

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Curso de Especialização em Automação Industrial

**TRATAMENTO DE DADOS EM SISTEMAS DE
AUTOMAÇÃO DE NÍVEL SUPERIOR PARA CÁLCULO DE
INDICADORES**

Jorge Eustáquio de Campos Filho

Belo Horizonte
2011

Jorge Eustáquio de Campos Filho

**TRATAMENTO DE DADOS EM SISTEMAS DE
AUTOMAÇÃO DE NÍVEL SUPERIOR PARA CÁLCULO DE
INDICADORES**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Automação Industrial.

Orientadora: Carmela M^a Polito Braga

Belo Horizonte

2011

TRATAMENTO DE DADOS EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO DE NÍVEL SUPERIOR PARA CÁLCULO DE INDICADORES

Jorge Eustáquio de Campos Filho

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Automação Industrial.

Trabalho apresentado em 7 de Novembro de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Carmela Maria Polito Braga

Benjamim Rodrigues Menezes

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer à Anna Lúcia, minha companheira e amiga, pela atenção e paciência durante os anos de curso, e por sempre me apoiar e incentivar em todos os momentos difíceis.

Agradeço aos meus pais, pelo exemplo e pela educação recebida.

A professora Carmela Polito, pela orientação neste projeto, mesmo com as dificuldades enfrentadas. Seus ensinamentos durante a execução do trabalho permitiram o meu crescimento profissional e acadêmico.

Agradeço também a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica pela sabedoria compartilhada durante o curso.

Agradeço a minha irmã, Marcela Alexandrino, cuja lembrança me acompanhará por toda vida.

“Medir é importante:
o que não é medido não é gerenciado.”

Robert Kaplan e Norton David

Resumo

Com o uso de sistemas automatizados e com o crescente volume de dados gerados em uma organização, o erro na coleta, no tratamento dos dados ou no cálculo de um indicador gerar valores incorretos, o que pode incentivar decisões gerenciais indevidas, desviando a organização das suas metas. Para correção destes erros, ou redução do seu impacto no valor calculado, diversas metodologias podem ser utilizadas, sendo cada metodologia aplicada em um caso específico.

Apresenta-se uma revisão de técnicas de tratamento de dados para cálculo de indicadores em sistemas de automação de nível superior. Dentre as metodologias de tratamento dos erros nos cálculos dos indicadores cita-se: decimação, filtragem de dados, interpolação, estudo de propagação de erros e métodos estatísticos. Considera-se que avaliação dos erros relacionados ao cálculo do indicador deva ser abordada durante a criação do indicador, buscando identificar e minimizar os erros do cálculo. O processo de definição e cálculo de indicadores é, também, analisado. As técnicas são ilustradas com aplicação de dados provenientes de processos reais.

Palavras chave: Gestão, Indicadores, Sistemas de Informação, Sistemas de Automação.

Abstract

With the use of automated systems and the increasing volume of data generated in an organization, the error in collecting, processing the data or the calculation of an indicator generate incorrect values, which may encourage inappropriate management decisions, steering the organization of their goals. To correct these errors, or reduce its impact on the calculated value, a sort of methodologies can be used, each methodology applied in a specific case.

This paper presents a review of data processing techniques for the calculation of indicators in automation systems level. Among the methods of treatment of errors in the calculation of the indicators, is mentioned: down sampling, filtering, interpolation, study of error propagation and statistical methods. It is considered that evaluation of errors related to the calculation of the indicator should be investigated during the creating of the indicator, seeking to identify and minimize calculation errors. The process of definition and calculation of indicators is also examined. The techniques are illustrated with application data from real processes.

Keywords: Management, Indicators, Information Systems, Automation Systems.

Sumário

Resumo	6
Abstract	7
Lista de Equações	11
Lista de Figuras.....	12
Lista de Tabelas	13
Lista de Siglas e Abreviaturas	14
CAPÍTULO 1	15
1 Introdução.....	15
CAPÍTULO 2	18
2 Revisão Bibliográfica.....	18
2.1 Sistemas de Automação	18
2.1.1 PIMS	22
2.1.2 MES	23
2.1.3 ERP	26
2.2 Indicadores	28
2.2.1 Indicador de Produção	30
2.2.2 Indicador de Ritmo	31
2.2.3 Indicador de MTBF	33
2.2.4 Indicador de Sucata.....	33
2.3 Considerações sobre o capítulo	34
CAPÍTULO 3	36
3 Interferências no Cálculo de Indicadores	36
3.1 Formato	36
3.2 Disponibilidade de Coleta ou Amostragem	38
3.3 Unidade de Engenharia	40
3.4 Origem	41

3.5	Ruído	42
3.6	Interferência Humana.....	44
3.7	Propagação de erro.....	46
3.8	Considerações sobre o capítulo	48
CAPÍTULO 4		49
4	Métodos Para Tratamento de Dados.....	49
4.1	Decimação	49
4.2	Filtragem	50
4.3	Estudo da Propagação de Erro.....	51
4.4	Métodos Estatísticos	51
4.4.1	Média Móvel	52
4.4.2	Interpolação de dados	53
4.5	Considerações sobre o capítulo	55
CAPÍTULO 5		56
5	Metodologia de criação de indicadores.....	56
5.1	Metodologia proposta	56
5.1.1	FASE 1 – Demanda de informação.	56
5.1.2	FASE 2 – Escolha das bases de dados.....	57
5.1.3	FASE 3 – Coleta e armazenamento das informações.....	57
5.1.4	FASE 4 – Cálculo do indicador.....	58
5.1.5	FASE 5 – Estimação do erro do indicador.....	58
5.2	Exemplo de folha de levantamento de dados.	58
5.3	Considerações Finais	59
CAPÍTULO 6		60
6	Sugestão de trabalhos futuros.....	60
6.1	Avaliação de resultados de indicadores.	60
CAPÍTULO 7		61

7	Conclusão	61
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

Lista de Equações

Equação 2-1 – Equação do Indicador de Produção	30
Equação 2-2 – Equação do Indicador de Ritmo	31
Equação 2-3 – Equação do Indicador de MTBF	33
Equação 2-4 – Equação do Indicador de Sucata.....	34
Equação 3-1 – Equação da propagação de erro.....	46
Equação 3-2 – Equação do Indicador de Ritmo	47
Equação 3-3 – Calculo do Ritmo.....	47
Equação 3-4 – Erro em relação à produção.....	47
Equação 3-5 – Erro em relação ao tempo	47
Equação 3-6 – Erro do indicador de ritmo	48
Equação 4-1 – Média móvel aritmética.	52
Equação 4-2 – Curva utilizando a interpolação linear.	54
Equação 4-3 – Curva utilizando a interpolação exponencial.	55

Lista de Figuras

Figura 2-1 – Organização dos sistemas de automação.	18
Figura 2-2 – Relação dados x informação.....	19
Figura 2-3 – Principais funções de um sistema MES, segundo a MESA.	24
Figura 3-1 – Valor de massa real x Valor de massa medido	43
Figura 3-2 – Pico na medição da variável	44
Figura 4-1 – Massa de dados sem utilização de filtro.....	50
Figura 4-2 – Massa de dados com utilização de filtro	50
Figura 4-3 – Variável sem o tratamento dos dados utilizando média móvel.	53
Figura 4-4 – Variável com o tratamento dos dados utilizando média móvel.....	53
Figura 4-5 – Interpolação Linear.	54
Figura 4-6 – Interpolação Exponencial.	55

Lista de Tabelas

Tabela 3-1 – Eventos de parada.....	37
Tabela 3-2 – Eventos de parada gerados no PIMS	37
Tabela 3-3 – Apontamentos de produção.....	39
Tabela 3-4 – Apontamentos de produção após validação de qualidade	40
Tabela 3-5 – Apontamentos de sucata sem interferência do usuário.....	45
Tabela 3-6 – Apontamentos de sucata com interferência do usuário	45
Tabela 4-1 – Valores de ritmo em relação à especificação do produto	54
Tabela 5-1 – Folha de dados para criação de um indicador	59

Lista de Siglas e Abreviaturas

ERP - Enterprise Resource Planning

MES - Manufacturing Execution System

MESA - Manufacturing Execution System Association

PIMS - Process Information Management System

PLC - Programmable Logic Controller

ISA - International Society of Automation

MTBF - Mean Time Between Failure

KPI - Key Performance Indicator

CAPÍTULO 1

1 Introdução

O gerenciamento de uma organização, com as mudanças constantes do mercado e suas variáveis, é uma tarefa cada vez mais complexa. Seja no gerenciamento de uma pequena linha de produção até o gerenciamento de uma organização inteira, constantes alterações nos desejos dos clientes e fornecedores somados às influências de diretores e acionistas podem alterar as metas e o direcionamento da organização. O planejamento e o controle necessários para manter a saúde da empresa em um nível satisfatório são cada vez mais complexos.

Para o correto gerenciamento é necessário o uso de informações dos processos da organização, sejam eles produtivos ou administrativos, de modo a basear as decisões em informações sólidas e confiáveis. A análise das informações também é essencial para validação da eficácia de decisões tomadas no passado. As informações também permitem avaliar o direcionamento da organização e possibilitam a previsão de resultados futuros.

Com o aumento da complexidade dos processos da organização, a utilização de indicadores para verificação do desempenho e auxílio no gerenciamento e planejamento do processo se mostra necessária devido à capacidade de agregação de dados dos indicadores. A capacidade de reunir dados de diversas fontes e apresentar em um único número é o que faz o indicador ser uma poderosa ferramenta de suporte ao gerenciamento.

A falta de indicadores em uma organização pode ocasionar um aumento no tempo necessário para geração de decisões gerenciais, impedindo também a verificação do resultado dessas decisões. Sem informação não é possível decidir de maneira eficiente e segura o direcionamento de uma organização.

Considerando a velocidade de transformações do mercado, além da obtenção do valor indicador para auxílio nas decisões, é necessário que esta informação seja disponibilizada em tempo hábil. A informação gerada com atraso impacta na eficiência da decisão necessária para correção ou planejamento do processo. Além disso, o crescimento no número de variáveis de processo, que devem ser acompanhadas pelos

indicadores, é cada vez maior, devido à disponibilização no mercado de instrumentos que além de possibilitar a automação do processo, realizam medições de variáveis e geram eventos que podem ser disponibilizados para consulta.

Devido a estes fatores mostra-se necessária a criação de uma metodologia que permita calcular o valor indicador da organização baseado nas fontes de dados disponíveis. As grandes organizações já possuem no seu chão de fábrica uma série de instrumentos, utilizados para a automação industrial, capazes de coletar e distribuir de maneira limitada informações de baixo valor agregado, relacionadas a estes processos.

Outra fonte de informação são os sistemas de auxílio no gerenciamento do processo. É cada vez mais comum em grandes organizações o uso de sistemas de automação para auxílio no gerenciamento do processo. Estes sistemas possuem informações do dia a dia do processo produtivo da empresa e são capazes de distribuir esta informação com grande eficiência.

No intuito de suprir a necessidade de disponibilização das informações dos indicadores com maior agilidade é comum o uso dos sistemas de automação, tanto os sistemas de automação de processo como os sistemas de automação do gerenciamento do processo, como fonte de dados para o cálculo dos indicadores.

Porém o uso dos dados oriundos do sistema de automação sem um tratamento prévio pode ocasionar erros no cálculo do indicador. Para a correta utilização, o indicador deve ser calculado sem erros, ou pelo menos, os erros e desvios devem ser identificados e informados junto com o valor do indicador.

Uma decisão tomada com base em um indicador que utilizou dados viciados ou incorretos pode ser mais prejudicial que uma decisão tomada sem o uso dos mesmos. Isto por que o indicador com informação duvidosa gera uma falsa confiança no gestor durante a tomada de decisão, enquanto a decisão que não é baseada em informação já possui um risco relacionado que é conhecido por ele.

Para o cálculo correto dos indicadores, uma série de cuidados deve ser tomada de forma a gerar uma informação mais confiável, que possibilita ao gestor em decidir sobre o planejamento e a execução do processo de forma eficiente.

O objetivo deste trabalho é mostrar algumas das fontes de erro na coleta e manipulação de informações oriundas de sistemas de automação e algumas metodologias de tratamento dos dados para minimizar o efeito do erro no valor final do indicador.

Inicialmente são abordados os sistemas de automação que servem de fonte de dados para cálculo de indicadores. Este trabalho tem foco nos sistemas PIMS, MES e ERP de uma organização. Para exemplificar a influência do erro no cálculo dos indicadores, um grupo de indicadores é detalhado. Para cada indicador é mostrada sua metodologia de cálculo e os impactos da utilização destes indicadores calculados de maneira incorreta.

Aborda-se uma série de fatores que pode ser prejudicial no cálculo do indicador e algumas metodologias para minimizar o erro do indicador.

Finaliza-se com a proposta de uma metodologia de criação de indicadores com o objetivo de minimizar as fontes de erro durante sua criação.

CAPÍTULO 2

2 Revisão Bibliográfica

Para o uso das informações dos sistemas de automação no cálculo de indicadores é necessário garantir que a coleta dos dados e o seu tratamento sejam feitos de forma eficiente. Como existem diversos sistemas de automação de processo e de automação de gerenciamento do processo, muitos deles especialistas e só utilizados em determinadas organizações, aborda-se neste trabalho somente o cálculo de indicadores com informações coletadas em sistemas normalmente utilizados e com certo grau de padronização. São eles os sistemas do tipo PIMS, MES e ERP.

Apresenta-se, inicialmente, uma revisão de conceitos dos sistemas de automação e de alguns indicadores utilizados para a gestão de processos antes de abordar os erros na coleta e armazenamento de dados e ferramentas para o tratamento destes erros.

2.1 Sistemas de Automação

A automação industrial engloba o conjunto de técnicas, sistemas e equipamentos utilizados para auxiliar o homem durante o processo produtivo. A automação auxilia no controle do processo, tomando decisões e controlando processos de maneira automatizada, segura e eficiente. Os sistemas de automação também são responsáveis pelas informações geradas na organização. Estes sistemas são responsáveis pela coleta, tratamento e distribuição das informações. Estes sistemas provêm dados para diversos sistemas, desde sistemas de controle de equipamentos até sistemas de gerenciamento de processo. Considerando o volume de dados, os sistemas de automação são organizados conforme hierarquia apresentada na Figura 2-1.



Figura 2-1 – Organização dos sistemas de automação.

Nos primeiros níveis de automação, onde acontece a coleta da informação, os dados são pontuais, isolados, mostrando características específicas do processo. São exemplos dessas informações coletadas a medição de uma temperatura de um forno ou a totalização de uma balança. Estes dados sozinhos são pouco úteis para tomada de decisões que possam afetar a organização, servindo apenas para tomada de decisões pontuais no processo. As decisões tomadas com estas informações são úteis apenas para correção de parâmetros do processo produtivo e com pouca utilidade no planejamento e na gestão.

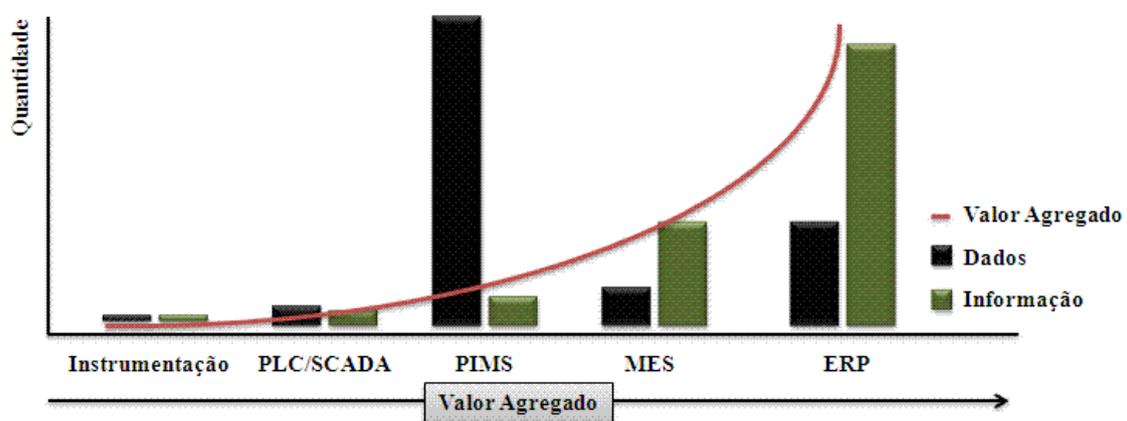


Figura 2-2 – Relação dados x informação.

Durante a transferência dos dados entre os sistemas de automação os dados coletados sofrem transformações para se tornarem informações com maior valor agregado. A Figura 2-2 mostra como os dados brutos se acumulam de forma a gerar uma informação com maior valor agregado, com maior impacto no gerenciamento e planejamento da organização. Segue uma descrição dos sistemas e de como a informação é acumulada nestes sistemas:

- **Instrumentação:** É a origem do dado, proveniente de uma medição do processo. A instrumentação mede uma variável específica do processo e pode distribuir esta informação para um CLP. Esta medição não é 100% exata, pois já carrega um erro relacionado ao instrumento. Devido à quantidade de instrumentos no processo produtivo e o pequeno intervalo entre as medições, um grande volume de dados é gerado neste nível do processo. Estes dados gerados precisam de muito trabalho para se tornar uma informação com maior valor agregado e a instrumentação não possui histórico da medição, já que isto não é a

função do instrumento. Os dados gerados são utilizados apenas para acompanhamento de variáveis de processo, com pouca utilidade para auxílio nas decisões de planejamento e gerenciamento do processo.

- **CLP/SCADA:** Este sistema se conecta ao processo por meio da instrumentação, utilizando cartões de entrada ligados a instrumentação, e disponibiliza os dados de processo em uma unidade produtiva. Os dados coletados dos instrumentos podem ser utilizados para criação de telas sinóticas que mostram as principais variáveis do processo produtivo por meio de sistemas SCADA. Neste nível alguns indicadores já podem ser criados dentro da aplicação no SCADA. Estes indicadores possibilitam o controle de uma linha produtiva ou equipamento, mas não podem ser utilizadas para o gerenciamento ou planejamento do processo produtivo já que refletem somente uma parte do processo produtivo e possuem um histórico de dados limitado.
- **PIMS:** Este sistema coleta e acumula os dados de processo de diversas linhas produtivas. O PIMS trabalha com uma grande quantidade de dados, relacionando cada dado armazenado com um ponto de medição do processo. Os dados armazenados possibilitam a criação de indicadores mais genéricos, capazes de considerar uma parcela maior do processo produtivo. Estes indicadores podem ser utilizados para tomada de decisão, mas com impacto somente no processo produtivo. Além de acumular os dados este sistema pode ser configurado para transferir dados ou eventos, automaticamente, para o sistema MES.
- **MES:** O sistema MES acumula dados de uma unidade produtiva completa. Como este sistema coordena a execução da produção, ele possui uma grande quantidade de dados relacionada à execução do processo produtivo [1]. Em contrapartida o MES possui poucos dados de processo, recebendo do PIMS ou via entrada manual somente os dados que influenciam na execução e planejamento do processo produtivo. Os dados do sistema MES são considerados uma grande fonte de informação. O sistema MES acumula as informações recebidas, permitindo o acesso do histórico destas informações. A análise destes dados e a criação de indicadores a partir deles permitem o gerenciamento de diversas linhas produtivas.

- **ERP:** Acumulam dados de toda organização e é utilizado para planejamento do processo e das finanças da empresa. Poucos dados são gerados e boa parte dos dados é originada das integrações com outros sistemas. Este sistema armazena dados com alto valor agregado e existe histórico. O sistema é complexo e permite o gerenciamento da organização, comandando e planejando o processo produtivo. O ERP além de fornecer informações para o cálculo dos indicadores atua também como base de dados para as constantes utilizadas nos cálculos dos indicadores.

É comum encontrar o sistema MES atuando ao lado do PIMS, no mesmo nível de hierarquia. Neste trabalho o sistema MES foi colocado em um nível acima do sistema PIMS pelos seguintes motivos:

- Por definição, o sistema PIMS é um sistema que armazena os dados coletados do chão de fábrica e o sistema MES é um sistema de controle e planejamento da produção. A informação disponível no sistema MES possui maior valor agregado.
- Hoje o sistema PIMS, com o aumento das funcionalidades das ferramentas disponíveis no mercado, está começando a englobar algumas funcionalidades do sistema MES. Quando o sistema PIMS possui uma informação com maior valor agregado, possivelmente é quando este sistema assume uma funcionalidade do sistema MES ou quando o sistema PIMS organiza uma informação para transferir para o sistema MES.
- As integrações feitas entre os dois sistemas são, em sua maioria, de dados coletados pelo PIMS que são transferidos para o MES, onde são tratados e detalhados, aumentando o valor agregado do dado.

O foco deste trabalho consiste no estudo dos indicadores calculados com dados originados dos sistemas PIMS, MES e ERP.

A motivação desta escolha do sistema PIMS como foco do trabalho se deve ao fato de que a partir do sistema PIMS é que o histórico das informações é armazenado e pode ser acessado. Além disto, a partir do PIMS existem informações de sistemas suficientes para que a decisão impacte boa parte da organização. Também a partir do nível do PIMS é que surge um montante de informações suficiente para análise estatística do processo, para o planejamento e para a gestão do processo produtivo.

O sistema MES é estudado por ser o sistema que coordena a execução da produção. No sistema MES a interferência humana é muito alta, já que uma parte das informações do sistema é cadastrada manualmente pelo usuário. É neste sistema que a informação recebe um usuário responsável, já que quando uma pessoa aprova ou insere uma informação neste sistema, a informação gerada é vinculada a este usuário, criando rastreabilidade. O MES também é um ponto de transferência de informações, recebendo e entregando informações para outros sistemas de uma organização, como sistemas ERP, sistemas de controle de estoque e sistemas de controle de laboratórios entre outros. O sistema tem impacto direto na organização, já que gerencia a produção.

O sistema ERP também é foco de estudo, já que neste sistema é que a informação oriunda do processo recebe valor financeiro, além de ser o sistema em que estão armazenadas as constantes utilizadas no cálculo do indicador.

2.1.1 PIMS

O PIMS (Plant Information Management System) é o sistema encarregado de coletar e armazenar as informações disponibilizadas pela instrumentação de uma planta industrial.

A informação é acessada via CLP, através de um software de comunicação via protocolo OPC, ou com um software proprietário do próprio CLP.

A informação é organizada em TAGs. Cada TAG é relacionada a um determinado valor, sendo que este pode ser oriundo de uma medição real ou de um cálculo. Uma TAG de medição real é um valor coletado de um instrumento no chão de fábrica, como por exemplo, a temperatura de um tanque, a medição de uma balança ou a pressão de uma tubulação. Uma TAG de cálculo é um valor obtido da manipulação de valores coletados da instrumentação. Cada TAG possui atrelado no seu valor medido, no mínimo, as seguintes informações:

- Data e hora de coleta;
- Qualidade do dado;
- Unidade de engenharia.

Estes sistemas apresentam alto desempenho na coleta e armazenamento de grandes volumes de dados. Após coletar os dados, estes são compactados, permitindo uma maior velocidade na recuperação de dados e uma economia de espaço no armazenamento.

Os sistemas PIMS executam as funções de:

- **Coleta** - A coleta das informações é responsabilidade do PIMS. Os valores medidos na instrumentação são disponibilizados na rede TA, onde podem ser coletados diretamente com o auxílio de uma ferramenta OPC, ou pelo software do fabricante do PLC.
- **Armazenamento** - Após coletar as informações, o PIMS armazena as informações em um banco de dados proprietário. Esse banco de dados é usado para pesquisa e distribuição dos dados.
- **Compressão** - Os dados coletados são comprimidos para aumentar o desempenho da ferramenta PIMS. As regras de compactação são definidas pela ferramenta e podem ser manipuladas pelo usuário. A compactação é o primeiro tratamento que o dado recebe. Os dados repetidos que não influenciam na análise do dado são descartados. A compactação também é utilizada para aumentar a eficiência na distribuição de dados.
- **Distribuição** - Alguns fabricantes disponibilizam sistemas PIMS capazes de distribuir sua informação para diversos sistemas, de maneira automática, desde que corretamente configurado.
- **Interface** - Os sistemas PIMS possuem interfaces gráficas que podem ser acessados pelos usuários para visualizar a informação através de gráficos, tabelas ou sinóticos.

O sistema PIMS é a maior fonte de dados para o cálculo de indicadores relacionados ao processo. Este sistema também é responsável pela integração do chão de fábrica com outros sistemas possibilitando a migração de eventos automáticos.

2.1.2 MES

O MES (Manufacturing Execution System) é o sistema que organiza e distribui informações relacionadas com o processo produtivo de uma planta industrial. Pode ser configurado a partir de um sistema de mercado ou desenvolvido por uma equipe de

software. Para utilização do MES por uma organização, este sistema deve ser adaptado às necessidades da mesma.

O MES é foco de estudo e padronização pela *MESA*. A *MESA International* é uma comunidade global de fabricantes, produtores, líderes de indústrias e provedores de solução com foco na melhora da capacidade de gerenciamento de operações por meio de uso efetivo de aplicações, softwares e melhores práticas [2].

A *MESA International* define:

- “O Manufacturing Execution System (MES) distribui informações que possibilitam a otimização das atividades de produção do lançamento da ordem de produção até a finalização dos produtos. Usando dados atuais e precisos, o MES inicia, responde e reporta sobre as atividades da planta. A resposta rápida às mudanças resultantes das modificações das condições, juntamente com o foco na redução das atividades sem valor agregado, direcionando de forma efetiva as operações e processos da planta. O uso de um sistema MES melhorar o retorno operacional dos ativos, a quantidade de entregas no prazo, as modificações de estoque, a margem bruta e o fluxo de caixa. MES fornece informações críticas sobre as atividades de produção em toda organização através de comunicações bidirecionais” [3].

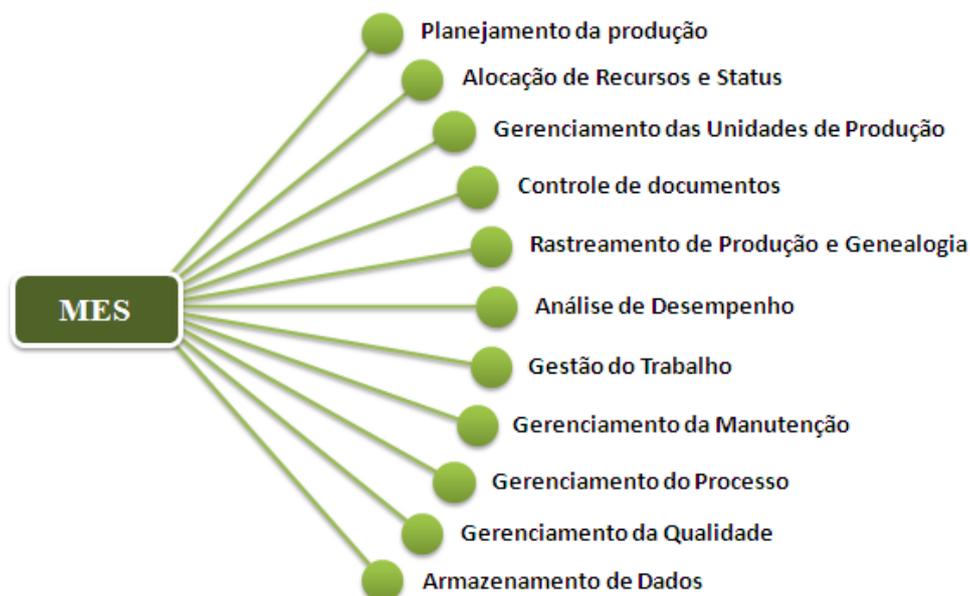


Figura 2-3 – Principais funções de um sistema MES, segundo a MESA.

A MESA International identifica onze principais funções do MES [3].

- **Planejamento da produção** - Sequenciamento e controle da duração das atividades, aumentando o desempenho da planta com base na capacidade finita dos recursos;
- **Alocação de Recursos e Status** – Organização e a alocação das pessoas, máquinas, ferramentas e matérias primas. Rastreamento de onde estão os recursos e onde estes estiveram alocados;
- **Gerenciamento das Unidades de Produção** - dar o comando para envio de materiais ou ordens para certas partes da planta para iniciar um processo produtivo;
- **Controle de documentos** - gerenciamento e distribuição de informações sobre produtos, processos, projetos, ou ordens, bem como recolher declarações de certificação de trabalho e condições;
- **Rastreamento de Produção e Genealogia** - acompanhamento do progresso das unidades ou lotes de produção para criar uma história completa do produto;
- **Análise de Desempenho** - comparação de resultados medidos na planta com as metas e indicadores estabelecidos pela corporação, clientes, órgãos ou regulamentares;
- **Gestão do Trabalho** - acompanhamento e orientação da utilização do pessoal de operações durante uma mudança com base nas qualificações, padrões de trabalho e necessidades de negócios;
- **Gerenciamento da Manutenção** - planejamento e execução de atividades necessárias para manter os equipamentos e outros bens de capital na planta;
- **Gerenciamento do Processo** - direciona o fluxo dos esforços na planta baseado nas atividades atuais e planejadas;
- **Gerenciamento da Qualidade** - Armazenamento e análise das características de produção e de processo em relação às metas de qualidade e padrões de engenharia;
- **Armazenamento de Dados** - monitora e coleta os dados do processo, das matérias primas, dos produtos e das operações das pessoas, máquinas e controles.

Para aumentar a confiabilidade na coleta de dados o MES, além de receber dados cadastrados manualmente pelos seus usuários, possui interfaces com outros sistemas, como o PIMS e o ERP, possibilitando a troca de informações de forma segura, evitando ruídos e falhas nas entradas de dados. Em contra partida o uso de interfaces de dados automatizadas pode ocasionar em uma fonte de erros, já que o sistema MES busca o dado diretamente do sistema fonte, e não possui garantias de que o dado deste sistema não possui ruído ou erro. A interface automática só garante que nenhum ruído será gerado na transferência do dado entre os dois sistemas, e não na sua geração.

O sistema MES é uma grande fonte de dados para cálculo de indicadores, já que as informações cadastradas em seu banco de dados já possuem um nível considerável de valor agregado. Informações sobre ordens de produção, paradas de equipamentos e seqüenciamento de produção podem ser coletadas em seu sistema em tempo real, aumentando o período de atualização do indicador.

Um das ressalvas no uso das informações de um MES é o fato de que neste sistema uma parte da informação é cadastrada ou aprovada por usuários, o que se configura em fonte de erro, ruído ou atraso. O sistema MES pode ser configurado ou desenvolvido para amenizar estas fontes de erro, mas tornar-se isento de fontes de erros é improvável.

2.1.3 ERP

O ERP (Enterprise Resource Planning) é um sistema que reúne funções de planejamento, execução e acompanhamento dos processos administrativos de uma organização.

Este sistema coleta e armazena as informações de diversos setores da empresa, centralizando as informações em um banco de dados único, o que possibilita uma maior eficiência na distribuição e consolidação das informações. Alguns exemplos dos setores da organização que são suportados por uma ferramenta ERP são:

- Finanças;
- Recursos Humanos;
- Vendas;
- Estoques;
- Produção;
- Contabilidade.

O mercado possui grandes fornecedores de sistemas ERP, como a SAP [5] e a ORACLE [6], que fornecem a ferramenta com módulos já padronizados, com uma série de funcionalidades genéricas, criadas com base nas experiências de implantação com os seus principais clientes. Cada organização quando adquire esta ferramenta, precisa adaptar a ferramenta aos processos de planejamento e execução da organização [7]. Este é um processo longo e que demanda grande investimento de tempo e recursos por parte da organização [8].

Os sistemas ERP são divididos em módulos, cada um é especializado em atender a demanda de um determinado setor da organização. Estes sistemas são integrados a outros sistemas, como o sistema MES, permitindo a transferência automática de dados. São exemplos de módulos fornecidos pelos principais fornecedores de ERP do mercado [5,6]:

- Contabilidade financeira
Utilizado na contabilidade de clientes, fornecedores e a administração de contas.
- Contabilidade de Custos
Utilizado para contabilidade de custos e receitas da organização.
- Contabilidade do Imobilizado
Controle e contabilidade dos ativos do imobilizado.
- Projetos
Planejamento, controle e supervisão de projetos.
- Recursos Humanos
Planeja, registra e avalia os dados relacionados aos funcionários.
- Manutenção
Suporta o planejamento e a execução das tarefas de manutenção.
- Qualidade
Módulo de suporte ao controle da qualidade.
- Planejamento da Produção
Auxílio no planejamento e controle das atividades de produção da organização.
- Materiais
Suporta a atividade de controle e planejamento relacionados aos estoques.
- Vendas e distribuição
Auxílio nas atividades de venda, fornecimento e faturamento da organização.

O sistema também é utilizado para cadastros de constantes e padrões da organização, desde especificações de produtos e matérias primas até lógicas de sequenciamentos de produção. As informações coletadas são facilmente rastreadas e existe um alto nível de padronização nas informações armazenadas, o que permite uma maior confiabilidade nas informações existente no sistema.

A utilização de informações dos sistemas ERP traz um ganho no cálculo de indicadores, devido ao alto nível de confiabilidade destas informações. As informações destes sistemas são as que possuem maior valor agregado. O ERP possibilita a consolidação de dados de toda a organização.

O sistema ERP também é útil por ser base de dados de diversas constantes utilizadas pela organização. Porém a utilização da informação destes sistemas pode ser problemática, já que estes sistemas são vendidos em pacotes comerciais e a extração de informações pode demandar o trabalho de recursos especializados.

As informações deste sistema são utilizadas para emissão de notas fiscais, pedidos de compras e pagamentos de funcionários, e por esta razão, de todos os sistemas de processamento de informações, o sistema ERP é o sistema onde as informações recebem maior nível de confiabilidade, mas estes sistemas não são livres de erro.

É importante lembrar que boa parte das informações existentes no ERP foi coletada de sistemas como o MES, que por sua vez coletou informações de usuários e dos sistemas PIMS, e este recebe suas informações dos sistemas de chão de fábrica, como os CLPs. Sendo assim algumas informações destes sistemas são as que possuem o maior nível de propagação de erro de toda a organização, apesar de receber um maior nível de confiabilidade, devido à acumulação de erros durante a transferência da informação entre sistemas.

2.2 Indicadores

O KPI (*Key Performance Indicator*) é um valor que representa a análise de um determinado processo. Esta ferramenta consolida um montante de dados em um único valor, aumentando a capacidade de avaliação do processo analisado.

O indicador pode ser simples, mostrando o valor de algumas variáveis reunidas em uma soma ou média, por exemplo, ou complexo, agregando dados de diversas fontes de

dados de uma organização inteira. Os indicadores possuem ampla utilização no planejamento e gerenciamento da uma organização.

O indicador permite o gestor avaliar o processo e aumenta a eficiência nas decisões de planejamento e gestão. O aumento da complexidade dos processos da organização aumenta ainda mais a necessidade da utilização dos indicadores para verificação do desempenho e auxílio no gerenciamento e planejamento do processo.

A capacidade de reunir dados de diversas fontes e apresentar em um único número uma informação sistêmica representativa de um processo é o que faz o indicador ser uma poderosa ferramenta de suporte ao gerenciamento.

Os indicadores devem atender os seguintes requisitos [9]:

- **Seletividade:** O indicador deve estar relacionado a aspectos, etapas e resultados essenciais ou críticos do produto, serviço ou processo.
- **Simplicidade:** O indicador deve ser de fácil compreensão e aplicação principalmente para aquelas pessoas diretamente envolvidas com coleta, processamento e avaliação dos dados e informações, utilizando relações percentuais simples, médias, variabilidades e números absolutos.
- **Baixo Custo:** O indicador deve preferencialmente ser gerado a custo baixo. O custo para coleta, processamento e avaliação não deve ser superior ao benefício trazido pela medida.
- **Representatividade:** O indicador deve ser escolhido ou formulado de forma que possa representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere.
- **Estabilidade:** O indicador deve perdurar ao longo do tempo, com base em procedimentos incorporados às atividades da empresa ou departamento.
- **Rastreabilidade:** O indicador deve ser adequadamente armazenado, documentados os dados e informações utilizados, bem como formulários e memórias de cálculo, inclusive o registro do pessoal envolvido.
- **Acessibilidade:** Os dados para cálculo do indicador devem ser de fácil acesso.

Este capítulo descreve alguns indicadores com foco no processo produtivo. Estes indicadores serão utilizados no trabalho com exemplo durante a análise das falhas na coleta e tratamento dos dados para o cálculo dos indicadores.

Cada indicador possuirá uma breve descrição, exemplos de sua utilização e exemplos de situações ocasionadas pelo valor incorreto dos indicadores. Os motivos que levam ao cálculo incorreto do indicador e as metodologias para corrigir ou minimizar estas influências são foco de discussão dos capítulos 3 e 4.

Os indicadores abordados neste trabalho para exemplificar as falhas no seu cálculo serão:

- Produção
- Ritmo
- MTBF
- Sucata

As equações mostradas para os indicadores foram retiradas de sistemas reais de visualização e análise de dados. Os exemplos de cálculo destes indicadores serão mostrados no capítulo 3.

2.2.1 Indicador de Produção

O indicador de produção é um dos indicadores mais importantes de uma organização que tem como objetivo a venda de produtos. A equação de cálculo deste indicador é simples, mas permite o cálculo de um dos indicadores mais representativo da organização, já que a produção é um dos valores que define o resultado financeiro da empresa. A equação do indicador é:

$$\text{Indicador de Produção} = \text{Valor Total Produzido}$$

Equação 2-1 – Equação do Indicador de Produção

Apesar de parecer simples, reunir informações para o cálculo é uma tarefa complexa, já que o valor produzido considera a produção de um produto com qualidade, e a certificação da qualidade do produto não ocorre necessariamente durante sua produção. No caso de uma sequência de produção, onde o produto produzido em uma unidade produtiva e a matéria prima de outra unidade produtiva, cada unidade com um controle de qualidade diferente, o cálculo se torna mais complexo.

O valor do indicador de produção é essencial para:

- **Definição de metas de produção;**

Para definição de metas de produção é necessário analisar a capacidade produtiva de uma planta industrial e o indicador de produção pode ser utilizado como base para definição dessa meta. O valor incorreto da produção calculada pode interferir na avaliação da meta, gerando alarmes incorretos para os gestores.

- **Definição de metas de venda;**

O valor de produção calculado incorretamente no chão de fábrica pode causar disparidades entre o valor apontado como produzido e o valor apontado como vendido. O valor de produção subestimado pode levar ao planejamento subestimado da meta de vendas, aumentando assim o estoque da planta. O valor de produção superestimado pode levar ao planejamento superestimado das metas de venda, sobrecarregando o processo produtivo e criando metas impossíveis de produção.

- **Aquisição de matéria prima;**

Um valor superestimado de produção pode levar a um planejamento de compra de matéria prima acima do necessário, ocasionando o aumento no estoque e a possibilidade de perda de validade da matéria prima, em alguns casos. O valor subestimado da produção pode levar a falta de matéria prima.

- **Controle de uso de unidades produtivas.**

Com o estudo do valor produzido em uma unidade produtiva (equipamento ou linha de produção) é feito o planejamento do uso de cada unidade produtiva.

2.2.2 Indicador de Ritmo

O indicador de ritmo permite a análise da eficiência das unidades produtivas. O cálculo é simples, mas necessita de duas informações específicas e de difícil definição, a produção padrão e o tempo padrão de produção. A equação do indicador é:

$$\text{Indicador de Ritmo} = \frac{\text{Produção Padrão}}{\text{Tempo de Produção Padrão}}$$

Equação 2-2 – Equação do Indicador de Ritmo

A definição da produção padrão e do tempo padrão depende do conhecimento da empresa do seu processo produtivo. Pode-se considerar que a produção padrão e o tempo padrão são funções de:

- Produto em produção;
- Matéria prima utilizada;
- Equipamento utilizado;
- Estado do equipamento;
- Turno de produção.

Para a definição da produção padrão ou do tempo padrão de produção pode-se estudar o processo produtivo para estimar a eficiência máxima do processo, pode se utilizar uma média histórica do processo produtivo ou utilizar a capacidade histórica do processo.

O valor do indicador de ritmo é utilizado para:

- **Definição e avaliação de metas;**

O ritmo mostra a produção esperada para uma unidade produtiva, uma linha de produção ou uma organização inteira. O valor de ritmo é utilizado como meta de produção de uma organização. O ritmo utilizado com o valor de produção esperado define o tempo necessário para a produção. O valor incorreto de ritmo pode gerar alarmes incorretos para os gestores, mostrando um falso desvio na produção, o que prejudica a gestão do processo.

- **Comparação de unidades produtivas;**

O ritmo pode ser utilizado para a comparação entre duas unidades produtivas. O mesmo produto, produzido em duas unidades produtivas diferentes podem apresentar ritmos diferentes, já que este indicador é influenciado por parâmetros como idade, modelo dos equipamentos e turno de produção. O ritmo pode ser utilizado para comparação das unidades produtivas, influenciando na escolha das unidades utilizadas na produção.

- **Reconhecimento de falhas em uma unidade/linha de produção.**

O ritmo, comparado com a produção real de uma unidade produtiva, pode ser utilizado para analisar a eficiência de uma unidade produtiva, o que permite identificar a necessidade de manutenções preventivas e treinamentos da equipes, entre outros.

2.2.3 Indicador de MTBF

O indicador de tempo médio entre falhas (em inglês, *Mean Time Between Failure* MTBF), é um indicador que evidencia a condição de um equipamento em executar suas tarefas e a eficiência dos trabalhos de manutenção preventiva. A equação do indicador é:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo Total} - \text{Tempo de Paradas}}{\text{Número de Paradas}}$$

Equação 2-3 – Equação do Indicador de MTBF

O indicador apresenta o tempo médio que o equipamento opera sem apresentar defeitos. Esta informação é de grande utilidade, principalmente para o planejamento de produção e para o planejamento das atividades de manutenção.

O valor do indicador de MTBF é essencial para definição de:

- **Planejamento da manutenção;**

O indicador pode ser utilizado para o planejamento da manutenção, evidenciando a necessidade de manutenções programadas e troca de peças em um determinado equipamento. Considerando que uma organização possui uma série de equipamentos disputando pelo tempo e trabalho da equipe de manutenção, o cálculo incorreto desse indicador pode direcionar os trabalhos da equipe de manutenção para um equipamento sem prioridade de intervenção.

- **Planejamento de projetos;**

A autorização para troca ou revitalização de um equipamento é influenciada por este indicador. Seu valor incorreto pode resultar em um investimento desnecessário, levando a troca de um equipamento que não era o menos eficiente em uma linha de produção.

2.2.4 Indicador de Sucata

O indicador de sucata representa a ineficiência de um processo produtivo em produzir determinado produto com a qualidade esperada. Apesar de não evidenciar diretamente o resultado financeiro da empresa, este indicador apresenta o resultado perdido pela empresa.

A equação do indicador é:

$$\text{Indicador de Sucata} = \text{Valor Total Produzido Reprovado na Qualidade}$$

Equação 2-4 – Equação do Indicador de Sucata

A maior dificuldade no cálculo deste indicador é que a produção e a análise da qualidade do produto muitas vezes são em momentos diferentes. A geração do produto e a certificação da qualidade do mesmo podem acontecer em momentos diferentes, o que aumenta a dificuldade em reunir informações para o cálculo para disponibilizar a informação de forma consistente.

O valor do indicador de sucata é essencial para definição de:

- **Planejamento de projetos;**

Da mesma forma que o indicador de MTBF a autorização para troca ou revitalização de um equipamento é influenciada por este indicador. Seu valor incorreto pode resultar em um investimento desnecessário, levando a trocar de um equipamento que não era o menos eficiente em uma linha de produção.

- **Análise da eficiência da produção;**

O indicador de sucata mostra a eficiência na produção, mostrando o valor perdido na produção de um lote de determinado produto. O cálculo incorreto do indicador pode gerar uma falsa impressão em relação a uma linha de produção.

- **Planejamento de treinamentos;**

A falha na produção de um produto com qualidade pode evidenciar uma necessidade de treinamento de equipe ou um rodízio de pessoal entre equipes, difundindo melhores práticas de trabalho. O cálculo incorreto do indicador pode gerar uma falsa impressão em relação a uma linha de produção.

2.3 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo possui o foco no estudo de indicadores que utilizam informações de sistemas PIMS, MES e ERP. Estes sistemas foram escolhidos devido ao seu nível de padronização em diversas organizações.

Cada sistema possui suas peculiaridades e o uso de suas informações de maneira indevida pode gerar erros nos indicadores calculados.

O capítulo descreve também os indicadores de produção, ritmo, MTBF e sucata. Para cada indicador foram apresentados exemplos de como a informação incorreta destes indicadores podem afetar na gestão da organização.

O próximo capítulo apresenta exemplos de cálculos de indicadores e as influências que poderão resultar em erro no valor calculado.

CAPÍTULO 3

3 Interferências no Cálculo de Indicadores

O cálculo do indicador envolve a coleta e a manipulação do dado, e os erros e interferências geradas nestas duas etapas impactam na qualidade da informação gerada. Este capítulo aborda algumas fontes de erro na coleta e manipulação das informações dos indicadores. Os dados apresentados são oriundos de processos reais e foram normalizados e descaracterizados para sua apresentação.

3.1 Formato

O dado pode ser armazenado em diversos formatos de acordo com a necessidade de detalhes e a capacidade do sistema que armazena a informação. O indicador é influenciado pelo formato dos dados utilizados para o seu cálculo. São exemplos de informações armazenadas em diferentes formatos:

- Períodos de tempo: um dado de período de tempo, como o período de 7200 segundos pode ser armazenado de diferentes maneiras:
 - 2 horas.
 - 120 minutos.
 - $7,2 \cdot 10^3$ segundos.
 - $8,3 \cdot 10^{-2}$ dias.
- Valores numéricos: um valor numérico pode ser armazenado em diferentes formatos, considerando uma medição de um instrumento, no valor de 450,36 g pode ser armazenada de diferentes maneiras:
 - 450,36 g.
 - 0,45 kg.
 - $0,4 \cdot 10^{-3}$ ton.

O formato define o nível de detalhe, de precisão da informação. Isto pode ser notado na perda de informação do exemplo anterior. Durante a manipulação das informações, o cruzamento ou comparação de informações em diferentes formatos pode gerar erro. O exemplo 2 mostra esse erro, no caso do cálculo do indicador de MTBF para uma linha de produção qualquer.

EXEMPLO 1 - Cálculo das paradas em minutos / Cálculo das paradas em segundos.

Uma empresa decide avaliar o impacto das paradas de um equipamento no processo produtivo. Para isso a empresa utiliza os dados de paradas no período de um mês para a avaliação do MTBF. Duas avaliações neste caso são possíveis:

- Coleta dos dados do instrumento.

Ao coletar diretamente do instrumento o valor da parada é exato. Um horímetro acumula o tempo funcionando do equipamento. Os dados para o cálculo do indicador podem ser obtidos diretamente da leitura do valor do horímetro por um sistema PIMS. Abaixo um exemplo de três paradas:

Tabela 3-1 – Eventos de parada

Evento	Data inicial	Data final	Duração
1	08:23:13	10:56:32	02:33:19
2	12:17:10	13:00:54	00:43:44
3	14:12:02	14:14:56	00:02:54

- Coleta utilizando de lógicas no sistema PIMS.

Caso não exista um horímetro disponível, uma lógica criada no sistema PIMS avalia a cada minuto o estado do equipamento. Os horários podem ser apontados em uma TAG ou um banco de dados. Abaixo o mesmo exemplo de três paradas, mas agora pela lógica no sistema PIMS:

Tabela 3-2 – Eventos de parada gerados no PIMS

Evento	Data inicial	Data final	Duração
1	08:23:00	10:57:00	02:34:00
2	12:18:00	13:01:00	00:43:00
3	14:13:00	14:15:00	00:02:00

A partir da análise destes eventos são apresentadas três conclusões:

- Comparando os dois primeiros eventos de cada caso verifica se que a diferença entre as duas formas de cálculo é muito pequena (0,5%). Se a análise fosse

baseada somente em paradas com longa duração, o formato de armazenamento da TAG pouco influência no cálculo do indicador de MTBF, mesmo no caso de muitas paradas.

- No segundo evento de cada caso, a duração da parada é menor, pode ser o caso de uma troca de turno ou uma troca de lote de produção. Neste caso a variação entre os períodos é de 1%, e a influência no MTBF é maior.
- No terceiro caso o evento é de curta duração, como por exemplo, um entupimento de linha. Neste caso a variação no MTBF é muito maior (45%). No caso de muitas paradas o impacto no MTBF pode ser relevante, impactando no valor calculado do indicador.

3.2 Disponibilidade de Coleta ou Amostragem

Amostragem define o período de coleta de uma determinada variável ou o intervalo entre a disponibilização de dois dados. A amostragem poderá impactar no cálculo do indicador das seguintes maneiras:

- Os dados utilizados para o cálculo do indicador, coletados de sistemas diferentes, podem apresentar datas de atualização diferentes, o que impacta no cálculo do indicador. Por exemplo, o indicador de produção deve considerar somente os produtos com qualidade, sendo que o dado que informa a qualidade do produto não está disponível no momento em que o dado de produção está disponível.
- Os dados com baixa taxa de amostragem permitem uma análise menos eficiente de um dado do processo. Ruído ou falha de coleta gera um impacto maior em informações coletadas com baixas taxas de amostragem, devido ao seu impacto no tratamento estatístico dos dados.
- Os dados com alta taxa de amostragem, principalmente quando coletados da instrumentação, acarretam em uma alta taxa de coleta de ruído, gerando a necessidade de tratamento estatístico prévio da massa de dados utilizada para o cálculo do indicador. Além disso a alta amostragem pode sobrecarregar o sistema fonte sem trazer ganhos para o indicador, caso o valor coletado não apresente variações.

O exemplo 2 mostra esse erro no cálculo do indicador de produção.

EXEMPLO 2 - Produção de um equipamento para acompanhamento de metas.

É comum a existência de indicadores de produção para que os operadores e equipes de produção acompanhem seu atendimento as metas da organização. O valor da produção é comparado a uma meta de produção, que é o valor planejado esperado para um determinado período de tempo.

Quanto menor o intervalo de tempo para atingir a meta, mais importante gerar a informação do indicador em tempo real. Considerando um turno de 8 horas, o gestor precisa do valor de produção atualizado para que compare com a meta de produção e realize os ajustes corretos na produção para alcançar com sucesso a meta esperada.

Imaginando os seguintes valores de produção, para um determinado turno com início as 01:00 e término às 08:00, onde a meta de produção é 10 toneladas:

Tabela 3-3 – Apontamentos de produção

Evento	Data Evento	Produção	% Meta alcançado
1	01:45	1200 kg	12%
2	02:05	1800 kg	30%
3	03:45	2000 kg	50%
4	05:45	2500 kg	75%
5	06:45	2000 kg	95%

Neste caso, as 06:45 o gestor e sua equipe já alcançaram 95% da meta e possuem 01:15 para completar os outros 5%. Os dados de produção são oriundos do PIMS, que coleta o dado da instrumentação em tempo real e fornece com uma alta taxa de amostragem. Agora é avaliada a mesma situação, mas com os dados de qualidade, oriundos do MES, que considera as informações do sistema PIMS e as relaciona com os dados recebidos de sistemas de qualidade.

Tabela 3-4 – Apontamentos de produção após validação de qualidade

Evento	Data Evento Produção	Produção	Data Evento Qualidade	Evento de Qualidade	%Real Meta alcançado
1	01:45	1200 kg	02:45	Aprovado	12%
2	02:05	1800 kg	03:05	Aprovado	30%
3	03:45	2000 kg	04:45	Aprovado	50%
4	05:45	2500 kg	06:45	Reprovado	50%
5	06:45	2000 kg	--	--	--

Neste caso, onde é avaliada a qualidade do lote, o gestor às 06:45 descobre que está a 50% de completar a meta do turno, restando apenas 1:15 para o término do mesmo. Apesar de um novo evento de produção gerar 2000kg as 06:45, este não pode ser considerado pois ainda não possui validação da qualidade. O erro ocorre devido à diferença de amostragem entre a ocorrência da produção e a validação da qualidade da produção.

3.3 Unidade de Engenharia

Unidade de engenharia gera erros principalmente na fase de criação do indicador, trazendo um custo maior no projeto de implantação do indicador. Este erro está relacionado a:

- Falta de conhecimento do processo.
- Falta de conhecimento das bases de dado.
- Falta de conhecimento do método de cálculo do indicador.
- Diferentes bases de dados, organizadas por diferentes equipes.

Caso algum indicador seja gerado e apresentado a organização com um erro em sua unidade de engenharia, a qualidade e a imagem do sistema de gestão serão impactadas, já que este erro é reconhecido pelos usuários que mais tem conhecimento do processo produtivo.

3.4 Origem

A origem do dado está relacionada à qual sistema é utilizado para a coleta dos dados. Quando o dado está disponível em mais de um sistema, não existe um sistema preferencial para coleta de dados para o cálculo do indicador.

Quando existem múltiplas bases de dados, deverá ser analisado qual é a melhor fonte para o cálculo do indicador. Normalmente ocorrem duas situações:

- Necessidade de coleta de informações com alta frequência de aquisição, onde a informação sobre o último dado coletado é mais importante do que a validação do dado.
- Necessidade de dado mais confiável, validado por operador ou analista, mesmo que seja em um sistema que disponibiliza a informação com menor frequência.

O exemplo 3 mostra esse erro, no caso do cálculo do indicador de ritmo.

EXEMPLO 3 - Cálculo do valor do ritmo.

O indicador de ritmo é utilizado como meta de produção, e usa dados de produção padrão e de tempo de produção padrão. Para a produção de um determinado tipo de produto o indicador de ritmo pode ser calculado em relação a um determinado equipamento ou linha de produção.

Para este indicador o cálculo pode ser executado coletando uma média histórica dos valores de produção do produto escolhido e os tempos de produção deste produto. Uma fonte de erro deste indicador está na base de dados utilizada.

- Caso se oriente a coleta dos dados em um sistema MES os dados possuirão maior confiabilidade, pois os dados de produção podem ser coletados de eventos que foram confirmados por um operador ou analista. Neste caso a falha ocorre quando são desconsiderados eventos válidos e não aprovados, devido a erros do sistema ou falta de aprovação pelo usuário.
- Caso se oriente a coleta dos dados para um sistema em tempo real como o PIMS, sem validação dos dados, o número de eventos coletados é muito maior, melhorando a média calculada. Porém neste caso os eventos de produção que

geraram produtos sem qualidade também serão considerados e o ruído relacionado aos dados coletados também afetará o resultado.

Os valores calculados para o indicador de ritmo podem ser armazenados em um sistema de mais alto nível, como o ERP, para facilitar o acesso aos valores posteriormente sem a necessidade de cálculo, permitindo uma velocidade maior na distribuição do dado.

3.5 Ruído

O ruído pode ser gerado em qualquer medição oriunda de instrumentos de campo. Esta interferência prejudica a leitura da variável. Um alto valor de ruído no momento de coleta da variável pode impactar diretamente no cálculo do indicador, prejudicando a análise do mesmo. Quando o cálculo do indicador depende de duas ou mais variáveis de campo, o efeito na análise se torna ainda maior.

O ruído pode se apresentar em diferentes etapas de medição:

- O próprio parâmetro a ser medido pode ser ruidoso, como exemplo, a medição de uma balança em uma correia transportadora.
- O instrumento adiciona ruído à medição, devido a interferências no sistema de medição e imperfeições no próprio sistema de medição.
- Durante a transmissão de dados, o sinal pode receber interferências que geram ruído.

Na indústria, soluções físicas podem ser utilizadas além das soluções numéricas de tratamento de dados. São citadas as seguintes soluções:

- Aterramento dos equipamentos.
- Proteção das ligações.
 - Blindagem.
 - Entrançamento.
- Filtragem.

O exemplo 4 mostra esse erro, no caso do cálculo do indicador de MTBF.

EXEMPLO 4 - Cálculo do valor do MTBF.

O valor do indicador de MTBF demanda o número de paradas do equipamento. Em alguns casos não é possível se obter diretamente de uma variável o estado atual do equipamento.

Sendo assim é feita uma análise em uma das variáveis do equipamento para se estimar se o equipamento está operando ou não.

O exemplo mostra uma correia transportadora. O estado de funcionamento do equipamento é estimado com base no valor de vazão medido em uma balança. Um valor acima de um valor limite define o estado funcionando, e o valor abaixo deste limite define o estado parado. Como existe ruído relacionado à medição, não se pode considerar somente o valor zero como indicativo do estado parado do equipamento.

Considera-se que a correia está operando se a balança mostra um valor superior a 50kg/h durante um tempo de 3 segundos. Esta lógica é desenvolvida no PIMS, ou em um sistema que coleta os dados do PIMS, e que posteriormente aponta o evento encontrado no sistema MES.

A curva mostra o valor da balança durante um período de 70 segundos.

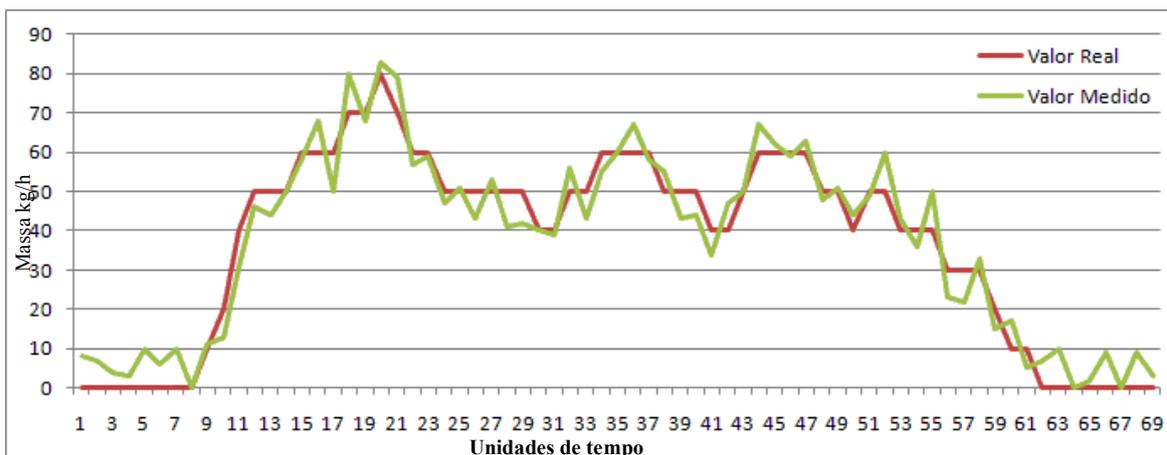


Figura 3-1 – Valor de massa real x Valor de massa medido

O dado real mostra um tempo parado de 25 segundos em um intervalo de 70 segundos.

O dado recebido no instrumento mostra um tempo parado de 37 segundos em um tempo de 70 segundos. O erro é de 12 segundos em um período analisado de 70 segundos. O erro representa 48% em relação à informação correta.

Um segundo exemplo relacionado a ruído é a existência de modificações bruscas nas medições, ocasionadas em falhas ou interferências no sistema de medição. O exemplo na Figura 3-2 mostra a vazão de medida na balança, com uma mudança brusca na medição, que afeta a lógica de paradas utilizada para o cálculo do indicador de MTBF.

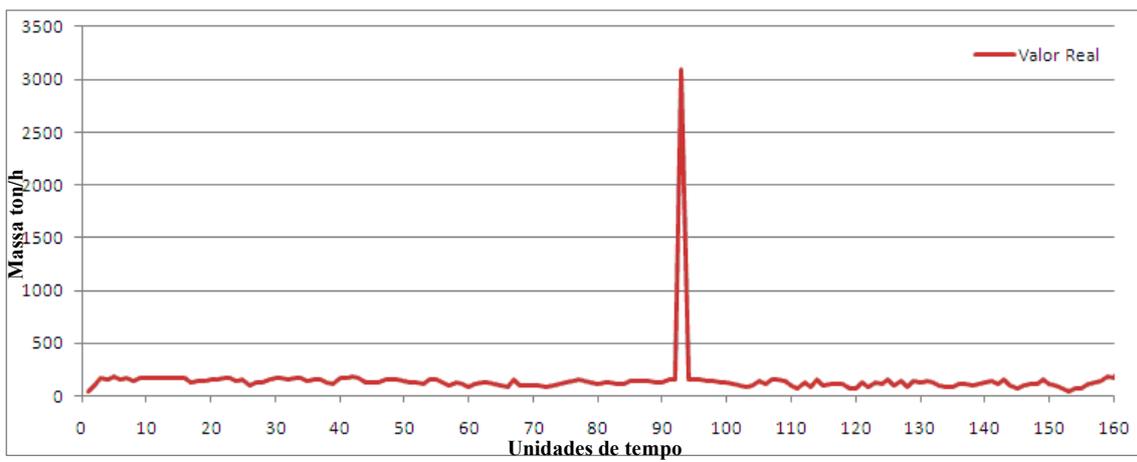


Figura 3-2 – Pico na medição da variável

3.6 Interferência Humana

A interferência humana se apresenta de diferentes formas:

- O atraso na validação de dados. Alguns sistemas de automação, apesar de gerar eventos e dados de forma automática, são construídos para exigir a validação dos dados gerados nos níveis de instrumentação por usuários, devido ao seu poder de análise e a sua capacidade de lidar com situações não determinadas. Porém o atraso gerado nesta validação de dados pode impactar na geração dos indicadores em tempo real.
- Alguns sistemas não possuem automação suficiente para gerar dados de forma automática, seja por falta de investimento, seja por falta de tecnologia. O cadastro manual de dados é a forma mais duvidosa de gerar dados, pois não possui confiabilidade e a taxa de arredondamento é alta. As informações geradas a partir destes dados possuem pouco grau de confiabilidade.

O exemplo 5 mostra esse erro, no caso do cálculo do indicador sucata.

EXEMPLO 5 - Totalização da sucata gerada em um turno de produção.

Neste caso o indicador de sucata é apresentado para o gestor para avaliar se alguma distorção está ocorrendo na produção. A tabela abaixo mostra uma falha na produção, ocorrida pelo uso de uma matéria prima fora da especificação.

Tabela 3-5 – Apontamentos de sucata sem interferência do usuário

Evento	Data Evento	Produção	Qualidade	Sucata	Sucata\Produção
1	01:45	1000 kg	02:45	5 kg	0,5%
2	02:05	2000 kg	03:05	20 kg	1%
3	03:45	2000 kg	04:45	20 kg	10%
4	05:45	2500 kg	06:45	42 kg	15%
5	06:45	2000 kg	07:45	40 kg	20%

Durante a produção lotes são avaliados e as peças não conformes com a especificação são desclassificadas. Durante este processo o responsável pela desclassificação do produto cadastra, manual ou automaticamente, quantas peças ele desclassifica em cada lote. As peças são enviadas ao setor de qualidade, que decide sobre a qualidade das peças. Finalizando a análise de qualidade o usuário entra no sistema MES e aponta a sucata gerada. Caso este apontamento ocorra durante o processo de fabricação das peças, o gestor pode verificar no meio do turno que algo no processo produtivo está errado na produção. No caso abaixo, devido ao atraso no do cadastro do usuário, o gestor só verifica o sintoma do erro no processo no final do turno.

Tabela 3-6 – Apontamentos de sucata com interferência do usuário

Evento	Data Evento	Produção	Qualidade	Sucata	Sucata\Produção
1	01:45	1000 kg	02:45	5 kg	0,5%
2	02:05	2000 kg	03:05	20 kg	1%
3	03:45	2000 kg	07:45	20 kg	10%
4	05:45	2500 kg	07:45	42 kg	15%
5	06:45	2000 kg	07:45	40 kg	20%

O exemplo mostrou o erro causado pelo atraso do usuário, apresentando seu impacto no cálculo do indicador. Não será discutida a entrada de dados incorreta do usuário já que o impacto de uma informação errada no cálculo de um indicador é evidente.

3.7 Propagação de erro

A propagação do erro é causada pela sobreposição do erro em diversas variáveis de um cálculo. O erro é gerado no cruzamento de informações, quando cada informação utilizada para o indicador possui o seu desvio do valor real.

O erro é calculado como a raiz do somatório dos quadrados das derivadas parciais de cada termo variável da equação multiplicada pelo erro da variável:

$$Erro = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial Z}{\partial x_i} \right)^2 * \sigma_i^2 \right)}$$

Equação 3-1 – Equação da propagação de erro.

Onde:

n = número de variáveis na equação do indicador.

Z = equação do indicador

$\frac{\partial Z}{\partial x_i}$ = derivada parcial em relação à variável i

σ_i = erro da variável i

A incerteza no valor gerado ocorre devido à incerteza do instrumento somada a incerteza do processo.

O exemplo 6 mostra esse erro, no caso do cálculo do indicador ritmo.

EXEMPLO 6 - Erro de medição na instrumentação afetando o ritmo.

O indicador de ritmo relaciona a informação de duas variáveis, a produção e o tempo de produção.

Considerando:

- Tempo de produção = 120 minutos com um desvio de 2 minutos.
- Valor de produção = 1200 toneladas com um desvio de 23 kg.

A equação do ritmo é:

$$\text{Indicador de Ritmo} = \frac{\text{Produção Padrão}}{\text{Tempo de Produção Padrão}}$$

Equação 3-2 – Equação do Indicador de Ritmo

O ritmo calculado é:

$$\text{Indicador de Ritmo} = \frac{1200 \text{ ton}}{2 \text{ h}} = 600 \text{ ton/h}$$

Equação 3-3 – Calculo do Ritmo

O valor do ritmo calculado é de 600 ton/h. Cálculo o erro em relação à variável de produção:

$$\text{Erro em relação ao produção} = \frac{\partial \text{ritmo}}{\partial \text{produção}} * \text{Desvio variável produção}$$

$$\text{Erro em relação ao produção} = \frac{\text{Desvio variavel produção}}{\text{Tempo de Produção Padrão}} = 11,5$$

Equação 3-4 – Erro em relação à produção

Cálculo do erro em relação ao erro na variável de tempo de produção padrão:

$$\text{Erro em relação ao produção} = \frac{\partial \text{ritmo}}{\partial \text{tempo}} * \text{Desvio variável tempo}$$

$$\text{Erro em relação ao produção} = \frac{- \text{Produção}}{(\text{tempo})^2} * \text{Desvio variável tempo} = 10$$

Equação 3-5 – Erro em relação ao tempo

Calculo do erro total para o indicado de ritmo:

$$\text{Erro Indicador de Ritmo} = \sqrt{\text{erro em relação a produção}^2 + \text{erro em relação ao tempo}^2}$$

$$\text{Erro Indicador de Ritmo} = \sqrt{11,5^2 + 10^2} = 15,24 \text{ ton/h}$$

Equação 3-6 – Erro do indicador de ritmo

O desvio representa 2,5% do valor calculado do ritmo, sendo que o desvio para a produção e para o tempo representava 1,9% e 1,6%, respectivamente. É notável a propagação do erro, uma vez que a interação das variáveis aumenta o erro da variável final.

3.8 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo mostra como o erro influencia no cálculo do indicador. Os exemplos mostram valores reais, coletados de diferentes processos produtivos. O erro no valor gerado do indicador prejudica seu uso e deve ser tratado.

O capítulo mostra uma série de ferramentas e metodologias utilizadas para minimizar ou identificar os erros gerados.

CAPÍTULO 4

4 Métodos Para Tratamento de Dados

Os métodos de tratamentos de dados são utilizados para reduzir o efeito dos erros dos dados utilizados no cálculo de indicadores. Este capítulo mostra exemplos de tratamentos de dados utilizados para reduzir o impacto do erro no valor calculado do indicador.

4.1 Decimação

A decimação é a redução da frequência de coleta de dados por uma coleta a uma frequência menor. A decimação melhora o desempenho na interpolação quando usada para padronizar a taxa de amostragem nas variáveis utilizadas no cálculo do indicador, além de reduzir a quantidade de dados que o sistema usa no cálculo do indicador, tornando procedimento de calculo do indicador mais rápido.

Esta metodologia é útil e pode ser aplicada no tratamento de dados de indicadores que utilizam informações de diferentes fontes de dados, com diferentes taxas de amostragem, como mostrado no exemplo *produção de um equipamento para acompanhamento de metas*, onde duas variáveis são utilizadas para o cálculo do indicador. Neste exemplo uma das variáveis possui amostragem, ou disponibiliza os dados em uma frequência menor.

A realização da decimação das variáveis com maior frequência de disponibilização de dados, unificando a taxa de amostragem de todas as variáveis utilizadas no cálculo do indicador, gera uma informação mais confiável. Para o cálculo do indicador de produção considerando a qualidade, a produção será coletada sempre que a informação de qualidade estiver disponível, e o indicador será disponibilizado com a frequência de disponibilização da variável com menor frequência de geração de dados, neste caso, os dados de qualidade.

No caso específico mostrado, caso o gestor necessite da informação da produção com mais rapidez, sem a necessidade de validação da qualidade do produto, é aconselhável gerar um indicador alternativo, como uma produção bruta, por exemplo. Os dois indicadores possuem valor para análise do processo produtivo: o indicador de produção,

que mostra os produtos gerados com qualidade, e a produção bruta, que mostra o que foi produzido, sem a validação da qualidade.

4.2 Filtragem não linear

A filtragem é a remoção de dados que ultrapassam um determinado limite, eliminando os dados acima ou abaixo de um valor determinado. É uma ferramenta de simples utilização, que é capaz de remover dados não representativos de uma determinada medição.

O filtro é usado para remover variações bruscas de uma variável, que mostram interferências no sistema de medição, da coleta da variável ou de anomalias do processo e que não acrescentam informações aos indicadores calculados.

No exemplo mostrado no *Cálculo do valor do MTBF* um filtro pode ser utilizado para atenuar a existência de modificações bruscas na variável de interesse, como mostrado na Figura 4-1 e na Figura 4-2.

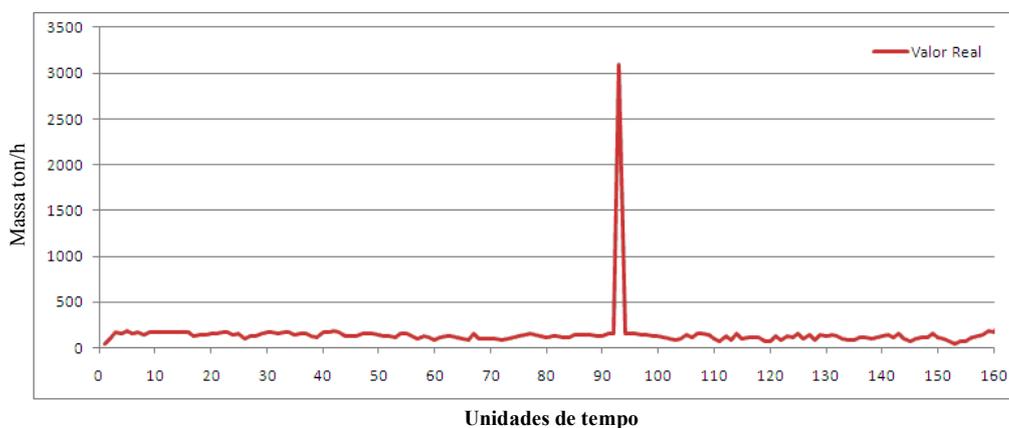


Figura 4-1 – Massa de dados sem utilização de filtro

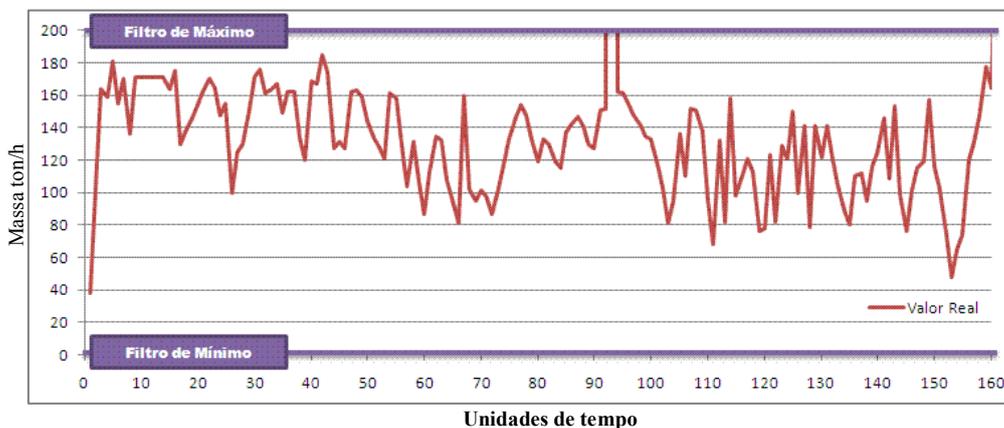


Figura 4-2 – Massa de dados com utilização de filtro

O valor máximo e o valor mínimo esperado para uma variável pode ser utilizada para a criação de filtros para expurgar os valores incorretos.

O filtro pode ser utilizado também para retirar uma parte do dado. No exemplo *Cálculo das paradas em minutos / Cálculo das paradas em segundos* um filtro pode ser utilizado para retirar a parte dos segundos do apontamento. Feito isso para todos os equipamentos é possível garantir que os indicadores que utilizam períodos de tempo estarão padronizados, e os sistemas que só podem gerar intervalos em minutos estarão igualados aos sistemas que geram períodos em segundos.

O filtro deve ser aplicado somente durante a manipulação da variável, e não durante sua coleta. Aplicar o filtro durante a coleta e armazenamento do dado oculta os ruídos da variável e pode esconder anomalias reais ocorridas no processo.

4.3 Estudo da Propagação de Erro

A propagação de erro ocorre no cálculo do indicador, devido à influência do erro de cada dado utilizado no cálculo do indicador no valor final do indicador. O erro de cada variável utilizada impacta no valor final calculado.

Na criação do indicador deve se realizar um estudo do erro propagado para mostrar ao gestor a precisão do indicador. Isto afeta diretamente a confiabilidade do indicador e pode afetar as decisões do gestor. Um erro esperado muito alto pode até influenciar na decisão de abortar a criação do indicador, já que o valor calculado pode não ser útil o suficiente para que compensar o custo de implantação do mesmo.

4.4 Métodos Estatísticos

Os métodos estatísticos são utilizados para tratar a massa dados disponíveis, gerando uma segunda massa de dados mais confiável. Estes métodos matemáticos são utilizados também para estimar valores não disponíveis no momento do cálculo do indicador.

Serão apresentados neste trabalho os seguintes métodos.

- Média móvel;
- Interpolação de dados.

4.4.1 Média Móvel

Considerando o exemplo do *cálculo do valor do MTBF*, o método estatístico de cálculo da média móvel pode atenuar o ruído da variável utilizada para o cálculo do indicador. Desta forma melhora-se a relação sinal-ruído.

A média móvel consiste em gerar uma média dos últimos eventos registrados da variável, considerando o valor corrente, impedindo variações bruscas na variável.

Uma das equações que podem ser usadas para o cálculo da média móvel é:

$$\text{Média Móvel Aritmética} = \frac{x_0 + \dots + x_{n-2} + x_{n-1} + x_{\text{atual}(n)}}{n}$$

Equação 4-1 – Média móvel aritmética.

Onde n é o número de eventos passados utilizados na média. O x_0 representa o primeiro valor passado a ser considerado na média enquanto o x_{atual} representa o último valor recebido, ou o valor corrente. O efeito da média móvel é impactado pelo valor de n escolhido, que representa o intervalo a ser considerado na média:

- Um intervalo longo suaviza os ruídos e mudanças bruscas da variável. Os últimos valores coletados da variável pouco influenciam no valor calculado.
- Intervalo curto pode não ser tão eficiente na suavização das mudanças bruscas da variável, mas é eficiente para mostrar a mudança no comportamento recente da mesma.

O que define um intervalo(n) é extenso ou curto é o comportamento da variável. Uma variável com mudanças bruscas e frequentes precisa de um valor de n maior do que variáveis com comportamento mais uniforme para que a ferramenta de média móvel apresente resultados.

A média móvel deve ser aplicada nas variáveis utilizadas no cálculo do indicador. As figuras Figura 4-3 e Figura 4-4 mostram a vazão de material em um equipamento com ruído e seu comportamento antes e depois da aplicação da média móvel.

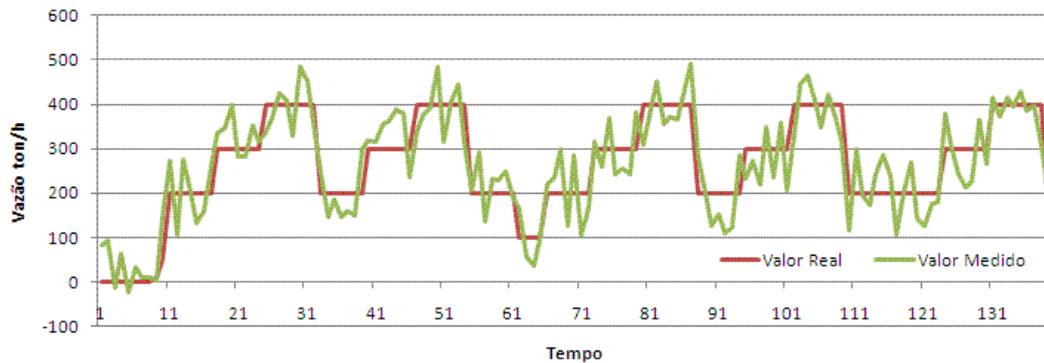


Figura 4-3 – Variável sem o tratamento dos dados utilizando média móvel.

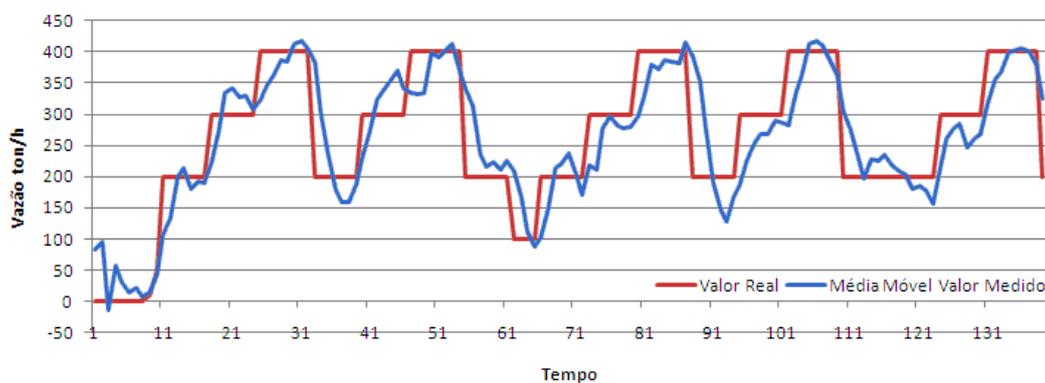


Figura 4-4 – Variável com o tratamento dos dados utilizando média móvel.

4.4.2 Interpolação de dados

A interpolação de dados é utilizada para obter valores não disponíveis com valores disponíveis. Os métodos de interpolação são diversos, e se baseiam em encontrar uma curva que melhor se adapte aos dados disponíveis. A curva definida e utilizada para encontrar os valores de interesse. Dentre os métodos cita-se:

- Interpolação linear: consiste em aproximar os dados disponíveis a uma função linear.
- Interpolação polinomial: consiste em aproximar os dados disponíveis a um polinômio.

Utilizando o indicador de ritmo, considerando o cálculo do ritmo padrão para produção de um novo produto, os valores esperados de ritmo podem ser encontrados com base na interpolação de valores de ritmo para produtos com especificação e processo de produção similar. A Tabela 4-1 mostra os valores disponíveis e o valor de interesse.

Tabela 4-1 – Valores de ritmo em relação à especificação do produto

Evento	Especificação do produto	Ritmo
1	10 mm	?
2	9 mm	50 ton/h
3	8 mm	90 ton/h
4	7 mm	110 ton/h
5	6 mm	120 ton/h
6	5 mm	160 ton/h

A interpolação linear para os dados encontra o seguinte valor:

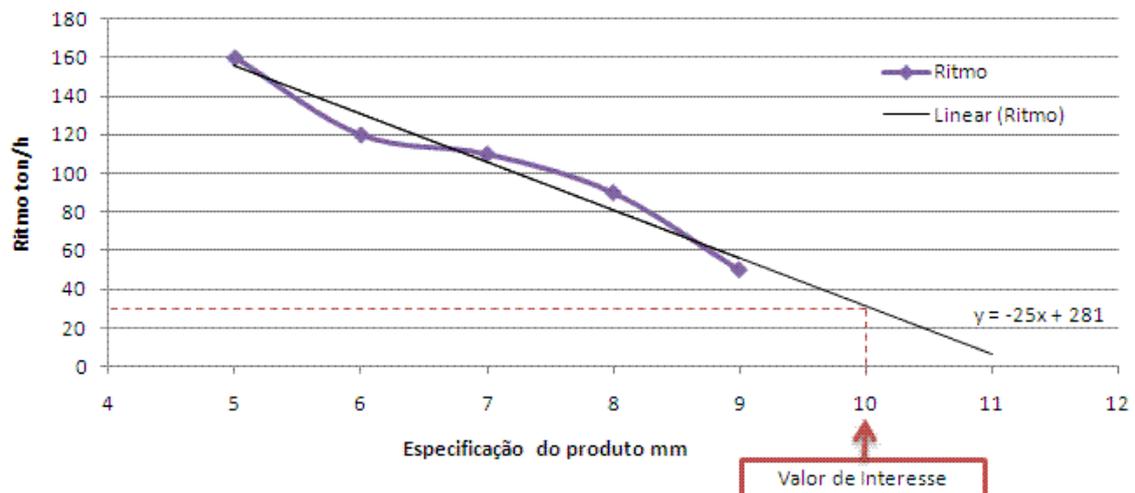


Figura 4-5 – Interpolação Linear.

A interpolação resulta na equação:

$$Ritmo = -25 (x) + 281$$

Equação 4-2 – Curva utilizando a interpolação linear.

Onde x é a especificação do produto, neste caso, a espessura. O valor de ritmo estimado para espessura de 10 mm é 31 ton/h.

Considerando uma interpolação exponencial.

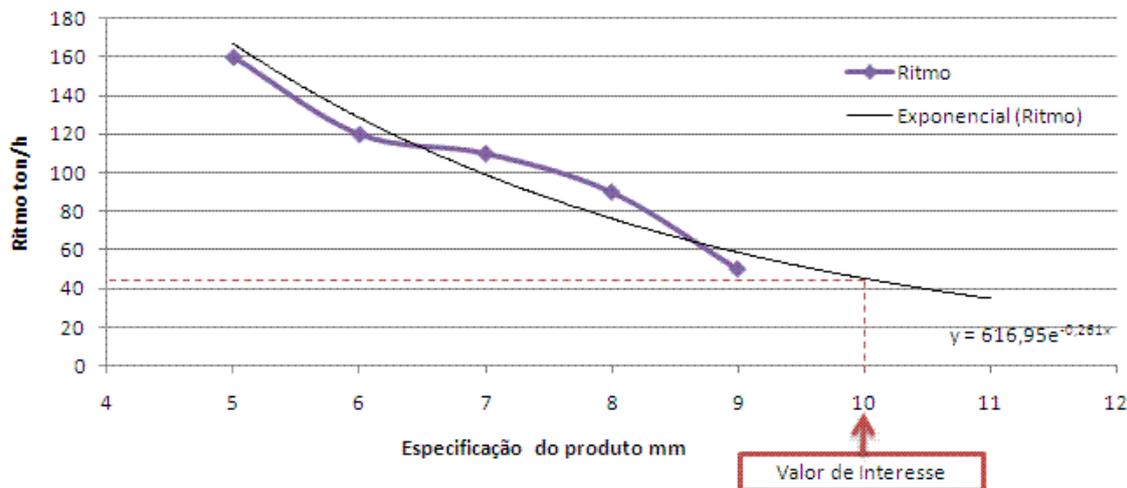


Figura 4-6 – Interpolação Exponencial.

$$Ritmo = 619,95 * e^{-0,261x}$$

Equação 4-3 – Curva utilizando a interpolação exponencial.

Onde x é a especificação do produto, neste caso, a espessura. O valor de ritmo estimado para espessura de 10 mm é 45,6 ton/h.

É necessário cuidado no uso de interpolações, pois elas podem resultar em valores fisicamente impossíveis. No exemplo da interpolação linear a especificação de 12 mm resulta em -19 ton/h. Com o cuidado devido, a interpolação é uma ferramenta poderosa para obter valores de indicadores estimados quando as variáveis para o cálculo não estão disponíveis.

4.5 Considerações sobre o capítulo

O capítulo mostra algumas ferramentas que são utilizadas para o tratamento dos dados utilizados para o cálculo de indicadores. O uso correto das metodologias apresentadas aumenta a confiabilidade do indicador, aumentando sua usabilidade.

A necessidade do uso destas ferramentas deve ser identificada durante a criação do indicador.

CAPÍTULO 5

5 Metodologia de criação de indicadores

O uso de indicadores é uma ferramenta importante no gerenciamento do processo produtivo e das tarefas administrativas de uma determinada organização. Para garantir a qualidade do indicador é essencial garantir que determinados procedimentos durante a fase de criação do indicador sejam executados.

A partir da experiência com o cálculo de indicadores para gestão e considerando as questões relacionadas ao tratamento de dados envolvidos neste cálculo propõe-se uma metodologia para a criação de indicadores.

A metodologia proposta considera a existência de cinco etapas essenciais à geração de uma informação mais confiável:

- Definição da demanda da informação.
- Escolha da base de dados.
- Forma de coleta e armazenamento das bases de dados.
- Cálculo do indicador.
- Estimação do erro agregado do indicador.

Apresenta-se uma discussão de cada uma destas etapas, que devem ser executadas na sequência proposta para aumentar a qualidade da informação gerada.

5.1 Metodologia proposta

5.1.1 FASE 1 – Demanda de informação.

O nascimento do indicador surge com a demanda de informação. O gestor ou usuário que demanda a informação deve registrar o seu interesse na informação. Neste momento é importante identificar quem será responsável pela aprovação da regra de cálculo do indicador e da aprovação da base de dados. Na fase de identificação da demanda da informação é definido:

- A motivação do indicador.
- Os usuários da informação.
- O responsável pela aprovação da regra de cálculo e da base de dados.

5.1.2 FASE 2 – Escolha das bases de dados.

A escolha da base de dados afeta a confiabilidade e a taxa de atualização do indicador. Os indicadores calculados em bases de dados de historiadores possuem alta taxa de atualização, podendo gerar indicadores em tempo real, mas a falta de validação destes dados aumenta a suscetibilidade do indicador a erros relacionados com as informações utilizadas para o seu cálculo.

A escolha de bases de dados com validação de informação, como sistemas de gerenciamento da produção, aumenta a confiabilidade da informação gerada, mas limita a atualização do valor do indicador.

A base de dados também possibilita o mapeamento dos erros que podem influenciar o indicador. Indicadores de sistemas MES podem apresentar falhas na geração de dados manuais dos usuários, enquanto sistemas PIMS acumulam ruídos gerados na instrumentação, por exemplo.

Nesta fase também deve ser definida a taxa de atualização do indicador, que deve ser gerada a partir da taxa de atualização da informação utilizada. Devem ser levantados também os erros relacionados a cada fonte de dado.

Na fase de escolha da base de dados é definido:

- A base de dados.
- Taxa máxima de atualização possível para o indicador.
- Taxa de amostragem da informação utilizada.
- Levantamento inicial de erros relacionados as fontes de dados.

5.1.3 FASE 3 – Coleta e armazenamento das informações.

A forma de coleta dos dados e a periodicidade definem a taxa de atualização possível para o cálculo do indicador. Nos indicadores mais complexos é recomendado o armazenamento das informações geradas em uma base de dados. Isso evita que a mesma informação seja gerada varias vezes, diminuindo o processamento necessário para o cálculo do indicador.

Na fase de definição de forma de coleta e armazenamento das informações do indicador é definido:

- Forma de acesso a base de dados.
- Taxa de coleta da informação.
- Local de armazenamento da informação do gerada pelo indicador.

5.1.4 FASE 4 – Cálculo do indicador.

É a fase mais importante do levantamento, mostrando como os dados das diferentes bases de dados são reunidos para geração de uma informação útil e com maior valor agregado. Com base na taxa de atualização das variáveis utilizadas e da taxa de coleta destas informações, nesta fase é definida a taxa de atualização do indicador.

Na fase de definição do cálculo do indicador é definido:

- Forma de cálculo do indicador.
- Variáveis usadas no cálculo do indicador.
- Taxa de atualização do indicador.

5.1.5 FASE 5 – Estimação do erro do indicador.

Após definida a base de dados onde os dados serão originados, a forma de coleta do indicador e a sua forma de cálculo, é possível estimar o erro no cálculo do indicador. O erro do indicador é tão importante quanto à informação gerada, pois permite o usuário da informação definir o grau de confiabilidade que deve ser dada para a informação.

O erro apresenta também a necessidade de melhorias nos sistemas de automação e informação da organização, para aumentar o grau de confiabilidade da informação.

Na fase de estimação do erro do indicador é definido:

- Os erros relacionados às bases de dados.
- Os erros relacionados aos dados coletados.
- Outros erros que possam impactar na informação gerada pelo indicador.

5.2 Exemplo de folha de levantamento de dados.

Uma folha de dados simplificada pode ser gerada para garantir que todo o procedimento foi utilizado durante a criação de um indicador. A folha de dados gera também um registro de todas as informações utilizadas no indicador. A Tabela 5-1 mostra um exemplo de folha de dados para a criação de um indicador.

Tabela 5-1 – Folha de dados para criação de um indicador

Folha de levantamento de dados do indicador			
Nome do indicador			
Descrição			
Usuários			
Base de dados do indicador			
Sistema fonte		Taxa de atualização	Responsável
Forma de acesso		Taxa de coleta	
Sistema fonte		Taxa de atualização	Responsável
Forma de acesso		Taxa de coleta	
Sistema fonte		Taxa de atualização	Responsável
Forma de acesso		Taxa de coleta	
Armazenamento do indicador			
Local			
Período			
Cálculo do indicador			
Equação do indicador			
Variável		Sistema fonte	
Descrição			
Variável		Sistema fonte	
Descrição			
Variável		Sistema fonte	
Descrição			
Erro relacionado			
Erro		Variável	
Descrição			
Erro previsto			
Erro		Variável	
Descrição			
Erro previsto			
Erro total previsto			
Aprovação			
Aprovador:		Assinatura:	

5.3 Considerações Finais

Este capítulo apresenta uma metodologia para a criação de indicadores. O procedimento reúne todas as informações necessárias para o cálculo do indicador, além de garantir que alguns dos itens geradores de erros no cálculo serão identificados.

É essencial que todo processo seja documentado, o que garante a rastreabilidade e padronização do processo de criação do indicador. O investimento de tempo e recurso neste processo é compensado pela diminuição no processo de validação do indicador e na redução do erro agregado a informação gerada.

CAPÍTULO 6

6 Sugestão de trabalhos futuros

Esta seção apresenta uma sugestão de trabalho futuro envolvendo o tratamento de dados em sistemas de automação para cálculo de indicadores.

6.1 Avaliação de resultados de indicadores.

O indicador sempre estará sujeito a erros que podem prejudicar a sua análise. Uma forma de reduzir este impacto do erro agregado ao indicador é sinalizar para o usuário da informação o erro agregado, preferencialmente de maneira quantitativa.

Uma série de ferramentas numéricas pode estimar quantitativamente o erro de determinado indicador com base em eventos passados. Estas ferramentas auxiliam na estimação de erros de indicadores onde todas as fontes de erro não podem ser mapeadas. A validação do valor gerado pelo indicador permite informar ao usuário se a informação gerada é confiável.

Considerando a validação de informações, cita-se um exemplo de sucesso no uso de redes neurais na validação de informações geradas. Este exemplo é o uso de redes neurais por companhias de cartões de crédito. Durante o ato de pagamento da compra, uma rede avalia o valor da compra, o estabelecimento e o horário, entre outras informações e avalia se o último evento de compra de um determinado usuário pode ser considerado um evento normal em relação ao seu histórico de compras. Em caso contrário o sistema envia um alerta para um analista decidir qual ação deve realizar, podendo gerar um contato com o usuário do cartão ou até mesmo impedir a compra. Isso permite encontrar possíveis fraudes, além direcionar o trabalho de confirmação de compras do usuário [10].

Um trabalho futuro pode avaliar a metodologia e o custo de se implantar sistemas semelhantes nas ferramentas utilizadas para o cálculo dos indicadores. Estes sistemas poderiam ser utilizados para avaliar os valores calculados de um indicador. O trabalho deverá avaliar a eficiência destes sistemas em avaliar quantitativamente as informações geradas. O trabalho também verificaria se é possível avaliar se determinado valor calculado deve ser considerado suspeito ou até mesmo desconsiderado.

CAPÍTULO 7

7 Conclusão

O resultado esperado com o trabalho foi alcançado, mostrando as principais falhas no cálculo de indicadores com informações oriundas de sistemas de automação e algumas das ferramentas numéricas disponíveis para a minimização destas falhas.

O trabalho apresentou as principais fontes de dados disponíveis nos ambientes de automação para o cálculo de indicadores e as peculiaridades de cada uma.

O trabalho mostrou como o erro no cálculo do indicador pode impactar diretamente no resultado das decisões baseadas no indicador. Foram citados exemplos de como o uso de ferramentas estatísticas e metodologias de tratamento de dados mostram efeitos positivos na redução do erro no cálculo dos indicadores.

O trabalho finaliza com uma metodologia de criação de indicadores, mostrando uma série de itens e processos que devem ser verificados durante a criação de um indicador. Durante a criação do indicador a definição da base de dados, da frequência de coleta dos dados utilizados no cálculo, da equação de cálculo do indicador e a estimação do erro do indicador aumentam a confiabilidade do valor gerado.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *The Benefits of MES: A Report from the field*. MESA INTERNATIONAL - White Paper Number 1. Publicado em 1997.
- [2] *MESA International*. www.mesa.org. Acessado pela última vez em julho de 2011.
- [3] *MES Explained: A High Level Vision*. MESA INTERNATIONAL - White Paper number 6. Publicado em 1997.
- [4] *IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada* - www.ipea.gov.br/portal/ - Visitado em junho de 2011.
- [5] *SAP* - www.sap.com - Visitado em junho de 2011.
- [6] *Oracle* - www.oracle.com - Visitado em junho de 2011.
- [7] GOMES, Renata. FERREIRA, Marilene. *Implantação de Sistemas ERP: Tecnologia e pessoas na implantação do SAP R/3*. Revista de Gestão da Tecnologia e Sistema de Informação, Vol.3, No. 3,2007, p 315 -330.
- [8] NICOLAOU, Andreas. BHATTACHARYA, Somnath. *Organizational perfomance effects of ERP system usage: The impacto of post-implementation changes*. International Journal of Accounting System 2006.
- [9] OLIVEIRA, Míriam. FORMOSO, Carlos T. LANTELME, Elvira. *Indicadores: Busca da Qualidade na Construção Civil*. 19o ENANPAD, v. 7, p. 65-82, 1995.
- [10] MORAIS, José Jassuipe. *A tecnologia da Informação na Contabilidade – IX Convenção de Contabilidade do Rio Grande do Sul – 13 a 15 de agosto de 2003 – Gramado – RS*.
- [11] Kenneth C. Laudon & Jane P. Laudon - *Sistemas de Informações Gerenciais* - Pearson - 2007.
- [12] CHAGAS, Ana Maria. SALIM, Celso. SERVO, Luciana. *Saúde e Segurança no Trabalho no Brasil: Aspectos Institucionais, Sistemas de Informação e Indicadores – Brasília - 2011*