66 | 1,32 | 0,35 | 0,20 | 0,23 |
| 4,43 | 0,53 | 0,70 | 1,58 | 0,58 | 0,25 | 0,26 |
| 4,34 | 0,54 | 0,62 | 1,78 | 0,65 | 0,18 | 0,28 |
| 3,29 | 0,70 | 0,87 | 1,09 | 0,41 | 0,24 | 0,18 |
| 2,52 | 0,95 | | 1,31 | 0,81 | 0,28 | 0,18 |
| 3,17 | 1,33 | 0,66 | 1,25 | 0,68 | 0,21 | 0,20 |
| 3,19 | 1,43 | 0,68 | 1,23 | 0,41 | 0,25 | 0,28 |
| 3,83 | 0,69 | 0,28 | 1,10 | 1,00 | 0,21 | 0,16 |
| 3,46 | 0,84 | 0,64 | 1,35 | 1,00 | 0,15 | 0,26 |
| 3,73 | 0,90 | 0,68 | 0,83 | 0,83 | 0,24 | 0,23 |
| 4,19 | 0,87 | 0,41 | 1,77 | 0,63 | 0,27 | 0,23 |
| 2,68 | 1,11 | 0,57 | 1,27 | 0,55 | 0,13 | 0,26 |
| 2,47 | 1,02 | 0,75 | 1,46 | 0,70 | 0,24 | 0,22 |
| 2,80 | 1,03 | 0,64 | 1,50 | | 0,22 | 0,18 |
| 4,27 | 1,07 | 0,54 | 1,26 | 0,55 | 0,22 | 0,23 |
| 3,60 | 0,91 | 0,64 | 1,22 | 0,64 | 0,28 | 0,27 |
| 3,94 | 1,19 | 0,61 | 1,27 | 0,34 | 0,14 | 0,21 |
| 4,33 | 0,85 | | 1,29 | 0,68 | 0,17 | 0,29 |
| 4,02 | 1,43 | 0,56 | 1,81 | 0,64 | 0,24 | 0,23 |
| 3,91 | 1,10 | 0,62 | 1,58 | 0,40 | 0,25 | 0,24 |
| 3,74 | 0,90 | | 0,84 | 0,61 | 0,23 | 0,27 |
| 3,94 | 1,11 | | | 0,65 | 0,15 | 0,28 |
| 4,23 | 1,34 | 0,81 | | 0,64 | 0,28 | 0,22 |
| 3,63 | 1,11 | 0,51 | | 0,66 | 0,27 | 0,21 |
| 3,63 | 0,90 | 0,82 | | 0,88 | 0,28 | 0,23 |
| | 1,56 | 0,80 | 1,84 | 0,94 | 0,23 | 0,27 |
| | 1,65 | 0,67 | 1,67 | 0,77 | 0,18 | 0,26 |
| | 1,64 | 0,55 | 1,70 | 0,93 | 0,22 | 0,28 |
| | 1,91 | 0,90 | 1,20 | 0,82 | 0,24 | 0,31 |
| 4,11 | 1,25 | 0,37 | | 0,77 | 0,25 | 0,24 |
| 3,40 | 1,18 | 0,75 | 1,52 | 0,82 | 0,30 | 0,37 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,49 | 1,17 | | 1,55 | 0,60 | 0,30 | 0,31 |
| 4,09 | 0,83 | | 1,67 | 0,32 | 0,24 | 0,29 |
| 2,97 | 0,84 | 0,68 | 1,97 | 0,70 | 0,31 | 0,24 |
| 3,52 | 1,11 | 0,66 | | 0,55 | 0,24 | 0,24 |
| 3,61 | 1,06 | 0,72 | 1,80 | 0,37 | 0,33 | 0,22 |
| 3,46 | 1,13 | | 0,89 | 0,89 | 0,32 | 0,25 |
| | 1,55 | 0,40 | 0,67 | 0,67 | 0,22 | |
| 4,76 | 1,22 | 0,60 | 0,58 | 0,58 | 0,24 | 0,19 |
| 4,40 | 1,41 | 0,78 | | 0,60 | 0,27 | 0,28 |
| 4,71 | 1,89 | 0,42 | | 1,00 | 0,23 | 0,28 |
| | 1,62 | | | 0,80 | 0,33 | 0,27 |
| 4,23 | 1,06 | | | 0,51 | 0,26 | 0,27 |
| | 1,48 | 0,66 | | 0,90 | 0,30 | 0,22 |
| | 1,93 | 0,48 | 1,82 | 0,97 | 0,27 | 0,26 |
| 4,78 | 1,55 | | 1,54 | 1,00 | 0,22 | 0,35 |
| | 1,55 | 0,88 | 1,40 | 1,00 | 0,21 | 0,39 |
| 3,95 | 1,07 | 0,71 | 1,56 | 0,87 | 0,18 | |
| 3,58 | 1,39 | 0,79 | 1,15 | 0,90 | 0,31 | |
| 3,54 | 1,24 | 0,83 | 1,48 | 0,54 | 0,36 | |
| 3,25 | 1,12 | | 1,24 | 0,48 | 0,32 | 0,51 |
| 3,66 | 1,06 | 0,51 | 1,52 | 0,88 | 0,30 | 0,40 |
| 3,12 | 1,14 | 0,85 | 1,66 | 0,52 | 0,35 | 0,25 |
| 3,10 | 0,87 | 0,46 | 1,42 | 0,63 | 0,31 | 0,33 |
| 2,60 | 1,36 | 0,52 | 1,61 | 0,63 | 0,31 | 0,25 |
| 2,62 | 1,17 | 0,62 | 0,59 | 1,00 | 0,28 | |
| 2,73 | 0,96 | 0,56 | 1,42 | 0,63 | 0,34 | 0,24 |
| 3,11 | 1,47 | 0,43 | 0,91 | 0,29 | 0,24 | 0,23 |
| 3,22 | 1,31 | | 0,95 | 0,57 | 0,29 | 0,27 |
| 4,67 | 1,24 | 0,67 | 1,44 | 0,70 | 0,22 | 0,24 |
| 3,79 | 1,14 | 0,63 | 1,18 | 0,30 | 0,21 | 0,29 |
| 3,28 | 1,07 | 0,56 | 1,63 | 0,33 | 0,16 | 0,26 |
| 4,45 | 1,45 | 0,36 | | 0,90 | 0,24 | 0,27 |
| | 1,71 | 0,76 | 1,29 | 0,40 | | 0,48 |
| 3,26 | 0,88 | 0,57 | | 0,78 | 0,34 | 0,38 |
| 4,35 | 1,54 | | | 0,96 | 0,27 | 0,30 |
| | 1,25 | 0,81 | 1,61 | 0,56 | 0,30 | 0,29 |
| 4,09 | 1,21 | | 1,46 | 0,81 | 0,28 | 0,29 |
| | 1,13 | | 1,35 | 0,55 | 0,23 | 0,24 |
| | 0,90 | 0,74 | 0,49 | 0,97 | 0,22 | 0,29 |
| 4,23 | 0,67 | 0,70 | 1,45 | 0,80 | 0,26 | 0,25 |
| 3,30 | 0,92 | 0,42 | 1,56 | 0,67 | 0,31 | 0,25 |
| 3,28 | 0,91 | 0,63 | 1,00 | 0,31 | 0,41 | 0,22 |
| 2,90 | 0,94 | 0,68 | 1,34 | 0,67 | 0,29 | 0,31 |
| 3,65 | 1,11 | 0,78 | 1,00 | 0,93 | 0,23 | 0,32 |
| 3,22 | 1,07 | 0,66 | 1,24 | 0,43 | 0,22 | 0,33 |
| 3,98 | 1,43 | 0,60 | 1,16 | 0,70 | 0,23 | 0,44 |
| 4,23 | 1,33 | 0,62 | 0,80 | 0,55 | 0,21 | 0,24 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,75 | 1,57 | 0,50 | 1,26 | 0,87 | 0,21 | 0,22 |
| 3,93 | 1,40 | 0,76 | 1,17 | 0,64 | 0,20 | 0,29 |
| 4,01 | 1,68 | 0,54 | 1,26 | 0,67 | 0,19 | 0,29 |
| 3,14 | 1,62 | 0,63 | 1,15 | 1,19 | 0,31 | 0,35 |
| 3,84 | 0,85 | 0,83 | 1,48 | 0,82 | 0,27 | 0,29 |
| 4,34 | 1,51 | 0,98 | 1,67 | 0,85 | 0,30 | 0,36 |
| 4,90 | 0,88 | 0,53 | 1,45 | 0,71 | 0,30 | 0,26 |
| | 0,98 | 0,82 | 1,64 | 0,95 | 0,37 | 0,31 |
| 4,17 | 1,22 | 0,72 | 1,40 | 0,87 | 0,38 | 0,24 |
| | 1,37 | 0,50 | 1,62 | 0,59 | 0,30 | 0,37 |
| | 1,35 | 0,90 | | 1,00 | 0,24 | 0,36 |
| 3,68 | 1,85 | | 1,73 | 1,00 | 0,32 | |
| 3,00 | 1,75 | 0,89 | | 1,00 | 0,36 | 0,48 |
| 3,15 | 1,82 | 0,58 | 1,77 | 0,54 | 0,45 | |
| 3,23 | 1,79 | | 1,71 | 1,00 | 0,39 | 0,38 |
| 3,65 | 1,81 | 0,85 | 1,12 | 0,99 | 0,42 | 0,25 |
| 4,80 | 1,03 | | 0,96 | 0,49 | 0,35 | 0,32 |
| 4,65 | 1,16 | 0,91 | 1,37 | 1,00 | 0,35 | 0,40 |
| | 1,59 | 0,95 | 1,24 | 1,00 | 0,38 | 0,42 |
| 4,75 | 1,36 | 0,46 | 1,32 | 0,56 | 0,35 | 0,33 |
| | 1,40 | 0,83 | 1,60 | 0,71 | 0,28 | 0,37 |
| | 1,65 | 0,90 | 1,85 | 1,00 | 0,30 | 0,39 |
| | 1,73 | 0,83 | 1,51 | 0,99 | 0,30 | 0,39 |
| 3,43 | 1,60 | 0,90 | 1,99 | 1,00 | 0,28 | 0,40 |
| 2,95 | 1,50 | | | 1,00 | 0,33 | 0,40 |
| 3,52 | 2,10 | 0,93 | 1,66 | 1,00 | 0,34 | |
| 3,81 | 1,75 | | 1,16 | 0,91 | 0,32 | |
| 3,83 | 1,33 | | 1,60 | 1,00 | 0,32 | 0,44 |
| 3,73 | 1,58 | 0,77 | 1,06 | 0,70 | 0,46 | 0,46 |
| 3,53 | 1,33 | | 0,61 | 0,68 | 0,30 | 0,31 |
| 4,43 | 1,48 | 0,65 | 1,57 | 0,72 | 0,40 | 0,26 |
| 3,64 | 1,58 | 0,50 | 1,08 | 0,55 | 0,33 | 0,31 |
| 4,15 | 1,16 | | 1,31 | 0,64 | 0,27 | 0,26 |
| 4,28 | 1,46 | 0,55 | 1,33 | 0,61 | 0,34 | 0,29 |
| 3,05 | 1,41 | 0,93 | | 0,92 | 0,27 | 0,35 |
| 3,16 | 1,26 | 0,69 | 1,68 | 0,80 | 0,30 | 0,27 |
| 3,99 | 1,48 | 0,65 | 1,43 | 0,27 | | 0,23 |
| 3,64 | 0,97 | | 1,00 | 0,75 | 0,28 | |
| 3,66 | 0,86 | | 0,88 | | 0,18 | 0,27 |
| 3,63 | | 0,55 | 1,33 | | 0,16 | |
| 3,51 | | | 0,65 | 0,54 | 0,16 | 0,33 |
| 3,17 | 0,99 | | 0,92 | 0,40 | 0,33 | 0,28 |
| 4,65 | 0,72 | 0,38 | 1,17 | 0,41 | 0,27 | 0,25 |
| | 0,72 | 0,57 | 0,76 | | 0,27 | 0,28 |
| 7,07 | 0,81 | 0,53 | 0,91 | | 0,17 | 0,20 |
| 3,69 | 0,77 | 0,25 | 1,01 | 0,59 | 0,27 | 0,22 |
| 3,55 | 0,88 | 0,65 | 0,91 | | 0,19 | 0,21 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 2,98 | 0,86 | 0,46 | 0,66 | 0,60 | 0,19 | 0,23 |
| 3,00 | | | 0,90 | 0,51 | 0,24 | 0,21 |
| 2,95 | 0,64 | 0,52 | 1,07 | 1,00 | 0,22 | 0,22 |
| 3,57 | 0,63 | 0,54 | 0,97 | 0,33 | 0,17 | 0,20 |
| 3,06 | 0,85 | | | 0,48 | 0,22 | 0,20 |
| 3,41 | 0,66 | 0,42 | 0,66 | 0,48 | 0,21 | 0,23 |
| 3,91 | 0,79 | 0,40 | 1,03 | 0,52 | 0,23 | 0,18 |
| 3,22 | 1,29 | 0,61 | 1,10 | 0,63 | 0,21 | 0,30 |
| 2,88 | 1,15 | 0,64 | 1,44 | 0,58 | 0,15 | 0,28 |
| 3,19 | 1,00 | 0,50 | 0,91 | 0,71 | 0,27 | |
| 3,12 | 1,25 | 0,57 | 0,79 | 0,38 | 0,26 | 0,21 |
| 2,42 | 0,96 | 0,38 | 1,43 | 0,51 | 0,24 | 0,23 |
| 2,74 | 0,92 | 0,60 | 1,10 | 0,44 | 0,28 | 0,21 |
| 2,91 | 1,25 | 0,71 | | 0,52 | 0,25 | 0,21 |
| 3,61 | 1,34 | 0,45 | 0,44 | 0,71 | 0,24 | 0,21 |
| 3,43 | 1,18 | 0,59 | 0,52 | 0,48 | 0,28 | 0,22 |
| 3,28 | 1,16 | 0,69 | 0,82 | 0,37 | 0,25 | 0,24 |
| 3,09 | 0,97 | 0,65 | 1,06 | 0,47 | 0,26 | 0,23 |
| 2,88 | 0,65 | | 0,73 | 0,58 | 0,27 | 0,23 |
| 3,31 | 1,06 | 0,53 | 1,02 | 0,38 | 0,23 | 0,26 |
| 3,37 | 1,31 | 0,68 | 1,16 | 0,52 | 0,26 | 0,18 |
| 3,35 | 1,41 | | 0,81 | 0,56 | 0,22 | 0,20 |
| 3,34 | 1,15 | | 0,95 | 0,32 | 0,22 | 0,22 |
| 3,12 | 1,05 | 0,59 | 0,92 | 0,59 | 0,24 | 0,19 |
| 2,86 | 1,17 | 0,34 | 1,12 | 0,70 | 0,26 | 0,26 |
| 3,13 | 0,84 | 0,50 | 1,20 | 0,57 | 0,28 | 0,23 |
| 3,82 | 1,03 | 0,60 | 1,13 | 0,29 | 0,24 | 0,24 |
| 3,61 | 1,03 | 0,64 | 1,32 | 0,71 | 0,24 | 0,23 |
| 3,71 | 0,94 | | 1,21 | 0,58 | 0,28 | 0,28 |
| 3,06 | 0,97 | 0,78 | 1,24 | 0,38 | 0,26 | 0,27 |
| 3,58 | 0,97 | 0,61 | 1,23 | 0,86 | 0,27 | 0,30 |
| 3,62 | 0,94 | 0,34 | 1,00 | 0,62 | 0,23 | 0,22 |
| 3,28 | 1,04 | 0,59 | 0,73 | 0,29 | 0,20 | 0,26 |
| 2,81 | 0,85 | 0,53 | 1,35 | 0,54 | 0,24 | 0,25 |
| 3,78 | 0,77 | 0,33 | 0,86 | 0,63 | 0,26 | 0,21 |
| 2,90 | 1,12 | 0,55 | 1,04 | 0,42 | 0,22 | 0,24 |
| 2,99 | 1,26 | 0,74 | 1,61 | 0,63 | 0,22 | 0,27 |
| 3,33 | 0,83 | 0,38 | 1,32 | 0,49 | 0,25 | 0,26 |
| 3,40 | 1,25 | 0,70 | 1,09 | 0,78 | 0,27 | 0,29 |
| 2,95 | 1,10 | 0,27 | 1,24 | 0,69 | 0,27 | 0,28 |
| 4,36 | 0,87 | 0,74 | | 0,71 | 0,30 | 0,25 |
| 4,24 | 1,17 | 0,61 | 1,26 | 0,65 | 0,23 | 0,25 |
| 3,76 | 1,53 | 0,76 | 1,60 | 0,29 | 0,29 | 0,27 |
| 3,61 | 1,22 | 0,69 | 1,49 | 0,55 | 0,23 | 0,30 |
| 3,87 | 1,44 | 0,92 | 1,22 | 0,52 | 0,25 | 0,31 |
| 3,47 | 1,18 | 0,65 | 1,16 | 0,38 | 0,29 | 0,41 |
| 3,00 | 1,20 | 0,50 | 1,10 | 1,00 | 0,33 | 0,27 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,15 | 1,10 | 0,40 | 1,20 | 0,44 | 0,27 | 0,28 |
| 3,47 | 0,84 | 0,63 | 1,19 | 0,44 | 0,23 | 0,29 |
| 4,04 | 1,11 | 0,44 | 1,94 | 0,88 | 0,27 | 0,32 |
| 3,38 | 0,63 | | 1,95 | 0,61 | 0,37 | 0,23 |
| 3,51 | 1,44 | 0,73 | 1,25 | 0,39 | 0,23 | 0,25 |
| 4,02 | 1,33 | 0,59 | 1,39 | 0,54 | 0,23 | 0,13 |
| 3,62 | 0,98 | 0,33 | 1,14 | 0,64 | 0,21 | 0,30 |
| 3,29 | 1,13 | 0,54 | 0,77 | 0,29 | 0,26 | 0,27 |
| 3,35 | 0,84 | 0,49 | 1,28 | 0,32 | 0,25 | 0,25 |
| 3,65 | 0,74 | 0,28 | 1,15 | 0,85 | 0,15 | 0,25 |
| | 1,07 | 0,46 | 1,86 | 0,43 | 0,32 | 0,27 |
| | 1,08 | 0,63 | 1,83 | 0,84 | 0,23 | 0,33 |
| 4,22 | 1,61 | 0,55 | 1,92 | 1,00 | 0,25 | 0,30 |
| 3,18 | 1,55 | 0,71 | | 0,58 | 0,26 | 0,31 |
| 2,95 | 1,53 | | | 1,00 | 0,30 | 0,30 |
| 2,80 | 1,64 | 0,44 | | 1,00 | 0,28 | 0,39 |
| 3,06 | 1,66 | 0,81 | 1,66 | 1,00 | 0,33 | |
| 2,96 | 1,16 | 0,79 | 1,29 | 0,65 | 0,36 | 0,42 |
| 3,09 | 1,19 | 0,59 | 1,26 | 0,67 | 0,35 | 0,38 |
| | 1,27 | | 0,65 | 0,56 | 0,26 | 0,28 |
| 4,23 | 1,60 | 0,69 | 1,74 | 0,46 | 0,28 | 0,32 |
| 3,41 | 1,58 | 0,62 | | 0,75 | 0,26 | 0,33 |
| 3,95 | 1,43 | 0,45 | 1,83 | 0,55 | 0,33 | 0,28 |
| 4,36 | 1,71 | 0,65 | 1,96 | 0,51 | 0,28 | 0,29 |
| 2,72 | 1,62 | 0,76 | 1,51 | 0,60 | 0,29 | 0,36 |
| 3,65 | 1,54 | 0,28 | 0,90 | 0,32 | 0,20 | 0,38 |
| 3,70 | 0,91 | 0,56 | 1,29 | | 0,20 | 0,36 |
| 3,85 | 1,44 | 0,45 | 1,03 | 0,66 | 0,33 | 0,30 |
| 3,74 | 1,04 | | 0,91 | 0,50 | 0,30 | 0,27 |
| 3,11 | 1,00 | 0,69 | 1,05 | 0,33 | 0,24 | 0,26 |
| 3,33 | 1,34 | 0,80 | 1,00 | 0,77 | 0,33 | 0,27 |
| 2,21 | 0,62 | 0,48 | 0,78 | 0,41 | 0,35 | 0,26 |
| 2,65 | 0,58 | 0,63 | 0,79 | 0,28 | 0,29 | 0,38 |
| 2,68 | 0,75 | 0,63 | 0,64 | 0,61 | 0,27 | 0,20 |
| 2,64 | | | 0,78 | 0,65 | 0,19 | 0,34 |
| 2,48 | 0,76 | 0,70 | | | 0,30 | 0,28 |
| 3,07 | 0,54 | 0,58 | 0,72 | 0,72 | 0,27 | 0,24 |
| 3,34 | 0,70 | 0,66 | 0,64 | 0,90 | 0,29 | 0,26 |
| 3,28 | 0,62 | 0,48 | 0,78 | 0,59 | 0,23 | 0,18 |
| 2,70 | 0,48 | 0,37 | 0,69 | 0,70 | 0,20 | 0,29 |
| 3,36 | 1,12 | 0,74 | 0,63 | 0,35 | 0,21 | 0,19 |
| 3,23 | 1,44 | 0,56 | 0,93 | 0,66 | 0,29 | 0,21 |
| 3,58 | 1,30 | | 0,82 | 0,46 | 0,24 | 0,23 |
| 3,59 | 1,47 | 0,78 | 1,03 | 0,76 | 0,30 | 0,20 |
| 3,70 | 1,24 | 0,58 | 1,16 | 0,66 | 0,22 | 0,25 |
| 3,44 | 0,98 | | 0,80 | 0,35 | 0,20 | 0,26 |
| 3,76 | 0,70 | 0,63 | 1,20 | 0,84 | 0,20 | 0,28 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,97 | 0,80 | 0,72 | 1,67 | 0,67 | 0,18 | 0,25 |
| 2,81 | | 0,33 | 1,06 | 0,30 | 0,27 | 0,24 |
| 2,58 | | 0,57 | 0,64 | 0,54 | 0,20 | 0,23 |
| 3,81 | 0,85 | 0,68 | 0,88 | 0,68 | 0,26 | 0,27 |
| 1,95 | | 0,68 | 0,61 | 0,35 | 0,20 | 0,25 |
| 2,50 | 0,76 | 0,75 | | 0,68 | 0,28 | 0,22 |
| 1,43 | 0,66 | | 0,85 | 0,78 | 0,29 | 0,21 |
| 2,16 | 0,57 | 0,44 | 0,54 | 0,40 | 0,24 | 0,26 |
| 2,17 | 0,58 | | 0,39 | 0,62 | 0,10 | 0,28 |
| 2,05 | 0,51 | | 0,61 | 0,68 | 0,11 | 0,34 |
| 2,05 | 0,67 | 0,45 | | | 0,15 | 0,20 |
| 1,97 | | | | 0,42 | 0,21 | 0,15 |
| 2,98 | | | 0,56 | 0,43 | 0,25 | 0,19 |
| 1,60 | 0,62 | 0,52 | | 0,23 | 0,15 | 0,20 |
| 2,08 | 0,70 | 0,74 | 0,67 | 0,23 | 0,10 | 0,21 |
| 2,79 | | | 0,59 | | 0,17 | 0,07 |
| 2,44 | 0,85 | 0,38 | 0,79 | 0,53 | 0,23 | 0,20 |
| 1,97 | 0,69 | 0,50 | 0,52 | 0,74 | 0,10 | 0,22 |
| 2,64 | | | 0,74 | 0,82 | 0,11 | |
| 3,41 | 0,79 | 0,43 | | 0,29 | 0,22 | |
| 2,95 | 0,88 | 0,60 | 0,65 | 0,42 | 0,16 | 0,19 |
| 2,55 | 0,79 | | 0,53 | 0,55 | 0,17 | |
| 2,38 | 0,86 | 0,49 | | 0,36 | 0,20 | |
| 2,54 | 0,67 | 0,52 | 0,64 | 0,53 | 0,22 | 0,16 |
| 2,14 | 0,68 | 0,61 | 0,77 | 0,59 | 0,17 | 0,19 |
| 2,90 | 0,87 | | 0,49 | 0,34 | 0,23 | 0,16 |
| 2,63 | 0,90 | 0,87 | 0,63 | 0,51 | 0,23 | 0,18 |
| 2,10 | 0,86 | 0,63 | 0,63 | 0,39 | 0,17 | 0,17 |
| 2,22 | 0,97 | 0,41 | 0,56 | 0,48 | 0,28 | |
| 2,36 | 0,96 | 0,62 | 0,49 | 0,34 | 0,31 | 0,22 |
| 2,36 | 0,85 | 0,53 | 0,58 | 0,52 | 0,21 | 0,24 |
| 3,01 | 1,05 | | 0,55 | 0,54 | 0,24 | 0,18 |
| 3,36 | 1,50 | 0,71 | 0,82 | 0,38 | 0,27 | |
| 2,57 | 1,07 | 0,65 | 0,60 | 0,60 | 0,23 | 0,17 |
| 2,22 | 0,76 | 0,53 | 0,61 | 0,51 | 0,22 | 0,21 |
| 2,95 | 1,03 | 0,69 | 0,76 | 0,28 | 0,16 | 0,19 |
| 2,42 | 1,25 | 0,84 | 0,68 | 0,61 | 0,21 | 0,19 |
| 2,90 | 0,79 | 0,68 | 1,00 | 0,70 | 0,29 | 0,19 |
| 2,49 | 1,15 | | 0,74 | 0,62 | 0,28 | 0,32 |
| 2,34 | 0,92 | 0,70 | 0,99 | 0,89 | 0,34 | 0,24 |
| 2,47 | 1,18 | 0,55 | 1,40 | 0,97 | 0,21 | 0,32 |
| 2,40 | 1,06 | 0,57 | 0,69 | 0,72 | 0,28 | |
| 2,22 | 0,59 | 0,47 | 1,13 | 1,22 | 0,26 | 0,31 |
| 2,19 | 1,02 | 0,53 | 0,91 | 1,00 | 0,20 | 0,32 |
| 2,47 | 1,18 | 0,55 | 0,51 | 0,61 | 0,21 | 0,31 |
| 2,50 | 1,34 | 0,37 | 0,93 | 0,77 | 0,22 | 0,18 |
| 2,65 | 1,03 | 0,59 | 0,85 | 0,53 | 0,23 | 0,21 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,00 | 0,62 | 0,66 | 0,53 | 0,57 | 0,24 | 0,22 |
| 2,51 | 0,71 | | 0,90 | 0,59 | 0,28 | 0,24 |
| 2,64 | 0,58 | 0,48 | 0,79 | 0,24 | 0,19 | 0,29 |
| 2,54 | 0,72 | 0,61 | 1,06 | 0,70 | 0,24 | 0,23 |
| 2,71 | 0,99 | | 0,95 | 0,61 | 0,24 | 0,30 |
| 2,57 | 0,58 | 0,51 | 0,65 | 0,35 | 0,23 | 0,20 |
| 2,38 | 0,73 | 0,41 | 0,70 | 0,49 | 0,26 | 0,23 |
| 1,94 | | 0,48 | 0,52 | 0,55 | 0,20 | 0,31 |
| 2,62 | | | 0,45 | 0,33 | 0,18 | |
| 2,93 | 0,93 | 0,42 | 0,85 | 0,54 | 0,31 | 0,36 |
| 2,24 | 0,93 | 0,46 | 0,36 | 0,18 | 0,28 | 0,24 |
| 1,72 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | 0,94 | 0,14 | |
| 2,17 | 0,86 | 0,56 | 0,58 | 0,32 | 0,21 | 0,21 |
| 2,50 | 0,74 | 0,60 | 0,47 | 0,44 | 0,16 | 0,20 |
| 2,33 | 0,74 | | 0,83 | 0,61 | 0,25 | 0,12 |
| 2,33 | 0,99 | | 0,70 | 0,52 | 0,27 | 0,29 |
| 2,00 | 0,95 | 0,73 | 0,66 | 0,54 | 0,20 | 0,19 |
| 1,79 | 1,04 | 0,65 | 0,64 | 0,55 | 0,20 | 0,19 |
| 2,30 | 0,85 | | | 0,30 | 0,30 | 0,25 |
| 2,20 | 1,17 | 0,59 | | 0,30 | 0,30 | 0,24 |
| 2,20 | 1,13 | 0,68 | 0,63 | 0,59 | 0,23 | 0,18 |
| 2,62 | 0,75 | 0,56 | 0,83 | 0,58 | 0,19 | 0,25 |
| 2,39 | 1,04 | 0,58 | 0,53 | 0,31 | 0,31 | 0,24 |
| 1,78 | 1,21 | 0,49 | 0,51 | 0,59 | 0,32 | 0,20 |
| 2,45 | 1,28 | 0,67 | 1,07 | 0,60 | 0,26 | 0,20 |
| 2,53 | 1,23 | 0,77 | 0,91 | 0,56 | 0,28 | 0,20 |
| 3,39 | 1,07 | 0,67 | 0,71 | 0,56 | 0,24 | 0,22 |
| 3,83 | 1,33 | 0,77 | 0,91 | 0,58 | 0,26 | 0,20 |
| 3,13 | 1,08 | 0,72 | 1,19 | 0,72 | 0,22 | 0,24 |
| 2,90 | 1,09 | 0,42 | 0,79 | 0,36 | 0,22 | 0,20 |
| 2,67 | 0,69 | 0,93 | 1,21 | 0,85 | 0,23 | 0,27 |
| 2,99 | 1,51 | 0,90 | 1,15 | 0,81 | 0,25 | 0,24 |
| 2,49 | 1,33 | 0,50 | 0,97 | 0,37 | 0,30 | 0,26 |
| 3,16 | 1,28 | 0,77 | 0,78 | 0,68 | 0,31 | 0,31 |
| 2,72 | 1,54 | 0,81 | 0,89 | 0,83 | 0,27 | 0,20 |
| 2,85 | 1,18 | 0,32 | 0,53 | 0,44 | 0,33 | 0,29 |
| 2,82 | 1,02 | | 0,69 | 0,70 | 0,28 | 0,25 |
| 3,44 | 1,28 | 0,95 | 1,33 | 0,76 | 0,32 | 0,32 |
| 3,69 | 1,16 | 0,51 | 0,96 | 0,43 | 0,33 | 0,31 |
| 2,70 | 1,24 | 0,91 | 1,11 | 1,00 | 0,38 | 0,33 |
| 3,07 | 0,88 | 0,83 | 1,05 | 0,85 | 0,36 | 0,28 |
| 2,74 | 1,36 | 0,45 | 0,69 | 0,40 | 0,31 | 0,22 |
| 2,82 | 1,08 | 0,88 | 0,70 | 0,63 | 0,41 | 0,22 |
| 3,04 | 0,83 | 0,79 | 1,08 | 0,81 | 0,35 | 0,26 |
| 2,71 | 1,19 | 0,46 | 0,83 | 0,37 | 0,30 | 0,22 |
| 3,24 | 1,21 | 0,82 | 0,98 | 0,53 | 0,27 | 0,26 |
| 3,59 | 1,07 | 0,96 | 0,93 | 0,69 | 0,28 | 0,25 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 2,88 | | 0,87 | | 0,92 | 0,31 | 0,28 |
| 2,93 | 1,02 | 0,70 | 1,08 | 0,86 | 0,28 | 0,29 |
| 3,26 | | 0,70 | 0,80 | 0,57 | 0,30 | 0,29 |
| 3,63 | 1,35 | 0,92 | 1,25 | 0,88 | 0,58 | 0,30 |
| 3,29 | 0,84 | 0,65 | 1,25 | 0,96 | 0,31 | 0,28 |
| 3,56 | 1,39 | 0,46 | 0,90 | 0,65 | 0,27 | 0,35 |
| 3,39 | 1,08 | 0,78 | 1,25 | 0,82 | 0,30 | 0,32 |
| 3,42 | 0,80 | 0,34 | 0,91 | 0,56 | 0,26 | 0,24 |
| 2,88 | 1,16 | 0,83 | | 0,73 | 0,48 | 0,34 |
| 2,99 | 1,16 | 0,72 | 0,74 | 0,43 | 0,27 | 0,25 |
| 3,02 | 1,22 | 0,66 | 1,21 | 0,99 | 0,45 | 0,34 |
| 3,27 | 1,33 | 0,81 | 1,11 | 0,78 | 0,36 | 0,37 |
| 3,25 | 1,47 | 0,83 | 1,00 | 0,65 | 0,38 | 0,31 |
| 2,51 | 1,09 | 0,42 | 1,14 | 0,82 | 0,36 | 0,27 |
| 2,87 | 1,19 | 0,76 | 1,76 | 0,80 | 0,30 | 0,27 |
| 2,88 | 1,54 | 0,89 | 1,00 | 0,32 | 0,29 | 0,30 |
| 3,51 | 1,06 | 0,71 | 1,26 | 0,68 | 0,28 | 0,36 |
| | 1,28 | 0,44 | 1,41 | 0,82 | 0,40 | 0,32 |
| 4,49 | 1,47 | 0,92 | 1,01 | 0,56 | 0,33 | 0,29 |
| 3,73 | 1,30 | 0,96 | 0,90 | 0,40 | 0,23 | 0,36 |
| 3,96 | 1,05 | 0,50 | 1,49 | 0,94 | 0,36 | 0,24 |
| 3,62 | 1,44 | 0,99 | 0,96 | 0,80 | 0,26 | 0,26 |
| 3,48 | 1,85 | 0,95 | 0,84 | 0,36 | 0,31 | 0,31 |
| 4,11 | | 0,53 | 1,08 | 0,80 | 0,40 | 0,23 |
| 3,74 | | 0,81 | 0,93 | 0,72 | 0,34 | 0,32 |
| 3,22 | | 0,84 | 1,12 | 0,37 | 0,32 | 0,23 |
| 3,86 | 1,71 | 0,97 | 1,45 | 0,85 | 0,21 | 0,25 |
| 3,65 | 1,44 | | 1,62 | 0,85 | 0,33 | 0,27 |
| 4,32 | 1,45 | | 1,65 | 0,80 | 0,31 | 0,18 |
| 3,42 | 1,09 | | | 1,00 | 0,37 | 0,42 |
| | 1,34 | | | 1,00 | 0,32 | 0,38 |
| | 1,66 | | 1,30 | 1,00 | | 0,41 |
| 3,51 | 0,98 | 0,92 | 1,75 | 1,00 | 0,46 | 0,30 |
| 2,59 | 1,35 | 0,90 | 1,40 | 1,00 | 0,40 | 0,39 |
| 3,25 | 1,51 | | 0,95 | 1,00 | 0,30 | 0,23 |
| 2,98 | 1,65 | 0,82 | | 1,00 | 0,24 | 0,35 |
| 3,34 | 1,17 | 0,93 | 1,27 | 0,96 | 0,41 | 0,32 |
| 3,27 | 1,03 | 0,95 | 1,10 | 0,88 | 0,33 | 0,33 |
| 4,15 | | | 0,76 | 0,88 | 0,29 | 0,26 |
| 2,75 | 1,34 | 0,73 | 1,28 | 1,00 | 0,40 | 0,40 |
| 2,84 | 1,32 | 0,36 | 1,36 | 0,62 | 0,24 | 0,36 |
| 2,95 | 1,40 | | 1,13 | 0,38 | | 0,28 |
| 2,98 | 1,02 | 0,87 | 1,02 | 1,00 | 0,29 | 0,20 |
| 4,11 | 1,28 | 0,79 | 1,91 | 0,78 | 0,27 | 0,28 |
| 4,74 | 1,35 | 0,95 | 0,97 | 0,90 | 0,33 | 0,30 |
| 2,42 | 1,20 | | 1,28 | 0,97 | 0,28 | 0,28 |
| 2,69 | 1,28 | 0,88 | 1,19 | 0,58 | 0,29 | 0,31 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,23 | 1,10 | 0,42 | 0,99 | 0,90 | 0,33 | 0,33 |
| 2,48 | 1,55 | 0,92 | 1,17 | 0,35 | 0,37 | 0,30 |
| 3,25 | 1,22 | 0,57 | 1,08 | 0,89 | 0,33 | 0,28 |
| 3,57 | 1,09 | | 1,05 | 0,45 | 0,29 | 0,31 |
| 2,60 | 1,32 | 0,99 | 1,08 | 0,68 | 0,35 | 0,33 |
| 3,66 | 1,22 | 0,55 | 0,87 | 0,95 | 0,35 | 0,30 |
| 3,27 | 1,37 | | 1,35 | 0,33 | 0,35 | 0,29 |
| 2,73 | 1,55 | 0,78 | 0,94 | 0,67 | 0,34 | 0,30 |
| 3,00 | 1,53 | 0,51 | 0,96 | 0,82 | 0,30 | 0,29 |
| 3,02 | 0,88 | 0,93 | 1,16 | 0,69 | 0,32 | 0,22 |
| 3,31 | 1,57 | | 0,69 | 0,80 | 0,50 | 0,35 |
| 3,88 | 1,42 | | 0,80 | 1,00 | 0,47 | 0,40 |
| 4,35 | 1,05 | 0,91 | 1,39 | 0,80 | | 0,39 |
| 2,56 | 1,48 | 0,92 | 1,11 | 0,74 | 0,48 | 0,40 |
| 3,37 | 1,14 | 0,77 | 0,73 | 0,88 | | 0,36 |
| 3,96 | 0,86 | | 1,25 | 0,66 | 0,47 | 0,28 |
| 2,98 | 1,36 | 0,98 | 0,88 | 1,00 | 0,36 | 0,22 |
| 3,15 | 1,95 | 0,79 | 0,63 | 0,74 | 0,34 | 0,29 |
| 3,30 | 0,92 | 0,44 | 1,30 | 0,55 | 0,34 | 0,27 |
| 2,76 | 0,77 | 0,83 | 1,89 | 0,39 | 0,39 | 0,27 |
| 2,90 | 1,32 | | 0,66 | 0,76 | 0,35 | 0,23 |
| 2,87 | 0,77 | 0,53 | 0,97 | 1,00 | 0,38 | 0,32 |
| 3,88 | 1,15 | 0,76 | 1,77 | 0,32 | 0,41 | 0,25 |
| 4,28 | 1,46 | 0,89 | 0,58 | 0,73 | 0,37 | 0,25 |
| 3,96 | 0,72 | 0,43 | 0,81 | 0,79 | 0,36 | 0,33 |
| 4,03 | 0,72 | 0,83 | 1,18 | 0,33 | 0,36 | 0,30 |
| 3,42 | 0,80 | | 0,75 | 0,79 | 0,29 | 0,31 |
| 3,19 | 0,76 | 0,47 | 1,08 | 1,00 | 0,27 | 0,30 |
| 4,03 | 0,96 | 0,71 | 1,26 | 0,39 | 0,30 | 0,30 |
| 3,75 | 0,77 | 0,89 | 0,73 | 0,60 | 0,31 | 0,36 |
| 3,54 | 0,76 | | 1,06 | 0,37 | 0,37 | 0,22 |
| 3,13 | 1,19 | 0,54 | 0,62 | 0,70 | 0,22 | 0,24 |
| 2,61 | 0,93 | | 0,88 | 0,68 | 0,22 | 0,27 |
| 2,69 | 1,12 | | 0,65 | 0,34 | 0,26 | 0,27 |
| 3,69 | 0,99 | 0,73 | 0,74 | 0,80 | 0,20 | 0,29 |
| 3,56 | 0,80 | 0,74 | 1,15 | 0,74 | 0,27 | 0,31 |
| 3,00 | 1,07 | 0,85 | 0,76 | 0,84 | 0,31 | 0,24 |
| 3,38 | 0,58 | 0,70 | 0,85 | 0,74 | 0,28 | 0,32 |
| 2,96 | 0,70 | 0,70 | 0,95 | 0,67 | 0,25 | 0,30 |
| 2,82 | 0,95 | 0,80 | 0,78 | 0,98 | 0,31 | 0,31 |
| 2,96 | 0,86 | | 0,97 | 0,33 | 0,29 | 0,31 |
| 2,72 | 1,29 | 0,96 | 0,58 | 0,75 | 0,27 | 0,28 |
| 3,54 | 1,12 | 0,75 | 0,67 | 0,79 | 0,23 | 0,34 |
| 2,76 | 0,85 | | 1,05 | 0,32 | 0,39 | 0,28 |
| 2,84 | 1,13 | 0,74 | 0,71 | 0,82 | 0,32 | 0,31 |
| 2,71 | 1,11 | 0,78 | 1,08 | 0,68 | 0,30 | 0,31 |
| 2,93 | 0,82 | | 1,09 | 0,28 | 0,28 | 0,23 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,01 | 1,18 | 0,68 | 0,74 | 0,79 | 0,30 | 0,30 |
| 3,48 | 1,33 | 0,73 | 1,18 | 0,72 | 0,31 | 0,28 |
| 3,13 | 1,00 | 0,39 | 1,06 | 0,38 | 0,23 | 0,27 |
| 3,40 | 1,69 | 0,69 | 0,76 | 0,78 | 0,26 | 0,26 |
| 2,89 | 0,91 | 0,82 | 1,26 | 0,86 | 0,25 | 0,27 |
| 3,13 | 1,24 | 0,66 | 1,24 | 0,66 | 0,28 | 0,36 |
| 3,37 | 1,06 | 0,48 | 0,93 | 0,47 | 0,32 | 0,17 |
| 3,16 | 1,30 | 0,66 | 1,12 | 1,00 | 0,18 | 0,21 |
| 3,29 | 1,35 | 0,80 | 1,41 | 0,75 | 0,24 | 0,29 |
| 3,82 | 1,27 | | 0,95 | 0,41 | 0,28 | 0,24 |
| 3,92 | 1,57 | 0,95 | 1,00 | 0,74 | 0,21 | 0,23 |
| 3,51 | 0,86 | 0,70 | 1,38 | 0,97 | 0,19 | 0,25 |
| 2,98 | 1,42 | 0,50 | 1,16 | 0,51 | 0,17 | 0,29 |
| 3,16 | 1,36 | | 1,05 | 0,86 | 0,25 | 0,31 |
| 3,40 | 1,07 | 0,73 | 0,91 | 0,58 | 0,26 | 0,35 |
| 4,04 | 1,33 | 0,91 | 0,72 | 0,96 | 0,35 | 0,30 |
| 4,36 | 1,39 | 0,81 | 1,36 | 0,97 | 0,37 | 0,26 |
| 3,33 | 0,95 | | 1,31 | 1,00 | 0,27 | 0,34 |
| 3,46 | 1,42 | 0,94 | 1,27 | 0,93 | 0,33 | 0,33 |
| 2,76 | 1,25 | 0,73 | 1,38 | 0,80 | 0,30 | 0,37 |
| 2,91 | 1,01 | 0,68 | 1,23 | 0,71 | 0,40 | 0,25 |
| 2,74 | 1,29 | 0,61 | 1,03 | 0,58 | 0,23 | 0,33 |
| 3,06 | 1,28 | 0,80 | 1,22 | 0,99 | 0,24 | 0,28 |
| 3,36 | 1,47 | 0,62 | 1,64 | 0,72 | 0,30 | 0,30 |
| 3,11 | 1,47 | 0,63 | 1,27 | 0,95 | 0,23 | 0,20 |
| 3,13 | 1,11 | 0,50 | 1,08 | 0,80 | 0,35 | 0,29 |
| 3,24 | 1,33 | 0,82 | 1,52 | 0,94 | 0,20 | 0,26 |
| 3,83 | 1,09 | | 0,90 | 1,00 | 0,21 | 0,32 |
| 3,74 | 0,94 | 0,38 | 1,68 | 0,67 | 0,32 | 0,23 |
| 3,45 | 1,18 | 0,97 | 1,19 | 1,00 | 0,23 | 0,30 |
| 3,80 | 1,16 | 0,92 | 1,71 | 1,00 | 0,30 | 0,39 |
| 3,88 | 1,56 | 0,41 | 1,21 | 0,58 | 0,28 | 0,35 |
| 3,82 | 1,16 | 0,62 | 1,07 | 1,00 | 0,38 | 0,42 |
| 3,60 | 0,98 | 0,80 | 0,88 | 1,00 | 0,27 | 0,33 |
| 3,17 | 1,24 | | 1,26 | 1,00 | 0,33 | 0,32 |
| 3,22 | 1,10 | 0,45 | 1,25 | 0,59 | 0,31 | 0,45 |
| 3,60 | 1,20 | 0,81 | 1,36 | 0,85 | 0,35 | 0,30 |
| 3,54 | 1,52 | 0,81 | 0,96 | 0,88 | 0,30 | 0,35 |
| 4,45 | 1,25 | 0,45 | 1,31 | 1,00 | 0,35 | 0,41 |
| 3,90 | 1,23 | | | 0,93 | 0,41 | 0,36 |
| 2,64 | 1,42 | | 1,33 | 0,98 | 0,32 | 0,37 |
| 3,02 | 1,33 | 0,42 | 1,30 | 0,52 | 0,28 | 0,41 |
| 3,11 | 0,87 | 0,82 | 0,95 | 1,00 | 0,26 | 0,48 |
| 2,85 | 1,15 | 0,81 | 1,54 | 0,99 | 0,35 | 0,36 |
| 3,05 | 1,08 | | 1,25 | 0,97 | 0,29 | 0,42 |
| 3,35 | 0,79 | 0,68 | 1,92 | 0,73 | 0,33 | 0,35 |
| 3,25 | 1,23 | 0,70 | 0,94 | 0,72 | 0,30 | 0,32 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,44 | 1,15 | 0,94 | 1,27 | 0,94 | 0,26 | 0,26 |
| 3,76 | 0,77 | 0,80 | 1,22 | 0,62 | 0,31 | 0,34 |
| 3,63 | 1,27 | 0,79 | 0,89 | 0,87 | 0,33 | 0,31 |
| 3,3 | 1,12 | 0,65 | 1,12 | 0,67 | 0,27 | 0,28 |
| 0,66 | 0,3 | 0,17 | 0,36 | 0,22 | 0,07 | 0,07 |

Média

Desvio padrão

Anexo B.2 - Teores de ouro no minério turno a turno do circuito de cianetação/adsorção 1995

Período de 01/05 a 30/11/95 - Linha 1 e 01/11 a 30/11/95 - Linha 2

teor de ouro em g Au/t no sólido

espaços vazios representam dados não disponíveis ou considerados "outliers"

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 2,75 | 0,81 | 0,20 | | | 0,18 | |
| | 0,64 | 0,22 | | | 0,27 | |
| 3,48 | 1,37 | 0,28 | | | 0,25 | |
| 3,33 | 1,20 | 0,20 | | | 0,22 | |
| 3,36 | 0,94 | 0,32 | | | 0,22 | |
| 3,05 | 1,30 | 0,24 | | | 0,16 | |
| 3,32 | 0,94 | 0,22 | | | 0,21 | |
| 2,96 | | | | | 0,16 | |
| 3,32 | 0,99 | 0,23 | | | 0,18 | |
| 2,79 | 0,97 | 0,17 | | | 0,18 | |
| 2,51 | 0,95 | 0,27 | | | 0,23 | |
| 3,29 | 0,84 | 0,27 | | | 0,22 | |
| 3,15 | 0,82 | 0,22 | | | 0,18 | |
| 2,51 | 0,85 | 0,26 | | | 0,20 | |
| 2,72 | 0,62 | 0,29 | | | 0,31 | |
| 2,69 | 0,92 | 0,22 | | | 0,24 | |
| 2,80 | 0,92 | 0,27 | | | 0,26 | |
| 2,73 | 0,66 | 0,24 | | | 0,22 | |
| 2,83 | 0,68 | 0,20 | | | 0,15 | |
| 3,06 | 0,80 | 0,20 | | | 0,27 | |
| 2,74 | 1,00 | 0,36 | | | 0,31 | |
| 3,08 | 0,96 | 0,21 | | | 0,19 | |
| 3,38 | 0,82 | 0,19 | | | 0,18 | |
| 2,73 | 1,05 | 0,22 | | | 0,16 | |
| 2,38 | 1,13 | 0,21 | | | 0,16 | |
| 2,20 | 1,09 | 0,27 | | | 0,24 | |
| 2,47 | 0,87 | 0,23 | | | 0,24 | |
| 2,76 | 0,85 | 0,22 | | | 0,18 | |
| 2,64 | 1,04 | | | | 0,16 | |
| 2,73 | 0,98 | 0,27 | | | 0,22 | |
| 2,87 | 0,74 | 0,22 | | | 0,24 | |
| 2,70 | 0,96 | 0,30 | | | 0,23 | |
| 2,87 | 0,81 | 0,31 | | | 0,21 | |
| 3,15 | 0,90 | 0,29 | | | 0,19 | |
| 2,63 | 0,98 | 0,27 | | | 0,29 | |
| 2,91 | 1,00 | 0,30 | | | 0,25 | |
| 4,09 | 0,88 | 0,25 | | | 0,22 | |
| 2,68 | 1,05 | 0,35 | | | 0,26 | |
| 3,26 | 0,83 | 0,23 | | | 0,23 | |
| 3,12 | 0,97 | 0,25 | | | 0,22 | |
| 2,98 | 1,18 | 0,20 | | | 0,24 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 2,90 | 0,93 | 0,23 | | | 0,30 | |
| 2,95 | 1,27 | 0,28 | | | 0,25 | |
| 2,93 | 1,06 | 0,31 | | | 0,30 | |
| 3,21 | 1,03 | 0,26 | | | 0,21 | |
| 3,33 | 1,18 | 0,27 | | | 0,18 | |
| 3,26 | 1,01 | 0,33 | | | 0,20 | |
| 3,28 | 1,35 | 0,36 | | | 0,29 | |
| 3,54 | 1,10 | 0,25 | | | 0,30 | |
| 2,49 | 1,25 | 0,40 | | | 0,28 | |
| 2,59 | 1,74 | 0,32 | | | 0,20 | |
| 3,90 | 0,59 | 0,23 | | | 0,28 | |
| | 1,25 | 0,27 | | | 0,26 | |
| 3,65 | 0,84 | 0,28 | | | 0,23 | |
| 3,10 | 1,06 | 0,27 | | | 0,19 | |
| 3,20 | 1,12 | 0,32 | | | 0,25 | |
| 2,50 | 1,05 | 0,30 | | | 0,14 | |
| 3,18 | 0,86 | 0,24 | | | 0,18 | |
| 3,36 | 1,25 | 0,37 | | | 0,24 | |
| 3,06 | 0,85 | 0,29 | | | 0,21 | |
| 2,87 | | | | | 0,14 | |
| 3,43 | 1,10 | | | | 0,23 | |
| 3,70 | 1,10 | 0,34 | | | 0,22 | |
| 2,84 | 1,07 | 0,28 | | | 0,19 | |
| 3,37 | 1,36 | 0,32 | | | 0,31 | |
| 3,17 | 1,30 | 0,31 | | | 0,29 | |
| | 1,22 | 0,34 | | | 0,23 | |
| 4,01 | 1,30 | 0,33 | | | 0,29 | |
| 3,25 | 1,37 | 0,34 | | | 0,22 | |
| 3,39 | 1,36 | 0,33 | | | 0,23 | |
| 3,45 | 1,62 | 0,31 | | | 0,31 | |
| 3,24 | 1,05 | 0,30 | | | 0,32 | |
| | 0,87 | 0,31 | | | 0,31 | |
| | 0,87 | 0,39 | | | 0,19 | |
| 2,54 | 0,94 | 0,22 | | | 0,17 | |
| 2,89 | 0,58 | 0,21 | | | 0,17 | |
| 2,38 | 0,85 | 0,21 | | | 0,14 | |
| 2,25 | 0,84 | 0,19 | | | 0,15 | |
| 2,78 | 0,59 | 0,20 | | | 0,15 | |
| 2,27 | 0,92 | 0,17 | | | 0,17 | |
| 2,50 | 0,86 | 0,15 | | | 0,15 | |
| 3,40 | 0,93 | 0,21 | | | 0,17 | |
| 3,00 | 0,89 | 0,19 | | | 0,18 | |
| 2,62 | 0,72 | 0,23 | | | 0,17 | |
| 2,86 | 1,09 | 0,28 | | | 0,20 | |
| 3,12 | 0,74 | 0,18 | | | 0,23 | |
| 3,13 | 0,79 | 0,23 | | | 0,29 | |
| 3,42 | 0,57 | 0,22 | | | 0,18 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,06 | | 0,20 | | | 0,20 | |
| 2,23 | | 0,38 | | | 0,23 | |
| | 0,60 | 0,23 | | | 0,18 | |
| | 0,92 | 0,17 | | | 0,21 | |
| 3,42 | 0,67 | 0,21 | | | 0,22 | |
| 3,10 | 0,80 | | | | 0,22 | |
| 2,38 | 1,04 | 0,22 | | | | |
| 2,30 | 0,83 | 0,22 | | | 0,14 | |
| 2,45 | 0,78 | 0,22 | | | 0,22 | |
| 2,41 | 1,20 | 0,24 | | | 0,23 | |
| 2,59 | 1,09 | 0,26 | | | 0,27 | |
| 2,60 | 0,84 | 0,26 | | | 0,43 | |
| 3,01 | 1,02 | 0,27 | | | 0,24 | |
| 2,41 | 0,96 | 0,30 | | | 0,24 | |
| 2,67 | 0,84 | 0,27 | | | 0,21 | |
| 2,96 | 1,01 | 0,28 | | | 0,18 | |
| 2,57 | 0,90 | 0,30 | | | 0,22 | |
| 3,02 | | | | | 0,17 | |
| 2,92 | 0,82 | 0,23 | | | 0,22 | |
| 2,87 | 0,90 | 0,26 | | | 0,25 | |
| 3,02 | 0,93 | 0,25 | | | 0,21 | |
| 2,80 | 0,73 | 0,21 | | | 0,23 | |
| 2,50 | 1,03 | 0,24 | | | | |
| 3,02 | 0,73 | | | | | |
| 2,19 | 0,68 | 0,22 | | | 0,19 | |
| 2,27 | 0,86 | 0,20 | | | 0,18 | |
| 2,37 | 0,85 | | | | 0,25 | |
| 3,30 | 0,79 | | | | 0,25 | |
| 2,97 | 0,97 | 0,25 | | | 0,19 | |
| 2,92 | 0,72 | 0,25 | | | 0,27 | |
| 3,09 | 1,07 | | | | 0,15 | |
| 2,38 | 0,86 | 0,31 | | | 0,21 | |
| 2,74 | 1,16 | 0,22 | | | 0,18 | |
| 3,41 | 1,05 | 0,22 | | | 0,21 | |
| 2,77 | 1,13 | 0,21 | | | 0,23 | |
| 2,22 | 1,43 | 0,37 | | | 0,17 | |
| 2,87 | 1,20 | 0,24 | | | 0,21 | |
| 3,60 | 1,25 | 0,23 | | | 0,28 | |
| 3,71 | 1,28 | 0,26 | | | 0,34 | |
| 3,28 | 1,33 | 0,42 | | | 0,17 | |
| 3,97 | 1,61 | 0,36 | | | 0,25 | |
| 3,83 | 0,95 | 0,25 | | | 0,13 | |
| 3,74 | 0,83 | 0,20 | | | 0,17 | |
| 3,90 | 1,33 | 0,36 | | | 0,22 | |
| 3,89 | 1,24 | 0,30 | | | 0,27 | |
| 3,53 | 1,10 | 0,28 | | | 0,14 | |
| 3,68 | 1,33 | 0,27 | | | 0,22 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,53 | 1,13 | 0,24 | | | 0,24 | |
| 4,17 | 1,03 | 0,24 | | | 0,24 | |
| 4,20 | 1,37 | | | | 0,26 | |
| 3,80 | 0,92 | 0,37 | | | 0,33 | |
| 3,27 | 1,04 | 0,43 | | | 0,23 | |
| 3,64 | 0,80 | 0,36 | | | 0,14 | |
| 3,81 | 0,89 | 0,24 | | | 0,28 | |
| 3,43 | 0,82 | 0,26 | | | 0,22 | |
| 3,52 | 0,71 | 0,25 | | | 0,22 | |
| 3,70 | | 0,23 | | | 0,27 | |
| 2,90 | 0,94 | 0,16 | | | 0,23 | |
| 3,12 | 0,69 | 0,18 | | | 0,18 | |
| 3,12 | 1,26 | 0,23 | | | 0,24 | |
| 3,47 | 0,86 | 0,36 | | | 0,19 | |
| 3,12 | 1,18 | 0,28 | | | 0,15 | |
| 2,85 | 1,04 | | | | 0,23 | |
| 3,68 | 0,61 | 0,30 | | | 0,22 | |
| 3,44 | 1,20 | | | | 0,23 | |
| 3,28 | 1,10 | 0,32 | | | 0,20 | |
| 2,46 | 0,77 | 0,24 | | | 0,38 | |
| 2,59 | 1,17 | 0,30 | | | 0,20 | |
| 3,11 | 1,43 | 0,34 | | | | |
| 3,04 | 1,14 | | | | 0,26 | |
| 3,11 | 1,30 | 0,38 | | | 0,30 | |
| 2,96 | 1,06 | 0,35 | | | 0,24 | |
| 2,68 | 1,44 | 0,26 | | | 0,31 | |
| 3,09 | 0,87 | 0,30 | | | 0,25 | |
| 4,30 | 1,27 | 0,26 | | | 0,23 | |
| 3,58 | 1,54 | 0,26 | | | 0,40 | |
| 3,21 | 1,00 | 0,41 | | | 0,32 | |
| 3,76 | 1,60 | 0,46 | | | 0,30 | |
| 3,92 | 1,36 | 0,41 | | | 0,27 | |
| 3,43 | 0,90 | 0,48 | | | 0,23 | |
| 4,01 | 1,31 | 0,39 | | | 0,29 | |
| 3,80 | 1,17 | 0,42 | | | 0,27 | |
| 3,41 | 0,90 | 0,38 | | | 0,25 | |
| 3,02 | 1,48 | 0,37 | | | 0,38 | |
| 2,89 | 1,14 | 0,30 | | | 0,33 | |
| 3,57 | 1,07 | 0,39 | | | 0,20 | |
| 3,23 | 1,15 | 0,28 | | | 0,24 | |
| 3,69 | 1,16 | 0,27 | | | 0,22 | |
| 3,07 | 1,04 | 0,32 | | | | |
| 3,21 | 0,83 | 0,44 | | | 0,31 | |
| 3,31 | 1,00 | 0,31 | | | 0,20 | |
| 2,96 | 1,11 | 0,23 | | | 0,14 | |
| 2,99 | 1,13 | 0,24 | | | 0,31 | |
| 2,86 | 1,52 | 0,28 | | | 0,27 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 2,90 | 1,29 | 0,45 | | | 0,22 | |
| 2,93 | 1,37 | 0,44 | | | 0,76 | |
| 3,40 | 1,61 | 0,38 | | | 0,29 | |
| 3,23 | 1,24 | | | | 0,31 | |
| 3,13 | 1,48 | 0,40 | | | 0,34 | |
| 2,53 | 1,43 | 0,44 | | | 0,20 | |
| 2,57 | 1,55 | 0,41 | | | 0,26 | |
| 3,32 | 1,38 | 0,40 | | | 0,31 | |
| 3,56 | 1,35 | | | | 0,32 | |
| 2,50 | 1,50 | 0,48 | | | 0,39 | |
| 2,96 | 1,16 | 0,45 | | | 0,26 | |
| 3,33 | 1,17 | 0,42 | | | 0,25 | |
| 3,60 | 1,57 | 0,38 | | | 0,29 | |
| 3,90 | 1,54 | 0,40 | | | 0,33 | |
| 3,40 | 1,18 | 0,46 | | | 0,43 | |
| 3,90 | 1,43 | 0,43 | | | 0,27 | |
| 3,98 | 1,66 | 0,30 | | | 0,30 | |
| | 1,58 | 0,52 | | | 0,32 | |
| 3,47 | 1,75 | 0,45 | | | 0,26 | |
| 3,20 | 1,76 | 0,32 | | | 0,26 | |
| 2,86 | 1,55 | 0,46 | | | 0,34 | |
| 3,20 | 1,86 | 0,49 | | | 0,36 | |
| 3,37 | 1,73 | 0,52 | | | 0,41 | |
| 2,88 | 1,88 | 0,68 | | | | |
| 3,13 | 1,87 | 0,62 | | | | |
| 4,24 | 1,65 | 0,62 | | | 0,41 | |
| 4,05 | 1,65 | | | | | |
| 3,87 | 1,88 | 0,58 | | | | |
| 3,40 | 1,94 | 0,56 | | | 0,43 | |
| 3,77 | | 0,60 | | | 0,42 | |
| 3,54 | | 0,69 | | | 0,44 | |
| 3,54 | 1,74 | | | | 0,45 | |
| 3,70 | | | | | 0,41 | |
| 3,53 | | 0,54 | | | 0,49 | |
| 3,12 | 1,74 | 0,46 | | | 0,32 | |
| 3,40 | 1,46 | 0,48 | | | 0,42 | |
| 3,43 | 1,92 | 0,60 | | | 0,22 | |
| 3,16 | 1,74 | 0,66 | | | 0,25 | |
| 3,04 | 1,83 | 0,38 | | | 0,27 | |
| 3,78 | 1,35 | 0,40 | | | 0,32 | |
| 4,22 | 0,80 | 0,45 | | | 0,33 | |
| 3,79 | 1,35 | 0,43 | | | 0,41 | |
| 3,65 | 1,84 | 0,35 | | | 0,34 | |
| 3,41 | 0,93 | 0,44 | | | 0,37 | |
| 3,42 | 1,35 | 0,41 | | | 0,38 | |
| 3,86 | 1,61 | 0,43 | | | 0,35 | |
| 3,49 | 1,54 | 0,43 | | | 0,32 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,23 | 1,30 | 0,52 | | | 0,38 | |
| 3,53 | 1,68 | 0,38 | | | 0,41 | |
| 2,66 | 1,64 | 0,37 | | | 0,39 | |
| 2,69 | 1,47 | 0,50 | | | 0,44 | |
| 2,79 | 1,55 | 0,47 | | | 0,41 | |
| 3,13 | | 0,61 | | | 0,44 | |
| 2,83 | 1,77 | 0,63 | | | 0,39 | |
| 3,21 | 1,82 | 0,56 | | | 0,38 | |
| 3,36 | 1,76 | 0,51 | | | 0,41 | |
| 3,35 | 1,54 | 0,60 | | | 0,44 | |
| 3,35 | 1,85 | 0,62 | | | | |
| 3,95 | 1,78 | 0,54 | | | 0,41 | |
| 3,69 | 1,78 | 0,55 | | | 0,37 | |
| 4,07 | 1,80 | 0,60 | | | 0,36 | |
| 3,76 | 1,57 | | | | 0,33 | |
| 3,76 | 1,51 | 0,54 | | | 0,27 | |
| 3,65 | | 0,52 | | | 0,34 | |
| 3,73 | 1,07 | 0,37 | | | 0,35 | |
| 3,25 | 1,33 | 0,46 | | | 0,40 | |
| 3,07 | 1,23 | 0,56 | | | 0,37 | |
| 3,42 | 1,34 | 0,45 | | | 0,37 | |
| 3,37 | 1,68 | 0,53 | | | 0,32 | |
| 3,04 | 1,28 | 0,56 | | | 0,25 | |
| 3,27 | 1,49 | 0,57 | | | 0,23 | |
| 3,15 | 1,15 | 0,49 | | | 0,36 | |
| 3,14 | 1,02 | 0,39 | | | 0,26 | |
| 2,50 | 0,89 | 0,40 | | | 0,27 | |
| 3,25 | 0,68 | 0,46 | | | 0,21 | |
| 2,93 | 0,78 | | | | 0,30 | |
| 3,04 | 1,30 | 0,47 | | | 0,20 | |
| 3,11 | 1,01 | 0,21 | | | 0,20 | |
| 2,80 | 1,23 | 0,19 | | | 0,28 | |
| 2,86 | 0,94 | 0,38 | | | 0,21 | |
| 3,12 | 0,93 | 0,33 | | | 0,22 | |
| 2,61 | 1,00 | 0,38 | | | 0,22 | |
| | 0,98 | 0,42 | | | 0,29 | |
| 2,32 | 0,82 | 0,36 | | | 0,28 | |
| 2,91 | 1,36 | 0,56 | | | 0,31 | |
| 3,22 | 1,69 | 0,56 | | | 0,40 | |
| 3,05 | 1,80 | 0,51 | | | 0,34 | |
| 2,80 | 1,85 | 0,47 | | | 0,40 | |
| 3,12 | 1,48 | 0,45 | | | 0,37 | |
| 3,13 | 1,40 | 0,57 | | | 0,44 | |
| 3,11 | 1,66 | | | | 0,43 | |
| 2,65 | 1,87 | | | | 0,39 | |
| 2,42 | 1,80 | | | | 0,30 | |
| 2,46 | 1,78 | 0,58 | | | 0,27 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,59 | | 0,47 | | | 0,22 | |
| 3,96 | 1,68 | 0,55 | | | 0,23 | |
| 3,51 | 1,58 | 0,45 | | | 0,24 | |
| 3,60 | 1,04 | 0,36 | | | 0,30 | |
| 3,33 | 1,57 | 0,33 | | | 0,26 | |
| 3,14 | 1,44 | 0,34 | | | 0,33 | |
| 4,08 | 1,85 | 0,35 | | | 0,36 | |
| 3,72 | 1,05 | 0,39 | | | 0,35 | |
| 3,90 | 1,47 | 0,41 | | | 0,17 | |
| 3,23 | 1,38 | 0,35 | | | 0,19 | |
| 4,10 | 1,18 | 0,35 | | | 0,23 | |
| 4,70 | 1,50 | 0,26 | | | 0,37 | |
| 4,26 | 1,35 | 0,23 | | | 0,33 | |
| 4,29 | 1,31 | 0,24 | | | 0,36 | |
| 3,75 | 1,17 | 0,41 | | | 0,34 | |
| 3,89 | 0,84 | 0,34 | | | 0,30 | |
| 3,35 | 1,70 | 0,37 | | | 0,22 | |
| 3,30 | 1,01 | 0,42 | | | 0,29 | |
| 3,38 | 1,17 | 0,35 | | | 0,27 | |
| 3,88 | 1,36 | 0,28 | | | 0,20 | |
| 3,45 | 1,38 | 0,31 | | | 0,25 | |
| 3,60 | 0,99 | | | | 0,27 | |
| 3,90 | 1,34 | 0,32 | | | 0,27 | |
| 4,38 | | 0,32 | | | 0,27 | |
| 4,41 | 0,97 | 0,42 | | | 0,37 | |
| 3,61 | 0,77 | 0,43 | | | 0,34 | |
| | 1,85 | 0,44 | | | 0,35 | |
| 4,21 | 1,77 | 0,41 | | | 0,20 | |
| 3,95 | 1,36 | 0,51 | | | 0,33 | |
| 2,86 | 1,39 | 0,46 | | | 0,24 | |
| 3,31 | 1,73 | 0,40 | | | 0,41 | |
| 3,59 | 1,35 | 0,39 | | | 0,30 | |
| 3,48 | 1,48 | 0,44 | | | 0,31 | |
| 3,77 | 1,44 | 0,36 | | | 0,29 | |
| 3,66 | 1,20 | 0,34 | | | 0,34 | |
| 3,61 | 1,33 | 0,52 | | | 0,24 | |
| 4,25 | 1,23 | 0,29 | | | 0,26 | |
| 4,09 | 1,06 | 0,30 | | | 0,23 | |
| | 1,19 | 0,33 | | | 0,31 | |
| 3,81 | 0,93 | | | | 0,29 | |
| 3,47 | 0,87 | 0,31 | | | 0,25 | |
| 3,63 | 1,30 | | | | 0,31 | |
| 3,52 | 0,42 | | | | 0,45 | |
| 3,76 | 0,94 | 0,35 | | | 0,26 | |
| 3,43 | 0,78 | 0,35 | | | 0,27 | |
| 2,85 | 1,16 | 0,31 | | | 0,24 | |
| 3,46 | 1,22 | 0,29 | | | 0,22 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,37 | 0,95 | 0,30 | | | 0,39 | |
| 2,79 | 0,94 | 0,31 | | | 0,26 | |
| 2,87 | 0,98 | 0,23 | | | 0,20 | |
| 3,05 | 0,87 | 0,35 | | | 0,30 | |
| 3,23 | 0,70 | 0,26 | | | 0,32 | |
| 3,67 | 1,01 | 0,26 | | | 0,30 | |
| 2,81 | 0,84 | 0,31 | | | 0,18 | |
| 3,48 | 0,74 | 0,36 | | | 0,34 | |
| 3,63 | 0,83 | 0,24 | | | 0,34 | |
| 3,29 | 1,22 | 0,26 | | | 0,34 | |
| 3,17 | 0,66 | 0,32 | | | 0,22 | |
| 3,49 | 1,00 | 0,24 | | | 0,22 | |
| 3,71 | 1,21 | 0,29 | | | 0,27 | |
| 2,79 | 0,92 | 0,41 | | | 0,23 | |
| 3,68 | 1,00 | 0,30 | | | 0,23 | |
| 3,52 | 1,22 | 0,41 | | | 0,24 | |
| 3,08 | 0,96 | 0,31 | | | 0,26 | |
| 3,50 | 1,05 | 0,38 | | | 0,18 | |
| 3,96 | 1,21 | 0,35 | | | 0,23 | |
| 3,12 | 1,00 | 0,34 | | | 0,31 | |
| 3,22 | 1,24 | 0,27 | | | 0,27 | |
| 2,90 | 1,02 | 0,37 | | | 0,36 | |
| 3,24 | 0,97 | 0,49 | | | 0,19 | |
| 3,45 | 1,43 | 0,51 | | | 0,23 | |
| 3,22 | 1,34 | 0,38 | | | 0,23 | |
| 3,33 | 1,39 | 0,36 | | | 0,22 | |
| 3,44 | 1,45 | 0,36 | | | 0,27 | |
| 3,53 | 1,26 | 0,36 | | | 0,26 | |
| 3,34 | 1,02 | 0,33 | | | 0,19 | |
| 4,42 | 0,81 | 0,29 | | | 0,28 | |
| 4,20 | 1,00 | 0,22 | | | 0,23 | |
| 3,46 | 1,03 | 0,31 | | | 0,21 | |
| 3,95 | 0,74 | 0,24 | | | 0,18 | |
| | 0,89 | 0,25 | | | 0,21 | |
| 4,11 | 1,07 | 0,25 | | | 0,28 | |
| 3,91 | 0,85 | | | | 0,33 | |
| 3,49 | 0,95 | 0,25 | | | 0,26 | |
| 3,37 | 1,06 | 0,41 | | | 0,22 | |
| 4,34 | 1,01 | 0,50 | | | 0,27 | |
| 3,62 | 1,40 | 0,40 | | | | |
| 3,20 | 1,62 | 0,43 | | | 0,36 | |
| 2,79 | 1,18 | 0,49 | | | 0,41 | |
| 2,96 | 1,16 | 0,51 | | | 0,42 | |
| 3,30 | 1,77 | 0,47 | | | 0,39 | |
| 3,53 | 1,34 | 0,56 | | | 0,32 | |
| 3,31 | 1,52 | 0,43 | | | 0,31 | |
| 3,00 | 1,85 | 0,46 | | | 0,29 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,51 | 1,23 | 0,47 | | | 0,27 | |
| 3,52 | 1,49 | 0,37 | | | 0,35 | |
| 3,63 | 1,40 | 0,42 | | | 0,40 | |
| 3,69 | 1,25 | 0,44 | | | 0,46 | |
| 4,34 | 1,08 | 0,49 | | | 0,31 | |
| 3,65 | 1,49 | 0,57 | | | 0,37 | |
| 3,2 | 1,63 | 0,52 | | | 0,25 | |
| 3,65 | 1,27 | 0,48 | | | 0,33 | |
| 4,37 | 1,36 | 0,52 | | | 0,25 | |
| 4,18 | 1,28 | 0,37 | | | 0,30 | |
| 4,09 | 0,92 | 0,45 | | | 0,30 | |
| | 1,33 | 0,36 | | | 0,27 | |
| 3,7 | 1,42 | 0,37 | | | 0,18 | |
| 3,21 | 0,89 | 0,32 | | | 0,28 | |
| 3,61 | 1,04 | 0,37 | | | 0,19 | |
| 3,81 | 0,85 | 0,31 | | | 0,24 | |
| 3,54 | 1,10 | 0,38 | | | 0,32 | |
| 3,74 | 1,15 | 0,32 | | | 0,28 | |
| 3,3 | 1,45 | 0,36 | | | 0,25 | |
| 2,95 | 1,35 | 0,29 | | | 0,28 | |
| 3,25 | 1,13 | 0,35 | | | 0,23 | |
| 3,07 | 1,21 | 0,30 | | | 0,34 | |
| 3,14 | 1,30 | 0,30 | | | 0,22 | |
| 3,44 | 1,37 | 0,32 | | | 0,23 | |
| 3,31 | 1,01 | 0,25 | | | 0,29 | |
| 3,08 | 0,67 | 0,26 | | | 0,31 | |
| 2,88 | 0,73 | 0,29 | | | 0,39 | |
| 2,79 | 1,00 | 0,47 | | | 0,32 | |
| 3,28 | 0,84 | 0,51 | | | 0,43 | |
| 3,52 | 1,13 | 0,56 | | | 0,44 | |
| 3,21 | 1,36 | 0,54 | | | | |
| 3,08 | 1,47 | 0,50 | | | | |
| 2,6 | 1,65 | | | | 0,42 | |
| 2,85 | 1,40 | | | | | |
| 3 | 1,20 | | | | | |
| 3,51 | 1,51 | | | | | |
| 3,36 | 1,72 | | | | 0,50 | |
| 3,08 | 1,70 | 0,64 | | | 0,39 | |
| 3,27 | 1,54 | 0,24 | | | 0,41 | |
| 3,29 | | 0,49 | | | | |
| 3,78 | 1,84 | 0,55 | | | 0,47 | |
| 3,72 | 0,99 | 0,59 | | | | |
| 3,45 | 0,83 | 0,51 | | | 0,41 | |
| 3,49 | 1,62 | 0,39 | | | 0,31 | |
| 4,11 | 1,52 | 0,34 | | | 0,26 | |
| | 1,76 | 0,34 | | | 0,32 | |
| 4 | 1,45 | 0,38 | | | 0,32 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1°. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,96 | 1,41 | 0,44 | | | 0,34 | |
| | 1,08 | 0,35 | | | 0,33 | |
| 3,58 | 1,20 | 0,30 | | | 0,27 | |
| | 0,86 | 0,38 | | | 0,26 | |
| 4,05 | 1,03 | 0,42 | | | 0,24 | |
| 3,67 | 1,32 | 0,33 | | | 0,20 | |
| 3,92 | 1,08 | 0,41 | | | 0,26 | |
| | 1,09 | 0,34 | | | 0,29 | |
| | 1,33 | 0,31 | | | 0,28 | |
| | 1,03 | 0,31 | | | 0,29 | |
| 4,32 | 1,32 | | | | | |
| 3,60 | 1,02 | 0,45 | | | 0,39 | |
| 4,29 | 1,23 | 0,62 | | | | |
| 3,57 | 1,23 | 0,52 | | | 0,38 | |
| 3,50 | 1,09 | 0,29 | | | 0,39 | |
| 3,86 | 1,50 | 0,59 | | | | |
| 4,07 | 1,61 | 0,50 | | | | |
| 4,00 | 1,20 | 0,55 | | | 0,28 | |
| 4,35 | 0,85 | 0,44 | | | | |
| 4,37 | 1,33 | 0,39 | | | 0,34 | |
| 4,03 | 1,15 | 0,47 | | | | |
| 3,37 | 1,35 | 0,39 | | | 0,28 | |
| 4,26 | 0,96 | 0,41 | | | 0,39 | |
| 3,65 | 1,25 | 0,52 | | | 0,22 | |
| 3,81 | 1,41 | | | | 0,26 | |
| 4,16 | 1,12 | 0,46 | | | | |
| 4,23 | 1,45 | 0,42 | | | | |
| 3,66 | 1,72 | 0,49 | | | | |
| 4,15 | 1,45 | 0,50 | | | | |
| 4,46 | 1,27 | 0,67 | | | 0,40 | |
| 4,25 | 1,60 | 0,68 | | | | |
| 4,37 | 1,52 | | | | 0,36 | |
| 3,12 | 1,44 | | | | 0,35 | |
| 3,89 | | 0,50 | | | | |
| 3,63 | | 0,31 | | | | |
| | 1,71 | 0,60 | | | 0,29 | |
| 3,95 | 0,57 | 0,50 | | | 0,34 | |
| 4,48 | 1,44 | 0,44 | | | 0,39 | |
| 4,45 | 1,35 | 0,43 | | | 0,30 | |
| 3,72 | 1,41 | 0,48 | | | | |
| 4,30 | 1,46 | 0,50 | | | | |
| | 1,49 | 0,57 | | | | |
| 3,71 | 1,55 | 0,65 | | | 0,38 | |
| 3,55 | 1,54 | 0,50 | | | 0,31 | |
| 4,16 | 1,54 | 0,63 | | | 0,33 | |
| | | 0,35 | | | 0,31 | |
| 4,14 | | 0,48 | | | | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 4,31 | 1,55 | 0,50 | | | 0,38 | |
| 4,30 | 1,50 | 0,46 | | | 0,27 | |
| 3,98 | 1,78 | 0,38 | | | | |
| 4,13 | 1,21 | 0,43 | | | 0,31 | |
| 4,30 | 1,57 | 0,33 | | | 0,35 | |
| | 1,34 | 0,38 | | | | |
| 4,33 | 1,40 | 0,37 | | | 0,30 | |
| 4,43 | 1,25 | 0,49 | | | 0,29 | |
| 4,33 | 0,99 | 0,35 | | | 0,40 | |
| 4,45 | 1,27 | 0,39 | | | 0,29 | |
| 4,38 | 1,13 | 0,56 | | | | |
| 3,93 | 1,12 | 0,40 | | | | |
| 4,09 | 1,48 | 0,62 | | | | |
| 3,65 | 1,69 | 0,63 | | | | |
| 3,94 | | 0,54 | | | | |
| 4,14 | 1,76 | | | | 0,24 | |
| 3,77 | 1,56 | 0,45 | | | | |
| 4,09 | 1,93 | 0,51 | | | | |
| | 1,55 | 0,46 | | | 0,36 | |
| | 1,44 | 0,39 | | | 0,34 | |
| 3,76 | 1,91 | 0,38 | | | 0,37 | |
| 3,39 | 1,29 | 0,35 | | | 0,32 | |
| 3,84 | 1,33 | 0,42 | | | 0,33 | |
| 2,90 | 1,21 | 0,38 | | | 0,34 | |
| 3,61 | 0,95 | 0,43 | | | 0,31 | |
| | 0,92 | 0,36 | | | 0,28 | |
| 4,28 | 1,23 | 0,42 | | | 0,23 | |
| 4,04 | 1,30 | 0,39 | | | 0,27 | |
| 3,86 | 1,33 | 0,33 | | | 0,30 | |
| | 1,45 | 0,43 | | | | |
| 4,02 | 1,65 | 0,38 | | | 0,36 | |
| 3,90 | 1,02 | 0,38 | | | 0,26 | |
| 4,23 | 1,20 | 0,31 | | | 0,30 | |
| 3,87 | 1,36 | 0,31 | | | 0,28 | |
| 4,01 | 1,10 | 0,25 | | | 0,30 | |
| 3,09 | 1,00 | 0,28 | | | 0,26 | |
| | 0,93 | 0,33 | | | 0,34 | |
| 3,26 | 1,23 | 0,30 | | | 0,38 | |
| 3,27 | 1,02 | 0,34 | | | 0,30 | |
| 3,91 | 0,99 | 0,31 | | | 0,23 | |
| 4,18 | 1,27 | 0,28 | | | 0,34 | |
| | 0,94 | 0,31 | | | 0,29 | |
| 3,23 | 0,98 | 0,38 | | | 0,30 | |
| 3,00 | 1,23 | 0,33 | | | 0,29 | |
| 3,11 | 1,06 | 0,37 | | | 0,30 | |
| 3,16 | 1,31 | 0,35 | | | 0,29 | |
| 3,14 | 1,02 | 0,31 | | | 0,32 | |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,86 | 1,03 | 0,29 | | | 0,29 | |
| 3,45 | 0,96 | 0,39 | | | 0,31 | |
| 4,15 | 0,89 | 0,40 | | | 0,27 | |
| 3,60 | 1,04 | 0,48 | | | 0,29 | |
| 3,84 | 1,02 | 0,36 | | | 0,33 | |
| 3,62 | 1,11 | 0,40 | | | 0,33 | |
| 3,23 | 1,38 | 0,37 | | | 0,31 | |
| 3,57 | 1,30 | 0,35 | | | 0,31 | |
| 3,70 | 1,54 | 0,42 | | | 0,35 | |
| 3,31 | 1,30 | 0,37 | 1,06 | 0,48 | 0,41 | 0,29 |
| 3,49 | 1,20 | 0,43 | 0,91 | 0,40 | 0,22 | 0,29 |
| 3,29 | 1,14 | 0,36 | 1,06 | 0,40 | 0,24 | 0,27 |
| 3,28 | 1,18 | 0,28 | 1,11 | 0,48 | 0,31 | 0,30 |
| 3,42 | 1,08 | 0,32 | 1,18 | 0,47 | 0,26 | 0,27 |
| 3,11 | 1,23 | 0,37 | 1,36 | 0,40 | 0,25 | 0,28 |
| 2,90 | 0,99 | 0,23 | 1,20 | 0,39 | 0,23 | 0,32 |
| 2,84 | 0,98 | 0,28 | 0,91 | 0,35 | 0,24 | 0,25 |
| 2,98 | 1,14 | 0,31 | 1,01 | 0,28 | 0,24 | 0,29 |
| 3,67 | 0,80 | 0,36 | 0,73 | 0,36 | 0,21 | 0,27 |
| 4,57 | 0,74 | 0,29 | 0,78 | 0,36 | 0,24 | 0,19 |
| | 1,24 | 0,28 | 1,02 | 0,36 | 0,20 | 0,20 |
| 3,65 | 2,15 | 0,18 | 2,00 | 0,32 | 0,23 | 0,28 |
| 3,79 | 1,32 | 0,26 | 0,97 | 0,34 | 0,26 | 0,23 |
| 3,25 | 1,51 | 0,27 | 1,40 | 0,32 | 0,32 | 0,26 |
| 3,33 | 1,51 | 0,34 | 1,38 | 0,35 | 0,28 | 0,21 |
| 3,04 | 1,50 | 0,23 | 1,59 | 0,45 | 0,18 | 0,24 |
| 3,15 | 1,99 | 0,18 | 1,61 | 0,46 | 0,19 | 0,29 |
| 3,32 | 1,54 | 0,41 | 1,56 | 0,43 | 0,21 | 0,25 |
| 3,33 | 1,37 | 0,31 | 1,40 | 0,55 | 0,32 | 0,24 |
| 2,84 | 1,61 | 0,39 | 1,31 | 0,49 | 0,34 | 0,20 |
| 3,02 | 0,95 | 0,38 | 1,36 | 0,42 | 0,31 | 0,29 |
| 3,35 | 1,06 | 0,35 | 1,40 | 0,43 | 0,24 | 0,33 |
| 3,11 | 1,19 | 0,22 | 1,28 | 0,39 | 0,26 | 0,28 |
| 3,29 | 1,07 | 0,38 | 1,29 | 0,43 | 0,24 | 0,34 |
| 3,15 | 0,86 | 0,27 | 1,28 | 0,33 | 0,30 | 0,19 |
| 3,99 | 1,06 | 0,28 | 1,21 | 0,37 | 0,28 | 0,20 |
| 3,92 | 1,19 | 0,29 | 1,18 | 0,37 | 0,30 | 0,25 |
| 3,15 | 0,62 | 0,33 | 1,40 | 0,31 | 0,27 | 0,29 |
| 2,92 | 0,69 | 0,25 | 1,35 | 0,33 | 0,25 | 0,30 |
| 4,99 | 0,64 | 0,31 | 1,24 | 0,35 | 0,28 | 0,18 |
| 4,04 | 0,78 | 0,35 | 1,09 | 0,35 | 0,34 | 0,22 |
| 2,90 | 1,39 | 0,37 | 1,16 | 0,35 | 0,37 | 0,24 |
| 2,60 | 0,83 | 0,36 | 1,26 | 0,28 | 0,30 | 0,34 |
| 3,14 | 0,73 | 0,45 | 1,18 | 0,29 | 0,39 | 0,29 |
| 3,72 | 0,98 | 0,48 | 1,32 | 0,41 | 0,31 | 0,23 |
| 3,38 | 0,80 | 0,41 | 1,47 | 0,47 | 0,36 | 0,24 |
| 3,73 | 0,94 | 0,38 | 0,89 | 0,34 | 0,34 | 0,22 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 3,37 | 0,91 | 0,33 | | 0,33 | 0,33 | 0,23 |
| 2,96 | 0,81 | 0,35 | 1,04 | | 0,41 | 0,27 |
| 3,53 | 0,86 | 0,32 | 0,92 | 0,29 | 0,39 | 0,38 |
| 3,82 | 0,72 | 0,42 | 1,11 | 0,42 | 0,33 | 0,38 |
| 3,09 | 0,96 | 0,42 | 0,98 | 0,35 | 0,28 | 0,31 |
| 3,14 | 0,74 | 0,26 | 1,12 | 0,37 | 0,23 | |
| 3,52 | 0,61 | 0,25 | 1,14 | 0,46 | 0,39 | 0,38 |
| 3,14 | 0,70 | 0,47 | 0,78 | 0,41 | 0,30 | 0,27 |
| 4,53 | 0,81 | 0,37 | 0,87 | 0,44 | 0,24 | 0,36 |
| 4,86 | 0,78 | 0,44 | 0,82 | 0,49 | 0,41 | 0,28 |
| 3,21 | 1,16 | 0,62 | | 0,32 | 0,29 | |
| 3,40 | 1,07 | 0,32 | 0,94 | 0,43 | | |
| 3,70 | 0,98 | 0,30 | 1,20 | 0,43 | | 0,28 |
| 4,15 | 0,79 | 0,33 | 1,10 | 0,35 | 0,20 | 0,23 |
| 3,93 | 0,71 | 0,30 | 1,44 | 0,34 | 0,22 | 0,18 |
| 4,18 | 0,57 | 0,38 | 1,09 | 0,38 | 0,33 | |
| 3,41 | 0,54 | 0,33 | 0,96 | 0,39 | 0,33 | 0,21 |
| 2,47 | 0,90 | 0,35 | 1,14 | 0,47 | 0,40 | 0,20 |
| 2,25 | 0,88 | 0,39 | 1,31 | 0,32 | 0,29 | 0,36 |
| 2,78 | 0,72 | 0,53 | 0,82 | 0,34 | 0,31 | 0,26 |
| 3,28 | 0,86 | 0,55 | 1,31 | 0,37 | | 0,25 |
| 3,00 | 0,91 | 0,56 | 1,28 | 0,50 | | 0,30 |
| 2,95 | 0,74 | 0,41 | 1,08 | 0,49 | 0,41 | 0,28 |
| 2,94 | 0,65 | 0,41 | 0,93 | 0,49 | 0,36 | 0,26 |
| | 0,21 | 0,46 | 1,19 | 0,50 | | |
| | 0,97 | 0,42 | 1,08 | | 0,43 | 0,26 |
| 3,04 | 0,73 | 0,48 | 1,23 | 0,49 | 0,37 | |
| 3,25 | 0,70 | 0,52 | 0,94 | 0,54 | 0,30 | 0,28 |
| 3,37 | 0,94 | 0,49 | 1,12 | | 0,37 | 0,30 |
| 3,08 | 0,73 | 0,45 | 1,30 | 0,46 | 0,38 | 0,25 |
| 3,04 | 0,78 | 0,38 | 1,14 | | 0,28 | 0,29 |
| 3,42 | 0,79 | 0,42 | 1,14 | | 0,25 | 0,35 |
| 3,15 | 0,84 | 0,35 | 1,41 | 0,40 | 0,32 | 0,31 |
| 4,30 | 0,95 | 0,50 | 1,27 | 0,34 | 0,25 | 0,35 |
| 4,15 | 0,64 | 0,52 | 0,92 | 0,31 | 0,21 | 0,37 |
| 4,87 | 0,70 | 0,55 | 1,02 | 0,37 | 0,32 | |
| 4,03 | 0,83 | 0,46 | 0,96 | 0,35 | 0,34 | 0,28 |
| 3,52 | 0,57 | 0,45 | 0,97 | 0,32 | 0,32 | 0,28 |
| 3,46 | 0,77 | 0,49 | 0,99 | 0,35 | 0,31 | 0,24 |
| 3,44 | 0,80 | 0,44 | 1,07 | 0,26 | 0,32 | 0,31 |
| 4,10 | 0,68 | 0,52 | 0,83 | 0,46 | 0,35 | 0,28 |
| 4,20 | 0,82 | 0,50 | 0,76 | 0,41 | 0,36 | 0,29 |
| 3,04 | 0,92 | 0,39 | 1,15 | 0,42 | 0,33 | 0,25 |
| 4,28 | 0,81 | 0,50 | 1,28 | 0,36 | 0,28 | 0,26 |
| 3,01 | 0,87 | 0,33 | 0,91 | 0,46 | | |
| 3,03 | 0,92 | 0,29 | 1,23 | 0,31 | 0,21 | 0,34 |
| 3,04 | 0,82 | 0,29 | 1,13 | 0,33 | 0,21 | 0,35 |

| alimentação da cianetação | Linha 1 | | Linha 2 | | Linha 1 | Linha 2 |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída da adsorção |
| 2,78 | 0,60 | 0,34 | 0,92 | 0,39 | 0,30 | 0,28 |
| 3,64 | 0,73 | 0,43 | 0,85 | 0,32 | 0,28 | 0,31 |
| 3,53 | 0,48 | 0,30 | 0,98 | 0,33 | 0,36 | 0,35 |
| 3,85 | 0,87 | 0,23 | 1,06 | 0,35 | | 0,29 |
| 3,44 | 0,74 | 0,33 | 1,25 | 0,36 | 0,27 | 0,33 |
| 3,15 | 0,73 | 0,39 | 1,26 | 0,35 | 0,31 | 0,28 |
| 3,96 | 0,97 | 0,33 | 0,98 | 0,43 | 0,28 | 0,24 |
| 4,19 | 1,12 | 0,39 | 1,14 | 0,36 | 0,23 | 0,24 |
| 4,34 | 0,76 | 0,35 | 1,27 | 0,32 | 0,19 | 0,24 |
| 3,42 | 0,83 | 0,31 | 0,95 | 0,31 | 0,25 | 0,31 |
| | 1,20 | 0,50 | 1,21 | 0,41 | 0,30 | 0,33 |
| | 1,03 | 0,45 | 1,39 | 0,25 | 0,19 | 0,24 |
| 4,56 | 0,87 | 0,34 | 1,26 | | 0,28 | 0,22 |
| 3,68 | 0,89 | 0,40 | 1,10 | 0,39 | 0,35 | 0,24 |
| 3,03 | 1,01 | 0,34 | 1,27 | 0,42 | | |
| 3,39 | 1,16 | 0,37 | 1,15 | 0,39 | 0,28 | 0,28 |
| 0,53 | 0,33 | 0,11 | 0,31 | 0,10 | 0,08 | 0,07 |

Média

Desvio padrão

Anexo B.3 - Recuperação metalúrgica turno a turno do circuito de cianetação/adsorção - 1994

Período de 01/04 a 30/10/94 - Linhas 1 e 2

espaços vazios representam dados não disponíveis ou considerados "outliers"

| Recuperação | | | | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 64,88 | 81,95 | | | | |
| 64,88 | | 90,93 | | | |
| 60,90 | 78,51 | 90,15 | | | 87,16 |
| 65,90 | | 91,12 | 66,48 | | 89,97 |
| 69,91 | 79,06 | 91,74 | 58,70 | 78,76 | |
| 60,57 | 74,19 | 92,11 | 50,54 | 69,18 | 88,17 |
| 74,91 | 77,03 | 91,52 | 56,54 | 72,08 | 83,39 |
| 66,67 | 81,37 | 92,16 | 56,54 | 67,65 | 89,54 |
| 75,36 | 85,39 | 90,83 | 60,46 | 71,35 | 89,11 |
| 83,96 | 87,31 | 94,65 | 75,50 | 87,08 | 89,76 |
| 76,68 | 79,15 | 89,75 | 40,64 | 70,67 | 84,10 |
| 71,84 | 81,01 | 89,56 | 52,53 | 78,48 | 88,29 |
| 81,96 | 83,55 | 94,16 | 60,21 | 80,11 | 88,59 |
| 59,86 | 86,74 | 91,40 | 53,05 | 78,49 | 89,25 |
| 77,54 | 76,45 | 93,12 | 35,87 | | 89,86 |
| 66,20 | 74,22 | 91,64 | 62,72 | 84,32 | |
| | 81,88 | 89,00 | 54,69 | 84,47 | 83,17 |
| | | | | | |
| 66,28 | 83,57 | 93,08 | 72,62 | 78,96 | 86,17 |
| 81,20 | 87,75 | 92,59 | 67,52 | 74,64 | 91,17 |
| 73,13 | 77,55 | 93,54 | 50,34 | 76,19 | 90,48 |
| 69,73 | 80,08 | 91,57 | 49,04 | | 90,04 |
| | 85,05 | 89,68 | 62,28 | 81,85 | 91,10 |
| 78,95 | 81,25 | 90,79 | 47,37 | 79,61 | 94,41 |
| 68,96 | 81,19 | 88,66 | 61,49 | 79,40 | 89,85 |
| 70,47 | 87,25 | 91,61 | 59,40 | 80,54 | 89,60 |
| 85,59 | 88,47 | 95,12 | 72,51 | 84,04 | 92,24 |
| 72,94 | 79,41 | 94,41 | 70,00 | 84,12 | 90,88 |
| 74,92 | 85,93 | 90,52 | 73,39 | | 91,44 |
| 80,91 | 88,64 | 95,00 | 66,14 | 86,36 | 95,68 |
| 72,58 | 84,76 | 93,07 | 65,10 | 84,76 | 93,63 |
| 73,39 | 75,63 | 94,40 | 73,11 | | 92,44 |
| 72,87 | | 91,48 | 45,11 | 82,02 | 89,91 |
| 74,13 | 85,57 | 96,02 | | 81,59 | 93,53 |
| 68,82 | 82,35 | 95,29 | 46,18 | | 92,94 |
| 81,92 | 79,38 | 92,37 | 46,61 | 71,75 | 89,55 |
| | | | | | |
| 69,63 | 88,81 | 93,61 | 68,04 | 88,36 | 93,15 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 70,59 | | 95,10 | 75,98 | 82,84 | 93,14 |
| 55,62 | | 94,10 | 65,73 | 87,08 | 90,45 |
| 74,61 | 84,20 | 91,97 | 62,44 | | 87,56 |
| 66,11 | 84,05 | 91,36 | 54,15 | 83,39 | 93,69 |
| 82,12 | 75,50 | 90,40 | 42,72 | 77,81 | 91,72 |
| 75,71 | 80,62 | 92,25 | 62,02 | 89,92 | 92,51 |
| 80,15 | 91,91 | 94,12 | 68,38 | 85,54 | 95,34 |
| 84,63 | 88,52 | 95,90 | 78,28 | 86,27 | 94,88 |
| 69,19 | 88,39 | 95,26 | 63,03 | | 94,08 |
| 73,43 | 90,34 | 94,44 | 65,46 | 85,02 | 94,44 |
| 77,89 | 89,05 | 96,69 | 86,57 | 86,78 | 94,01 |
| 66,88 | 84,53 | 94,34 | 79,08 | 86,06 | 95,21 |
| 73,06 | 89,90 | 92,75 | 79,27 | 89,12 | 94,04 |
| 76,12 | 82,34 | 94,28 | 84,58 | 86,32 | 95,52 |
| 78,21 | | 91,43 | 68,93 | 84,29 | 91,07 |
| 79,37 | 83,98 | 95,15 | 67,96 | | 94,42 |
| 88,04 | 84,20 | 94,36 | 64,33 | 86,91 | 94,13 |
| 87,56 | 85,71 | 95,85 | 58,99 | 85,02 | 93,55 |
| 78,72 | 73,56 | 92,71 | 66,87 | 87,54 | 94,53 |
| 62,30 | | 88,89 | 48,02 | 67,86 | 92,86 |
| 58,04 | 79,18 | 93,38 | 60,57 | 78,55 | 93,69 |
| 55,17 | 78,68 | 92,16 | 61,44 | 87,15 | 91,22 |
| 81,98 | 92,69 | 94,52 | 71,28 | 73,89 | 95,82 |
| 75,72 | 81,50 | 95,66 | 60,98 | 71,10 | 92,49 |
| 75,87 | 81,77 | 93,57 | 77,75 | 77,75 | 93,83 |
| 79,24 | 90,21 | 93,56 | 57,76 | 84,96 | 94,51 |
| 58,58 | 78,73 | 95,15 | 52,61 | 79,48 | 90,30 |
| 58,70 | 69,64 | 90,28 | 40,89 | 71,66 | 91,09 |
| 63,21 | 77,14 | 92,14 | 46,43 | | 93,57 |
| 74,94 | 87,35 | 94,85 | 70,49 | 87,12 | 94,61 |
| 74,72 | 82,22 | 92,22 | 66,11 | 82,22 | 92,50 |
| 69,80 | 84,52 | 96,45 | 67,77 | | 94,67 |
| 80,37 | | 96,07 | 70,21 | 84,30 | 93,30 |
| 64,43 | 86,07 | 94,03 | 54,98 | 84,08 | 94,28 |
| 71,87 | 84,14 | 93,61 | 59,59 | 89,77 | 93,86 |
| 75,94 | | 93,85 | 77,54 | 83,69 | 92,78 |
| 71,83 | | 96,19 | | 83,50 | 92,89 |
| 68,32 | 80,85 | 93,38 | | 84,87 | 94,80 |
| 69,42 | 85,95 | 92,56 | | 81,82 | 94,21 |
| 75,21 | 77,41 | 92,29 | | 75,76 | 93,66 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 69,59 | 91,00 | 93,92 | | 81,27 | 94,16 |
| 65,29 | 77,94 | 91,18 | 55,29 | 75,88 | 89,12 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 66,48 | | 91,40 | 55,59 | 82,81 | 91,12 |
| 79,71 | | 94,13 | 59,17 | 92,18 | 92,91 |
| 71,72 | 77,10 | 89,56 | 33,67 | 76,43 | 91,92 |
| 68,47 | 81,25 | 93,18 | | 84,38 | 93,18 |
| 70,64 | 80,06 | 90,86 | 50,14 | 89,75 | 93,91 |
| 67,34 | | 90,75 | 74,28 | 74,28 | 92,77 |
| | | | | | |
| 74,37 | 87,39 | 94,96 | 87,82 | 87,82 | 96,01 |
| 67,95 | 82,27 | 93,86 | | 86,36 | 93,64 |
| 59,87 | 91,08 | 95,12 | | 78,77 | 94,06 |
| | | | | | |
| 74,94 | | 93,85 | | 87,94 | 93,62 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 67,57 | | 95,40 | 67,78 | 79,08 | 92,68 |
| | | | | | |
| 72,91 | 82,03 | 95,44 | 60,51 | 77,97 | |
| 61,17 | 77,93 | 91,34 | 67,88 | 74,86 | |
| 64,97 | 76,55 | 89,83 | 58,19 | 84,75 | |
| 65,54 | | 90,15 | 61,85 | 85,23 | 84,31 |
| 71,04 | 86,07 | 91,80 | 58,47 | 75,96 | 89,07 |
| 63,46 | 72,76 | 88,78 | 46,79 | 83,33 | 91,99 |
| 71,94 | 85,16 | 90,00 | 54,19 | 79,68 | 89,35 |
| 47,69 | 80,00 | 88,08 | 38,08 | 75,77 | 90,38 |
| 55,34 | 76,34 | 89,31 | 77,48 | | |
| 64,84 | 79,49 | 87,55 | 47,99 | 76,92 | 91,21 |
| 52,73 | 86,17 | 92,28 | 70,74 | 90,68 | 92,60 |
| 59,32 | | 90,99 | 70,50 | 82,30 | 91,61 |
| 73,45 | 85,65 | 95,29 | 69,16 | 85,01 | 94,86 |
| 69,92 | 83,38 | 94,46 | 68,87 | 92,08 | 92,35 |
| 67,38 | 82,93 | 95,12 | 50,30 | 89,94 | 92,07 |
| 67,42 | 91,91 | 94,61 | | 79,78 | 93,93 |
| | | | | | |
| 73,01 | 82,52 | 89,57 | | 76,07 | 88,34 |
| 64,60 | | 93,79 | | 77,93 | 93,10 |
| | | | | | |
| 70,42 | | 93,15 | 64,30 | 80,20 | 92,91 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 84,16 | 83,45 | 93,85 | 65,72 | 81,09 | 94,09 |
| 72,12 | 87,27 | 90,61 | 52,73 | 79,70 | 92,42 |
| 72,26 | 80,79 | 87,50 | 69,51 | | 93,29 |
| 67,59 | 76,55 | 90,00 | 53,79 | 76,90 | 89,31 |
| 69,59 | 78,63 | 93,70 | 72,60 | 74,52 | 91,23 |
| 66,77 | 79,50 | 93,17 | 61,49 | 86,65 | 89,75 |
| 64,07 | 84,92 | 94,22 | 70,85 | 82,41 | 88,94 |
| 68,56 | 85,34 | 95,04 | 81,09 | 87,00 | 94,33 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 58,13 | 86,67 | 94,40 | 66,40 | 76,80 | 94,13 |
| 64,38 | 80,66 | 94,91 | 70,23 | 83,72 | 92,62 |
| 58,10 | 86,53 | 95,26 | 68,58 | 83,29 | 92,77 |
| 48,41 | 79,94 | 90,13 | 63,38 | | 88,85 |
| 77,86 | 78,39 | 92,97 | 61,46 | 78,65 | 92,45 |
| 65,21 | 77,42 | 93,09 | 61,52 | 80,41 | 91,71 |
| 82,04 | 89,18 | 93,88 | 70,41 | 85,51 | 94,69 |
| | | | | | |
| 70,74 | 82,73 | 90,89 | 66,43 | 79,14 | 94,24 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 49,73 | | 91,30 | 52,99 | 72,83 | |
| 41,67 | 70,33 | 88,00 | | 66,67 | 84,00 |
| 42,22 | 81,59 | 85,71 | 43,81 | 82,86 | |
| 44,58 | | 87,93 | 47,06 | 69,04 | 88,24 |
| 50,41 | 76,71 | 88,49 | 69,32 | 72,88 | 93,15 |
| 78,54 | | 92,71 | 80,00 | 89,79 | 93,33 |
| 75,05 | 80,43 | 92,47 | 70,54 | 78,49 | 91,40 |
| | | | | | |
| 71,37 | 90,32 | 92,63 | 72,21 | 88,21 | 93,05 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 53,35 | 73,76 | 91,84 | 41,98 | 70,85 | 88,34 |
| 49,15 | | 88,81 | | 66,10 | 86,44 |
| 40,34 | 73,58 | 90,34 | 52,84 | 71,59 | |
| 54,07 | | 91,60 | 69,55 | 76,12 | |
| 65,27 | | 91,64 | 58,22 | 73,89 | 88,51 |
| 57,64 | 79,36 | 87,67 | 71,58 | 81,23 | 87,67 |
| 62,32 | | 91,50 | 82,72 | 80,74 | 91,22 |
| 66,59 | 85,33 | 90,97 | 64,56 | 83,75 | 94,13 |
| 56,59 | 86,26 | 90,93 | 70,33 | 84,89 | 91,48 |
| 72,05 | | 93,49 | 68,43 | 84,58 | 93,73 |
| 65,89 | 87,15 | 92,06 | 68,93 | 85,75 | 93,22 |
| 53,77 | 69,51 | 91,15 | | 69,84 | 88,52 |
| 60,13 | 78,16 | 90,51 | 46,84 | 74,68 | 91,46 |
| 62,91 | 83,71 | | 64,16 | | 94,24 |
| 73,35 | | 92,31 | 72,53 | 79,40 | |
| 76,50 | | 95,08 | 75,96 | | 92,62 |
| | 84,85 | 95,59 | 63,36 | | |
| | | 95,44 | 81,48 | 84,62 | 90,60 |
| 68,77 | | 89,59 | 70,98 | 87,38 | 91,17 |
| 84,52 | 91,83 | 94,19 | 74,84 | 91,18 | 94,62 |
| | | | | | |
| 88,54 | 92,50 | 97,60 | 87,13 | | 97,17 |
| 79,13 | 93,22 | 92,68 | 72,63 | 84,01 | 94,04 |
| 75,21 | 81,69 | 94,65 | 74,37 | | 94,08 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 71,14 | 84,56 | 93,62 | 77,85 | 79,87 | 92,28 |
| | | 92,00 | 70,00 | 83,00 | 93,00 |
| 78,31 | 82,37 | 92,54 | 63,73 | 66,10 | 92,54 |
| 82,35 | 84,87 | 95,24 | 72,83 | 90,76 | 94,40 |
| 72,22 | | 92,81 | | 84,31 | 93,46 |
| 80,65 | 87,68 | 93,84 | 80,65 | 85,92 | 93,26 |
| 79,80 | 89,77 | 94,12 | 73,66 | 86,70 | 95,40 |
| 59,94 | 81,06 | 93,48 | 65,84 | 80,43 | 90,68 |
| 60,07 | 77,78 | 94,79 | 50,00 | 79,86 | 90,28 |
| 68,65 | 84,33 | 91,54 | 71,47 | 77,74 | |
| 59,94 | 81,73 | 91,67 | 74,68 | 87,82 | 93,27 |
| 60,33 | 84,30 | 90,08 | 40,91 | 78,93 | 90,50 |
| 66,42 | 78,10 | 89,78 | 59,85 | 83,94 | 92,34 |
| 57,04 | 75,60 | 91,41 | | 82,13 | 92,78 |
| 62,88 | 87,53 | 93,35 | 87,81 | 80,33 | 94,18 |
| 65,60 | 82,80 | 91,84 | 84,84 | 86,01 | 93,59 |
| 64,63 | 78,96 | 92,38 | 75,00 | 88,72 | 92,68 |
| 68,61 | 78,96 | 91,59 | 65,70 | 84,79 | 92,56 |
| 77,43 | | 90,63 | 74,65 | 79,86 | 92,01 |
| 67,98 | 83,99 | 93,05 | 69,18 | 88,52 | 92,15 |
| 61,13 | 79,82 | 92,28 | 65,58 | 84,57 | 94,66 |
| 57,91 | | 93,43 | 75,82 | 83,28 | 94,03 |
| 65,57 | | 93,41 | 71,56 | 90,42 | 93,41 |
| 66,35 | 81,09 | 92,31 | 70,51 | 81,09 | 93,91 |
| 59,09 | 88,11 | 90,91 | 60,84 | 75,52 | 90,91 |
| 73,16 | 84,03 | 91,05 | 61,66 | 81,79 | 92,65 |
| 73,04 | 84,29 | 93,72 | 70,42 | 92,41 | 93,72 |
| 71,47 | 82,27 | 93,35 | 63,43 | 80,33 | 93,63 |
| 74,66 | | 92,45 | 67,39 | 84,37 | 92,45 |
| 68,30 | 74,51 | 91,50 | 59,48 | 87,58 | 91,18 |
| 72,91 | 82,96 | 92,46 | 65,64 | 75,98 | 91,62 |
| 74,03 | 90,61 | 93,65 | 72,38 | 82,87 | 93,92 |
| 68,29 | 82,01 | 93,90 | 77,74 | 91,16 | 92,07 |
| 69,75 | 81,14 | 91,46 | 51,96 | 80,78 | 91,10 |
| 79,63 | 91,27 | 93,12 | 77,25 | 83,33 | 94,44 |
| 61,38 | 81,03 | 92,41 | 64,14 | 85,52 | 91,72 |
| 57,86 | 75,25 | 92,64 | 46,15 | 78,93 | 90,97 |
| 75,08 | 88,59 | 92,49 | 60,36 | 85,29 | 92,19 |
| 63,24 | 79,41 | 92,06 | 67,94 | 77,06 | 91,47 |
| 62,71 | 90,85 | 90,85 | 57,97 | 76,61 | 90,51 |
| 80,05 | 83,03 | 93,12 | | 83,72 | 94,27 |
| 72,41 | 85,61 | 94,58 | 70,28 | 84,67 | 94,10 |
| 59,31 | 79,79 | 92,29 | 57,45 | 92,29 | 92,82 |
| 66,20 | 80,89 | 93,63 | 58,73 | 84,76 | 91,69 |
| 62,79 | 76,23 | 93,54 | 68,48 | 86,56 | 91,99 |
| 65,99 | 81,27 | 91,64 | 66,57 | 89,05 | 88,18 |
| 60,00 | 83,33 | 89,00 | 63,33 | 66,67 | 91,00 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 65,08 | 87,30 | 91,43 | 61,90 | 86,03 | 91,11 |
| 75,79 | 81,84 | 93,37 | 65,71 | 87,32 | 91,64 |
| 72,52 | 89,11 | 93,32 | 51,98 | 78,22 | 92,08 |
| 81,36 | | 89,05 | 42,31 | 81,95 | 93,20 |
| 58,97 | 79,20 | 93,45 | 64,39 | 88,89 | 92,88 |
| 66,92 | 85,32 | 94,28 | 65,42 | 86,57 | 96,77 |
| 72,93 | | 94,20 | 68,51 | 82,32 | 91,71 |
| 65,65 | 83,59 | 92,10 | 76,60 | 91,19 | 91,79 |
| 74,93 | 85,37 | 92,54 | 61,79 | 90,45 | 92,54 |
| 79,73 | 92,33 | 95,89 | 68,49 | 76,71 | 93,15 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 61,85 | 86,97 | 94,08 | 54,50 | 76,30 | 92,89 |
| 51,26 | 77,67 | 91,82 | | 81,76 | 90,25 |
| 48,14 | | 89,83 | | 66,10 | 89,83 |
| 41,43 | 84,29 | 90,00 | | | 86,07 |
| 45,75 | 73,53 | 89,22 | 45,75 | 67,32 | |
| 60,81 | 73,31 | 87,84 | 56,42 | 78,04 | 85,81 |
| 61,49 | 80,91 | 88,67 | 59,22 | 78,32 | 87,70 |
| | | | | | |
| 62,17 | 83,69 | 93,38 | 58,87 | 89,13 | 92,43 |
| 53,67 | 81,82 | 92,38 | | 78,01 | 90,32 |
| 63,80 | 88,61 | 91,65 | 53,67 | 86,08 | 92,91 |
| 60,78 | 85,09 | 93,58 | 55,05 | 88,30 | 93,35 |
| 40,44 | 72,06 | 89,34 | 44,49 | 77,94 | 86,76 |
| 57,81 | 92,33 | 94,52 | 75,34 | 91,23 | 89,59 |
| 75,41 | 84,86 | 94,59 | 65,14 | | 90,27 |
| 62,60 | 88,31 | 91,43 | 73,25 | 82,86 | 92,21 |
| 72,19 | | 91,98 | 75,67 | 86,63 | 92,78 |
| 67,85 | 77,81 | 92,28 | 66,24 | 89,39 | 91,64 |
| 59,76 | 75,98 | 90,09 | 69,97 | 76,88 | 91,89 |
| 71,95 | 78,28 | 84,16 | 64,71 | 81,45 | 88,24 |
| 78,11 | 76,23 | 89,06 | 70,19 | 89,43 | 85,66 |
| 72,01 | 76,49 | 89,93 | 76,12 | 77,24 | 92,54 |
| | | 92,80 | 70,45 | 75,38 | 87,12 |
| 69,35 | 71,77 | 87,90 | | | 88,71 |
| 82,41 | 81,11 | 91,21 | 76,55 | 76,55 | 92,18 |
| 79,04 | 80,24 | 91,32 | 80,84 | 73,05 | 92,22 |
| 81,10 | 85,37 | 92,99 | 76,22 | 82,01 | 94,51 |
| 82,22 | 86,30 | 92,59 | 74,44 | 74,07 | 89,26 |
| 66,67 | 77,98 | 93,75 | 81,25 | 89,58 | 94,35 |
| 55,42 | 82,66 | 91,02 | 71,21 | 79,57 | 93,50 |
| 63,69 | | 93,30 | 77,09 | 87,15 | 93,58 |
| 59,05 | 78,27 | 91,64 | 71,31 | 78,83 | 94,43 |
| 66,49 | 84,32 | 94,05 | 68,65 | 82,16 | 93,24 |
| 71,51 | | 94,19 | 76,74 | 89,83 | 92,44 |
| 81,38 | 83,24 | 94,68 | 68,09 | 77,66 | 92,55 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 79,85 | 81,86 | 95,47 | 57,93 | 83,12 | 93,70 |
| | 88,26 | 90,39 | 62,28 | 89,32 | 91,46 |
| | 77,91 | 92,25 | 75,19 | 79,07 | 91,09 |
| 77,69 | 82,15 | 93,18 | 76,90 | 82,15 | 92,91 |
| | 65,13 | 89,74 | 68,72 | 82,05 | 87,18 |
| 69,60 | 70,00 | 88,80 | | 72,80 | 91,20 |
| 53,85 | | 79,72 | 40,56 | | 85,31 |
| 73,61 | 79,63 | 88,89 | 75,00 | 81,48 | 87,96 |
| 73,27 | | 95,39 | 82,03 | 71,43 | 87,10 |
| 75,12 | | 94,63 | 70,24 | 66,83 | 83,41 |
| 67,32 | 78,05 | 92,68 | | | 90,24 |
| | | 89,34 | | 78,68 | 92,39 |
| | | 91,61 | 81,21 | 85,57 | 93,62 |
| 61,25 | 67,50 | 90,63 | | 85,63 | 87,50 |
| 66,35 | | 95,19 | 67,79 | 88,94 | 89,90 |
| | | 93,91 | 78,85 | | 97,49 |
| 65,16 | 84,43 | 90,57 | 67,62 | 78,28 | 91,80 |
| 64,97 | 74,62 | 94,92 | 73,60 | | 88,83 |
| | | 95,83 | 71,97 | 68,94 | |
| 76,83 | 87,39 | 93,55 | | 91,50 | |
| 70,17 | 79,66 | 94,58 | 77,97 | 85,76 | 93,56 |
| 69,02 | | 93,33 | 79,22 | 78,43 | |
| 63,87 | 79,41 | 91,60 | | 84,87 | |
| 73,62 | 79,53 | 91,34 | 74,80 | 79,13 | 93,70 |
| 68,22 | 71,50 | 92,06 | 64,02 | 72,43 | 91,12 |
| 70,00 | | 92,07 | 83,10 | 88,28 | 94,48 |
| 65,78 | 66,92 | 91,25 | 76,05 | 80,61 | 93,16 |
| 59,05 | 70,00 | 91,90 | 70,00 | 81,43 | 91,90 |
| 56,31 | 81,53 | 87,39 | 74,77 | 78,38 | |
| 59,32 | 73,73 | 86,86 | 79,24 | 85,59 | 90,68 |
| 63,98 | 77,54 | 91,10 | 75,42 | 77,97 | 89,83 |
| 65,12 | | 92,03 | 81,73 | 82,06 | 94,02 |
| 55,36 | 78,87 | 91,96 | 75,60 | 88,69 | |
| 58,37 | 74,71 | 91,05 | 76,65 | 76,65 | 93,39 |
| 65,77 | 76,13 | 90,09 | 72,52 | 77,03 | 90,54 |
| 65,08 | 76,61 | 94,58 | 74,24 | 90,51 | 93,56 |
| 48,35 | | 91,32 | 71,90 | 74,79 | 92,15 |
| 72,76 | 76,55 | 90,00 | 65,52 | 75,86 | 93,45 |
| 53,82 | | 88,76 | 70,28 | 75,10 | 87,15 |
| 60,68 | 70,09 | 85,47 | 57,69 | | 89,74 |
| 52,23 | 77,73 | 91,50 | 43,32 | | 87,04 |
| 55,83 | 76,25 | 88,33 | 71,25 | 70,00 | |
| 73,42 | 78,83 | 88,29 | 49,10 | | 86,04 |
| 53,42 | 75,80 | 90,87 | 58,45 | | 85,39 |
| 52,23 | 77,73 | 91,50 | 79,35 | 75,30 | 87,45 |
| 46,40 | 85,20 | 91,20 | 62,80 | 69,20 | 92,80 |
| 61,13 | 77,74 | 91,32 | 67,92 | 80,00 | 92,08 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 79,33 | 78,00 | 92,00 | 82,33 | 81,00 | 92,67 |
| 71,71 | | 88,84 | 64,14 | 76,49 | 90,44 |
| 78,03 | 81,82 | 92,80 | 70,08 | | 89,02 |
| 71,65 | 75,98 | 90,55 | 58,27 | 72,44 | 90,94 |
| 63,47 | | 91,14 | 64,94 | 77,49 | 88,93 |
| 77,43 | 80,16 | 91,05 | 74,71 | 86,38 | 92,22 |
| 69,33 | 82,77 | 89,08 | 70,59 | 79,41 | 90,34 |
| | 75,26 | 89,69 | 73,20 | 71,65 | 84,02 |
| | | 93,13 | 82,82 | 87,40 | |
| 68,26 | 85,67 | 89,42 | 70,99 | 81,57 | 87,71 |
| 58,48 | 79,46 | 87,50 | 83,93 | | 89,29 |
| 58,14 | | 91,86 | 59,30 | | |
| 60,37 | 74,19 | 90,32 | 73,27 | 85,25 | 90,32 |
| 70,40 | 76,00 | 93,60 | 81,20 | 82,40 | 92,00 |
| 68,24 | | 89,27 | 64,38 | 73,82 | 94,85 |
| 57,51 | | 88,41 | 69,96 | 77,68 | 87,55 |
| 52,50 | 63,50 | 90,00 | 67,00 | 73,00 | 90,50 |
| 41,90 | 63,69 | 88,83 | 64,25 | 69,27 | 89,39 |
| 63,04 | | 86,96 | | 86,96 | 89,13 |
| 46,82 | 73,18 | 86,36 | | 86,36 | 89,09 |
| 48,64 | 69,09 | 89,55 | 71,36 | 73,18 | 91,82 |
| 71,37 | 78,63 | 92,75 | 68,32 | 77,86 | 90,46 |
| 56,49 | 75,73 | 87,03 | 77,82 | 87,03 | 89,96 |
| 32,02 | 72,47 | 82,02 | 71,35 | 66,85 | 88,76 |
| 47,76 | 72,65 | 89,39 | 56,33 | 75,51 | 91,84 |
| 51,38 | 69,57 | 88,93 | 64,03 | 77,87 | 92,09 |
| 68,44 | 80,24 | 92,92 | 79,06 | 83,48 | 93,51 |
| 65,27 | 79,90 | 93,21 | 76,24 | 84,86 | 94,78 |
| 65,50 | 77,00 | 92,97 | 61,98 | 77,00 | 92,33 |
| 62,41 | 85,52 | 92,41 | 72,76 | 87,59 | 93,10 |
| 74,16 | 65,17 | 91,39 | 54,68 | 68,16 | 89,89 |
| 49,50 | 69,90 | 91,64 | 61,54 | 72,91 | 91,97 |
| 46,59 | 79,92 | 87,95 | 61,04 | 85,14 | 89,56 |
| 59,49 | 75,63 | 90,19 | 75,32 | 78,48 | 90,19 |
| 43,38 | 70,22 | 90,07 | 67,28 | 69,49 | 92,65 |
| 58,60 | 88,77 | 88,42 | 81,40 | 84,56 | 89,82 |
| 63,83 | | 90,07 | 75,53 | 75,18 | 91,13 |
| 62,79 | 72,38 | 90,70 | 61,34 | 77,91 | 90,70 |
| 68,56 | 86,18 | 91,06 | 73,98 | 88,35 | 91,60 |
| 54,07 | 66,30 | 85,93 | 58,89 | | 87,78 |
| 71,34 | 72,96 | 88,27 | 65,80 | 72,31 | 90,88 |
| 50,36 | 83,58 | 88,69 | 74,82 | 85,40 | 91,97 |
| 61,70 | 68,79 | 85,46 | 75,18 | 77,66 | 92,20 |
| 72,70 | 74,01 | 88,49 | 64,47 | 73,36 | 91,45 |
| 56,09 | 83,03 | 88,93 | 69,37 | 86,35 | 91,88 |
| 62,65 | 74,69 | 91,67 | 69,75 | 83,64 | 91,98 |
| 70,19 | 73,26 | 92,20 | 74,09 | 80,78 | 93,04 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| | 69,79 | 89,24 | | 68,06 | 90,28 |
| 65,19 | 76,11 | 90,44 | 63,14 | 70,65 | 90,10 |
| | 78,53 | 90,80 | 75,46 | 82,52 | 91,10 |
| 62,81 | 74,66 | 84,02 | 65,56 | 75,76 | 91,74 |
| 74,47 | 80,24 | 90,58 | 62,01 | 70,82 | 91,49 |
| 60,96 | 87,08 | 92,42 | 74,72 | 81,74 | 90,17 |
| 68,14 | 76,99 | 91,15 | 63,13 | 75,81 | 90,56 |
| 76,61 | | 92,40 | 73,39 | 83,63 | 92,98 |
| 59,72 | 71,18 | 83,33 | | 74,65 | 88,19 |
| 61,20 | 75,92 | 90,97 | 75,25 | 85,62 | 91,64 |
| 59,60 | 78,15 | 85,10 | 59,93 | 67,22 | 88,74 |
| 59,33 | 75,23 | 88,99 | 66,06 | 76,15 | 88,69 |
| 54,77 | 74,46 | 88,31 | 69,23 | 80,00 | 90,46 |
| 56,57 | 83,27 | 85,66 | 54,58 | 67,33 | 89,24 |
| 58,54 | 73,52 | 89,55 | 38,68 | 72,13 | 90,59 |
| 46,53 | 69,10 | 89,93 | 65,28 | 88,89 | 89,58 |
| 69,80 | 79,77 | 92,02 | 64,10 | 80,63 | 89,74 |
| | | | | | |
| 67,26 | 79,51 | 92,65 | 77,51 | 87,53 | 93,54 |
| 65,15 | 74,26 | 93,83 | 75,87 | 89,28 | 90,35 |
| 73,48 | 87,37 | 90,91 | 62,37 | 76,26 | 93,94 |
| 60,22 | 72,65 | 92,82 | 73,48 | 77,90 | 92,82 |
| 46,84 | 72,70 | 91,09 | 75,86 | 89,66 | 91,09 |
| | 87,10 | 90,27 | 73,72 | 80,54 | 94,40 |
| | 78,34 | 90,91 | 75,13 | 80,75 | 91,44 |
| | 73,91 | 90,06 | 65,22 | 88,51 | 92,86 |
| 55,70 | 74,87 | 94,56 | 62,44 | 77,98 | 93,52 |
| 60,55 | | 90,96 | 55,62 | 76,71 | 92,60 |
| 66,44 | | 92,82 | 61,81 | 81,48 | 95,83 |
| 68,13 | | 89,18 | | 70,76 | 87,72 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 72,08 | 73,79 | 86,89 | 50,14 | 71,51 | 91,45 |
| 47,88 | | 84,56 | 45,95 | | 84,94 |
| 53,54 | | 90,77 | 70,77 | 69,23 | 92,92 |
| 44,63 | 72,48 | 91,95 | | 66,44 | 88,26 |
| 64,97 | 72,16 | 87,72 | 61,98 | 71,26 | 90,42 |
| 68,50 | 70,95 | 89,91 | 66,36 | 73,09 | 89,91 |
| | | 93,01 | 81,69 | 78,80 | 93,73 |
| 51,27 | 73,45 | 85,45 | 53,45 | | 85,45 |
| 53,52 | 87,32 | 91,55 | 52,11 | 78,17 | 87,32 |
| 52,54 | | | 61,69 | 87,12 | 90,51 |
| 65,77 | 70,81 | 90,27 | 65,77 | 66,44 | 93,29 |
| 68,86 | 80,78 | 93,43 | 53,53 | 81,02 | 93,19 |
| 71,52 | 79,96 | 93,04 | 79,54 | 81,01 | 93,67 |
| 50,41 | | 88,43 | 47,11 | | 88,43 |
| 52,42 | 67,29 | 89,22 | 55,76 | 78,44 | 88,48 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 65,94 | 87,00 | 89,78 | 69,35 | 72,14 | 89,78 |
| 37,50 | | 85,08 | 52,82 | 85,89 | 87,90 |
| 62,46 | 82,46 | 89,85 | 66,77 | 72,62 | 91,38 |
| 69,47 | | 91,88 | 70,59 | 87,39 | 91,32 |
| 49,23 | | 86,54 | 58,46 | 73,85 | 87,31 |
| 66,67 | 84,97 | 90,44 | 76,23 | 74,04 | 91,80 |
| 58,10 | | 89,30 | 58,72 | 89,91 | 91,13 |
| 43,22 | 71,43 | 87,55 | 65,57 | 75,46 | 89,01 |
| 49,00 | 83,00 | 90,00 | 68,00 | 72,67 | 90,33 |
| 70,86 | 69,21 | 89,40 | 61,59 | 77,15 | 92,72 |
| 52,57 | | 84,89 | 79,15 | 75,83 | 89,43 |
| 63,40 | | 87,89 | 79,38 | 74,23 | 89,69 |
| 75,86 | 79,08 | | 68,05 | 81,61 | 91,03 |
| 42,19 | | 81,25 | 56,64 | 71,09 | 84,38 |
| 66,17 | 77,15 | | 78,34 | 73,89 | 89,32 |
| 78,28 | | 88,13 | 68,43 | 83,33 | 92,93 |
| 54,36 | 67,11 | 87,92 | 70,47 | | 92,62 |
| 38,10 | 74,92 | 89,21 | 80,00 | 76,51 | 90,79 |
| 72,12 | 86,67 | 89,70 | 60,61 | 83,33 | 91,82 |
| 72,10 | 69,93 | 85,87 | 31,52 | 85,87 | 90,22 |
| 54,48 | | 87,93 | 77,24 | 73,79 | 92,07 |
| 73,17 | 81,53 | 86,76 | 66,20 | 65,16 | 88,85 |
| 70,36 | 80,41 | 89,43 | 54,38 | | 93,56 |
| 65,89 | 79,21 | 91,36 | 86,45 | 82,94 | 94,16 |
| 81,82 | 89,14 | 90,91 | 79,55 | 80,05 | 91,67 |
| 82,13 | 79,40 | 91,07 | 70,72 | | 92,56 |
| 76,61 | | 91,52 | 78,07 | 76,90 | 90,94 |
| 76,18 | 85,27 | 91,54 | 66,14 | 68,65 | 90,60 |
| 76,18 | 82,38 | 92,56 | 68,73 | 90,32 | 92,56 |
| 79,47 | 76,27 | 91,73 | 80,53 | 84,00 | 90,40 |
| 78,53 | | 89,55 | 70,06 | 89,55 | 93,79 |
| 61,98 | 82,75 | 92,97 | 80,19 | 77,64 | 92,33 |
| 64,37 | | 91,57 | 66,28 | 73,95 | 89,66 |
| 58,36 | | 90,33 | 75,84 | 87,36 | 89,96 |
| 73,17 | 80,22 | 94,58 | 79,95 | 78,32 | 92,14 |
| 77,53 | 79,21 | 92,42 | 67,70 | 79,21 | 91,29 |
| 64,33 | 71,67 | 89,67 | 74,67 | 72,00 | 92,00 |
| 82,84 | 79,29 | 91,72 | 74,85 | 78,11 | 90,53 |
| 76,35 | 76,35 | 91,55 | 67,91 | 77,36 | 89,86 |
| 66,31 | 71,63 | 89,01 | 72,34 | | 89,01 |
| 70,95 | | 90,20 | 67,23 | 88,85 | 89,53 |
| 52,57 | | 90,07 | 78,68 | 72,43 | 89,71 |
| 68,36 | 78,81 | 93,50 | 81,07 | 77,68 | 90,40 |
| 69,20 | | 85,87 | 61,96 | 88,41 | 89,86 |
| 60,21 | 73,94 | 88,73 | 75,00 | 71,13 | 89,08 |
| 59,04 | 71,22 | 88,93 | 60,15 | 74,91 | 88,56 |
| 72,01 | | 90,44 | 62,80 | | 92,15 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 60,80 | 77,41 | 90,03 | 75,42 | 73,75 | 90,03 |
| 61,78 | 79,02 | 91,09 | 66,09 | 79,31 | 91,95 |
| 68,05 | 87,54 | 92,65 | 66,13 | 87,86 | 91,37 |
| 50,29 | 79,71 | 92,35 | 77,65 | 77,06 | 92,35 |
| 68,51 | 71,63 | 91,35 | 56,40 | 70,24 | 90,66 |
| 60,38 | 78,91 | 91,05 | 60,38 | 78,91 | 88,50 |
| 68,55 | 85,76 | 90,50 | 72,40 | 86,05 | 94,96 |
| 58,86 | 79,11 | 94,30 | 64,56 | 68,35 | 93,35 |
| 58,97 | 75,68 | 92,71 | 57,14 | 77,20 | 91,19 |
| 66,75 | | 92,67 | 75,13 | 89,27 | 93,72 |
| 59,95 | 75,77 | 94,64 | 74,49 | 81,12 | 94,13 |
| 75,50 | 80,06 | 94,59 | 60,68 | 72,36 | 92,88 |
| 52,35 | 83,22 | 94,30 | 61,07 | 82,89 | 90,27 |
| 56,96 | | 92,09 | 66,77 | 72,78 | 90,19 |
| 68,53 | 78,53 | 92,35 | 73,24 | 82,94 | 89,71 |
| 67,08 | 77,48 | 91,34 | 82,18 | 76,24 | 92,57 |
| 68,12 | 81,42 | 91,51 | 68,81 | 77,75 | 94,04 |
| 71,47 | | 91,89 | 60,66 | 69,97 | 89,79 |
| 58,96 | 72,83 | 90,46 | 63,29 | 73,12 | 90,46 |
| 54,71 | 73,55 | 89,13 | 50,00 | 71,01 | 86,59 |
| 65,29 | 76,63 | 86,25 | 57,73 | 75,60 | 91,41 |
| 52,92 | 77,74 | 91,61 | 62,41 | 78,83 | 87,96 |
| 58,17 | 73,86 | 92,16 | 60,13 | 67,65 | 90,85 |
| 56,25 | 81,55 | 91,07 | 51,19 | 78,57 | 91,07 |
| 52,73 | 79,74 | 92,60 | 59,16 | 69,45 | 93,57 |
| 64,54 | 84,03 | 88,82 | 65,50 | 74,44 | 90,73 |
| 58,95 | 74,69 | 93,83 | 53,09 | 70,99 | 91,98 |
| 71,54 | | 94,52 | 76,50 | 73,89 | 91,64 |
| 74,87 | | 91,44 | 55,08 | 82,09 | 93,85 |
| 65,80 | 71,88 | 93,33 | 65,51 | 71,01 | 91,30 |
| 69,47 | 75,79 | 92,11 | 55,00 | 73,68 | 89,74 |
| 59,79 | | 92,78 | 68,81 | 85,05 | 90,98 |
| 69,63 | 83,77 | 90,05 | 71,99 | 73,82 | 89,01 |
| 72,78 | 77,78 | 92,50 | 75,56 | 72,22 | 90,83 |
| 60,88 | | 89,59 | 60,25 | 68,45 | 89,91 |
| 65,84 | 86,02 | 90,37 | 61,18 | 81,68 | 86,02 |
| 66,67 | 77,50 | 90,28 | 62,22 | 76,39 | 91,67 |
| 57,06 | 77,12 | 91,53 | 72,88 | 75,14 | 90,11 |
| 71,91 | 89,89 | 92,13 | 70,56 | 77,53 | 90,79 |
| 68,46 | | 89,49 | | 76,15 | 90,77 |
| 46,21 | | 87,88 | 49,62 | | 85,98 |
| 55,96 | 86,09 | 90,73 | 56,95 | 82,78 | 86,42 |
| 72,03 | 73,63 | 91,64 | 69,45 | 67,85 | 84,57 |
| 59,65 | 71,58 | 87,72 | 45,96 | | 87,37 |
| 64,59 | | 90,49 | 59,02 | 68,20 | 86,23 |
| 76,42 | 79,70 | 90,15 | 42,69 | 78,21 | 89,55 |
| 62,15 | 78,46 | 90,77 | 71,08 | 77,85 | 90,15 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 66,57 | 72,67 | 92,44 | 63,08 | 72,67 | 92,44 |
| 79,52 | 78,72 | 91,76 | 67,55 | 83,51 | 90,96 |
| 65,01 | 78,24 | 90,91 | 75,48 | 76,03 | 91,46 |
| 66,06 | 80,30 | 91,73 | 66,06 | 79,70 | 91,48 |
| 9,86 | 5,9 | 2,55 | 10,32 | 6,39 | 2,48 |

Média

Desvio padrão

Anexo B.4 - Recuperação metalúrgica turno a turno do circuito de cianetação/adsorção - 1995

Período de 01/05 a 30/11/95 - Linha 1 e 01/11 a 30/11/95 - Linha 2
 espaços vazios representam dados não disponíveis ou considerados "outliers"

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 70,55 | 92,73 | 93,45 | | | |
| | | | | | |
| 60,63 | 91,95 | 92,82 | | | |
| 63,96 | 93,99 | 93,39 | | | |
| 72,02 | 90,48 | 93,45 | | | |
| 57,38 | 92,13 | 94,75 | | | |
| 71,69 | 93,37 | 93,67 | | | |
| | | 94,59 | | | |
| 70,18 | 93,07 | 94,58 | | | |
| 65,23 | 93,91 | 93,55 | | | |
| 62,15 | 89,24 | 90,84 | | | |
| 74,47 | 91,79 | 93,31 | | | |
| 73,97 | 93,02 | 94,29 | | | |
| 66,14 | 89,64 | 92,03 | | | |
| 77,21 | 89,34 | | | | |
| 65,80 | 91,82 | 91,08 | | | |
| 67,14 | 90,36 | 90,71 | | | |
| 75,82 | 91,21 | 91,94 | | | |
| 75,97 | 92,93 | 94,70 | | | |
| 73,86 | 93,46 | 91,18 | | | |
| 63,50 | 86,86 | 88,69 | | | |
| 68,83 | 93,18 | 93,83 | | | |
| 75,74 | 94,38 | 94,67 | | | |
| 61,54 | 91,94 | 94,14 | | | |
| 52,52 | 91,18 | 93,28 | | | |
| 50,45 | 87,73 | 89,09 | | | |
| 64,78 | 90,69 | 90,28 | | | |
| 69,20 | 92,03 | 93,48 | | | |
| 60,61 | | 93,94 | | | |
| 64,10 | 90,11 | 91,94 | | | |
| 74,22 | 92,33 | 91,64 | | | |
| 64,44 | 88,89 | 91,48 | | | |
| 71,78 | 89,20 | 92,68 | | | |
| 71,43 | 90,79 | 93,97 | | | |
| 62,74 | 89,73 | 88,97 | | | |
| 65,64 | 89,69 | 91,41 | | | |
| 78,48 | 93,89 | 94,62 | | | |
| 60,82 | 86,94 | 90,30 | | | |
| 74,54 | 92,94 | 92,94 | | | |
| 68,91 | 91,99 | 92,95 | | | |
| 60,40 | 93,29 | 91,95 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 67,93 | 92,07 | 89,66 | | | |
| 56,95 | 90,51 | 91,53 | | | |
| 63,82 | 89,42 | 89,76 | | | |
| 67,91 | 91,90 | 93,46 | | | |
| 64,56 | 91,89 | 94,59 | | | |
| 69,02 | 89,88 | 93,87 | | | |
| 58,84 | 89,02 | 91,16 | | | |
| 68,93 | 92,94 | 91,53 | | | |
| 49,80 | 83,94 | | | | |
| 32,82 | 87,64 | 92,28 | | | |
| 84,87 | 94,10 | 92,82 | | | |
| | | | | | |
| 76,99 | 92,33 | 93,70 | | | |
| 65,81 | 91,29 | 93,87 | | | |
| 65,00 | 90,00 | 92,19 | | | |
| 58,00 | 88,00 | 94,40 | | | |
| 72,96 | 92,45 | 94,34 | | | |
| 62,80 | 88,99 | 92,86 | | | |
| 72,22 | 90,52 | 93,14 | | | |
| | | 95,12 | | | |
| 67,93 | | 93,29 | | | |
| 70,27 | 90,81 | 94,05 | | | |
| 62,32 | 90,14 | 93,31 | | | |
| 59,64 | 90,50 | 90,80 | | | |
| 58,99 | 90,22 | 90,85 | | | |
| | | | | | |
| 67,58 | 91,77 | 92,77 | | | |
| 57,85 | 89,54 | 93,23 | | | |
| 59,88 | 90,27 | 93,22 | | | |
| 53,04 | 91,01 | 91,01 | | | |
| 67,59 | 90,74 | 90,12 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 62,99 | 91,34 | 93,31 | | | |
| 79,93 | 92,73 | 94,12 | | | |
| 64,29 | 91,18 | 94,12 | | | |
| 62,67 | 91,56 | 93,33 | | | |
| 78,78 | 92,81 | 94,60 | | | |
| 59,47 | 92,51 | 92,51 | | | |
| 65,60 | 94,00 | 94,00 | | | |
| 72,65 | 93,82 | 95,00 | | | |
| 70,33 | 93,67 | 94,00 | | | |
| 72,52 | 91,22 | 93,51 | | | |
| 61,89 | 90,21 | 93,01 | | | |
| 76,28 | 94,23 | 92,63 | | | |
| 74,76 | 92,65 | 90,73 | | | |
| 83,33 | 93,57 | 94,74 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| | 93,46 | 93,46 | | | |
| | 82,96 | 89,69 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 80,41 | 93,86 | 93,57 | | | |
| 74,19 | | 92,90 | | | |
| 56,30 | 90,76 | | | | |
| 63,91 | 90,43 | 93,91 | | | |
| 68,16 | 91,02 | 91,02 | | | |
| 50,21 | 90,04 | 90,46 | | | |
| 57,92 | 89,96 | 89,58 | | | |
| 67,69 | 90,00 | 83,46 | | | |
| 66,11 | 91,03 | 92,03 | | | |
| 60,17 | 87,55 | 90,04 | | | |
| 68,54 | 89,89 | 92,13 | | | |
| 65,88 | 90,54 | 93,92 | | | |
| 64,98 | 88,33 | 91,44 | | | |
| | | 94,37 | | | |
| 71,92 | 92,12 | 92,47 | | | |
| 68,64 | 90,94 | 91,29 | | | |
| 69,21 | 91,72 | 93,05 | | | |
| 73,93 | 92,50 | 91,79 | | | |
| 58,80 | 90,40 | | | | |
| 75,83 | | | | | |
| 68,95 | 89,95 | 91,32 | | | |
| 62,11 | 91,19 | 92,07 | | | |
| 64,14 | | 89,45 | | | |
| 76,06 | | 92,42 | | | |
| 67,34 | 91,58 | 93,60 | | | |
| 75,34 | 91,44 | 90,75 | | | |
| 65,37 | | 95,15 | | | |
| 63,87 | 86,97 | 91,18 | | | |
| 57,66 | 91,97 | 93,43 | | | |
| 69,21 | 93,55 | 93,84 | | | |
| 59,21 | 92,42 | 91,70 | | | |
| 35,59 | 83,33 | 92,34 | | | |
| 58,19 | 91,64 | 92,68 | | | |
| 65,28 | 93,61 | 92,22 | | | |
| 65,50 | 92,99 | 90,84 | | | |
| 59,45 | 87,20 | 94,82 | | | |
| 59,45 | 90,93 | 93,70 | | | |
| 75,20 | 93,47 | 96,61 | | | |
| 77,81 | 94,65 | 95,45 | | | |
| 65,90 | 90,77 | 94,36 | | | |
| 68,12 | 92,29 | 93,06 | | | |
| 68,84 | 92,07 | 96,03 | | | |
| 63,86 | 92,66 | 94,02 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 67,99 | 93,20 | 93,20 | | | |
| 75,30 | 94,24 | 94,24 | | | |
| 67,38 | | 93,81 | | | |
| 75,79 | 90,26 | 91,32 | | | |
| 68,20 | 86,85 | 92,97 | | | |
| 78,02 | 90,11 | 96,15 | | | |
| 76,64 | 93,70 | 92,65 | | | |
| 76,09 | 92,42 | 93,59 | | | |
| 79,83 | 92,90 | 93,75 | | | |
| | 93,78 | 92,70 | | | |
| 67,59 | 94,48 | 92,07 | | | |
| 77,88 | 94,23 | 94,23 | | | |
| 59,62 | 92,63 | 92,31 | | | |
| 75,22 | 89,63 | 94,52 | | | |
| 62,18 | 91,03 | 95,19 | | | |
| 63,51 | | 91,93 | | | |
| 83,42 | 91,85 | 94,02 | | | |
| 65,12 | | 93,31 | | | |
| 66,46 | 90,24 | 93,90 | | | |
| 68,70 | 90,24 | 84,55 | | | |
| 54,83 | 88,42 | 92,28 | | | |
| 54,02 | 89,07 | | | | |
| 62,50 | | 91,45 | | | |
| 58,20 | 87,78 | 90,35 | | | |
| 64,19 | 88,18 | 91,89 | | | |
| 46,27 | 90,30 | 88,43 | | | |
| 71,84 | 90,29 | 91,91 | | | |
| 70,47 | 93,95 | 94,65 | | | |
| 56,98 | 92,74 | 88,83 | | | |
| 68,85 | 87,23 | 90,03 | | | |
| 57,45 | 87,77 | 92,02 | | | |
| 65,31 | 89,54 | 93,11 | | | |
| 73,76 | 86,01 | 93,29 | | | |
| 67,33 | 90,27 | 92,77 | | | |
| 69,21 | 88,95 | 92,89 | | | |
| 73,61 | 88,86 | 92,67 | | | |
| 50,99 | 87,75 | 87,42 | | | |
| 60,55 | 89,62 | 88,58 | | | |
| 70,03 | 89,08 | 94,40 | | | |
| 64,40 | 91,33 | 92,57 | | | |
| 68,56 | 92,68 | 94,04 | | | |
| 66,12 | 89,58 | | | | |
| 74,14 | 86,29 | 90,34 | | | |
| 69,79 | 90,63 | 93,96 | | | |
| 62,50 | 92,23 | 95,27 | | | |
| 62,21 | 91,97 | 89,63 | | | |
| 46,85 | 90,21 | 90,56 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 55,52 | 84,48 | 92,41 | | | |
| 53,24 | 84,98 | | | | |
| 52,65 | 88,82 | 91,47 | | | |
| 61,61 | | 90,40 | | | |
| 52,72 | 87,22 | 89,14 | | | |
| 43,48 | 82,61 | 92,09 | | | |
| 39,69 | 84,05 | 89,88 | | | |
| 58,43 | 87,95 | 90,66 | | | |
| 62,08 | | 91,01 | | | |
| 40,00 | 80,80 | 84,40 | | | |
| 60,81 | 84,80 | 91,22 | | | |
| 64,86 | 87,39 | 92,49 | | | |
| 56,39 | 89,44 | 91,94 | | | |
| 60,51 | 89,74 | 91,54 | | | |
| 65,29 | 86,47 | 87,35 | | | |
| 63,33 | 88,97 | 93,08 | | | |
| 58,27 | 92,46 | 92,46 | | | |
| | | | | | |
| 49,57 | 87,03 | 92,51 | | | |
| 45,00 | 90,00 | 91,88 | | | |
| 45,80 | 83,92 | 88,11 | | | |
| 41,88 | 84,69 | 88,75 | | | |
| 48,66 | 84,57 | 87,83 | | | |
| 34,72 | | | | | |
| 40,26 | 80,19 | | | | |
| 61,08 | 85,38 | 90,33 | | | |
| 59,26 | | | | | |
| 51,42 | 85,01 | | | | |
| 42,94 | 83,53 | 87,35 | | | |
| | 84,08 | 88,86 | | | |
| | 80,51 | 87,57 | | | |
| 50,85 | | 87,29 | | | |
| | | 88,92 | | | |
| | 84,70 | 86,12 | | | |
| | 85,26 | 89,74 | | | |
| 57,06 | 85,88 | 87,65 | | | |
| | 82,51 | 93,59 | | | |
| 44,94 | | 92,09 | | | |
| 39,80 | 87,50 | 91,12 | | | |
| 64,29 | 89,42 | 91,53 | | | |
| 81,04 | 89,34 | 92,18 | | | |
| 64,38 | 88,65 | 89,18 | | | |
| 49,59 | 90,41 | 90,68 | | | |
| 72,73 | 87,10 | 89,15 | | | |
| 60,53 | 88,01 | 88,89 | | | |
| 58,29 | 88,86 | 90,93 | | | |
| 55,87 | 87,68 | 90,83 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 59,75 | 83,90 | 88,24 | | | |
| 52,41 | 89,24 | 88,39 | | | |
| 38,35 | 86,09 | | | | |
| 45,35 | 81,41 | | | | |
| 44,44 | 83,15 | | | | |
| | 80,51 | | | | |
| 37,46 | 77,74 | 86,22 | | | |
| 43,30 | 82,55 | 88,16 | | | |
| 47,62 | 84,82 | 87,80 | | | |
| 54,03 | 82,09 | 86,87 | | | |
| 44,78 | 81,49 | | | | |
| 54,94 | 86,33 | 89,62 | | | |
| 51,76 | 85,09 | 89,97 | | | |
| 55,77 | 85,26 | 91,15 | | | |
| 58,24 | | 91,22 | | | |
| 59,84 | 85,64 | 92,82 | | | |
| | 85,75 | 90,68 | | | |
| 71,31 | 90,08 | 90,62 | | | |
| 59,08 | 85,85 | 87,69 | | | |
| 59,93 | 81,76 | 87,95 | | | |
| 60,82 | 86,84 | 89,18 | | | |
| 50,15 | 84,27 | 90,50 | | | |
| 57,89 | 81,58 | 91,78 | | | |
| 54,43 | 82,57 | 92,97 | | | |
| 63,49 | 84,44 | 88,57 | | | |
| 67,52 | 87,58 | 91,72 | | | |
| 64,40 | 84,00 | 89,20 | | | |
| 79,08 | 85,85 | 93,54 | | | |
| 73,38 | | 89,76 | | | |
| 57,24 | 84,54 | 93,42 | | | |
| 67,52 | 93,25 | 93,57 | | | |
| 56,07 | 93,21 | 90,00 | | | |
| 67,13 | 86,71 | 92,66 | | | |
| 70,19 | 89,42 | 92,95 | | | |
| 61,69 | 85,44 | 91,57 | | | |
| | | | | | |
| 64,66 | 84,48 | 87,93 | | | |
| 53,26 | 80,76 | 89,35 | | | |
| 47,52 | 82,61 | 87,58 | | | |
| 40,98 | 83,28 | 88,85 | | | |
| 33,93 | 83,21 | | | | |
| 52,56 | 85,58 | 88,14 | | | |
| 55,27 | 81,79 | | | | |
| 46,62 | | | | | |
| 29,43 | | | | | |
| 25,62 | | | | | |
| 27,64 | | 89,02 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| | 86,91 | 93,87 | | | |
| 57,58 | 86,11 | | | | |
| 54,99 | 87,18 | 93,16 | | | |
| 71,11 | 90,00 | 91,67 | | | |
| 52,85 | 90,09 | 92,19 | | | |
| 54,14 | 89,17 | 89,49 | | | |
| 54,66 | 91,42 | 91,18 | | | |
| 71,77 | 89,52 | 90,59 | | | |
| 62,31 | 89,49 | 95,64 | | | |
| 57,28 | 89,16 | 94,12 | | | |
| 71,22 | 91,46 | 94,39 | | | |
| 68,09 | 94,47 | 92,13 | | | |
| 68,31 | 94,60 | 92,25 | | | |
| 69,44 | 94,41 | 91,61 | | | |
| 68,80 | 89,07 | 90,93 | | | |
| 78,41 | 91,26 | 92,29 | | | |
| 49,25 | 88,96 | 93,43 | | | |
| 69,39 | 87,27 | 91,21 | | | |
| 65,38 | 89,64 | 92,01 | | | |
| 64,95 | 92,78 | | | | |
| 60,00 | 91,01 | 92,75 | | | |
| 72,50 | | 92,50 | | | |
| 65,64 | 91,79 | 93,08 | | | |
| | 92,69 | 93,84 | | | |
| 78,00 | 90,48 | 91,61 | | | |
| 78,67 | 88,09 | 90,58 | | | |
| | | | | | |
| 57,96 | 90,26 | 95,25 | | | |
| 65,57 | 87,09 | 91,65 | | | |
| 51,40 | 83,92 | 91,61 | | | |
| 47,73 | 87,92 | 87,61 | | | |
| 62,40 | 89,14 | 91,64 | | | |
| 57,47 | 87,36 | 91,09 | | | |
| 61,80 | 90,45 | 92,31 | | | |
| 67,21 | 90,71 | 90,71 | | | |
| 63,16 | 85,60 | 93,35 | | | |
| 71,06 | 93,18 | | | | |
| 74,08 | 92,67 | | | | |
| | | | | | |
| 75,59 | | 92,39 | | | |
| 74,93 | 91,07 | 92,80 | | | |
| 64,19 | | 91,46 | | | |
| 88,07 | | | | | |
| 75,00 | 90,69 | 93,09 | | | |
| 77,26 | 89,80 | 92,13 | | | |
| 59,30 | 89,12 | 91,58 | | | |
| 64,74 | 91,62 | 93,64 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 71,81 | 91,10 | 88,43 | | | |
| 66,31 | 88,89 | 90,68 | | | |
| 65,85 | 91,99 | 93,03 | | | |
| 71,48 | 88,52 | 90,16 | | | |
| 78,33 | 91,95 | 90,09 | | | |
| 72,48 | 92,92 | 91,83 | | | |
| 70,11 | 88,97 | 93,59 | | | |
| 78,74 | 89,66 | 90,23 | | | |
| 77,13 | 93,39 | 90,63 | | | |
| 62,92 | 92,10 | 89,67 | | | |
| 79,18 | 89,91 | 93,06 | | | |
| 71,35 | 93,12 | 93,70 | | | |
| 67,39 | 92,18 | 92,72 | | | |
| 67,03 | 85,30 | 91,76 | | | |
| 72,83 | 91,85 | 93,75 | | | |
| 65,34 | 88,35 | 93,18 | | | |
| 68,83 | 89,94 | 91,56 | | | |
| 70,00 | 89,14 | | | | |
| 69,44 | 91,16 | | | | |
| 67,95 | 89,10 | 90,06 | | | |
| 61,49 | 91,61 | 91,61 | | | |
| 64,83 | 87,24 | | | | |
| 70,06 | 84,88 | 94,14 | | | |
| 58,55 | 85,22 | 93,33 | | | |
| 58,39 | 88,20 | 92,86 | | | |
| 58,26 | 89,19 | 93,39 | | | |
| 57,85 | 89,53 | 92,15 | | | |
| 64,31 | 89,80 | 92,63 | | | |
| 69,42 | 90,01 | 94,30 | | | |
| 81,67 | 93,44 | 93,67 | | | |
| 76,19 | 94,76 | | | | |
| 70,23 | 91,04 | 93,93 | | | |
| 81,27 | 93,92 | | | | |
| | | | | | |
| 73,97 | 93,92 | 93,19 | | | |
| 78,26 | | 91,56 | | | |
| 72,78 | 92,84 | 92,55 | | | |
| 68,55 | 87,83 | 93,47 | | | |
| 76,73 | 88,48 | | | | |
| 61,33 | 88,95 | | | | |
| 49,38 | 86,56 | 88,75 | | | |
| 57,71 | 82,44 | 85,30 | | | |
| 60,81 | 82,77 | 85,81 | | | |
| 46,36 | 85,76 | 88,18 | | | |
| 62,04 | 84,14 | 90,93 | | | |
| 54,08 | 87,01 | 90,63 | | | |
| 38,33 | 84,67 | 90,33 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 64,96 | 86,61 | 92,31 | | | |
| 57,67 | 89,49 | 90,06 | | | |
| 61,43 | 88,43 | 88,98 | | | |
| 66,12 | 88,08 | 87,53 | | | |
| 75,12 | 88,71 | 92,86 | | | |
| 59,18 | 84,38 | 89,86 | | | |
| 49,06 | 83,75 | 92,19 | | | |
| 65,21 | 86,85 | 90,96 | | | |
| 68,88 | 88,10 | 94,28 | | | |
| 69,38 | 91,15 | 92,82 | | | |
| 77,51 | 89,00 | 92,67 | | | |
| | | | | | |
| 61,62 | 90,00 | | | | |
| 72,27 | 90,03 | 91,28 | | | |
| 71,19 | 89,75 | | | | |
| 77,69 | 91,86 | 93,70 | | | |
| 68,93 | 89,27 | 90,96 | | | |
| 69,25 | 91,44 | 92,51 | | | |
| 56,06 | 89,09 | 92,42 | | | |
| 54,24 | 90,17 | 90,51 | | | |
| 65,23 | 89,23 | 92,92 | | | |
| 60,59 | 90,23 | 88,93 | | | |
| 58,60 | 90,45 | 92,99 | | | |
| 60,17 | 90,70 | 93,31 | | | |
| 69,49 | 92,45 | 91,24 | | | |
| 78,25 | 91,56 | 89,94 | | | |
| 74,65 | 89,93 | | | | |
| 64,16 | 83,15 | 88,53 | | | |
| 74,39 | 84,45 | 86,89 | | | |
| 67,90 | 84,09 | 87,50 | | | |
| 57,63 | 83,18 | | | | |
| 52,27 | 83,77 | | | | |
| | | | | | |
| 50,88 | | | | | |
| 60,00 | | | | | |
| 56,98 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 52,91 | 92,66 | 87,46 | | | |
| | 85,11 | | | | |
| | 85,45 | 87,57 | | | |
| 73,39 | 84,14 | | | | |
| 75,94 | 85,22 | 88,12 | | | |
| 53,58 | 88,83 | 91,12 | | | |
| 63,02 | 91,73 | 93,67 | | | |
| | | | | | |
| 63,75 | 90,50 | 92,00 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 64,39 | 88,89 | 91,41 | | | |
| | | | | | |
| 66,48 | 91,62 | 92,46 | | | |
| | | | | | |
| 74,57 | 89,63 | | | | |
| 64,03 | 91,01 | | | | |
| 72,45 | 89,54 | 93,37 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 69,44 | | | | | |
| 71,67 | 87,50 | 89,17 | | | |
| 71,33 | 85,55 | | | | |
| 65,55 | 85,43 | 89,36 | | | |
| 68,86 | 91,71 | 88,86 | | | |
| 61,14 | 84,72 | | | | |
| 60,44 | 87,71 | | | | |
| 70,00 | 86,25 | 93,00 | | | |
| 80,46 | 89,89 | | | | |
| 69,57 | 91,08 | 92,22 | | | |
| 71,46 | 88,34 | | | | |
| 59,94 | 88,43 | 91,69 | | | |
| 77,46 | 90,38 | 90,85 | | | |
| 65,75 | 85,75 | 93,97 | | | |
| 62,99 | | 93,18 | | | |
| 73,08 | 88,94 | | | | |
| 65,72 | 90,07 | | | | |
| | 86,61 | | | | |
| 65,06 | 87,95 | | | | |
| 71,52 | 84,98 | 91,03 | | | |
| 62,35 | 84,00 | | | | |
| 65,22 | | 91,76 | | | |
| | | 88,78 | | | |
| | 87,15 | | | | |
| | 91,46 | | | | |
| | | | | | |
| 85,57 | 87,34 | 91,39 | | | |
| 67,86 | 90,18 | 91,29 | | | |
| 69,66 | 90,34 | 93,26 | | | |
| 62,10 | 87,10 | | | | |
| 66,05 | 88,37 | | | | |
| | | | | | |
| 58,22 | 82,48 | 89,76 | | | |
| | 85,92 | 91,27 | | | |
| 62,98 | 84,86 | 92,07 | | | |
| | | | | | |
| | 88,41 | | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 64,04 | 88,40 | 91,18 | | | |
| 65,12 | 89,30 | 93,72 | | | |
| 55,28 | 90,45 | | | | |
| 70,70 | 89,59 | 92,49 | | | |
| 63,49 | 92,33 | 91,86 | | | |
| | | | | | |
| 67,67 | 91,45 | 93,07 | | | |
| 71,78 | 88,94 | 93,45 | | | |
| 77,14 | 91,92 | 90,76 | | | |
| 71,46 | 91,24 | 93,48 | | | |
| 74,20 | 87,21 | | | | |
| 71,50 | 89,82 | | | | |
| 63,81 | 84,84 | | | | |
| | 82,74 | | | | |
| | 86,29 | | | | |
| 57,49 | | | | | |
| 58,62 | 88,06 | | | | |
| | 87,53 | | | | |
| | | | | | |
| | 89,89 | 90,16 | | | |
| 61,95 | 89,68 | 90,56 | | | |
| 65,36 | 89,06 | 91,41 | | | |
| 58,28 | | 88,28 | | | |
| 73,68 | | 91,41 | | | |
| | | | | | |
| 71,26 | 90,19 | | | | |
| 67,82 | 90,35 | 93,32 | | | |
| 65,54 | 91,45 | 92,23 | | | |
| | | | | | |
| 58,96 | 90,55 | 91,04 | | | |
| 73,85 | 90,26 | 93,33 | | | |
| 71,63 | 92,67 | 92,91 | | | |
| 64,86 | 91,99 | 92,76 | | | |
| 72,57 | 93,77 | 92,52 | | | |
| 67,64 | 90,94 | 91,59 | | | |
| | | | | | |
| 62,27 | 90,80 | 88,34 | | | |
| 68,81 | 89,60 | 90,83 | | | |
| 74,68 | 92,07 | 94,12 | | | |
| 69,62 | 93,30 | 91,87 | | | |
| | | | | | |
| 69,66 | | 90,71 | | | |
| 59,00 | 89,00 | 90,33 | | | |
| 65,92 | | 90,35 | | | |
| 58,54 | 88,92 | 90,82 | | | |
| 67,52 | 90,13 | 89,81 | | | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 73,32 | 92,49 | 92,49 | | | |
| 72,17 | 88,70 | 91,01 | | | |
| 78,55 | 90,36 | 93,49 | | | |
| 71,11 | 86,67 | 91,94 | | | |
| 73,44 | 90,63 | 91,41 | | | |
| 69,34 | 88,95 | 90,88 | | | |
| | 88,54 | 90,40 | | | |
| 63,59 | 90,20 | 91,32 | | | |
| 58,38 | 88,65 | 90,54 | | | |
| 60,73 | 88,82 | | 67,98 | 85,50 | 91,24 |
| 65,62 | 87,68 | 93,70 | 73,93 | 88,54 | 91,69 |
| 65,35 | 89,06 | 92,71 | 67,78 | 87,84 | 91,79 |
| 64,02 | 91,46 | 90,55 | 66,16 | 85,37 | 90,85 |
| 68,42 | 90,64 | 92,40 | 65,50 | 86,26 | 92,11 |
| 60,45 | 88,10 | 91,96 | 56,27 | 87,14 | 91,00 |
| 65,86 | 92,07 | 92,07 | 58,62 | 86,55 | 88,97 |
| 65,49 | 90,14 | 91,55 | 67,96 | 87,68 | 91,20 |
| 61,74 | 89,60 | 91,95 | 66,11 | 90,60 | 90,27 |
| 78,20 | 90,19 | 94,28 | 80,11 | 90,19 | 92,64 |
| 83,81 | 93,65 | | 82,93 | 92,12 | |
| | | | | | |
| | 95,07 | 93,70 | 45,21 | 91,23 | 92,33 |
| 65,17 | 93,14 | 93,14 | 74,41 | 91,03 | 93,93 |
| | 91,69 | 90,15 | 56,92 | 90,15 | 92,00 |
| | 89,79 | 91,59 | 58,56 | 89,49 | 93,69 |
| | 92,43 | | 47,70 | 85,20 | 92,11 |
| | 94,29 | 93,97 | 48,89 | 85,40 | 90,79 |
| | 87,65 | 93,67 | 53,01 | 87,05 | 92,47 |
| 58,86 | 90,69 | 90,39 | 57,96 | 83,48 | 92,79 |
| | 86,27 | 88,03 | 53,87 | 82,75 | 92,96 |
| 68,54 | 87,42 | 89,74 | 54,97 | 86,09 | 90,40 |
| 68,36 | 89,55 | 92,84 | 58,21 | 87,16 | 90,15 |
| 61,74 | 92,93 | 91,64 | 58,84 | 87,46 | 91,00 |
| 67,48 | 88,45 | 92,71 | 60,79 | 86,93 | 89,67 |
| 72,70 | 91,43 | 90,48 | 59,37 | 89,52 | 93,97 |
| 73,43 | 92,98 | 92,98 | 69,67 | 90,73 | |
| 69,64 | 92,60 | 92,35 | 69,90 | 90,56 | 93,62 |
| 80,32 | 89,52 | 91,43 | 55,56 | 90,16 | 90,79 |
| 76,37 | 91,44 | 91,44 | 53,77 | 88,70 | 89,73 |
| 87,17 | 93,79 | 94,39 | 75,15 | 92,99 | |
| 80,69 | 91,34 | 91,58 | 73,02 | 91,34 | |
| 52,07 | 87,24 | 87,24 | 60,00 | 87,93 | 91,72 |
| 68,08 | 86,15 | 88,46 | 51,54 | 89,23 | 90,10 |
| 76,75 | 85,67 | 87,58 | 62,42 | 90,76 | 90,76 |
| 73,66 | 87,10 | 91,67 | 64,52 | 88,98 | 93,82 |
| 76,33 | 87,87 | 89,35 | 56,51 | 86,09 | 92,90 |
| 74,80 | 89,81 | 90,88 | 76,14 | 90,88 | |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 73,00 | 90,21 | 90,21 | | 90,21 | 93,18 |
| 72,64 | 88,18 | 86,15 | 64,86 | | 90,88 |
| 75,64 | 90,93 | 88,95 | 73,94 | 91,78 | 91,31 |
| 81,15 | 89,01 | 91,36 | 70,94 | 89,01 | 90,05 |
| 68,93 | 86,41 | 90,94 | 68,28 | 88,67 | 89,97 |
| 76,43 | 91,72 | 92,68 | 64,33 | 88,22 | |
| 82,67 | 92,90 | 88,92 | 67,61 | 86,93 | 89,20 |
| 77,71 | 85,03 | 90,45 | 75,16 | 86,94 | 91,40 |
| 82,12 | 91,83 | | 80,79 | 90,29 | 92,05 |
| 83,95 | 90,95 | 91,56 | 83,13 | 89,92 | 94,24 |
| 63,86 | 80,69 | 90,97 | | 90,03 | |
| 68,53 | 90,59 | | 72,35 | 87,35 | |
| 73,51 | 91,89 | | 67,57 | 88,38 | 92,43 |
| 80,96 | 92,05 | | 73,49 | 91,57 | |
| 81,93 | 92,37 | | 63,36 | 91,35 | |
| 86,36 | 90,91 | 92,11 | 73,92 | 90,91 | |
| 84,16 | 90,32 | 90,32 | 71,85 | 88,56 | 93,84 |
| 63,56 | 85,83 | | 53,85 | 80,97 | 91,90 |
| 60,89 | 82,67 | 87,11 | 41,78 | 85,78 | 93,10 |
| 74,10 | 80,94 | 88,85 | 70,50 | 87,77 | 90,65 |
| 73,78 | 83,23 | | 60,06 | 88,72 | 92,38 |
| 69,67 | 81,33 | | 57,33 | 83,33 | 90,00 |
| 74,92 | 86,10 | | 63,39 | 83,39 | 92,20 |
| 77,89 | 86,05 | | 68,37 | 83,33 | 92,18 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 75,99 | 84,21 | | 59,54 | 83,88 | |
| 78,46 | 84,00 | 90,77 | 71,08 | 83,38 | 91,38 |
| 72,11 | 85,46 | 89,02 | 66,77 | | 91,10 |
| 76,30 | 85,39 | | 57,79 | 85,06 | 91,88 |
| 74,34 | 87,50 | 90,79 | 62,50 | | 90,46 |
| 76,90 | 87,72 | 92,69 | 66,67 | | 91,34 |
| 73,33 | 88,89 | 89,84 | 55,24 | 87,30 | 90,16 |
| 77,91 | 88,37 | | 70,47 | 92,09 | 91,86 |
| 84,58 | 87,47 | | 77,83 | 92,53 | 91,08 |
| 85,63 | 88,71 | | 79,06 | 92,40 | |
| 79,40 | 88,59 | 91,56 | 76,18 | 91,32 | 93,05 |
| 83,81 | 87,22 | 90,91 | 72,44 | 90,91 | 92,05 |
| 77,75 | 85,84 | 91,04 | 71,39 | 89,88 | 93,06 |
| 76,74 | 87,21 | 90,70 | 68,90 | 92,44 | 90,99 |
| 83,41 | 87,32 | 91,46 | 79,76 | 88,78 | 93,17 |
| 80,48 | 88,10 | 91,43 | 81,90 | 90,24 | 93,10 |
| 69,74 | 87,17 | | 62,17 | 86,18 | 93,75 |
| 81,07 | 88,32 | 93,46 | 70,09 | 91,59 | |
| 71,10 | 89,04 | | 69,77 | 84,72 | |
| 69,64 | 90,43 | 93,07 | 59,41 | 89,77 | 92,05 |
| 73,03 | 90,46 | 93,09 | 62,83 | 89,14 | 91,98 |

| Linha 1 | | | Linha 2 | | |
|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção | saída 1º. TQ cianetação | saída da cianetação | saída da adsorção |
| 78,42 | 87,77 | 89,21 | 66,91 | 85,97 | 89,93 |
| 79,95 | 88,19 | 92,31 | 76,65 | 91,21 | 91,48 |
| 86,40 | 91,50 | 89,80 | 72,24 | 90,65 | 92,31 |
| 77,40 | 94,03 | | 72,47 | 90,91 | 92,47 |
| 78,49 | 90,41 | 92,15 | 63,66 | 89,53 | 90,41 |
| 76,83 | 87,62 | 90,16 | 60,00 | 88,89 | 92,70 |
| 75,51 | 91,67 | 92,93 | 75,25 | 89,14 | 93,94 |
| 73,27 | 90,69 | 94,51 | 72,79 | 91,41 | |
| 82,49 | | 95,62 | 70,74 | 92,63 | |
| 75,73 | 90,94 | 92,69 | 72,22 | 90,94 | 92,60 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 80,92 | 92,54 | 93,86 | 72,37 | | 93,91 |
| 75,82 | 89,13 | | 70,11 | 89,40 | 93,75 |
| 66,67 | 88,78 | | 58,09 | 86,14 | |
| 65,78 | 89,09 | 91,65 | 66,08 | 88,50 | 91,83 |
| 9,93 | 3,23 | 2,45 | 9,31 | 3,46 | 1,89 |

Média

Desvio padrão

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1- Os vinte países maiores produtores de ouro do mundo. Fonte: Gold, 1996 | 8 |
| Tabela 2.2- As quinze maiores empresas produtoras de ouro do mundo. Fonte: Gold, 1996..... | 9 |
| Tabela 2.3- Custos de produção de ouro por país. Fonte: Gold, 1996..... | 10 |
| Tabela 2.4- Constantes de estabilidade dos complexos de Au(I) | 16 |
| Tabela 2.5- Constantes de estabilidade de alguns cianocomplexos de metal..... | 19 |
| Tabela 2.6- Estágios importantes de Diagnóstico de Lixiviação..... | 36 |
| Tabela 2.7- Perdas de carvão Le Carbone em usinas | 38 |
| Tabela 3.1- Caracterização mineralógica do "ROM" de Fazenda Brasileiro..... | 49 |
| Tabela 3.2- Resultados da análise de variância | 55 |
| Tabela 3.3- Composição elementar do minério em diferentes etapas do circuito hidrometalúrgico..... | 56 |
| Tabela 3.4- Composição mineralógica em diferentes etapas do circuito de cianetação/adsorção..... | 57 |
| Tabela 3.5- Solubilidade de minerais sulfetados em solução de cianeto..... | 58 |
| Tabela 3.6- Caracterização do ouro na alimentação da cianetação..... | 60 |
| Tabela 3.7- Comparativo de resultados cianetação/adsorção 94/95 - Linha 1 | 68 |
| Tabela 3.8- Comparativo de resultados cianetação/adsorção 94/95 - Linha 2..... | 68 |
| Tabela 3.9- Comparação do desempenho da usina 93/94/95/96 | 70 |
| Tabela 3.10- Equações de dissolução de ouro por cianeto | 74 |
| Tabela 3.11- Comparação entre resultados do teor de ouro no rejeito observados e calculados -linha1 | 81 |
| Tabela 3.12- Comparação entre resultados do teor de ouro no rejeito observados e calculados - linha 2 .. | 82 |
| Tabela 3.13- Aplicação do teste "t" para determinação das variáveis de processo mais importantes | 83 |
| Tabela 3.14 - Condições e resultados de testes de cianetação/adsorção em bancada | 89 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 2.1- Oferta de ouro no mundo ocidental. Fonte: Gold, 1996 | 6 |
| Figura 2.2- Demanda de ouro no mundo ocidental. Fonte: Gold, 1996 | 7 |
| Figura 2.3- Regiões produtoras de ouro do mundo. Fonte: Gold, 1996..... | 11 |
| Figura 2.4- Rotas de processo para minérios de ouro refratários | 14 |
| Figura 2.5- Diagrama Eh-pH para o sistema CN-H ₂ O a 25°C | 17 |
| Figura 2.6- Diagrama Eh-pH para o sistema Au-CN-H ₂ O a 25°C | 18 |
| Figura 2.7- Diagrama Eh-pH para o sistema Fe-CN-S-H ₂ O a 25°C | 20 |
| Figura 2.8- Diagrama Eh-pH para o sistema Cu-CN-S-H ₂ O a 25°C..... | 20 |
| Figura 2.9- Mecanismo eletroquímico de dissolução do ouro por cianeto..... | 22 |
| Figura 2.10- Efeito da presença de material carbonoso na cianetação do ouro..... | 27 |
| Figura 3.1- Fluxograma do processo de beneficiamento do minério de Fazenda Brasileiro..... | 46 |
| Figura 3.2- Fotomicrografia de grãos de ouro preenchendo fraturas em pirita e arsenopirita..... | 50 |
| Figura 3.3- Fotomicrografia de grãos de ouro na superfície de arsenopirita..... | 51 |
| Figura 3.4- Fotomicrografia de cristal de ouro em veio de quartzo..... | 51 |
| Figura 3.6- Aspecto geral de uma partícula de ouro liberada | 60 |
| Figura 3.7- Tanques de cianetação do ouro da mina de Fazenda Brasileiro..... | 61 |
| Figura 3.8- Circuitos originais de cianetação/adsorção - Linhas 1 e 2 | 63 |
| Figura 3.9- Circuitos modificados de cianetação/adsorção - Linhas 1 e 2 | 65 |
| Figura 3.10- Principais resultados da avaliação global do comportamento da usina..... | 72 |
| Figura 3.11- Curvas cinéticas cianetação/adsorção - teor de ouro no minério..... | 75 |
| Figura 3.12- Aplicação do método diferencial para determinação da equação cinética..... | 77 |
| Figura 3.13- Aplicação do método integral para determinação da equação cinética..... | 78 |
| Figura 3.14- Correlação empírica entre os teores de ouro no rejeito observados e calculados..... | 84 |
| Figura 3.15- Principais resultados do estabelecimento da correlação empírica..... | 86 |
| Figura 3.16- Principais resultados dos ensaios em bancada..... | 92 |
| Figura 3.17- Fluxograma proposto de cianetação/adsorção CIP para tratar 120 t/h de sólidos linhas 1 e 2 ..93 | |
| Figura 3.18- Fluxograma proposto de adsorção CIL para tratar 120 t/h de sólidos na linha 2..... | 94 |
| Figura 3.19- Resultados de aumento de produtividade | 97 |