

**Análise da integridade de dados para construção de kpi's na produção:
estudo de caso em uma empresa de mineração****Analysis of integrity of data for construction kpi's in production: a case
study in a mining company**

DOI:10.34117/bjdv5n8-075

Recebimento dos originais: 14/07/2019

Aceitação para publicação: 22/08/2019

Laura de Campos Schröder

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: laura.campos.schroder@gmail.com

Marcos Augusto Mendes MarquesDoutor em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná
(UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: marquesammarcos@gmail.com

Wiliam de Assis Silva

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: wiliamdeassis@gmail.com

Nicolle Christine Sotsek Ramos

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: nicollesotsek@yahoo.com.br

Robson Seleme

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR
CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011
E-mail: robsonseleme@hotmail.com

Fabiano Oscar Drozda

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR
CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011
E-mail: fabiano.drozda@gmail.com

Andreia de Castro e Silva

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR
CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011
E-mail: andreiacsilva@gmail.com

RESUMO

O presente estudo propôs uma análise de dados de produção de uma grande empresa de mineração do Brasil, o objetivo é demonstrar por meio de ferramentas estatísticas que os dados inseridos manualmente em sistemas de produção alteram significativamente resultados de KPI's da organização, e conseqüentemente, afetam decisões estratégicas tomadas com base nesses indicadores. Para tanto, efetuou-se um estudo estatístico, a fim de analisar duas amostras de dados que contém KPI's calculados para equipamentos móveis. Uma das amostras com informações inseridas manualmente pelo operador e outra com dados de um computador de bordo, recentemente instalado nos equipamentos móveis da mina. Pelas análises exploratórias e pelo teste de hipótese para diferença entre duas médias populacionais para dados pareados (*Pared T*), feito com o *software Minitab*, notaram-se diferenças estatisticamente significativas entre as amostras. O resultado, portanto, comprovou de maneira satisfatória a pergunta e a hipótese de pesquisa feita pelos autores no presente estudo, em que a inserção de dados de forma manual têm integridade questionável, pela quantidade de erros em que está sujeito o processo de obtenção e armazenamento dos dados. Desta forma, o estudo pretende salientar a importância da gestão de informação dentro de companhias e a relevância da integridade de dados críticos para cálculos de indicadores-chaves das empresas.

Palavras-Chave: Sistema de indicadores; avaliação de desempenho; KPIs; sistema de gestão integrados.

ABSTRACT

This study proposed an analysis of production data from a large mining company in Brazil, the objective is to demonstrate through statistical tools that the data entered manually in production systems significantly change results of the organization's KPIs, and consequently

affect strategic decisions taken based on these indicators. For this, a statistical study was performed to analyze two data samples containing KPIs calculated for mobile equipment. One of the samples with information entered manually by the operator and another with data from an on-board computer recently installed in the mobile equipment of the mine. By the exploratory analysis and by the hypothesis test for difference between two population means for paired data (Pared T), made with Minitab software, have been notice statistical significative differences between samples. The result, therefore, proved in a satisfactory way the question and the hypothesis of research done by the authors in the present study, in which the manual inputs have questionable integrity, by the amount of errors in which the data acquisition and storage process is subject. In this way, the study aims to highlight the importance of information management within companies, and the relevance of critical data integrity to calculations of key business indicators.

Keywords: System of indicators; performance evaluation; KPIs; integrated management system.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico promove uma grande massa de dados, disponíveis em diversas áreas dentro das indústrias. A gestão dessas informações organizacionais sempre foi um desafio, com isso o mercado internacional criou algumas ferramentas que possibilitam uma organização melhor de dados, e os sistemas de gestão integrada, conhecidos também como ERP (Enterprise Resource Planning). Esta integração, feita por meio dos programas ERPs, advém de dados de atividades de diversas áreas da empresa: vendas, finanças, estoque, compras, recursos humanos, produção e logística (VILELA, 2002).

“O ERP é um sistema integrado, que possibilita um fluxo de informações único, contínuo e consistente por toda a empresa sob uma única base de dados. É um instrumento para a melhoria de processos de negócio, tais como produção, compras ou distribuição, orientado por estes processos e não as funções/departamentos da empresa, com informações on-line e em tempo real. Possui uma arquitetura aberta, a qual viabiliza operar com diversos sistemas operacionais, banco de dados e plataformas de hardware. Desta forma, o ERP permite visualizar por completo as transações efetuadas pela empresa, desenhando um amplo cenário de seus processos de negócios” (STANFORD, 2000).

Os sistemas de ERP são criados para atender diversos segmentos do mercado, possuindo uma estrutura bastante generalista. Porém, os negócios na parte produtiva possuem muitas particularidades. Nestes casos, as empresas recorrem então aos sistemas especialistas em seu processo produtivo para alimentar o sistema de gestão integrado da organização (BARRELLA, 2000).

Dentro dos sistemas especialistas existem formas de se obter dados, podendo ser manual - com digitações de informações colhidas em processos produtivos - ou dados obtidos por sistemas automáticos, ainda mais especializados em alguma gestão interna.

As inúmeras fontes de obtenção de dados, juntamente com a enorme quantidade de informações geradas e armazenadas, criam para a empresa uma complexidade enorme para gerenciamento dos dados. Isto implica na criação de silos de informações, nos quais os dados são redundantemente armazenados, gerenciados e processados, ou seja, as informações podem possuir inconsistências nos seus formatos e valores. Tudo isso, aumenta o risco de má qualidade das informações geradas e, conseqüentemente, das análises feitas com base nestes números (MXM, 2017).

As informações, bem como a maneira como estas são tratadas é uma das principais formas de sobrevivência de uma organização (MOLINA, 2010). A gerência das informações possibilita a implementação de indicadores-chave de performance (KPIs) da empresa, que são a base para tomadas de decisões estratégicas de uma organização. Os KPIs representam um conjunto de medidas centradas nos aspectos de desempenho organizacional que são os mais críticos para o atual e futuro sucesso da organização (PARMENTER, 2007). Estes indicadores-chave, são justamente o resumo da análise das informações que as empresas dispõem e com isso, é possível afirmar que a confiança dos dados pode e deve ser replicada aos indicadores produzidos com eles.

Com a base de dados oferecida pela empresa, pretende-se comparar duas amostras de dados de produção, uma colhida manualmente e outra colhida a partir de um sistema especialista que realiza input de informações via telemetria na operação. Esta comparação objetiva responder a hipótese de pesquisa, com base em estudos estatísticos, de que dados inseridos manualmente possuem grande probabilidade de erro. Sejam eles devido à manipulação excessiva dos dados, a problemas de digitação, ou até mesmo na fonte de obtenção do dado. A importância deste estudo deve-se ao fato que erros cometidos durante o input dos dados, influenciam de maneira direta a criação e posterior análise de indicadores-chaves da empresa, podendo ter conseqüências catastróficas na gestão estratégica da empresa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico tem como objetivo trazer um breve resumo dos principais tópicos abordados no presente estudo, dando embasamento para a discussão estatística e dos critérios utilizados para os cálculos de indicadores de desempenho chave da empresa.

2.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva é um conjunto de informações calculadas com o objetivo de sintetizar algumas informações relevantes do conjunto de dados sem distorção ou perda de informações (HUOT, 2002).

As medidas que se classificam como descritivas são: as medidas de posição, que está dividida entre tendência central e separatrizes e medidas de dispersão (MORAIS, 2002).

2.1.1 Medidas De Tendência Central

Estas medidas levam este nome, pois indicam um ponto no qual tende a ser o centro dos demais dados. (GUEDES, 2015). As principais medidas de tendência central e utilizadas no presente estudo são as medidas: média aritmética, mediana e moda.

2.1.2 Medidas Separatrizes

As medidas separatrizes são aquelas em que os dados são colocados em ordem crescente de valores, e separados em quartis, decis e percentis. Isto representa uma separação em quatro, dez e cem partes iguais, respectivamente. No presente estudo foi utilizada a análise por quartis, e a interpretação é a verificação da posição dos dados de acordo com os percentuais representados por 25% o Q1, 50% o Q2 e 75% o Q3. O segundo quartil, desta forma, representa a mediana do conjunto de dados (BUSSAB e MORETTIN, 2009).

2.1.3 Medidas De Dispersão

As medidas de dispersão são uma análise complementar à média, uma vez que avaliam seu grau de representatividade. Isso ocorre pois representam o quanto os dados são semelhantes, e o quanto se distanciam do valor central (DUARTE, 2013). Estas medidas são calculadas pela amplitude total, em que considera os máximos e mínimos, o desvio médio, a variância e o desvio padrão.

2.2 TESTE DE HIPÓTESE

Um teste de hipótese é uma análise estatística que fornece evidências de uma amostra e produz ferramentas que possibilitam rejeitar ou aceitar uma hipótese estatística. (ZIBETTI, 2016).

Uma hipótese estatística “são suposições que se faz, acerca dos parâmetros de uma população, ao tentar a tomada de decisões” (MARQUES e MARQUES, 2009).

São definidas, então, duas hipóteses, a H_0 , conhecida como hipótese nula, que será a hipótese a ser testada. E a hipótese alternativa, H_1 , que é uma hipótese diferente da nula. No presente estudo H_0 será a hipótese em que não há diferença estatisticamente significativa entre as médias das medições manuais e pelo computador de bordo. E H_1 será a hipótese, aonde, caso confirmada, as médias apresentam uma diferença significativa.

Existem dois tipos de erros inerentes a um teste de hipótese, são eles os erros do tipo I e do tipo II.

Segundo Marques e Marques (2009) estes dois tipos de erros podem ser definidos da seguinte forma:

- Erro tipo I: é o erro cometido ao rejeitarmos a hipótese nula, sendo ela verdadeira;
- Erro tipo II: é o erro cometido ao aceitarmos a hipótese nula, sendo ela falsa.

2.3 AMOSTRAS PAREADAS

Amostras pareadas são amostras que possuem uma dependência entre elas. “Num estudo pareado, temos duas amostras, mas cada observação da primeira amostra é pareada com uma observação da segunda amostra. Tal delineamento ocorre, por exemplo, num estudo de medidas feitas antes e depois no mesmo indivíduo ou num estudo de gêmeos (em que cada conjunto de gêmeos forma um dado pareado)” (SHIMAKURA, 2005).

No presente estudo, as amostras obtidas, foram para produções e ocorrências iguais, porém uma medida via métodos manuais e outra via dispositivos de computador de bordo. O que as torna amostras pareadas, pois uma medida depende da outra.

2.4 TESTE DE HIPÓTESE PARA DIFERENÇA ENTRE DUAS MÉDIAS POPULACIONAIS μ_1 E μ_2 PARA DADOS PAREADOS

O teste de hipótese para diferença entre duas médias populacionais para dados pareados é baseado na distribuição de probabilidade t de Student. Esse teste de hipótese testa se a média das diferenças entre observações independentes ou pareadas é igual a um valor alvo. As hipóteses do teste são dadas pelas equações 1 e 2 quando se quer verificar a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias, em relação a um valor alvo d_0 .

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0 \quad (1)$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq d_0 \quad (2)$$

A determinação da região de rejeição da hipótese nula (H_0) é dada pela distribuição t de Student com $\nu = n - 1$ graus de liberdade. Conforme Marques e Marques (2009), a estatística do teste é dada pela equação 3.

$$t = \frac{\bar{d} - d_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (3)$$

Onde: $s = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$; $\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n}$; $d_i = x_{1i} - x_{2i}$ a diferença entre os valores das amostras pareadas.

No uso de softwares, a aceitação ou rejeição da hipótese nula (1), se faz pela comparação entre o p-valor fornecido pelo programa com o nível de significância previamente definido.

A aceitação ou rejeição de H_0 se efetua da seguinte forma:

- Se p-valor > nível de significância, aceita-se a hipótese H_0 ;
- Se p-valor < nível de significância, rejeita-se a hipótese H_0 (Implica em aceitar a hipótese H_1).

O nível de significância é a probabilidade percentual de cometer o erro do tipo I.

2.5 KPIS ORGANIZACIONAIS

A sigla KPI significa Key Performance Indicators, o que significa que são os indicadores-chaves de uma organização. Esses indicadores, segundo o David Parmenter (2007) são os indicadores que representam aquilo que deve ser feito para aumentar drasticamente o desempenho de uma organização. Segundo o mesmo autor, em seu livro Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs, deve-se cuidar para não os confundir com KRI (Key result indicators) e com os PIs (Performance indicators), o primeiro deles revela o que você tem feito e o segundo, expressa o que você deve fazer.

Os KPIs podem ser a combinação de mais de um indicador, e normalmente, representam os aspectos de desempenho mais críticos de uma organização. Para tanto, eles não seguem um padrão universal, ou seja, as empresas instituem seus próprios KPIs e métodos de cálculos de acordo com sua necessidade.

2.5.1 KPI: Utilização

Este indicador-chave tem como objetivo analisar o tempo em que o equipamento móvel está efetivamente em produção. Este KPI é, portanto, uma análise percentual de tempo em produção sobre um período delimitado (RACIA, 2016).

Na definição do período é comum que o mercado faça análise da utilização no dia. Porém, devido a decisões estratégicas, pode-se analisar dentro de um turno, mês ou ano.

A utilização do equipamento, está ligada ao tempo em que o equipamento esteve efetivamente em produção, portanto não são levadas em consideração as paradas operacionais e paradas para refeições.

2.5.2 KPI: Disponibilidade Mecânica

De acordo com Moura (2017) a disponibilidade do equipamento móvel está ligada a taxa de tempo em que o equipamento não está tendo intervenções mecânicas. Ou seja, esta taxa refere-se ao tempo que o equipamento está disponível para a produção, caso necessário.

Para a definição deste KPI, é importante delimitar quais tipos de intervenções mecânicas serão levadas em consideração: as manutenções corretivas somente ou também as preventivas.

2.5.3 KPI: Produtividade

Este indicador-chave talvez seja o mais difundido e utilizado em análises de produção. A produtividade é a razão entre a quantidade produzida e o recurso utilizado (MARTINS, 2011).

Este indicador pode apresentar variações de acordo com o tipo de equipamento móvel utilizado para a pesquisa. No caso da mineração em lavras à céu aberto, os equipamentos móveis mais utilizados são os caminhões para o transporte, as perfuratrizes para auxiliar no desmonte, e as carregadeiras e escavadeiras para a remoção dos desmontes feitos. A produtividade nos caminhões, escavadeira e carregadeiras são medidos em toneladas por hora. Já para as perfuratrizes, a produtividade é por metro perfurado por hora, visto que não há uma produção em tonelada.

2.6 INTEGRIDADE E DISPONIBILIDADE DE DADOS

A integridade de dados neste estudo pretende determinar se o dado inserido manualmente no sistema serve, de acordo com avaliações, para a finalidade que se propõem: gerar KPIs e indicadores de produção. Muitos processos operacionais são estimados, levando em consideração dados disponíveis na organização. Além disso, os relatórios, indicadores e KPIs

têm qualidade determinada pela forma como os dados são inseridos, armazenados e gerenciados. (MXM Sistemas, 2017).

3. METODOLOGIA

Os métodos utilizados serão descritos nos itens a seguir, visando demonstrar como foi feito o presente estudo e o que baseou os resultados e conclusões apresentados.

3.1 ANÁLISE DE DADOS

O estudo foi desenvolvido com base na análise da confiabilidade de dados de um banco de dados, com informações colhidas na produção de calcário em uma empresa de mineração brasileira. Para fazer uma análise da comparação de fontes dos dados dentro da empresa, escolheu-se fazer a análise em apenas uma unidade de extração de minério da empresa.

As buscas pelos dados efetuaram-se em duas etapas. A primeira etapa corresponde aos dados obtidos no sistema oficial da empresa, onde são inseridos de forma manual por digitadores da mineração. Este sistema possui informações diárias de cada equipamento obtidos da seguinte forma: para cada equipamento na operação, existe um formulário preenchido manualmente pelo operador. Neste formulário existem algumas informações importantes, como o código da atividade que está sendo realizada, a hora de início e fim de cada atividade, o horímetro do equipamento, o nome e matrícula do operador, e o turno que está realizando o preenchimento. Estes formulários são recolhidos no fim do dia, e são enviados ao departamento administrativo da operação, que realiza a digitação da informação no sistema de produção da empresa. Utilizaram-se os dados referentes às horas apontadas, divididas em horas produtivas, horas de apoio, paradas operacionais e de manutenção.

Na segunda etapa, instalou-se um dispositivo de controle de frota de equipamentos móveis. Estes dispositivos permitem um apontamento de horas trabalhadas, horas em manutenção e horas em produção via cercas eletrônicas.

As informações de horas apontadas são utilizadas para o cálculo da disponibilidade física de equipamentos, utilização dos equipamentos e desempenho operacional. Estes três KPIs são os mais importantes de gestão de frota na mineração, e retratam o desempenho de equipamentos dentro do processo produtivo como um todo.

As informações colhidas em ambos os métodos, dados imputados manualmente, e os relatórios dos dispositivos do computador de bordo, referem-se aos mesmos dias de produção.

A escolha da mina, operação de extração de calcário, foi devido à quantidade de dados disponíveis para análise.

Na operação os equipamentos normalmente são operados pelos mesmos funcionários no mesmo horário do dia. Para evitar que a comparação seja enviesada, escolheu-se quatro diferentes tipos de equipamentos. De forma que é possível generalizar possíveis diferenças entre os dados, já que são feitos por quatro diferentes operadores por turno.

3.2 TRATAMENTO DOS DADOS

Obtiveram-se os dados via banco de dados dos sistemas especialistas, as duas amostras necessitaram de tratamentos pelo fato de não seguirem o mesmo padrão de armazenamento de dados. As amostras colhidas em ambos os sistemas foram colhidas entre as datas 1 de janeiro de 2019 à 22 de março de 2019, neste período o computador de bordo estava em teste piloto e funcionava paralelamente com a obtenção manual de dados padrão da empresa. Isto resultou em uma amostra de 80 medições por KPI por equipamento.

Para as observações das horas do computador de bordo, foi necessário um cálculo predecessor aos cálculos de KPI. O sistema controla os equipamentos via telemetria, e por meio da criação de cercas eletrônicas no sistema, foi possível determinar as horas de entrada e saída da oficina mecânica da operação para definir o tempo em manutenção, fazendo a diferença entre a hora que saiu da cerca e a hora da entrada. A cerca foi criada também no local de extração de minério da operação, para definir as horas em produção e apoio. Para diferenciar as horas trabalhadas, foi o utilizado o tempo que o equipamento estava ligado e com a rotação maior que zero.

Após a obtenção dos dados de horas em manutenção pelo computador de bordo, foi necessário inserir as observações das duas amostras obtidas em uma mesma planilha no software Microsoft Excel para facilitar a visualização das informações e os cálculos dos KPIs feitos posteriormente. Assim, determinaram-se colunas de horas produtivas e horas em manutenção para ambos os métodos de medição. Também se colheram informações de cadastros de produção real diária e de horas programadas de produção, sendo usados para os cálculos de KPIs de ambas as amostras.

Para o cálculo dos indicadores-chaves, foi preciso transformar as informações de horas de ambas as amostras, em números decimais, a fim de facilitar e padronizar os cálculos.

É importante ressaltar que a amostra é o conjunto de KPIs calculados diariamente por equipamento em uma determinada janela de tempo, no qual há mais de um equipamento no

dia. Ou seja, para cada amostra de cada KPI, tem-se quatro equipamentos diferentes a serem comparados.

3.3 CÁLCULOS DOS KPIS

Utilizaram-se três KPIs da empresa que forneceu os dados para o presente estudo: A utilização, a disponibilidade e a produtividade de equipamentos móveis, e as equações utilizadas para os cálculos são dadas pelas equações 4, 5 e 6.

$$\textit{Utilização} = \frac{\textit{Horas Trabalhadas}}{\textit{Horas Programadas}} \quad (4)$$

$$\textit{Disponibilidade} = \frac{\textit{Horas Calendário} - \textit{Hora em manutenção}}{\textit{Horas Calendário}} \quad (5)$$

$$\textit{Produtividade} = \frac{\textit{Produção do equipamento}}{\textit{Horas em produção}} \quad (6)$$

A empresa que concedeu os dados para o presente estudo, considera horas trabalhadas como horas com o motor ligado realizando atividades de produção e ou apoio à produção. As horas programadas são a soma das horas dos turnos previstos para o período analisado.

Na disponibilidade a companhia determina como regra para o cálculo todas as intervenções mecânicas realizadas no dia. As horas calendário são iguais ao número de dias analisados vezes vinte e quatro horas. Inclui também em hora de manutenção, aquelas horas em que o equipamento aguarda na oficina para reparos.

Para o cálculo do KPI de produtividade é levado em consideração apenas as horas em que o equipamento está realizando atividades produtivas.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas do presente estudo, que fornecerão as bases das discussões e conclusões da qualidade dos dados inseridos no sistema de produção, foram feitas com o software Minitab.

Nas análises estatísticas feitas considerou-se que se tratam de amostras pareadas, ou seja, dependentes entre si. Primeiro realizaram-se análises descritivas do conjunto de dados, e utilizando o mesmo software efetuou-se o teste de hipótese para diferença das médias para dados pareados (emparelhados) para análise posterior.

No presente estudo foi determinado e fixado em 0,05, ou seja 5% de probabilidade de cometer o erro de rejeitar a hipótese nula, mesmo ela sendo verdadeira. Se o presente estudo, obtiver um p – valor,

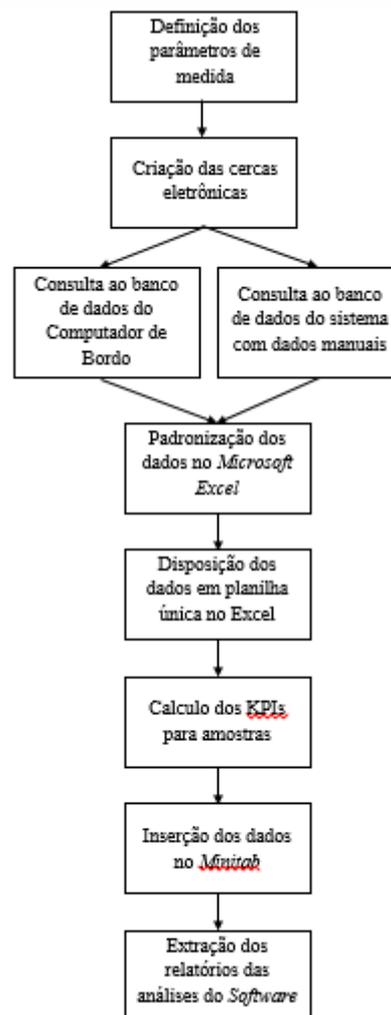
maior que 5 %, rejeita-se a hipótese nula. Isso representa, que há diferença estatisticamente significativa entre as amostras selecionadas.

No presente estudo os testes são voltados para entender se há diferença significativa entre as medições colhidas via computador de bordo e os dados colhidos manualmente e verificar, caso haja esta diferença, qual o impacto desta diferença na tomada de decisões estratégicas da empresa.

3.5 RESUMO DA METODOLOGIA

Na figura 1, está ilustrada, de forma resumida, o esquema da metodologia aplicada nos presente estudo pelos autores do artigo.

Figura 1 – Esquema representativo da metodologia



Fonte: Os autores (2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizou-se uma análise exploratória, na qual a observação das medidas de dispersão e de medidas centrais possibilitam as primeiras suposições de diferenças entre as entradas de dados utilizadas para os cálculos dos KPIs. As tabelas estão divididas por KPIs, a tabela 1 representa os resultados dos cálculos de utilização, a 2 de produtividade e a tabela 3 de disponibilidade. Cada uma das linhas representa os resultados de uma amostra, manual ou colhida pelo computador de bordo de um equipamento.

Tabela 1 - Análise Descritiva dos dados KPI de Utilização

Equip.	Variável	Média	DesvPad	Mín	Q1	Mediana	Q3	Máx
0	Manual	0,4937	0,4392	0	0,0099	0,5307	0,9439	1,694
	Comp de Bordo	0,4168	0,4432	0	0	0,1856	0,8909	1,1136
1	Manual	0,4065	0,4501	0	0	0,3052	0,7361	1,8327
	Comp de Bordo	0,5337	0,4696	0	0	0,5943	0,9479	2,2117
2	Manual	0,5937	0,4082	0	0,0776	0,7637	0,9059	1,7259
	Comp de Bordo	0,5341	0,4226	0	0	0,6941	0,8983	1,6746
3	Manual	0,5271	0,3677	0	0,1632	0,5582	0,8284	1,3565
	Comp de Bordo	0,4739	0,3771	0	0	0,5345	0,7832	1,1058

Fonte: Adaptado do software Minitab (2019)

Tabela 2 - Análise Descritiva dos dados KPI de Produtividade

Equip.	Variável	Média	DesvPad	Mín	Q1	Mediana	Q3	Máx
0	Manual	0,8305	0,3513	0	1	1	1	1
	Comp de Bordo	0,9225	0,1788	0,3554	0,9792	1	1	1
1	Manual	0,9231	0,254	0	1	1	1	1
	Comp de Bordo	0,9951	0,0282	0,7604	1	1	1	1
2	Manual	0,8851	0,2378	0	0,8958	1	1	1
	Comp de Bordo	0,9439	0,1225	0,3554	0,9517	1	1	1
3	Manual	0,9351	0,2317	0	1	1	1	1
	Comp de Bordo	0,9407	0,1505	0,3554	0,9792	1	1	1

Fonte: Adaptado do software Minitab (2019)

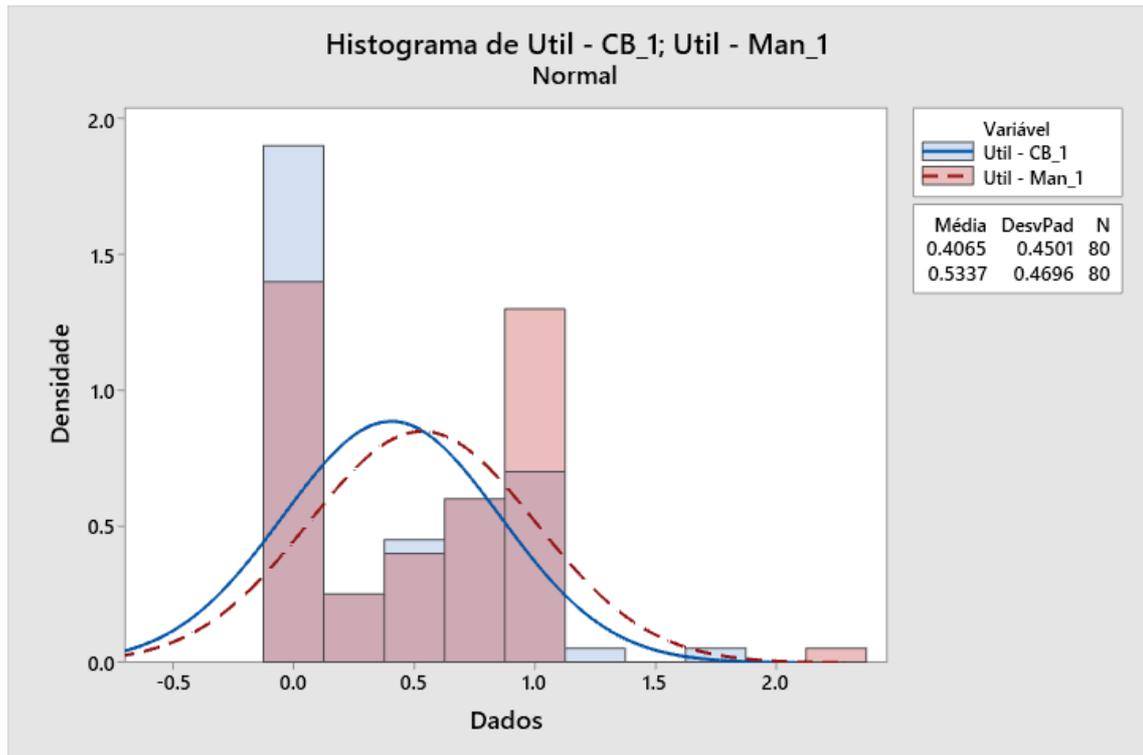
Tabela 1 - Análise Descritiva dos dados KPI de Disponibilidade

Equip.	Variável	Média	DesvPad	Mín	Q1	Mediana	Q3	Máx
0	Manual	116,5	162,5	0	0	0	193,9	780,2
	Comp de Bordo	125,1	165,8	0	0	37,2	207,9	879,3
1	Manual	157,6	173	0	0	150,8	270,1	688,5
	Comp de Bordo	112	163,4	0	0	0	257	601,6
2	Manual	93,6	89,8	0	0	91,8	142	420,1
	Comp de Bordo	93,1	79,36	0	0	102,08	136,91	332,15
3	Manual	18,14	14,21	0	0	20,81	28,1	69,22
	Comp de Bordo	22,28	29,07	0	6,82	21,86	27,97	245,99

Fonte: Adaptado do *software Minitab* (2019)

Comparando as médias dos KPIs de utilização, disponíveis na tabela 1, para os mesmos equipamentos, há sempre uma diferença entre os calculados com computador de bordo e com dados manuais. Porém, calculando a diferença entre as médias do computador de bordo e manual no equipamento 1, é possível verificar um resultado de 0,1272, ou seja, quando medido pelo computador de bordo a utilização do equipamento é em média 12,72% mais baixa quando medida com dados inseridos manualmente. Entretanto, para o mesmo equipamento, é possível notar que o desvio padrão não tem uma diferença tão representativa, sendo ela de 0,0195. Isso significa que elas se comportam de forma semelhante em torno da média, ou seja, as dispersões não são tão relevantes, conforme se pode notar no histograma na figura 2.

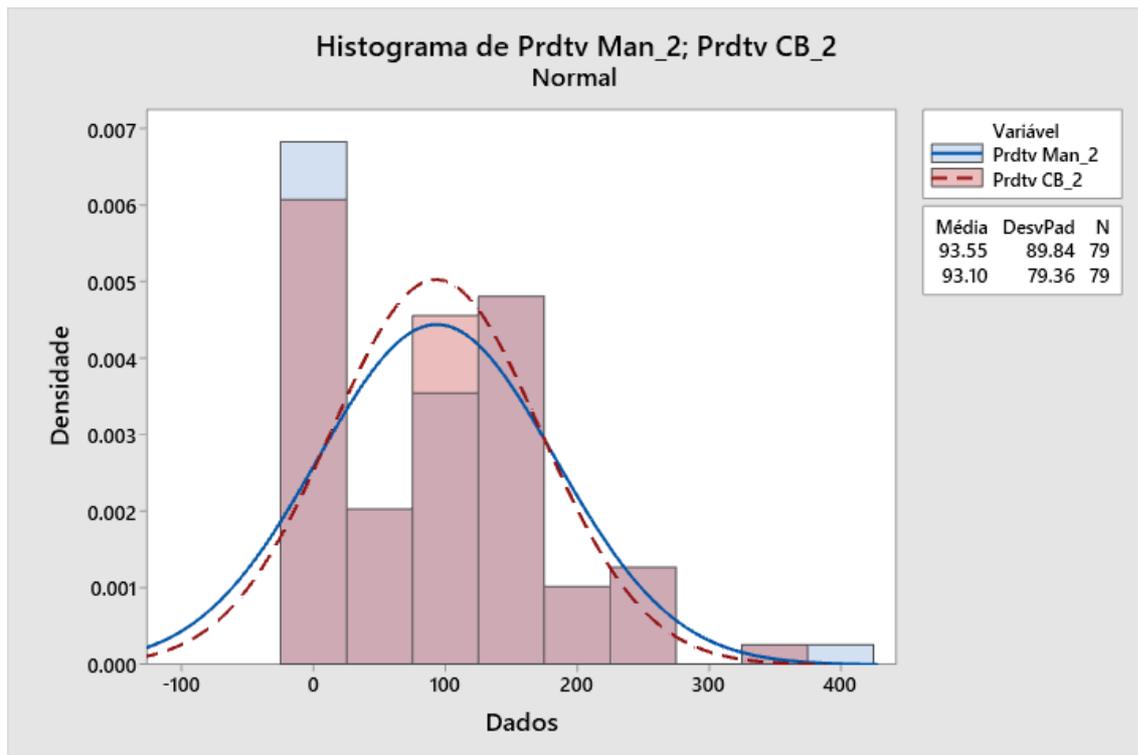
Figura 2 - Histograma Utilização Equip 1



Fonte: Os autores (2019).

Essa mesma análise pode ser ampliada para os demais KPIs, cujas diferenças de médias também podem ser notadas. Na produtividade, porém, há uma maior diferença nos desvios padrões do que nas médias, conforme ilustrado na figura 3 referente ao equipamento de número 2. Isso é demonstrado pela figura 3, onde a distribuição do computador de bordo é mais delgada que a distribuição manual. Porém é possível notar que não há um deslocamento de média visível.

Figura 3 - Histograma Produtividade Equipamento 2



Fonte: Software Minitab (2019).

Esta análise do KPI de produtividade pode indicar que os apontadores, na média, tentam igualar os KPIs com os dados apontados pelo computador de bordo, mas ocorrem apontamentos muito irregulares no período analisado. Isso sugere uma criticidade alta, pois pode indicar uma incoerência significativa nos dados dos apontamentos diários.

Para verificação efetiva destas diferenças, realizou-se o teste de hipótese para diferenças de médias para dados pareados, aplicando-se o teste para cada equipamento e para cada KPI analisado. De forma a verificar diariamente e individualmente as influências da obtenção de dados nos resultados de cada equipamento. Os resultados do teste, realizados no software Minitab, forneceu os resultados explicitados na tabela 4.

É possível notar que a diferença esperada não ocorre sempre e, que dentro da amostra escolhida, as influências nos KPIs foram notadas em oito, das doze amostras testadas. Duas, das quatro amostras que não apresentaram diferença, estão ligadas ao equipamento três, o que pode significar que o processo de obtenção de dados neste equipamento não é crítico como nos demais analisados. As amostras que apresentaram diferença significativa estão em negrito na tabela com os resultados.

Tabela 4 - Resultado da análise Pared T

KPI_Equip	Média	DesvPad	IC	Valor-T	Valor-p
Util	0,0769	0,2258	(0,0267;0,1272)	3,05	0,003
Disp	-0,092	0,2539	(-0,1485;-0,0355)	-3,24	0,002
Prdtv	8,5	125,8	(-19,5;36,5)	0,61	0,547
Util_1	-0,1271	0,4451	(-0,2262;0,0281)	-2,55	0,013
Disp_1	-0,072	0,2563	(-0,1291;-0,0150)	-2,51	0,014
Prdtv_1	-45,6	116,9	(-71,6;-19,6)	-3,49	0,001
Util_2	0,0589	0,1994	(0,0145;0,1032)	2,64	0,01
Disp_2	-0,058	0,20151	(-0,1036;0,0123)	-2,53	0,013
Prdtv_2	-0,45	35,54	(-8,36;7,46)	-0,11	0,91
Util_3	0,0526	0,1619	(0,0166;0,0886)	2,91	0,005
Disp_3	-0,0056	0,1219	(-0,0327;0,0216)	-0,41	0,684
Prdtv_3	4,08	28,94	(-2,36;10,53)	1,26	0,211

Fonte: Adaptado do *software Minitab* (2019)

5. CONCLUSÃO

O presente estudo propôs responder que a hipótese de pesquisa, com base em estudos estatísticos, de que dados inseridos manualmente possuem grande probabilidade de erro e que este erro se propaga nos cálculos de KPIs gerados com estes dados. Com base nos dados apresentados na tabela 4, é possível afirmar que há diferença significativa em oitos das doze amostras colhidas.

Os dados levantados pelos KPIs utilizados no presente estudo, geram um panorama do funcionamento das operações e uso dos equipamentos na produção das minas em que estão alocados. Este panorama é levado em consideração para a tomada de decisões estratégicas importantes, como: troca de equipamentos de acordo com sua disponibilidade; aumento de quantidade de turnos na operação de acordo com a produtividade; e compra de novos equipamentos para aumento de frota, de acordo com dados de utilização. Ou seja, influenciam em tomadas de decisões que envolvem grande uso de recursos financeiros. Erros, portanto, se propagam dos KPIs para a aplicação de investimentos na operação.

Neste estudo é possível observar que, ainda que não seja absolutamente crítico para todas as amostras. Na maioria dos equipamentos e KPIs, há uma diferença relevante entre os dados. O que demonstra uma inconsistência na confiabilidade e integridade dos dados quando inseridos manualmente, podendo gerar distorções nas análises via KPIs gerados com estes dados de produção.

Desta forma, é possível concluir que a empresa, devam gastar mais tempo e recursos, garantindo a qualidade de dados reportados em sistemas de controle de produção, pois isso evita a propagação de erros estratégicos, e pode dar um diferencial competitivo forte à empresa, visto que sua gerência pode ser muito mais efetiva.

O estudo presente possui uma visão crítica sobre a importância da gestão de informações, dando ênfase aos problemas gerados quando um conjunto de dados possui mais de uma fonte. Sugere-se também, que na medida do possível, erradique ou diminua sensivelmente a inserção manual de números críticos para criação de indicadores-chave de desempenho, visto que o mesmo pode ter diversas fontes de erro.

Além disso, a empresa deveria fazer um levantamento para definir os todos os dados críticos, utilizados nos cálculos de KPIs, para desenvolver formas de controlar a qualidade destes dados e estabelecer métodos rígidos de captação dos mesmos. Visando aplicar ferramentas automáticas, semelhantes ao computador de bordo, para medições mais precisas e diminuir de maneira constante a obtenção manual de dados de produção.

REFERÊNCIAS

BARRELLA, W.D. Sistemas especialistas modulados e abrangentes para a gestão de operações. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-29032001-213036/publico/tdew.pdf>>. Acesso em: 05 mai 2019.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística básica. 6ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

DUARTE, M. Medidas de dispersão. Info Escola, 2013. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/estatistica/medidas-de-dispersao/>>. Acesso em: 20 abril. 2019.

GUEDES, T. A. Aprender Fazendo Estatística. Escola de artes, ciências e humanidades Universidade de São Paulo, 2015 Disponível em: <

http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_etal_Estatistica_Descritiva.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

HUOT, R. Métodos quantitativos para as ciências humanas. Lisboa, Instituto Piaget, 2002.

MARTINS, P. G.; LAUGENI. F. P. Administração da Produção. São Paulo, Saraiva, 5ª Ed., 2005.

MARQUES, J.M.; MARQUES, M. A.M. Estatística Básica para os Cursos de Engenharia, Curitiba: Domínio do Saber, 2009.

MOLINA, L. G. Tecnologia de informação e comunicação para gestão da informação e do conhecimento: proposta de uma estrutura tecnológica aplicada aos portais corporativos. In: VALENTIM, Marta (Org.). Gestão, mediação e uso da informação. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. p. 143-167.

MORAIS, C. Descrição, análise e interpretação de informação quantitativa. Bragança, 2002.

MOURA, A. A. Disponibilidade e utilização – Como você esta usando seus ativos? Gestão de produção com Alexandre, 2017. Disponível em: <<http://www.gestaoproducaocomalexandro.com/disponibilidade-e-utilizacao/>>. Acesso em: 16 abril 2019.