

## INTERNET OF THINGS PARA O AUMENTO DE PRODUTIVIDADE EM LINHAS DE PRODUÇÃO COM LEAN MANUFACTURING

**Resumo:** A manufatura de produtos vem se tornando cada vez mais competitiva e globalizada, sejam dos produtos fabricados em escala regional ou mundial. Foram aplicados treinamentos e estudos dentro de duas empresas de seguimentos diferentes com a tecnologia da internet das coisas (IoT) um item da indústria 4.0 e dos conceitos de desperdícios e ferramentas do lean manufacturing, conhecimentos que estão latentes as necessidades que o engenheiro atualmente precisa e encontra em seus projetos. A implementação contou com a participação efetiva das equipes internas de cada empresa nos treinamentos, o grande diferencial foi as aplicações práticas desenvolvidas dentro das indústrias trabalhadas. Assim foi possível proporcionar ganhos de produção em suas linhas de fabricação, de forma a deixar um conhecimento junto as empresas além do propósito de repassar a cultura iniciada nos setores trabalhados.

**Palavras-chave:** IoT. Lean Manufacturing. Melhoria contínua. Indústria 4.0. Produtividade.

### 1 INTRODUÇÃO

A manufatura industrial passou por diversas transformações nas últimas décadas, impactando fortemente as empresas e sua forma de produzir. Isso se deve as evoluções tecnológicas, que impactaram o modo de se fabricar, impulsionadas pela alteração dos padrões de consumo e da livre concorrência mundial.

Associado a isto, a indústria nacional vive cada vez mais a competitividade mundial, tendo que criar soluções modernas e inovadoras, com produtos que cheguem ao mercado em um menor tempo possível, e ainda atender pedidos cada vez mais customizados e complexos.

Uma das ferramentas utilizadas com maior eficiência no meio produtivo são os conceitos de manufatura enxuta, também chamado de Lean Manufacturing, que abordam as ideias de desperdícios no meio produtivo, ou seja, tudo que consome recursos, mas não agrega valor ao cliente, ponto muito importante na otimização dos processos e produtos.

A manufatura enxuta começou no Japão posteriormente à Segunda Guerra Mundial, ganhando expressão anos mais tarde por James P. Womack e Daniel T. Jones nos seus livros "The Machine That Changed the World" em 1990 e "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation" em 1996. A ideia de uma produção enxuta está ligada ao conceito de o que é valor e o que é desperdício, assim seria interessante aprimorar a eliminação de desperdícios, estes categorizados em sete: excesso de produção, tempo de espera, processos inadequados, trabalho desnecessário, stocks, transporte ou movimentações e defeitos (Womack, 2003).

Outro conceito importante é o de valor, sendo valor tudo o que vai de encontro às necessidades e expectativas de qualquer parte interessada na organização. O valor pode ser designado pela recompensa recebida em troca do que é produzido. (Pinto J. P., 2009).

A manufatura enxuta usa métodos de diagnóstico e de melhoria do processo, como por exemplo os 5 porquês, o diagrama de Ishikawa para o diagnóstico, e o 5S na aplicação de melhorias dentro da produção.

Dentre esses, o diagrama de Ishikawa e os 5 porquês procuram a causa raiz do problema, sendo que no o diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa efeito, investiga-se através de categorias (material, método, meio ambiente, mão de obra, máquina) as possíveis causas de um problema que deseja resolver, começando pelas causas mais diretas, por outro lado, os 5 porquês tratam o problema com cinco perguntas simples que ajudam para um

entendimento mais rápido e analítico diante do que está sendo discutido, como no exemplo da Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de aplicação dos 5 porquês

| Perguntas  | Problema: Celular defeituoso   |
|--|--|
| Por que o celular apresentou defeito?              | Porque houve problemas de fabricação.  |
| Por que houve problemas de fabricação?             | Porque a máquina apresentou falhas de funcionamento.                           |
| Por que a máquina apresentou falhas?               | Porque não foi realizada a manutenção necessária.                              |
| Por que a manutenção necessária não foi realizada? | Porque o operador da máquina não sabia quando deveria realizar tal manutenção. |
| Por que não sabia tal informação?                  | Porque não recebeu o treinamento da maneira correta.                           |

Fonte: BRAZ e CAZINI, 2018

Já o 5S tem o seu conceito baseado nas iniciais das 5 palavras de origem japonesa: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke que foram adequadas à língua portuguesa na forma de 5 sentidos como descrito abaixo:

- Senso de Seleção, separar tudo o que é necessário do que é desnecessário no local de trabalho dando um destino para aquelas coisas que deixaram de ser úteis.
- Senso de Ordenação, colocar cada objeto no seu único e exclusivo lugar, dispostos de uma forma correta, agrupando por tipo, cor, etc.
- Senso de Limpeza; eliminar a sujeira e as fontes de sujeira para construir um ambiente de trabalho limpo e agradável que proporcione segurança e qualidade de vida.
- Senso de Asseio; Fruto da padronização das etapas anteriores de forma sistematizada com manutenção e monitoração dos estágios já alcançados para não retrocedam.
- Senso de autodisciplina; Ser responsável pela qualidade do seu trabalho e de sua vida buscando melhorias sempre, ao cumprir rigorosamente os padrões técnico, éticos e morais, normas e tudo o que for estabelecido pela organização onde trabalha.

Para consolidar essas ferramentas dentro dos processos de uma empresa, faz-se importante a utilização de recursos tecnológicos na apuração e geração de dados, além de recursos tecnológicos aplicáveis em linha de produção, máquinas e processos, bem como o uso da Internet das Coisas ou IoT (Internet of Things).

A Internet das Coisas baseia-se em transformar os dispositivos eletrônicos em computadores ligados à internet, com a capacidade de trocar informações e dados sob a infraestrutura de telecomunicação dos dias atuais (GUBBI, 2013). Sendo assim, um IoT pode conectar as “coisas” (dispositivos) à internet, e permitir a transmissão de informações entre operadores, usuários e os dispositivos.

A inteligência proporcionada pelo cruzamento de dados dos dispositivos entre as máquinas, bem como seu desempenho produtivo, pode ser utilizada em muitas aplicações dentro das indústrias.

Essas vantagens vêm de encontro às necessidades básicas em uma fábrica, tomando dados como produção, desempenho e consumo dos motores elétricos, ou ainda análises físico-químicas da matéria prima, e entregando como dados apontados e tratados para os gestores.

## 2 DESENVOLVIMENTO


Muitas vezes, as análises dos dados de uma empresa apontam os seus desafios quanto à produção, principalmente pelos muitos custos e desperdícios, algo que apresenta ser de difícil contabilização por parte das empresas.

Assim, foi realizada a implementação de uma IoT afim de tornar as máquinas e linhas de produção capazes de se comunicar, ou seja, conectadas para obtenção dos dados de performance, capacidade produtiva e interrupções que venham a ocorrer.

Para esse trabalho, foi aplicado um sistema IoT em duas empresas, uma com uma linha de produção de bebedores e a outra do setor de calçados. Em cada empresa inicialmente treinamos cada funcionário participante no manuseio do equipamento e da plataforma que será descrita nessa seção, assim como foram realizadas análises do desempenho de produção e ações para aprimorar a fabricação, bem como formas de ganhar em produtividade e redução de desperdícios.

Para implementar a internet das coisas nessas empresas, foi utilizado um dispositivo para aquisição de dados da marca Advantech, modelo WISE 4050 Wireless, como mostra a Figura 2, com as características técnicas:

Figura 2 – Wise 4050

| WISE 4050   | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS  |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Função de armazenamento de dados: registra até 10.000 amostras de dados com um registro de data e hora;</li> <li>• Função IoT cloud: dados com armazenamento local que podem ser consultados pelo usuário e/ou podem ser enviados para a nuvem automaticamente;</li> <li>• Protocolo de comunicação: modbus / tcp, tcp / ip, udp, http, dhcp, mqtt;</li> <li>• Servidor web: api web restful no formato json, interface de configuração html5 com javascript e css3;</li> <li>• Entrada digital com 4 canais operação em 0 ~ 3 vdc ou - 3 ~ 0 Vdc / 1: 10 ~ 30 Vdc ou - 30 ~ -10 Vcc (3 mA min.); Isolamento: 3.000 Vrms; frequência de sinal máxima de 3 kHz</li> </ul> |

Disponível em: <[https://www.advantech.com.br/products/4260f153-57cd-4102-81ea-7a0f36d9b216/wise-4050/mod\\_645b1bf7-82b2-4d6b-a381-b5848c29d0ab](https://www.advantech.com.br/products/4260f153-57cd-4102-81ea-7a0f36d9b216/wise-4050/mod_645b1bf7-82b2-4d6b-a381-b5848c29d0ab)>

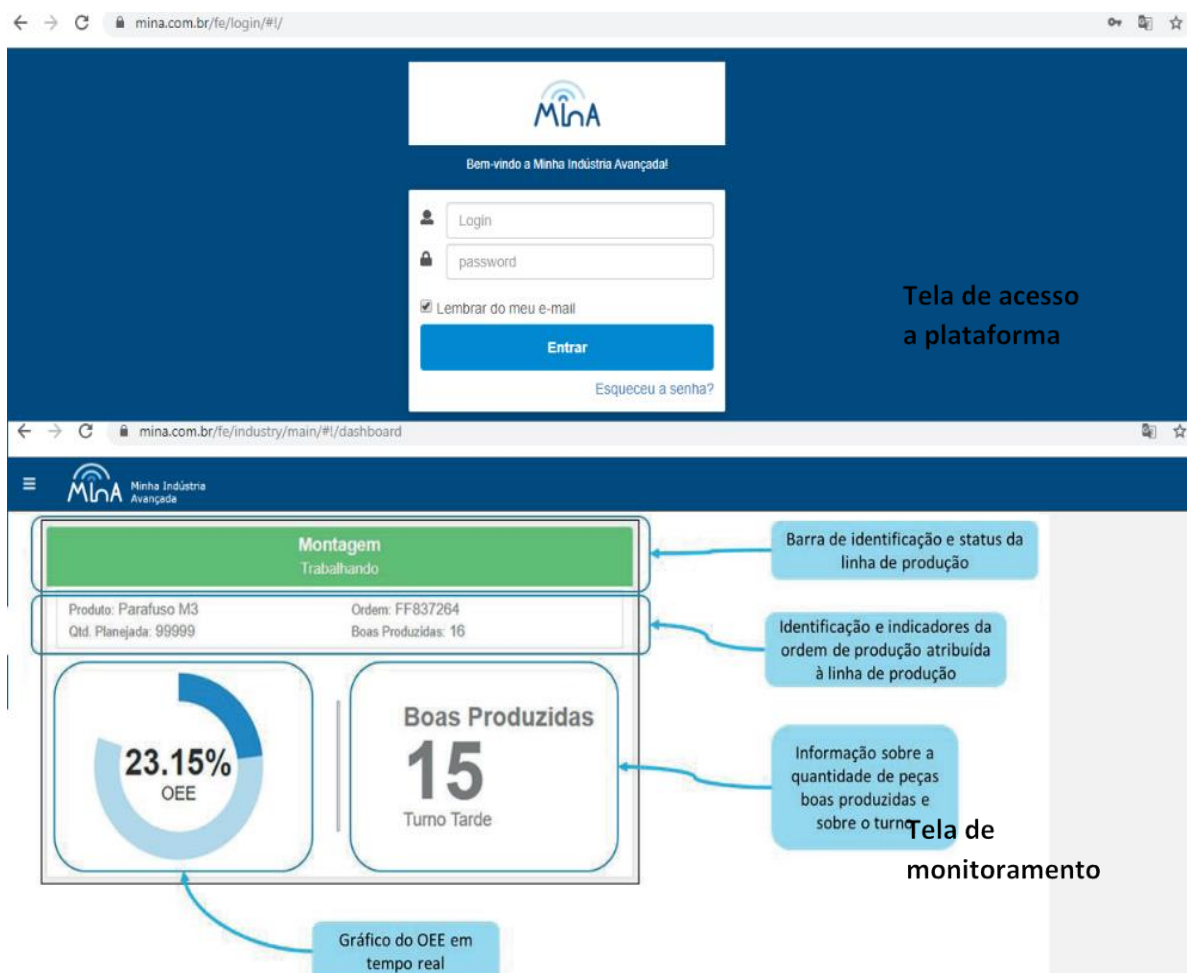
Além disso, utilizamos a plataforma Mina, que é uma base para tratar os dados recebidos da IoT e que permite, de forma automática, a contagem da produção e a detecção de suas interrupções, além de registrar possíveis problemas de qualidade. Para esse trabalho, usou-se a contagem de produção e também o registro das paradas na linha. Com esses dados coletados através de sensores, foi possível acompanhar e avaliar a produção em tempo real, de forma simples e rápida.

A plataforma exige apenas o acesso a um link de internet para ser usada, e pode ser também utilizada em celulares ou tablet's. O acesso e cadastro de cada pessoa integrante da produção e da equipe é feito pelo consultor implementador do trabalho. Após o cadastro, o usuário recebe um e-mail de confirmação e tem o acesso de acordo com sua função, tendo níveis de acesso para usar a plataforma.



Na Figura 3, é possível ver o acesso à plataforma que é responsável por processar os dados coletados, transformá-los em informações úteis, assim como orientar nas ações que devem ser tomadas imediatamente, visando a redução de desperdícios. O sistema Mina também gera automaticamente indicadores usados por supervisores, gerentes de produção e manutenção, e diretores.

Figura 3 - Plataforma de acesso e monitoramento dos dados.



Fonte: Autor

### 3 APLICAÇÃO NAS EMPRESAS

#### 3.1 EMPRESA DE BEBEDORES

Na empresa de bebedores, foram realizadas reuniões entre a equipe de pessoas envolvidas na operação e também na gestão da empresa, unindo assim a percepção de todos para determinar o melhor ponto a ser trabalhado. Assim, instalamos o IoT na linha de montagem elétrica e de refrigeração como mostra a Figura 6.

A linha escolhida, por meio da plataforma, passou a ter o controle de produção na nuvem através do coletor IoT. Um sensor indutivo, que é acionado por uma haste que se movimenta quando passa um bebedouro, capta o movimento dos bebedores pela linha.

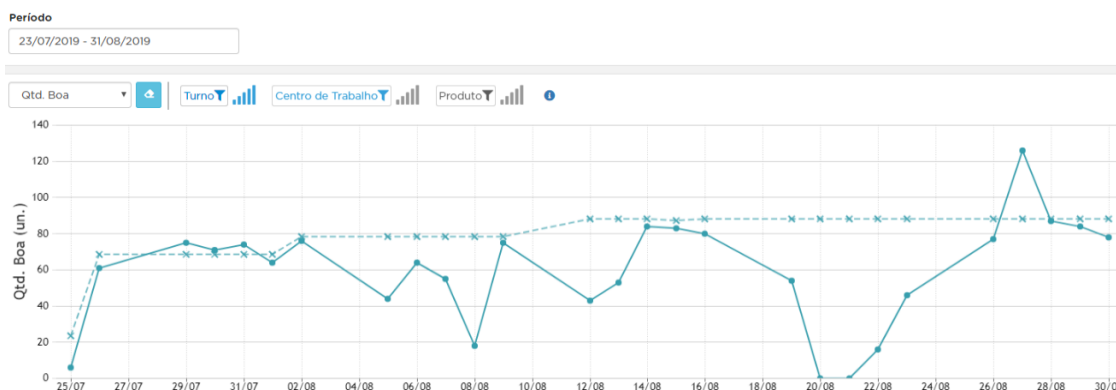
Figura 6 – Ponto de instalação da IoT na linha de bebedores



Fonte: Autor

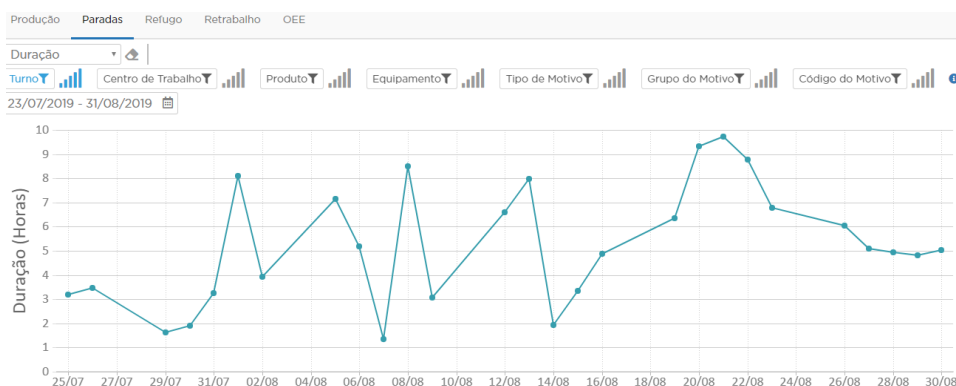
Com a instalação desse dispositivo, já houve a possibilidade de apurar a performance de produção, que indicou uma média de 70 bebedores por dia, como visto na Figura 7. Além disso, é possível perceber os intervalos e paradas ao longo do dia, como mostra a Figura 8, demonstrando uma oscilação no fluxo de produção e interrupções no período analisado.

Figura 7 – Produção por Dia



Fonte: Autor

Figura 8 – Tempo de produção por Dia



Fonte: Autor

O processo foi acompanhado por alguns dias, com isso, foi possível ver muitas situações de falta de material na linha, além de atrasos para abastecer com os insumos que a linha precisava. Na Figura 9, conforme é apontado pela plataforma, é possível observar as grandes oscilações na produção e as causas das interrupções que são mais frequentes.



Figura 9 – Tempos de Interrupção por Motivo

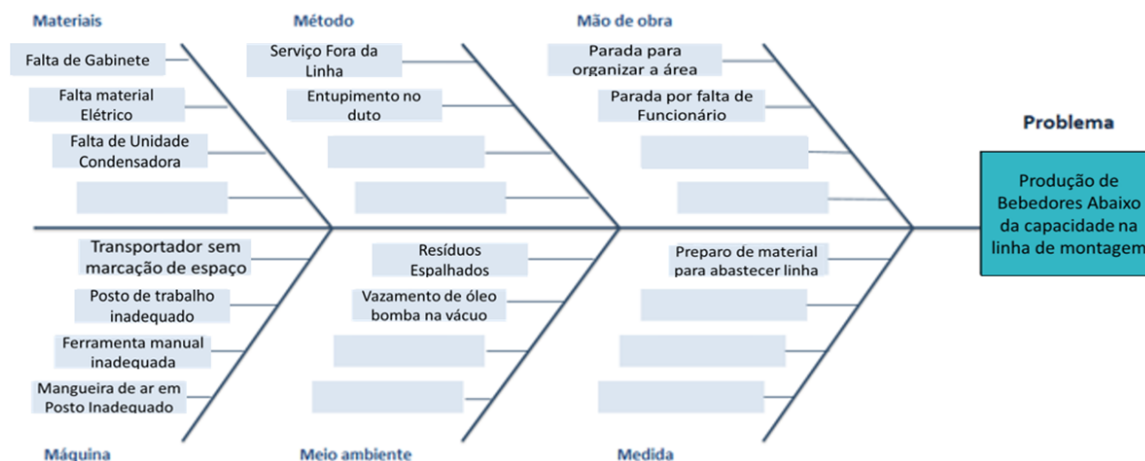


Fonte: Autor

Muitas ações foram necessárias para ajudar a aprimorar a produção na indústria de bebedouros, como treinar os operadores sobre a ideia de fluxo contínuo em linha, ou seja, um fluxo sem interrupção da produção e sem esperas entre as etapas, bem como alertar sobre os cuidados com os desperdícios de produto e matéria prima. Para isso, foram criados pontos de abastecimento na linha, além da inclusão de mais um funcionário que deveria observar esses pontos de abastecimento.

Além disso, todas as principais situações analisadas foram tratadas usando o método do diagrama de Ishikawa, que pode ser visto na Figura 10, bem como os cinco porquês como forma de plano de ação.

Figura 10 – Análise com diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor

### 3.2 EMPRESA DE CALÇADOS

Após uma breve análise do processo produtivo da empresa de calçados, a instalação foi realizada numa prensa, como mostra a Figura 11, por ser um ponto de medição vantajoso, retornando, além do desempenho da máquina, os momentos de parada de outros pontos da linha de produção, pois os outros setores abastecem essa prensa. Dessa forma, foi possível concluir que a linha de produção estava interrompida ou com alguma dificuldade.



Figura 11 – Instalação do dispositivo e ociosidade da linha

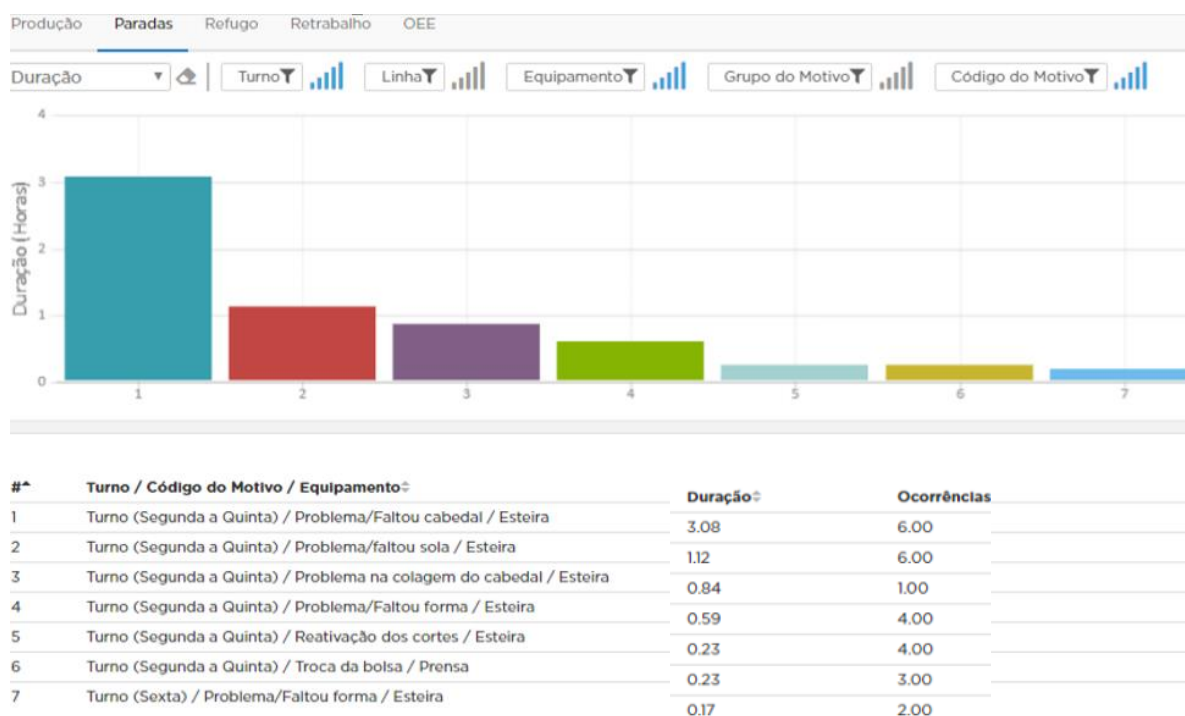


Fonte: Autor

Ao iniciar a coleta de dados, foram observados os desperdícios na linha de montagem, devido a várias ocorrências de interrupções e ociosidades, como mostrado na Figura 11, onde é possível perceber muitos carrinhos vazios.

A empresa nunca havia feito o apontamento das paradas, havendo assim a necessidade imediata da coleta dos dados para a criação de um histórico, esse levantamento de paradas da produção é apresentado na Figura 12, confirmando as grandes interrupções e oscilações observadas.

Figura 12 – Tempos de Interrupção por Motivo



Fonte: Autor

De posse desses dados, foi possível entender a causa raiz de 76% dos problemas coletados, que correspondiam a falta de verificação dos componentes do calçado para a execução da montagem. Assim, foi realizado um treinamento com a equipe com relação à necessidade de um bom planejamento, e da principal responsabilidade de cada funcionário. A Figura 13 mostra o resultado da alteração do fluxo de entrada de solados na linha de montagem, visando antecipar e melhorar as ações de preparação, reduzindo assim as interrupções na linha de produção.

Figura 13 – Fluxo alterado no Abastecimento de Solado



Fonte: Autor

Foram também realizadas organizações com a ferramenta 5S do lean manufacturing, alterando o setor produtivo da empresa como mostra a Figura 14, alterando a organização do setor de corte e otimizando seu layout.

Figura 14 – Organização no Setor e alteração de Layout



Fonte: Autor

## 4 RESULTADOS

### 4.1 EMPRESA DE BEBEDORES

Na Figura 15, é possível observar como antes a linha ficava com buracos/interrupções, gerando interrupções ao longo do dia também na linha de montagem. Ao aplicar o fluxo contínuo, foi possível perceber a fluidez na produção, com isso, a oscilação da produção no decorrer do dia foi muito menor.

Figura 15 – Linha de  
Montagem ao aplicar fluxo contínuo

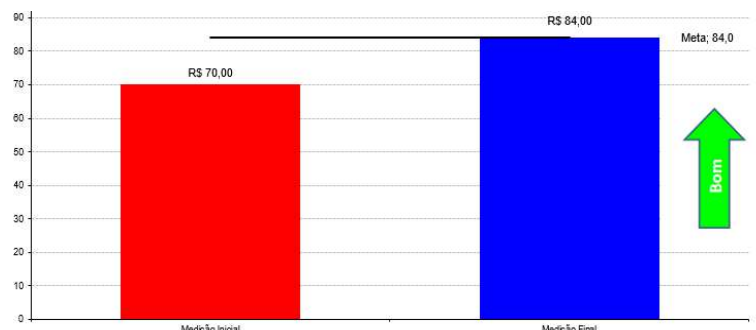
Fonte: Autor

Com essas ações, e com a cooperação dos funcionários na empresa de bebedouros, foi possível atingir resultados acima do esperado, com aumentos de 20% na produção de



bebedouros, saltando de 70 bebedouros por dia para 84 bebedouros, como está apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Organização da Linha

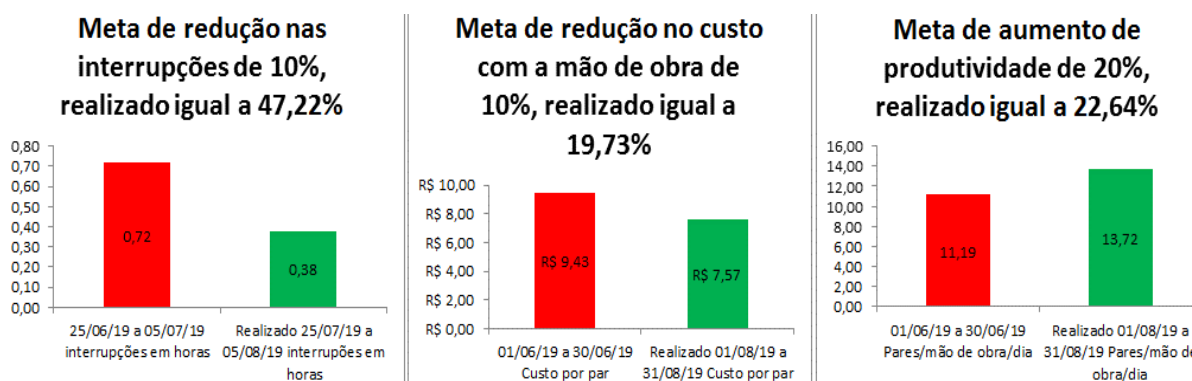


Fonte: Autor

## 4.2 EMPRESA DE CALÇADOS

Após a implementação das ações, foi possível reduzir, como mostram os gráficos da Figura 17, o número de funcionários de 51, com produção diária de 570 pares dia, para 46 funcionários com produção de 631 pares por dia. Dessa forma, foi possível atingir um ganho em produtividade de 22,64%.

Figura 17 – Gráficos dos resultados Alcançados



Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÃO

Após analisar as práticas de trabalho de duas empresas, foi possível perceber a necessidade de padronização de atividades que, de forma discreta consomem o tempo do processo, além de ocasionar múltiplas interrupções durante a jornada de trabalho.

Utilizando-se da tecnologia atual que é possível empregar nos dispositivos, aliada a métodos já consolidados de organização produtiva, foi possível trazer resultados impressionantes para as empresas que se dispuserem a colocar essas ferramentas em prática.

É importante salientar que todo o projeto buscou, além de uma melhoria real no setor, passar o conhecimento e para sequência dos resultados e crescimento dos indicadores em ganhos produtivos, as empresas devem capacitar os demais funcionários na utilização da plataforma, dos conceitos do Lean Manufacturing e do uso de dispositivos IoTs, assim não se perder o que já foi alcançado.

É importante que esse projeto possa ser reaplicado em mais linhas e máquinas, pois todos os equipamentos e linhas de produção podem ter a sua performance mensurada, podendo então

ser aplicado os conceitos de melhoria descritos como forma de aprimoramento ou manutenção dos ganhos.

## REFERÊNCIAS

ADVANTECH. Disponível em: [https://advdownload.advantech.com/productfile/PIS/WISE-4050/file/WISE-4050\\_DS\(092519\)20191001121354.pdf](https://advdownload.advantech.com/productfile/PIS/WISE-4050/file/WISE-4050_DS(092519)20191001121354.pdf). Acesso em: 11 Dez. 2019.

BLOG DA QUALIDADE. Disponível em: <https://blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa>. Acesso em: 04 mai. 2020.

BRAZ, Carlos Alberto; CAZINI, Janaina. **Alinhamento dinâmico da engenharia de produção 2**. 2ª edição, Paraná: Editora Atena. 2019.

FLEISCH, Elgar; What is the Internet of Things? An Economic Perspective. **Jornal Economics, Management, and Financial Markets**, New York, v.5, n.2, p. 125-157, 2010

GUBBI, Jayavardhana, et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Revista Future Generation Computer Systems**, Amsterdam, v.29, n.7, p. 1645-1660, 2013. Disponível em: <http://www.buyya.com/papers/Internet-of-Things-Vision-Future2013.pdf>. Acesso em: 11 Dez. 2019.

KERZNER, Harold. **Gestão de Projetos: as melhores Práticas**. New York: John e Willey & Sons, 2001.p. 130.

MINA. Disponível em: <http://mina.com.br>. Acesso em: 11 Dez. 2019.

PINTO, João Paulo. **Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras**. 6ª edição, Lisboa: Editora Lidel. 2009.

Womack, James P.; JONES, Daniel T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. 2ª edição, New York: Editora Simon & Schuster Ltd. 2003.

## INTERNET OF THINGS FOR INCREASING PRODUCTIVITY IN PRODUCTION LINES WITH LEAN MANUFACTURING

**Abstract:** *The manufacture of products has become increasingly competitive and globalized, whether products manufactured on a regional or worldwide scale. Training and studies were applied within two companies of different segments with the Internet of Things (IoT) technology, an item from industry 4.0 and the concepts of waste and lean manufacturing tools, knowledge that is latent in the needs that the engineer currently needs and find in your projects. The implementation counted on the effective participation of the internal teams of each company in the training, the great differential was the practical applications developed within the industries worked. Thus it was possible to provide production gains in its manufacturing lines, in order to leave a knowledge with the companies in addition to the purpose of passing on the culture started in the sectors worked..*

**Keywords:** *IoT, Lean Manufacturing, Continuous, Improvement, Industry 4.0, Productivity.*