

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO MAGNETÍTIPO DO DESERTO DE ATACAMA – COPIAPÓ – CHILE¹

Adriano Santos²
Fabrizio Bontempo³
Everaldo Teixeira⁴
Grazielle Gontijo⁵
Lucas Fazzion⁶

Resumo

Este trabalho apresenta algumas particularidades sobre o beneficiamento de minérios de ferro magnetíticos provenientes da região do deserto de Atacama – Chile. No trabalho estão descritos os detalhes do desenvolvimento de duas opções de rotas de processo para beneficiamento destes minérios. Uma rota de concentração a úmido através de operações de moagem, concentração magnética de média e baixa intensidade, remoagem e flotação visando obtenção de pellet feed. Outra rota de concentração a seco através de operações de britagem e concentração magnética a seco visando obtenção de *sinter feed*. Neste caso, uma boa correlação entre a recuperação mássica e o percentual de Ferro Magnético (Fe_{Mag}) das amostras foi obtida.

Palavras-chave: Magnetita; Separação magnética; Ferro magnético (Fe_{Mag}); Flotação.

CONCENTRATION ALTERNATIVES STUDIES FOR MAGNETITE ORE FROM ATACAMA DESERT – COPIAPÓ - CHILE -

Abstract

This paper presents some particularities about magnetite iron ore processing from the Atacama Desert region in Chile. The details of two different process routes for these ores are described here. Wet concentration route: grinding, magnetic concentration, regrinding and flotation operations were used for produce pellet feed. Dry concentration route: crushing and dry low intensity magnetic concentration operations were used to produce Sinter Feed (<6.35 mm). For this case, a good correlation between weight recovery and magnetic iron content (Fe_{Mag}) was obtained.

Key words: Magnetite; Magnetic separation; Magnetic iron (Fe_{Mag}); Flotation.

¹ Contribuição técnica ao 43º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 14º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 1º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 1 a 4 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Engº de Minas, MSc, Coordenador Desenvolvimento Tec.. MMX Mineração e Metálicos S/A, Belo Horizonte, MG, Brasil.

³ Engº. de Minas, Gerente Desenvolvimento Tecnológico, MMX Mineração e Metálicos S/A, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁴ Engº. de Minas, Engº Especialista Processo. MMX Mineração e Metálicos S/A, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁵ Engª Química, Engº Pleno Processo. MMX Mineração e Metálicos S/A, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁶ Engº de Minas, Engº Pleno Processo. MMX Mineração e Metálicos S.A, Belo Horizonte, MG, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado com amostras provenientes de furos de sondagem diamantada e rotoperfuração realizados nos complexos de Patrícia e Fortuna, localizados no deserto de Atacama, próximo a cidade de Copiapó, região centro norte do Chile.

Estes depósitos estão localizados ao longo do chamado Cinturão de Ferro do Chile e são formados por corpos de magnetita, disseminados em veios, lentes ou corpos irregulares controlados estruturalmente por falhas transcorrentes paralelas à direção do corpo mineral.⁽¹⁾

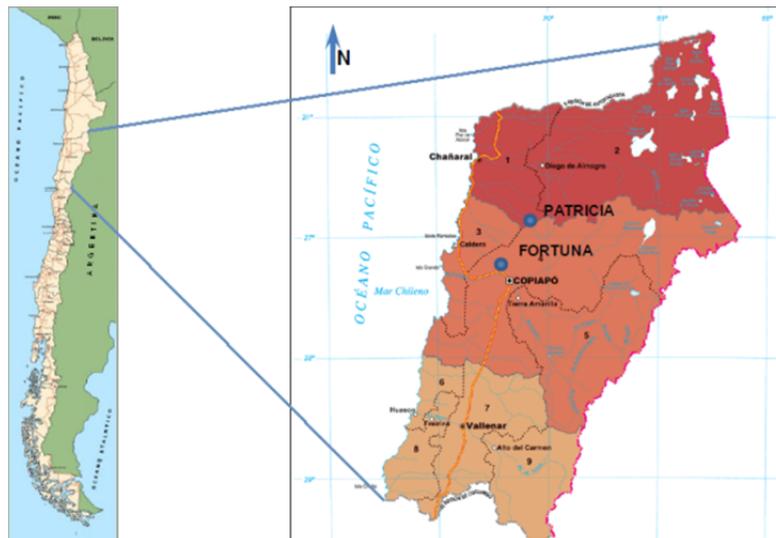


Figura 1. Localização dos depósitos de Patrícia e Fortuna.

Diferentemente dos depósitos de itabiritos hematíticos, estes depósitos são modelados geologicamente não só pelo teor de Fe total, mas, principalmente, pelo percentual de Fe apenas de origem magnetítica. O percentual de ferro magnético (Fe_{Mag}) é normalmente determinado em ensaios de bancada realizados em um equipamento denominado Tubo Davis (TD).

O teste consiste em passar pequenas amostras (30g, aproximadamente) por um tubo sob agitação e com vazão de água controlada. Em determinado ponto, está presente um eletroímã que gera o campo magnético e atrai as partículas magnéticas.⁽²⁾

O percentual de Fe_{Mag} da amostra é determinado pelo produto da recuperação mássica e o percentual de Fe total no concentrado do ensaio em Tubo Davis.

$$Fe_{Mag} = Rec\ Massa\ TD \times \% Fe\ conc\ TD$$

Esta determinação é importante em função da extensa cadeia mineralógica destes depósitos, onde se destacam como principais minerais de ganga os grupos do plagioclásio (alumínio silicatos com Na e Ca) e grupos do Anfibólio e do Epidoto (alumínio silicatos ferríferos com Na e Ca).

As rotas de processo desenvolvidas para estas amostras foram escolhidas, principalmente, em função da alta suscetibilidade magnética do mineral minério destas amostras.

Para a rota a úmido, o objetivo foi a obtenção de pellet feed com percentual de Fe no concentrado entre 67% e 69%. Já no caso da rota a seco, o objetivo foi a obtenção de sinter feed com % de Fe no concentrado entre 60% e 62%.

No caso da rota a seco, a escolha se deu em função da dificuldade de obtenção de água para uso industrial na região onde estão localizados os depósitos. Além, é claro, da significativa redução de CAPEX do projeto de uma planta a seco onde não são necessárias estruturas de barragem e tubulações de água e mineroduto.

Historicamente, é conhecido que algumas pequenas mineradoras na região do Atacama já utilizaram esta técnica com sucesso aproveitando a característica de baixa umidade do minério "in situ".

A separação magnética a seco é utilizada como alternativa à concentração a úmido, em aplicações específicas. De acordo com Sampaio e Luz,⁽³⁾ existem aplicações utilizando equipamentos com campo magnético variando de 600G até 10.000G e para diferentes materiais ferromagnéticos e paramagnéticos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste trabalho foram provenientes de furos de sonda realizados pela equipe de geologia da MMX nos depósitos de Patrícia e Fortuna.

A amostra do depósito de Patrícia foi composta por 12 toneladas de testemunhos de furos de sonda diamantada. Para esta amostra, foi desenvolvida uma rota à úmido para obtenção de pellet feed. Detalhes do fluxograma de processo testado serão apresentados na Figura 3.

Nesta amostra, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- ímãs de mão de 800, 1.200 e 4.000 Gauss;
- tubo Davis do fornecedor Inbràs;
- célula Denver de flotação de 4l, com rotação de 1.400 RPM, vazão de ar de 5l/min e 20% de sólidos;
- moinho de bolas (12" x 8");
- separadores magnéticos de baixa intensidade (800 e 1.500 Gauss); e
- separador magnético (WDRE) de média intensidade (7.000 Gauss).

Os ensaios em Tubo Davis foram realizados segundo metodologia desenvolvida por Carvalho et al.,⁽⁴⁾ que definiu através de planejamento estatístico, as melhores condições de operação para amostras de minério de ferro provenientes destes depósitos:

- peso da amostra: 20 g;
- granulometria: máximo 5% > 200#;
- inclinação do tubo: 45° em relação ao plano horizontal;
- velocidade de agitação do tubo 50 Hz;
- vazão de água 1l/min;
- tempo de teste: 10 min; e
- intensidade do campo magnético: 1000 Gauss.

Para os testes de concentração magnética a seco em escala piloto, realizados com as amostras do depósito de Fortuna, foi utilizado um tambor magnético (36" x 72"), com 03 revestimentos distintos de borracha de forma a atingir os campos de 1.000, 1.200 e 1.400 Gauss na superfície do revestimento. Foram também variadas as rotações do rolo em 15, 45 e 50 RPM. Na Figura 4 é possível ver os detalhes do fluxograma testado.

Foram conduzidos 135 testes sendo:

- 27 testes rougher (1.000, 1.200, 1.400 Gauss) com rotação de 15 RPM;
- 54 testes scavenger (1.200 e 1.400 Gauss) com rotação de 45 RPM; e
- 54 testes cleaner (1.200 e 1.400 Gauss) com rotação de 50 RPM.



Figura 2. Detalhes dos revestimentos e do moto-reductor para variação da velocidade do tambor magnético.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rota a úmido - Amostra proveniente do Depósito de Patrícia

3.1.1 Características da amostra

A Tabela 1 apresenta os resultados de caracterização química e mineralógica da amostra de Patrícia.

Tabela 1. Resultado de análise química e mineralógica da amostra proveniente de Patrícia

Mineralogia	% Peso	Química	%
Magnetita	37,2	Fe	21,0
Quartzo	1,4	SiO ₂	41,1
Plagioclásio	16,1	Al ₂ O ₃	11,3
Epidoto	10,9	P	0,14
Anfibólio	16,4	Mn	0,07
Clorita	5,2	CaO	6,0
Dolomita	3,2	MgO	3,9
Moscovita/Sericita	2,5	Na ₂ O	4,0
Hematita microcristalina	0,6	TiO ₂	0,7
Hematita lobular	4,1	K ₂ O	0,3
Hematita em Martita	0,9	PPC	1,7
Outros	1,5	FeO	9,3

3.1.2 Relação entre a mineralogia e o Fe_{Mag} determinado em Tubo Davis

A Tabela 2 apresenta o resultado de ensaio de Tubo Davis, com o qual é possível correlacionar o Fe Total com o Fe_{Mag} calculado pelo resultado do ensaio. Neste caso, o resultado mostra que 68% do Fe total da amostra provém de magnetita.

Tabela 2. Resultado de ensaio de Tubo Davis com amostra proveniente da região de Patrícia

	%
Fe	21,0
Fe (conc. TD)	49,2
Rec Massa TD	29,1
Fe _{Mag}	14,3
Fe_{Mag}/Fe total	68,1

Pela análise estequiométrica dos minerais portadores de Fe (Tabela 3), foi possível observar que a análise mineralógica corrobora com o resultado do ensaio de Tubo Davis, apontando também que cerca de 70% do Ferro total provém da magnetita.

Tabela 3. Determinação da contribuição da magnetita no percentual de Fe total da amostra via cálculo estequiométrico

ROM - Patrícia - Contribuição dos minerais de Fe no % de Fe Total	
Mineral	Distribuição Fe (%)
Magnetita	70,6
Anfibólio	10,8
Epidoto	6,9
Clorita	1,6
Hematitas	10,2

3.1.3 Resultados dos testes em escala piloto e bancada

Testes exploratórios de ímã de mão foram realizados em diferentes campos e frações granulométricas com alíquotas da amostra de Patrícia. Os resultados desses testes, apresentados na Tabela 4, demonstraram que dificilmente seria possível obter concentrado final na especificação desejada apenas com separação magnética.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de ímã de mão

Faixa	Fluxo	Campo (Gauss)	Fe	SiO₂	Al₂O₃	P	CaO	MgO	FeO	Rec. Mássica	Rec. Fe
-3,35mm	Al.	4.000	19,2	41,7	11,2	0,144	5,8	4,0	5,8	100,0%	100,0%
	Conc.		27,1	36,4	9,4	0,105	4,0	2,9	9,4	64,2%	90,7%
	Rej.		5	51,5	12,7	0,266	8,3	6,4	1,9	35,8%	9,3%
-3,35mm	Al.	1.200	19,2	41,7	11,2	0,144	5,8	4,0	5,8	100,0%	100,0%
	Conc.		28,2	35,6	9,3	0,098	3,9	2,8	9,7	61,0%	90,0%
	Rej.		4,9	51,9	13,2	0,245	8,2	6,2	1,9	39,0%	10,0%
-0,150mm	Al.	4.000	19,2	41,7	11,2	0,144	5,8	4,0	5,8	100,0%	100,0%
	Conc.		34,1	31,8	8,3	0,066	3,2	2,2	11,3	51,0%	91,0%
	Rej.		3,7	53,2	14,0	0,261	8,1	6,3	1,4	49,0%	9,0%
-0,150mm	Al.	800	19,2	41,7	11,2	0,144	5,8	4,0	5,8	100,0%	100,0%
	Conc.		41,3	25,9	6,8	0,039	2,5	1,8	13,0	36,0%	77,0%
	Rej.		6,9	50,9	13,4	0,224	7,2	5,7	2,6	64,0%	23,0%
-0,044mm	Al.	800	19,2	41,7	11,2	0,144	5,8	4,0	5,8	100,0%	100,0%
	Conc.		44,9	21,4	5,6	0,076	3,0	2,0	15,0	37,0%	85,0%
	Rej.		4,4	54,5	14,1	0,194	7,0	5,6	1,9	63,0%	15,0%
-0,038mm	Al.	800	19,2	41,7	11,2	0,144	5,761	3,973	5,76	100,0%	100,0%
	Conc.		49,5	18,3	4,9	0,039	2,102	1,308	16,58	32,0%	83,0%
	Rej.		4,8	52,9	13,9	0,21	7,2	5,379	2	68,0%	17,0%

O fluxograma na Figura 3 ilustra as operações testadas em escala piloto e bancada (caso da flotação) com a amostra proveniente de Patrícia.

Com o intuito de se reduzir o consumo energético na moagem, foi utilizada uma separação magnética “cobbing” com a alimentação da moagem primária na fração < 3,35 mm.

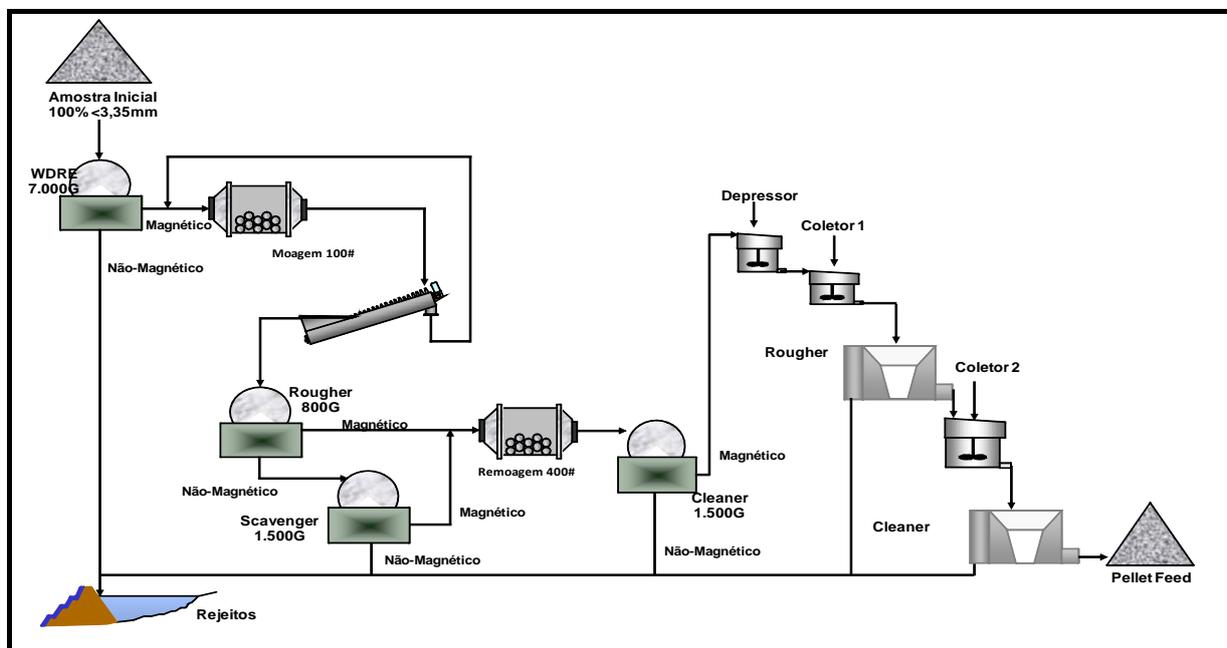


Figura 3. Fluxograma de processo testado com a amostra de Patrícia.

A Tabela 5 resume as características químicas e recuperações dos principais pontos da rota testada em escala piloto. Conforme indicado nos testes de ímã de mão não se obteve concentrado na especificação desejada apenas com separação magnética, mesmo com a amostra já remoída em P90 < 0,038 mm.

Tabela 5. Balanço de massas/metalúrgico dos ensaios com amostra de Patrícia

Etapa	Fluxo	% Fe	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%PPC	% FeO	Rec. Massa (% ROM)	Rec. Fe (% ROM)
DESBASTE - WDRE (7.000 Gauss)	Alimentação Nova	21,0	41,1	11,3	1,6	9,3	100,0%	100,0%
	Mag.	24,9	39,4	10,9	0,9	10,1	77,8%	92,8%
	Não Mag.	6,7	47,1	12,7	4,0	4,4	22,2%	7,2%
MOAGEM (100#)	Descarga Moinho	26,9	37,7	10,4	0,7	11,3	110,3%	143,6%
	UF Classificador	32,6	32,7	9,2	0,1	13,3	32,5%	50,8%
	OF Classificador	24,9	39,4	10,9	0,9	10,4	77,8%	92,8%
ROUGHER (800 Gauss)	Alimentação RG	24,9	39,4	10,8	0,9	11	77,8%	92,8%
	Magnético	41,5	26,2	7,3	0,1	16,4	16,3%	32,0%
	Não Mag.	20,5	42,9	11,8	1,1	9,5	61,5%	60,8%
SCAVENGER (1.500 Gauss)	Alimentação SCV	20,1		11,9	1,1	8,6	61,5%	60,8%
	Mag.	38,2	29,2	8,1	-0,4	15,1	26,5%	48,0%
	Não Mag.	7,6	52,9	14,5	2,3	4,2	35,0%	12,8%
RESUMO (PRÉ-CONCENTRAÇÃO)	Pré Conc. Mag.	39,0	28,4	7,9	-0,2	15,4	42,8%	80,0%
	Rej. Não-Mag.	7,2	50,6	13,8	2,9		57,2%	20,0%
REMOAGEM (400 #) e CONCENTRAÇÃO (1.500 Gauss)	Alimentação RG	39,0	28,4	7,9	-0,2		42,8%	80,0%
	Mag.	58,8	10,8	2,9	-2,2	22,8	25,9%	72,9%
	Não Mag.	8,7	55,5	15,5	2,8	4,16	16,9%	7,1%

Pela mineralogia anteriormente apresentada, mostrando quase que total ausência de quartzo como contaminante, foram testados vários coletores de diferentes fornecedores e em diferentes condições de pH e % de sólidos.

A Tabela 6 apresenta os melhores resultados que só foram obtidos com baixo % de sólidos na alimentação da flotação e através de combinação de coletores dosados em conjunto ou intercalados nas etapas rougher e cleaner e em diferentes condições de pH.

Tabela 6. Resultados dos testes de flotação em bancada

Teste	% sólidos	Amido (g/t)	Amina (EDA) (g/t)	Flotigam K2C (g/t)	Espumante (g/t)	Lilafлот D817M (g/t)	pH	Fe (%)	Rec. Mas. na Etapa	Rec. Fe na Etapa
Alim.								58,8	100,0%	100,0%
Conc. RG		600	75	150	25	-	10,5	63	82,0%	87,8%
Rej. RG	20%							39,7	18,0%	12,2%
Conc. CL		-		-	-	150	7,5	66,9	77,7%	82,5%
Rej. CL								49,4	4,3%	5,3%
Conc. RG		600	150	-	25	-	10,5	63,3	83,7%	90,1%
Rej. RG	20%							35,7	16,3%	9,9%
Conc. CL		-	-	-	-	150	7,5	66,7	81,3%	85,7%
Rej. CL								48,5	2,4%	4,4%

Os resultados indicam que é possível obter *pellet feed* na especificação desejada. Entretanto, sugerem-se mais estudos de flotação em bancada para garantia da qualidade do concentrado final.

3.2 Rota a seco - Amostras provenientes do Depósito de Fortuna

3.2.1 Características das amostras

A Tabela 7 apresenta as características químicas (% Fe total e Fe_{Mag}) e granulométricas das amostras recebidas.

Tabela 7. Fe total, Fe_{Mag} e granulometria das amostras de Fortuna

Alimentação	%Fe	%Fe _{Mag}	-25,0+3,35mm	-6,3+3,35mm	-3,35mm
PILHA 1	17,24	8,5	2,89	23,7	73,4
P. Global	13,73	6,27	2,06	27,9	70,1
Pilha 3	17,6	7,67	3,99	28,8	67,2
Pilha 4	28,1	11,43	5,28	28,4	66,3
Pilha 5	8,71	3,56	3,67	23,0	73,3
Pilha 6	24,1	8,3	7,27	30,2	62,5
PILHA 1 (RM>15 Fe <20)	18,3	10,61	1,92	22,2	75,9
PILHA 1 (RM>15 Fe >20)	30,1	17,42	5,22	29,1	65,7
PILHA 1(RM<15 Fe >20)	26,5	8,28	3,43	27,4	69,2

Todas as amostras foram selecionadas de furos de sondagem rotopercussiva da campanha de sondagem da MMX - CHILE nas pilhas controladas de estéril do complexo de Fortuna.

A Pilha 1, por se tratar do maior recurso, foi dividida em três composições separadas pelos critérios de percentual de Fe e recuperação mássica obtida nos ensaios de

Tubo Davis. A amostra “P. Global” se refere á várias sub-amostras diferentes de todas as pilhas que compuseram esta amostra. Para realização dos testes todas as amostras foram britadas e reduzidas à 100% < 6,35 mm.

3.2.2 Resultados dos testes em escala piloto

A Figura 4 apresenta o fluxograma de processo testado.

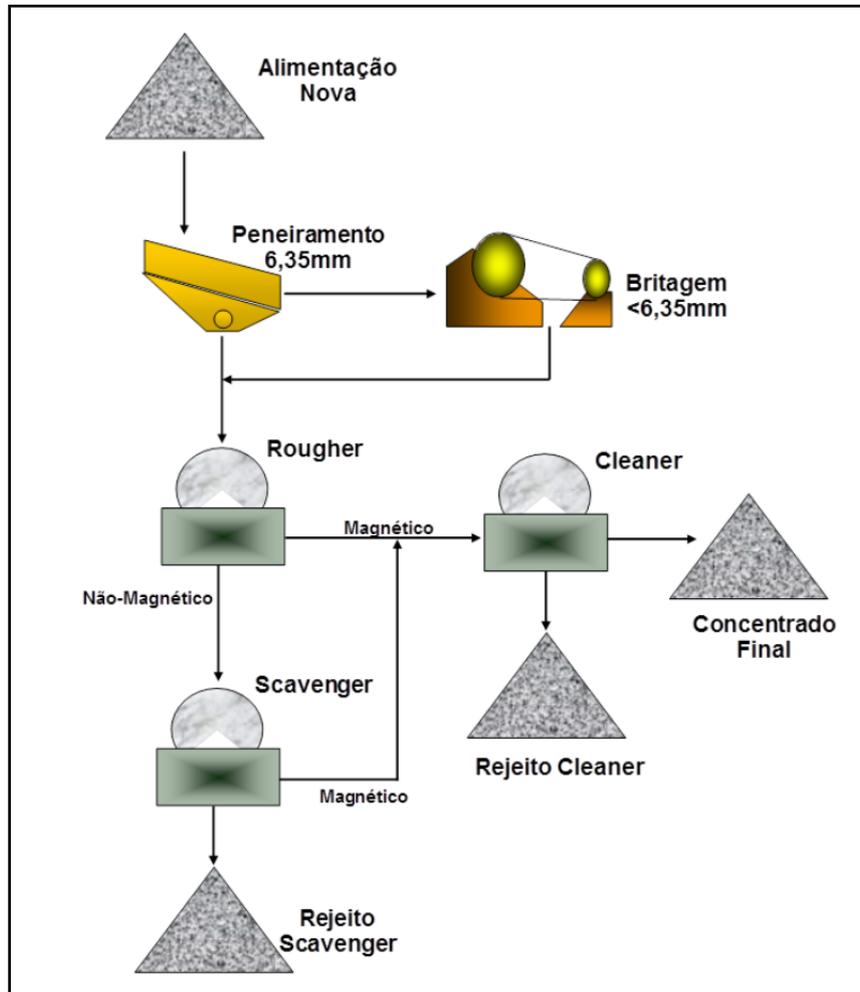


Figura 4. Fluxograma de processo a seco testado com a amostra de Patrícia.

A Tabela 8 apresenta o fechamento do balanço de massas/metalúrgico com os melhores resultados obtidos para cada uma das 09 amostras.

Tabela 8. Balanço de massas e metalúrgico dos testes de concentração magnética a seco

ALIM. NOVA					ETAPA ROUGHER					
Fluxo	Alim. Nova %Fe	Alim. Nova %Fe Mag	Campo (Gauss)	Rotação rpm	Conc. RG %Fe	Conc. RG Dist Massa (%)	Conc. RG Dist Fe (%)	Rej. RG %Fe	Rej. RG Dist Massa (%)	Rej. RG Dist Fe (%)
Pilha 1	17,2	8,5	1200	15	50,9	13,4	39,6	12,0	86,59	60,4
P. Global	13,7	6,3	1200	15	54,8	15,1	60,3	6,4	84,9	39,7
Pilha 3	17,6	7,7	1200	15	57,8	13,9	45,7	11,1	86,1	54,3
Pilha 4	28,1	11,4	1200	15	55,1	25,1	49,3	19	74,9	50,7
Pilha 5	8,7	3,6	1400	15	49,4	11,3	63,9	3,6	88,7	36,1
Pilha 6	24,1	8,3	1400	15	52,8	28,6	62,7	12,6	71,4	37,3
P1 RM>15 Fe <20	18,3	10,6	1400	15	50,6	21,2	58,7	9,6	78,8	41,3
P1 RM>15 Fe >20	30,1	17,4	1400	15	47	39,6	61,8	19	60,4	38,2
P1 RM<15 Fe >20	26,5	8,3	1400	15	54,1	22,9	46,8	18,3	77,1	53,2

ETAPA SCAVENGER										
Fluxo			Campo (Gauss)	Rotação rpm	Conc. SCV %Fe	Conc. SCV Dist Massa (%)	Conc. SCV Dist Fe (%)	Rej. SCV %Fe	Rej. SCV Dist Massa (%)	Rej. SCV Dist Fe (%)
Pilha 1			1200	45	29,4	1,9	3,3	11,6	84,7	57,1
P. Global			1200	45	31,5	2,7	6,2	5,6	82,2	33,5
Pilha 3			1200	45	35,2	1,7	3,4	10,6	84,4	50,9
Pilha 4			1200	45	42,7	2,5	3,8	18,2	72,4	46,9
Pilha 5			1400	45	18,2	0,3	0,7	3,4	88,4	35,4
Pilha 6			1400	45	40,6	1,6	2,7	11,9	69,8	34,6
P1 RM>15 Fe <20			1400	45	31,2	1,8	2,9	9,1	77,0	38,4
P1 RM>15 Fe >20			1400	45	44,0	1,3	1,9	18,5	59,2	36,3
P1 RM<15 Fe >20			1400	45	42,9	1,7	2,8	17,7	75,4	50,4

ETAPA CLEANER										
Fluxo	Conc. CL %Fe Mag	Rej. CL %Fe Mag	Campo (Gauss)	Rotação rpm	Conc. CL %Fe	Conc. CL Dist Massa (%)	Conc. CL Dist Fe (%)	Rej. CL %Fe	Rej. CL Dist Massa (%)	Rej. CL Dist Fe (%)
Pilha 1	56,2	25,1	1200	50	62,1	6,4	23,2	38,1	8,9	19,7
P. Global	56,6	22,1	1200	50	61,8	8,3	37,6	42,0	9,5	28,9
Pilha 3	58,1	29,1	1200	50	63,7	7,2	26,3	48,1	8,4	23,0
Pilha 4	49,5	16,5	1400	50	60,7	13,9	30,1	47,2	13,7	23,0
Pilha 5	55,0	14,0	1200	50	61,8	5,5	38,8	36,8	6,1	25,8
Pilha 6	46,3	14,7	1400	50	59,2	11,2	27,5	48,1	19,0	37,9
P1 RM>15 Fe <20	57,5	25,9	1200	50	61,5	8,5	28,6	41,8	14,5	33,0
P1 RM>15 Fe >20	54,1	16,3	1400	50	59,2	18,9	37,2	36,3	22,0	26,5
P1 RM<15 Fe >20	53,5	14,3	1400	50	60,7	9,1	20,9	49,0	15,5	28,7

Observou-se que foi possível obter produto final com teor de Fe total de até 63,7% de Fe, atingindo assim, o objetivo inicial do trabalho.

Na Tabela 9 é possível observar a análise química, com os principais contaminantes de um dos concentrados finais obtidos.

Tabela 9. Análise química do concentrado final com principais contaminantes

Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	CaO	MgO
62,0	6,07	1,72	0,02	0,88	0,93

O gráfico da Figura 5, além de ilustrar de forma resumida os principais resultados dos testes, apresenta uma boa correlação entre os valores de Fe_{Mag} da alimentação dos nove testes e as suas respectivas recuperações mássicas.

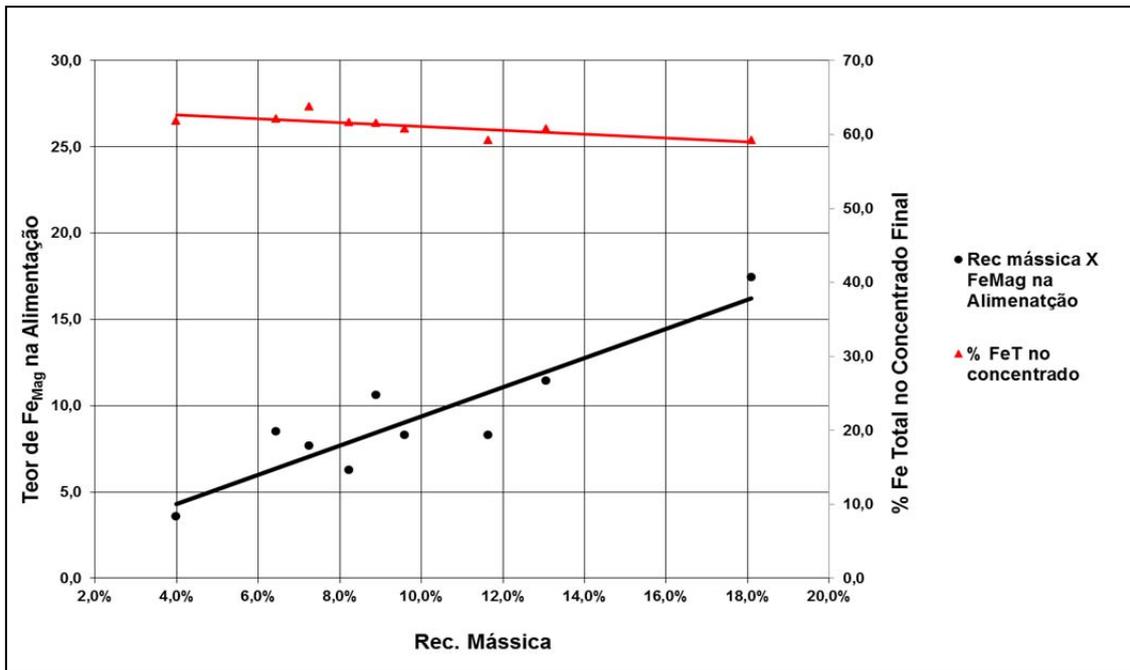


Figura 5. Correlação entre o teor de Fe_{Mag} determinado no Tubo Davis e a recuperação mássica dos testes RG/SCV/CL a seco.

4 CONCLUSÕES

Foi possível obter produtos nas especificações químicas premissadas nas duas rotas (a úmido e a seco) testadas com as duas amostras.

No teste piloto realizado a úmido, foi necessário introduzir uma etapa de flotação para atingir a especificação desejada (67-69 % de Fe) no concentrado.

Neste caso, a flotação só funcionou com mais de um coletor sendo adicionados misturados e/ou separadamente em estágios rougher e cleaner.

O Tubo Davis mostrou ser uma poderosa ferramenta para avaliação geometalúrgica de depósitos magnetíticos, podendo os seus resultados serem correlacionados com a prática industrial.

Os resultados obtidos com Tubo Davis apresentaram boa correlação com as análises mineralógicas e com os resultados de recuperações mássicas dos ensaios em escala piloto.

REFERÊNCIAS

- 1 PINCOCK, ALLEN & HOLT BRASIL, Scoping Study: Project Fortuna and Patricia. By Pires, D. L.; Amira, J.; Barbosa, C.; Aragaki, F. Belo Horizonte, 2013.
- 2 DAVIS, E. H e DAVIS, E. W. Pioneering with Taconite. Minnesota Historical Society Pr, St Paul, 2004.
- 3 SAMPAIO, J. A. e Luz, A.B. Separação Magnética e Eletrostática. In: Luz, A.B. et al. (Editores). Tratamento de Minérios, 4ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. cap 8, p. 305-335.
- 4 CARVALHO, M. A., et al. Uso de ferramentas estatísticas para desenvolvimento de teste padrão de concentração magnética In: 11º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro, 2010, Belo Horizonte . Anais.