

INDÚSTRIA 4.0 – AUTOMAÇÃO DA ANÁLISE DE DADOS E RECURSOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO COM FOCO NA GESTÃO

Beatriz Vieira Alvares ¹; Fernando Silveira Madani²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *Utilizando os recursos da Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada, este projeto de Iniciação Científica propõe realizar a integração entre a Administração e a Engenharia para transformar os dados gerados pela célula de manufatura avançada da Mauá em informações direcionadas para facilitar o uso da tecnologia que compõe a fábrica inteligente até o nível da gestão.*

Com a crescente importância da Manufatura Avançada no mercado é essencial que os dados gerados na fábrica inteligente sejam analisados e não desperdiçados, pois essa revolução integra o desenvolvimento nas áreas da tecnologia da informação e Engenharia. Nessas áreas estão sendo aprimoradas estruturas como o Big Data para analisar e gerenciar informações em tempo real e melhorar continuamente a gestão dos processos produtivos.

Com base no cruzamento de informações geradas na Manufatura Avançada da Mauá, essa pesquisa tem o objetivo de estudar formas de analisar detalhadamente os dados da cadeia produtiva permitindo melhores ações do ponto de vista gerencial. Dessa forma, busca-se aprimorar o entendimento dos indicadores e visualizar como a autonomia dos sistemas facilita na coleta dos dados, para que o funcionamento de todo o processo seja cada vez mais aperfeiçoado e competitivo.

Introdução

A Indústria 4.0 irá transformar toda a cadeia produtiva com a integração da tecnologia junto aos sistemas produtivos, inovando desde a criação do produto até o atendimento ao consumidor final, onde irá obter um grande volume de informações que tornarão a fábrica inteligente e com maior grau de autonomia.

Esse novo conceito de inovação na Indústria vem crescendo e futuramente transformará toda a cadeia produtiva das empresas, trazendo mais eficiência, redução de custos e produtos customizáveis, que serão possíveis devido ao avanço nos campos de automação, controle e tecnologia da informação, e como ferramentas desse processo são utilizados Sistemas como Internet das Coisas e *Big Data Analytics*, por exemplo.

Internet das coisas: é uma tendência fundamental na 4.0, pois segundo Ska (2019), se trata de sensores incorporados a objetos físicos, o uso dos sensores melhora a eficiência da produção, o que proporciona produtos inteligentes tomando medidas corretivas e preventivas para evitar danos.

O *Big Data Analytics* segundo Citisystems (2019), são estruturas de dados muito extensas e complexas que utilizam novas abordagens para a captura, análise e gerenciamento de informações. Aplicada à Indústria 4.0, a tecnologia de Big Data consiste em 6Cs para lidar com informações relevantes: Conexão (à rede industrial, sensores e CLPs), Cloud (nuvem/dados por demanda), Cyber (modelo e memória), Conteúdo, Comunidade (compartilhamento das informações) e Customização (personalização e valores).

A Indústria 4.0 está aparecendo com uma ampla tecnologia que facilitará os processos nas fábricas, com uma linha de produção que possui robôs e máquinas que conversarão entre si e irão produzir dados constantemente, que servirão de vantagem competitiva se forem

administrados de maneira pertinente, nesse caso a Engenharia e a Administração terão que se integrar nas Indústrias, visto que toda essa tecnologia terá que ser incorporada nos pilares da empresa que é ter uma análise de mercado e do produto frequentemente.

Para uma Indústria de qualquer porte se adaptar à Indústria 4.0 ela terá que ter os princípios básicos de Administração bem definidos, ou seja ter um planejamento, organização, controle, execução e sobre eles a liderança, com base nisso ter metas e objetivos de onde a empresa quer chegar e crescer.

Com essa Revolução Digital as tomadas de decisões irão se basear em dados que serão provenientes de indicadores de desempenho que são mais conhecidos como KPI (Key Performance Indicator), eles representaram um modelo de medida de desempenho que dará suporte ao gestor para ele analisar como a empresa está operando especialmente em seu planejamento estratégico, pois segundo Kaplan e Norton (1997), autores da metodologia *Balanced Scorecard* (BSC), disseram: “O que não pode ser medido não pode ser gerenciado”.

Objetivo

O objetivo desse projeto é analisar os dados da Manufatura Avançada da Mauá, com eles será gerado o OEE geral e assim serão estudados de forma gerencial o que poderá ser melhorado, tendo a integração da Engenharia com toda a tecnologia da obtenção de dados por meio da programação dos robôs junto com o olhar sistêmico da Administração.

Essa integração propõe que indicadores de desempenho baseado nos dados da produtividade podem trazer benefícios para melhorar a gestão da Manufatura, pois eles serão priorizados conforme os problemas e as necessidades da linha de produção, sendo assim os indicadores serão analisados de maneira objetiva para facilitar nas tomadas de decisões do gestor.

Como forma de alcançar o objetivo do projeto será analisado o OEE (Overall Equipment Effectiveness) que significa a eficácia geral do equipamento, é um indicador importante na Indústria pois além de monitorar e controlar a produtividade dos equipamentos representa um indicador que direciona as possíveis melhorias do processo e a sua performance.

Para a análise dos dados gerados de maneira automática pela Manufatura Avançada da Mauá, será elaborada uma ficha de apontamento de produção, para assim ser realizada uma análise de desempenho mostrando a importância em se preocupar com a transformação de dados em KPIs que ajudarão na gestão, pois o objetivo da Indústria 4.0 de acordo com Santos et al (2017), é a aplicação de dados em tempo real, com o intuito de conectar todos os elementos individuais de maneira a reduzir a complexidade enquanto aumenta a eficiência e reduz custos das operações, ou seja o propósito é deixar os dados transparentes para possibilitar uma tomada de decisão que facilite a identificação de erros e possibilidades de melhoria no processo.

Porém antes de ser feita essa análise, será estudado como é o funcionamento da Manufatura Avançada, o que é produzido, seus equipamentos e suas funções.

A Manufatura Avançada da Mauá

A célula de manufatura avançada da Mauá possui dois processos de produção integrados onde são produzidos dois conjuntos distintos, sendo: i) “Porta Cartão e Caneta”, e ii) “Kit de ferramentas”, apresentados nas figuras 1 e 2 a seguir.

Figura 1 - Porta Cartão e Caneta.



Fonte: Núcleo de Sistemas Produtivos Inteligentes.

Figura 2 – Kit Ferramentas.



Fonte: Núcleo de Sistemas Produtivos Inteligentes.

Os produtos manufacturados seguem um processo programado no qual passam por diversas etapas, e para o melhor entendimento segue, na figura 3, o esquema da planta contendo a indicação e nomenclatura dos equipamentos envolvidos nos processos que serão explicados na tabela 1.

Figura 3 – Equipamentos.



Fonte: Núcleo de Sistemas Produtivos Inteligentes.

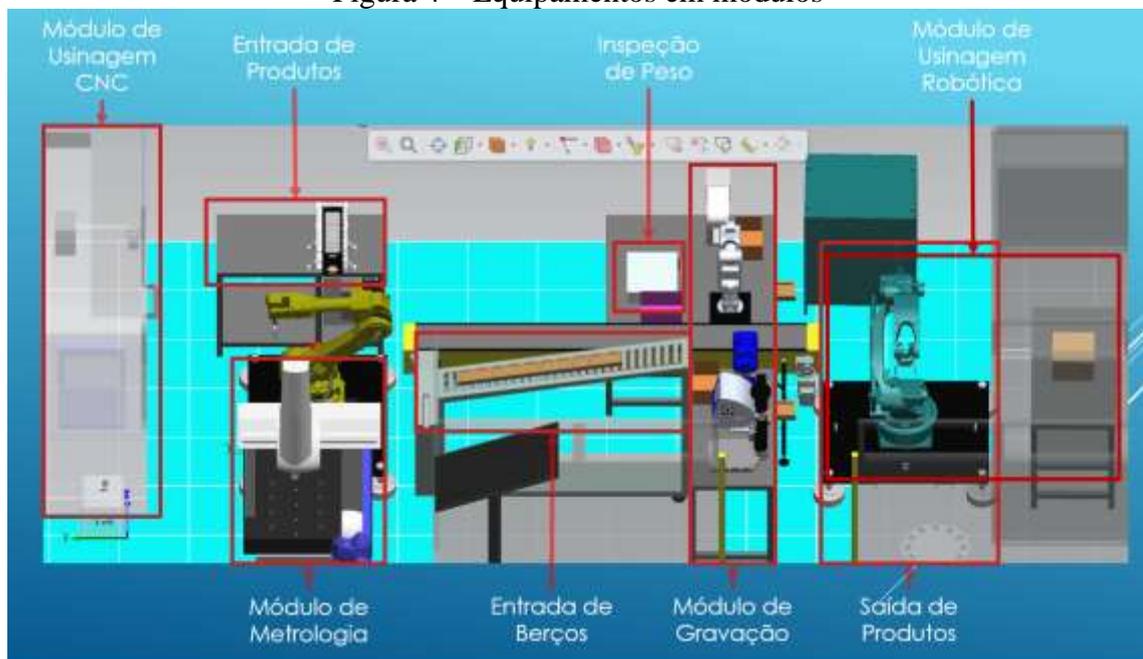
A tabela 1 apresentará a função de cada equipamento conforme foram enumerados.

Tabela 1 - Função dos Equipamentos.

Nº dos Equipamentos	Funções dos Equipamentos
1	A fresadora CNC é responsável pela usinagem dos produtos.
2	A mesa tridimensional é um centro de metrologia responsável por avaliar as dimensões da peça após a usinagem.
3	ArcMate 120ib é um robô industrial FANUC de 6 eixos que executa a movimentação do material.
4	Gravadora Laser é responsável pela personalização da caixa de ferramenta.
5	O MH24 é um robô industrial YASKAWA “grande” de 6 eixos que executa a movimentação do material para a parte de personalização e entrega dos produtos.
6	A Puncionadeira é responsável pela personalização do porta cartão e caneta.
7	MHJF são robôs industriais YASKAWA “pequenos” responsáveis pela movimentação do material para a personalização.
8	A Mesa Rotativa recebe os produtos acabados e posiciona para entrega para os clientes.

Cada um destes equipamentos operam em estações formando módulos operacionais combinados, conforme a figura 4.

Figura 4 – Equipamentos em módulos



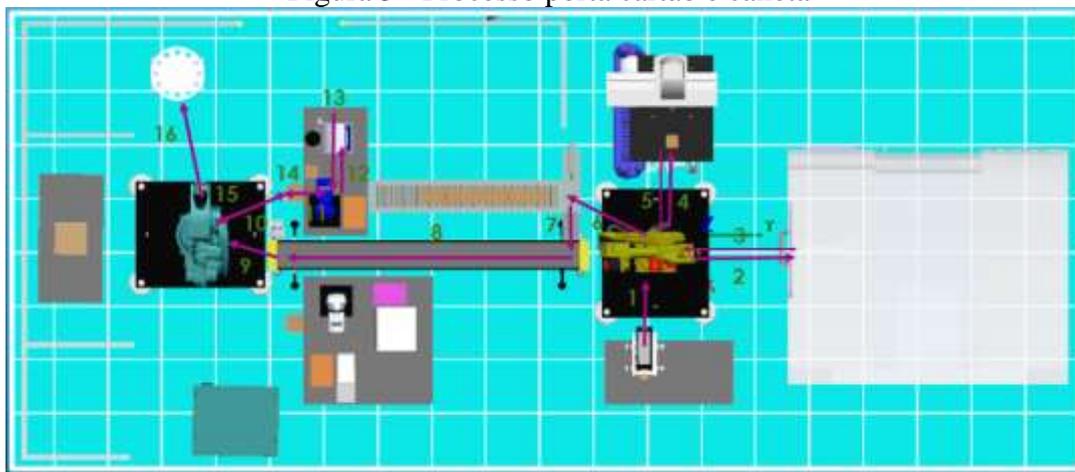
Fonte: Núcleo de Sistemas Produtivos Inteligentes

Cada produto segue uma sequência de produção e cada etapa leva um determinado tempo. Para melhor compreensão e para detectar os possíveis gargalos da produção será analisado o

processo de produção dos dois produtos. Para, depois, serem analisados os dados que servirão para a tomada de decisões.

O processo do porta cartão e caneta foi enumerado conforme a figura 5.

Figura 5 - Processo porta cartão e caneta



Fonte: Núcleo de Sistemas Produtivos Inteligentes

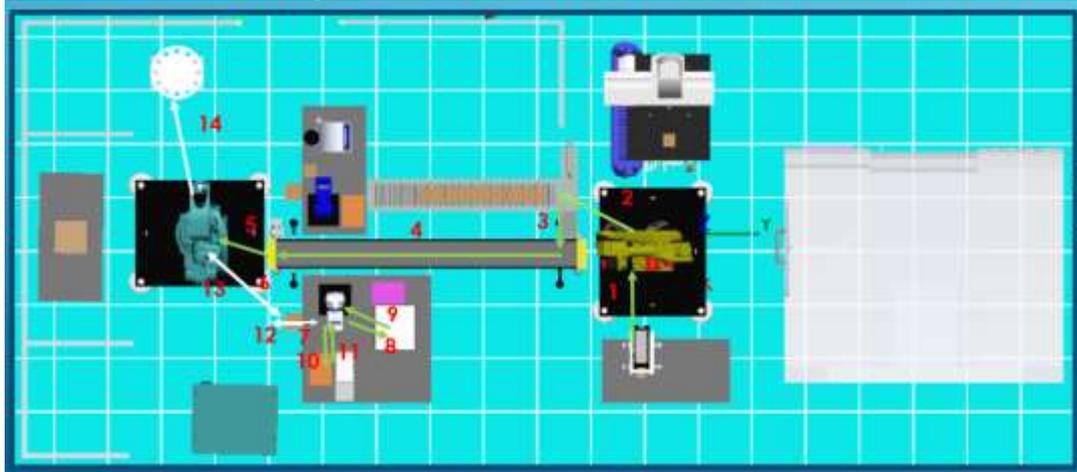
As sequências das operações do “Porta Cartão e Caneta” são exemplificadas conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Operações Porta Cartão e Caneta

Seq.	Operação	Tempo [s]
1 e 2	Robô FANUC pega o <i>blank</i> no magazine de entrada e leva para a CNC.	19
	Máquina CNC usina a peça.	192
3 e 4	Robô FANUC retira peça usinada da CNC e posiciona no centro de metrologia para medição.	31
	Centro de metrologia faz a medição da peça	84
5,6,7 e 8	<i>Se a peça for aprovada:</i> o robô FANUC retira a peça da metrologia, coloca em um berço, sistema lê o <i>tag</i> RFID do berço, a peça e o berço são transportados até o final da esteira.	39
9 e 10	Sistema lê tag RFID da peça no final da esteira e então o robô MH24 retira o produto com o berço e posiciona estes na bancada de punção.	16
11 e 12	Robô MHJF pega a peça na entrada da bancada de gravação e posiciona na mesa da punçoneira.	16
	Punçoneira realiza a gravação desejada na peça.	20
13	Robô MHJF pega a peça na punçoneira e posiciona no sistema de visão para inspeção.	18
14	<i>Se aprovada</i> o robô MHJF posiciona a peça no berço que estava na entrada da bancada de gravação.	9
15 e 16	Robô MH24 retira a peça e o berço da bancada de gravação e posiciona no magazine de saída.	17
	Total:	461

Já o processo para produção do “Kit Ferramentas” é representado na figura 6.

Figura 6 - Processo Kit Ferramentas



Fonte: Núcleo de Sistemas Produtivos Inteligentes

As seqüências das operações do “Kit ferramentas” são exemplificadas conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Operações do Kit ferramentas.

Seq.	Operação	Tempo [s]
1,2,3,4 e 5	Robô FANUC pega a caixa de ferramenta e deixa em um pallet. RFID do pallet é lido, o Robô FANUC pega o pallet e o deixa na esteira, o Kit de ferramentas é levado até o fim da esteira onde o RFID do pallet é lido novamente.	47
6	O robô MH24 pega o pallet e coloca no berço da bancada de gravação.	15
7	O robô MHJF pega o kit e coloca na balança.	15
8	<i>Se a peça for aprovada:</i> o robô MHJF pega o kit e coloca para ser gravado.	10
9,10 e 11.	O kit é gravado, depois o robô MHJF pega o kit e coloca no berço da câmera Balluf e avalia se a gravação foi feita corretamente.	9
12	<i>Se aprovada</i> o robô MHJF pega o Kit e coloca no pallet.	10
13 e 14	MH24 pega o pallet e leva até o magazine de saída.	18
	Total:	124

Com base nos dados das tabelas 2 e 3 foram gerados dois gráficos para a melhor visualização dos tempos de cada etapa envolvida nos processos.

Gráfico 1 – Processo do Porta Cartão e Caneta

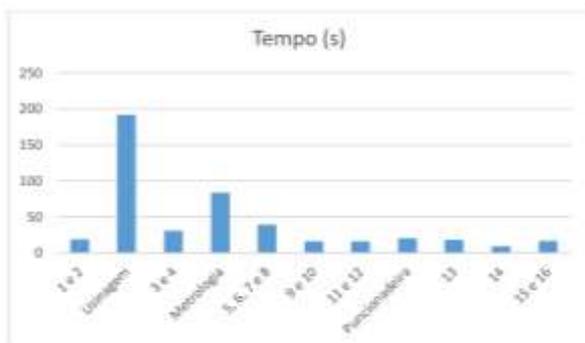
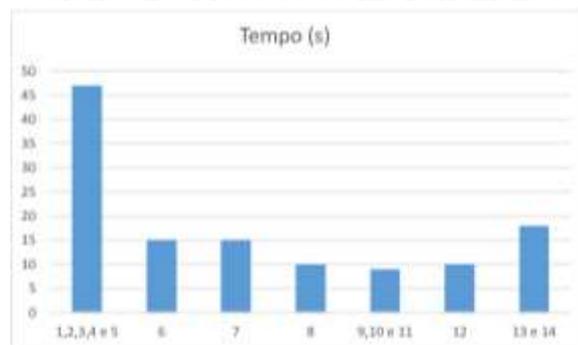


Gráfico 2 – Processo do Kit Ferramentas



No gráfico 1 pode-se observar que a operação que mais demora é a usinagem no processo do “Porta Cartão e Caneta”, podendo ser o gargalo de todo o processo. Já no gráfico 2, representa o processo do “Kit ferramentas”, e é possível observar que o problema nessa primeira etapa que envolve as 5 primeiras operações, seria o tempo, sendo esse, maior do que nas demais operações.

Observando as tabelas 2 e 3 verifica-se que processo do porta cartão e caneta possui o tempo total de ciclo de 461 segundos, já o processo do “Kit ferramentas”, possui um tempo de ciclo de 124 segundos, porém estes processos ocorrem em paralelo, sendo que as únicas operações não compartilhadas entre os processos são a usinagem da peça e a medição no centro de metrologia, o que acaba alterando o tempo de ciclo e a quantidade de peças por minuto. Neste caso os cálculos e testes realizados indicam que na operação contínua da linha tem-se um tempo de ciclo ideal de 4,5 min/pç do produto “Porta cartão e caneta” e 1,5 min/pç do produto “Kit de Ferramentas”.

O banco de dados e as informações do sistema

O ponto principal deste trabalho envolve a compreensão das vantagens da obtenção automatizada das informações referentes ao processo e a apresentação de informações atualizadas e relevantes para a gestão destes. Sendo que atualmente mesmo em ambientes fabris com algum nível de automação, é comum encontrar quadros com preenchimento manual como na figura 7, ou apresentação dos resultados de difícil atualização, como no quadro apresentado na figura 8, com isso percebe –se que ter a automação dos dados é muito mais prático do que fazer a coleta e a atualização dos mesmo de forma manual.

Figura 7 – Quadro de produção preenchimento manual.

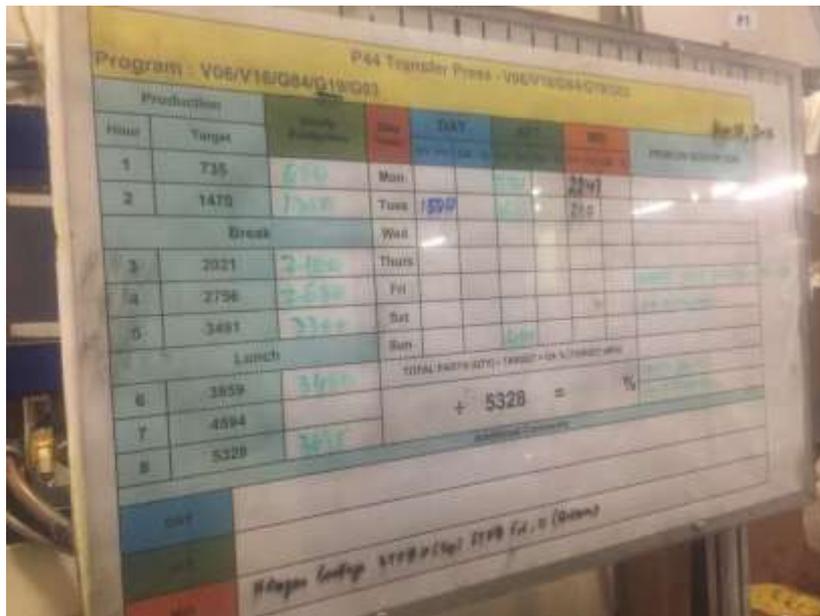
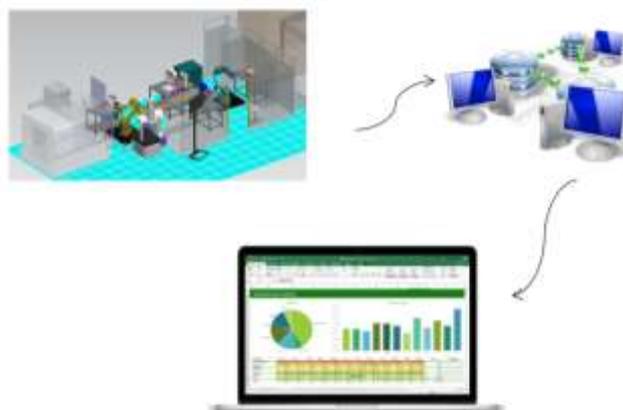


Figura 8 – Quadro para dados de gestão.



No desenvolvimento do trabalho foi possível observar que em um ambiente de Manufatura Avançada os dados necessários para obtenção das informações destes quadros já são disponibilizados pelos equipamentos e podem ser utilizados com maior segurança, agilidade e praticidade. Para tanto basta concentrar os equipamentos a um banco de dados estruturado para então utilizando recursos computacionais apresentar os indicadores desejados, conforme a estrutura apresentada na figura 9.

Figura 9 – Estrutura: Linha de produção - Banco de dados - Informações.



Atualmente o banco de dados implementado na célula de manufatura avançada Mauá possui a estrutura apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados disponíveis no BD.

Campo	Dados
Item	Indicação da ordem da mensagem
Equipamentos	Identificação do equipamento
Operação	Código da operação realizada
Id peça	Identificação da peça na operação por cod. RFID
dt_inicio	Data e horário do início da operação
dt_termino	Data e horário do término da operação
Status	Apontamentos (produção, erro,)
Consumo	Leitura do consumo de energia na operação/equipamento
pc_produzidas	Contagem de peças finalizadas
pc_descartadas	Contagem de peças descartadas

Tendo como base os dados disponíveis no BD atual optou-se por criar uma planilha dinâmica contendo os cálculos e apresentação dos indicadores de: OEE, Qualidade, Performance e Disponibilidade. Poderia também ser realizada a rastreabilidade dos produtos.

Para o teste da planilha proposta e uma análise mais detalhada da produção, foram considerados os tempos de ciclo calculados a partir das tabelas 2 e 3 e os valores utilizados na planilha conforme quadro apresentado na figura 10, e também de dados do BD da Manufatura avançada, estes foram gerados automaticamente durante um período de 360 minutos, em que a linha pôde operar capturando dados de forma contínua, dados estes que atualizam de forma automática a ficha de apontamento de produção (Tabela 6).

Figura 10 – Informações ciclo – Célula Mauá.

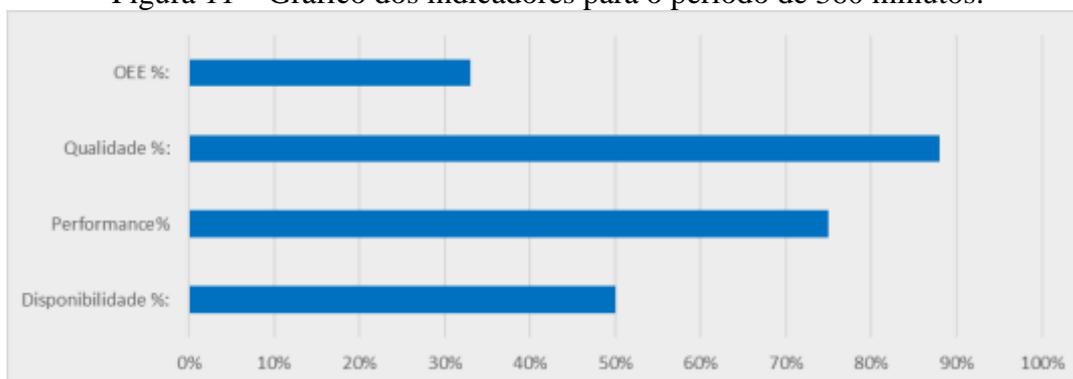
Turno:	360 minutos			
Equipamento:	Manufatura Avançada Mauá	Velocidade nominal:	0,9	min/pç
Produto	A – Porta Cartão e Caneta	Tempo de ciclo ideal A:	4,5	min/pç
Produto	B – Kit de Ferramentas	Tempo de ciclo ideal B:	1,5	min/pç

Tabela 5 – Ficha de apontamento de produção

Evento #	Duração	Quantidade		Produto	Apontamento / motivo
	Minutos	Boas	Ruins		
1	5	0	0	Nenhum	Parada-Aguardando início do sistema
2	10	0	0	A	Parada-Preparação
3	30	2	0	A	Produzindo
4	50	0	0	A	Parada Aula
5	30	3	1	A	Produzindo
6	20	0	0	A	Intervalo
7	60	8	2	A	Produzindo
8	10	0	0	B	Parada-Preparação
9	60	31	3	B	Produzindo
10	85	0	0	Nenhum	Parada-Horários não apontados

Conforme a ficha de apontamento de produção é gerada de forma automática, foi gerado o gráfico com os quatro indicadores propostos, que são apresentados para o melhor entendimento dos resultados da produção, vide figura 11.

Figura 11 – Gráfico dos indicadores para o período de 360 minutos.



O OEE representará a eficácia de como está sendo a produção e será obtido pelo produto entre a qualidade, a performance e a disponibilidade.

A qualidade está relacionada entre o quanto é produzido no total e quantas peças serão perdidas, quanto menos refugo e retrabalho, a qualidade será maior, já a performance está associada a queda de velocidade das máquinas e a pequenas paradas e ociosidades, ou seja, quanto menos perda de velocidade e paradas, maior será a performance, por fim a disponibilidade é a relação entre a parada de máquina, setup e regulagens, quanto menos paradas mais a máquina estará disponível para produzir mais.

O baixo OEE era esperado devido as condições de operação da linha inclusive sendo destacada na ficha de apontamento na tabela 5, o evento 4 que é a “Parada-Aula”, condição que afeta o centro de usinagem que é o principal gargalo da fabricação do conjunto “Porta cartão e caneta”, com os resultados indicando que medidas devem ser adotadas em relação a esta operação (usinagem) que influencia diretamente na disponibilidade da linha. Já os níveis de qualidade e performance são aceitáveis e poderiam ser melhorados com ajustes na produção, como a otimização dos parâmetros da usinagem para minimizar retrabalhos e melhorar a programação dos robôs para evitar paradas desnecessárias.

No desenvolvimento do trabalho também foi observada a possibilidade da determinação do custo de produção para cada produto, com precisão e em tempo real, sendo esta informação considerada muito importante para a competitividade. Entretanto, outros dados deveriam ser adicionados ao BD para permitir estes cálculos com maior acuidade, a definição destes dados foi realizada em conjunto “Adm-Eng” e as melhorias no BD e relatórios estão em andamento.

Conclusões

O trabalho desenvolvido proporcionou a visão sistêmica de que a Manufatura na era digital pode melhorar o OEE da produção junto com indicadores apontados, pois com o processo de usinagem sendo identificado como um problema, medidas para melhorar a qualidade e a disponibilidade da CNC podem ser adotadas, pois os indicadores revelam que a produção pode ser melhorada e isso foi possível devido a análise dos dados gerados automaticamente. Vantagens foram observadas quanto a confiabilidade dos dados obtidos através da aquisição direta dos equipamentos, e da disponibilização destes em tempo real permitindo maior agilidade na identificação de fragilidades e pronta atuação para gestão e correção destas.

A integração de Administração com Engenharia foi essencial, pois a parte da gestão complementa a captura e análise dos dados que são desenvolvidos a partir da tecnologia da Engenharia, com isso a importância de analisar os dados automatizados é notável para poder

gerenciar os processos e melhorar a eficiência da Manufatura, a qual pode otimizar os resultados, evitar falhas de atualizações de dados e sustentar uma gestão com competência.

Referências Bibliográficas

Ska, “**GUIA definitivo da Indústria 4.0**”. Disponível em <<https://www.ska.com.br/ska/guia-definitivo-da-industria-40>>. Acesso em 29 de mai. de 2019.

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. “**A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard**”. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. “**Utilizando o balanced scorecard como sistema gerencial estratégico**”. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

SANTOS, C. et al. “**Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps**”. Procedia Manufacturing, 2017.

SILVEIRA, C. B., “**O que é Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**”, Citisystems, 2019. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em 13 de ago. de 2019.