



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS

ANA VITÓRIA PINHEIRO NOGUEIRA

**INDICADORES DE DESEMPENHO COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO EM
UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO ESTADO DO CEARÁ**

FORTALEZA

2024

ANA VITÓRIA PINHEIRO NOGUEIRA

INDICADORES DE DESEMPENHO COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO EM
UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Metalurgista.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo José Gomes da Silva.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N71i

Nogueira, Ana Vitória Pinheiro.

Indicadores de desempenho como ferramenta de manutenção em uma indústria cimenteira no Estado do Ceará / Ana Vitória Pinheiro Nogueira. – 2024.

32 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Metalúrgica, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo José Gomes da Silva.

1. Indicadores de desempenho. 2. Cimento - Indústria - Indicadores. 3. Overaal equipment effictiveness . 4. Indústria de cimento - Indicadores de desempenho. 5. OEE. I. Título.

CDD 669

ANA VITÓRIA PINHEIRO NOGUEIRA

INDICADORES DE DESEMPENHO COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO EM
UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Metalurgista.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo José Gomes da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rogério Teixeira Mâsih
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Hamilton Ferreira Gomes de Abreu
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais uma graça alcançada.

À minha família, meus pais, meu irmão e Robervania, pela compreensão nos momentos de ausência, por todo apoio desde o início dessa jornada, por ser minha base e por serem tão fundamentais nessa conquista.

Ao meu namorado, Hyago, por ser tão paciente e conselheiro.

Às minhas amigas, Isabel Baltazar e Giovanna Toledo, por me acompanharem desde o início do curso e por sempre compartilharmos felicidades e dores nesse período.

Ao professor orientador, Dr. Marcelo José Gomes da Silva, pela dedicação, pela paciência e por compartilhar seus conhecimentos.

Aos professores da banca examinadora, pela disponibilidade e presteza da leitura.

RESUMO

O setor empresarial tem investido no planejamento, no controle de produção, no controle de qualidade e na gestão de indicadores de desempenho. Nesse contexto, vê-se a necessidade de estudar e analisar esses indicadores. Com eles pode-se identificar problemas e pontos de melhoria e, assim, ter uma análise crítica do processo e permitir tomada de decisões mais assertivas. Com o objetivo de analisar os indicadores de manutenção que mensuram os resultados da produção, o seguinte trabalho disserta sobre os indicadores de desempenho, estudando a fundo estes indicadores, correlacionando a eficiência geral do equipamento (OEE) com os indicadores mencionados e analisando quais têm maior ou menor influência no OEE. Utilizar indicadores de desempenho para calcular o desempenho da fábrica auxilia para que os processos ocorram da forma mais eficaz. Foram definidos os indicadores, foi correlacionado o OEE com os demais indicadores e analisado quais têm maior ou menor correlação, para que possa ser entendido em quais devem concentrar os maiores esforços da gestão.

Palavras-chave: indicadores; manutenção; produção; fábrica; correlação.

ABSTRACT

The business sector has invested in planning, production control, quality control and management of performance indicators. In this context, there is a need to study and analyze these indicators. With them, you can identify problems and points for improvement and, thus, have a critical analysis of the process and allow more assertive decision-making. In order to analyze the maintenance indicators that measure the results of production, the following work discusses the performance indicators, studying these indicators in depth, correlating the overall efficiency of the equipment (OEE) with the indicators mentioned and analyzing which ones have a greater or lesser influence on the OEE. Using performance indicators to calculate the factory's performance helps processes to occur in the most effective way. The indicators were defined, the OEE was correlated with the other indicators and which ones have a greater or lesser correlation were analyzed, so that it can be understood which ones should concentrate the greatest efforts of the management.

Keywords: indicators; maintenance; production; factory; correlation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Horas paradas incidentais (HP_I)	19
Gráfico 2 – Fator de utilização (UF)	20
Gráfico 3 – Fator de fiabilidade (RF).....	21
Gráfico 4 – Produtividade.....	22
Gráfico 5 – Fator de disponibilidade (FD)	23
Gráfico 6 – Eficiência global do equipamento (OEE)	24
Gráfico 7 – Tempo médio entre falhas (MTBF)	25
Quadro 1 – Resumo da correlação dos indicadores com o OEE.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos indicadores de desempenho no ano 2022	25
Tabela 2 – Horas paradas incidentais x OEE	26
Tabela 3 – Fator de utilização x OEE	27
Tabela 4 – Fator de fiabilidade x OEE	27
Tabela 5 – Fator de produtividade x OEE.....	27
Tabela 6 – Fator de disponibilidade x OEE	28
Tabela 7 – MTBF x OEE	28
Tabela 8 – Variância dos indicadores com o OEE	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	10
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	10
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	10
1.2	Metodologia	10
1.3	Estrutura do trabalho	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	Definição indicadores de desempenho	12
2.2	A importância dos indicadores	13
2.3	Categorias de indicadores de desempenho	14
2.3.1	<i>Índices</i>	14
2.3.2	<i>Coeficientes</i>	14
2.3.3	<i>Taxas</i>	15
2.3.4	<i>Parâmetros</i>	15
2.3.5	<i>Porcentagem</i>	15
2.4	Característica dos indicadores	15
2.5	<i>Overall equipment effectiveness (OEE)</i>	16
3	ESTUDO DE CASO	18
3.1	Etapas do estudo de caso	18
3.2	Análise dos resultados	28
4	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Diante da tendência mundial de crescimento e da intensa competitividade no meio do mercado produtivo, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, as empresas buscam continuamente aprimorar seus processos e obter excelência nos seus desempenhos. Para isso, o setor empresarial tem investido no planejamento, no controle de produção, no controle de qualidade e na gestão de indicadores de desempenho. Com isso, a eficiência da produção passou a depender inteiramente do bom funcionamento e disponibilidade dos ativos, levando ao surgimento de um novo foco na área de manutenção.

Nesse contexto, a gestão de indicadores de desempenho deve garantir que os objetivos e as metas planejadas sejam alcançados, alinhando e adequando de acordo com a necessidade do caso. Os indicadores de desempenho da empresa permitem interpretar e acompanhar a linha de produção e de qualidade, podendo mensurar as estratégias e metas alcançadas. Para embasar e justificar essa gestão na área fabril, cita-se a afirmação feita por Kaplan e Norton (1997, p. 21): “O que não é medido não é gerenciado”. Diante desta frase, vê-se uma ferramenta fundamental para aprimorar o desempenho das fábricas de cimento.

Esses indicadores são elaborados e empregados pela gestão com objetivo de atingir as metas operacionais. Com essa análise, a gestão visualiza e conduz a equipe fortalecendo os pontos mais fracos e fortificando o restante, além de ajudar na avaliação do desempenho da fábrica.

Os indicadores de desempenho medem os resultados de uma empresa. Com essa medida, entende-se as ocorrências e os impactos desta no processo completo, além de permitir a identificação de demais desvios. Com eles, pode-se identificar problemas e pontos de melhoria e, assim, ter uma análise crítica do processo e permitir tomada de decisões mais assertivas. Medir desempenho é o caminho para que a organização possa alcançar suas metas mais efetivamente e rapidamente.

Medir desempenho ajuda a organização a tomar medidas que auxiliam a projetar onde a empresa quer chegar para garantir o sucesso. Para o benefício completo da medição a ser realizada a organização deve identificar e selecionar o grupo de medidas que reflete o desempenho que está tentando alcançar (Barbosa, 2010).

Seguindo esta linha, a depender da empresa, os indicadores de desempenho mudam. Isso quer dizer que fica a critério de cada gestão decidir quais indicadores irão influenciar no resultado do planejamento feito.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os indicadores de manutenção que mensuram os resultados da produção.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificação de como os indicadores de desempenho podem ser utilizados na gestão do processo produtivo;
- Ênfase na influência destes na eficiência global do equipamento;
- Destaque do modo que os indicadores de desempenho de manutenção são usados na gestão do processo e a correlação destes indicadores na eficiência global;
- Definição dos indicadores de desempenho usados na fábrica de cimentos referida;
- Cálculo da correlação entre os indicadores de desempenho com o *overall equipment effectiveness* (OEE), usando o cálculo de Pearson;
- Análise da correlação entre os indicadores de desempenho com o OEE, fazendo uso de gráficos e tabelas.

1.2 Metodologia

Esta pesquisa caracterizou-se como um estudo descritivo de análise dos indicadores de desempenho utilizado em uma fábrica de cimentos, com a finalidade de observar a influência que um indicador exerce no outro.

Realizou-se pesquisa bibliográfica fornecendo informações que serviram como base conceitual sobre os principais conceitos de indicadores de desempenho.

No estudo de caso buscou-se a compreensão e interpretação dos fatos pesquisados, de como a organização utiliza e como calcula, e quais são os principais indicadores que mostram o desempenho da fábrica. Com o desígnio de proporcionar uma visão geral da importância e utilização dos indicadores de desempenho como uma ferramenta que auxiliam na gestão da produção.

Os dados utilizados para esse presente trabalho foram coletados da fábrica de cimentos, unidade Pecém no ano de 2022. A coleta das informações é documentada, porque será usada para composição de documentos internos, como relatório mensal de produção e farol de indicadores de desempenho.

O grupo da fábrica citada tem ramificações em diferentes áreas de negócios, tais como: siderúrgica, energia, celulose e papel, finanças, cimento entre outros. O estudo de caso baseou-se apenas no ramo de cimentos. A unidade Pecém localiza-se no Complexo Industrial e Portuário do Porto do Pecém.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho apresenta-se estruturado em quatro capítulos. No primeiro capítulo, traz uma visão geral do tema estudado, os objetivos, a justificativa e a metodologia utilizada.

O segundo capítulo trata-se da fundamentação teórica de indicadores de desempenho, mostrando a sua importância, tipos, modelos e características, e as definições de gestão da produção.

O terceiro capítulo contempla o estudo de caso. Neste capítulo avalia como são aplicados os indicadores de desempenho, quais são os indicadores usados, a *performance* ao longo do ano de 2022 e a influência que cada um deles tem com o indicador de desempenho do moinho de cimento o do OEE.

Ainda no capítulo três aborda as etapas do estudo de caso: descrição do processo produtivo, detalhamento dos indicadores de desempenho e a última etapa trata-se de uma análise de correlação de Pearson de cada indicador com o OEE.

Por fim, o quarto capítulo apresenta a conclusão do presente trabalho com suas considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição indicadores de desempenho

Os indicadores são ferramentas para o gerenciamento organizacional, que fornecem informações importantes para orientação estratégica de gestão e controle da produção. A medição de desempenho é importante para tomada de decisões e de ações que garantam a precisão e eficácia do processo produtivo.

O sistema de indicadores serve como método de avaliação de entradas, saídas, transformações e produtividade da empresa. Esse sistema é formado por métricas de desempenho, padrões e medidas. Elas fazem que o planejamento e a programação sejam regulados e calculados a fim de satisfazer as dúvidas dos clientes e alcançar os objetivos da empresa.

Para Costa (2003), a medição também tem o papel de orientar a melhoria, indicando sobre o que concentrar a atenção e onde os recursos devem ser disponibilizados para identificar as oportunidades de melhoria ou verificar o impacto das estratégias sobre o desempenho do processo ou da organização.

De acordo com Schröder (2005), diferentes sistemas de avaliação de desempenho são utilizados pelas organizações, no intuito de melhor avaliar seus processos, e conseqüentemente, os resultados obtidos.

Alguns estudiosos da área, como Goldratt (1996) e Dias *et al.* (2007), concordam que os indicadores auxiliam na tomada de decisão e focam os estudos e atenção para metas da organização.

Pontes *et al.* (2008) complementam que os indicadores têm sido utilizados para mensurar o desempenho de inúmeras atividades produtivas.

Segundo Martins e Costa Neto (1998), a medição do desempenho deve ser feita não somente para planejar, introduzir e controlar, mas também para diagnosticar.

Os indicadores de desempenho sinalizam em que se deve agir para restaurar uma causa especial crônicos ou atingir um desempenho nunca antes atingido. Esse tipo de atividade pressupõe a existência da atividade de controle antes, que é um uso natural dos indicadores de desempenho (Martins; Costa Neto, 1998).

Medir desempenho ajuda a organização a tomar medidas que auxiliam a projetar aonde a empresa que chegar para garantir o sucesso. Para o benefício completo da medição a ser realizada a organização deve identificar e selecionar o grupo de medidas que reflete o desempenho que está tentando alcançar (Barbosa, 2010).

Assim, pode-se afirmar que os sistemas de medição de desempenho vêm ampliando seu papel nas organizações, incorporando-se cada vez mais ao gerenciamento do negócio. Atualmente eles tornam-se parte integrante da implementação da estratégia e da avaliação de desempenho tanto de recursos humanos quanto de competitividade das empresas em relação ao mercado de atuação. Além disso, os indicadores vêm se tornando um dos principais instrumentos utilizados pelas empresas para auxiliar na tomada de decisão (Costa, 2003).

Nesse contexto, o desempenho pode ser conceituado, segundo Lebas e Euske (2002), por ser mensurável tanto por um número ou por uma expressão que permite comunicação, por realizar algo como uma intenção específica, por ser resultado de uma ação, por ter a habilidade de realizar ou o potencial para criar resultado, dentre outros conceitos.

2.2 A importância dos indicadores

A avaliação do desempenho organizacional é essencial para ter uma compreensão da posição da empresa dentro do sistema de informações gerenciais, permitir a análise da situação atual e facilitar a formulação de estratégias alinhadas com a concorrência e com o objetivo de melhorar continuamente. Indicadores de desempenho ajudam nas decisões sobre processos, operações e planejamento futuros.

Para garantir eficácia organizacional é essencial que a gestão esteja embasada em um sistema de avaliação de desempenho que sincronize a definição e a execução da estratégia empresarial. Isso envolve a definição de indicadores representativos da estratégia e o treinamento de todos os funcionários para interpretá-los e agir de acordo.

Um sistema de medição de desempenho inadequado pode ser prejudicial, introduzindo abordagens incorretas ou direcionando para soluções erradas. O

fundamental é concentrar esforços em poucos indicadores relevantes, alinhados à estratégia, assim, o gestor consegue focar nos aspectos principais da análise.

A evolução dos sistemas produtivos requer revisão dos indicadores de desempenho para garantir o alinhamento com o sistema de custeio e melhorar o desempenho operacional e financeiro.

Para Barbosa (2010), medir não é apenas confirmar o nível de desempenho, mas sim fornecer o suporte máximo no processo de melhorias. As importâncias para avaliação do desempenho são:

- fornecer a situação real do desempenho e desenvolvimento atual;
- possibilitar uma análise de causa e efeito das mudanças estruturais e ambientais;
- facilitar o controle do planejamento de desempenho;
- identificar lacunas do desempenho;
- identificar melhorias potenciais.

2.3 Categorias de indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho podem ser divididos em cinco categorias: índices, coeficientes, taxas, parâmetros e porcentagem.

2.3.1 Índices

São números que relacionam duas variáveis e ajudam a comparar os indicadores ao longo do tempo.

2.3.2 Coeficientes

São relações entre duas quantidades que formam uma medida de proporção. Por exemplo o coeficiente de variação (desvio padrão fornecido pela média), já que mede a dispersão dos dados.

2.3.3 Taxas

É a relação entre duas grandezas. Exemplos: taxa de crescimento populacional, taxa de juros, taxa de mortalidade infantil.

2.3.4 Parâmetros

São os limites estabelecidos usados como objetivo para avaliar o desempenho.

2.3.5 Porcentagem

É a parte proporcional calculada sobre uma quantidade de 100 unidades. Nesse contexto, os indicadores de desempenho devem ser baseados na capacidade de gerenciar, detectar e melhorar a consecução dos objetivos da organização.

Diferente dos demais estudiosos, Costa (2003) enumera três categorias de indicadores: estratégicos e operacionais, que se relacionam com a estratégia da empresa; produto e processo, que se relacionam com a avaliação do desempenho do produto ou processo gerencial; e principais e secundários, que categorizam a importância dos indicadores para os processos gerenciais. Enquanto os indicadores principais são relevantes para a tomada de decisões estratégicas e supervisionam processos essenciais da empresa.

2.4 Característica dos indicadores

Os indicadores desempenham várias funções essenciais dentro de uma organização. Podem servir como ferramentas de visibilidade, revelando os pontos fortes, fracos e disfunções da empresa, o que orienta as prioridades em programas de melhoria. Podem monitorar características mensuráveis, como produtividade, ou subjetivas, como satisfação do cliente. Além disso, guiam a melhoria, apontando onde concentrar esforços e recursos para identificar oportunidades de melhoria ou verificar o impacto das estratégias sobre o desempenho.

Conforme o estudioso Paladini (2011), as características essenciais dos indicadores destacam-se em: objetividade, clareza, precisão, viabilidade,

representatividade, visualização, ajuste, unicidade, alcance e foco nos resultados. Essas características garantem que os indicadores expressem de forma assertiva a situação avaliada, que sejam compreensíveis e que facilitem a visualização do processo avaliado. Além disso, ele citou que os indicadores devem priorizar a avaliação dos processos que os geraram e expressar resultados efetivamente alcançados, não projetados. Essas características asseguram que os indicadores sejam eficazes na avaliação e no direcionamento das ações da empresa.

2.5 Overall equipment effectiveness (OEE)

Para apresentar uma formulação prática para a medida de eficiência de um equipamento um indicador utilizado é o OEE. O OEE permite avaliar de maneira simples o efeito de parâmetros de manutenção, variações no tempo de ciclo, problemas de qualidade e outras interrupções sobre a capacidade ou eficiência do sistema (Moraes; Santoro, 2006).

A utilização do OEE vai além da determinação de um número que retrate a eficácia do equipamento. O OEE permite, através do desdobramento, identificar onde se encontram os potenciais de melhoria dos equipamentos. Esses estão associados às perdas existentes no equipamento que, se analisadas de maneira adequada, indicarão a direção de atuação que as equipes de trabalho deverão seguir para obter o aumento da eficácia dos equipamentos (Santos; Santos, 2007).

De acordo com Moraes e Santoro (2006), o OEE equivale ao produto de três indicadores: disponibilidade, qualidade e desempenho.

- **Disponibilidade:** representa o percentual do tempo operacional - tempo durante o qual a máquina opera em cada dia – no qual a máquina encontra-se disponível, isto é, não se encontra parada devido à quebra, falha, preparação ou troca de ferramentas. Em outras palavras, a disponibilidade equivale à relação entre o tempo disponível pelo tempo operacional.
- **Qualidade:** indica o percentual de peças boas produzidas no gargalo, isto é, peças produzidas que não foram retrabalhadas ou rejeitadas na operação.
- **Desempenho:** leva em consideração todos os demais fatores fortes, tais como variação do ciclo, falta de materiais, espera, bloqueio ou falta

de pessoas. Observa-se que todas as causas desconhecidas refletem no desempenho, pois este índice equivale à relação da capacidade total ou capacidade ideal incluindo peças rejeitadas ou retrabalhadas pela capacidade disponível.

Para Santos e Santos (2007), o OEE é o produto do índice de disponibilidade pelo índice de desempenho e pelo índice de qualidade (Equação 1), onde o índice de disponibilidade é encontrado pela divisão do tempo real da produção pelo tempo disponível para a produção, o índice de desempenho é medido pela divisão do desempenho real pelo desempenho desejado com o ciclo ideal e o índice de qualidade é a divisão das quantidades de produtos produzidos de boa qualidade pela quantidade total de produtos produzidos.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade (\%)} \times \text{Performance (\%)} \times \text{Qualidade (\%)} \quad (1)$$

3 ESTUDO DE CASO

A análise dos indicadores foi realizada através do estudo de correlação simples do OEE com os demais indicadores.

3.1 Etapas do estudo de caso

O presente estudo de caso é composto da análise dos indicadores de desempenho, utilizado para medição da manutenção e produção de cimento na indústria referida. A avaliação de cada indicador com o OEE foi obtida através do estudo de coeficiente de correlação de Pearson.

O estudo foi dividido em três etapas: entendimento do processo produtivo, detalhamento dos indicadores de desempenho e análise de correlação de cada indicador com o OEE. A seguir apresenta-se o estudo das etapas detalhado.

a) Etapa 1 – Entendimento do processo produtivo

O processo de fabricação de cimento compreende seis etapas, desde a extração da matéria-prima até a estocagem do produto final. Porém, em uma fábrica de moagem de cimento, como é o caso da estudada, somente as últimas duas etapas são realizadas: o moinho de cimento e a armazenagem. A produção começa com a mineração do calcário, principal matéria-prima, que é moído com argila e aditivos para formar a farinha de cimento. Essa farinha é aquecida, formando o clínquer, que posteriormente é moído para produzir o cimento final. Este é então armazenado em silos ou ensacado para comercialização.

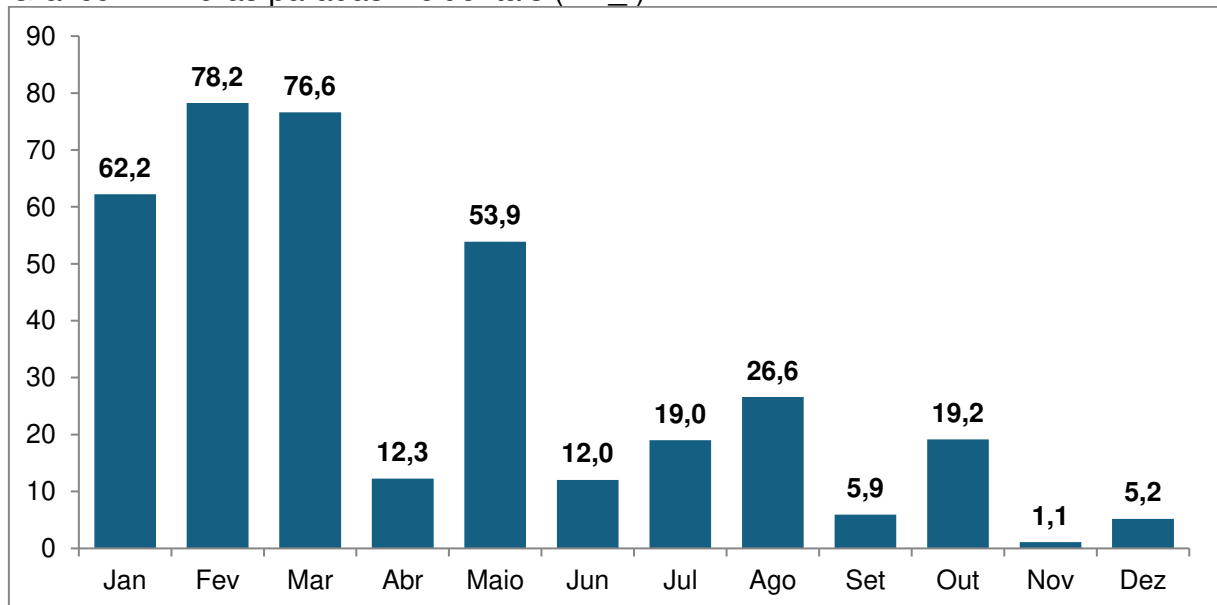
b) Etapa 2 – Detalhamento dos indicadores de desempenho

Nessa etapa mostra-se a descrição dos indicadores e o seu desenvolvimento mensal ao longo do ano de 2022: horas trabalhadas, fator de utilização, fator de fiabilidade, produtividade, fator de disponibilidade, eficiência global do equipamento e tempo médio entre falhas.

Horas paradas incidentais (HP_I):

Esse indicador apresenta a quantidade de horas paradas incidentais dentro de cada mês. As paradas circunstanciais (hora sazonal, silo cheio e falta de demanda de energia elétrica) não são consideradas como paradas. Somente as paradas incidentais são contabilizadas na contagem. As paradas incidentais podem ser: mecânica, elétrica, operacional e falta de matéria-prima ou insumos. Esse indicador expurga paradas por falta de energia elétrica de origem externa, ou seja, quando houver uma queda de tensão de energia ou falta de energia causada pelo fornecedor a parada do moinho não é considerada. A importância desse indicador se dá pela necessidade de controlar as horas que impactam os demais indicadores, como eficiência, disponibilidade etc. Como pode-se analisar o Gráfico 1, o mês com menos horas paradas incidentais foi o mês de novembro.

Gráfico 1 – Horas paradas incidentais (HP_I)



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

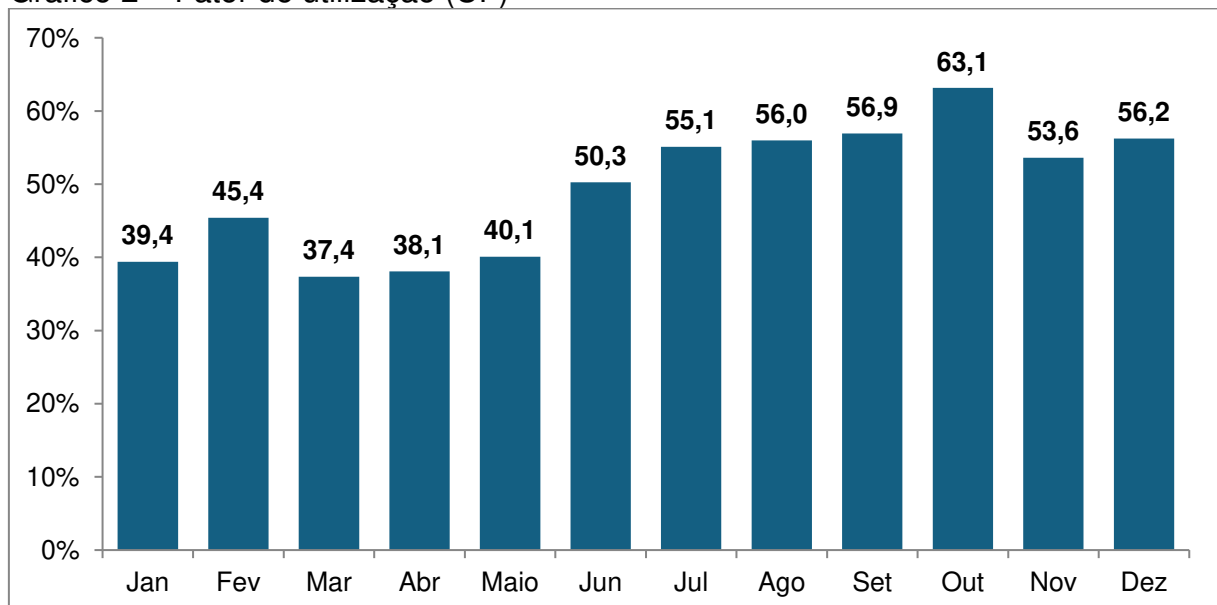
Fator de Utilização (UF):

Esse indicador usa a proporção entre a capacidade máxima do moinho e a quantidade efetivamente utilizada deste em um determinado período de tempo. Ao estudar e monitorar o fator de utilização, a referida empresa pode identificar oportunidades de melhoria e tomar decisões mais assertivas sobre alocação de

recursos, investimentos e planejamento estratégico. Para calcular o fator de utilização do moinho divide a quantidade de horas efetivamente utilizada pela sua capacidade máxima e multiplica o resultado por 100 para obter a porcentagem (Gráfico 2). O fator de utilização pode ser influenciado por uma série de fatores, tanto internos quanto externos. Alguns dos principais fatores que afetam o fator de utilização incluem:

- demanda: a quantidade de demanda por um determinado recurso pode afetar diretamente o seu fator de utilização. Quanto maior a demanda, maior a utilização do moinho.
- capacidade: a capacidade máxima também afeta o seu fator de utilização. Moinhos com capacidade maior têm potencial para ter um fator de utilização mais baixo, caso não sejam utilizados em sua capacidade máxima.
- eficiência: a eficiência na utilização também pode afetar o seu fator de utilização. Moinhos utilizados de forma mais eficiente tendem a ter um fator de utilização mais alto.

Gráfico 2 – Fator de utilização (UF)

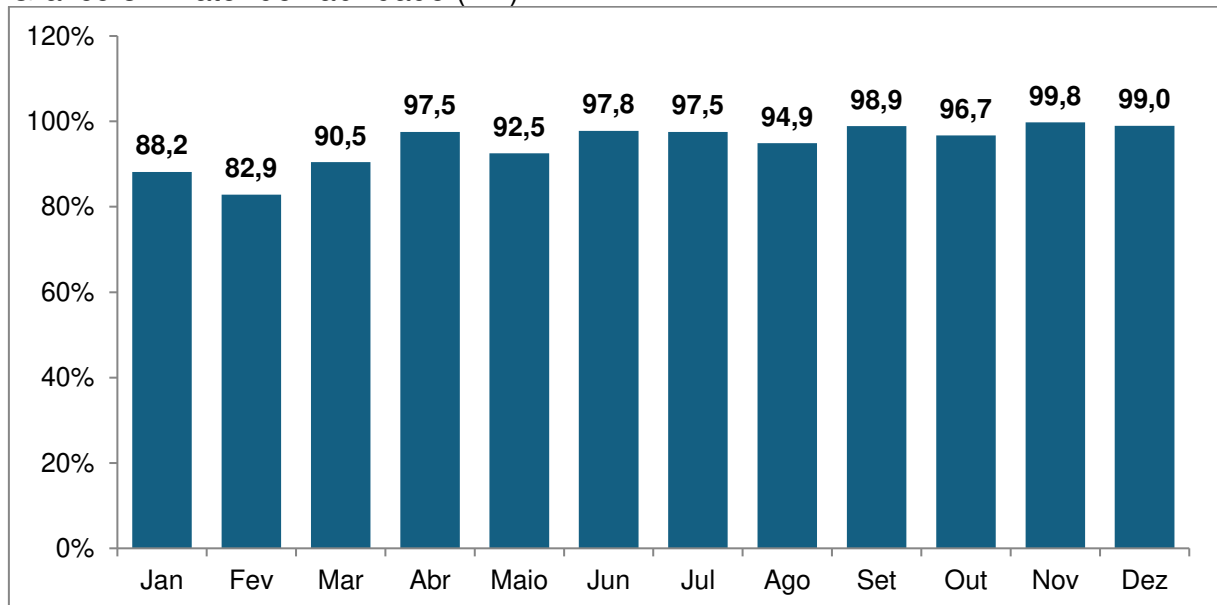


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Fator de Fiabilidade (RF):

O fator de fiabilidade refere-se à capacidade do moinho, dos processos e sistemas da fábrica para operar de forma consistente e confiável ao longo do tempo, garantindo que a produção seja contínua e de alta qualidade. Esse fator inclui a confiabilidade dos equipamentos e dos processos em si. Um alto fator de fiabilidade é essencial para maximizar a eficiência operacional, minimizar o tempo de inatividade e garantir a conformidade dos processos (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Fator de fiabilidade (RF)

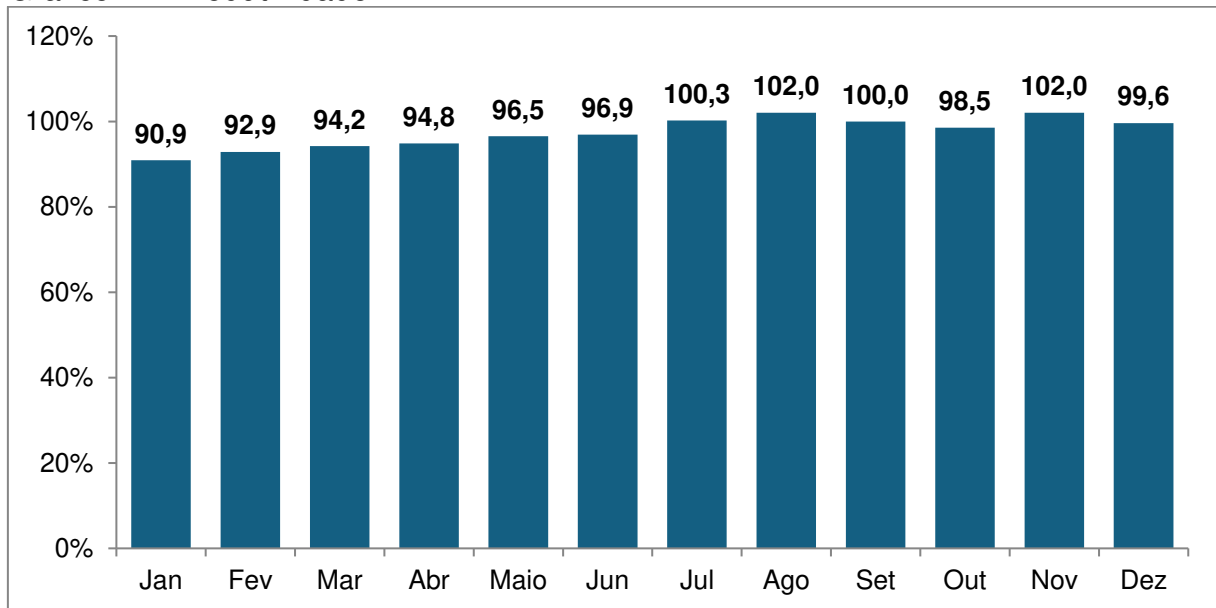


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Produtividade:

Mede-se pela produtividade real dividido pela produtividade nominal. Produtividade real é obtida pelo equipamento. São quantas toneladas de cimento são feitas pelas horas trabalhadas do moinho. Produtividade nominal é fornecida pelo fabricante do equipamento. O fabricante do moinho informa quantas toneladas por horas o moinho produz. No Gráfico 4, averigua-se que houve uma constância no desempenho do FD próximo de 100%, até acima disso, mostrando que a produtividade real foi adjacente e acima da produtividade nominal do equipamento.

Gráfico 4 – Produtividade



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

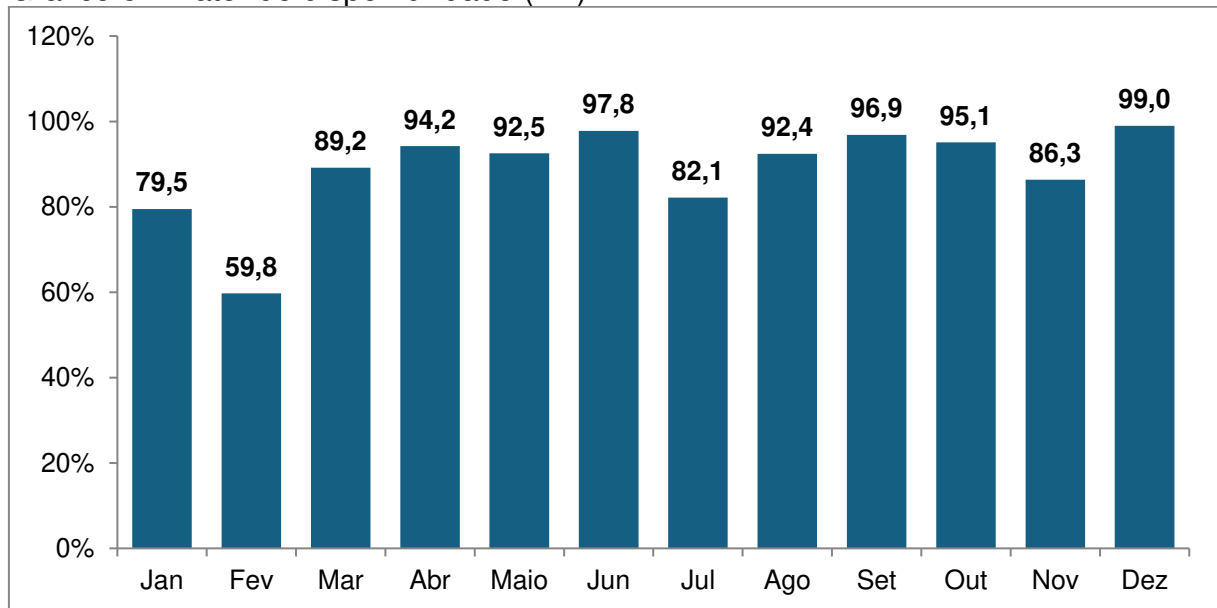
Fator de Disponibilidade (FD):

Mede-se pelas horas trabalhadas dividido pelas horas disponíveis. A hora trabalhada é medida pelo horímetro do motor principal do moinho. As horas disponíveis são medidas pelo número de horas no mês subtraindo as horas circunstanciais (hora sazonal, silo cheio e falta de demanda de energia elétrica).

Hora sazonal ocorre quando o moinho não está programado para rodar, ou seja, de segunda a sexta no horário de 17h30min às 20h30min. Para a hora sazonal devem ser consideradas exatas 3,00 horas. É considerado silo cheio quando o silo estiver entre 90% e 100% de sua capacidade de estocagem e a parada for voluntária. É considerada falta de demanda de energia elétrica quando não existe demanda contratada para rodar todos os equipamentos simultaneamente.

O Gráfico 5, a seguir, apresenta o percentual desse fator de disponibilidade:

Gráfico 5 – Fator de disponibilidade (FD)



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Eficiência global do equipamento (OEE):

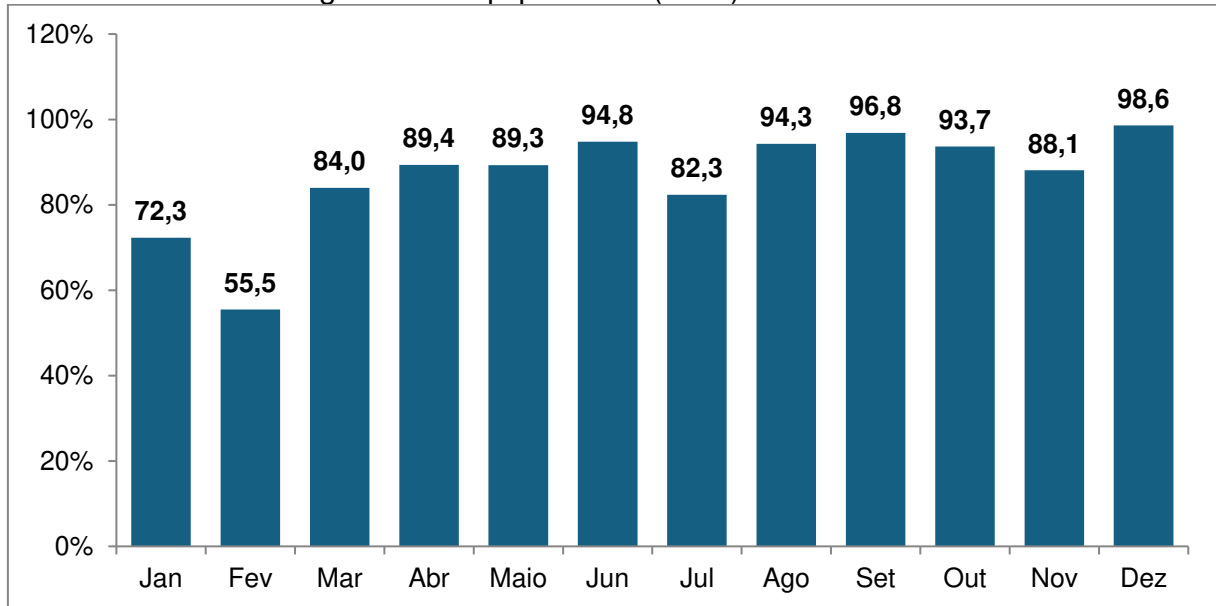
Esse indicador é o qual se concentra o estudo de coeficiente de correlação de Pearson que cada indicador tem com ele.

O OEE é medido pela multiplicação do FD por FP. Esse indicador identifica as perdas existentes em ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade e a produtividade dos equipamentos.

Diferentemente do que é apresentado na literatura, o OEE na referida fábrica é calculado somente pelo produto do fator de disponibilidade pelo fator de produtividade. A fábrica não utiliza o fator de qualidade, pois não existe perda no processo produtivo. Todo o cimento produzido é aproveitado, sendo assim, o fator de qualidade terá o índice sempre de 100%.

Averigua-se no Gráfico 6, a seguir, que o comportamento do OEE é parecido com o que ocorre do FD tendo o mês de dezembro como recorde do desempenho do moinho.

Gráfico 6 – Eficiência global do equipamento (OEE)



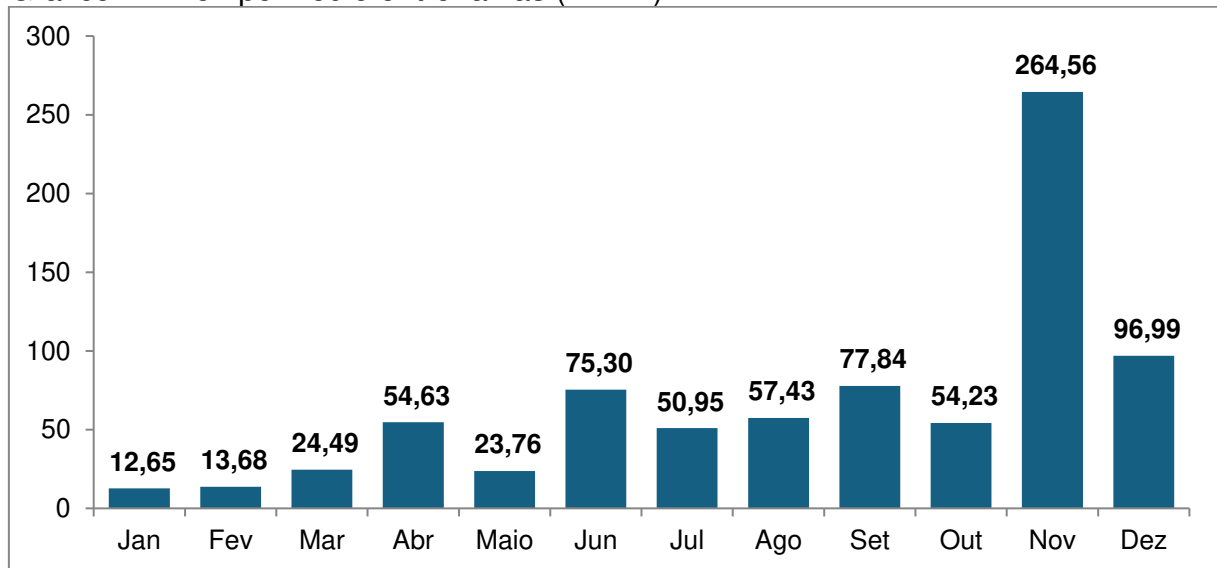
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tempo médio entre falhas (MTBF):

Este indicador refere-se à manutenção das máquinas. Indica a disponibilidade de um determinado componente do moinho. Para obter o MTBF, subtrai-se o tempo de manutenção do tempo de disponibilidade, e divide-se esse número pela quantidade de paradas. O cenário ideal para a empresa é quando o MTBF aumenta, porque mostra que o processo de manutenção preventiva foi feito com sucesso. Então, o aumento do MTBF indica que as técnicas de manutenção ou análise estão sendo aplicadas com eficiência, sendo um guia para os técnicos que o acompanham.

Como pode-se ver no Gráfico 7, o mês de novembro foi o mês com maior MTBF, ou seja, nele, as técnicas de manutenção foram mais eficientes.

Gráfico 7 – Tempo médio entre falhas (MTBF)



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Em seguida ver-se a Tabela 1 com a síntese dos indicadores de desempenho ao longo do ano 2022.

Tabela 1 – Síntese dos indicadores de desempenho no ano 2022

Indicador	Meta	2022	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
HT_I (h)	-	372,27	62,23	78,24	76,60	12,26	53,88	12,04	19,01	26,61	5,92	19,16	1,12	5,21
UF (%)	-	49,30	39,40	45,40	37,35	38,07	40,07	50,26	55,08	55,96	56,92	63,14	53,62	56,21
RF (%)	93,98	94,93	88,17	82,86	90,47	97,54	92,51	97,80	97,53	94,91	98,88	96,70	99,76	98,97
PF (%)	95,49	97,87	90,92	92,88	94,21	94,84	96,54	96,94	100,25	102,02	99,98	98,51	102,04	99,62
AF (%)	87,30	87,97	79,51	59,75	89,16	94,22	92,51	97,80	82,14	92,40	96,85	95,10	86,35	98,97
OEE (%)	83,36	86,10	72,29	55,49	83,99	89,36	89,31	94,80	82,35	94,27	96,83	93,67	88,11	98,60
MTBF (%)	38,93	36,97	12,65	13,68	24,49	54,63	23,76	75,30	50,95	57,43	77,84	54,23	264,56	96,99

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

c) Etapa 3 – Análise de correlação de cada indicador com o OEE

Coeficiente de correlação, de acordo com Vieira (2006), é uma medida de correlação entre duas variáveis que representa por “r” e é definido pela Equação 2, a seguir:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{(\sum x.x - \frac{(\sum x).(\sum x)}{n}) \cdot (\sum y.y - \frac{(\sum y).(\sum y)}{n})}} \quad (2)$$

O coeficiente de correlação varia entre -1 e +1. Se r assume o valor 1, diz-se que as duas variáveis têm correlação perfeita positiva e se r assume o valor -1, diz-se que as duas variantes têm correlação perfeita negativa. Se r assumir o valor zero, não existe correlação entre as duas variáveis (a correlação é nula).

Berquó, Souza e Gotlieb (2006) afirmaram que, quando se quer saber as alterações sofridas por uma variável X , são acompanhadas por alteração na outra variável Y . Procura-se verificar se aumentos/diminuições em X correspondem aumentos/diminuições em Y ou finalmente, se os aumentos/diminuições em X não estão relacionados com as alterações em Y .

Os autores afirmam que no caso de X e Y apresentarem variações em um mesmo sentido, diz-se que entre elas existe correlação positiva, quando a correlação de X e Y são de sentido contrários, trata-se de correlação negativa, finalmente, quando a variação de X não está relacionada com a variação de Y é o caso de não haver correlação.

Vê-se, portanto, que a correlação fica caracterizada pelo coeficiente de correlação de Pearson, que varia no intervalo de -1 (correlação perfeita negativa), zero (não há correlação) e +1 (correlação perfeita positiva).

A avaliação de variação de cada um dos indicadores foi comparada com a variação do OEE (tabelas 2 a 7), a fim de analisar quais indicadores têm maior influência na eficiência do moinho.

Tabela 2 – Horas paradas incidentais x OEE

Indicador	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
HT_I (h)	62,23	78,24	76,60	12,26	53,88	12,04	19,01	26,61	5,92	19,16	1,12	5,21
OEE (%)	72,29	55,49	83,99	89,36	89,31	94,80	82,35	94,27	96,83	93,67	88,11	98,60
Coeficiente	-0,744											

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O indicador de horas paradas incidentais tem forte correlação negativa com o OEE. Isso significa que à medida que as horas paradas incidentais aumentarem, o OEE diminuirá, e vice-versa. Nesse contexto, quanto mais o moinho parar, menor será o OEE.

Tabela 3 – Fator de utilização x OEE

Indicador	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
UF (%)	39,40	45,40	37,35	38,07	40,07	50,26	55,08	55,96	56,92	63,14	53,62	56,21
OEE (%)	72,29	55,49	83,99	89,36	89,31	94,80	82,35	94,27	96,83	93,67	88,11	98,60

Coeficiente **0,452**

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O fator de utilização tem correlação positiva moderada entre as duas variáveis. Isso quer dizer que, conforme um valor aumenta, o outro também aumenta, mas não na mesma proporção. O que não é provado pelas variações da tabela apresentada.

Tabela 4 – Fator de fiabilidade x OEE

Indicador	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
RF (%)	88,17	82,86	90,47	97,54	92,51	97,80	97,53	94,91	98,88	96,70	99,76	98,97
OEE (%)	72,29	55,49	83,99	89,36	89,31	94,80	82,35	94,27	96,83	93,67	88,11	98,60

Coeficiente **0,868**

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O fator de fiabilidade tem forte correlação positiva entre a fiabilidade e o OEE. Isso quer dizer que à medida que a fiabilidade aumentar, o OEE também irá aumentar, e vice-versa. No contexto da indústria de cimento, isso pode implicar que melhorias na fiabilidade dos equipamentos estão associadas a um aumento no OEE, o que pode resultar em maior eficiência operacional e desempenho geral da fábrica.

Tabela 5 – Fator de produtividade x OEE

Indicador	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
PF (%)	90,92	92,88	94,21	94,84	96,54	96,94	100,25	102,02	99,98	98,51	102,04	99,62
OEE (%)	72,29	55,49	83,99	89,36	89,31	94,80	82,35	94,27	96,83	93,67	88,11	98,60

Coeficiente **0,658**

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O fator de produtividade tem moderada correlação positiva, como pode-se ver, 0,658. Isso quer dizer que, conforme o fator de produtividade aumente, o OEE também irá aumentar. No entanto, por ser um indicador usado na fórmula de cálculo do OEE, o Coeficiente de Pearson poderia até ser maior, com forte correlação positiva.

Tabela 6 – Fator de disponibilidade x OEE

Indicador	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
AF (%)	79,51	59,75	89,16	94,22	92,51	97,80	82,14	92,40	96,85	95,10	86,35	98,97
OEE (%)	72,29	55,49	83,99	89,36	89,31	94,80	82,35	94,27	96,83	93,67	88,11	98,60

Coefficiente **0,974**

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O coeficiente calculado para os dois indicadores indica uma correlação forte positiva. Isso indica que um aumento no fator de disponibilidade está associado a um aumento proporcional no OEE, mas não necessariamente de forma linear. Isso pode ser provado pela própria fórmula do cálculo do OEE, que usa o fator de disponibilidade.

Tabela 7 – MTBF x OEE

Indicador	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
MTBF (%)	12,65	13,68	24,49	54,63	23,76	75,30	50,95	57,43	77,84	54,23	264,56	96,99
OEE (%)	72,29	55,49	83,99	89,36	89,31	94,80	82,35	94,27	96,83	93,67	88,11	98,60

Coefficiente **-0,641**

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O indicador MTBF tem forte correlação negativa com o OEE. Isso significa que à medida que o tempo de conserto do moinho aumenta, o OEE diminuirá, e vice-versa. Nesse contexto, quanto mais o moinho parar, menor será o OEE.

3.2 Análise dos resultados

Viu-se que a referida fábrica de cimento apresentou quatro indicadores (horas paradas incidentais, fator de fiabilidade, fator de disponibilidade e MTBF) que têm uma correlação positiva ou negativa forte com o OEE, conforme mostra o Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Resumo da correlação dos indicadores com o OEE

Indicador	Coefficiente de Pearson	Correlação	Justificativa
HT_I (h)	-0,744	Forte negativa	Quanto mais o moinho parar, menor será o OEE.
UF (%)	0,452	Moderada positiva	Conforme um valor aumenta, o outro também aumenta.
RF (%)	0,868	Forte positiva	À medida que a fiabilidade aumentar, o OEE também irá aumentar.
PF (%)	0,658	Moderada positiva	Conforme o fator de produtividade aumente, o OEE também irá aumentar.
AF (%)	0,974	Forte positiva	Aumento no fator de disponibilidade está associado a um aumento proporcional no OEE.
MTBF (%)	-0,641	Forte negativa	À medida que o tempo de conserto do moinho aumenta, o OEE diminui.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Essa correlação mostra uma ligação de causa e efeito que os indicadores têm com o OEE. Observou-se que quanto maior for a disponibilidade de horas que o moinho tem para rodar e quanto maior for a fiabilidade dele, maior será o OEE, ou seja, uma correlação positiva forte.

Notou-se que quanto maior for o número de horas paradas incidentais e o MTBF, menor será o OEE, ou seja, uma correlação negativa forte.

O indicador de fator de utilização foi um indicador que não apresentou muito impacto no OEE, o que pode ser trabalhado para uma melhoria.

A partir desse estudo a empresa pode melhorar o desempenho do OEE focando na gestão nos indicadores que teve forte influência sobre o mesmo.

A unidade poderá abrir um estudo mais aprofundado para analisar o porquê de o fator de produtividade ter apresentado uma moderada influência no OEE, já que o FP faz parte da formulação do OEE.

4 CONCLUSÃO

Verificou-se ao longo do trabalho que utilizar indicadores de desempenho para calcular a *performance* da fábrica auxilia para que os processos ocorram da forma mais eficaz. Os indicadores de desempenho apoiam aos gestores a monitorar os acontecimentos para que, caso necessário, façam mudança no processo produtivo.

Calcular os indicadores de desempenho convencia a empresa a usar os recursos adequados minimizando os desperdícios. Além disso, disponibiliza informações que possibilitam analisar a conjuntura que a empresa está vivenciando, podendo assim, tomar decisão sobre qual é a melhor estratégia para melhorar o desempenho da organização, auxiliando ao planejamento e formação de metas.

Indicadores de desempenho agem como um alerta da situação, possibilitando tomadas de decisão, evitando perdas para a empresa. Portanto, a utilização dos indicadores de desempenho é primordial para a averiguação do andamento da empresa e para verificar a presente situação para a tomada da melhor decisão.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Ava Santana. **Uso de indicadores de desempenho nas empresas construtoras brasileiras**: diagnóstico e orientações para utilização. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-05082010-145722/pt-br.php>. Acesso em: 26 jul. 2024.
- BERQUÓ, Elza Salvatori; SOUZA, José Maria Pacheco de; GOTLIEB, Sabina Léa Davidson. **Bioestatística**. São Paulo: EPU, 2006.
- COSTA, Dayana Bastos. **Diretrizes para concepção, implementação e o uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3457>. Acesso em: 26 jul. 2024.
- DIAS, Sergio Luiz Vaz; CAULLIRAUX, Heitor Mansur; ANTUNES JR., José Antônio Valle; LACERDA, Daniel Pacheco. Alinhamento entre sistema de produção, custo e indicadores de desempenho: um estudo de caso. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 144-169, 24 out. 2007. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v7i2.72>. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/72>. Acesso em: 26 jul. 2024.
- GOLDRATT, Eliyahu M. **A síndrome do palheiro**: garimpando informação num oceano de dados. São Paulo: Educator, 1996.
- KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. **A estratégia em ação: balanced scorecard**. Tradução de Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. 21. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- LEBAS, Michel; EUSKE, Ken. A conceptual and operational delineation of *performance*. In: NEELY, Andy (ed.). **Business performance measurement: theory and practice**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002. p. 65-79.
- MARTINS, Roberto Antonio; COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. Indicadores de desempenho para a gestão da qualidade total: uma proposta de sistematização. **Gestão & Produção**, [São Carlos, SP], v; 5, n. 3, p. 298-311, dez. 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X1998000300010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/8YKQWhKnMdmjGtd5bkBwj8L/>. Acesso em: 28 jul. 2024.
- MORAES, Luiz Henrique; SANTORO, Miguel Cezar. Medida de eficiência em linhas de produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais** [...]. São José dos Campos: ABEPRO, 2006. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr450311_7371.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

PALADINI, Edson Pacheco. **Avaliação estratégica da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PONTES, Andre Teixeira; SILVA, Ronaldo Ferreira da; ALLEVATO, Rita de Cassia Garcia; PINTO, Marco Aurélio Cabral. A utilização de indicadores de desempenho no setor de suprimentos hospitalares: uma revisão de literatura. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. São José dos Campos: ABEPRO, 2008. Disponível em: <http://www.ceatenf.ufc.br/Artigos/16.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2024.

SANTOS, Ana Carolina Oliveira; SANTOS, Marcos José. Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura: um estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. São José dos Campos: ABEPRO, 2007. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_224_28532.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

SCHRÖEDER, Christine da Silva. **Critérios e indicadores de desempenho para sistemas de treinamento corporativo virtual**: um modelo para medir resultados. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4318>. Acesso em: 28 jul. 2024.

VIEIRA, Sonia. **Estatística experimental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

QUEIROZ, Bárbara Tula Menezes Gadelha. **Indicadores de desempenho como instrumento de gestão da produção. Estudo de caso: Votorantim Cimentos Unidade Pecém**. Especialização em Engenharia de Produção. Fortaleza, 2011.

NETO, Emanuel Macedo. **Indicadores de manutenção: um estudo de caso em uma indústria de carcinicultura no Estado do Rio Grande do Norte**. Programa de Engenharia de Produção. Rio Grande do Norte, 2019.

LOPES, Kemily Beatriz Rodrigues da Cruz; PAIS, Larissa Sakate. **Modelo de avaliação multicritério para priorização em manutenção com base em indicadores de desempenho de uma indústria automotiva**. Curso de Engenharia de controle e automação. Curitiba, 2018.

PAULA, Rafael Fornasari. **Indicadores de manutenção: uma revisão sistemática da bibliografia e aplicações nas empresas brasileiras**. Natal, 2021.