

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

RICARDO RUI GASOLA

**MONITORAMENTO DE MÁQUINA PARA OBTER REDUÇÃO DE
CUSTO DE FERRAMENTA DE CORTE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2019

RICARDO RUI GASOLA

**MONITORAMENTO DE MÁQUINA PARA OBTER REDUÇÃO DE
CUSTO DE FERRAMENTA DE CORTE**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Valmir Oliveira

CURITIBA
2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Curso de Especialização em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

MONITORAMENTO DE MÁQUINA PARA OBTER REDUÇÃO DE CUSTO DE
FERRAMENTA DE CORTE

por

RICARDO RUI GASOLA

Esta monografia foi apresentada em 22 de novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Valmir de Oliveira
Orientador

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas
Membro titular

Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha esposa
Mariana Dias Gasola, pela compreensão
e apoio nesta fase da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço a minha esposa Mariana que sempre me incentivou durante todas as etapas desse desafio.

Agradeço ao meu orientador Prof. Valmir Oliveira, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

A todos os professores do Curso de Especialização em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela contribuição.

Aos meus colegas de sala que sempre colaboraram para meu aprendizado.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

*“Descobrir consiste em olhar para o
que todo mundo está vendo e
pensar uma coisa diferente”.*

Roger Von Oech

RESUMO

GASOLA, Ricardo Rui. **Monitoramento de máquina para obter redução de custo de ferramenta de corte**. 2019. 30 p. Monografia de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

A gestão de recursos para usinagem de um produto é fundamental para garantir um baixo custo e fabricação. Existem diversos métodos para buscar a melhoria contínua de processos de fabricação, no entanto, a agilidade em fazer isso tornou-se um grande diferencial na busca da liderança do ramo. Com a indústria 4.0, a informação em tempo real traz a vantagem da reação rápida em desvios, evitando desperdício no processo de manufatura, mas nesse contexto, existe um grande desafio que é digitalizar o dado que é necessário para gerar decisões, pois em um parque de máquinas antigas, essa tarefa exige muita criatividade e persistência na busca de criar uma estrutura que possibilite ter a informação em banco de dados de forma automática. Esse trabalho consiste em desenvolver um hardware que seja capaz de gerar conectividade em máquinas antigas, gerar segurança no armazenamento de dados e realizar a criação de *dashboards* para auxiliar em tomada de decisões visando redução do custo de ferramentas.

Palavras-chave: Gerenciamento de ferramentas. Indústria 4.0. Coleta de dados. Máquinas antigas. Redução de custo.

ABSTRACT

GASOLA, Ricardo Rui. **Machine monitoring for cutting tool cost reduction**. 2019. 30 p. Specialization Monograph in Industrial Automation, Academic Department of Electronics, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2019.

Managing resources for machining a product is critical to ensuring low cost and manufacturing. There are several methods for continually improving manufacturing processes, but agility in doing so has become a major differentiator in the pursuit of industry leadership. With industry 4.0, real-time information has the advantage of quick reaction to deviations, avoiding waste in the manufacturing process, but in this context, there is a big challenge to digitize the data needed to generate decisions, because in a park For older machines, this task requires a lot of creativity and persistence in the quest to create a structure that makes it possible to have the information in the database automatically. This work consists of developing a hardware that is able to generate connectivity on older machines, generate data storage security and create dashboards to assist in decision making to reduce the cost of tools.

Keywords: Tool management. Industry 4.0. Data collect. Old machines. Cost reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Hardware PLC/PC – CX5140	18
Figura 2 – Hardware para coleta de dados	19
Figura 3 – Parte interna do hardware de coleta de dados.....	19
Figura 4 – Especificação do PLC/PC	20
Figura 5 – Estrutura de dados	21
Figura 6 – Hardware em funcionamento	23
Figura 7 – Funcionalidades do software Tool Management.....	23
Figura 8 – Gravação DMC em ferramentas	24
Figura 9 – Gravação DMC em sistemas de fixação	25
Figura 10 – Leitor DMC	25
Figura 11 – Dashboard para análise de desempenho.....	26

LISTA DE SIGLAS

CNC	Controle Número Computadorizado
GUD	<i>Global User Data</i> – Dados Globais de Usuário
IHM	Interface Homem Máquina
OEE	<i>Overall Equipment Effectivences</i> – Eficiência Geral de Equipamento
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> – Controlador lógico Programável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.2 PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 JUSTIFICATIVA	12
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 CONTEXTUALIZAÇÃO	14
2.1 CONCEITO DE DESEMPENHO PARA FERRAMENTAS DE CORTE	14
2.2 CENTRO DE USINAGEM	15
2.3 MÁQUINAS COM COMANDO CNC	16
2.4 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO	16
2.5 ESTRUTURA DE REDE.....	16
2.6 INDÚSTRIA 4.0 / BANCO DE DADOS / SERVIDOR.....	17
2.7 SOFTWARE DE CRIAÇÃO DE DASHBOARDS PARA ANÁLISES.....	17
3 DESENVOLVIMENTO	18
3.1 PROJETO DO HARDWARE DE COLETA DE DADOS	18
3.2 APLICAÇÃO DOS SOFTWARES DE COLETA DE DADOS.....	21
3.3 MAPEAMENTO DAS VARIÁVEIS.....	22
3.4 SOFTWARE TOOL MANAGEMENT.....	23
3.5 RASTREABILIDADE DE FERRAMENTAS	24
3.6 DESENVOLVIMENTO DOS DASHBOARDS	26
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	27
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A busca da liderança do mercado automotivo gera uma competição severa para obtenção dos menores custos de fabricação, com o objetivo de que o produto tenha um bom preço, mantendo assim uma margem de lucro saudável. A maioria das empresas buscam isso através da manufatura enxuta, que segundo Ohno (1997) o conceito é a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.

Na maioria dos casos as reduções de custos de fabricação acontecem por meio de ações técnicas, no entanto, em alguns casos os processos já foram melhorados tantas vezes que para obter um melhor resultado, torna-se necessário monitoramento, análises de dados e definições de prioridades, direcionando ações para otimização de processos. Com o avançar da indústria 4.0, o tema conectividade está em alta, deixando muito claro a importância de sistemas de monitoramento e controle. Quando o foco são países onde o parque de máquinas é moderno a dificuldade para obter esses dados não é alta, pois os fabricantes de máquinas já se adequaram a essa nova realidade, mas no Brasil, onde em muitas empresas as máquinas são antigas, esse caminho torna-se desafiador. Conhecendo esse problema, esse trabalho propõe dimensionar um hardware que seja capaz de coletar dados de comando CNC, PLC e sensores com o objetivo de alimentar banco de dados para gerar conteúdo para análise e otimização de processo para melhorar o desempenho de ferramentas de corte, no qual, como produto final será apresentado uma estrutura completa desde a origem do dado até os gráficos para tomadas de decisões.

1.2 PROBLEMA

Na empresa que o projeto foi desenvolvido, ferramentas representam o segundo maior custo variável. Analisando esse cenário, a empresa constantemente busca estar desenvolvendo uma série de projetos de redução de custo de ferramentas, por meio da área de engenharia de processo ou até mesmo liderados

pela área de produção. O tempo de reação ou execução de ações que minimizem o impacto do desvio torna-se alto, pois a primeira etapa consiste em fazer levantamentos de dados, até essa análise ser executada, a empresa acaba tendo elevados custos com os desvios.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Dimensionar hardware e desenvolver uma estrutura de coleta de dados de máquinas para armazenamento em banco de dados e posteriormente criação de *dashboards* para análise de desempenho de ferramentas de corte.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral neste trabalho de conclusão de curso de especialização os seguintes objetivos específicos serão abordados:

- Definir máquina piloto para desenvolvimento da estrutura de coleta de dados;
- Desenvolver programa para comunicar diretamente com CNC e PLC;
- Definir hardwares para deixar solução intercambiável, expansível e escalável;
- Definir painel com *touch screen* para interação com o operador;
- Definir estrutura de rede e servidor;
- Mapear variáveis para armazenamento em banco de dados;
- Definir software para gerar dashboards com os dados armazenados.

1.4 JUSTIFICATIVA

Acompanhando os indicadores e projetos realizados nos últimos anos, nota-se que para conseguir melhorar este custo necessita-se de uma análise profunda em comportamentos que geram desvios. Para agir rápido, necessita-se de dados *online*, de preferência direto da aplicação das ferramentas de corte na máquina de usinagem. Para isso acontecer existiu a demanda de criar uma estrutura para coleta de dados em tempo real, cujo a origem seja a própria máquina.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia de especialização está dividida em 5 (cinco) seções. Nesta primeira seção foi introduzido o assunto tema do trabalho e também foram abordados a motivação e os objetivos geral e específicos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Já na segunda seção: Contextualização, será apresentado os temas abordados com breve explicação e também a realidade da empresa em que o projeto foi executado.

A seguir na terceira seção: Desenvolvimento, será abordado como foi criado a estrutura de coleta de dados e rastreabilidade de ferramentas de corte.

Na quarta seção: Apresentação e Análise dos Resultados, serão descritos os resultados obtidos e feitas as devidas análises relacionados ao efeito gerado nas pessoas pelo gerenciamento do uso de ferramentas de corte.

Por último na quinta seção: Considerações finais, serão retomados a pergunta de pesquisa e os seus objetivos e apontado como foram solucionados, respondidos, atingidos, por meio do trabalho realizado. Além disto, serão sugeridos trabalhos futuros que poderiam ser realizados a partir do estudo realizado.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 CONCEITO DE DESEMPENHO PARA FERRAMENTAS DE CORTE

Existem muitos tipos de ferramentas de corte de geometria definida, onde suas características variam de acordo com suas aplicações, no entanto, independente do produto a ser usinado, alto desempenho sempre é um objetivo para as empresas, pois baixo desempenho significa maior custo de fabricação.

A vida útil de uma ferramenta é o tempo em que a mesma trabalha efetivamente até perder a sua capacidade de corte dentro de um critério previamente estabelecido, tais como a falha completa da ferramenta, largura da marca de desgaste de flanco, profundidade da cratera, deficiência no acabamento superficial da peça, formação de rebarbas, número de peças usinadas, variação dimensional da peça, entre outras. Os critérios de fim de vida útil são afetados por vários fatores, alguns deles são o material da peça a ser usinada, tipo da usinagem, material da ferramenta, processo, entre outros (CHILDS *et al.*, 2000; FERRARESI, 2003; MICHELETTI, 1980; STEMMER, 2007).

Normalmente, o desempenho de uma ferramenta está atribuído a sua vida útil, que na maioria dos casos é mensurada em número de peças usinadas ou por unidade de tempo que a mesma mantém adequadas condições de uso. No caso de ferramentas rotativas, como brocas e fresas, existe a possibilidade de executar reafiações, restaurando a aresta de corte para a ferramenta ser utilizada novamente. Já no caso de insertos, em muitos casos o mesmo contem mais arestas, dessa forma podendo ser utilizado diversas vezes até todas arestas disponíveis não apresentarem condições de uso.

No desenvolvimento de processo, especialistas em usinagem definem por meio de dados, qual será a vida útil da ferramenta através de desgaste da aresta de corte.

Existem diversas maneiras para minimizar o efeito desgaste, como:

- Revestimento: tratamento superficial que traz resistência ao desgaste;
- Preparação de arestas: microrraio ou chanfro em geometria de corte;
- Otimização de parâmetros de usinagem;
- Material da ferramenta, em caso de metal duro existem diversas classes para diferentes aplicações.

Com a vida útil definida, um outro desafio é manter o processo estável, pois existem diversas variáveis que podem afetar o desempenho da ferramenta, como: máquina, matéria-prima, qualidade da afiação, óleo de corte, entre outras.

As perdas normalmente são em quebras ou não uso por critérios de qualidade no produto, gerando maior custo para o processo de fabricação.

Para o ambiente produtivo, o maior desempenho possível é o atingimento das vidas planejadas em todas as ferramentas, pois quando é alcançada, a máquina apresenta um alarme para a troca de ferramenta, ou seja, esse é o desempenho 100%.

Como exemplo, se existe uma ferramenta com 80% de desempenho, significa que na média foi usinado 80% das peças que as ferramentas utilizadas deveriam usinar, tendo 20% de perda.

Um ponto importante, é que o operador só deve trocar a ferramenta antes de atingir vida útil somente por quebra, problemas de qualidade ou *setup* para outro produto, desse modo, a troca antecipada por nenhum desses motivos é considerada um desvio operacional.

2.2 CENTRO DE USINAGEM

Existem diversos processos de usinagem, como entre eles aplainamento, torneamento, fresamento, furação, brochamento, eletroerosão, retificação, brunimento entre outros.

Para realização desses processos, necessita-se de máquinas específicas, onde são dimensionadas e projetadas para realizar a remoção de material através de ferramentas.

Existem processos convencionais, onde toda movimentação ou deslocamento é feito através da decisão do operador com acionamentos mecânicos, mas também existem máquinas que podem ser programadas a realizar sequências de usinagem (máquinas CNCs).

Quanto maior a complexidade da operação, maior o número de eixos e a complexidade do projeto da máquina, conseqüentemente elevando drasticamente o custo de aquisição.

A máquina utilizada para piloto no projeto é do fabricante alemão GROB, modelo BZ500 e ano 2001.

2.3 MÁQUINAS COM COMANDO CNC

O uso do CNC permite programar centros de usinagem visando ter repetibilidade de movimentos e sequencias normalmente utilizadas para produção em série na indústria.

Esse programa é criado no desenvolvimento de processo do produto, após isso é padronizado junto ao setor de manufatura para produção em série. Esse programa garante que todas as peças serão usinadas com os mesmos parâmetros, minimizando impactos de desvios de processo nesse sentido. Outro ponto extremamente importante é que isso garante alta produtividade, pois um operador pode trabalhar com diversas máquinas já que elas não dependem dele para executar a sequência de usinagem.

A máquina utilizada nesse projeto tem o comando Siemens 840D, que foi a escolha de muitos fabricantes de centros de usinagem, dessa forma sendo uma decisão estratégica para escalabilidade.

2.4 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Existem diversos protocolos de comunicação, a escolha de qual utilizar está ligada a diversas premissas que podem ser trazidas pelo projeto ou até mesmo pelo padrão da empresa.

O protocolo utilizado no projeto foi o OPC-UA, pois além de ser um padrão que resolve muitos problemas de integração com diversos fabricantes, também está bem alinhado com a transformação de indústria 4.0 que a empresa está passando.

2.5 ESTRUTURA DE REDE

Por ser uma estrutura de rede corporativa, diversos requisitos de segurança necessitam ser respeitados, dessa forma, o ponto de rede foi instalado diretamente no hardware de coleta de dados.

O uso de cabo de rede foi determinado devido à estrutura *Wi-Fi* não estar estável o suficiente para a taxa de transmissão e volume de dados que tanto esse projeto, quanto outros que estão sendo planejados venham a precisar.

2.6 INDÚSTRIA 4.0 / BANCO DE DADOS / SERVIDOR

A Indústria 4.0 é apontada como uma nova etapa da Revolução Industrial, que tende a impulsionar o crescimento e o desenvolvimento econômico. Com esta nova fase espera-se a capacidade de englobar diversas tecnologias que auxiliam na automação e digitalização de processos com um maior controle aos mecanismos de manufatura. Graças a isso nota-se que esta nova revolução tende a proporcionar fábricas inteligentes que podem contribuir para modelos produtivos mais eficientes, autônomos e customizáveis (BRETTEL *et al.*, 2014).

Uma das etapas importantes nessa jornada é estruturar de forma correta um banco de dados. Segundo Date (2004, p. 10), “Um banco de dados é uma coleção de dados persistentes, usada pelos sistemas de aplicação de uma determinada empresa”. Uma das principais premissas é a organização desses dados para que softwares possam consumi-lo de forma eficiente.

No projeto em questão, o banco de dados e servidor necessitam ser locais, pois a empresa tem como requisito não ter dados fora dos seus respectivos limites de segurança.

2.7 SOFTWARE DE CRIAÇÃO DE DASHBOARDS PARA ANÁLISES

Existem diversos softwares para a criação de dashboards de análise de dados, a escolha nesse projeto foi o software Tableau, pois é o qual a empresa em questão já utiliza em diversos departamentos.

Tableau é uma plataforma de análise completa, onde pode-se correlacionar diferentes banco de dados e gerar gráficos interativos de forma rápida.

O objetivo foi gerar atualização automática e compartilhamento entre diversos usuários da empresa, com a visualização diretamente no software Tool management.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 PROJETO DO HARDWARE DE COLETA DE DADOS

Uma das etapas principais do projeto foi fazer *benchmarking* com plantas em outros países que estão buscando evoluir em projetos de coleta de dados. Nessas visitas, ficou claro que as soluções de prateleira para coleta de dados são para máquinas novas, não contemplam máquinas com mais de 15 anos de fabricação, principalmente quando o tema é extrair dados do CNC da máquina.

Foi encontrado no mercado soluções para extração de dados de PLCs, mas não atende o escopo desse projeto pois muitas das informações só estão no comando CNC.

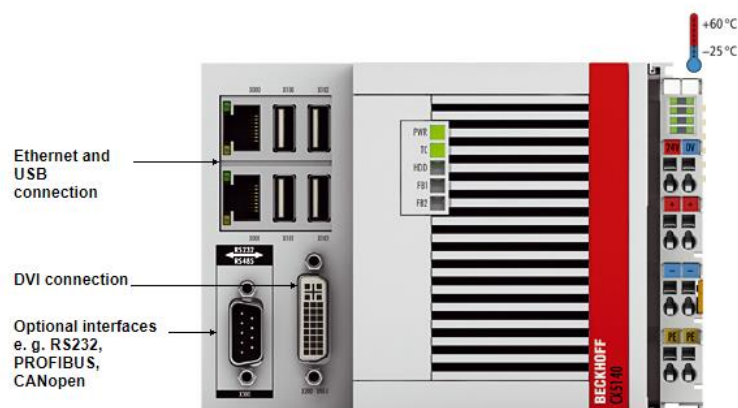
Para rodar os softwares desenvolvidos para coleta de dados, foi montado um hardware com a premissas de Interface Homem Máquina (IHM), possibilidade de instalar sensores para monitoramento e possibilidade de expansão da quantidade de variáveis coletadas.

Um ponto importante que para padronização da interface entre o hardware e máquina foi determinado comunicação via cabo serial, padrão RS-232 ou RS-485, pois desse modo o padrão pode ser preservado cobrindo as máquinas antigas.

Com esse escopo foi montado um hardware com diversas possibilidades de integração, tanto para comunicação direta com a máquina, quanto sensoriamento externo.

A Figura 1 mostra o PLC/PC de comunicação serial do referido equipamento.

Figura 1 – Hardware PLC/PC – CX5140



Fonte: Beckhoff (2019).

Com esse hardware criou-se as seguintes possibilidades para projetos:

- *Tool Management* (gestão de ferramentas);
- OEE automático;
- Ajuste de máquina automático;
- Medição do consumo de energia;
- Análise de vibração de fusos e eixos.

A instalação foi feita a lado da máquina devido a possibilidade de interface com o operador. A Figura 2 mostra a tela da IHM montada no *rack* que acomoda o hardware utilizado para a coleta de dados. A Figura 3 traz o PLC e demais equipamentos utilizados.

Figura 2 – Hardware para coleta de dados



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Parte interna do hardware de coleta de dados



Fonte: Autoria própria.

Especificações do hardware, apresentadas na Figura 4, foram definidas visando expansão no número de variáveis coletadas.

Figura 4 – Especificação do PLC/PC

Technical data	CX5140
Processor	Intel Atom® E3845, 1.91 GHz
Number of cores	4
Flash memory	slot for CFast card and microSD card, cards not included
Main memory	4 GB DDR3 RAM (not expandable)
Persistent memory	integrated 1-second UPS (1 MB on CFast card)
Interfaces	2 x RJ45 10/100/1000 Mbit/s, 1 x DVI-I, 4 x USB 2.0, 1 x optional interface
Diagnostics LED	1 x power, 1 x TC status, 1 x flash access, 2 x bus status
Clock	internal battery-backed clock for time and date (battery exchangeable)
Operating system	Microsoft Windows Embedded Compact 7 (supports only one CPU core), Microsoft Windows Embedded Standard 7 P or Microsoft Windows 10 IoT Enterprise LTSB
Control software	TwinCAT 2 runtime TwinCAT 3 runtime (XAR)
I/O connection	E-bus or K-bus, automatic recognition
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Current supply E-bus/K-bus	2 A
Max. power consumption	16 W
Max. power consumption (with loading UPS)	23 W
Dimensions (W x H x D)	142 mm x 100 mm x 92 mm
Weight	approx. 960 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protection class	IP 20
Approvals/markings	CE, UL, ATEX, IECEx
Ex-Marking	II 3 G Ex nA IIC T4 Gc II 3 D Ex tc IIIC T135 °C Dc Ex nA IIC T4 Gc Ex tc IIIC T135 °C Dc
TC3 performance class	Performance Plus (50); please see here for an overview of all the TwinCAT 3 performance classes

Fonte: Beckhoff (2019).

3.2 APLICAÇÃO DOS SOFTWARES DE COLETA DE DADOS

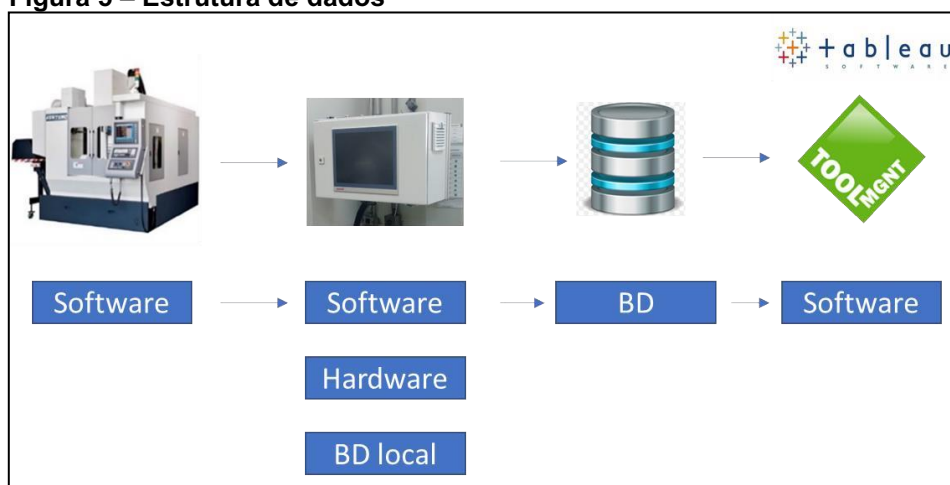
A arquitetura do projeto para coleta de dados foi montada sob medida para a realidade da empresa, tanto a questão de tipos de máquinas, quanto a questão de regulamentos para armazenamento de dados.

Foi necessário o trabalho sincronizado de 3 softwares com diferentes funcionalidades:

- Software 1: Extração dos dados do CNC da máquina e envio para hardware de coleta de dados;
- Software 2: Mapeamento das variáveis e disponibilização para banco de dados;
- Software 3: Exibição de dashboards para time fazer análise gráfica do monitoramento das ferramentas.

A Figura 5 mostra a estruturação do caminho dos dados.

Figura 5 – Estrutura de dados



Fonte: Autoria própria.

Foi fundamental criar a possibilidade de aumentar o número de variáveis coletadas, pois outros projetos podem necessitar de variáveis novas, por esse motivo ficou customizado para a área de automação a possibilidade de expansão através de um arquivo editável.

Para evitar transmissão de dados desnecessárias, algumas variáveis são coletadas apenas por evento, ou seja, quando a mesma é alterada através do CNC. Já alguns casos a transmissão é executada através de intervalo de tempo programado pela área de automação.

3.3 MAPEAMENTO DAS VARIÁVEIS

Para dar identidade aos dados coletados foi necessário criar variáveis dentro do programa CNC, pois não foi encontrado um meio de acessar diretamente na estrutura do comando da máquina por restrições do fabricante.

Foi criada uma lógica e as variáveis foram coletadas pelas variáveis “GUD” do CNC, desse modo, dentro do programa foi inserido atualizações em momentos estratégicos dessas variáveis.

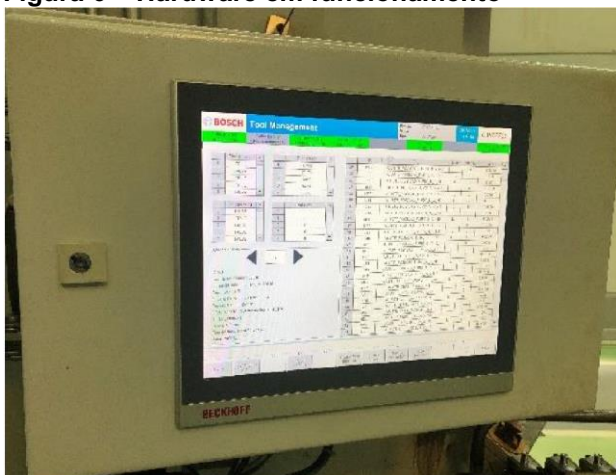
As variáveis para a gestão de ferramentas são:

- TOOL_NR_1 – Identificação da ferramenta na máquina.
- NR_DUPLO_1 – Utilizado para uso de ferramentas com mesma norma.
- NR_PRODUTO_1 – Produto que está sendo usinado.
- TOOL_LIFE_PLAN_1 – Vida útil planejada.
- TOOL_LIFE_ATUAL_1 – Contador regressivo de vida útil.
- TOOL_MAG_1 – Posição da ferramenta no magazine.
- TOOL_PRES_COMP_1 – *Preset* do comprimento da ferramenta.
- TOOL_DESG_COMP_1 – Desgaste do comprimento da ferramenta.
- TOOL_PRESS_RAIO_1 – *Preset* do raio da ferramenta.
- TOOL_DESG_RAIO_1 – Desgaste do raio da ferramenta.

O número “1” no final das variáveis significa pacote 1, foi criado também o pacote 2 e 3, desse modo a cada ferramenta o pacote de dados é enviado com um diferente index que pode ser “1, 2 ou 3”.

Essas variáveis são as mais críticas para gestão do desempenho de ferramentas, as demais não necessitam ser retiradas diretamente da máquina. A Figura 6 mostra a interface do software em operação.

Figura 6 – Hardware em funcionamento



Fonte: Autoria própria.

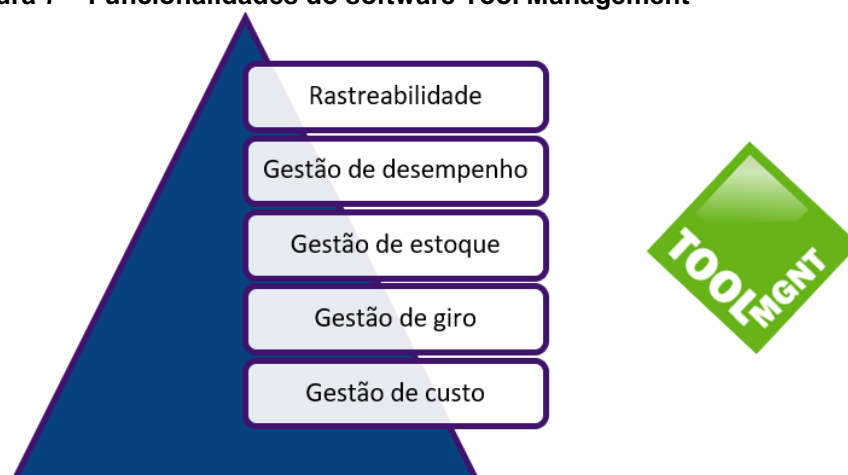
3.4 SOFTWARE TOOL MANAGEMENT

O custo de ferramentas para a empresa em que o projeto foi executado é extremamente representativo, por esse motivo foi desenvolvido um software específico chamado *Tool Management*.

Esse software monitora todo ciclo de vida da ferramenta, desde o momento da compra até o descarte.

A Figura 7 mostra um diagrama contendo as funcionalidades do software *Tool Management*.

Figura 7 – Funcionalidades do software Tool Management



Fonte: Autoria própria.

O escopo desse trabalho está dentro das funcionalidades “gestão de desempenho” e “rastreabilidade”, pois o objetivo foi ter dados de desempenho de

ferramentas trazendo o histórico do processo de afiação através da rastreabilidade no processo.

Todos cadastros e *dashboards* são gerenciados por esse software, desse modo mudanças podem ser feitas no decorrer do tempo pelo próprio usuário.

3.5 RASTREABILIDADE DE FERRAMENTAS

Para melhor efetividade das ações planejadas com à análise de dados, ter rastreabilidade torna-se necessário, pois pode-se analisar todo processo de preparação da ferramenta para entender correlações entre ferramentas de alto desempenho e correlações das ferramentas de baixo desempenho.

Para garantir que cada ferramenta tenha uma identidade única, foi criado um código com as seguintes características:

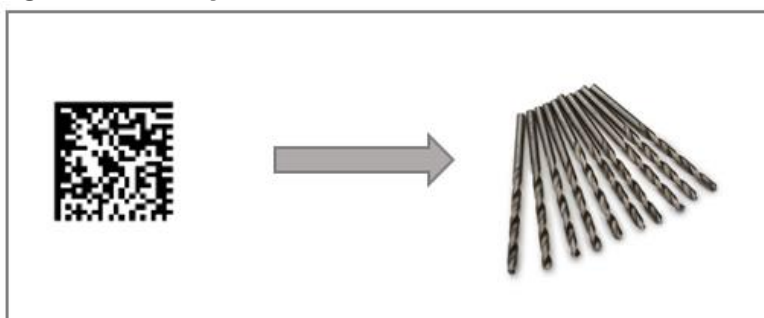
Norma–Ano–Serial

Por exemplo:

4700500780-2019-0001

A identificação foi feita através de DMC (*Data Matrix Code*) com gravação laser na haste da ferramenta. A Figura 8 mostra a gravação utilizada em ferramentas.

Figura 8 – Gravação DMC em ferramentas



Fonte: Autoria própria.

Como a maioria das ferramentas vai fixada em mandris, torna-se impossível fazer a leitura da ferramenta na máquina, desse modo foi decidido gravar os mandris também. A Figura 9 mostra a gravação utilizada em sistemas de fixação.

Figura 9 – Gravação DMC em sistemas de fixação



Fonte: Autoria própria.

A leitura do suporte (mandril) e da ferramenta será feita na área de *preset*, montando dessa forma o vínculo, desse modo, quando o operador ler o suporte na máquina que está na linha de produção, Figura 10, conseqüentemente o software identifica qual ferramenta foi montada.

Figura 10 – Leitor DMC



Fonte: Autoria própria.

Existem dois tipos de leituras, o primeiro acontece dentro da área de preparação da ferramenta para uso que é chamado de “Tooling Center”, já o outro tipo de leitura acontece ao lado da máquina de produção.

Existe o registro tanto da entrada da ferramenta na máquina, como também da retirada, desse modo, existe o controle total da permanência da ferramenta na máquina.

3.6 DESENVOLVIMENTO DOS DASHBOARDS

O principal objetivo de coletar dados foi gerar informação para tomar decisão, ou para gerar aprendizado do que faz, ou não, uma ferramenta atingir o plano de vida útil.

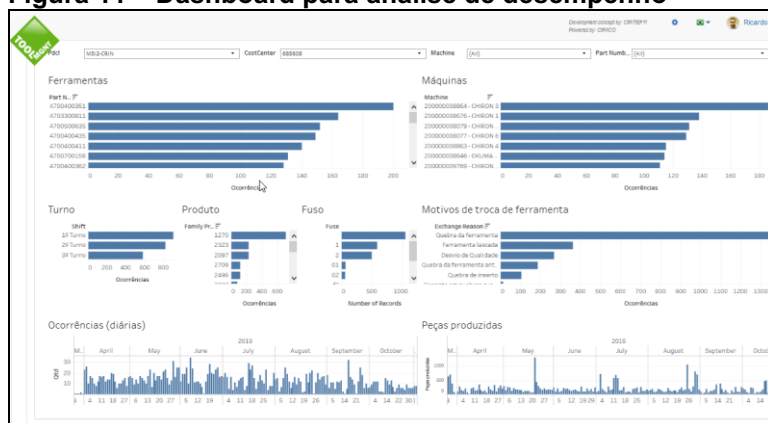
Desse modo, as seguintes informações são necessárias para essa análise:

- Ferramenta Serial
- Número de peças usinadas
- Motivo da retirada
- Máquina
- Turno
- Produto

Como já mencionado, o software usado foi o Tableau, as atualizações ocorrem de forma digital, uma vez que a coleta de dados já tenha alimentado o banco de dados central da área de tecnologia de informação da planta.

Na Figura 11 é apresentado uma tela de análise de desvios gerados nesse mesmo software.

Figura 11 – Dashboard para análise de desempenho



Fonte: Autoria própria.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diversos desafios surgiram ao longo da jornada de conectividade, inicialmente houve uma conclusão que mesmo que máquinas tenham mesmo comando de programação, por exemplo: SINUMERIK 840D¹, ainda assim apresentam diversas personalizações do fabricante, não sendo fácil criar uma solução padrão. Após vencer esse desafio, surgiu um outro obstáculo que é a comunicação entre hardware de coleta de dados e máquina, pois a maioria das máquinas não tinha entrada *ethernet*, desse modo, o padrão acabou sendo comunicação via cabo serial.

Com a solução para extrair os dados do CNC e conseguir comunicar com o hardware, surgiu a questão de realizar o *startup* do sistema de forma automática após o operador ligar a geral da máquina, para isso, houve uma atividade específica para esse desenvolvimento.

O mapeamento das variáveis foi fundamental para o armazenamento de dados, no entanto, devido a lógica da máquina, foi necessário criar pacotes de envio, evitando que os dados fossem misturados.

Após um tempo rodando todo sistema, algumas máquinas começaram gerar lentidão no painel de interface com o operador, algumas chegaram a travar a tela do painel. Para a produção isso era inadmissível, pois para resolver o problema era necessário reiniciar o sistema, gerando perdas de OEE. Foi necessário criar tempo entre “varreduras” de dados na máquina, minimizando a concorrência com o processamento do programa CNC da usinagem.

Após resolver todos os problemas de campo, houve problemas de lentidão no banco de dados, já que o servidor era na Alemanha. A ação para isso foi estabelecer um servidor local, buscando melhorar o tempo de resposta para os *dashboards* criados.

Como era previsto, existiram muitos desafios para conectividade, mas com um time multifuncional, todos os obstáculos foram vencidos.

Como resultado, atualmente existe um hardware padrão que será utilizado em 15 diferentes máquinas para coleta de dados e monitoramento tanto de ferramentas, quanto processo. Com base nisso, o objetivo foi alcançado. Esse padrão foi criado

¹ **SINUMERIK 840D.** Copyright© Siemens 1996–2019. Disponível em: <<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/cnc-sinumerik/automation-systems/sinumerik-840.html>>. Acesso em: 20 out. 2019.

com premissas da empresa onde o projeto foi realizado, tornando-se necessário uma análise bem profunda nos pontos levantados nesse trabalho se o conceito for aplicado a outra empresa.

5 CONCLUSÃO

O tema conectividade de máquina como parte do processo de transformação para indústria 4.0 exige muito esforço e investimento com o cenário de máquinas antigas no Brasil. Um dos objetivos foi destacar não só a criação da estrutura para um sistema funcionar, mas sim os passos que devem ser observados da origem dos dados até a destinação em um banco de dados.

Deve ser lembrado que um projeto desse porte exige muitas competências dentro de diversas áreas da empresa, no conceito do processo que está sendo monitorado, programação CNC, automação, estrutura de rede e gerenciamento de banco de dados.

O objetivo de desenvolver um hardware e criar uma estrutura de coleta de dados foi alcançado, no entanto, o custo foi considerado alto visando expansão para 800 máquinas que a empresa tem plano em conectar em 5 anos, por esse motivo, esse conceito de hardware será utilizado apenas em máquinas com alto custo agregado no processo de fabricação. Para processos mais simples ou até mesmo que a coleta seja no PLC, um hardware mais simples está sendo avaliado, mas a estrutura continua sendo a mesma.

Em pesquisa foi observado que não existem muitos fornecedores de soluções de conectividade em CNC, quando é acionado o fabricante da máquina visando atualizar a máquina para ter conectividade, foi oferecido um novo comando que o custo ultrapassou em mais de cinco vezes o valor do hardware criado, desse modo, as empresas que visam ter máquinas antigas conectadas necessitarão de persistência e profissionais que criem soluções sobre demanda.

O Brasil pode chegar na indústria 4.0, no entanto, irá exigir muito mais esforço para conectar seu parque de máquinas antigas.

A demanda para os profissionais em conectividade e coleta de dados terá tendência a aumentar visando o cenário atual e o caminho que a indústria está indo no aspecto de automação.

REFERÊNCIAS

BECKHOFF. **Beckhoff Automation GmbH & Co. KG**. Alemanha: 2019. Disponível em: <<https://beckhoff.com/>>. Acesso em: 17 out. 2019.

BRETTEL, M.; *et al.* **How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape**: An Industry 4.0 perspective. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, v. 8, n. 1, p. 37-44, nov. 2014. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/2583/9292e6c78a4f9389e3a4e5063862fa79b322.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2019.

CHILDS, T.; *et al.* **Metal machining**: Theory and applications. 1. ed. Londres: Arnold, 2000.

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. 11. ed., São Paulo: Blucher, 2003.

MICHELETTI, G. F. **Mecanizado por arranque de viruta**. 2. ed., Barcelona: Blume, 1980.

OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção, além da produção em larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. 137 p.

STEMMER, C. E. **Ferramentas de corte I**. 3. ed., Florianópolis: Editora da UFSC, 1993.