

# UTILIZAÇÃO DA CIÊNCIA DE DADOS E INTERNET DAS COISAS (IOT) NA ANÁLISE DO OVERALL *EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) EM LINHAS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Bruna Tais de Faria<sup>1</sup>

## RESUMO

Este trabalho explora a aplicação da Ciência de Dados e da Internet das Coisas (IoT) na análise do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em linhas de produção farmacêutica. A farmacêutica nacional opera em mais de 3 estados Brasileiros. Seu compromisso com a pesquisa e desenvolvimento constante a tornou uma referência no setor, proporcionando tratamentos inovadores para uma ampla gama de condições médicas. Para otimizar sua eficiência operacional e garantir a qualidade de seus produtos, a Empresa união química implementou o conceito de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) em suas linhas de produção farmacêutica. Por meio do monitoramento contínuo do desempenho de suas máquinas e processos, a Empresa busca maximizar a utilização de seus recursos, reduzir desperdícios e garantir uma produção eficiente e de alta qualidade. O objetivo geral da Empresa é manter sua posição de destaque no mercado global, oferecendo produtos farmacêuticos inovadores e de alta qualidade, enquanto cumpre sua missão de melhorar a saúde e o bem-estar das pessoas em todo o mundo. Neste estudo, investigamos como a coleta e análise de dados em tempo real, juntamente com o uso de dispositivos IoT, podem aprimorar a compreensão e a otimização do desempenho da produção.

**Palavras chave:** Ciência de Dados. Iot. OEE.

## 1 INTRODUÇÃO

A eficiência operacional é crucial para o sucesso de qualquer empresa industrial. O OEE é uma métrica amplamente utilizada para avaliar a eficiência das linhas de produção, levando em consideração três principais fatores: disponibilidade,

---

<sup>1</sup> Graduanda em Sistemas de Informação no Centro Universitário do Sul de Minas

desempenho e qualidade. Com o avanço da tecnologia, a coleta e análise de dados em tempo real, aliadas à IoT, têm se mostrado ferramentas poderosas para aprimorar a gestão da produção.

Nos últimos anos, o OEE - *Overall Equipment Effectiveness* tem sido uma medida métrica fundamental nas indústrias, medindo a eficiência de um equipamento ou máquina na linha de produção.

Segundo Santos et al. (2017), o OEE é uma ferramenta importante para medir a eficiência dos equipamentos industriais e identificar oportunidades de melhoria no processo produtivo. Além disso, autores como Ribeiro (2015) e Silva (2018) destacam que a utilização do OEE permite uma análise mais precisa e detalhada sobre o desempenho dos equipamentos, possibilitando uma gestão mais eficaz da produção. Dessa forma, é possível afirmar que o OEE contribui significativamente para a otimização dos processos produtivos e para a tomada de decisão mais assertiva por parte dos gestores. Geralmente resultando em menor desperdícios, redução de tempo de inatividade, perdas de qualidade e tempo ocioso da operação, ou seja, redução dos custos de produção, trazendo maiores lucros para as empresas.

Segundo Almeida et al. (2019), o OEE está diretamente relacionado a uma produção mais eficiente e ao aumento da capacidade produtiva, levando em consideração a qualidade do produto. Autores como Souza (2018) e Oliveira (2017) afirmam que as empresas que adotam o sistema OEE mostram melhorias constantes na linha de produção e tendem a ser mais competitivas no mercado. Além disso, de acordo com Santos (2016), o OEE fornece uma medida quantitativa da eficiência dos equipamentos e permite tomar decisões para melhorar a produção, através de ajustes de programação e realocação de recursos. Desta forma, pode-se afirmar que a Eficiência Global do Equipamento é uma métrica fundamental na indústria de manufatura, sendo amplamente adotada para avaliar o desempenho operacional das linhas de produção e contribuindo significativamente para a otimização da produção industrial.

A Internet das Coisas (IoT) refere-se à interconexão em rede de ativos físicos por meio de sistemas embarcados, gerando uma rede altamente distribuída de dispositivos que se comunicam com seres humanos, bem como com outros dispositivos (ANCARANI et al., 2019).

Pode-se afirmar que surgimento da Internet das Coisas (IoT) e o paradigma da Indústria 4.0 abriram caminho para aprimorar os recursos de monitoramento das empresas com o uso extensivo de sensores físicos e virtuais para identificar insights significativos sobre o desempenho do negócio e/ou prever situações indesejáveis e, portanto, permitir que os engenheiros decidam e ajam de forma proativa. (BOUSDEKIS et al., 2018).

Este caminho está ainda mais acessível com a inserção de sensores eletrônicos de baixo custo à venda no mercado (CHAN et al., 2020). Vale esclarecer que não existe uma estratégia de manutenção que seja melhor do que outra, ou que possa ser adotada exclusivamente em detrimento de outras. Os mecanismos que causam os diversos modos de falha, a facilidade e custo para a detecção, aliados a severidade envolvida, determinam um mix de estratégias (reativas, preventivas, preditivas e proativas) em que cada uma atua de forma complementar.

Em programa de manutenção em que as ações reativas não exercem um papel predominante, a assertividade das ações de manutenção antes mesmo que a falha dos equipamentos ocorra é fundamental. Dessa forma, possuir subsídios para realizar prognósticos que permitam atuar no momento certo, quando o equipamento está no estágio incipiente de seu modo de falha, pode representar a oportunidade para reduzir custos diretos e indiretos de manutenção (SOUZA et al., 2022).

Diante do exposto, pretende-se desenvolver uma solução IoT de baixo custo, com a aplicação de um microcontrolador ESP32 e plataformas de *software open source* (como Tasmota, Grafana, InfluxDB), para monitoramento de grandezas elétricas e ambientais de um painel elétrico em tempo contínuo. Adicionalmente aspira-se compor um sistema que gere alertas e forneça subsídios para o prognóstico de saúde, implementação de indicadores de manutenção/performance e predição de falhas, baseado no grande volume de dados a ser gerado e armazenado continuamente (Big Data). Espera-se que a solução proposta possa auxiliar as empresas a implementar uma estratégia de manutenção baseada na condição, reduzir custos em intervenções corretivas e apontar caminhos para uma gestão de ativos mais eficiente.

## 1.1 Objetivo

Analisar como a Ciência de Dados pode ser aplicada na interpretação dos dados de OEE.

O objetivo geral é explorar como a Ciência de Dados pode ser aplicada na interpretação dos dados de Overall Equipment Effectiveness (OEE) em uma empresa farmacêutica, visando melhorar a eficiência e o desempenho das operações por meio da análise inteligente desses dados.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 OEE- OVERALL OPERATIONS EFFECTIVENESS (Eficácia Geral das Operações)**

O conceito do OEE - Overall Equipment Effectiveness foi desenvolvido por Seiichi Nakajima, um dos pioneiros da metodologia TPM (Total Productive Maintenance), que visa garantir a manutenção preventiva e a melhoria contínua dos equipamentos. Conforme observado por Bill Gates (2012), a eficiência operacional é fundamental para a inovação sustentável, e a OEE desempenha um papel crucial como métrica nesse contexto.

Como discutido por Johnson (1999), o acompanhamento regular do OEE capacita as organizações a tomar decisões informadas para maximizar a eficiência dos ativos e alcançar resultados financeiros superiores. Segundo a análise, o OEE é considerado uma métrica essencial na indústria, pois possibilita às empresas a avaliação da eficiência de suas operações produtivas, a identificação de pontos de estrangulamento, a minimização de desperdícios e o aprimoramento da eficácia geral. Ao monitorar o OEE, as organizações conseguem embasar suas decisões visando a otimização do uso de recursos e a obtenção de resultados financeiros mais favoráveis. Jeong e Phillips (2001, p.1404) dizem que “a abordagem de medição do OEE é muito importante em indústrias intensivas em capital, já que esse indicador não avalia somente a utilização, e demanda a identificação e análise das perdas escondidas”.

Na última década o Brasil se insere no contexto global da indústria farmacêutica como um dos mercados mais dinâmicos, apresentando taxas de crescimento de dois dígitos. Impulsionado pelos medicamentos genéricos e pela ascensão de um grande

número de novos consumidores, o mercado farmacêutico brasileiro alcançou a sexta posição mundial em 2013 (GOMES, et al., 2014).

No cenário presente a indústria farmacêutica se utiliza de ferramentas de gestão, de controle e monitoramento de equipamentos para melhorias e otimização de recursos na busca da eficiência produtiva, minimizando as atividades que não agregam valor, construindo um processo enxuto, impactando no custo final do produto.

O OEE (Overall Equipment Effectiveness) é um importante aliado na identificação dos desperdícios de equipamentos, pois permite realizar comparações entre a capacidade planejada e a capacidade realizada, auxiliando na melhoria contínua dos processos e gestão dos custos dessas ineficiências. De acordo com Kleemann (2012), essa métrica proporciona uma análise precisa dos recursos produtivos, destacando áreas de oportunidade para otimização.

## **2.2 Produtividade**

As empresas estão em constante busca de soluções que agreguem valor ao mercado e satisfaçam seus clientes, minimizando os custos e aumentando a produtividade e a lucratividade (BLOCH et al., 2017). Portanto, é preciso dar ênfase à Administração da Produção que busca gerenciar os recursos que criam e entregam serviços e produtos, e estudar as 3 funções principais da produção de uma organização: marketing, desenvolvimento de produto e a produção em si (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2016). Toledo Junior, Kuratomi e Silva (2011) definem a produção como a quantidade física de produtos ou serviços obtidos em um determinado tempo. Enquanto isso, o parâmetro produtividade é a relação entre o que se produz e o que deveria ser produzido. A produtividade, portanto, está diretamente relacionada ao tempo em que foi tomado como referência (Tempo Padrão). Por outra perspectiva, Slack, Brandon-jones e Johnston (2016) afirmam que a 5 produtividade se define como um índice obtido a partir da razão entre a produção em um determinado tempo (outputs) e o que deveria ser produzido (inputs). Assim, a produtividade para os autores é a divisão entre as saídas do processo, seus resultados, e as entradas conforme explicitado por Prokopenko (1992) na Equação 1.

$$\text{Produtividade} = \frac{O \text{ que se produz}}{O \text{ que deveria ser produzido}} \quad (1)$$

Portanto, para que a avaliação da produtividade de uma empresa seja confiável, há de se fazer mensurações e monitoramentos precisos e condizentes com os processos adotados pela empresa como padrão (MARINHEIRO, 2013). Sendo assim, a produtividade deve ser comparada a referências que possibilitem classificá-la como boa ou ruim, tendo em vista o processo padronizado empregado pela empresa. Em outras palavras, se não houver parâmetros específicos de comparação, raramente poderá ter ideia se o recurso foi utilizado de maneira ótima (OLIVEIRA; RIBEIRO; MACHADO, 2019).

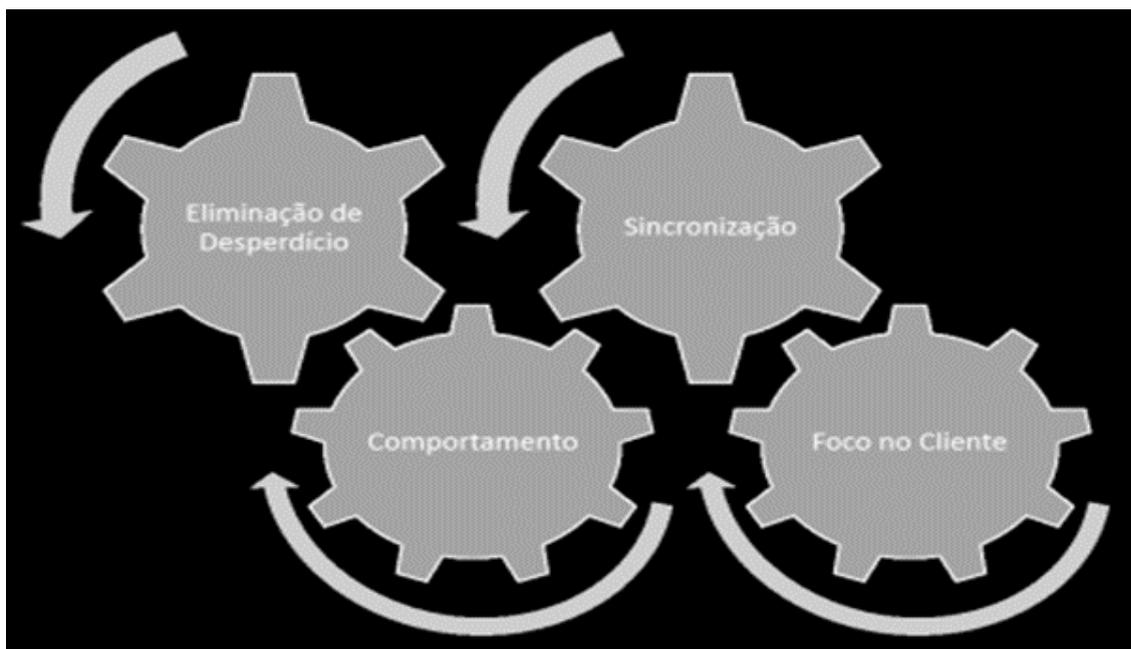
Segundo Amaro (2009), a escassez de recursos naturais do Japão após a segunda guerra mundial, que possuía um custo de mão de obra caro comparado ao custo de hora máquina, criou um cenário propício para o desenvolvimento da manufatura enxuta, melhorando o processo, e reduzindo custos de produção da Toyota Motors, tendo como principal figura dessa mudança, o senhor Taiichi Ohno.

Esse sistema criado por Ohno, o Sistema Toyota de Produção (STP), tinha como principal premissa a necessidade de reduzir desperdícios ligados a produção, que depois foi dividido em partes como o *Just In Time* (gerenciamento de produção e estoque) e Kanban (ordenação de fluxo de produção).

Derivado do STP, o termo Lean Manufacturing surgiu como uma prática aplicável a demais tipos de produção, consolidando-se como uma filosofia que tem como base a utilização de diversas técnicas de gestão com as máquinas, a fim de ter uma produção maior utilizando menos recursos (SANTOS; FERRAZ; SILVA, 2019).

Shiver e Eitel (2010) reforçam que a metodologia Lean, por ter origem em processos de manufatura, aperfeiçoa os negócios, tornando-os eficazes. Slack, Brandon-jones e Johnston (2016) sugeriram quatro diretrizes para essa metodologia: eliminação de desperdício, avaliação do comportamento, sincronização e foco no cliente, conforme ilustradas na Figura 1. Todas elas estariam interligadas e quando aplicadas aumentam as chances do processo ser eficaz.

Figura 1 – Diretrizes do Lean Manufacturing.



Fonte: Adaptado de Slack, Brandon-jones e Johnston (2016).

Seguindo lógica de raciocínio das filosofias Just in Time e *Lean Manufacturing*, surgiu o termo TPM (*Total Productive Maintenance*) ou ainda, Manutenção Produtiva Total, definido como uma metodologia focada na eliminação de perdas do sistema produtivo. Orientada para a “meta zero”, ou seja, “zero quebras, zero defeitos e zero acidentes”, em última instância, ela tem como objetivo melhorar a produtividade da empresa. Para isso, a TPM requer e promove a participação e motivação de todos, desde a alta direção ao chão de fábrica. Uma das estratégias incluídas na definição de TPM é maximizar a eficiência global do equipamento e essa análise é feita a partir da eficácia geral do equipamento, em inglês Overall Equipment Effectiveness (OEE) (MARINHEIRO, 2013).

Nakajima (1988), OEE é definido pela relação entre o tempo necessário de produção de um bem ser disponibilizado com qualidade, de acordo com o tempo programado para sua produção. Ainda sobre a definição, Moraes (2004, p. 60) argumenta que o “OEE é o principal indicador para monitoramento dos resultados da implementação do FTPM (Ford Total Productive Maintenance)”, uma adaptação da TPM para a Ford que é mundialmente aplicada nas suas unidades.

De acordo com Singh e Narwal (2017), OEE é a medição de quão bem uma máquina pode desempenhar sua função em relação ao seu estado de desempenho, instalação e disposição atual, permitindo identificar as por meio de seus resultados, as fontes de perdas de produtividade do processo, empregando da melhor forma os recursos produtivos, tais como de mão de obra e matéria prima, sendo assim uma medição simples de alto valor para a empresa. Segundo Hansen (2001), o OEE calcula o tempo de valor agregado no processo, ou seja, o tempo em que o processo está produzindo produtos, com qualidade, na velocidade especificada, durante o tempo programado. Conforme Stamatis (2010), no que se refere a mensuração da OEE aponta-se a relação desta com a eficácia do equipamento abordado, identificando as restrições de operação e como essas restrições afetam o OEE. Essa eficácia é medida multiplicando a disponibilidade, a eficiência de performance e a taxa de produtos de qualidade (Equação 2):

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (2)$$

OEE pode ser aplicada a qualquer área de trabalho individual, para níveis de departamento ou até mesmo ser utilizada para medir o desempenho global de uma fábrica. Esta ferramenta também permite o detalhamento por análises específicas, como para uma determinada máquina ou turno. É muito improvável que qualquer processo de fabricação possa ser executado a 100% OEE. Muitos fabricantes avaliam seu setor para definir uma meta desafiadora, de 85% não é incomum (STAMATIS, 2010). Hansen (2001) classifica os graus de otimização do OEE apontando que empresas que tem como objetivo ultrapassar 85%, proporcionam alta competitividade; valores de OEE entre 85% e 70% são considerados bons, enquanto aqueles de 70% a 60% são considerados apenas aceitáveis, indicando um processo de fabricação com pequenas perdas econômicas e baixa competitividade. Um valor de 60% deve ser considerado o mínimo permitido para uma unidade funcional em uma empresa que deseja permanecer no mercado a longo prazo.

As métricas de disponibilidade, performance e qualidade são melhor explicitadas nos subitens a seguir, sendo que cada uma dessas componentes aponta para

um aspecto do processo que pode ser direcionado para melhoria (MARINHEIRO, 2013).

### 2.3 Disponibilidade

O primeiro fator da OEE, a disponibilidade, representa a porcentagem de horário programado em que a operação está disponível para operar. Outra forma de dizer isso é que a disponibilidade é a porcentagem do tempo que uma máquina está disponível para produzir peças (STAMATIS, 2010). Este índice varia conforme os tempos de parada. O tempo de parada pode ser classificado em duas formas, paradas programadas, exemplos destas são: almoços, feriados, fins de semana, entre outros. Outra parada é a não planejada onde o exemplo mais clássico é a quebra de uma máquina. As paradas planejadas não influenciam no indicador de disponibilidade. As fórmulas para este cálculo estão representadas nas Equações 3 e 4 (BLOCH et al., 2017).

$$\text{Disponibilidade} = \left( \frac{\text{tempo disponível} - \text{perdas por parada}}{\text{tempo disponível}} \right) \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Tempo disponível} = \text{tempo teórico} - \text{tempo de parada programada} \quad (4)$$

### 2.4 Performance

A performance pode ser definida como o produto do tempo de ciclo ideal e o número de produtos produzido ao longo do tempo de execução real sendo essa métrica podendo ser prejudicada por perdas de velocidade do processo. Como exemplos têm-se ocorrência de marcha lenta e pequenas perdas de parada quando a produção é interrompida por um mau funcionamento instantâneo ou quando uma máquina está ociosa, ou ainda a perda referente à diferença entre velocidade de projeto do equipamento e velocidade operacional real. A mensuração da performance está explicitada na Equação 5 (HEDMAN; SUBRAMANIYAN; ALMSTRÖM, 2016).

$$\text{Performace} = \frac{(\text{tempo de ciclo ideal} \times \text{total de peças executadas}) \times 100}{\text{tempo de operação}} \quad (5)$$

## 2.5 Qualidade

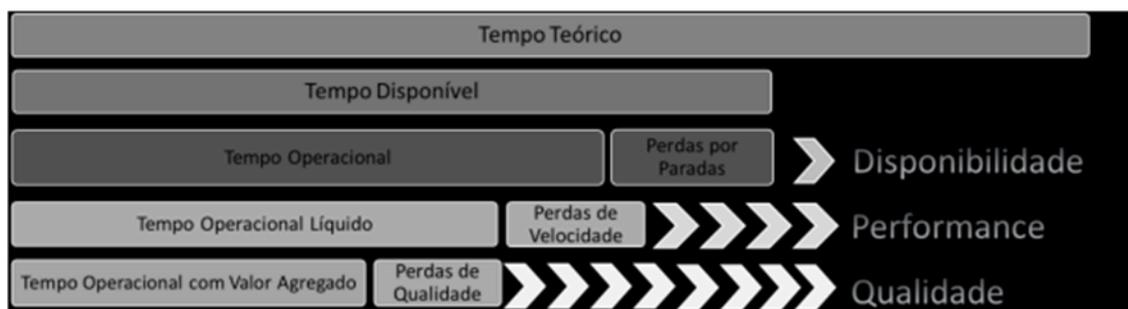
O índice de qualidade é um fator que indica a relação entre as peças boas produzidas e as perdas ocorridas pela má qualidade (BLOCH et al., 2017). Em outras palavras, é a porcentagem de partes resultantes que estão dentro das especificações, conforme definido pelo cliente. A qualidade é uma medição pura do rendimento do processo que é projetado para excluir os efeitos de disponibilidade e performance sendo sua fórmula apresentada na Equação 6 (STAMATIS, 2010).

$$\text{Qualidade} = \frac{(\text{total de peças produzidas} - \text{peças defeituosas}) \times 100}{\text{total de peças produzidas}} \quad (6)$$

## 2.6 Perdas do Equipamento

Segundo Nakajima (1988) e conforme relatado anteriormente, o cálculo da OEE permite a dedução da eficiência global do equipamento, incluindo no cálculo as seis grandes perdas do equipamento enumeradas a seguir. 1) Perdas por quebra de equipamento (breakdowns); 2) Perdas por configurações (setup) e ajustes; 3) Perdas por pequenas paradas (stops) ou operações em vazio (idles); 4) Perdas por redução de velocidade; 5) Perdas por defeitos ou retrabalhos (scrap); 6) Perdas para entrada em regime normal de produção (start-up yield). Portanto, por meio de uma metodologia simples e eficiente, a OEE tem capacidade de reportar todas as perdas de paradas, bem como perdas no desempenho da produção e perdas devido à qualidade nos produtos (Figura 2).

Figura 2 - Relação esquemática dos tempos com as seis grandes perdas e o OEE.



Fonte: Adaptado de Shirose (1992).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A empresa em questão é uma farmacêutica nacional com sede em São Paulo, com operações em mais de 3 estados. Ela é uma das principais fabricantes de produtos farmacêuticos, incluindo medicamentos de prescrição, produtos de saúde do consumidor e produtos biológicos.

A farmacêutica Nacional é uma empresa de grande porte, com uma extensa cadeia de produção que abrange várias instalações de fabricação em todo o Brasil. Seu ramo de atuação é focado na pesquisa, desenvolvimento e fabricação de medicamentos e produtos relacionados à saúde.

#### **Planejamento e Análise de Requisitos:**

Considerando a presença global da empresa, uma análise detalhada será conduzida para compreender os requisitos específicos de cada instalação de produção em diferentes regiões, levando em conta as nuances regulatórias e operacionais.

#### **Seleção e Implementação de Sensores e Dispositivos IoT:**

Será realizada uma avaliação minuciosa para selecionar os sensores e dispositivos IoT mais adequados para cada instalação, considerando as variáveis críticas de processo e os requisitos regulatórios do setor farmacêutico.

#### **Configuração e Instalação do Sistema de Monitoramento:**

A configuração e instalação dos dispositivos IoT serão coordenadas de forma integrada em todas as instalações, garantindo consistência e interoperabilidade em toda a rede de produção global da empresa.

#### **Desenvolvimento de Plataforma de Gerenciamento de Dados:**

Uma plataforma centralizada de gerenciamento de dados será desenvolvida para permitir a coleta, armazenamento e análise de dados de OEE em tempo real, garantindo conformidade com os padrões de segurança e privacidade de dados.

#### **Implementação de Algoritmos de Análise de Dados:**

Algoritmos avançados de análise de dados serão desenvolvidos e implementados para interpretar os dados de OEE e identificar padrões, tendências e oportunidades de melhoria em toda a rede de produção global.

#### **Monitoramento em Tempo Real e Análise Contínua:**

Um sistema de monitoramento em tempo real será estabelecido para acompanhar os indicadores de desempenho chave derivados dos dados de OEE em todas as instalações, permitindo análises contínuas e ação rápida em caso de desvios.

#### **Interação e Melhoria Contínua:**

Um processo iterativo de melhoria contínua será implementado, incorporando feedback dos usuários e equipes de produção de todas as regiões para aprimorar constantemente o sistema de IoT e OEE e otimizar a eficiência operacional em toda a empresa.

A integração da Ciência de Dados e da Internet das Coisas (IoT) na análise do Overall Equipment Effectiveness (OEE) em linhas de produção industrial é uma prática cada vez mais valorizada. O OEE, uma métrica central na indústria, avalia a eficiência global dos equipamentos, levando em consideração fatores como disponibilidade, desempenho e qualidade. Ao combinar os dados gerados pelos dispositivos IoT com técnicas avançadas de análise de dados, é possível obter insights valiosos que contribuem para aprimorar a eficiência operacional e facilitar a tomada de decisões estratégicas nas fábricas.

Este estudo tem como objetivo explorar como a Ciência de Dados e a IoT podem ser aplicadas para analisar o OEE em linhas de produção industrial, identificando padrões, gargalos e oportunidades de melhoria.

Inicialmente foi realizada a implementação de sensores de velocidade e rotação para monitorar a velocidade de operação das máquinas e equipamentos relevantes na linha de produção.

Também foram adicionados sensores capazes de coletar dados como temperatura para monitorar a temperatura dos equipamentos e detectar superaquecimento ou falhas térmicas dos equipamentos.

Foi feito o desenvolvimento de uma infraestrutura de IoT para integrar os dados coletados pelos sensores em uma plataforma centralizada que recebe os dados dos sensores e os armazena para análises posterior. Isso pode envolver o uso de servidores locais ou serviços de nuvem. A plataforma também pode fornecer recursos para visualização de dados, análise em tempo real e geração de relatórios.

Foi adquirido um sistema de armazenamento de dados escalável e seguro para lidar com grandes volumes de dados gerados pelos dispositivos IoT, bem como o armazenamento na nuvem.

Utilização de bancos de dados NoSQL ou soluções de armazenamento em nuvem para garantir a disponibilidade e a acessibilidade dos dados.

Aplicação de técnicas de análise de dados, como mineração de dados envolveu a descoberta de padrões, tendências nos dados. Porque pode incluir o clustering (agrupamento) para identificar grupos de dados semelhantes, associação para descobrir relação entre as variáveis e detecção de anomalias para identificarmos eventos incomuns ou suspeitos.

Identificação de padrões de comportamento dos equipamentos, através da análise de séries temporais e mineração de dados, foi possível identificar padrões nos dados coletados pelos sensores.

Foi desenvolvido algoritmos para calcular o OEE com base nos dados coletados pelos sensores permite uma avaliação precisa da eficiência global. Com isso foi possível envolver a integração de dados de disponibilidade (tempo de funcionamento), desempenho (velocidade do equipamento) e qualidade (taxa de produtos com defeito). Portanto, para calcular o OEE, esses três fatores são multiplicados entre si

para obter um único número que representa a eficiência global dos equipamentos. Implementar esse cálculo pode envolver o uso de ferramentas de análise de dados, linguagens de programação como Python ou até mesmo software especializado em gerenciamento de desempenho de produção.

Levando em consideração os três principais fatores do OEE: disponibilidade (tempo de operação real / tempo de operação planejado), desempenho (velocidade de produção real / velocidade de produção ideal) e qualidade (produção boa / produção total).

Desenvolvimento de painéis de visualização e relatórios para apresentar os resultados da análise de forma clara e intuitiva.

Utilização de ferramentas de Business Intelligence para criar gráficos, dashboards e alertas que auxiliem na tomada de decisões pelos gestores e operadores da linha de produção.

Espera-se que a aplicação da Ciência de Dados e IoT na análise do OEE em linhas de produção industrial proporcione uma melhor compreensão do desempenho dos equipamentos, identifique oportunidades de melhoria e contribua para o aumento da eficiência operacional e redução de custos.

#### **4 RESULTADO E DISCUSSÃO**

Espera-se que essa integração proporcione uma compreensão mais aprofundada do desempenho dos equipamentos ao considerar fatores como disponibilidade, desempenho e qualidade. Além disso, a análise dos dados gerados pelos dispositivos IoT pode revelar insights valiosos, identificando oportunidades de melhoria e otimização dos processos industriais.

Ao compreender melhor o OEE e seu impacto na eficiência operacional, as empresas poderão tomar decisões mais informadas para aumentar a produtividade, reduzir o tempo de inatividade e os custos operacionais. Dessa forma, a implementação da Ciência de Dados e IoT nas análises de OEE não apenas moderniza os processos industriais, mas também impulsiona a competitividade e a sustentabilidade das operações fabris.

Antes da implementação das medidas para melhorar o Overall Equipment Effectiveness (OEE), observou-se uma série de desafios que afetam negativamente a eficiência operacional. Estes incluíam períodos frequentes de paralisação não programada nas linhas de revisão de partículas intrínsecas e de rotuladoras em uma farmacêutica nacional, tempo de inatividade prolongado para manutenção e reparos, e uma falta de planejamento eficiente da produção. Isso resultou em uma produção instável, com oscilações frequentes na capacidade de produção e dificuldades para atender aos prazos de entrega.

A ciência de dados e a IoT contribuíram significativamente para as tomadas de decisão durante o período de implementação das estratégias para melhorar o OEE. A identificação de oportunidades de melhoria como a análise de dados gerados pelos dispositivos IoT permitiu identificar padrões e tendências nos dados de desempenho dos equipamentos. Isso ajudou os gestores a identificar áreas específicas de baixo desempenho ou alto tempo de inatividade, orientando a implementação de melhorias direcionadas.

Utilizando algoritmos de análise de dados, foi possível prever potenciais falhas nos equipamentos com base em padrões históricos e dados em tempo real. Isso permitiu a implementação de programas de manutenção preventiva de forma proativa, reduzindo o tempo de inatividade não programado e minimizando interrupções na produção.

Os sistemas de monitoramento em tempo real forneceram uma visão instantânea do status operacional dos equipamentos, permitindo que a equipe de produção detectasse falhas precocemente e respondesse rapidamente a problemas emergentes. Isso ajudou a evitar interrupções prolongadas na produção e minimizou o impacto no OEE.

A análise de dados de desempenho dos equipamentos e dos padrões de demanda de produção permitiu uma otimização mais precisa do planejamento da produção. Isso ajudou a maximizar a utilização do equipamento, reduzindo os tempos de ociosidade e garantindo uma produção mais eficiente e consistente.

No geral, a combinação da ciência de dados e IoT permitiu uma abordagem mais proativa e baseada em dados para a melhoria do OEE, capacitando os gestores a tomar decisões mais informadas e estratégicas para otimizar a eficiência operacional e reduzir os custos de produção.

Essas mudanças resultaram em um estado de produção mais consistente e previsível. A equipe foi capaz de cumprir prazos de entrega de forma mais confiável, e a estabilidade na produção permitiu uma melhor previsão de recursos e custos. Em última análise, a melhoria do OEE contribuiu não apenas para a eficiência operacional, mas também para a satisfação do cliente e a competitividade da empresa no mercado.

Vários participantes demonstraram mudanças notáveis em suas abordagens, sugerindo uma adaptação positiva às novas práticas introduzidas pelo equipamento. Isso reflete um aumento na eficiência das atividades de manuseio e operação. Em comparação com as expectativas iniciais, os resultados obtidos foram melhores do que o esperado.

Os resultados estão alinhados com os padrões/benchmarks estabelecidos pela literatura de referência, indicando uma melhoria substancial na eficiência geral do equipamento.

Ao contrário das expectativas, houve uma diminuição temporária na eficiência durante a fase inicial de implementação, o que pode ser atribuído ao período de adaptação da equipe às novas operações. Uma descoberta surpreendente foi que mesmo com a introdução do equipamento, a qualidade do produto também melhorou, resultando em uma diminuição notável nas devoluções por defeito.

Uma tendência observada ao longo da experiência foi um aumento gradual na eficiência, especialmente após a implementação de treinamentos adicionais para a equipe. Os resultados demonstram um padrão consistente de melhoria contínua.

Em contraste com experiências anteriores, esta demonstrou uma diferença chave na rapidez com que as melhorias foram implementadas e aceitas pela equipe. Semelhante a uma outra experiência, observamos que a comunicação efetiva desempenha um papel crucial na eficácia das mudanças implementadas.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A combinação da Ciência de Dados e IoT oferece um potencial significativo para transformar a maneira como a eficiência dos equipamentos é monitorada e melhorada nas linhas de produção industrial. A análise do OEE utilizando essas

tecnologias pode fornecer insights valiosos que impulsionam a competitividade e a sustentabilidade das empresas no mercado atual.

Ao examinar os indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade, que a implementação do OEE (Overall Equipment Effectiveness) contribui para identificar áreas de melhoria, a maximização do tempo de produção, a minimização de falhas e aprimoramentos na qualidade, resultando em ganhos substanciais.

Conclui-se que integralizando o OEE (Overall Equipment Effectiveness) na linha de produção, o sistema poderá ser utilizado em todos os ramos industriais, trazendo sempre resultados satisfatórios para ambos. Cabendo a cada setor adaptá-lo a sua demanda.

Portanto, o objetivo principal do trabalho, o cálculo do OEE, foi atingido e, conseqüentemente, foi possível identificar na produção os principais gargalos que influenciam na produtividade final, principalmente ao que se remetem às diferentes perdas de disponibilidade. No geral foi observado que a metodologia é capaz de trazer grandes benefícios para a empresa. Entre sugestões para pesquisas futuras pode-se incluir a investigação sobre o nível de consciência dos gestores no que se refere a medição do índice OEE e como isso afeta sua política de decisões, além de serem listadas e implementadas sugestões de melhoria verificando as mudanças na eficiência das máquinas, além de também ser avaliado o processo de produção como um todo para um resultado mais efetivo.

## **ABSTRACT**

This work explores the application of Data Science and the Internet of Things (IoT) in the analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in pharmaceutical production lines. União Química is a national pharmaceutical company, headquartered in São Paulo and with operations in more than 3 Brazilian states. Founded more than 80 years ago, the Chemical Union Company stands out for its dedication to innovation, quality and excellence in its pharmaceutical production lines. With a diverse portfolio of prescription medicines, consumer health products and biologics, the Union Chemical Company chemistry meets the health needs of millions of people around the world. Its

commitment to constant research and development has made it an industry leader, providing innovative treatments for a wide range of medical conditions. To optimize its operational efficiency and guarantee the quality of its products, the company União Química implemented the concept of OEE (Overall Equipment Effectiveness) in its pharmaceutical production lines. Through continuous monitoring of the performance of its machines and processes, the Company seeks to maximize the use of its resources, reduce waste and ensure efficient, high-quality production. The Company's overall objective is to maintain its prominent position in the global market, offering innovative, high-quality pharmaceutical products while fulfilling its mission to improve the health and well-being of people around the world.

.In this study, we investigate how real-time data collection and analysis, coupled with the use of IoT devices, can improve understanding and optimization of production performance.

**Keywords-** Data Science. IoT. OEE.

## REFERÊNCIAS

AHMED, M.; AHMAD, N. An application of Pareto analysis and cause-and-effect diagram (CED) for minimizing rejection of raw materials in the lamp production process. **Management Science and Engineering**, [S.L.], v. 5, p. 87–95, 2011.

BLOCH, Rodrigo Daniel; COSTA, Ricardo Samento; CASARIM, Vanuza Andrea; SANTOS, Antônio Vanderlei dos; HAHN, Cláudia Luisa. Melhoria do índice de oee de uma máquina dobradeira na indústria metalmeccânica. **In: Encontro Nacional de Propriedade Intelectual**, N. 3, 2017, Santo Ângelo/RS. ANAIS III ENPI. Santo Ângelo/RS: 2526-0154, 2017. v. 1, p. 219-228.

GOMES, R. et. al. **O novo cenário de concorrência na indústria farmacêutica brasileira**. São Paulo: BNDES Setorial, 2014.

FILIPPINI, Roberto. Operations management research: some **reflections on evolution, models and empirical studies in OM**. **International Journal of Operations and Production Management**, v.17, n.7, p. 655-70, 1997.

HANSEN, Robert C. Eficiência Global dos Equipamentos: **uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HORST, Maurice. **Método de diagnóstico para apoio à implantação da cadeia de ajuda em empresas de manufatura com processos de transformação automáticos.** 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

JEONG, K. Y.; PHILLIPS, D. T. Operational efficiency and effectiveness measurement. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 21, n. 11, p. 1404-1416, 2001.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE. **International Journal of Operation & Production Management**, v. 19, n .1, p. 55-78, 1999.

MARINHEIRO, José Bonifácio Morais. **A manutenção produtiva total e a produtividade: estudo de caso em uma indústria.** Recife, 2013. 147 f. Dissertação (mestrado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, 2013.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NAKAJIMA, S., **Introduction to TPM: total productive maintenance.** 1 ed. Productivity Press: Cambridge, 1988. 129 p.

OLIVEIRA, H, T; HELLENO, A, L. Sistema de apoio à gestão da produção: **indicadores de eficiência operacional** – estudo de caso. 2012. Revista Ciência e Tecnologia, v.17, n.33, p. 39-52, jan/jun. 2012.