

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais
Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais

Vítor Pereira Alves

IMPACTO DAS MELHORIAS NO CIRCUITO DA BRITAGEM NA LARGO
VANÁDIO DE MARACÁS

Belo Horizonte

2025

Vítor Pereira Alves

**IMPACTO DAS MELHORIAS NO CIRCUITO DA BRITAGEM NA LARGO
VANÁDIO DE MARACÁS**

Monografia de especialização apresentado à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Recursos Minerais.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Rodrigues da Silva

Belo Horizonte

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MINAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO MONOGRAFIA/ARTIGO

Aos vinte e três dias do mês de novembro do ano de dois mil e vinte e quatro, de 08h:00min às 11h:15min, o estudante Vitor Pereira Alves, matrícula 2023662278 defendeu o Trabalho intitulado “**IMPACTO DAS MELHORIAS NO CIRCUITO DA BRITAGEM NA LARGO VANÁDIO DE MARACÁS**”.

Participaram da banca examinadora os professores abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar, assinam eletronicamente a presente ata.

Nota: 95

Situação: Aprovado

Orientador: Professor Gilberto Rodrigues da Silva

Examinador: Professor Luciano Fernandes Magalhães

Examinadora: Professora Geriane Rocha Macedo



Documento assinado eletronicamente por **Gilberto Rodrigues da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 15/01/2025, às 19:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Fernandes de Magalhães, Professor(a)**, em 16/01/2025, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Geriane Macedo Rocha, Professora do Magistério Superior**, em 17/01/2025, às 20:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3811347** e o código CRC **F43D1825**.

INSTRUÇÕES

Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.

À Cecília e Ísis, minhas estrelas.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Professor Gilberto Rodrigues, pela orientação precisa, dedicação e ensinamentos valiosos, que foram essenciais para a construção deste trabalho.

À empresa Largo, pelo incentivo e parceria fundamentais para a realização deste trabalho, demonstrando que o conhecimento aplicado pode transformar realidades.

Agradeço, antes de tudo, às minhas filhas Cecília e Ísis, que são minha maior fonte de inspiração e motivação. Que este seja um pequeno exemplo de que o conhecimento e a dedicação nos levam sempre adiante.

À minha esposa Maylane, pelo amor, apoio incondicional e paciência em cada etapa desta jornada. Sua presença ao meu lado tornou tudo mais leve e possível.

Aos meus pais, irmãos e toda a minha família, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a seguir em frente, mesmo diante dos desafios.

RESUMO

Devido às crescentes demandas de processamento de minério com eficiência e menor impacto operacional, o presente trabalho apresenta as ações implementadas pela Largo Vanádio de Maracás (LVMSA) para aumentar a produtividade da sua operação de britagem. As primeiras intervenções realizadas consistem na instalação de uma peneira vibratória tipo banana e de um britador cônico Sandvik CH440 com sistema de regulação automática de abertura, além da implementação de um circuito de separação magnética a seco. Essas mudanças resultaram em uma melhoria significativa no desempenho do circuito de britagem, permitindo a separação mais eficiente de minérios de diferentes teores de magnetita e contribuindo para um aumento de 39,8% na alimentação de minério britado em 2024. Além disso, ajustes na razão de carga de explosivos durante as detonações melhoraram a fragmentação das rochas e reduziram os eventos de engaiolamento dos britadores primários. O uso de sistemas automáticos de regulação de abertura no britador cônico também otimizou o controle operacional. Essas ações coletivas resultaram no crescimento de 19,6% na produção total, mesmo com a introdução de rejeitos secos pelo circuito de separação magnética. O estudo reforça a importância da inovação tecnológica e da otimização de processos para alcançar maior eficiência operacional na mineração.

Palavras-chave: Minério de Vanádio; Peneira Banana; Britadores Cônicos; Razão de Carga; Separadores Magnéticos

ABSTRACT

Due to the increasing demands for efficient ore processing with reduced operational impact, this paper presents the actions implemented by Largo Vanádio de Maracás (LVMSA) to enhance the productivity of its crushing operation. The first interventions were carried out consist of the installation of a banana-type vibrating screen and a Sandvik CH440 cone crusher with an automatic setting regulation system, as well as the implementation of a dry magnetic separation circuit. These changes significantly improved the crushing circuit's performance, enabling more efficient separation of ores with varying magnetite content and contributing to a 39.8% increase in crushed ore feed in 2024. Additionally, adjustments in the explosive charge ratio during rock blasting improved fragmentation and reduced primary crusher blockages. The use of automatic setting regulation systems in the cone crusher also optimized operational control. These collective actions resulted in a 19.6% growth in total production, despite the introduction of dry tailings through the magnetic separation circuit. The study emphasizes the importance of technological innovation and process optimization to achieve greater operational efficiency in mining.

Keywords: Vanadium Ore, Banana Screen, Cone Crusher, Charge Ratio, Magnetic Separation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma da planta industrial da LVMSA [3].....	11
Figura 2: Circuito original da Britagem 340 (a) e Instalação da peneira banana e substituição do britador cônico com regulagem automática de abertura no circuito da Britagem 340 em julho (b) e retorno do britador cônico do circuito original após reforma em novembro (c) de 2023.	13
Figura 3: Relação entre a carga específica de explosivo em kg/m^3 e os tamanhos dos fragmentos de rocha de calcário (tamanho médio X_{50} (m), tamanho máximo X_{80} (m) e tamanho característico X_c (m)) [5].....	14
Figura 4: Peneira CBS-8'x20'DD instalada na Britagem 340 da LVMSA [8].	15
Figura 5: Histograma do comparativo entre a operação manual e automatizada de uma planta de britagem [10].....	16
Figura 6: Balanço de massa utilizado para dimensionamento do circuito da Britagem 340 após instalação do britador reformado.....	17
Figura 7: Evolução dos teores de magnetita na alimentação (azul) e produção (vermelho) nos anos de 2023/2024.	18
Figura 8: Dados e esquema de funcionamento do separador magnético à seco instalado no circuito da Britagem 340.....	19
Figura 9: Alimentação do circuito da Britagem 340 em 2023.....	19
Figura 10: Alimentação de minério na Britagem 340 nos últimos 12 meses.....	20
Figura 11: Evolução do tempo de paradas por engaiolamento na Britagem 350 e Britagem 340.....	20
Figura 12: Alimentação das Britagens nos anos de 2023 e 2024.....	21
Figura 13: Produção das Britagens nos anos de 2023 e 2024.	21

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	METODOLOGIA.....	12
2.1.	Razão de carga de explosivos	13
2.2.	Peneira vibratória tipo banana	15
2.3.	Britador cônico com regulagem automática de abertura	15
2.4.	Separação magnética a seco	17
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4.	CONCLUSÕES	22
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

A excelência operacional está relacionada com a forma como os ativos da empresa são otimizados [1]. Nas operações de uma planta de processamento mineral, a etapa de britagem é composta por operações e equipamentos que trabalham de forma contínua, cujo bom desempenho exige aprimoramentos e uma manutenção adequada. Nesse contexto, novas tecnologias contribuem para que a taxa de falhas seja reduzida e que ofereçam recursos que possibilitem uma gestão eficaz tanto da manutenção quanto da produção [2]. A Largo Vanádio de Maracás (LVMSA) é a única mineradora de vanádio das américas, estando situada no interior do estado da Bahia. Tal usina possui 14 operações unitárias conforme o fluxograma apresentado na Figura 1.

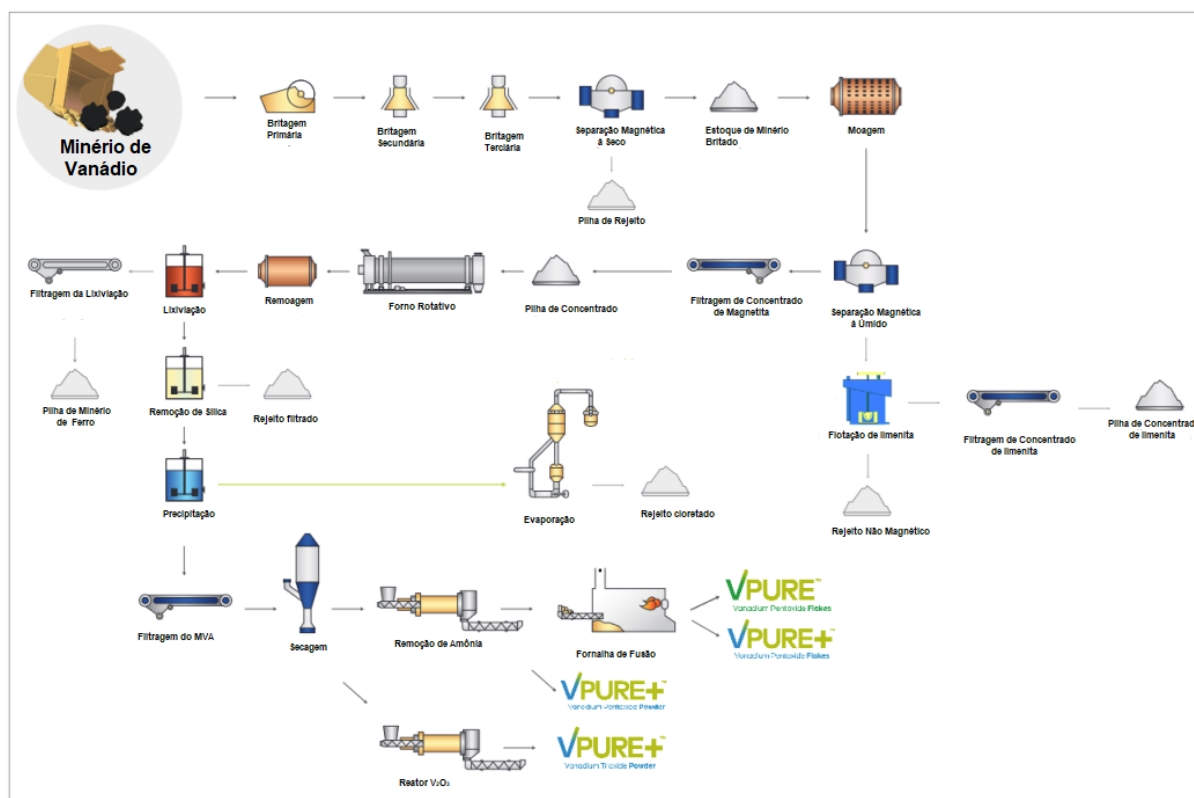


Figura 1: Fluxograma da planta industrial da LVMSA [3].

Nos primeiros anos de operação da mina, o circuito de britagem era composto por duas áreas denominadas como Britagem 340, setor que processava as rochas com maior teor de vanádio, e Britagem 350, setor que processava somente as rochas com menor teor de vanádio, possuindo assim uma operação de concentração com um separador magnético à seco. Nesse equipamento, o minério é alimentado sobre um tambor magnético em rotação, as

partículas magnéticas são transportadas para longe do fluxo de material, enquanto os minerais não magnéticos caem devido à gravidade e seguem uma trajetória diferente. Quando as partículas magnéticas passam por uma zona onde o campo magnético é mais fraco, elas são liberadas do tambor, completando o processo de separação.

Com a redução do teor de vanádio na cava atual, decorrente do avanço do desenvolvimento da mina, surgiram alguns desafios para a etapa de britagem, tornando-se necessário processar volumes maiores de ROM para cumprir o plano de produção, o que elevou significativamente a demanda sobre o circuito de britagem. Esse fato aumentou o desgaste dos equipamentos, como britadores e peneiras, e também elevou o consumo de energia, impactando diretamente os custos operacionais.

Outro problema associado à produtividade estava na ineficiência da separação e fragmentação das rochas, o que resultou em blocos de granulometria inadequada para os britadores. Isso não só aumenta a probabilidade de engaiolamentos, como também reduz a eficiência do processo de britagem, comprometendo a qualidade do produto. Para mitigar esses problemas, foram implementadas melhorias no circuito da britagem com intuito de elevar a confiabilidade e aderência ao plano de produção dos dois circuitos de britagens. O presente artigo tem como objetivo principal apresentar o impacto que a substituição da peneira vibratória e britador cônico, a instalação de um circuito de separação magnética à seco e mais um britador cônico e o aumento do fator de razão de carga de explosivo na operação do desmonte de rochas (implementadas entre julho de 2023 e junho de 2024) geraram na produtividade da britagem da LVMSA.

2. METODOLOGIA

Até julho de 2023 a LVMSA dividia a alimentação das suas duas operações de britagem conforme a qualidade do minério lavrado (ROM): o minério de menor teor de magnetita era processado na Britagem 350, enquanto o de maior teor era processado na Britagem 340. Para otimizar e elevar a robustez dos dois circuitos, uma vez que as operações de fragmentação apresentam significativo desgaste dos equipamentos, a empresa executou uma readequação da razão de carga de explosivos, ampliação do circuito da Britagem 340 através das instalações de uma peneira vibratória tipo banana e de dois britadores cônicos, sendo um com sistema automático de regulação de abertura, e um circuito de separação

magnética à seco. A partir dessas implementações, alcançou-se um salto de produção de minério britado na unidade. A Figura 2 ilustra essas mudanças.

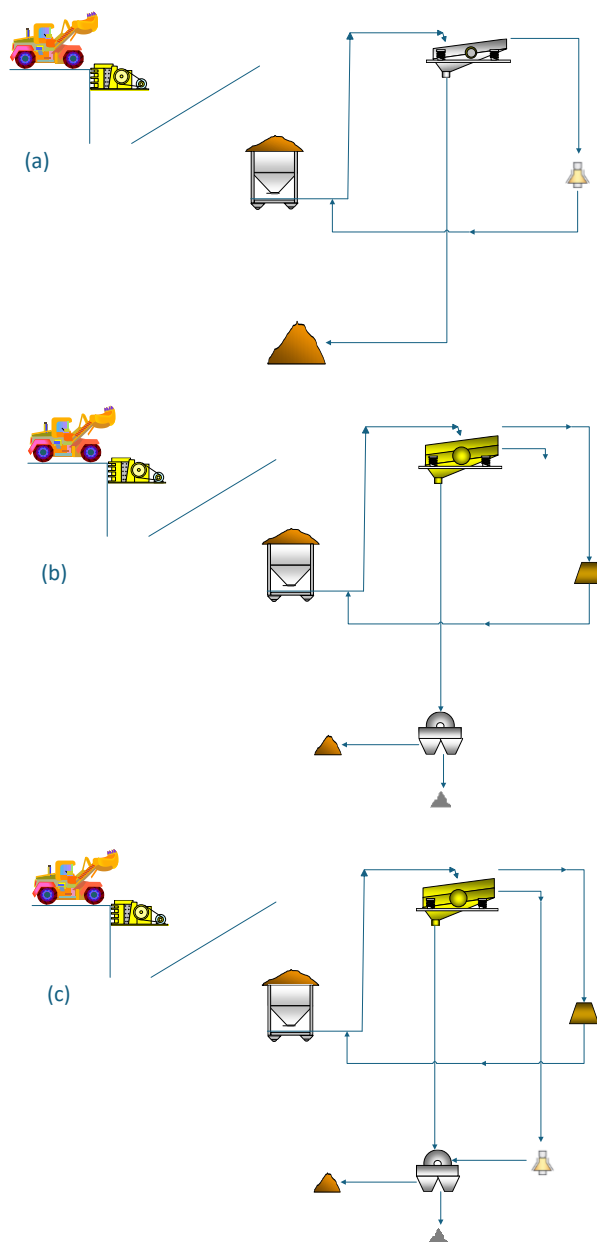


Figura 2: Circuito original da Britagem 340 (a) e Instalação da peneira banana e substituição do britador cônico com regulagem automática de abertura no circuito da Britagem 340 em julho (b) e retorno do britador cônico do circuito original após reforma em novembro (c) de 2023.

2.1. Razão de carga de explosivos

A granulometria de alimentação é um dos principais parâmetros na britagem primária. Caso essa for muito elevada, ocorrências de enguiolamento do britador podem ser frequentes,

o que conseqüentemente reduz a produtividade. Uma maneira de reduzir essas ocorrências é executar um trabalho de detonação das rochas de forma controlada. A razão de carga (R_c) é um conceito fundamental no desmonte de rochas com explosivos, representando a quantidade de explosivo necessária para fragmentar um volume específico de rocha, geralmente expressa em kg/m^3 ou kg/t . A R_c varia conforme o grau de fraturamento da rocha: quanto maior o fraturamento, menor a R_c . Para ajustar a fragmentação, é possível alterar as distâncias de afastamento e espaçamento na perfuração. O volume fragmentado por furo (V_f) é calculado multiplicando afastamento, espaçamento e altura da bancada, enquanto o volume total (V_t) é obtido multiplicando V_f pelo número de furos [4]. A Figura 3 evidencia um modelo matemático que explica a relação da porcentagem dos tamanhos das partículas com a razão de carga de explosivos em uma mina de calcário na Nigéria. Todas as equações mostraram que quanto maior a razão de carga, melhor a qualidade da fragmentação da rocha [5].

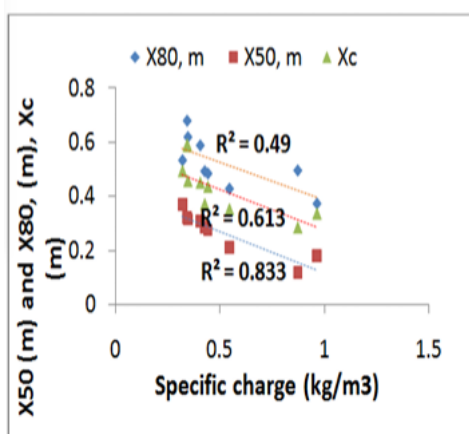


Figura 3: Relação entre a carga específica de explosivo em kg/m^3 e os tamanhos dos fragmentos de rocha de calcário (tamanho médio X_{50} (m), tamanho máximo X_{80} (m) e tamanho característico X_c (m)) [5].

Em janeiro de 2024, na LVMSA foi realizado um estudo similar e um melhor desmonte de rocha foi obtido quando o R_c saiu de 330 g/t para 400 g/t e, após a mudança para utilização de espoleta eletrônica e maior controle do fogo à partir de junho de 2024, foi possível reduzir a R_c para 370 g/t . Esse ajuste permitiu manter uma boa fragmentação, equilibrando os custos da mina, já que os explosivos para detonação representam 10% dos custos. Um ponto importante a ser considerado é que deve-se avaliar um valor otimizado para que a probabilidade de lançamento de fragmentos sejam as menores possíveis [6].

2.2. Peneira vibratória tipo banana

Uma etapa de classificação muito utilizada nas operações de britagem é o peneiramento, e atualmente a peneira vibratória tipo banana possui um sistema de absorção de vibração e de suporte de forças muito melhores do que as peneiras vibratórias tradicionais. A maioria dos componentes possui vida útil compartilhada com a peneira, o que resulta em baixa necessidade de manutenção, baixo consumo de energia e uma vida útil muito mais longa do que as peneiras vibratórias comuns [7].

A instalação de peneiras vibratórias com inclinação variável (tipo banana) no circuito da Britagem 340 consistiu em uma dessas mudanças. O modelo instalado foi uma METSO CBS-8'x20'DD Duplo deck com telas de 35 mm no deck superior e 13 mm no deck inferior. O objetivo da sua instalação foi possibilitar a separação por tamanho de 250 t/h de alimentação nova no circuito [8]. A Figura 4 mostra o modelo instalado.

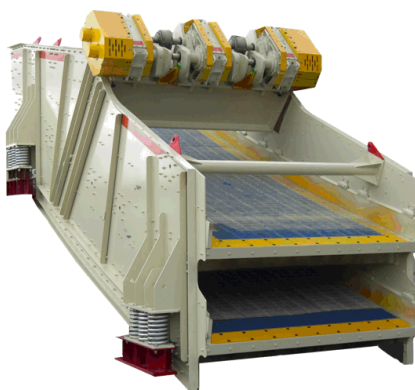


Figura 4: Peneira CBS-8'x20'DD instalada na Britagem 340 da LVMSA [8].

2.3. Britador cônico com regulagem automática de abertura

Falhas prematura no revestimento do bojo, danos na unidade hidráulica, entre outras falhas são comuns em britadores quando um não britável passa pelo circuito. Atualmente para evitar essas consequências nos britadores cônicos, utiliza-se um sistema de regulagem automática e inteligente de abertura do britador (ASRi), no qual pode-se trabalhar com o parâmetro de pressão constante. Assim, quando um não britável passar pelo britador, ele alivia imediatamente para não danificar o equipamento, garantindo uma maior disponibilidade e conseqüentemente uma maior produtividade.

O ASRi oferece opções avançadas de controle, permitindo tanto a manutenção de um ajuste específico quanto a operação em um nível de carga predeterminado. Esta última

configuração possibilita a compensação automática do desgaste e viabiliza a operação em condições que antes seriam consideradas impróprias para britadores cônicos. Além disso, dados sobre as condições operacionais podem ser enviados ao computador central, onde são utilizados para gerar estatísticas e servir como base para o planejamento de manutenção, solicitação de peças, entre outros [9]. Segundo um estudo conduzido na Finlândia, quando comparado à controles manuais, o circuito de britagem que possuem controles automáticos, apresentou uma melhor produtividade, menor carga circulante, menor consumo de energia específico, geração de uma maior receita e um menor custo de produção. Tais resultados podem ser observados na Figura 5 [10]. Na LVMSA foi instalado um britador cônico CH440 da Sandvik com sistema de regulagem automática de abertura. O britador possui capacidade de alimentação nova de 415 t/h com a abertura da posição fechada (APF) regulada em 23 mm e com grau de redução 3:1. Com a instalação da peneira tipo banana e do britador CH440, de acordo com o projeto, o circuito de Britagem 340 elevaria a taxa de alimentação em 178%, ou seja, de 90 t/h para 250 t/h. Foi realizado uma reforma estrutural e manutenção geral no britador cônico que inicialmente operava no circuito e à partir de novembro de 2023 o circuito passou a operar com 2 britadores cônicos dividido da seguinte forma: O britador com ASRi passou a ser alimentado com o *oversize* do deck superior (35 mm) e o britador reformado passou a ser alimentado com o *oversize* do deck inferior (13 mm). A Figura 2 representa as mudanças realizadas.

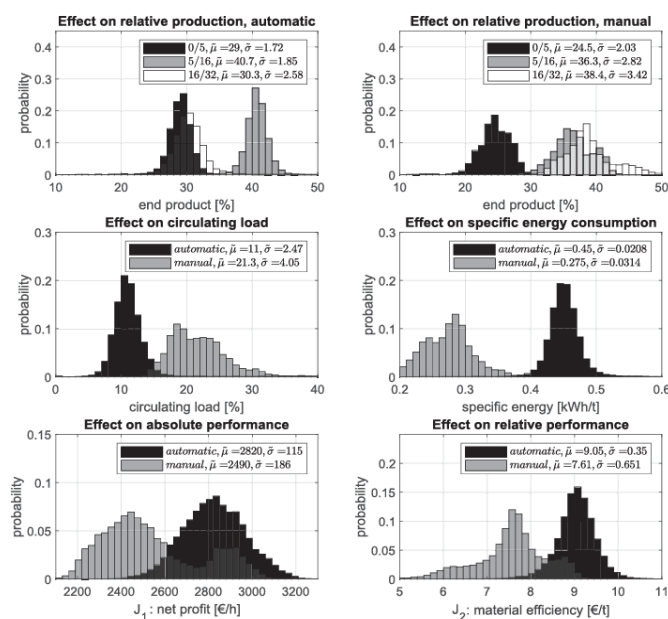


Figura 5: Histograma do comparativo entre a operação manual e automatizada de uma planta de britagem [10].

O balanço de massa utilizado para instalação do circuito com a peneira banana Metso e britador cônico CH440 está descrito na Figura 6.

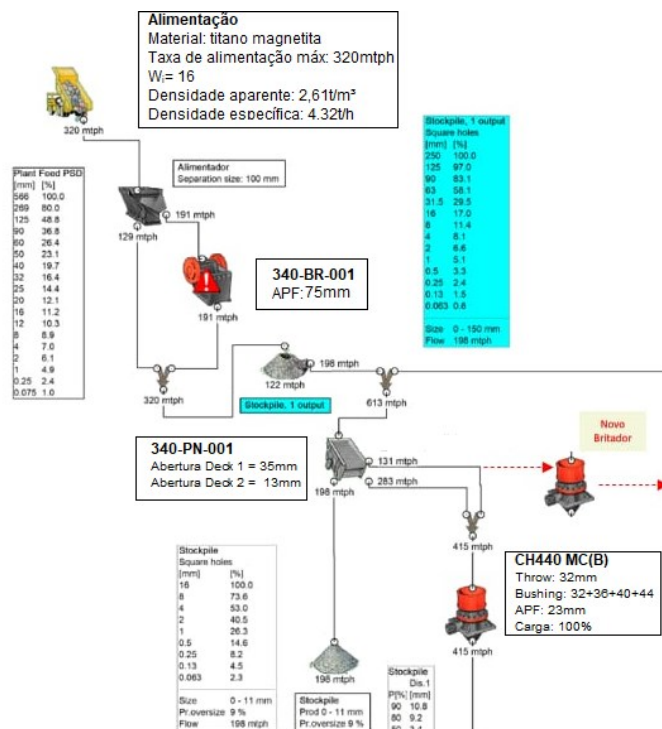


Figura 6: Balanço de massa utilizado para dimensionamento do circuito da Britagem 340 após instalação do britador reformado.

2.4. Separação magnética a seco

Nos depósitos localizados em regiões com escassez de água e com baixos teores de magnetita, um método comumente utilizado para concentração desse mineral é a separação magnética a seco (SMS), pois produz concentrado e rejeitos secos, oferecendo vantagens sobre o processo úmido [11].

Nas últimas décadas, vários tipos de separadores magnéticos a seco foram desenvolvidos e mostraram ser eficazes para a pré-concentração de minérios de ferro de baixo teor [12] [13] [14][15]. Na LVMSA, o vanádio está associado à estrutura da magnetita e para poder elevar a produtividade sem impactos na qualidade, possibilitando então que na Britagem 340 fosse capaz de processar rochas com teor de magnetita variando entre 7% (baixo teor) e 56% (alto teor), foi instalado um conjunto de dois separadores magnéticos a seco de tambor que funcionam com base em campos magnéticos de 1500 G gerados internamente no tambor. A Figura 7 mostra a evolução do teor médio de magnetita

alimentado e produzido no circuito da Britagem 340 enquanto a Figura 8 apresenta a folha de dados do processo, dados do separador magnético e esquema de funcionamento

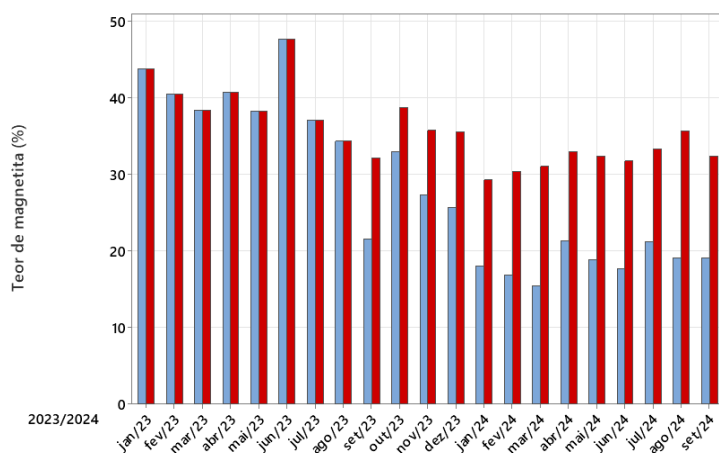


Figura 7: Evolução dos teores de magnetita na alimentação (azul) e produção (vermelho) nos anos de 2023/2024.

ITEM	DADOS
TIPO DE MATERIAL PROCESSADO	Minério de Vanádio com Magnetita
DENSIDADE APARENTE DO MATERIAL	3,48 t/m ³
MAGNÉTICOS CONTIDOS NO MINÉRIO	~50%
UMIDADE ESTIMADA DO MINÉRIO	2 a 3 %
GRANULOMETRIA DO MATERIAL	+1,0 mm -12,0 mm
ALIMENTAÇÃO DO TAMBOR – PROPOSTA (PARA 2 TAMBORES)	250,0 t/h
ALIMENTAÇÃO DO TAMBOR – ATUALMENTE (PARA 2 TAMBORES)	~140,0 t/h
MODELO DO SEPARADOR MAGNÉTICO	DFA-10 Ø36 x 120
NUMÉRO DE SÉRIE (INBRAS)	27.707/08 B
ROTAÇÃO NOMINAL	0 A 100 RPM

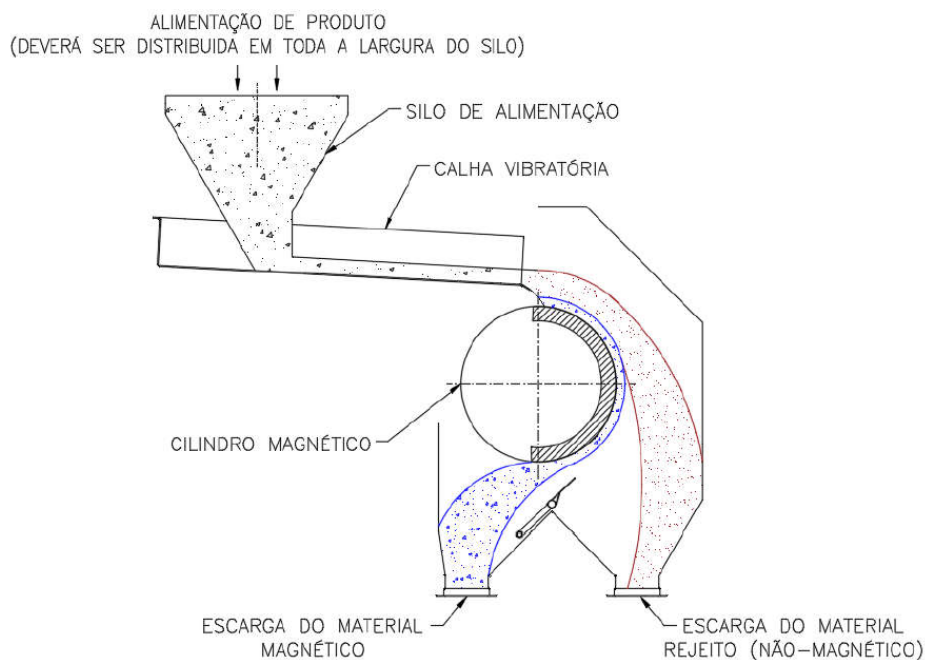


Figura 8: Dados e esquema de funcionamento do separador magnético à seco instalado no circuito da Britagem 340.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Comumente é esperado um período desafiador durante o comissionamento dos novos equipamentos no início de operação de novos circuitos. Contudo, observou-se uma melhora na produtividade a partir de setembro. A Figura 9 apresenta a evolução da alimentação do circuito da Britagem 340 ao longo do ano de 2023.

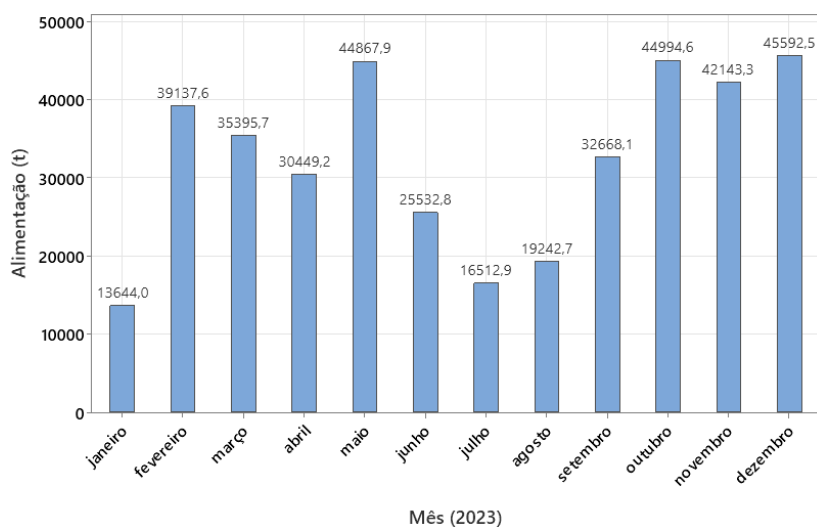


Figura 9: Alimentação do circuito da Britagem 340 em 2023.

Apesar de alcançar média de 44.243 t à partir de outubro, a produtividade não aumentou tanto quanto esperado, e para isso, foi instalado mais um britador cônico para poder dividir o fluxo do 1º e 2º deck da peneira possibilitando a redução da carga circulante de 209% para 145%. Essa redução de carga circulante permitiu que a taxa de alimentação subisse de 90 t/h para 160 t/h. A instalação do britador foi finalizada no fim de novembro de 2023 e com isso a alimentação da Britagem 340 aumentou consideravelmente. A Figura 10 mostra a alimentação da Britagem 340 nos últimos 12 meses.

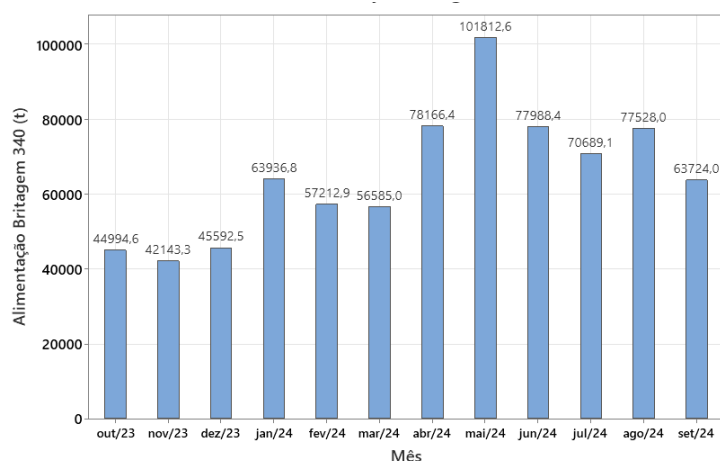


Figura 10: Alimentação de minério na Britagem 340 nos últimos 12 meses.

Em 2024, obteve-se na Britagem 340 uma média mensal de alimentação em 71.990 t, um resultado que representou um aumento 62,7% na alimentação quando comparado ao quarto trimestre de 2023.

Na Figura 11 é apresentado um outro excelente resultado obtidos nos dois circuitos de britagem devido ao aumento do razão de carga de explosivos no desmonte de rochas, implementado na mina de 330 g/t para 400 g/t, que foi a redução do tempo de paradas ocorridas nos dois circuitos de britagem causados por engaiolamento dos britadores primários. Apesar de junho de 2024 ter elevado o tempo quando comparado com maio, o principal fator dessa elevação do tempo foi a maior alimentação de matacões fragmentados por rompedores hidráulicos nesse mês.

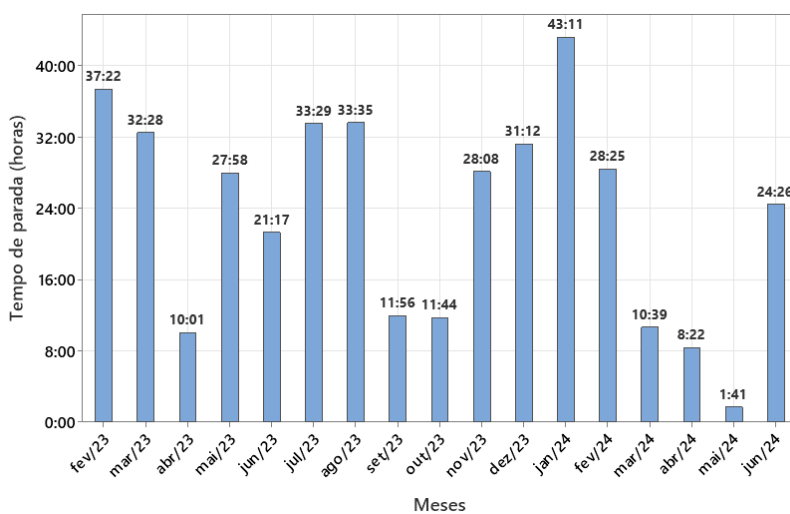


Figura 11: Evolução do tempo de paradas por engaiolamento na Britagem 350 e Britagem 340.

Essas melhorias nos dois circuitos das britagens foram responsáveis no aumento de 39,8% de alimentação do setor da britagem quando comparado o ano de 2024 com o de 2023, conforme apresentado na Figura 12.

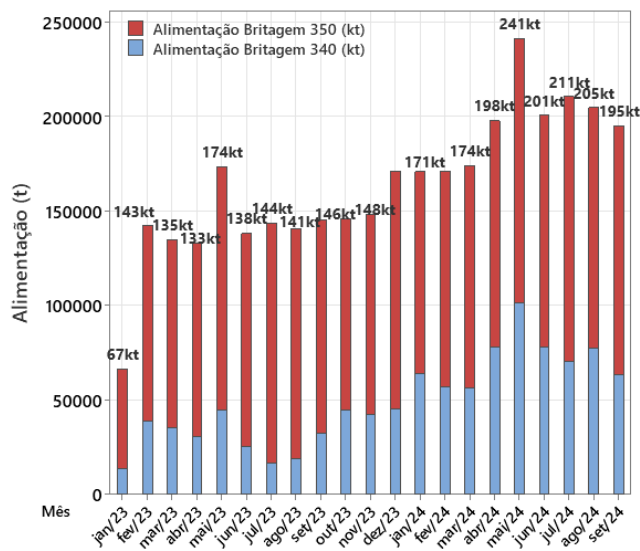


Figura 12: Alimentação das Britagens nos anos de 2023 e 2024.

Ao avaliar a produção da britagem na Figura 13, esse aumento foi menor, pois com a instalação de mais um circuito de separação magnética, agora os dois circuitos de britagens dispõem um rejeito seco dos separadores. Quando comparado com 2023, a produção foi 19,6% maior em 2024.

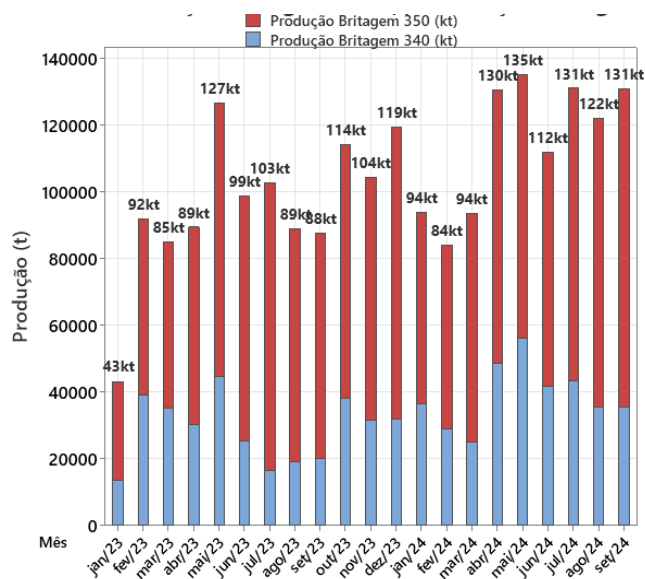


Figura 13: Produção das Britagens nos anos de 2023 e 2024.

4. CONCLUSÕES

As ações implementadas na unidade de britagem da Largo Vanádio de Maracás (LVMSA) foram fundamentais para otimizar a operação e aumentar a produtividade de forma significativa. A instalação de uma peneira vibratória tipo banana, o britador cônico com sistema de regulagem automática e o circuito de separação magnética a seco demonstraram ser soluções eficazes, proporcionando maior eficiência no processamento de minérios de diferentes teores de magnetita. Essas mudanças resultaram em um aumento expressivo de 62,7% na alimentação da Britagem 340 em 2024, e um crescimento de 39,8% no total de material processado em comparação com o ano anterior.

Além disso, o ajuste na razão de carga de explosivos para 370 g/t nas detonações contribuiu para uma fragmentação mais eficiente das rochas, o que reduziu a frequência de engaiolamentos nos britadores em 45,2% quando comparado com a razão de carga de 330g/t, melhorando a continuidade operacional.

Esses resultados destacam a importância de investir em tecnologia e otimização de processos para manter a competitividade e excelência operacional na indústria de mineração, garantindo maior eficiência e sustentabilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MONTENEGRO, I. **Excelência Operacional: O desafio da melhoria contínua**. São Paulo: Sobratema, 2007.
- [2] SACHS, P. F. T. **Cadeia de valor mineral e tecnologia da informação: alinhamento estratégico como gerador da eficácia em empresas de mineração**. Tese –Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- [3] RODRIGUEZ, P. C. FERREIRA, G. G. XAVIER, F. V. C. FERREIRA, M. S. **An updated life of mine plan (“lomp”) for campbell pit and prefeasibility study for nan and gan deposits**. Technical Report. GE21 Consultoria Mineral. Belo Horizonte, 2021.
- [4] ALMEIDA, S.L.M.; LUZ, A.B. **Manual de Agregados para Construção Civil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. 228 p.
- [5] TAIWO, B.O. **Effect of charge load proportion and blast controllable factor design on blast fragment size distribution**. Journal of Brilliant Engineering, Nigéria. v. 3, n. 3, p. 1-6, 2022.
- [6] AGYEI, G.; NKRUMAH, M. O. **A review on the prediction and assessment of powder factor in blast fragmentation**. Nigerian Journal of Technology, Nigéria. v. 40, n. 2, p. 275-283, 2021.
- [7] ZHENG, G.; ZHU, J.; XIA W.; LIU S. **Banana flip-flow screen benefits coal preparation**. Filtration + Separation, China. v.53, n.4,p.38-41,2016.
- [8] METSO. **Manual de instruções: Peneira vibratória modelo CBS-8'X20'DD**. Sorocaba Metso, 2018.
- [9] SVENSSON, A.; STEER, J. F. **New cone crusher technology and developments in comminution circuits**. Minerals Engineering, v. 3, n. 1-2, p. 83-103, 1990.
- [10] ITÄVUO, P.; VILKKO, M. **Size reduction control in cone crushers**. Minerals Engineering, Finland. v.173,2021.

- [11] YI,F., LIU,X., REN,X., ZENG,J.W., CHEN,L. **Centrifugal dry magnetic separation of fine magnetic minerals**. Powder Technology, v.439,2024.
- [12] BAAWUAH, E.; KELSEY, C.; ADDAI-MENSAH, J.; SKINNER, W. **Assessing the performance of a novel pneumatic magnetic separator for the beneficiation of magnetite ore**. Miner. Eng. 156, 2020.
- [13] ZHANG, H.F.; CHEN, L.Z.; ZENG, J.W.; DING, L.; LIU, J. **Processing of lean iron ores by dry high intensity magnetic separation**. Sep. Sci. Technol. 2015. 50 (11), 1689–1694.
- [14] ZHAO, H.L.; RAN, H.X.; WANG, X.M., WEI, H.G. **Development of a dynamic magnetic field separator**. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section). 2017. p. 5.