

## **Implantação do indicador de eficiência global de equipamentos – OEE em perfuratrizes de grande porte em uma mineradora**

**Implementation of the global equipment efficiency indicator - OEE in large drills in a mining company**

**Implementación del indicador global de eficiencia de equipos - OEE en perforaciones grandes en una empresa minera**

Recebido: 08/05/2022 | Revisado: 17/05/2022 | Aceito: 24/05/2022 | Publicado: 29/05/2022

**Moana Conceição Gonzaga Borges**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9081-104X>  
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: moanagborges@hotmail.com

**Leandro César Mol Barbosa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7186-5405>  
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: leandro.mol@ifmg.edu.br

**Natália Fernanda Santos Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9686-8573>  
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: natalia.pereira@ifmg.edu.br

**Germano Mendes Rosa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7290-674X>  
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: germano.rosa@ifmg.edu.br

### **Resumo**

Este trabalho retrata a obtenção do indicador de eficiência global (OEE), para duas perfuratrizes de grande porte, as quais estão em operação em uma empresa do ramo da mineração. O objetivo, dessa forma, foi avaliar o processo de implantação do OEE nesses equipamentos, realizando os respectivos cálculos. Como resultados, obteve-se a caracterização das perfuratrizes e seus respectivos valores de horas de manutenção e furos realizados, para verificação da disponibilidade, performance e qualidade dessas. A partir disso, o OEE foi calculado nos dois equipamentos. Uma das perfuratrizes apresentou valores razoáveis em relação a outra, porém ambos os resultados não se enquadram nos parâmetros de Nakajima. Como conclusão, pode-se perceber que é preciso intervenções no sentido de melhorar os equipamentos nos indicadores de disponibilidade, mas principalmente performance, visto que foram valores baixos e refletiram no valor final do OEE.

**Palavras-chave:** OEE; Disponibilidade; Performance; Qualidade; Perfuratrizes; Indicadores.

### **Abstract**

The theme presented in this article was the implementation of the global efficiency indicator, also called OEE, in two large rigs, which are in operation at a company in the mining sector. The objective, therefore, was to evaluate this process of implantation of the OEE in these equipments, making the respective calculations for its application. For this, the methodology used was data collection in the field to carry out such calculations, carried out with the support of bibliographical research, which brought theoretical foundation on the verified subject. As a result, from the theoretical studies mentioned on the subject, data were collected in the mining area, such as the characterization of the rigs and their respective values of maintenance hours and drill holes, to verify their availability, performance and quality. From this, the OEE was calculated in both equipments. The percentage of the overall efficiency of rig 1 was considered unacceptable, while that of rig 2 was considered good, but both results are far from the ideal value. In conclusion, it can be seen that interventions are needed in order to improve the equipment in the availability indicators, but mainly in performance, since low values of the same were reflected in the final value of the OEE, which was also low.

**Keywords:** OEE; Availability; Acting; Quality; Drills; Indicators.

### **Resumen**

El tema presentado en este artículo fue la implementación del indicador de eficiencia global, también llamado OEE, en dos grandes taladros, que se encuentran en operación en una empresa del sector minero. El objetivo, por tanto, fue

evaluar este proceso de implantación del OEE en estos equipos, realizando los cálculos respectivos para su aplicación. Para ello, la metodología utilizada fue la recolección de datos en campo para la realización de dichos cálculos, realizada con el apoyo de la investigación bibliográfica, que aportó fundamentación teórica sobre el tema verificado. Como resultado, a partir de los estudios teóricos mencionados sobre el tema, se recolectaron datos en el área minera, tales como la caracterización de los equipos de perforación y sus respectivos valores de horas de mantenimiento y sondajes, para verificar su disponibilidad, desempeño y calidad. A partir de esto, se calculó el OEE en ambos equipos. El porcentaje de la eficiencia global del equipo 1 se consideró inaceptable, mientras que el del equipo 2 se consideró bueno, pero ambos resultados están lejos del valor ideal. En conclusión, se puede apreciar que se necesitan intervenciones para mejorar los equipos en los indicadores de disponibilidad, pero principalmente en el desempeño, ya que valores bajos de los mismos se reflejaron en el valor final del OEE, que también fue bajo.

**Palabras clave:** OEE; Disponibilidad; Interino; Calidad; Taladros; Indicadores.

## 1. Introdução

O Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um indicador capaz de medir o rendimento global de um equipamento ou processo, dando aos gestores meios de aumentar a eficiência da produção. Surgida a partir da Manutenção Produtiva Total ou Total Productive Maintenance (TPM), pode ser considerada uma técnica bem aceita em indústrias de grande porte (Garza-Reyes, 2010; Cardoso, 2013). Seu uso permite uma melhor alocação de recursos, empregando-os de maneira mais eficiente para a melhoria da competitividade e da lucratividade (Nakajima, 1989).

Antes da popularização do OEE, a taxa de utilização de um equipamento era normalmente calculada apenas com base em sua disponibilidade. Com a aplicação do índice são adicionados aos cálculos a sua performance e qualidade, o que culminou em uma melhor representação da capacidade produtiva (Ljungberg, 1998). Em uma visão ampla, o OEE pode ser utilizado para analisar de forma mais detalhada os pontos fracos de determinado equipamento ou processo (Azevedo, 2004).

Por meio do tratamento adequado dos dados, é possível verificar a evolução do índice ao longo do tempo, trazendo à tona questões relevantes como possíveis retrabalhos e ausência de peças. O índice também pode ser utilizado para evidenciar as perdas de produção, podendo ser estratificadas e registradas para posterior análise (Moellmann et al., 2006). Além disso, a visão proporcionada pelo OEE pode revelar custos ocultos, beneficiando os processos e minimizando os gastos (Nakajima, 1998).

Diante deste contexto, este artigo teve como objetivo realizar o processo de aplicação do OEE em perfuratrizes pertencentes a uma empresa mineradora de grande porte e propor medidas futuras para avaliação e melhoria. Esses equipamentos são fundamentais ao processo e geram impactos elevados na produção quando inoperantes. Para tal, foi realizado um estudo de caso, com a aplicação do índice, de forma a analisar e discutir os seus resultados na prática.

O artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: no tópico 2 foi realizada a revisão teórica, contendo uma breve abordagem sobre gestão da manutenção, metodologia TPM e o índice OEE; no tópico 3 encontra-se descrita a metodologia utilizada, além da caracterização da pesquisa e os passos metodológicos empregados; no tópico 4, foi realizada a apresentação e análise dos resultados encontrados após aplicação do OEE e à discussão dos resultados, propondo melhorias sobre os pontos de atenção encontrados com embasamento na literatura; e, por fim, no tópico 5 encontra-se a conclusão do artigo com as considerações e proposições finais.

## 2. Revisão Bibliográfica

A gestão da manutenção pode ser compreendida como um conjunto de técnicas que visa estabelecer metas e objetivos para o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis na organização (Oliveira, 2017). Envolve planejar e administrar esses recursos em função dos tipos adequados de manutenção, de forma a solucionar problemas da produção e manter a empresa competitiva no mercado (Kardec & Nascif, 2009). A gestão da manutenção vai além da busca pela disponibilidade funcional dos equipamentos e implica também na garantia da segurança dos trabalhadores, na preservação do meio ambiente e na

redução dos custos (Oliveira, 2017).

Assim sendo, o conceito da manutenção evoluiu e deixou de ser apenas uma parte inevitável da produção para ser considerado como questão fundamental durante todo o processo produtivo. Essa evolução não foi imediata, sendo potencializada no período pós-guerra com o desenvolvimento de várias metodologias focadas em aumentar a produtividade e reduzir gastos. Dentre essas metodologias, pode-se destacar a Manutenção Produtiva Total (TPM) (Barbosa, 2017; Silva, 2020).

## **2.1 Manutenção Produtiva Total**

Os conceitos primários ligados à TPM têm origem em práticas de produção inicialmente utilizadas nos EUA, país pioneiro na aplicação da Manutenção Preventiva. Porém, a evolução do pensamento que resultou na TPM assim como a conhecemos, deu-se com o seu emprego no Japão, mais especificamente na empresa Nippon Denso KK, integrante do grupo Toyota na década de 70. A empresa foi responsável por desenvolver um programa de Manutenção Preventiva (MP) em conjunto com a Manutenção Autônoma (MA) que resultou na filosofia TPM, sendo uma prática difundida e reconhecida em todo o mundo (Kardec & Nascif, 2012).

Nakajima (1989) define TPM como a manutenção participativa, em que se busca como resultado, máquinas sempre operantes, sem quebras ou falhas, com produtos dentro das especificações de qualidade e processos sem perdas. Para Moraes (2004), o envolvimento dos colaboradores se dá desde a direção até a operação, em busca da eficiência dos sistemas produtivos. Esse senso de comprometimento gerado pela TPM está relacionado ao fato de que cada operador cuida do seu maquinário, assim como a satisfação dos empregados pela obtenção de resultados imediatos (Banker, 1995).

De acordo com Mesquita Filho (2010), o objetivo global da TPM tem como foco a melhoria humana e material de uma empresa. Para o alcance desses objetivos, a TPM considera o desenvolvimento interpessoal dos operadores, a fim de que esses possam obter autonomia e capacidade de conduzir fábricas dotadas de automação (Kardec & Nascif, 2012). Seus objetivos podem ser resumidos pelos oito pilares que sustentam a metodologia.

### **2.1.1 Os oito pilares da filosofia TPM**

Para a implantação da TPM em uma organização, é necessário que haja um alinhamento entre o planejamento e os objetivos e metas da empresa (Nakajima, 1989). Para que isso ocorra, é necessária a existência de uma base sólida que convirja para os oito princípios básicos, chamados de pilares de sustentação da TPM.

O primeiro pilar consiste na melhoria focada, que diz respeito à busca pela melhoria global do negócio. Por meio dele deve-se entender as perdas e falhas crônicas dos equipamentos e implantar melhorias para reduzi-las. Devem ser estudados os tipos de manutenção, considerando as sugestões dos operadores e mecânicos, de forma a aumentar a segurança, reduzir o tempo de setup, eliminar perdas, dentre outros (Ferreira, 2004).

O segundo pilar é denominado manutenção autônoma. Este pilar baseia-se nos treinamentos teóricos e práticos dos operadores com a finalidade de desenvolver o espírito de equipe entre os funcionários, bem como autocapacitar cada um deles, habilitando-os a realizar pequenas tarefas cotidianas de manutenção. Esse pode ser considerado o pilar de maior importância, pois garante que a manutenção seja feita da melhor forma possível (Alves & Oliveira, 2014; Oliveira, 2017).

O terceiro e quarto pilares são chamados respectivamente de Manutenção Planejada e Educação e Treinamento. Enquanto a manutenção planejada trata da organização inicial e controle das manutenções com a utilização de softwares adequados, o pilar de educação e treinamento visa ampliar a capacidade técnica e intelectual, assim como desenvolver habilidades até então ocultas nos trabalhadores (Cury Netto, 2008; Moraes, 2004).

O pilar de controle inicial trata da realização de uma gestão antecipada por meio do estabelecimento de uma maior

integração entre projetos e equipamentos, a partir da avaliação de seu histórico de funcionamento. Esta aplicação consiste na eliminação de falhas na sua origem, assim como na implantação de sistemas de monitoramento, a fim de obter o máximo de disponibilidade (Alves; Oliveira, 2014; Cury Netto, 2008).

O sexto pilar, manutenção da qualidade, remete-se a ideia de eliminar falhas do equipamento que afetam diretamente o produto. Esse pilar busca o zero defeito, zero retrabalho e zero rejeição, que são alguns dos componentes principais da TPM. Para isso, a gestão da manutenção deve entrar em consenso com o gerenciamento da qualidade, integrando a confiabilidade dos equipamentos, a qualidade dos produtos e o atendimento das demandas dos clientes (Oliveira, 2017; Paula et al., 2010).

O sétimo pilar, denominado TPM Office, consiste no estabelecimento da filosofia TPM em áreas administrativas. Busca a organização e eliminação de desperdícios administrativos, com o aumento da velocidade e da veracidade das informações, principalmente no que tange à suprimentos (Carrijo, 2008; Moraes, 2004).

Por fim, o pilar segurança, saúde e meio ambiente objetiva a implantação de um sistema de prevenção com foco na redução de riscos de segurança e ambientais. Este pilar torna obrigatória a implantação de normas e requisitos, a fim de alcançar o nível zero de acidentes, tanto ambientais como de trabalho, disseminando o pensamento preventivo entre os colaboradores. Embora sofra influência dos demais pilares, seu foco é assegurar a confiabilidade dos equipamentos e evitar erros por parte dos operadores, eliminando acidentes por falhas humanas (Moraes, 2004).

O planejamento da implantação da TPM pode demorar entre 3 e 6 meses, sendo que o estágio de efetivação pode durar de 2 a 3 anos. Apesar do longo prazo, após sua implementação a filosofia permite alcançar resultados tangíveis e intangíveis (Tavares, 1999).

Dentre os tangíveis, pode-se destacar a redução de avarias, maior confiabilidade dos equipamentos, economia de recursos, redução de acidentes de trabalho, dentre outros. Quanto aos intangíveis, são exemplos a prática da organização e limpeza do ambiente, o maior compartilhamento de conhecimentos e experiências entre os empregados, o aumento da motivação, entre outros benefícios (Oliveira, 2017).

## **2.2 Overall Equipment Effectiveness**

O indicador OEE busca avaliar a eficiência da aplicação dos preceitos da TPM, sendo uma ferramenta capaz de medir as principais perdas de um equipamento e trazer melhorias à empresa (Santos; Santos, 2007). A necessidade da utilização do OEE se deu devido ao aumento da procura por itens de consumo e consequente busca pela redução de perdas e falhas crônicas (Slack, 2002).

Essa busca se intensificou com o objetivo de manter os equipamentos operantes a maior parte do tempo e assim aumentar a confiabilidade dos mesmos. Embora seja originária de um aperfeiçoamento da TPM, Hansen (2006) afirma que o OEE deixou de ser apenas um de seus indicadores de eficácia e passou a ser visto como uma medida efetiva para a gestão da produtividade. Esse permite, por exemplo, quantificar a melhoria contínua de máquinas e processos produtivos (Sousa, 2014).

Para Palomino (2010), o OEE ganhou maior visibilidade pois une a gestão da manutenção, a operação e a engenharia, permitindo buscar um nível superior de desempenho, por meio destes três pilares. O índice atua como um sistema de detecção de perdas capaz de revelar custos ocultos após sua aplicação (Silva; Resende, 2013). Os custos ocultos podem ser provenientes do absenteísmo, acidentes de trabalho, rotatividade do pessoal, não-qualidade ou variação da produtividade direta, como gastos adicionais com suprimentos (Pedrosa Neto, 2009).

É importante frisar que, neste contexto, o OEE não serve para comparar dois equipamentos de uma empresa. Seu uso é destinado a analisar os pontos fracos de cada um deles, o que o torna um índice de medição e não de comparação (Azevedo, 2004). Para tanto, Amorim (2009) aponta que o OEE considera três dimensões distintas do equipamento: o tempo útil que possui para operar, o desempenho do seu funcionamento e a qualidade do produto obtido.

Ainda sobre o OEE, para sua verificação são considerados os indicadores de disponibilidade (D), performance (P) e qualidade (Q). O índice de disponibilidade representa a capacidade do equipamento de se encontrar operando por determinado período de tempo, isto é, corresponde à parcela do tempo programado em que o equipamento realmente operou na linha produtiva (Kardec & Nascif, 2012; Sousa, 2014).

O índice de performance se dá pela aferição da produção teórica (caso o equipamento trabalhasse em plenas condições) e pela produção real, levando-se em consideração o mesmo tempo efetivo de produção. Já o índice de qualidade apresenta a relação entre os produtos produzidos dentro do padrão especificado e a produção total. Este índice está atrelado à produção da empresa (Kardec & Nascif, 2012). Nesta perspectiva, Nakajima (1986) classifica as principais perdas em seis grandes grupos, as quais influenciam diretamente no índice OEE.

### 2.2.1 As seis perdas e o OEE

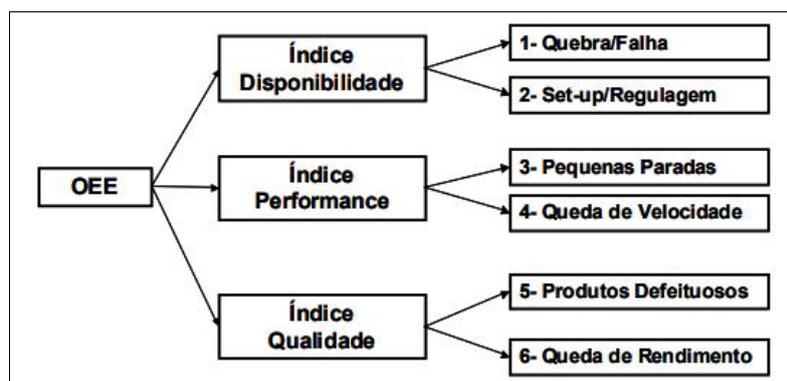
Bornia (2002) conceitua perda como sendo um gasto desnecessário atribuído à empresa, o qual não agrega valor e deve ser eliminado do sistema. Trata-se de uma privação parcial ou temporária de um resultado que deveria ser alcançado (Heidemann, 2007). Para a filosofia TPM, o reconhecimento das perdas possui um papel fundamental (Bormio; Rodrigues, 2005).

Nakajima (1986) sintetizou-as em seis grandes grupos, sendo eles: perdas por quebras ou falhas, perdas por setup ou regulagem, perdas por pequenas paradas, perdas por queda de velocidade de produção, perda por produtos defeituosos e perdas por queda de rendimento.

Esses grupos, segundo Chiaradia (2004), estão associados aos índices do OEE da seguinte forma: as perdas por quebras/falhas e por setup influenciam no índice disponibilidade, as pequenas paradas e as quedas de velocidade afetam o índice de performance e as perdas por produtos defeituosos e por queda de rendimento possuem relação com o índice qualidade.

Na Figura 1 pode-se visualizar como o indicador é dividido e os elementos que compõem cada parâmetro de medição.

**Figura 1:** Relacionamento entre o OEE e seus índices e perdas.



Fonte: Chiaradia (2004 p. 44).

As perdas por quebras ou falhas contribuem com a maior porcentagem na queda do desempenho operacional dos equipamentos. Essas podem ser caracterizadas pelo momento em que o equipamento se encontra inoperante até que estabeleça uma forma de voltar ao seu funcionamento, seja pela intervenção através de manutenções ou por outras ações. Este tipo de perda se caracteriza pela ocorrência inesperada durante o processo de produção (Sousa, 2014; Chiaradia, 2004).

As perdas por ajustes ou setup caracterizam-se tanto pela parada e troca de maquinário para preparação das máquinas

para um novo produto, quanto pelas regulagens que são necessárias durante o processo até a conclusão do setup. (Kardec & Nascif, 2012). As perdas por pequenas paradas são interrupções momentâneas e frequentes, reparadas pelo próprio operador, por ser um tipo de falha de baixa complexidade. Muitas das vezes estas pequenas paradas não são classificadas como perdas para os operadores por serem eliminadas de forma rápida e simples. Normalmente são mais frequentes em ambientes automatizados, onde se utilizam robôs. (Chiaradia, 2004).

As perdas por quedas de velocidade são ocasionadas quando os equipamentos são condicionados a trabalharem de forma mais lenta. Esta prática implica no aumento do tempo de ciclo de produção, muitas das vezes por falta de matéria prima ou por problemas de manutenção, operação, qualidade ou processo. A prática de reduzir a velocidade de trabalho implica na permanência da operação, mas oculta as perdas e sua causa raiz. (Kardec & Nascif, 2012; Chiaradia, 2004).

As perdas por produtos defeituosos incluem todas as ações não programadas relacionadas ao descarte de produtos não conformes ou o retrabalho para adequação do produto defeituoso dentro dos padrões de qualidade. A causa do problema pode estar no mau funcionamento dos equipamentos ou em motivos esporádicos (Kardec & Nascif, 2012; Chiaradia, 2004).

Por fim, as perdas por queda de rendimento caracterizam-se tanto pelo não aproveitamento da capacidade das máquinas quanto pelas suas próprias restrições técnicas. Geralmente ocorre após um período de parada do equipamento, o qual reestabelece suas condições de uso e rendimento máximo após um determinado tempo (Kardec & Nascif, 2012; Chiaradia, 2004). Estas perdas influenciam diretamente no cálculo do OEE, tendo em vista a influência na disponibilidade, performance e qualidade dos produtos.

### 3. Metodologia

Este estudo teve como objetivo avaliar o processo de aplicação do OEE em perfuratrizes pertencentes a uma empresa mineradora de grande porte, a fim de conhecer as principais causas que impactam a disponibilidade, a qualidade e a performance das mesmas. Para isso, foi realizado um estudo de caso, que segundo Fonseca (2002), é caracterizado por estudar em profundidade um objeto bem definido de forma a conhecer por meio da coleta e análise dos dados, suas características reais. Neste caso, o objeto estudado foram as perfuratrizes, com o objetivo de levantar pontos de melhoria de desempenho desses equipamentos.

Trata-se de um estudo de caso descritivo, pois “visa observar, registrar, analisar, classificar e interpretar os dados sem interferência, sem manipulação do pesquisador” (Assis, 2018, p. 18). Os dados foram abordados de forma quantitativa e qualitativa. Lüdke e André (1999) afirmam que nesse tipo de pesquisa há escolha das variáveis verificadas por meio de aspectos qualitativos, juntamente com a quantificação de parâmetros necessários à análise.

O levantamento de dados se deu pela coleta de informações históricas presentes nos bancos de dados da empresa. Para isso foi utilizado o software Power BI, do qual foram extraídos relatórios referentes ao primeiro semestre de 2021, do dia 01/01/2021 a 30/06/2021. Estes relatórios apresentam informações estratificadas sobre as perdas ocorridas no equipamento, verificadas durante as paradas de manutenções não programadas.

Além dos dados extraídos do sistema, também foram realizadas reuniões para tratar do perfil de perda. Nestas reuniões foram coletadas informações adicionais relativas aos relatórios, por meio de entrevistas não estruturadas com o inspetor dos equipamentos e o engenheiro responsável pela frota. Os dados coletados, foram tratados por meio da tabulação e quantificação em disponibilidade, performance e qualidade.

A disponibilidade é calculada pela Equação 1, em que TD é o tempo total disponível para operação, PP é o tempo de paradas planejadas, tais como hora de almoço, manutenção programada, reuniões programadas, entre outros, e PNP é o tempo para paradas não planejadas que, geralmente, envolvem manutenções corretivas emergenciais, como quebra de equipamento, troca de ferramenta, falta de matéria prima e outras.

$$(1) \text{ Disponibilidade \%} = \frac{TD - PP - PNP}{TD - PP} \times 100$$

O índice de performance é calculado pela divisão da quantidade real produzida durante o tempo disponível (QRP), pela quantidade teórica de produção (QTP), estimada de acordo com a especificação do equipamento (Sousa, 2014) (Equação 2).

$$(2) \text{ Performance \%} = \frac{QRP}{QTP} \times 100$$

O índice de qualidade é realizado através da Equação 3, em que TP é o total de peças produzidas e PR é o total de peças ruins.

$$(3) \text{ Qualidade \%} = \frac{TP - PR}{TP} \times 100$$

A partir da obtenção dos valores destes três índices, o OEE pode ser calculado conforme a Equação 4. O valor encontrado na multiplicação, entre 0% e 100%, é traduzido como a eficiência do equipamento ou sistema de produção.

$$(4) \text{ OEE \%} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

Para este estudo, os índices foram verificados isoladamente, de forma mensal, e depois em conjunto, na forma do OEE. Após a apresentação dos dados obtidos os resultados foram discutidos de forma a levantar possíveis propostas de ação, com o intuito de melhorar a utilização dos equipamentos.

#### 4. Resultados e Discussão

Para um melhor entendimento sobre a aplicação do OEE, primeiramente é importante conhecer o ambiente e o contexto em que as perfuratrizes estão inseridas. Na empresa analisada, esses equipamentos são utilizados no processo de desmonte de rochas, necessário à extração de minério. Esse desmonte é realizado por meio de explosivos inseridos em perfurações nos corpos rochosos, os quais devem ser devidamente preparados com esse intuito.

De acordo com os processos operacionais da organização, antes da perfuração o local deve ser limpo, retirando fragmentos de rocha que podem dificultar etapas posteriores. A limpeza é feita com a ajuda de escavadeiras hidráulicas. Após esse procedimento, é feita a locação dos furos, bem como a demarcação de sua profundidade. A alocação é realizada por meio de uma equipe de topografia, que se utiliza de ferramentas auxiliares como réguas e cordas. A perfuração se dá com o objetivo de obter furos precisos para alojar as cargas explosivas necessárias para o desmonte, sendo para isso utilizadas as perfuratrizes.

O método mais simples de perfuração consiste em realizar golpes contra a superfície da rocha, batendo a ponta de uma barra de aço contra ela e rotacionando a barra entre dois golpes sucessivos. Este é o princípio básico da percussão, aliado a rotação da ferramenta (Gerald, 2012). Após a realização dos furos, esses são carregados com materiais explosivos de forma manual, fazendo com que o local esteja pronto para a detonação.

Findada a explosão, tem-se como resultado o material em sua forma bruta. Esse é devidamente transportado a fim de

prosseguir com os próximos processos de beneficiamento do minério (Stefani, 2019).

#### 4.1 Caracterização das perfuratrizes

O objeto de estudo para implementação do OEE foram as perfuratrizes devido ao seu grau de importância para a empresa estudada e ao impacto gerado na produção quando se encontram inoperantes. As perfuratrizes são equipamentos mecânicos, montados sobre uma estrutura rígida que permite a um operador realizar e controlar os parâmetros da perfuração. O estudo foi baseado em perfuratrizes com sistema de esteiras, as quais são indicadas para superfícies inclinadas e/ou desniveladas (Jardim, 2017).

Conforme informações provenientes do fabricante, as perfuratrizes analisadas são capazes de realizar furações de até 55,5m de profundidade, com diâmetro entre 110mm e 203mm. Possuem 3,5m de altura, 11,6m de comprimento, 2,5m de largura e pesam 24,1t. Um exemplo desse maquinário pode ser verificado na Figura 2.

**Figura 2:** Perfuratrizes na área.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando estes equipamentos se encontram inoperantes, o processo de desmonte é prejudicado, o que representa risco de queda na produção. Além disso, casos de parada para a realização de manutenções não programadas geram um alto custo para a empresa e muitas vezes impedem o cumprimento da meta mensal, visto que impactam diretamente na extração da matéria prima.

Na data de realização da pesquisa, as perfuratrizes estudadas tinham o seu desempenho medido por meio de sua disponibilidade física. Diante disso, verificou-se a necessidade de uma medida de desempenho mais adequada a esse maquinário, que garantisse um melhor entendimento de suas condições de operação e que permitisse o levantamento de ações para mitigar seus impactos sobre a produção da unidade. Desta forma, optou-se pela implantação do OEE como meio de atestar o desempenho destes equipamentos.

A partir do cálculo do OEE foi possível responder a perguntas como: “as perfuratrizes estão sendo eficientes?”; “a operação está sendo realizada com qualidade?”. A resposta a essas perguntas permitiu tratar as causas das manutenções de

forma mais assertiva. Para tanto, foi analisado um total de duas perfuratrizes durante seis meses.

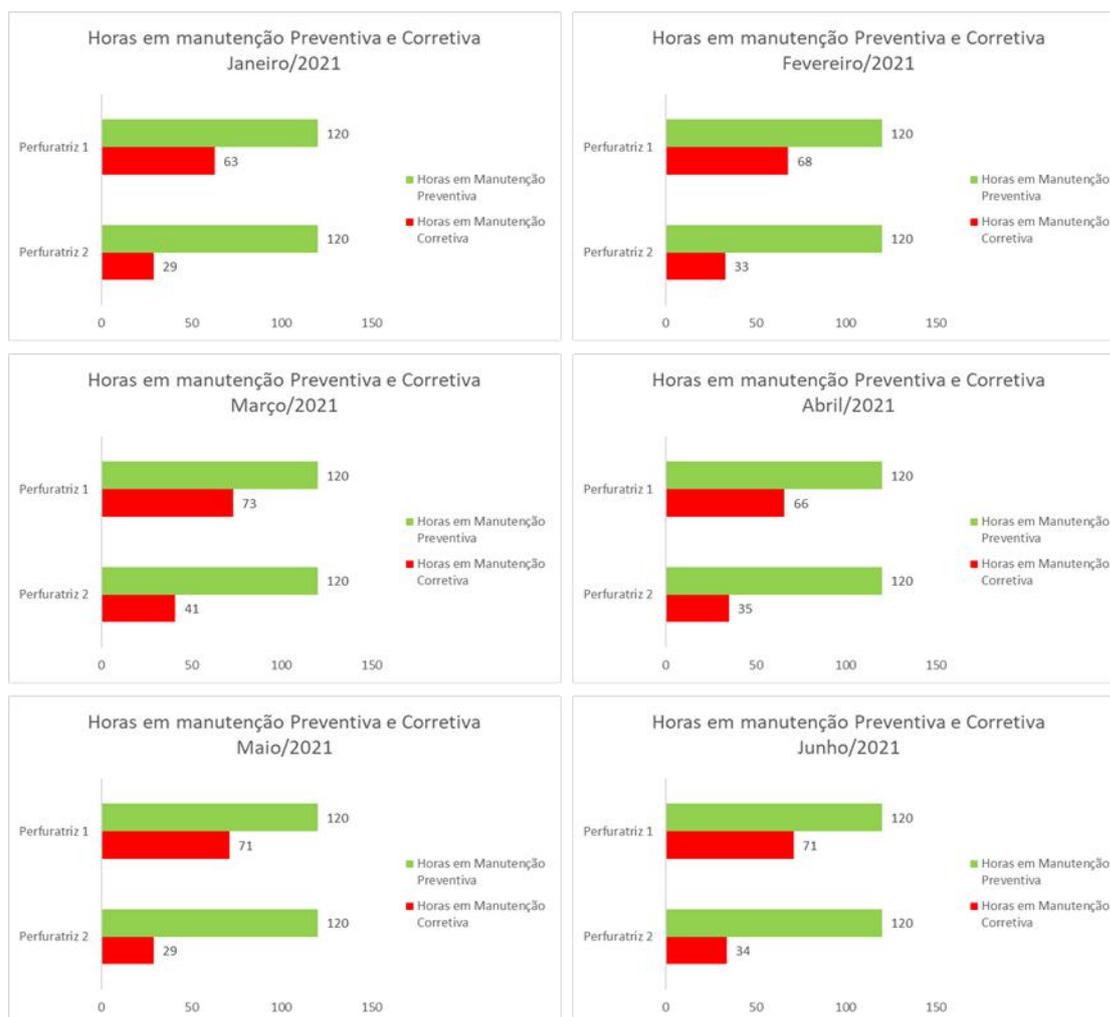
#### 4.2 Disponibilidade das perfuratrizes

Como primeiro passo para a determinação do OEE, foi calculada a disponibilidade das perfuratrizes, utilizando para isso o regime de trabalho adotado pela empresa. A empresa utiliza-se do regime de turnos, com 24 horas diárias de produção, durante os 7 dias da semana. Assim sendo, durante o período estudado de 180 dias, foi constatado que cada uma das perfuratrizes possuía um Tempo Total Disponível Para Operação (TD) de 4.320 horas.

No entanto, as perfuratrizes estão sujeitas a manutenções programadas com frequência estabelecida pelo departamento de Planejamento e Controle da Manutenção. Para o intervalo analisado, foram especificados períodos de cinco dias mensais em que cada equipamento se encontraria em manutenção, totalizando 720 horas, distribuídas entre janeiro e junho.

Já com relação às manutenções corretivas não programadas, resultantes de defeitos como quebras ou baixo rendimento, foi possível verificar que a perfuratriz 1 esteve por 412 horas parada para reparo. Já a perfuratriz 2 apresentou apenas 201 horas de manutenção corretiva nos 180 dias analisados. Estas informações foram utilizadas para o cálculo da disponibilidade das perfuratrizes no período, sendo que os valores estratificados por mês se encontram apresentados na Figura 3.

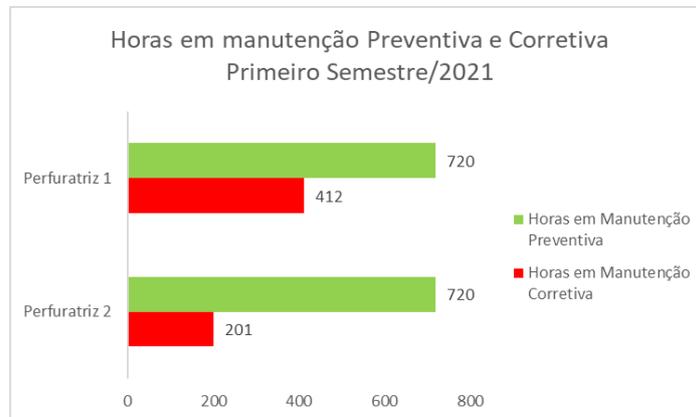
**Figura 3:** Horas de manutenção preventiva e corretiva das perfuratrizes entre janeiro e junho.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na figura 4 pode ser observado os valores em manutenção durante o semestre, de forma agrupada.

**Figura 4:** Horas de manutenção preventiva e corretiva do semestre das perfuratrizes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos dados levantados, foi possível calcular o índice de disponibilidade de cada equipamento. Para a perfuratriz 1 obteve-se o valor de 88,56%. Já para a perfuratriz 2, o valor obtido foi de 94,42%, conforme os cálculos evidenciados e elaborados a partir da Equação 1.

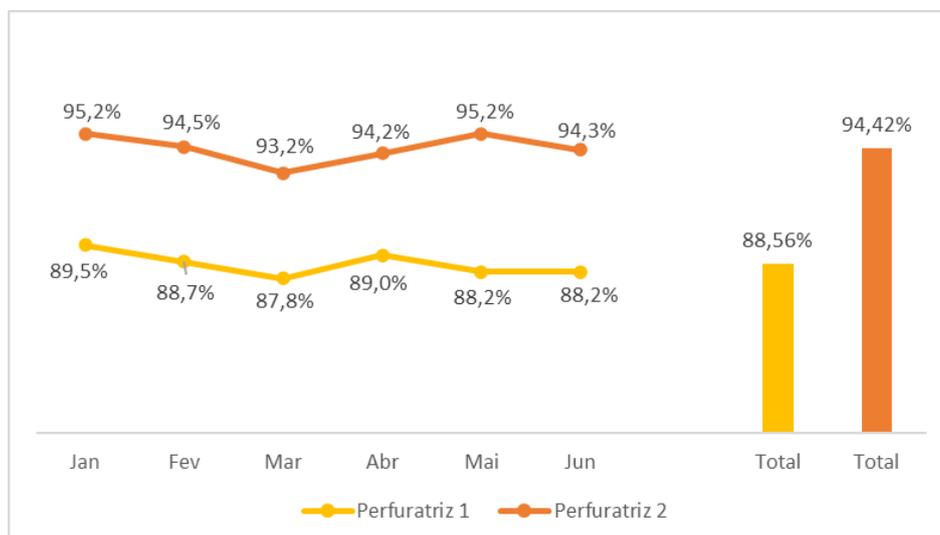
(1)

$$\text{Disponibilidade \% (Perfuratriz 1)} = \frac{4.320 - 720 - 412}{4.320 - 720} \times 100 = 88,56\%$$

$$\text{Disponibilidade \% (Perfuratriz 2)} = \frac{4.320 - 720 - 201}{4.320 - 720} \times 100 = 94,42\%$$

A Figura 5 apresenta a evolução da disponibilidade mensal dos equipamentos, obtida por meio da aplicação do cálculo mensalmente para o primeiro semestre de 2021.

**Figura 5:** Evolução da disponibilidade mensal das perfuratrizes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os mesmos valores obtidos foram utilizados para a composição do OEE, assim como do indicador de performance, tratado no tópico seguinte.

#### 4.3 Verificação da performance das perfuratrizes

Para analisar a performance, verificou-se o número de furos que o equipamento era capaz de realizar (produção teórica) comparado ao número dos furos que foram realmente obtidos ao longo do período. Conforme especificações do fornecedor, a cada 12 horas podem ser realizado até 150 furos. Neste caso, tratam-se de furos de 6 metros de profundidade.

Para o cálculo, foi considerado como performance máxima de cada perfuratriz 150 furos a cada 12 horas, de acordo com as especificações do fornecedor. Também foi levado em consideração que, de acordo com a especificação do solo local e do tipo de detonação realizada pela empresa, são realizados apenas furos de 6 metros de profundidade. Os dados da performance máxima foram apresentados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1:** Cálculo da performance máxima total e performance realizada de jan. a jun. de 2021 – Perfuratriz 01.

Perfuratriz 01	Hora Real Trabalhada/mês (h)	Performance Máxima Total/mês (quant furos)	Performance Realizada/mês (quant furos)	Precipitação (mm)
Jan	561	7013	6991	288
Fev	484	6050	6017	184
Mar	551	6888	6847	226
Abr	534	6675	5520	96
Mai	553	6913	5022	48
Jun	529	6613	3360	20
Total		40150	33757	

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 2:** Cálculo da performance máxima total e performance realizada de jan. a jun. de 2021 – Perfuratriz 02.

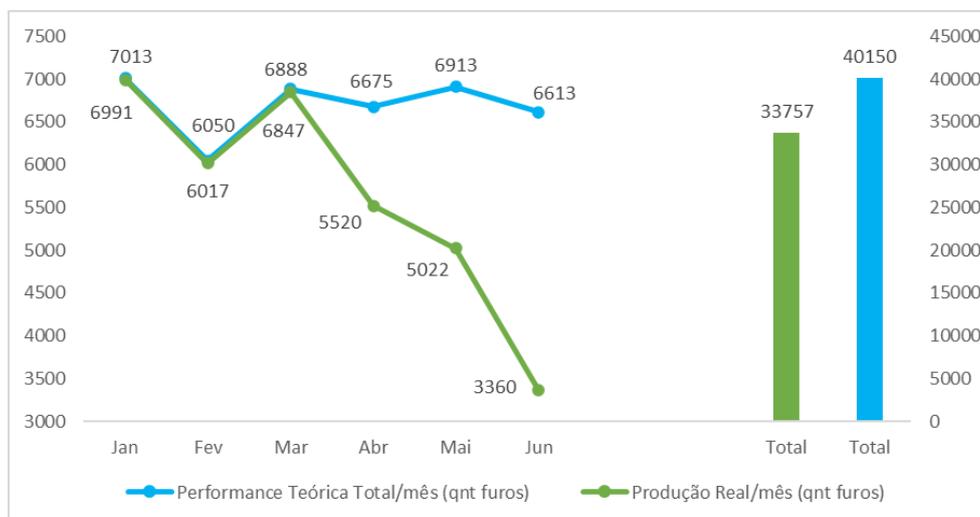
Perfuratriz 02	Hora Real Trabalhada/mês (h)	Performance Máxima Total/mês (quant furos)	Performance Realizada/mês (quant furos)	Precipitação (mm)
Jan	595	7438	7398	288
Fev	519	6488	6440	184
Mar	583	7288	7271	226
Abr	565	7063	5760	96
Mai	595	7438	5208	48
Jun	566	7075	3540	20
Total		42788	35617	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação à performance realizada, os dados foram coletados dos relatórios de geotecnia e planejamento de lavra da empresa. Foi evidenciado que nos meses com maior precipitação, foram realizados mais furos, dado que o solo úmido oferece menos resistência à perfuração. Em relação ao mês de fevereiro, percebeu-se uma queda na performance máxima em ambas as perfuratrizes, dado que o mês possui 28 dias. Os dados consolidados de ambas as perfuratrizes foram apresentados

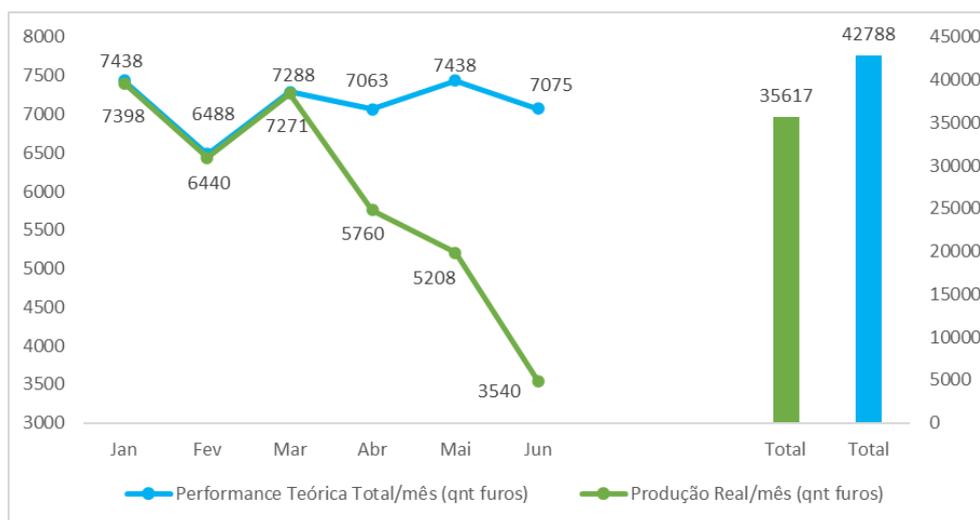
nas Figuras 6 e 7.

**Figura 6:** Produção Teórica e Produção Real entre janeiro e junho de 2021 – Perfuratriz 01.



Fonte: Dados da empresa.

**Figura 7:** Produção Teórica e Produção Real entre janeiro e junho de 2021 – Perfuratriz 02.



Fonte: Dados da empresa.

A partir dos dados levantados, foi possível calcular o índice de performance de cada equipamento, sendo que para isso levou-se em consideração os valores acumulados no período. Dessa forma, a produção teórica esperada para a perfuratriz 01 foi de 40.150 furos, enquanto a produção realizada foi de 33.757 furos. Já para a perfuratriz 02, a produção teórica estimada foi de 42.788 furos, enquanto a realizada foi de 35.617 furos. Desta forma, para a perfuratriz 1 obteve-se um índice de performance de 84,08%. Já para a perfuratriz 2, o índice foi de 83,24%, conforme os cálculos evidenciados e elaborados a partir da Equação 2.

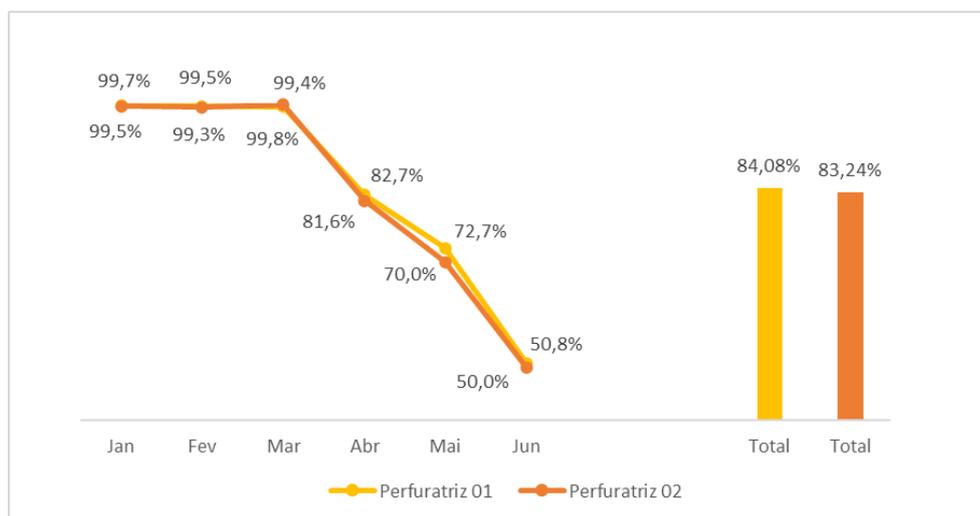
(2)

$$\text{Performance \% (Perfuratriz 1)} = \frac{33.757}{40.150} \times 100 = 84,08\%$$

$$\text{Performance \% (Perfuratriz 2)} = \frac{35.617}{42.788} \times 100 = 83,24\%$$

A Figura 8 apresenta a evolução da performance mensal dos equipamentos calculada para o primeiro semestre de 2021.

**Figura 8:** Evolução da performance realizada entre janeiro e junho de 2021.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os mesmos valores obtidos foram utilizados para a composição do OEE, assim como do indicador de qualidade, tratado no tópico seguinte.

#### 4.4 Verificação da qualidade das perfuratrizes

Para analisar a qualidade, foi necessário verificar se todos os furos feitos pelas perfuratrizes puderam ser aproveitados por não possuírem as características necessárias ao processo. Como se observou no período da análise em campo, todos os furos foram aproveitados, de acordo com os dados da geotecnia e planejamento de lavra da empresa. Isso se deveu aos padrões operacionais seguidos pelos operadores que evitam esse tipo de falha. Desta forma, a qualidade foi considerada unitária, ou seja, 100%.

#### 4.5 Cálculo do OEE das perfuratrizes

Para se chegar ao OEE, é necessário realizar a combinação dos três índices: disponibilidade, performance e qualidade. Diante dos valores obtidos, o OEE de cada perfuratriz pode ser calculado por meio da aplicação da Equação 3.

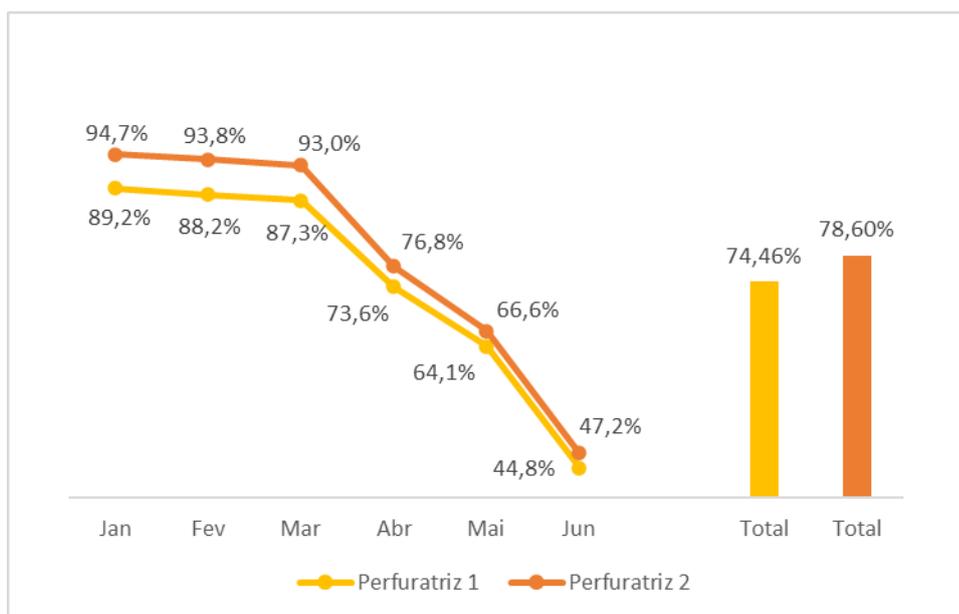
(3)

$$\text{OEE \% (Perfuratriz 1)} = 88,56\% \times 84,08\% \times 100\% = 74,46\%$$

$$\text{OEE \% (Perfuratriz 2)} = 94,42\% \times 83,24\% \times 100\% = 78,60\%$$

A Figura 9 apresenta o OEE do semestre, assim como a sua evolução mensal, obtida pelo mesmo método aplicado ao primeiro semestre de 2021.

**Figura 9:** Evolução do OEE mensal das perfuratrizes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores encontrados por meio do cálculo do OEE podem ser comparados à padrões já existentes a fim de constatar a eficiência dos equipamentos. Para Nakajima (1989), o padrão ideal para que o desempenho de um equipamento seja considerado satisfatório é de 85%. Ainda segundo o autor, para que uma organização atinja tal resultado, a combinação de índices desejada conta com um valor maior que 90% para disponibilidade, maior que 95% para performance e maior que 99% para qualidade, conforme cálculo demonstrado na Equação 4.

(4)

$$OEE \% = 0,90 \times 0,95 \times 0,99 = 85\%$$

Hansen (2006), por sua vez, apresenta uma classificação global para o índice OEE, sendo que um valor menor que 65% é um índice inaceitável. Neste caso, o autor sugere que o processo sofra ações de correção e melhoria o mais breve possível. Valores apresentados entre 65% e 75% podem ser considerados bons e entre 75% e 85%, muito bons, demonstrando potencial para agir nível mundial. Valores acima de 85% podem ser considerados como equivalentes às empresas de classe mundial.

Desta forma, os resultados podem ser comparados por meio de duas diferentes perspectivas, sendo uma conforme Nakajima (1989) e outra conforme Hansen (2006). Na Tabela 3 é apresentada a classificação dos índices de OEE encontrado no semestre, de acordo com os dois autores. Já as Tabelas 4 e 5 apresentam a classificação dos índices mensais de cada equipamento, a fim de verificar a influência da sazonalidade no processo:

**Tabela 3:** Classificação do índice OEE semestral de acordo com referências.

OEE - Semestral	Valor obtido	Nakajima	Hansen
<b>Perfuratriz 1</b>	<b>74,46%</b>	Ruim	Bom
<b>Perfuratriz 2</b>	<b>78,60%</b>	Ruim	Muito Bom

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 4:** Classificação do índice OEE mensal de acordo com referências – Perfuratriz 01.

OEE - Mensal	Perfuratriz 1	Nakajima	Hansen
<b>Janeiro</b>	89,23%	Bom	Nível Mundial
<b>Fevereiro</b>	88,22%	Bom	Nível Mundial
<b>Março</b>	87,31%	Bom	Nível Mundial
<b>Abril</b>	73,60%	Ruim	Bom
<b>Mai</b>	64,10%	Ruim	Inaceitável
<b>Junho</b>	44,79%	Ruim	Inaceitável

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 5:** Classificação do índice OEE mensal de acordo com referências – Perfuratriz 02.

OEE - Mensal	Perfuratriz 2	Nakajima	Hansen
<b>Janeiro</b>	94,7%	Bom	Nível Mundial
<b>Fevereiro</b>	93,8%	Bom	Nível Mundial
<b>Março</b>	93,0%	Bom	Nível Mundial
<b>Abril</b>	76,8%	Ruim	Muito Bom
<b>Mai</b>	66,6%	Ruim	Bom
<b>Junho</b>	47,2%	Ruim	Inaceitável

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao verificar as classificações citadas por Nakajima (1989), o desempenho de ambas as perfuratrizes foram consideradas ruins, o que não se aplica com relação à Hansen (2006), sendo o desempenho da perfuratriz 1 considerado bom e o da perfuratriz 2 muito bom.

Com base nos dados levantados e de acordo com a classificação de ambos os autores, as duas perfuratrizes obtiveram melhores resultados nos três primeiros meses do ano. Infere-se que estes resultados tenham relação com os meses de maior precipitação no primeiro semestre de 2021, como apresentado na Tabela 6. Sabe-se que o solo mais macio permite realizar furos com maior facilidade, contribuindo para um melhor desempenho geral. Nota-se que os meses que mais choveram também foram os meses em que o OEE alcançou maiores porcentagens.

**Tabela 6:** Análise da precipitação local entre janeiro e junho de 2021.

Mês	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)	OEE Perfuratriz 01	OEE Perfuratriz 02
<b>Jan</b>	18°	26°	288	89,2%	94,7%
<b>Fev</b>	18°	26°	184	88,2%	93,8%
<b>Mar</b>	17°	26°	226	87,3%	93,0%
<b>Abr</b>	16°	25°	96	73,6%	76,8%
<b>Mai</b>	13°	23°	48	64,1%	66,6%
<b>Jun</b>	11°	22°	20	44,8%	47,2%

Fonte: Adaptado de Clima Tempo (2021).

Analisando seus componentes de forma individual, conforme os parâmetros de Nakajima (1989), nota-se a maior influência da performance na variação mensal do OEE (Tabelas 6 e 7). Os dados mostram um cenário padrão, em que ambas as perfuratrizes alcançaram um índice ideal nos três primeiros meses. Para o restante dos meses, as performances das perfuratrizes foram consideradas não ideal. Vale ressaltar que a performance está diretamente ligada às precipitações, de forma que a queda em seu valor não pode ser associada diretamente a um mal funcionamento do equipamento. Conforme informações do fornecedor, em períodos sem precipitação, a dureza do solo atinge valores mais elevados, podendo a produção teórica cair de 150 furos para até 100 furos por turnos de 12hs. Sendo considerados apenas os meses de maior precipitação (janeiro, fevereiro e março), o OEE aumentaria de 74,46% para 88,22% para a perfuratriz 1 e de 78,60% para 94,03% para a perfuratriz 2.

**Tabela 7:** Classificação individual dos índices OEE de acordo com Nakajima – Perfuratriz 01.

	DISPONIBILIDADE		PERFORMANCE		QUALIDADE	
	Perfuratriz 1		Perfuratriz 1		Perfuratriz 1	
<b>Janeiro</b>	89,5%	Não Ideal	99,7%	Ideal	100%	Ideal
<b>Fevereiro</b>	88,7%	Não Ideal	99,5%	Ideal	100%	Ideal
<b>Março</b>	87,8%	Não Ideal	99,4%	Ideal	100%	Ideal
<b>Abril</b>	89,0%	Não Ideal	82,7%	Não Ideal	100%	Ideal
<b>Mai</b>	88,2%	Não Ideal	72,7%	Não Ideal	100%	Ideal
<b>Junho</b>	88,2%	Não Ideal	50,8%	Não Ideal	100%	Ideal
<b>Total</b>	<b>88,6%</b>	<b>Não Ideal</b>	<b>84,1%</b>	<b>Não Ideal</b>	<b>100%</b>	<b>Ideal</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 8:** Classificação individual dos índices OEE de acordo com Nakajima – Perfuratriz 02.

	DISPONIBILIDADE		PERFORMANCE		QUALIDADE	
	Perfuratriz 2		Perfuratriz 2		Perfuratriz 2	
<b>Janeiro</b>	95,2%	Ideal	99,5%	Ideal	100%	Ideal
<b>Fevereiro</b>	94,5%	Ideal	99,3%	Ideal	100%	Ideal
<b>Março</b>	93,2%	Ideal	99,8%	Ideal	100%	Ideal
<b>Abril</b>	94,2%	Ideal	81,6%	Não Ideal	100%	Ideal
<b>Mai</b>	95,2%	Ideal	70,0%	Não Ideal	100%	Ideal
<b>Junho</b>	94,3%	Ideal	50,0%	Não Ideal	100%	Ideal
<b>Total</b>	<b>94,4%</b>	<b>Ideal</b>	<b>83,2%</b>	<b>Não Ideal</b>	<b>100%</b>	<b>Ideal</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

No tocante à disponibilidade, nota-se uma pequena variação ao longo dos meses para cada perfuratriz. Porém, se realizada a comparação entre as perfuratrizes, pode-se verificar que apenas os valores da perfuratriz 2 puderam ser considerados ideais, ou seja, acima de 90% conforme os padrões de Nakajima (1989). Além disso, diferentemente da performance total que apresentou uma pequena variação entre os dois equipamentos (0,9 ponto percentual) a diferença entre a disponibilidade total das duas perfuratrizes foi consideravelmente maior, atingindo 5,86 pontos percentuais. Isso se justifica devido ao número de horas em manutenção corretiva que as perfuratrizes necessitaram. Em todo o período analisado, a perfuratriz 1 apresentou 211 horas a mais de manutenção corretiva comparada à perfuratriz 2, ou seja, esteve menos disponível para operação.

O contraste do índice OEE entre as duas perfuratrizes pode ser justificado em parte pela diferença de tempo de uso entre elas. A perfuratriz 2 foi adquirida pela empresa após 6 meses de operação da perfuratriz 1, em 2014. No entanto, deve-se ressaltar que, mesmo com a perfuratriz 2 obtendo um índice OEE um pouco acima da perfuratriz 1, ambas precisam de intervenção para alcançarem os 85% indicados por Nakajima (1989).

Algumas possibilidades de intervenção podem ser destacadas nesse sentido, incluindo a melhoria no plano de manutenção das perfuratrizes, de forma a aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Sugere-se a aplicação de técnicas relacionadas à Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), de forma a estipular melhores padrões de manutenção em decorrência dos tipos de falha encontrados. Por meio da MCC é possível estruturar uma sistemática de análise das falhas e posteriormente verificar formas mais adequadas de atuação, em função do contexto de funcionamento dos equipamentos. A avaliação compreende desde a identificação do desempenho requerido, até os modos de falha do equipamento, reconhecendo consequências significativas que afetam a disponibilidade, a segurança e o custo (Barbosa, 2009).

Outra consideração poderia ser a implementação de trocas de maquinário, adaptações ou melhorias no sistema de perfuração, de forma a mitigar a influência das condições climáticas, visto que em períodos não chuvosos a quantidade de furos realizados é consideravelmente reduzida, diminuindo a performance das perfuratrizes. Dentre as possibilidades, está a realização de uma análise de equipamentos disponíveis no mercado, assim como a realização de benchmarkings sobre soluções de engenharia adotadas para perfuração em outras minas a céu aberto.

## 5. Conclusão

Ao longo da elaboração da pesquisa, pôde-se avaliar o cálculo do OEE de perfuratrizes pertencentes a uma empresa mineradora de grande porte. Os índices calculados para cada um dos equipamentos evidenciaram pontos de atenção e necessidades de mudança importantes.

Diante dos resultados encontrados foi possível verificar que ambas as perfuratrizes precisam de melhorias. Como resultado geral do OEE, foram obtidos os valores de 74,46% para a perfuratriz 1 e 78,60% para a perfuratriz 2. Ambos encontram-se aquém dos padrões mundiais de operação. Além disso, foi possível verificar que a discrepância entre os índices encontrados está relacionado à disponibilidade dos equipamentos, com uma diferença 5,86 pontos percentuais entre eles, tendo a perfuratriz 02 apresentando melhores resultados. Já a performance, apresentou-se sob forte influência da sazonalidade, obtendo resultados parecidos entre os equipamentos. Neste caso, ao analisar de forma isolada os períodos chuvosos, o resultado do OEE é consideravelmente diferente, apresentando-se acima do valor mundial (88,22% para a perfuratriz 1 e 94,03% para a perfuratriz 2).

Assim, percebe-se que existe correlação entre o índice pluviométrico e a performance do equipamento, pelos dados fica claro também que essa relação é a mandatária ao verificar a performance, porém, uma das limitações do estudo foi a falta de informações para quantificar o quanto a performance está variando com o índice pluviométrico e o quanto pode ser a variação da própria eficiência do equipamento. Porém, embora o fornecedor não disponibilize essa informação, a utilização da produção teórica máxima permitiu evidenciar os efeitos da sazonalidade climática sobre o processo.

A partir do cálculo do OEE foi possível responder às perguntas “as perfuratrizes estão sendo eficientes?” e “a operação está sendo realizada com qualidade?”. Como visto nos resultados, ambos os equipamentos não alcançaram o valor satisfatório para Nakajima e nem o nível mundial para Hansen. Com relação a qualidade da operação, verificou-se que a empresa consegue adotar um parâmetro de perfurações, obtendo qualidade no processo.

O tempo utilizado na pesquisa pode ser considerado uma limitação do estudo, uma vez que quanto maior o período analisado, melhor a verificação da atividade do equipamento, principalmente em relação a sazonalidade climática.

Ao tentar entender fatores de influência sobre o OEE, novas possibilidades de estudo foram verificadas. Dentre essas

proposições, destaca-se a necessidade de novos estudos para a implementação da MCC voltada a ambas perfuratrizes. Por meio dela seria possível analisar quais seriam as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falhas identificados. Além disso, como existe a influência da sazonalidade climática, propõe-se a ampliação do período de estudo para no mínimo de um ano. Outro estudo futuro consiste na realização de *benchmarks* sobre soluções de engenharia adotadas para perfuração em outras minas a céu aberto.

## Referências

- Alves, L. M., & Oliveira, F. P. (2014). Estudo de Implementação do Sistema TPM na Indústria de Alimentos e seus Ganhos. *Revista Gestão e Conhecimento*, Curso de Administração, PUC Minas: [https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo26\\_2014.pdf](https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo26_2014.pdf). Estudo de Implementação do Sistema TPM na Indústria de Alimentos e seus Ganhos.
- Amorim, J. P. OEE. (2009). A forma de medir a eficiência dos Equipamentos. <http://www.scribd.com>. A forma de medir a eficiência dos Equipamentos
- Assis, M. C. (2018). *Metodologia do trabalho científico*. Editora Universitária/UFPB.
- Azevedo, T. S. A. (2004). Planejamento Da Capacidade Produtiva Em Uma Indústria Gráfica. 115 f. (TCC). Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Banker, S. (1995). The Performance Advantage - Revitalizing the Workplace. Ago. Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT). In: *Revista Exacta*. Belo Horizonte, 5, (1), 175-197.
- Barbosa, A. C. (2009). Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade na função transmissão a fim de reduzir o tempo de indisponibilidade. Rio de Janeiro.
- Barbosa, I. S. M. (2017). Implantação do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos. OEE em uma mineradora de pequeno porte. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Minas Gerais, Congonhas, BR.
- Bezerra Júnior, L. F. K. (2019). Estudo do Sistema de Tratamentos de Falhas para auxiliar na análise e detecção de falhas das perfuratrizes de uma empresa do setor de mineração. 2019. 92f. (TCC) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Bormio, M. R. (2005). Rodrigues, M. A. G., & Bormio, M. F. O levantamento de perdas utilizando a TPM numa linha de acabamento de agendas e cadernos em uma indústria gráfica. In: Simpósio de Engenharia de Produção. 2005, Bauru: *SIMPEP*.
- Bornia, A. C. (2002). *Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas*. Bookman.
- Cardoso, C. (2013). OEE na Prática: Gestão da Produção Com o Índice OEE. <Http://www.kitemes.com.br>.
- Carrijo, J. R. S. (2008). *Adaptações do Modelo De Referência do Total Productive Maintenance Para Empresas Brasileiras*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Bárbara D'oeste, 181p.
- Chiaradia, A. J. P. (2004). *Utilização do Indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística*. Dissertação (Mestrado Profissional) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,.
- Cury Netto, W. A. (2008). A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas Indústrias. Monografia. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Dez.
- Ferreira, F. P. (2004). *Análise da Implantação de um Sistema de Manufatura Enxuta em uma Empresa de Autopeças*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Taubaté. Taubaté, São Paulo, 178p.
- Garza-Reyes, J. A., et al. (2010) Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: a relationship analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 27,(1), 48-62.
- Fonseca, J. J. S. (2002). Metodologia da pesquisa científica: UEC.
- Geraldi, J. L. P. *O ABC das Escavações de Rocha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 72 p.
- Hansen, R. C. *Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*: Bookman, 2006.
- Heidemann, H. E. Aplicação da metodologia TPM para a otimização da eficiência global em máquinas injetoras de uma empresa de eletrodomésticos. Monografia (Engenharia de Produção e Sistemas). Universidade do Estado de Santa Catarina: Joinville, 2007. 81 p.
- Jardim, T. F. Análise de desempenho de brocas triconicas 9 7/8". Universidade Federal de Ouro Preto: Ouro Preto, 2017.
- Kardec, A., & Nascif, J. *Manutenção: função estratégica*. (3ª edição): Qualitymark, 2009. 384 p.
- Kardec, A., & Nascif, J. *Manutenção: função estratégica*. (4ª edição): Qualitymark, 2012. 384 p.
- Ljungberg, O. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities International. *Journal of Operations & Production Management*, v.18, n.5, p.495-507, 1998.

- Lüdke, M., & André, M. D. A. (1999). *A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. EPU.
- Mesquita Filho, J. de. (2010) TPM: Total Productive Management. Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo.
- Moellmann, A. H., Albuquerque, A. S., Contador, J. L., & Marins, A. S. (2006). Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação. *Revista Gestão Industrial*, 02, (01), 89-105, jan-mar
- Moraes, P. H. (2004). de A. *Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística*. Dissertação (Mestrado). Universidade de Taubaté, Taubaté, São Paulo.
- Nakajima, S. (1989). *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. IMC Internacional Sistemas Educativos.
- Pedrosa Neto, C. (2009). *Uma Contribuição na Identificação dos Custos Ocultos na Produção de uma Indústria de Cerâmica*. (Dissertação). Universidade de Brasília, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba,.
- Oliveira, M. A. (2017). de. *Sistema de Gestão da Manutenção Baseada no Grau de Maturidade da Organização no Âmbito da Manutenção*. Tese de Doutorado. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Braga, Portugal.
- Palomino, R. C., Manica, C. R., & Miranda, B. B. (2010). Incremento na Produção Através do Índice OEE: um estudo de caso em uma empresa fabricante de luminárias para lâmpadas fluorescentes. *XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de out.
- Paula, L. F. de., Silva, M. M., & Rocha, T. J. da S (2010). Os 8 pilares do TPM. Universidade Estadual Paulista e Faculdade de Engenharia de Bauru. São Paulo.
- Santos, A. C. O., & Santos, M. J. (2007). Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso. *XXVII encontro Nacional de Engenharia de Produção: Foz do Iguaçu*.
- Silva, D. M. da., Andrade, I. C., Alves, J. L. S., Lourenço, R. F. B., & Vasconcelos, G. R. (2020). A manutenção dos componentes como fator crítico no processamento da soja e seus desdobramentos. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4023>
- Silva, L., & Resende, A. (2013). Manutenção Produtiva Total (TPM) como Ferramenta para Melhoria da Eficiência Global de Equipamento (OEE). *XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador,
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da Produção*. (2ª ed.). Editora Atlas.
- Sousa, I. F. (2014). Eficiência Global dos Equipamentos (OEE): um estudo de caso. Faculdade Padrão III. Goiânia.
- Stefani, P. H. (2019). Carga Explosiva: desmonte de rochas à céu aberto. Palhoça, Santa Catarina.
- Tavares, L. *Administração Moderna da Manutenção: Novo Pólo Publicações*, 1999.