

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Pietro Maxwell Teixeira

**ANÁLISE DE NÍVEL SIGMA PELO SOFTWARE MINITAB FAZENDO
USO DAS ETAPAS DEFINIR, MEDIR E ANALISAR DA FERRAMENTA
DMAIC EM UMA EMPRESA DO RAMO METALOMECÂNICO**

**Santa Maria, RS
2019**

Pietro Maxwell Teixeira

**ANÁLISE DE NÍVEL SIGMA PELO SOFTWARE MINITAB FAZENDO USO DAS
ETAPAS DEFINIR, MEDIR E ANALISAR DA FERRAMENTA DMAIC EM UMA
EMPRESA DO RAMO METALOMECÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção, da Universidade Federal de
Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Me. Márcio Burger Mansilha

Santa Maria, RS
2019

RESUMO

ANÁLISE DE NÍVEL SIGMA PELO SOFTWARE MINITAB FAZENDO USO DAS ETAPAS DEFINIR, MEDIR E ANALISAR DA FERRAMENTA DMAIC EM UMA EMPRESA DO RAMO METALOMECÂNICO

AUTOR: Pietro Maxwell Teixeira

ORIENTADOR: Márcio Burger Mansilha

O método Seis Sigma é uma estratégia de gestão a qual permite o aprimoramento dos processos que, fazendo uso de medições e análises estatísticas, possibilita alavancar tanto a qualidade dos processos quanto a lucratividade da empresa. O presente trabalho busca analisar o nível sigma de microempresa situada na região central de Santa Maria-RS fazendo uso da metodologia Seis Sigma. A motivação inicial foi apresentar aos proprietários da empresa a metodologia seis sigma e gerar o questionamento: qual seria o nível do processo atual da empresa e, se as peças acabadas estão atendendo as especificações determinadas pelo cliente? Assim, o objetivo é elucidar aos proprietários o nível de conformidade dos produtos, o nível sigma do processo e, se necessário, a proposta de melhorias. Desta maneira, o projeto seguiu as três primeiras etapas do DMAIC (definir, medir, analisar) com o objetivo de descobrir o nível sigma da empresa e se os produtos estão atendendo as especificações do cliente, e com isto sugerir melhorias junto ao chefe de produção. Não se utilizou as etapas implementar e controlar de lado pelo fato de a implantação e controle não serem o foco do trabalho e, também, em razão do tempo e da necessidade de mais recursos para serem devidamente aplicados. O trabalho usou ferramentas utilizadas na metodologia seis sigma e de análise estatística, como o fluxograma SIPOC (supplier, inputs, process, outputs, customer), análise de repetibilidade e reprodutibilidade de dados, amplitude das medições, gráficos de normalidade dos dados coletados e, nível sigma do processo, todos analisado com o auxílio do software estatístico Minitab. Por consequente, foi descoberto nível sigma de 0,83 da empresa e 13 peças fora das conformidades especificadas pelo cliente, o que ocasionaria grande transtorno tanto para a empresa quanto para o cliente, mas já obtendo resultados positivos pois peças fora dos padrões poderiam ser retrabalhadas antes de serem enviadas ao cliente e, ainda, considerando as sugestões de possíveis melhorias no processo para que futuros erros sejam evitados. Assim, com os resultados foi percebido pelos proprietários que somente pelas três primeiras etapas do DMAIC utilizadas na metodologia seis sigma já é possível obter grandes resultados para a empresa.

Palavras-chave: DMAIC. Medição. Processo. Seis sigma. SIPOC.

ABSTRACT

SIGMA LEVEL ANALYSIS BY MINITAB SOFTWARE BY USING THE DMAIC TOOL DEFINING, MEASURING AND ANALYZING STEPS IN A METAL-MECHANICAL COMPANY

AUTHOR: Pietro Maxwell Teixeira
ADVISOR: Márcio Burger Mansilha

The Six Sigma method is a management strategy that allows the improvement of processes that, using statistical measurements and analysis, allows leverage both the quality of processes and the profitability of the company. The present work seeks to analyze the sigma level of micro enterprise located in the central region of Santa Maria-RS using the Six Sigma methodology. The initial motivation was to introduce the business owners to the six sigma methodology and raise the question: what would be the current process level of the business and if the finished parts are meeting customer-specified specifications? Thus, the objective is to clarify to owners the level of product compliance, the process sigma level and, if necessary, the proposed improvements. In this way, the project followed the first three steps of DMAIC (define, measure, analyze) in order to find out the company's sigma level and whether products are meeting customer specifications, and thereby suggest improvements to the head of production. . The steps to implement and control aside were not used due to the fact that the implementation and control are not the focus of the work and also because of the time and the need for more resources to be properly applied. The work used tools used in the six sigma methodology and statistical analysis, such as the SIPOC flowchart (supplier, inputs, process, outputs, customer), data repeatability and reproducibility analysis, measurement amplitude, normality graphs of the collected data and, sigma level of the process, all analyzed with the aid of Minitab statistical software. As a result, the company's 0.83 sigma level and 13 non-conforming parts were discovered, which would cause major disruption to both the company and the customer, but already achieving positive results as non-standard parts could be reworked. before being sent to the client, and also considering suggestions for possible process improvements so that future errors can be avoided. Thus, with the results it was perceived by the owners that only by the first three stages of DMAIC used in the six sigma methodology is it possible to obtain great results for the company.

Keywords: DMAIC. Measures. Process. Six sigma. SIPOC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de caçamba scraper.....	13
Figura 2 - Exemplo de utilização da caçamba scraper	14
Figura 3 - Desenho do eixo	16
Figura 4 - Eixo com medidas.....	16
Figura 5 - Teste do eixo no cubo.....	17
Figura 6 - SIPOC.....	18
Figura 7 - Fluxograma	19
Figura 8 - Torno mecânico Nardini - ND325CS.....	19
Figura 9 - Barra de aço 1045.....	20
Figura 10 - Processo de usinagem.....	20
Figura 11 - Rolamentos acoplados.....	21
Figura 12 - Eixo testado com cubo de roda.....	21
Figura 13 - Eixo finalizado	22
Figura 14 - Introdução dos dados no software	24
Figura 15 - Passo estudo de medição R&R	24
Figura 16 - Relatório R&R	25
Figura 17 - Passos teste de normalidade.....	27
Figura 18 - Teste medida A.....	27
Figura 19 - Teste medida B.....	28
Figura 20 - Passo nível sigma	29
Figura 21 - Relatório nível sigma.....	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	SEIS SIGMA	9
2.2	ESTUDO DE MEDIÇÃO R&R E TESTE ESTATÍSTICO DE ANDERSON DARLING.....	10
2.3	DMAIC	10
3	METODOLOGIA	12
3.1	CENÁRIO	12
3.2	MÉTODO DE PESQUISA	12
3.3	ETAPAS DE PESQUISA.....	13
3.3.1	Escolha da empresa instalada na região central do RS atuante no ramo desejado da pesquisa	13
4	RESULTADOS	15
4.1	TRABALHO DE CAMPO.....	15
4.2	TRABALHO DE CAMPO.....	17
4.3	COLETA DE DADOS E ETAPA M (MEDIR).....	22
4.4	ANÁLISE DE DADOS E SOFTWARE MINITAB.....	23
4.4.1	Passo a passo no Minitab	23
4.5	TESTE DE NORMALIDADE E GRÁFICO DE PROBABILIDADE	26
4.6	ANÁLISE NÍVEL SIGMA	29
5	CONCLUSÃO	32
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A - TABELA DE DADOS REPLICADOS	36

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da rivalidade de mercado incentiva a excelência dos processos produtivos das indústrias e a procura de melhor capacidade e eficiência. No contemporâneo mercado competitivo, as companhias procuram diminuir os custos e reforçar a qualidade de produtos e/ou serviços, no entanto, há uma grande luta para as companhias de manufatura fazer a união do tempo de fabricação com a melhora na qualidade e reforçar a capacidade de fabricação com mínimo recursos.

De acordo com Deming (1990, p. 124), “Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente”. Deming (1990) afirma que a qualidade não é estática, a mesma está associada de modo direto à sensação do cliente. Estando em constante transformação, as necessidades futuras dos usuários se tornam complexas de medir as peculiaridades de qualidade, de maneira que o produto possa ser projetado e alterado para permitir satisfação por um valor que o cliente possa pagar.

Com o avanço da compreensão sobre os conceitos qualidade, surge em meados da década de 1980 o sistema Seis Sigma desenvolvido pela Motorola, com conhecimento da perspectiva competitiva do mercado e viabilizando apresentar a melhor competência possível à qualidade dos processos e dos produtos. Dessa maneira, ela dá início a utilização deste sistema para ser capaz de aumentar seu nível de qualidade e por consequente, sua competitividade no mercado (GIJO; ANTONY, 2014).

Em meados de 1997, com a incorporação do método pelo Grupo Brasmotor nas suas atividades, a metodologia Seis Sigma começou a ser disseminada no Brasil (WERKEMA, 2012). Assim sendo, observando-se e levando em consideração a recente utilização da metodologia Seis Sigma no Brasil, seria de grande relevância classificar os principais pesquisadores sobre o assunto e desta maneira reunir a produção acadêmica de maior destaque para melhor contribuir com a prática de aprendizado e implantação do programa, de forma que dentro desse campo se facilite cada vez mais o reconhecimento de tendências, complicações e soluções para o mesmo.

O Seis Sigma é uma estratégia organizacional de gestão quantitativa, que possui como propósito reforçar de maneira substancial o desempenho e os lucros das companhias fazendo uso dos procedimentos da ferramenta DMAIC para se

atingir a excelência em seu desempenho, através da redução da variabilidade dos processos, beneficiação da qualidade de produtos, e do crescimento do contentamento de clientes e consumidores (PYZDEK; KELLER, 2011).

Essa metodologia opera com três metas, que são: diminuição de custos, aprimoramento de produtos/serviços, processos e aumento do contentamento do cliente. A adaptação do Seis Sigma em iniciativas que envolvam estas metas, constantemente poderá ser elaborados projetos que irão entregar uma maior lucratividade e um melhor resultado para as companhias (SIQUEIRA CAMPOS, 2018).

O DMAIC é um mecanismo iterativo usado para o auxílio dos processos. Sua utilização mais trivial é em projetos que utilizam a sistemática Seis Sigma, no entanto a sua utilização não é exclusiva para iniciativas guiadas pelo Seis Sigma, ou seja, é possível empregar esse método em quaisquer situações em que se deseja alcançar evoluções (MINETTO, 2018).

O nome da ferramenta é uma abreviação que descreve um ciclo ou percurso, sendo por ordem Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar, representando uma técnica de processamento por estágios e passos a serem seguidos na respectiva ordem para se alcançar o resultado desejado e, se não atingido tal resultado, o ciclo deve ser reiniciado, de forma a ser replicado até que a evolução desejada seja atingida.

Exemplos de ferramentas por etapa na Tabela 1.

Tabela 1 - Etapas DMAIC e exemplo de ferramentas

Etapas	Principais ferramentas utilizadas
Definir	Diagrama SIPOC, histograma, contrato de projeto;
Medir	Mapa de processo, diagrama de Ishikawa, matriz de priorização, matriz de esforço x impacto, capacidade de processo, nível sigma;
Analisar	Boxplot, 5 porquês;
Implementar	5W2H, redução de setup, melhoria do fluxo de valor, mapa otimizado do processo, gerenciamento de <i>issues</i> ;
Controlar	Padronização do processo, manual de procedimentos, controle estatístico do processo, encerramento do projeto.

Fonte: Sony e Naik (2012).

Por consequente, sendo evidenciado anteriormente o constante crescimento da competitividade do mercado e o ininterrupto desenvolvimento da cultura da qualidade, o problema a ser levantado com esta pesquisa é o questionamento sobre qual seria o nível de serviço desta empresa atuante no ramo da metalomecânica em Santa Maria. O objetivo geral da pesquisa é analisar o nível sigma de microempresa situada na região central de Santa Maria-RS fazendo uso da metodologia Seis Sigma.

Os objetivos específicos da pesquisa são escolher um processo que melhor se adequasse à pesquisa desejada, entender seu funcionamento, fazer uso das etapas DMA (definir, medir, analisar) da ferramenta DMAIC (definir, medir, analisar, implementar, controlar), verificar se o produto analisado atende as especificações do cliente, descobrindo o nível sigma do processo e, levantar o questionamento da utilidade para uma microempresa, se uma ferramenta tão complexa como essa realmente auxiliaria a empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SEIS SIGMA

O controle de qualidade moderno iniciou-se em meados de 1930 nos Estados Unidos. No entanto, a aplicação teve maior visibilidade na Segunda Guerra Mundial, sendo possível a produção de suprimentos militares de qualidade, menor preço e grande quantidade, atendendo as necessidades e as condições da guerra (WERKEMA, 2011).

A letra grega Sigma (σ) é utilizada pelos estatísticos para medir a variação em qualquer processo, sendo assim, pode-se resumir o Seis Sigma como uma metodologia que busca controlar o processo reduzindo a variabilidade (JACOBS; SWINK; LINDERMAN, 2015; PYZDEK; KELLER, 2011).

Segundo Barros (2010), Seis Sigma é uma ferramenta empregada na gestão da qualidade com enfoque na diminuição de defeitos, falhas, e na redução da variabilidade de processos, portanto, empresas que aplicam essa metodologia têm grandes vantagens competitivas. Para identificar avarias no processo, existem fórmulas matemáticas que são utilizadas para evidenciar o nível sigma de falhas.

Como citado por Montez (2011), a metodologia seis sigma pode ser considerada uma grande amálgama de vários métodos já utilizados na cultura da qualidade, como a gestão total da qualidade, a gestão do foco no cliente, a melhor utilização das ferramentas da qualidade devidamente nas etapas necessárias e uma forte atenção das equipes fazendo uso da administração por projetos.

De acordo com Sony e Naik (2012), o desvio Padrão (ou Sigma) é o critério estatístico que possibilita compreender o quanto a característica examinada está oscilando. Conseqüentemente, o Seis Sigma embasa-se em constantemente reduzir os desvios padrões dos produtos de maneira que atenda tanto os requisitos da empresa quanto as especificações do cliente, assegurando desta maneira 99,99966% de probabilidade de sucesso.

Para Kumar, Antony e Tiwari (2011), o Seis Sigma pode ser implantado em diversos setores da economia e empresas de diversos portes, levando em consideração as devidas adaptações relacionadas ao contexto econômico e estratégico que a organização está inserida.

2.2 ESTUDO DE MEDIÇÃO R&R E TESTE ESTATÍSTICO DE ANDERSON DARLING

Para a análise de dados, a metodologia seis sigma faz uso de certas ferramentas estatísticas como o estudo de medição de replicabilidade e reprodutibilidade (R&R) e o teste estatístico de Anderson Darling de normalidade entre outras. De acordo com Piratelli-Filho, Zúñiga e Arencibia (2014) o estudo de medição R&R usa a repetibilidade para auxiliar na investigação de quanta variabilidade no sistema de medição é causada pelo dispositivo de medição e a reprodutibilidade ajuda a analisar se a diferença de medição entre os operadores irá causar uma variabilidade no sistema.

Segundo Shin *et al.* (2012), o teste Anderson Darling é um experimento estatístico empregado para distinguir se uma particular amostra de dados é extraída de uma determinada distribuição de probabilidade. Em sua forma básica, o teste evidencia que não há características a serem estimados na distribuição sendo testada; nesse caso, o teste e seu grupo de valores críticos são livres de distribuição. No entanto, o teste é exercitado com mais regularidade em circunstâncias em que uma categoria de distribuições está sendo testada, nesse caso, os parâmetros dessa categoria necessitam ser destacados e devem ser levados em consideração ao adequar o teste estatístico ou seus padrões críticos. Quando empregada ao teste de uma distribuição normal, descreve apropriadamente um agrupamento de dados, sendo um dos recursos estatísticos mais poderosos para revelar a maioria dos departamentos da normalidade.

2.3 DMAIC

De acordo com Carvalho e Paladini (2012), DMAIC é um método de solução de problemas, com o objetivo de melhorar a qualidade, mas principalmente adicionar valor ao produto por meio de inovações e do atendimento das reais necessidades dos clientes atingindo o nível seis sigma na qualidade.

Segundo Holanda, Souza e Francisco (2013), o DMAIC, que se constitui de cinco etapas (definir, medir, analisar, implementar, controlar), permite uma organização pertinente da inserção, desenvolvimento e fechamento de grande parte das atividades.

Como explicado por Swink e Jacobs (2012) As principais atividades da metodologia DMAIC consiste em: Definir (D) a prioridade do trabalho a ser realizado, traduzindo as necessidades do cliente junto com os processos e características que irão resultar no produto conforme ou não conforme. Entendido e analisado o processo, a próxima etapa a ser executada é a Medir (M), para observar o resultado dos produtos e se os mesmos atendem as especificações desejadas. Analisando (A) as causas dos resultados obtidos, é investigado se produtos acabados não atendem a ordem de pedido, e avaliado os dados coletados com o uso de softwares estatísticos para facilitar cálculos e gráficos. Posteriormente, na etapa de Implantar (I), a equipe deve estudar melhorias com base nos dados estatísticos previamente coletados e analisados e implanta-lás. E por fim, a etapa Controle (C) no qual se é analisado os resultados de melhorias, se reiniciando o ciclo.

Diante disso, como benefício da ferramenta, a utilização destas metodologias em âmbito regional e em empresas de menor porte colaboram para enriquecer os processos das mesmas e por consequente melhorar a qualidade dos serviços prestados e a economia local.

3 METODOLOGIA

3.1 CENÁRIO

Trabalho realizado em uma empresa do ramo metalomecânico na cidade de Santa Maria - RS, de maneira que possa ser aplicada a ferramenta DMAIC, com foco nas etapas 'D' (definir), 'M' (medir) e 'A' (analisar) para ter como objetivo principal a análise de nível sigma de um determinado produto da empresa escolhida para o estudo de caso. Assim, verificando o grau de atendimento, as especificações dos clientes, o nível de DPMO (desperdício por milhões de oportunidades) na situação atual e por consequente o nível sigma.

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa desenvolvida vai de acordo com a natureza aplicada, sua abordagem quantitativa, a modo de se obter os dados fazendo uso de procedimentos experimentais, com levantamento de dados para se chegar em objetivos descritivos.

Os objetivos específicos da pesquisa foram escolher um processo que melhor se encaixasse à pesquisa desejada, entender seu funcionamento, e fazer uso das etapas DMA (definir, medir, analisar) da ferramenta DMAIC (definir, medir, analisar, implementar, controlar), pois o objetivo do trabalho é descobrir o nível sigma da empresa e se estão sendo produzidos eixos fora das conformidades do cliente, podendo também sugerir melhorias no processo, não analisando as etapas de implementar e de controlar pois, essas etapas demandariam mais tempo, recursos e treinamento de operadores para sua implementação, fugindo do foco do trabalho. Posteriormente, determinar número "n" de produtos para amostragem e medição, com o intuito de coleta de dados necessários para a pesquisa. Analisar se amostragem do produto segue de acordo com a ordem de pedido do cliente. Com os dados recolhidos e devidamente analisados, verificar o nível sigma do processo e por consequente a quantidade de produtos fora das conformidades.

3.3 ETAPAS DE PESQUISA

3.3.1 Escolha da empresa instalada na região central do RS atuante no ramo desejado da pesquisa

O trabalho desenvolvido foi realizado em uma microempresa do ramo de tornearia mecânica que autorizou a divulgação do mesmo, sendo respeitada as condições de não citar o nome, nem os detalhes confidenciais da empresa. Desta forma, o nome da empresa e os valores arrecadados pela produção do produto foram omitidos. A empresa conta com dois sócios e 6 empregados e não possui um produto fixo, sua linha de produtos vai de acordo com os pedidos dos clientes. A linha de fabricação a ser avaliada é proveniente de uma ordem de pedido de cliente em que o mesmo pede para que sejam produzidos eixos com rolamentos para caçambas do tipo Scraper, conforme imagens abaixo.

Figura 1 - Exemplo de caçamba scraper



Fonte: Google Imagens (2019).

As caçambas do tipo Scraper são equipamentos que sendo rebocadas por tratores ou outro tipo de máquina, fazem o serviço de deslocamento e nivelamento(terraplanagem) do solo, tendo grande utilidade em construção de aterros, açudes, barragens, estradas, pavimentações e canais para irrigação.

Figura 2 - Exemplo de utilização da caçamba scraper



Fonte: Google Imagens (2019).

4 RESULTADOS

4.1 TRABALHO DE CAMPO

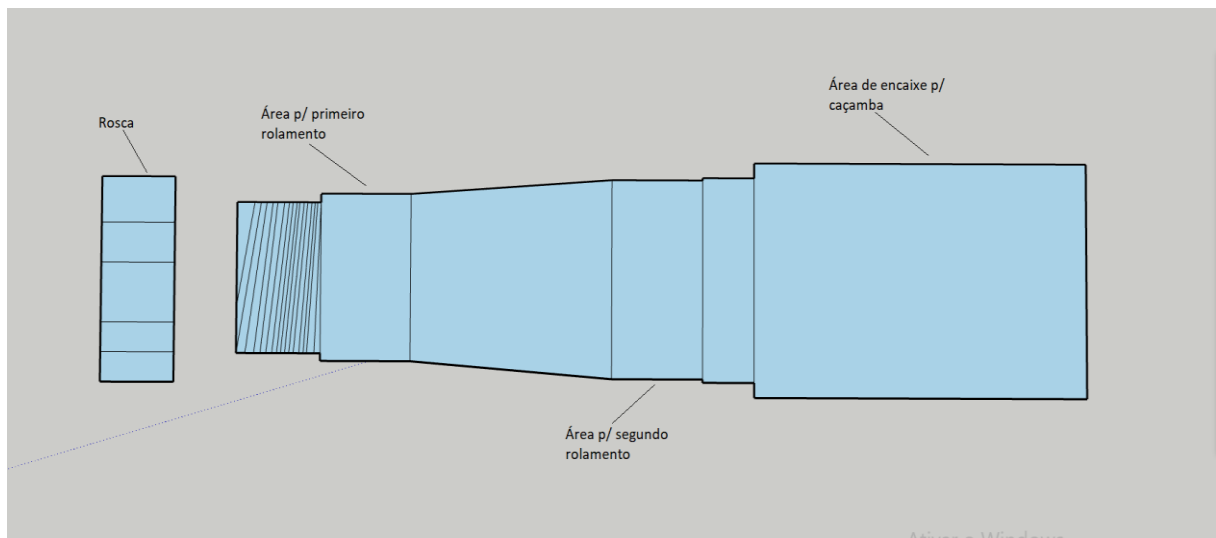
Em primeira visita, foi apresentado ao proprietário a ferramenta seis sigma e explicado o seu funcionamento, criando a curiosidade do mesmo em querer conhecer qual seria o nível sigma da linha de produção em que as peças teriam sido feitas. A linha de fabricação em que o chefe de produção indicou para ser avaliada é proveniente de uma ordem de pedido de cliente, que atua no ramo do agronegócio, para que sejam produzidos 30 eixos com rolamentos para caçambas do tipo Scraper.

Analisando o pedido do cliente foi observado que os eixos a serem produzidos precisam ser usinados a partir de uma barra de aço do tipo 1045 trefilado em vários diâmetros diferentes pois, primeiramente são acoplados dois rolamentos nas duas primeiras seções de menor diâmetro e posteriormente a mesma peça usinada e pronta vai dentro de um cubo de roda, provida pelo cliente para ser usada como ferramenta de testes para ser examinado se a mesma irá servir.

O problema apresentado pelo proprietário e chefe de produção é que, o teste do cubo, verificando se os eixos com os rolamentos encaixariam devidamente no mesmo pode ser feito ali na hora, mas o final das peças que são de maior diâmetro, especificado pelo cliente que pode ter no máximo 105mm, para conseguirem ser acopladas nas caçambas e no mínimo 104,5mm, para não ficarem com folga, só seriam testados no momento em que fossem entregue ao cliente, pois seriam montadas nas caçambas já nas propriedades do mesmo.

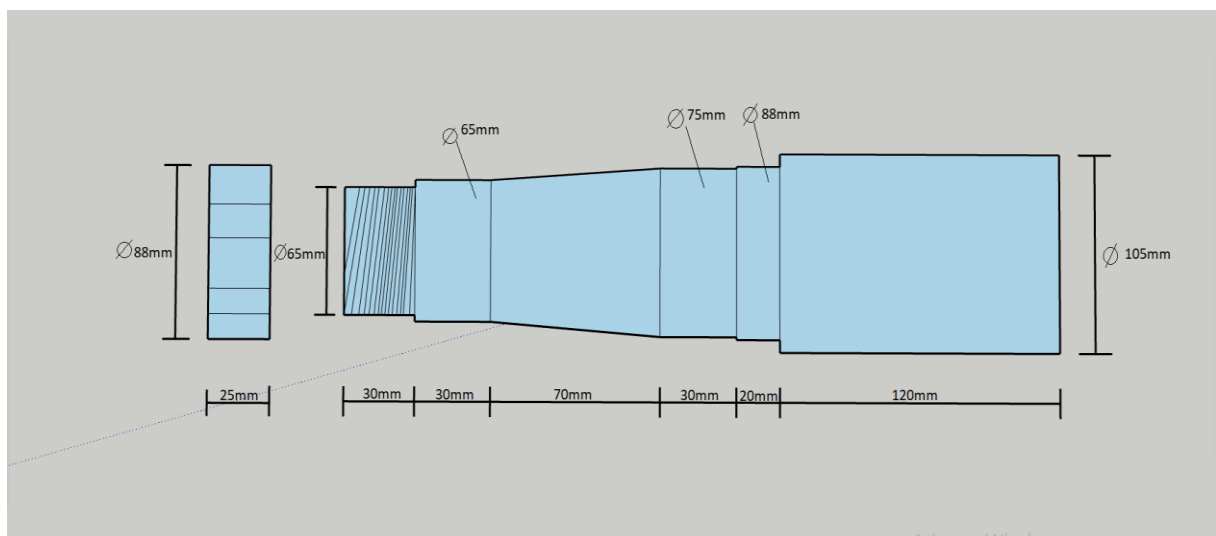
Assim se houvesse algum erro nos produtos teriam que retornar para a usinagem, gerando grande transtorno, tanto para o cliente que ficaria caçambas paradas, quanto para a empresa, que teria que retornar as peças, retrabalhar-lás e transporta-lás novamente para o cliente, gerando enorme custo extra, desta maneira deixando bem claro no que deve ser o foco do trabalho, assim já encaminhando o trabalho para a etapa D (definir). Para melhor ilustrar as dimensões das peças da ordem de pedido e o teste do eixo no cubo seguem as figuras 3, 4 e 5:

Figura 3 - Desenho do eixo



Fonte: Do autor (2019).

Figura 4 - Eixo com medidas



Fonte: Do autor (2019).

Figura 5 - Teste do eixo no cubo



Fonte: Do autor (2019).

4.2 TRABALHO DE CAMPO

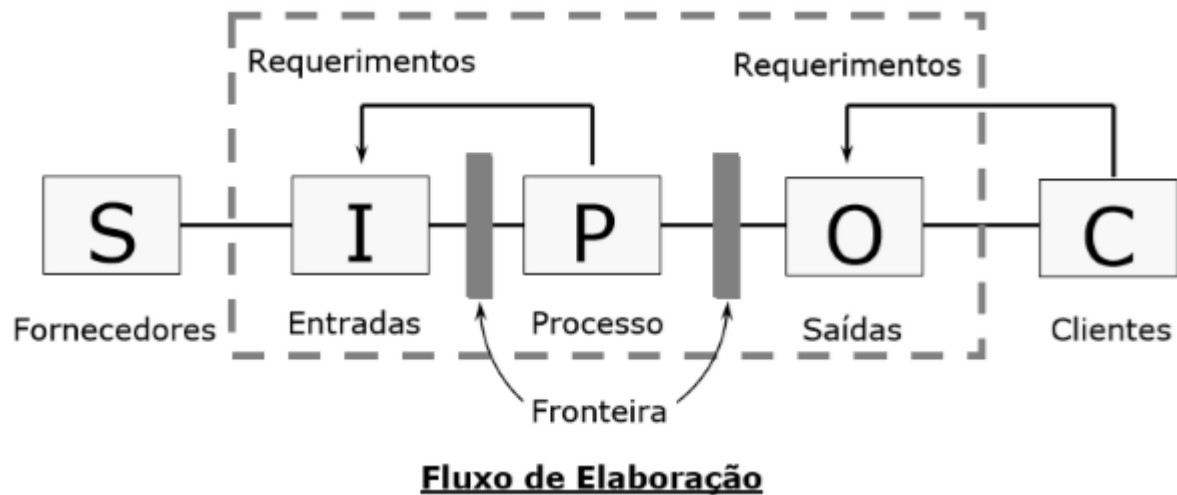
Como já relatado o processo anteriormente pelo chefe de produção e a preocupação do mesmo com a ordem de pedido, foi então definido os pontos mais importantes desta etapa, sendo estipulado o problema, objetivo e meta a ser alcançada:

- a) problema: maior diâmetro da peça pode gerar problemas na montagem das caçambas, assim retornando para o torno e gerando retrabalho;
- b) objetivo: coletar medições a fim de se analisar se produto final atende às especificações do cliente;
- c) meta: se encontrados eixos fora dos padrões, retrabalhar-los se prazo o tornar possível.

Para a análise do processo foi utilizado a ferramenta SIPOC, por se tratar de um processo bem simples a mesma facilita muito o trabalho pois ajuda a melhor observar e mapear o processo desde o fornecedor (*Supplier*), as entradas (*Inputs*), o processo (*Process*), as saídas (*Output*) e o cliente (*Customer*). De acordo com Werkema (2011), a ferramenta tem como foco ajudar a definir o principal processo do projeto, facilitando a visualização do escopo do trabalho, analisando os inputs e

as variáveis do processo, e auxiliando na análise e melhoria da qualidade do Output do mesmo, conforme ilustrado na figura 6.

Figura 6 - SIPOC



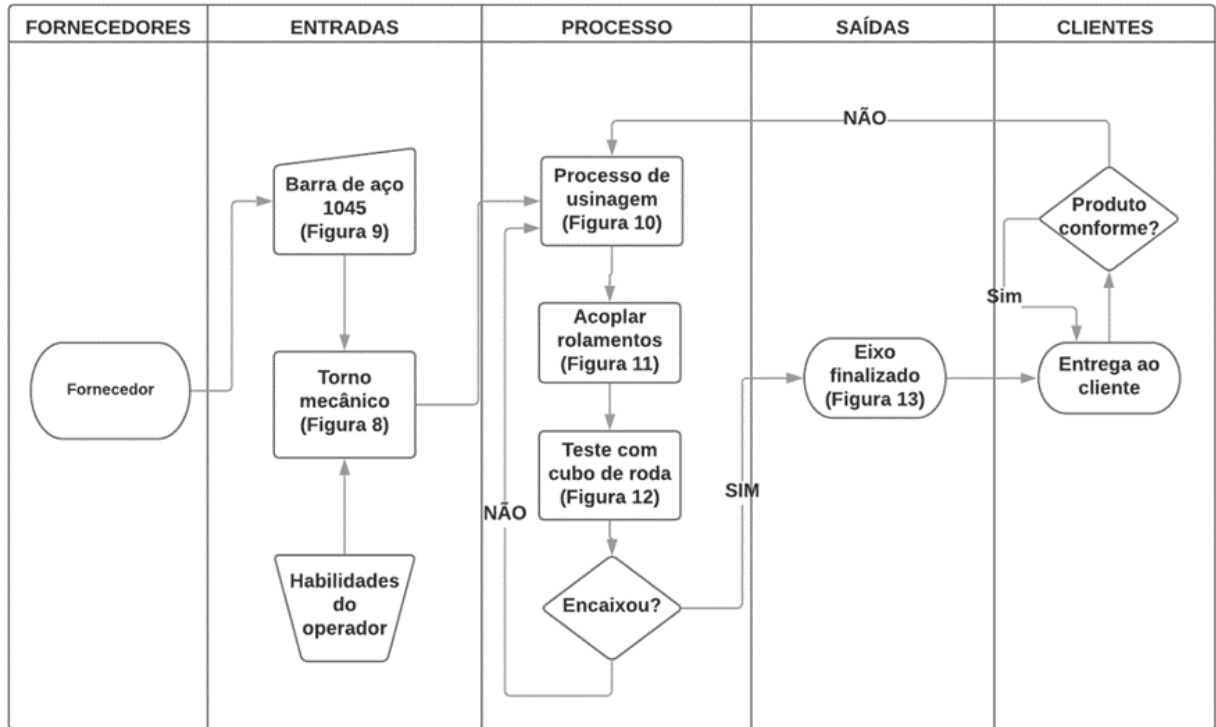
Fonte: Google Imagens (2019).

Usando a ferramenta SIPOC o fluxograma fica da seguinte maneira:

- a) Fornecedores (*Suppliers*): Matéria-prima adquirida em empresa local especializada na distribuição de ferro, aço, alumínio e vidro para a região sul;
- b) Entradas (*Inputs*): Barra de aço 1045 maciço trefilado de dimensões 300mm x 115mm adquirido com fornecedores, torno mecânico industrial Nardini - ND325CS e habilidades de utilização do operador da máquina, conforme apresentado nas figuras 8 e 9;
- c) Processo (*Process*): consiste em acoplar a barra no torno, fazer o setup do maquinário e usinar a peça nas medidas especificadas, acoplar rolamentos e fazer testes com o cubo de roda como apresentado nas figuras 10,11 e 12;
- d) Saída (*Output*): eixo pronto com medidas especificadas pelo cliente, vide figura 13;
- e) Cliente (*Customer*): entrega ao cliente proprietário das caçambas onde serão instalados os eixos.

Para melhor ilustrar segue Fluxograma e figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13:

Figura 7 - Fluxograma



Fonte: Do autor (2019).

Figura 8 - Torno mecânico Nardini - ND325CS



Fonte: Do autor (2019).

Figura 9 - Barra de aço 1045



Fonte: Do autor (2019).

Figura 10 - Processo de usinagem



Fonte: Do autor (2019).

Figura 11 - Rolamentos acoplados



Fonte: Do autor (2019).

Figura 12 - Eixo testado com cubo de roda



Fonte: Do autor (2019).
Figura 13 - Eixo finalizado



Fonte: Do autor (2019).

4.3 COLETA DE DADOS E ETAPA M (MEDIR)

Na etapa de coleta de dados, foram medidas as 30 peças com o uso de paquímetros da marca Matrix, cada peça foi medida 3 vezes por dois operadores (o

acadêmico autor do trabalho e o chefe de produção chamado de Vinícius), cada um com dois paquímetros digitais, sendo estes paquímetros calibrados, testados anteriormente em outras peças para verificação de conformidade nas medições e, posteriormente, utilizados para o experimento nas peças de foco do estudo, assim sendo obtidos 180 medições das 30 peças. Esta grande quantidade de medições é necessária para poder ser comparados os valores coletados por cada indivíduo, podendo ser observado se estão próximos os valores, se as ferramentas de medição estão ajustadas e para, posteriormente, ser feita análise de repetibilidade e reprodutibilidade dos dados coletados. Dados coletados das medições do maior diâmetro, como representado na figura 3 anteriormente, do diâmetro da área da peça para encaixe na caçamba seguem listados no apêndice A com valores das medidas A coletadas pelo autor, e medidas B coletadas pelo operador Vinícius.

4.4 ANÁLISE DE DADOS E SOFTWARE MINITAB

A próxima etapa do trabalho já com os dados devidamente coletados é a de introduzir os mesmos em software voltado para fins estatístico Minitab, o mesmo possui um amplo pacote de ferramentas sobre *machine learning*, melhorias de processo e análise estatística, sendo assim muito utilizado em empresas de variadas áreas e portes, ajudando a identificar tendências, resolver problemas e analisar dados. O treinamento sobre o uso do software foi realizado pela empresa RL&Associados no curso de Green Belt Six Sigma em que autor participou, no qual a empresa disponibilizou todo material de apoio para o estudo e análise do Seis Sigma, as etapas, e as ferramentas que podem ser utilizadas em cada uma das etapas. Já software tem versão completa gratuita para testes com duração de 30 dias de uso, o que foi mais que suficiente para suprir as necessidades do trabalho.

4.4.1 Passo a passo no Minitab

Primeiramente, o software é alimentado com os dados adquiridos na etapa de coleta de dados realizada no chão de fábrica.

Em seguida é realizado o estudo de medição R&R (cruzado) em que é analisado a repetibilidade e reprodutibilidade dos dados, no qual é avaliado a variação do sistema de medição adotado na etapa de coleta de dados, cruzando

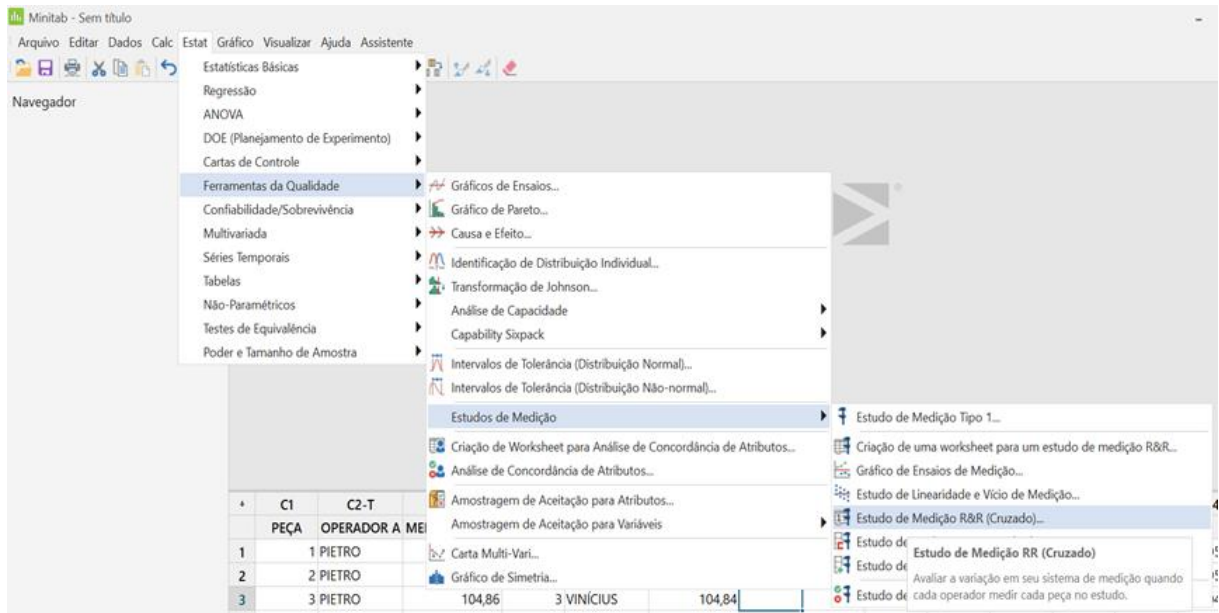
cada medição feita por cada operador e comparando os valores, assim gerando relatório e gráficos para melhor elucidação dos resultados obtidos. De acordo com Piratelli-Filho, Zúñiga e Arencibia (2014) os parâmetros do estudo de medição R&R são amplamente utilizados em diversos setores da indústria, de diferentes portes e áreas, tendo como objetivo principal a verificação sobre a adequabilidade do processo de medição, também ressaltando que é de suma importância avaliar tanto a capacidade do medidor quanto a capacidade do sistema de inspeção para se assegurar a qualidade das medições a serem coletadas. Segue imagens dos passos no software e apresentação dos resultados nas figuras 14, 15 e 16 e quadro 1.

Figura 14 - Introdução dos dados no software

	C1	C2-T	C3	C4	C5-T	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
	PEÇA	OPERADOR A	MEDIDA A	PEÇA_1	OPERADOR B	MEDIDA B									
1	1 PIETRO		105,00	1 VINÍCIUS		105,01									
2	2 PIETRO		105,00	2 VINÍCIUS		105,02									
3	3 PIETRO		104,86	3 VINÍCIUS		104,84									
4	4 PIETRO		104,91	4 VINÍCIUS		104,91									
5	5 PIETRO		104,88	5 VINÍCIUS		105,02									
6	6 PIETRO		104,99	6 VINÍCIUS		105,00									
7	7 PIETRO		104,99	7 VINÍCIUS		105,00									
8	8 PIETRO		104,75	8 VINÍCIUS		104,73									
9	9 PIETRO		104,62	9 VINÍCIUS		104,62									
10	10 PIETRO		104,87	10 VINÍCIUS		104,87									
11	11 PIETRO		104,91	11 VINÍCIUS		104,91									
12	12 PIETRO		105,01	12 VINÍCIUS		105,01									
13	13 PIETRO		105,00	13 VINÍCIUS		104,99									
14	14 PIETRO		105,01	14 VINÍCIUS		105,02									

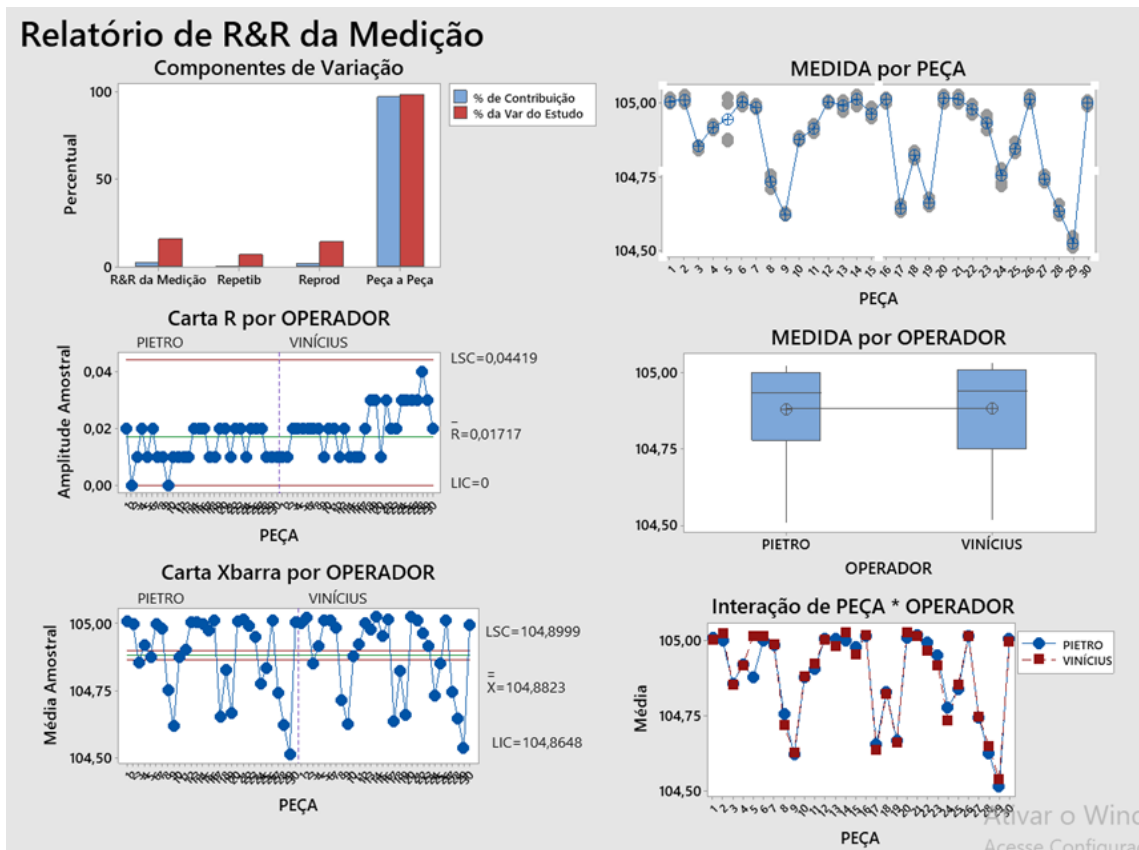
Fonte: Do autor (2019).

Figura 15 - Passo estudo de medição R&R



Fonte: Do autor (2019).

Figura 16 - Relatório R&R



Fonte: Do autor (2019).

Quadro 1 - Avaliação das medidas

Avaliação das Medições	%Var do Estudo
Total R&R da medição	16,01
Peça a peça	98,71
Número de categorias distintas	8

Fonte: Do autor (2019).

Assim, observando os gráficos é possível visualizar a amplitude entre cada medição, a média das amostras, o bloxpot e o comparativo entre a medição de cada peça por operador. De acordo com o Minitab, para uma medição aceitável é necessário que o total R&R da medição esteja abaixo dos 20%, a variação peça a peça acima de 80% e o número de categorias distintas ser maior que 5 para o equipamento e método de medição sejam aceitos. Verificando os valores e a avaliação de medições é possível perceber que a média de amplitude entre as medições dos operadores foi de 0,017 milímetros, o total R&R da medição foi de aproximadamente 16%, a variação peça a peça foi de 98,71% e o número de categorias distintas resultou em 8, assim concluindo que as medições estão de acordo com os padrões necessários, podendo então ser utilizado os dados coletados para as próximas etapas.

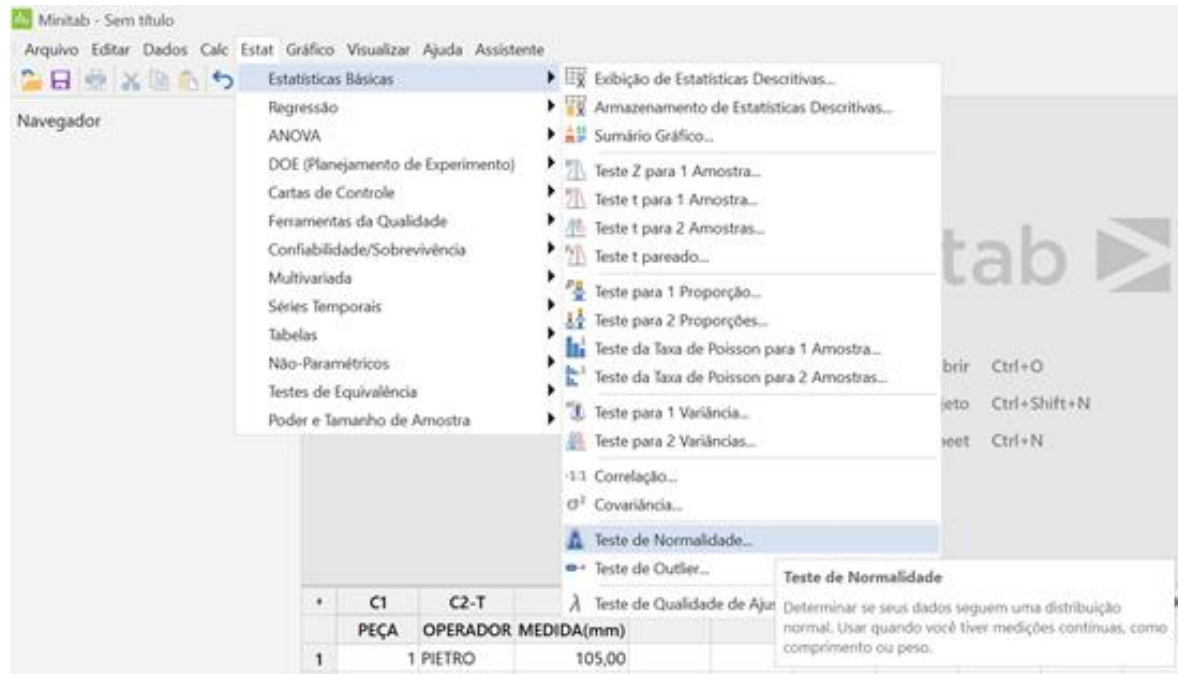
4.5 TESTE DE NORMALIDADE E GRÁFICO DE PROBABILIDADE

A próxima etapa é realizar o teste de normalidade dos dados coletados para que seja confirmado a probabilidade de os mesmos valores serem coletados em outras medições. De acordo com Ribeiro Júnior (2012), o teste de normalidade é aconselhado para a análise de medições contínuas, como de comprimento ou peso, e determina se os dados irão seguir uma distribuição normal.

Para utilização do teste primeiramente é estabelecido a hipótese da pesquisa e valor p, no qual consiste na probabilidade estatística dos resultados acontecerem novamente, sendo medida por valor de α estabelecido e dependendo deste valor, confirmando ou negando hipótese previamente estipulada. Seguem imagens dos

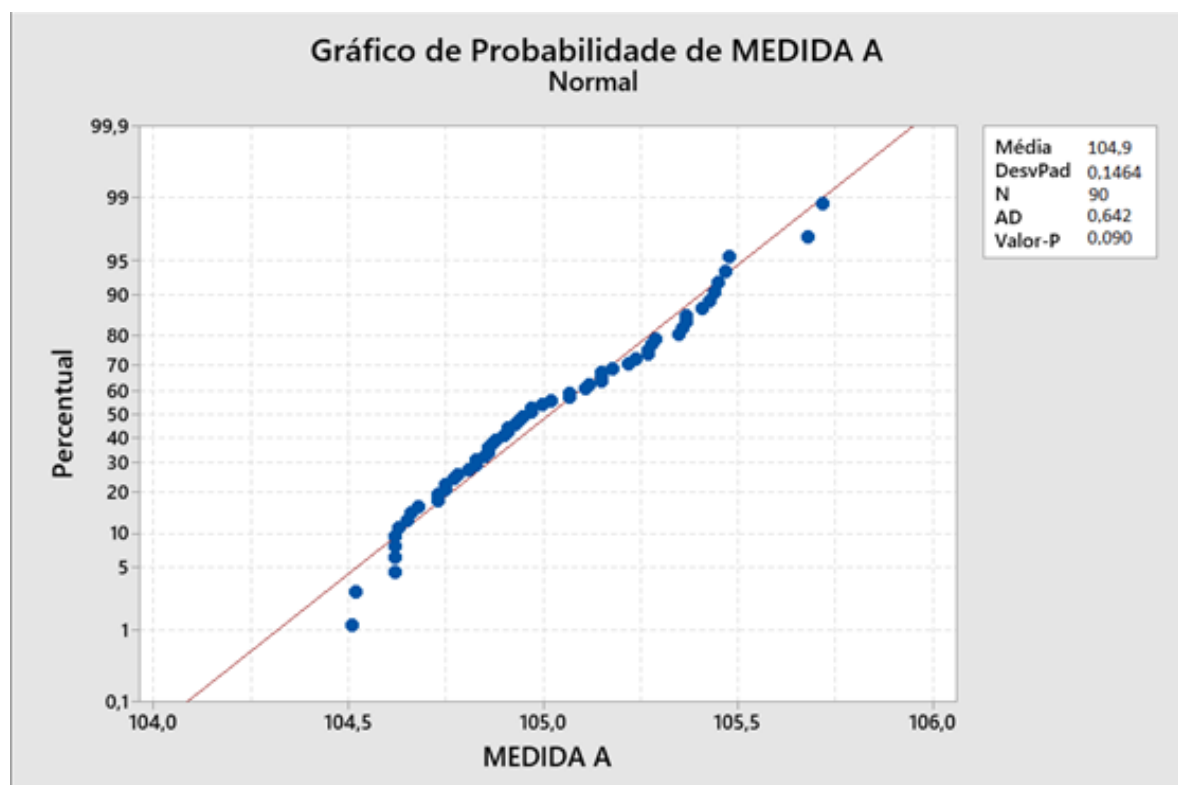
passos no software para a realização dos testes e seus resultados de acordo com as figuras 17, 19 e 19.

Figura 17 - Passos teste de normalidade



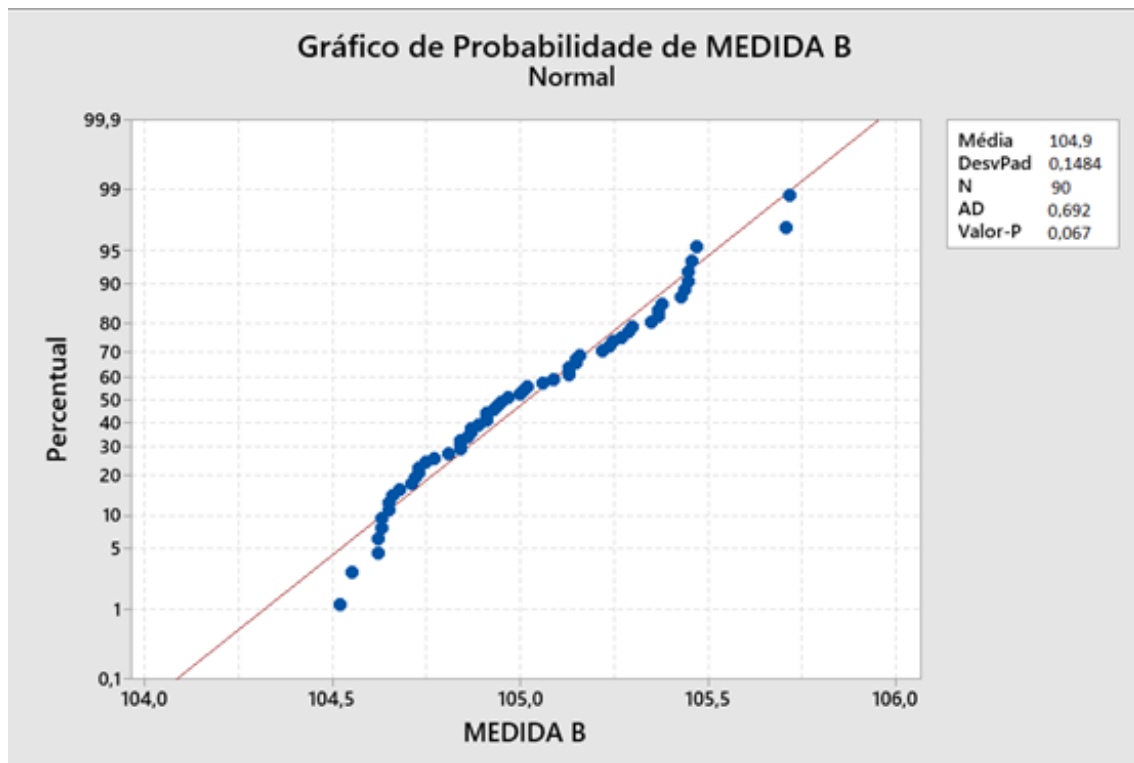
Fonte: Do autor (2019).

Figura 18 - Teste medida A



Fonte: Do autor (2019).

Figura 19 - Teste medida B



Fonte: Do autor (2019).

Para análise do teste segue os critérios:

- a) A hipótese (H_0): as medições coletadas estão dentro dos padrões necessários para a análise de nível sigma;
- b) De valor p: se p menor que α , rejeitar H_0 . Se p maior ou igual a α , aceitar H_0 .

O software minitab adota como regra o teste Anderson Darling (AD) de normalidade. Conforme Shin *et al.* (2012), o método mede se os dados coletados seguem uma distribuição específica de maneira ótima. O teste estatístico AD é empregado com finalidade de determinar o valor de p para o ensaio de qualidade do arranjo, que auxilia a designar o que melhor se harmoniza com a disposição dos dados coletados. Por exemplo, a estatística AD é prognosticada para cada arranjo quando for realizada a Identificação da distribuição individual. Com os valores-p, obtidos provenientes das análises estatísticas, auxiliam a distinguir qual a matriz de distribuição deverá ser utilizada com a análise da normalidade ou não normalidade

dos valores coletados estabelecendo os seguintes critérios para determinar se os dados são normais ou não:

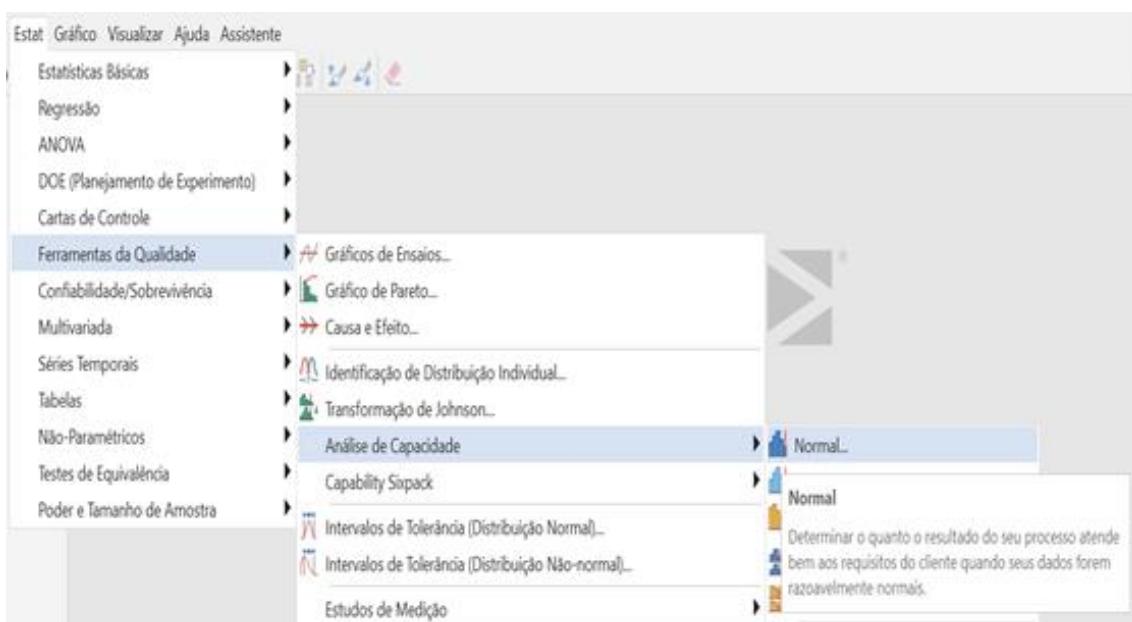
- a) Valor $p = \alpha$, maior ou igual a 0,05, os dados são normais, portanto, aceita-se H_0 ;
- b) Valor $p = \alpha$, menor que 0,05, os dados não são normais, portanto, rejeita-se H_0 .

Portanto, analisando os dados apresentados pelos testes ilustrados anteriormente nas figuras 18 e 19, é observado que o valor p do gráfico de probabilidade de medida A foi de 0,09 e a de medida B foi de 0,067, assim confirmando as hipóteses nos dois casos, podendo ser usado qualquer uma das amostras para o teste de nível sigma, mas por critério de maior valor- p , a medida “A”, do diâmetro maior da peça mensurada pela autor, foi a escolhida para a próxima etapa.

4.6 ANÁLISE NÍVEL SIGMA

Isto posto mediante os dados supramencionado pode então ser desempenhada a etapa de nível sigma pelo software como apresentado passo na figura 20 a seguir:

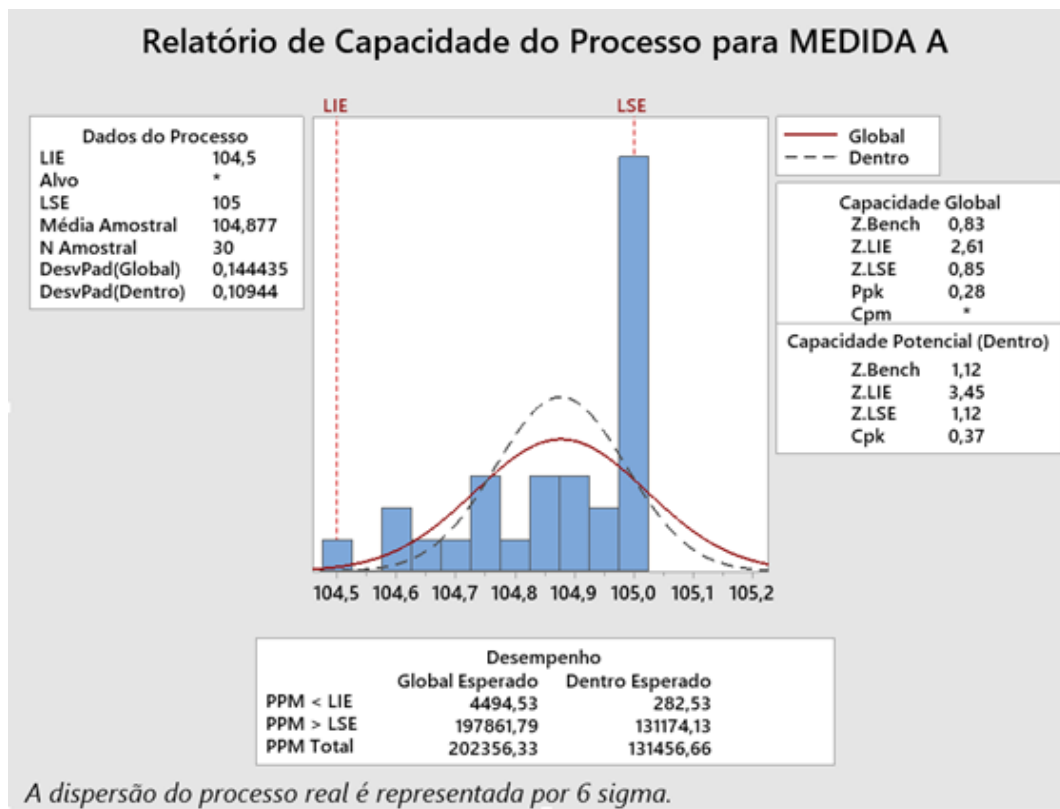
Figura 20 - Passo nível sigma



Fonte: Do autor (2019).

E, com os dados previamente testados, o limite inferior de especificação (LIE) e o limite superior de especificação (LSE) respectivamente sendo de 104,5mm e 105mm como já estipulado pelo cliente, são adicionados no software e o seguinte relatório é gerado conforme ilustrado na figura 21:

Figura 21 - Relatório nível sigma



Fonte: Do autor (2019).

No relatório é apresentado tanto o nível sigma real do processo quanto o potencial pelo valor z variável, no caso representado pelo Z.Bench na imagem. Pode-se observar que o nível sigma da empresa se encontra em 0,83 para a capacidade atual do processo e 1,12 para a capacidade potencial do processo, assim, já evidenciando que o processo tem uma capacidade maior do que está sendo aproveitada. O valor sigma seria extremamente baixo para uma empresa de grande porte pelo fato de que, como é mostrado no relatório, se fossem produzidos um milhão de eixos, aproximadamente 202 mil eixos estariam fora das

conformidades, sem nem precisar debater como isso seria inadmissível, mas como se trata de uma microempresa, tais resultados são relevados pois como já dito anteriormente, o controle de qualidade e a atenção em certos pequenos detalhes muito importantes são deixados de lado, muitas vezes nem percebidos, ou percebidos tarde demais.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral do trabalho era conseguir analisar qual seria o nível sigma da empresa e constatar se as peças produzidas estariam dentro dos padrões estipulados pelo cliente. O resultado encontrado foi um nível sigma de 0,83 e, que de um total de 30 peças, ou seja, 100% das peças produzidas, 13 estariam fora das especificações, claramente proveniente no descaso de se verificar a peça uma segunda vez após pronta, possibilitando perceber o quão deficitário estavam os produtos finais prestes a serem enviados ao cliente, o que, certamente, iria ocasionar problemas na instalação dos eixos das caçambas e gerariam grande transtorno tanto para o agricultor quanto para a empresa. A pesquisa reforçou a importância de um controle minucioso de qualidade para evitar esse tipo de erros. Durante a constatação das peças fora das conformidades, foram indicadas melhorias no processo como uma segunda checagem nas medidas das peças após o fim do processo de usinagem, melhor manuseio da matéria prima e maior cuidado no setup do maquinário. Com a realização do trabalho, observou-se que, com uma ferramenta tão complexa como o seis sigma, o real benefício para uma empresa de pequeno porte talvez não seja realmente descobrir a capacidade dos seus processos mas, sim, de aprender as ferramentas de qualidade que a metodologia proporciona, para gerar, aos poucos, a cultura da qualidade na empresa, e que, no longo prazo, proporcione melhores resultados. Como resultado positivo pode-se registrar, ainda, que com as peças sendo medidas durante a coleta de dados, o chefe de produção foi anotando quais peças deveriam ser retrabalhadas, e, como ainda havia prazo para a entrega, corrigir os eixos fora das medidas especificadas, comprovando-se resultados satisfatórios com o presente trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, apesar das dificuldades de encontrar empresas na região que se encaixem no perfil do projeto a ser executado, foi muito gratificante descobrir o nível de qualidade em que se está trabalhando em pelo menos uma empresa na cidade de Santa Maria - RS e auxiliando com possíveis melhorias para proporcionar o melhor resultado possível a seus clientes, e, por conseguinte, gerando o questionamento sobre a importância do desenvolvimento da concorrência entre as empresas. Outro ponto a ser citado, a apresentação de ferramentas de qualidade aos proprietários e ao conhecimento adquirido sobre a importância de se investir o mínimo de tempo e recursos para se ter mais qualidade dos processos, demonstrando que, com pequenos cuidados, os resultados podem ser praticamente imediatos.

REFERÊNCIAS

- ÁRES DE ATUAÇÃO: Lean seis sigma. **Siqueira Campos**, São Paulo, 2018.
Disponível em: <http://www.siqueiracampos.com/areas-de-atuacao/lean-seis-sigma>.
Acesso em: 23 abr. 2019.
- BARROS, E. Uma dinâmica aplicada no ensino-aprendizagem da ferramenta de gestão seis sigma. **Revista de Educação**, Valinhos, v. 13, n. 16, p. 93-103, 2010.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. (Org.). **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO, 2012.
- DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução na administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.
- GIJO, E. V.; ANTONY, J. Reducing patient waiting time in outpatient department using lean six sigma methodology. **Quality and Reliability Engineering International**, [S. l.], v. 30, n. 8, p. 1481-1491, dez. 2014. 2013.
- GOOGLE IMAGENS. 2019. Disponível em: <https://www.google.com/imghp?hl=pt-Br>.
Acesso em: 20 abr. 2019.
- HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, Í. D.; FRANCISCO, A. C. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 8, n. 4, p. 31-44, out./dez. 2013.
- JACOBS, B. W.; SWINK, M.; LINDERMAN, K. Performance effects of early and late Six Sigma adoptions. **Journal of Operations Management**, [S. l.], v. 36, p. 244-257, 2015.
- KUMAR, S.; ANTONY, J.; TIWARI, M. K. Six Sigma implementation framework for SMEs – a roadmap to manage and sustain the change. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 49, n. 18, p. 5449-5467, 2011.
- MINETTO, B. O que é DMAIC? **Blog da Qualidade**, [S. l.], 21 jun. 2018. Disponível em: <https://blogdaqualidade.com.br/o-que-e-dmaic/>. Acesso em: 13 abr. 2019.
- MONTEZ, L. F. D. **“Seis sigma”**: uma nova cultura empresarial. 2011. 69f.
Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011.
- PIRATELLI-FILHO, A.; ZÚÑIGA, L. D. O.; ARENCIBIA, R. V. **Aplicação de testes de Repetitividade e Reprodutividade (R&R) para verificação de Scanner Laser 3D**. Caldas Novas: CNMAI, 2014.
- PYZDEK, T.; KELLER, P. **Seis sigma “guia do profissional”**. 3. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011. 560p.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Métodos estatísticos aplicados à melhoria da qualidade**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2012.

SHIN, H. *et al.* Assessment of modified Anderson-Darling test statistics for the general-ized extreme value and generalized logistic distributions. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, [S. l.], v. 26. n. 1, p. 105-114, jan. 2012.

SONY, M.; NAIK, S. Six Sigma, organizational learning and innovation: An integration and empirical examination. **International Journal of Quality & Reliability Management**, [S. l.], v. 29, n. 7, p. 797-818, 2012.

SWINK, M.; JACOBS, B. W. Six Sigma adoption: operating performance impacts and contextual drivers of success. **Journal of Operations Management**, [S. l.], v. 30, n. 6, p. 437-453, set. 2012.

WERKEMA, C. **Criando a cultura lean seis sigma**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 264p.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma**: introdução às ferramentas do lean manufacturing. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 120p.

APÊNDICE A - TABELA DE DADOS REPLICADOS

PEÇA	OPERADOR	MEDIDA diâmetro (mm)	PEÇA	OPERADOR	MEDIDA diâmetro (mm)
1	PIETRO	105	1	VINÍCIUS	105,01
2	PIETRO	105	2	VINÍCIUS	105,02
3	PIETRO	104,86	3	VINÍCIUS	104,84
4	PIETRO	104,91	4	VINÍCIUS	104,91
5	PIETRO	104,88	5	VINÍCIUS	105,02
6	PIETRO	104,99	6	VINÍCIUS	105
7	PIETRO	104,99	7	VINÍCIUS	105
8	PIETRO	104,75	8	VINÍCIUS	104,73
9	PIETRO	104,62	9	VINÍCIUS	104,62
10	PIETRO	104,87	10	VINÍCIUS	104,87
11	PIETRO	104,91	11	VINÍCIUS	104,91
12	PIETRO	105,01	12	VINÍCIUS	105,01
13	PIETRO	105	13	VINÍCIUS	104,99
14	PIETRO	105,01	14	VINÍCIUS	105,02
15	PIETRO	104,97	15	VINÍCIUS	104,95
16	PIETRO	105	16	VINÍCIUS	105,01
17	PIETRO	104,66	17	VINÍCIUS	104,65
18	PIETRO	104,82	18	VINÍCIUS	104,81
19	PIETRO	104,68	19	VINÍCIUS	104,68
20	PIETRO	105,02	20	VINÍCIUS	105,03
21	PIETRO	105,01	21	VINÍCIUS	105,03
22	PIETRO	104,98	22	VINÍCIUS	104,98
23	PIETRO	104,94	23	VINÍCIUS	104,93
24	PIETRO	104,77	24	VINÍCIUS	104,75
25	PIETRO	104,85	25	VINÍCIUS	104,84
26	PIETRO	105,02	26	VINÍCIUS	105,03
27	PIETRO	104,73	27	VINÍCIUS	104,73
28	PIETRO	104,62	28	VINÍCIUS	104,62
29	PIETRO	104,52	29	VINÍCIUS	104,52
30	PIETRO	105	30	VINÍCIUS	105,01
1	PIETRO	105,02	1	VINÍCIUS	105
2	PIETRO	105	2	VINÍCIUS	105,02
3	PIETRO	104,86	3	VINÍCIUS	104,86
4	PIETRO	104,93	4	VINÍCIUS	104,93
5	PIETRO	104,88	5	VINÍCIUS	105,02
6	PIETRO	105,01	6	VINÍCIUS	105,02
7	PIETRO	104,98	7	VINÍCIUS	104,98
8	PIETRO	104,76	8	VINÍCIUS	104,71

(Continua)

(Continuação)

PEÇA	OPERADOR	MEDIDA diâmetro (mm)	PEÇA	OPERADOR	MEDIDA diâmetro (mm)
9	PIETRO	104,62	9	VINÍCIUS	104,63
10	PIETRO	104,88	10	VINÍCIUS	104,89
11	PIETRO	104,9	11	VINÍCIUS	104,93
12	PIETRO	105,01	12	VINÍCIUS	105
13	PIETRO	105,01	13	VINÍCIUS	104,97
14	PIETRO	105	14	VINÍCIUS	105,03
15	PIETRO	104,99	15	VINÍCIUS	104,95
16	PIETRO	105,02	16	VINÍCIUS	105,02
17	PIETRO	104,65	17	VINÍCIUS	104,63
18	PIETRO	104,83	18	VINÍCIUS	104,84
19	PIETRO	104,66	19	VINÍCIUS	104,65
20	PIETRO	105,01	20	VINÍCIUS	105,02
21	PIETRO	105,02	21	VINÍCIUS	105,01
22	PIETRO	105	22	VINÍCIUS	104,96
23	PIETRO	104,96	23	VINÍCIUS	104,91
24	PIETRO	104,78	24	VINÍCIUS	104,72
25	PIETRO	104,83	25	VINÍCIUS	104,87
26	PIETRO	105,02	26	VINÍCIUS	105
27	PIETRO	104,75	27	VINÍCIUS	104,75
28	PIETRO	104,62	28	VINÍCIUS	104,66
29	PIETRO	104,51	29	VINÍCIUS	104,55
30	PIETRO	105,01	30	VINÍCIUS	104,99
1	PIETRO	105,01	1	VINÍCIUS	105
2	PIETRO	105	2	VINÍCIUS	105,3
3	PIETRO	104,85	3	VINÍCIUS	104,86
4	PIETRO	104,92	4	VINÍCIUS	104,91
5	PIETRO	104,87	5	VINÍCIUS	105
6	PIETRO	105	6	VINÍCIUS	105,02
7	PIETRO	104,98	7	VINÍCIUS	104,98
8	PIETRO	104,75	8	VINÍCIUS	104,71
9	PIETRO	104,62	9	VINÍCIUS	104,63
10	PIETRO	104,88	10	VINÍCIUS	104,88
11	PIETRO	104,9	11	VINÍCIUS	104,93
12	PIETRO	105	12	VINÍCIUS	105
13	PIETRO	105,01	13	VINÍCIUS	104,98
14	PIETRO	104,99	14	VINÍCIUS	105,03
15	PIETRO	104,97	15	VINÍCIUS	104,96
16	PIETRO	105,02	16	VINÍCIUS	105,02
17	PIETRO	104,65	17	VINÍCIUS	104,63
18	PIETRO	104,83	18	VINÍCIUS	104,82

(Conclusão)

PEÇA	OPERADOR	MEDIDA diâmetro (mm)	PEÇA	OPERADOR	MEDIDA diâmetro (mm)
19	PIETRO	104,66	19	VINÍCIUS	104,65
20	PIETRO	105	20	VINÍCIUS	105,03
21	PIETRO	105,02	21	VINÍCIUS	105
22	PIETRO	105	22	VINÍCIUS	104,96
23	PIETRO	104,95	23	VINÍCIUS	104,91
24	PIETRO	104,78	24	VINÍCIUS	104,73
25	PIETRO	104,83	25	VINÍCIUS	104,85
26	PIETRO	105	26	VINÍCIUS	105,01
27	PIETRO	104,75	27	VINÍCIUS	104,76
28	PIETRO	104,63	28	VINÍCIUS	104,66
29	PIETRO	104,51	29	VINÍCIUS	104,54
30	PIETRO	105,01	30	VINÍCIUS	104,99