

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Marcus Vinicius Souza Dias

**ERAS DA QUALIDADE E ELIMINAÇÃO DA INSPEÇÃO
DIMENSIONAL FINAL: Um Estudo de Caso em uma
Empresa do Setor Ferroviário**

**Taubaté – SP
2017**

Marcus Vinicius Souza Dias

**ERAS DA QUALIDADE E ELIMINAÇÃO DA INSPEÇÃO
DIMENSIONAL FINAL: Um Estudo de Caso em uma
Empresa do Setor Ferroviário**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre pelo curso de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia

**Taubaté – SP
2017**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

D541e Dias, Marcus Vinicius Souza
Eras da qualidade e eliminação da inspeção dimensional
final: um estudo de caso em uma empresa do setor ferroviário.
/ Marcus Vinicius Souza Dias - 2017.

91f. : il; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia
Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017
Orientador: Prof. Dr. Giorgio Eugênio Oskare Giacaglia,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Eras da qualidade. 2. Setor ferroviário. 3. Eliminação
da inspeção dimensional final. 4. Estudo de R&R. I. Título.

MARCUS VINICIUS SOUZA DIAS

**ERAS DA QUALIDADE E ELIMINAÇÃO DA INSPEÇÃO
DIMENSIONAL FINAL: Um Estudo de Caso em uma
Empresa do Setor Ferroviário**

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre pelo curso de
Mestrado Profissional em Engenharia
Mecânica do Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté.
Área de Concentração: Produção

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof.^a Dr.^a Valesca Alves Corrêa Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. Amauri Hassui Universidade Estadual de Campinas

Assinatura: _____

Esta dissertação é dedicada ao meu pai (Dias) e à minha tia Maria (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação contou com o apoio de diversas pessoas, às quais presto minha homenagem e agradecimento:

Ao Professor Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia, por disponibilizar parte do seu tempo, paciência e habilidade com que me orientou.

Aos meus pais, em especial ao meu pai (Dias) por nunca medir esforços em minha formação, nas diversas esferas (pessoal, profissional, acadêmica, etc.).

Ao Prof. Me. Dawilmar Guimarães Araújo, por ajudar e orientar meus passos antes do início do programa de mestrado.

Aos colegas da 38ª turma de Mestrado Profissional de Engenharia Mecânica, do grupo de Produção (Abifadel, André, Damião, Kilder, Leandro e Paulo), que faziam os sábados se tornarem produtivos e leves ao mesmo tempo.

À minha namorada, Nathália Brasil Vidal, que por vezes me servia como fonte de inspiração, pela determinação e disciplina que possuí em diversas situações.

“Sempre haverá respostas novas para
eternos problemas da humanidade.”

Autor desconhecido

RESUMO

Esta dissertação tem por objetivo apresentar a era da qualidade em que algumas empresas ligadas ao setor ferroviário se encontram, em especial a “Empresa Principal” e outras cinco empresas, junto a possibilidade da eliminação da inspeção dimensional final, de maneira a buscar por redução de custos sem prejudicar a qualidade do produto, visto a alta concorrência gerada pela globalização, onde novos padrões são criados e outros revistos. Desta forma realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos de qualidade, bem como a caracterização e conceituação de cada era da qualidade. Em paralelo foi realizado um estudo de repetitividade e reprodutibilidade (R&R), com operadores e inspetores, com a finalidade de atingir o segundo objetivo deste trabalho, a possibilidade de eliminação da inspeção dimensional final. Por fim, com isso posto, esta dissertação emprega o método de estudo de caso buscando situar o quão distante as empresas participantes estão da quarta era da qualidade, proposta na literatura, e mostra, também, com os resultados positivos apresentados pelo estudo de R&R a possibilidade da eliminação da inspeção dimensional final.

Palavras-chave: Eras da qualidade. Setor ferroviário. Eliminação da inspeção dimensional final. Estudo de R&R.

ABSTRACT

This dissertation aims at presenting the age of quality control in which some companies of the railroad sector find themselves, especially the company that from now on will be referred as “Master Company”, as well as other five companies. Also, the objective of this study is to verify the possibility of eliminating the final dimensional inspection in a way that it can reduce costs without compromising the product’s quality, in face of the highly competitive business environment brought by globalization, where new benchmarks are created and others, revised. To that end, a bibliographical research on the concepts of quality and the definitions of each quality stage was conducted. Along with that, a study about repeatability and reproducibility (R&R) was made with both machine operators and quality inspectors, in order to support the second aspect of this dissertation — the possibility of eliminating the final dimensional inspection. In sum, this study uses the case study method to show how distant the companies studied are from the stages of quality and, from the positive results of the R&R study, how it is possible to eliminate the final dimensional inspection.

Keywords: Stages of quality. Railroad sector. Elimination of final dimensional inspection. R&R.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Fases da evolução da qualidade	28
Figura 02 - Exemplo de desenho técnico com linguagem GD&T	32
Figura 03 - Conceito de repetitividade e reprodutibilidade	34
Figura 04 - Nomenclatura da roda ferroviária	37
Figura 05 - Esquema de frenagem	37
Figura 06 - Localização das empresas que retornaram com o questionário ...	42
Figura 07 - Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa	43
Figura 08 - Processo básico de rodas ferroviárias	48
Figura 09 - Fluxograma macro do processo de fabricação de rodas ferroviárias	50
Figura 10 - Fluxo da linha de inspeção	51
Figura 11 - Detalhe da divisão da roda ferroviária	53
Figura 12 - Detalhe das cotas medidas	54
Figura 13 - Medição da cota G1 com o gabarito	54
Figura 14 - Medição da cota R2 com paquímetro e régua	55
Figura 15 - Medição da cota L	55
Figura 16 - Medição da cota P	56
Figura 17 - Medição da cota R2	56
Figura 18 - Medição da cota G1	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Resumo das eras da qualidade, segundo a teoria de Garvin	29
Quadro 02 - Símbolos para característica tolerada	32
Quadro 03 - Classificação de empresas, conforme BNDES e SEBRAE	42
Quadro 04 - Classificação das empresas que retornaram com o questionário	63
Quadro 05 - Denominação do setor específico da qualidade	64
Quadro 06 - Frequência de inspeção	65
Quadro 07 - Informações de processo	66
Quadro 08 - Indicadores para não conformidade	66
Quadro 09 - Ferramentas mais utilizadas para tratativa de não conformidade	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Composição química e dureza	38
Tabela 02 - Resultados das medições realizadas (em milímetro - mm)	58
Tabela 03 - Resultados das medições sobre a cota R2 com paquímetro analógico e digital (em milímetro - mm)	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Cota L - estudo de R&R	59
Gráfico 02 - Cota P - estudo de R&R	59
Gráfico 03 - Cota R2 - estudo de R&R	60
Gráfico 04 - Cota G1 - estudo de R&R	60
Gráfico 05 - Cota G1 - estudo de R&R	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAR	<i>Association of American Railroads</i> (Associação de Ferrovias Americanas)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIAG	<i>Automotive Industries Action Group</i> (Grupo de Ação das Indústrias Automotivas)
ASME	<i>American Society for Mechanical Engineers</i> (Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos)
BHN	<i>Brinell Hardness Number</i> (Número da Dureza Brinell)
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
EN	<i>Europäische Norm</i> (Padrão Europeu)
EOQC	<i>European Organization for Quality Control</i> (Organização Europeia de Controle da Qualidade)
GD&T	<i>Geometrical Dimensioning and Tolerancing</i> (Dimensionamento Geométrico e Tolerância)
GR&R	<i>Gauge Repeatability and Reproducibility</i>
GRR	<i>Gauge Repeatability and Reproducibility</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
mm	Milímetro
MSA	<i>Measurement Systems Analysis</i> (Análise dos Sistemas de Medição)
NBR	Norma Brasileira
NBR 6158	Norma Brasileira 6158, Sistemas de Tolerâncias e Ajustes
NBR 6409	Norma Brasileira 6409, Tolerâncias Geométrica – Tolerâncias de Forma, Orientação, Posição e Batimento – Generalidades, Símbolos, Definições e Indicações em Desenhos
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
R&R	Repetitividade e Reprodutibilidade
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

TQM *Total Quality Management* (Gestão da Qualidade Total)

UIC *Union Internationale des Chemins de Fer* (União Internacional de Ferrovias)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 Definição do Problema	18
1.2 Justificativa	19
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Delimitação do Assunto	20
1.5 Organização da Dissertação	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Conceito de Qualidade	21
2.2 Eras da Qualidade	23
2.2.1 Era da Inspeção	23
2.2.2 Era do Controle Estatístico da Qualidade	23
2.2.3 Era da Garantia da Qualidade (ou Controle da Qualidade)	24
2.2.3.1 Custos da Qualidade	24
2.2.4 Era da Gestão da Qualidade Total (ou Gerenciamento Estratégico da Qualidade)	25
2.3 Tolerâncias	30
2.3.1 Tolerância Geométrica (GD&T)	31
2.3.2 Tolerância Dimensional	33
2.4 Inspeção Dimensional	33
2.5 Estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R)	33
2.5.1 Cálculo de R&R	35
2.5.1.1 Método de Intervalo	35
2.5.1.2 Método da Média-Amplitude	35
2.5.1.3 Método de Análise de Variância (ANOVA)	36
2.6 Rodas Ferroviárias	36
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	39
3.1 Método Empregado na Pesquisa	39

3.1.1 Empresa Principal - Coleta de Dados	40
3.1.2 Empresas Secundárias / Externas - Coleta de Dados	41
3.2 Estrutura da Pesquisa	43
4. O ESTUDO DE CASO DA EMPRESA PRINCIPAL PESQUISADA	44
4.1 Processo de Manufatura da Empresa Principal	44
4.1.2 Produção do Aço – Aciaria	44
4.1.3 Forjamento de Rodas Ferroviárias	45
4.1.4 Tratamento Térmico	46
4.1.5 Usinagem	47
4.1.6 Inspeção	48
4.2 O Estudo de Caso – Usinagem e Inspeção	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 Eliminação da Inspeção Dimensional Final	53
5.2 Posicionamento das Empresas Secundárias / Externas Quanto a Era da Qualidade – Questionário e Visitas Empresas	63
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	72
Apêndice A	78
Apêndice B	84
Apêndice C	87
Apêndice D	86
Apêndice E	87
Apêndice F	88
Anexo A	89
Anexo B	90
Anexo C	91

1. INTRODUÇÃO

Com o mercado cada dia mais e mais competitivo, influenciado pela globalização, novas referências de concorrência são estabelecidas (GALDÁMEZ; CARPINETTI; GEROLAMO, 2009). O setor ferroviário, assim como os demais setores da economia, tem buscado maior competitividade, onde a redução de custo é almejada de maneira ímpar (ALVES, 2000 apud VILLAS BÔAS, 2010).

Investir em qualidade passa a ser essencial para uma empresa manter sua competitividade, sendo competitiva a empresa que ofertar produtos de qualidade com menores custos de produção (FEIGENBAUM, 1994).

A partir destes contextos é realizada esta dissertação com o intuito de identificar a era da qualidade, com base nas quatro eras da qualidade definidas por Garvin (1992), em que as empresas participantes desta dissertação se encontram, bem como a eliminação da inspeção dimensional final em uma empresa de rodas ferroviárias forjadas, buscando dessa forma reduzir os custos de processo sem prejudicar a qualidade; uma vez que com o desenvolvimento do sistema de manufatura enxuta, o processo de inspeção deveria ser eliminado por ser considerado um desperdício (CARVALHO e PALADINI, 2006).

Com essa linha de pensamento, o direcionamento da empresa para a qualidade deverá ser na busca por ferramentas que auxiliam o processo produtivo, a fim de melhorá-lo continuamente, aumentando dessa maneira a competitividade da empresa (OLIVEIRA; MARTINS, 2008). O estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R) dentro do processo produtivo vai ao encontro da busca pela melhoria contínua (SHI; CHEN; FU LU, 2014), o mesmo será utilizado nesta dissertação como ferramenta de avaliação para determinar a possibilidade de eliminação da inspeção dimensional final, reduzindo dessa maneira os custos de produção.

1.1 Definição do Problema

As microempresas, pequenas e médias empresas, em sua maioria possuem uma gestão da qualidade ainda deficiente e com baixo nível de

maturidade organizacional (CEZARINO; CAMPOMAR, 2006; TAKAHASHI, 2016). Podendo a gestão da qualidade estar ligada à tomada de decisões intuitivas, uma vez que os responsáveis pelas empresas se baseiam em muitas das vezes em fontes informais, não dando atenção às estatísticas de produção e materiais técnico-científicos (ARAUJO *et. al.*, 2015). Salientando, também, que para Garvin (1992), qualidade e custo possuem uma relação entre si, ou seja, custos associados com melhorias da qualidade são proporcionalmente menores que custos com retrabalho, sucata (“scraps”) e despesas com garantias.

1.2 Justificativa

O interesse pelo tema surgiu em ver atividades iguais repetindo-se dentro do processo de manufatura sem agregar valor ao produto, indo de encontro das teorias e boas práticas sugeridas ao tema qualidade. Dessa maneira, buscando empregar e desenvolver um processo mais enxuto e competitivo, viu-se oportuno o desenvolvimento desta dissertação.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa é a busca pela eliminação da inspeção dimensional final e, também, a investigação da era da qualidade em que algumas empresas de usinagem do setor ferroviário se encontram.

1.3.2 Objetivos Específicos

Com o intuito de atingir o objetivo geral, tem-se como objetivos específicos:

- Realizar um estudo de R&R (Repetitividade e Reprodutibilidade) com os operadores e inspetores.
- Identificar, com questionário e visitas, a “era da qualidade” que as empresas participantes desta dissertação se encontram.

1.4 Delimitação do Assunto

O foco dessa pesquisa são as empresas de usinagem, mais precisamente as que trabalham com o setor ferroviário, e que ainda possuem inspeção dimensional final.

1.5 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos:

O capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, a definição do problema, a justificativa, os objetivos gerais e específicos, bem como a delimitação do assunto da dissertação.

O capítulo 2 contempla a revisão bibliográfica, onde são apresentadas as bases aplicáveis ao tema da dissertação: as eras da qualidade, sistemas e métodos de medição, o método R&R e as características da roda ferroviária.

No capítulo 3 é abordada a metodologia empregada nesta dissertação.

O capítulo 4 é responsável em apresentar o estudo de caso.

Por sua vez, o capítulo 5 apresenta os resultados e discussões geradas.

As considerações finais obtidas na dissertação são expostas no capítulo 6.

Finalmente, nos apêndices são apresentados os documentos complementares, produzidos pelo autor, como o questionário enviado as empresas e as análises do estudo de R&R. Nos anexos, são apresentados outros documentos que complementam e dão confiabilidade às análises da dissertação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de Qualidade

A palavra “qualidade” é umas das mais difundidas, de forma rotineira, pela sociedade e pelas empresas (CARPINETTI, 2010); sendo empregada para indicar a capacidade de um produto ou serviço em atender as expectativas de um indivíduo nos fatores que exercem influência sobre a sua satisfação, sendo este tangível ou não (FEIGENBAUM; 1994).

Porém, para Deming (1990) a qualidade só pode ser definida por quem a avalia, e as impressões sobre qualidade não são estáticas, estando em mudança constante com o passar do tempo. Sendo assim, como conceituar qualidade?

“A qualidade deve ter como objetivo as necessidades do usuário, presentes e futuras” (DEMING, 1982).

“Qualidade é a condição necessária de aptidão para o fim a que se destina” (EOQC – Organização Europeia de Controle da Qualidade, 1972).

“[...] para a maioria dos clientes, qualidade relaciona-se às características do produto que atendem suas necessidades. Além disso, qualidade quer dizer ausência de falhas, bem como um bom serviço ao cliente [...]. Uma definição abrangente para isso é ‘adequação ao uso’”. (JURAN; GRZYNA, 1991).

“Clientes exigem produtos com características que satisfaçam às suas necessidades e expectativas. Estas necessidades e expectativas são expressas nas especificações do produto e são, geralmente, designadas como requisitos do cliente. Em qualquer caso, será sempre o cliente

que, em última análise, determinará a aceitabilidade do produto. Como as necessidades e expectativas dos clientes estão mudando, e por causa das pressões competitivas e dos avanços tecnológicos, as organizações são induzidas a melhorar continuamente seus produtos e processos” (ABNT NBR ISO 9000, 2005).

Observando a grande dificuldade em definir em comum acordo o termo qualidade, uma vez que varia muito do contexto em que é aplicado, Garvin (1992) define cinco abordagens:

- Abordagem Transcendental - Sob essa visão, a qualidade é sinônimo de excelência absoluta, de alto nível de realização. Essa visão nos mostra que qualidade não é passível de análise e que aprendemos a reconhecê-la com a experiência.

“(...) embora não se possa definir qualidade, sabe-se o que ela é.” (GARVIN, 1992)

- Abordagem Fundamentada no Produto - Qualidade é vista como uma variável precisa e mensurável, originária dos atributos do produto, ou seja, itens adicionais que agregam valor (VERAS, 2009)

- Abordagem Fundamentada no Usuário - É uma visão pessoal do consumidor, portanto, subjetiva. Admite-se que cada consumidor possua necessidades e desejos diferentes e o produto que atenda estas duas premissas, necessidade e desejo, seja considerado de melhor qualidade (OLIVEIRA, 2004).

“Qualidade consiste na conformidade com as expectativas do cliente”. (SLACK *et. al.*, 2013)

- Abordagem Fundamentada na Produção - é a abordagem entre as práticas relacionadas a engenharia e a produção. Identifica qualidade como

o produto que atende toda as especificações estabelecidas, e que um desvio implica na queda de qualidade (VERAS, 2009).

"Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações." (CROSBY, 1979).

- Abordagem Fundamentada no Valor - é a abordagem que define qualidade relacionada em custo e preço, sendo o produto de qualidade aquele que oferece um desempenho a um preço aceitável (OLIVEIRA, 2004).

"A qualidade está associada ao valor e à utilidade reconhecidos ao produto". (DEUS e VACCARO, 2009)

2.2 As Eras da Qualidade

Há varias classificações propostas para os períodos da qualidade, porém, a mais aceita é a proposta por David Garvin (1992), classificando a qualidade em quatro eras: Inspeção, Controle Estatístico da Qualidade, Garantia da Qualidade e Gestão da Qualidade Total (CARPINETTI; MIGUEL; GEROLAMO, 2009; MARSHALL JUNIOR, 2012).

2.2.1 Era da Inspeção

A era da inspeção atingiu seu auge pouco antes da Revolução Industrial, nessa era o produto era inspecionado, verificado pelo produtor e pelo cliente. O foco principal estava na detecção de possíveis defeitos de fabricação (OLIVEIRA, 2004). Embora o foco da qualidade ainda fosse a inspeção, já era possível identificar o conceito que priorizava a conformidade de produção (CARVALHO; PALADINI, 2006).

2.2.2 Era do Controle Estatístico da Qualidade

Todo processo apresenta variações, podendo ocorrer de maneira natural ou não; sendo assim, a variação é um fator que afeta a qualidade do produto (SOBRAL *et. al.*, 2015). A era do controle estatístico foi marcada pelo aprimoramento do controle de inspeção através da utilização de métodos de estatística para controle (ARAUJO *et. al.*, 2015), uma vez que a inspeção peça a peça seria muito onerosa com a alta demanda de produção (OLIVEIRA, 2004), tendo em vista o cenário da produção em massa. No início da era do controle estatístico, a atenção também recaía sobre o produto, porém, com o passar do tempo foi se deslocando para o controle de processo, o que possibilitou o surgimento de outra era, a Garantia da Qualidade (OLIVEIRA, 2004; CARVALHO; PALADINI, 2006).

2.2.3 Era da Garantia da Qualidade (ou Controle da Qualidade)

Esta era vai além do controle estatístico, é marcada pela mudança de pensamento de estratégia de competitividade passando a adicionar o fator custo. Sendo assim, todos os departamentos da organização são envolvidos na construção da qualidade, alterando o comportamento de atenção ao produto para todo o sistema (ARAUJO *et. al.*, 2015). Segundo Silva (2007) outros três elementos dessa era, indo na mesma linha de custos, merecem atenção: Engenharia da Confiabilidade, tinha por objetivo garantir um desempenho aceitável do produto ao longo do tempo de uso; Controle Total da Qualidade, visando não apenas o controle de fabricação, mas também integrar todo o sistema incluindo o desenvolvimento de novos produtos, seleção de fornecedores e o atendimento ao cliente; e Zero Defeito, programa que visa promover a qualidade constante, sem desvios, desde o início (da primeira vez), esse programa tinha apelo gerencial e motivacional, já que para atingir a filosofia de alto padrão de qualidade (zero defeito) era necessário a conscientização e motivação dos funcionários.

2.2.3.1 Custos da Qualidade

No pensamento de alguns autores, como Feigenbaum (1994) e Campanella (1999), os custos da qualidade não deveriam ter esse nome, mas

sim, custos da não qualidade (ou custo da má qualidade); entretanto, são conhecidos e chamados de custos da qualidade.

Os custos da qualidade se classificam em três principais grupos (AOIEONG *et. al.*, 2002; LOVE; IRANI, 2003):

- Prevenção: custos com ações realizadas para garantir que um determinado processo forneça produtos e serviços de qualidade;
- Avaliação: custos com a medição e monitoramento dos níveis de qualidade, alcançados pelo processo;
- Falha: custos com correção de qualidade de produtos e serviços, tanto antes quanto após o envio ao cliente.

Silva Neto (2016) realizou um estudo em uma empresa de usinagem e ferramentaria de pequeno porte, com a aplicação de um modelo de custos da qualidade. Este estudo comprovou que investimentos em projetos de melhorias e sistema de medição e monitoramento conduziram a resultados expressivos de 76% na redução dos custos da qualidade, no primeiro ano. A correlação entre os custos de falha, e os custos de prevenção e avaliação demonstraram que a empresa atingiu o seu custo ótimo da qualidade após 10 meses da implantação.

2.2.4 Era da Gestão da Qualidade Total (ou Gerenciamento Estratégico da Qualidade)

Gerenciamento Estratégico da Qualidade e Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management - TQM*) tratam-se do mesmo conceito, conforme evidenciado por Juran & Gryna:

“Uma das maiores aplicações do conceito de planejamento da qualidade é o planejamento estratégico da qualidade, algumas vezes chamados de Gestão da Qualidade Total - TQM”. (JURAN; GRYNA, 1991)

O conceito do TQM foi proposto por Edwards Deming, em 1940, mas só foi aplicado mais tarde, meados da década de 1980, nas indústrias japonesas sendo influenciada por contribuições de Ishikawa, Taguchi, Crosby, Juran, Feigenbaum, entre outros; sendo que todos estes nomes têm papel importante, uma vez que apenas um deles não oferece todas as soluções para os problemas encontrados pelas empresas (MILOSAN, 2014; SYDUZZAMAN *et. al.*, 2014).

Na era TQM, a qualidade passou a ser gerenciada, planejada e sensível aos mercados e à produção (ARAUJO *et. al.*, 2015), uma vez que as empresas são direcionadas aos clientes, onde os mesmos podem mudar suas necessidades e expectativas com o passar do tempo através de experiências vividas, ou não. De acordo com Oliveira (2004), a era do TQM dirige a sua atenção, o foco, ao cliente, tornando-o o centro das atenções, o Norte de todas as ações da empresa, com o intuito de satisfazer suas necessidades e expectativas, podendo ser observado, inclusive, por algumas definições a seguir:

“A Gestão da Qualidade é uma filosofia gerencial que constrói uma organização direcionada ao cliente, dedicada a satisfazê-lo”. (CORRIGAN, 1995)

“A Gestão da Qualidade é um conjunto de serviços prestados ao consumidor não apenas para satisfazê-lo, mas para seduzi-lo”. (PETERS, 1992)

Além disso, a Gestão da Qualidade Total baseia-se na melhoria de qualidade, devendo possuir, também, velocidade em respostas e redução de custos e desperdício de tempo (PEIXOTO; BASTOS, 2012). O TQM visa também o fortalecimento do nome da empresa perante o cliente, buscando a fidelização (MILOSAN, 2014).

É de se ressaltar que a alta administração exerce papel fundamental para o estabelecimento do TQM, através de suas orientações e atitudes, dessa maneira o TQM só é implantado se for obedecido o sentido *topdown* (de cima para baixo), embora as ações desenvolvidas por cada membro dentro da empresa, em diferentes níveis, também sejam determinantes para

eficácia do TQM (SOLTANI; WILKINSON, 2010 *apud* GUERRA; TONDOLO, 2015).

Syduzzaman *et. al.* (2014) indica sete conceitos principais do TQM:

- Foco no cliente – enxerga como parte estratégica a preocupação em desenvolver produtos de acordo com as necessidades e expectativas dos clientes; as reclamações de clientes passam a ser vistas como informações valiosas, para aprimoramento, e não mais como uma má notícia.

- Melhoria contínua – toda atividade é passível de melhoria.

- Treinamento – os funcionários devem ser capacitados para procurar, identificar e corrigir problemas de qualidade.

- Ferramentas da qualidade – as ferramentas da qualidade devem ser de conhecimento, bem como aplicadas pelos funcionários.

- Produto – os produtos devem ser projetados de maneira a satisfazer às necessidades dos clientes.

- Gerenciamento de processos – a qualidade deve ser incorporada ao processo; os possíveis problemas de qualidade devem ter a fonte identificada e corrigida.

- Fornecedor – os conceitos de qualidade devem ser estendidos aos fornecedores, enfatizando também a parceria entre empresa e fornecedor.

Por fim, a organização deve saber lidar com aspectos relacionados à gestão interna, principalmente quanto à imagem que a empresa passa (positiva ou negativa) a seus funcionários (comportamento ético). Assim, o TQM não deve ser gerenciado apenas com base em números, lucro, custos e operações comerciais; mas, acima de tudo, quanto ao aspecto humano.

Podem ser citados, nesse período, nomes como os de:

a) *Kaoru Ishikawa* - Criador do diagrama “Causa e Efeito”, conhecido também como “Espinha de Peixe” e “Diagrama de Ishikawa” (SYDUZZAMAN *et. al.*, 2014).

b) *Genichi Taguchi* - Responsável pela criação do “Método Taguchi”. O objetivo desse método é dar robustez ao processo, perante aos resultados das experiências que ele foi submetido (CARBAS, 2008).

c) *Yoji Akao e Shigeru Mizuno* - Criadores do método QFD - *Quality Function Deployment*, traduzido para o português como Desdobramento da Função Qualidade (TORRES, 2013).

Ao fim, é possível ilustrar as 4 eras da evolução da Qualidade pela Figura 01, da Inspeção à Gestão da Qualidade.

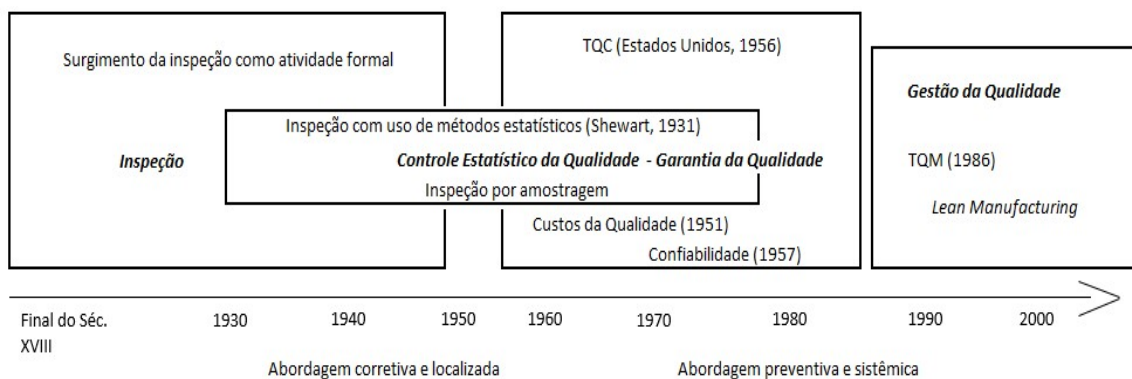


Figura 01: Fases da evolução da qualidade.

Fonte: Adaptado de CARVALHO e PALADINI, 2006.

Em complemento, o Quadro 01 resume de forma objetiva as eras da qualidade.

Quadro 01: Resumo das eras da qualidade, segundo a teoria de Garvin.

CARACTERÍSTICAS	ERAS DA QUALIDADE			
	INSPEÇÃO	CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE	GARANTIA DA QUALIDADE / CONTROLE DA QUALIDADE	GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL / GERENCIAMENTO ESTRATÉGICO DA QUALIDADE
PERÍODO	Fim do séc. XVII - início do século XX Início da produção em massa	Início da década de 1930 - fim dos anos 1940 2ª Guerra-Mundial	Início da década de 1950 - fim da década de 1970 Pós-Guerra (reconstrução)	Início da década de 1980 - dias atuais
PREOCUPAÇÃO	Verificação	Controle	Coordenação	Impacto estratégico
IDENTIDADE	Deteção de possíveis falhas de produção (corretiva)	Aprimoramento do controle de inspeção, ramificando para o controle de processo	Mensuração da não-qualidade	Melhoria da qualidade, foco no cliente
MÉTODOS / PROGRAMAS	Inspeção 100%	Emprego de técnicas estatísticas	Programas e sistemas da qualidade. Ex.: Engenharia da Confiabilidade, Zero Defeitos, etc.	Planejamento estratégico. Ex.: QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)
RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE	Departamento de inspeção	Departamento de produção e engenharia	Todos da empresa.	Todos da empresa, com a alta administração exercendo forte papel (<i>topdown</i>)
FRASES	----	----	“Qualidade é a composição total das características de marketing, projeto, produção e manutenção dos bens e serviços, através dos quais atenderão às expectativas do cliente” (FEIGENBAUM, 1994 <i>apud</i> CARVALHO e PALADINI, 2006, p.14).	“A Gestão da Qualidade é uma filosofia gerencial que constrói uma organização direcionada ao cliente, dedicada a satisfazê-lo”. (CORRIGAN, 1995)
NOMES EXPONENCIAIS	Henry Ford, Frederick W. Taylor e Henry Fayol	William Sealy Gosset, Walter A. Shewhart e W. Edwards Deming	Armand Feigenbaum, Joseph M. Juran e Philip B. Crosby	Kaoru Ishikawa, Genichi Taguchi, Yoji Akao e Shigeru Mizuno

Fonte: Autor, 2017.

2.3 Tolerâncias

As variações inevitáveis do processo de manufatura, assim como de controle, fazem existir diferenças entre a peça projetada e a produzida, partindo desse princípio existe a necessidade da especificação de tolerância (DONATELLI; GONÇALVES; SCHNEIDER, 2005).

Existem 2 (dois) princípios de tolerâncias que são usualmente classificados na literatura técnica como: tolerância tradicional (denominada como cartesiana ou dimensional) e tolerância geométrica (SOARES JÚNIOR; ALBERTIN; SILVA, 2011), onde:

- Tolerância tradicional ou cartesiana - limitada pela representação de forma da peça e os valores de suas dimensões, com tolerâncias para mais e/ou para menos; é aplicada somente nas tolerâncias de tamanhos e casos simples de posição; e por não abordar tolerâncias de forma, os requisitos de montagem e alinhamento não são passíveis de representar ou verificar (WANDECK; SOUSA, 2008).

- Tolerância geométrica (GD&T) - de acordo com Wandeck e Sousa (2008), diante das limitações de representação do “método tradicional” em especificar e expressar geometrias dos produtos, foi necessário criar uma nova linguagem padronizada que considerasse a simbologia para indicação de seu significado em desenhos técnicos. Esta “nova” linguagem foi criada e amplamente difundida no meio industrial como GD&T (*Geometrical Dimensioning and Tolerancing*), suportada e reconhecida por órgãos do setor, como por exemplo a ISO (*International Organization for Standardization*).

Como dito por Flack e Bevan (2005), os dois métodos (dimensional e geométrico) são utilizados em conjunto pelos projetistas, chamando a atenção das características importantes, ou até mesmo críticas da peça, de forma clara e direta, para a produção e inspeção.

Soares Júnior, Albertin e Silva (2011) afirmam ainda que a especificação e verificação da tolerância, tanto dimensional quanto geométrica, são necessárias pois:

- O processo de medição não consegue determinar com exatidão o valor nominal do item em inspeção.

- Sem tolerância não existem parâmetros de controle e, como consequência, podem ocorrer falhas de montagem e de função da peça.

2.3.1 Tolerância Geométrica (GD&T)

A geometria de um produto é a premissa para sua intercambialidade, funcionalidade, segurança e estética; sendo assim é necessário utilizar uma linguagem adequada para especificação e tolerância das especificações geométricas (SOUSA; WANDEK, 2008).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira 6409 (NBR 6409), de 1997 ainda em vigor, diz em seus requisitos gerais:

“As tolerâncias de forma e posição devem ser indicadas quando necessárias, ou seja, para assegurar requisitos funcionais, intercambiabilidade e processos de manufatura”.
(ABNT NBR 6409, 1997).

Dessa maneira a NBR 6409 apresenta a uma tabela com os símbolos e seus respectivos significados, representados através da Quadro 02:

Quadro 02: Símbolos para característica tolerada.

Característica tolerada		Símbolo
Forma	Retitude	—
	Planeza	
	Circularidade	
	Cilindricidade	
	Perfil de linha qualquer	
	Perfil de superfície qualquer	
Orientação	Paralelismo	
	Perpendicularidade	
	Inclinação	
Posição	Posição	
	Concentricidade	
	Coaxialidade	
	Simetria	
Batimento	Circular	
	Total	

Fonte: ABNT NBR 6409, 1997.

Por fim é ilustrado, através da Figura 02, uma representação da linguagem de GD&T, apresentando cotas de tolerâncias dimensionais e especificação de tolerâncias geométricas.

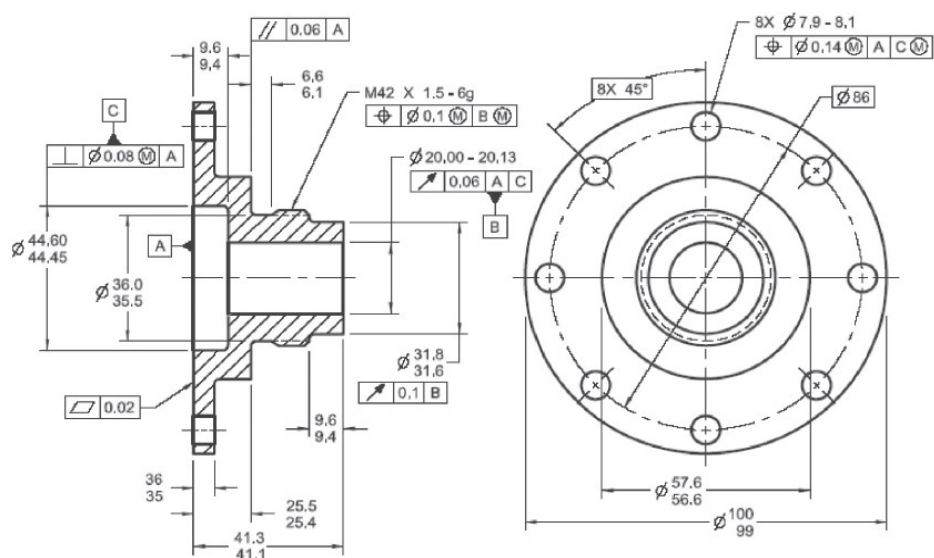


Figura 02: Exemplo de desenho técnico com linguagem GD&T.

Fonte: ASME, 2009.

2.3.2 Tolerância Dimensional

Aplicada em relação às dimensões da forma como: cilíndrica, esférica, ou a um conjunto de superfícies planas paralelas, cada uma associada com a dimensão; sendo a variação definida pelo campo de tolerância que uma dimensão específica pode ser aceita (MAZIERO, 1998).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira 6158 (NBR 6158) em vigor, possui a seguinte definição para tolerância e dimensão, respectivamente:

“Diferença entre dimensão máxima e a dimensão mínima, ou seja, diferença entre o afastamento superior e o afastamento inferior”. (ABNT NBR 6158, 1995)

“Número que expressa em uma unidade particular o valor numérico de uma dimensão linear”. (ABNT NBR 6158, 1995).

2.4 Inspeção Dimensional

A inspeção dimensional tem por objetivo manter o controle sobre os resultados do processo, que deve estar dentro dos parâmetros estabelecidos, sendo, portanto, uma atividade integrada ao sistema de manufatura separando as peças “não conformes”, garantindo dessa maneira o controle da qualidade; para isso é necessário que planos de inspeção sejam utilizados, devendo os mesmos apontar quais elementos devem ser verificados e com quais instrumentos verificar (MAZIERO, 1998).

2.5 Estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R)

Os estudos de R&R (Repetitividade e Reprodutibilidade), ou no inglês GR&R (*Gauge Repeatability and Reproducibility*), são utilizados para melhoria e controle da qualidade, sendo aplicado para determinar a capacidade

do sistema de medição (SHI; CHEN; FU LU, 2014). Sendo repetitividade e reprodutibilidade respectivamente definidas como:

“Repetitividade - Condição de medição num conjunto de condições, as quais incluem o mesmo procedimento de medição, o mesmo operador, o mesmo sistema de medição, as mesmas condições de operação e o mesmo local, assim como medições repetidas no mesmo objeto...” (INMETRO, 2012)

“Reprodutibilidade - Condição de medição num conjunto de condições, as quais incluem diferentes locais, diferentes operadores, diferentes sistemas de medição e medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares”. (INMETRO, 2012)

Dessa maneira a repetitividade é a variação dos valores medidos dentro do sistema, com os mesmos padrões e operadores; e a reprodutibilidade a variação obtida por diferentes operadores e padrões dentro do sistema (AZEVEDO *et. al.*, 2013). Sendo assim, a Figura 03 representa os termos de reprodutibilidade e repetitividade.

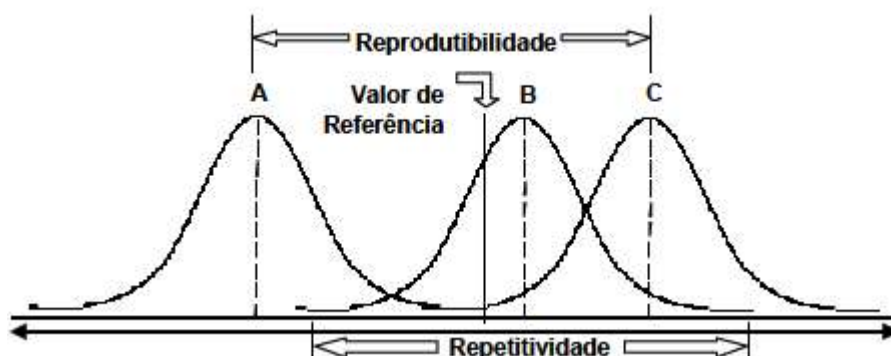


Figura 03: Conceito de repetitividade e reprodutibilidade.

Fonte: Silva, 2005.

2.5.1 Cálculo de R&R

O manual MSA (*Measurement Systems Analysis*), da *Automotive Industries Action Group* - AIAG (2010), apresenta um conjunto de procedimentos que tem por objetivo fazer a avaliação dos sistemas de medição como parte integrante do sistema da qualidade (ABACKERLI *et. al.*, 2015). Segundo AIAG (2010), existem diversos métodos de se calcular o R&R, porém os mais aceitáveis são: método de intervalo, método da média amplitude e método Anova.

No estudo de R&R, o critério para verificação, da satisfação ou não, do sistema de medição está definido no manual MSA (SOARES JÚNIOR; ALBERTIN; SILVA, 2011):

- Valor R&R $\leq 10\%$, o sistema de medição é considerado como aceitável;
- Valor R&R $\geq 10\%$ e $\leq 30\%$, o sistema de medição pode ser aceito, com base na importância de sua aplicação, no custo do equipamento de medição, entre outros fatores. Porém o sistema deve ser melhorado;
- Valor R&R $\geq 30\%$, sistema de medição é considerado como inaceitável.

2.5.1.1 Método de Intervalo

O método de intervalo é um estudo rápido que fornece uma visão geral e superficial, uma vez que não faz a decomposição de todo o sistema de variabilidade de repetibilidade e reprodutibilidade; é tipicamente usado para verificar se o GRR / *Gage R&R* (*Gage Repeatability and Reproducibility*) não foi alterado (AIAG, 2010).

2.5.1.2 Método da Média-Amplitude

É utilizado para fornecer informações mais completas sobre o sistema de medição, baseando-se na média amostral (\bar{X}) e na amplitude amostral (\bar{R}). Ele permite a decomposição dos componentes, sendo assim é

possível identificar e tomar ações corretivas, caso necessário. Exemplificado, se o componente de repetibilidade (σ_{repe}) comparado ao componente de reprodutibilidade (σ_{repro}) é superior, o instrumento pode estar danificado, precisando de manutenção ou o local de medição necessita ser revisto; caso o contrário seja verificado, o operador pode estar utilizando o instrumento de medição de maneira inadequada, a leitura do instrumento pode não ser clara, o procedimento de medição pode / deve sofrer revisão (ABACKERLI *et. al.*, 2015).

2.5.1.3 Método de Análise de Variância (ANOVA)

É o mais exato para o estudo de R&R e, também, o mais complexo (ARBELÁEZ; SALAZAR; VARGAS, 2007). O método ANOVA requer softwares para realizar os cálculos e tabelas estatísticas, o que o torna mais demorado (SILVA, 2005). O método ANOVA se decompõe em quatro categorias: peças, avaliadores, interação entre peças e avaliadores e erro de replicação devido ao instrumento de medição (AIAG, 2010). A condução para o estudo de R&R pode ser realizada seguindo as fórmulas da Tabela A3 do Manual MSA 4ª edição, ou Tabela ANOVA (ARBELÁEZ; SALAZAR; VARGAS, 2007; AIAG, 2010).

2.6 Rodas Ferroviárias

As rodas ferroviárias podem ser forjadas ou fundidas; a principal diferença está no processo produtivo e aplicação das rodas (MINICUCCI, 2003). As rodas fundidas podem ser usadas apenas no transporte de cargas (vagões de carga), enquanto as rodas forjadas podem ser usadas em qualquer tipo de aplicação: vagões de carga, carros de passageiros e locomotivas (MINICUCCI, 2011).

A roda ferroviária possui uma nomenclatura para cada região, ilustrada na Figura 04.

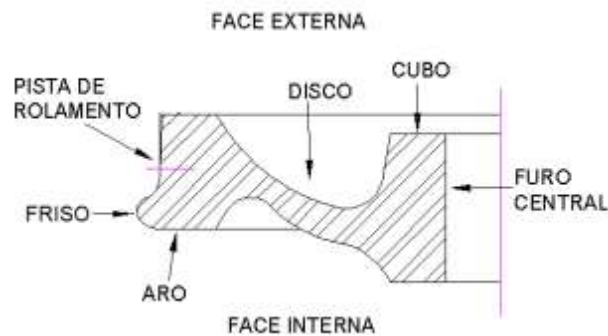


Figura 04: Nomenclatura da roda ferroviária.

Fonte: Adaptado de Villas Bôas, 2010.

A região da roda que possui contato com o trilho e ao mesmo tempo suporta a carga do trem é a região da pista de rolamento, região esta que para a maioria dos trens, principalmente de carga, é também a região de contato com a sapata de freio no momento da frenagem, conforme esquema da Figura 05.

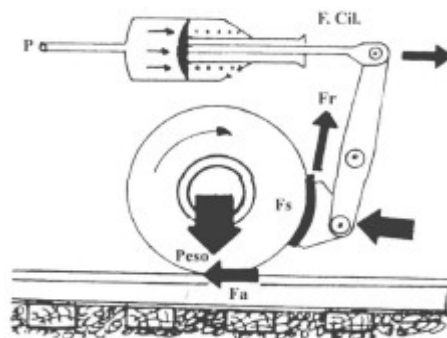


Figura 05: Esquema de frenagem.

Fonte: Roza, 2000.

As rodas ferroviárias utilizadas no Brasil, em sua maioria, são derivadas de aço com uma porcentagem de Carbono (C) entre 0,67 e 0,77; classificadas pela norma regulamentadora norte americana do setor ferroviário *Association of American Railroads - AAR* (2016) como “Classe C”. Porém, existem outras classes, exemplificadas pela Tabela 01.

Tabela 01: Composição química e dureza.

Elementos químicos	Classes				
	L	A	B	C	D
Carbono (%)	<0,47	0,47 - 0,57	0,57 - 0,67	0,67 - 0,77	0,67 - 0,77
Manganês (%)	0,60 - 0,90	0,60 - 0,90	0,60 - 0,90	0,60 - 0,90	0,60 - 0,90
Fósforo (%)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Enxofre (%)	0,005 - 0,04	0,005 - 0,04	0,005 - 0,04	0,005 - 0,04	0,005 - 0,04
Silício (%)	0,15 - 1	0,15 - 1	0,15 - 1	0,15 - 1	0,15 - 1
Dureza (BHN)	197 - 277	255 - 321	302 - 363	321 - 363	341 - 415

Fonte: AAR, 2016.

As rodas, de acordo com sua classe, também são divididas quanto sua aplicação, conforme AAR (2016), onde:

- Classe L: material destinado a serviços de alta velocidade com severas condições de frenagem e cargas leves.
- Classe A: material destinado a serviços de alta velocidade com severas condições de frenagem e cargas moderadas.
- Classe B: material destinado a serviços de alta velocidade com severas condições de frenagem e altas cargas por roda.
- Classe C: material destinado a serviços com altas cargas de frenagem e altas cargas por roda, ou serviços com condições severas de frenagem onde são aplicados freios fora da pista de rolamento.
- Classe D: material destinado a serviços carga pesada (Heavy Haul), indicada para o transporte de minérios com carga por eixo acima de 30 toneladas.

Existem outras classificações de materiais, variando conforme norma (UIC - *Union Internationale des Chemins de Fer*, EN - *Europäische Norm*, entre outras) e / ou especificação, porém as mais utilizadas no Brasil são os materiais da classificação AAR (2016).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Existem diversas formas de se classificar uma pesquisa, porém, a seguir é apresentada a classificação desta dissertação: quanto à natureza, quanto aos objetivos e quanto à abordagem do problema, e métodos.

Esta dissertação possui natureza de pesquisa aplicada, onde segundo Mello e Turrioni (2012), procura expor determinado problema de maneira a saná-lo com aplicação prática. Sendo acrescida do cenário comercial, uma das características da pesquisa aplicada, por também possuir um papel de otimização do processo de manufatura, uma vez que um dos objetivos é a exclusão da inspeção dimensional final, direcionando desta maneira para a redução de custos, conforme necessidade de mercado.

Com relação aos objetivos, a mesma é classificada como exploratória por possuir como característica explorar e tornar o problema compreensível através da realização de: levantamento bibliográfico (indicando o quão distante as empresas estão dos conceitos da literatura), emprego de questionário e visitas às empresas participantes, possibilitando assim uma maior clareza ao leitor.

Quanto à abordagem, foi empregada nesta dissertação a combinada. Em determinados momentos utiliza-se aspectos quantitativos, com a aplicação do método R&R (onde é utilizada ferramenta estatística, gerando resultados numéricos para análise). Em outros momentos assume a abordagem qualitativa, com o emprego do questionário e visitas realizadas às empresas (com o intuito de caracterizar a era da qualidade) não traduzidos em número.

Por fim, o método adotado foi o estudo de caso, por apresentar um problema que não tem uma solução pré-definida, exigindo empenho da gestão da empresa estudada, visando identificar o problema, analisar evidências, desenvolver argumentos lógicos, avaliar e propor soluções, sendo este um dos mais indicados para este caso, segundo Silva e Menezes (2005).

3.1 Método Empregado na Pesquisa

O desenvolvimento dessa pesquisa emprega o método de estudo de caso, uma vez que se trata de uma investigação empírica sobre um fenômeno

atual dentro de um contexto de vida real; enfrentando uma situação única, onde estarão presentes diversas variáveis de interesse, conforme caracterização de Yin (2001).

Para tanto, este estudo de caso apresenta alguns dos métodos para coleta de dados que serão apresentados nos tópicos seguintes (3.2.1 e 3.2.2), sendo a mesma realizada conforme a empresa:

- Empresa principal - onde houve a motivação pela pesquisa, bem como a vontade de produção do estudo de caso, além da disponibilidade de recursos (mão-de-obra, tempo e ferramenta).
- Empresas secundárias / externas - empresas que trabalham com usinagem, mesmo processo de manufatura que a empresa principal, e / ou possuem experiência com componentes ferroviários.

3.1.1 Empresa Principal - Coleta de Dados

Para fins de posicionamento da pesquisa, a empresa que por questões de sigilo não pode ser identificada será denominada como “Empresa Principal”, a mesma pertence ao setor ferroviário e está situada em um raio de aproximadamente 120 km da cidade de São Paulo.

A Empresa Principal, objeto central da pesquisa, atua no setor ferroviário há mais de 50 anos, obtendo presença no mercado nacional e internacional. Para demonstrar um pouco da importância da Empresa Principal no mercado brasileiro, pode-se dizer que a mesma é uma das principais fornecedoras de materiais rodantes para: Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô / São Paulo), Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM / São Paulo), Supervia - Trens Urbanos (Rio de Janeiro), CCR Metrô Bahia (Salvador), além dos demais clientes nacionais e internacionais.

Para a coleta de dados foi utilizado a observação participante, uma vez que se trata da realidade em que o pesquisador está inserido; além de um levantamento (experimento) comparativo de medições realizadas entre operadores (de usinagem) e inspetores (de qualidade, responsáveis pelas medições dimensionais) sobre as mesmas peças (2 rodas ferroviárias) e

condições. Em resumo, a pesquisa foi realizada no setor de usinagem de rodas ferroviárias e no setor de inspeção.

Ao final, os dados foram plotados e analisados com a ajuda de um software estatístico para cálculo do R&R, o “Minitab 17”.

3.1.2 Empresas Secundárias / Externas - Coleta de Dados

Para a coleta de dados foi utilizado um questionário (Apêndice A) composto por 48 perguntas em sua totalidade, sendo que 2 perguntas eram opcionais e 18 perguntas que só seriam respondidas dependendo da resposta anterior, exemplificando tal situação: “*A empresa possui outras unidades (filiais ou matriz)? Em caso positivo responda também à questão ‘C.A’ e ‘C.B’; em caso negativo vá para pergunta ‘D’*”. É de se ressaltar que junto ao questionário foi enviado um texto de introdução, explicando os objetivos e propósitos do questionário, conforme orientação de Mello e Turrioni (2012). Ele foi estruturado em 8 partes, sendo caracterizadas da seguinte forma:

Parte 1, 2 e 3 - identificação do entrevistado e identificação da empresa.

Parte 4 - visão generalista sobre a área da qualidade.

Parte 5 - controle de qualidade da linha de produção.

Parte 6 - controle de qualidade na criação do processo de produção e índices (indicadores) de qualidade.

Parte 7 - controle de qualidade após produção.

Parte 8 - comentário do entrevistado, opcional.

O questionário foi enviado para 26 empresas do mesmo ramo de atuação, usinagem, porém apenas 6 empresas retornaram com o questionário respondido, equivalente à 23,07% do total; indo ao encontro da afirmação de Mello e Turrioni (2012), onde o mesmo afirma que apenas 25% dos questionários retornam respondidos.

As empresas que retornaram com o questionário, conforme o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), são classificadas em: microempresa, pequena empresa e média empresa situadas

na região do Vale do Paraíba (Jambelero, São José dos Campos e Taubaté) e Grande São Paulo (Guarulhos, Mauá e Osasco).



Figura 06: Localização das empresas que retornaram com o questionário.

Fonte: Autor, 2017.

É importante distinguir a classificação feita pelo SEBRAE e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Para o SEBRAE a classificação da empresa é realizada conforme o número de empregados que ela possui (SEBRAE, 2017); já para o BNDES a classificação é realizada conforme a receita operacional bruta (ROB) das empresas ou conforme a renda anual de clientes, pessoas físicas (BNDES, 2017). Para um melhor entendimento, veja o quadro a seguir.

Quadro 03: Classificação de empresas, conforme BNDES e SEBRAE.

CLASSIFICAÇÃO	BNDES CRITÉRIO: RECEITA OPERACIONAL BRUTA ANUAL OU RENDA ANUAL	SEBRAE CRITÉRIO: NÚMERO TOTAL DE EMPREGADOS
MICROEMPRESA	Menor ou igual a R\$ 2,4 milhões	com até 19 empregados
PEQUENA EMPRESA	Maior que R\$ 2,4 milhões e menor ou igual a R\$ 16 milhões	de 20 à 99 empregados
MÉDIA EMPRESA	Maior que R\$ 16 milhões e menor ou igual a R\$ 90 milhões	de 100 à 499 empregados
MÉDIA-GRANDE EMPRESA	Maior que R\$ 90 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões	Não existe essa classificação pelo SEBRAE
GRANDE EMPRESA	Maior que R\$ 300 milhões	mais de 500 empregados

Fonte: Autor, 2017.

O questionário enviado as empresas possuía 2 papéis: a coleta de dados, papel principal, com o intuito de possuir uma visão da empresa em relação a tratativa que as peças sofriam após usinagem, bem como seus controles de qualidade de produção; e a aproximação para possíveis visitas para realização da observação, sendo este o segundo passo para coleta de dados.

Posteriormente foram realizadas visitas à 4 empresas (das cidades de: Jambéiro, Guarulhos, Mauá e Osasco) com o intuito de executar uma observação sistemática nas áreas de usinagem (produção) e inspeção, visando comprovar as respostas do questionário e pontos que poderiam ser de relevância que não foram registrados no questionário. Importante salientar que as 4 empresas que sofreram visitas possuem experiência em usinagem de rodas ferroviárias ou algum outro componente ferroviário, dessa maneira é possível realizar uma observação de como diferentes empresas tratam com o mesmo tipo de usinagem, verificando assim a “era da qualidade” que cada uma se encontra, bem como a tratativa que é empregada à peça após as operações de usinagem.

3.2 Estrutura da Pesquisa

A estrutura da presente pesquisa pode ser melhor observada na Figura 07, onde é representada toda a descrição já realizada anteriormente, partindo do tema da pesquisa, referencial teórico, coleta de dados (sendo a mesma dividida em 2 ramificações), análise dos dados coletados e geração do relatório final (dissertação).

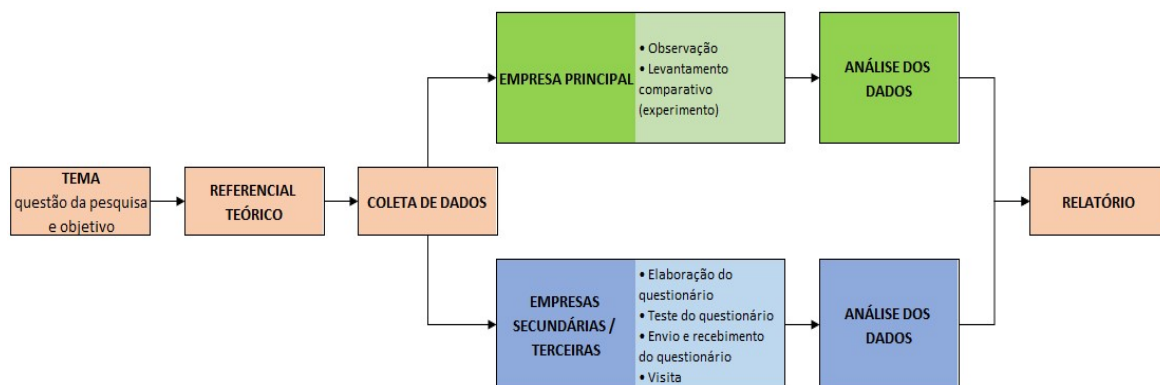


Figura 07: Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.

Fonte: Autor, 2017.

4. O ESTUDO DE CASO DA EMPRESA PRINCIPAL PESQUISADA

O estudo de caso aqui apresentado foi realizado em uma empresa metalúrgica, de médio porte, do setor ferroviário. A empresa em questão é uma das expoentes no setor ferroviário brasileiro, porém, por questões de sigilo não terá seu nome divulgado. Uma melhor caracterização da empresa é apresentada no tópico 3.1.1.

4.1 Processo de Manufatura da Empresa Principal

A empresa estudada tem em seu processo atual de manufatura os seguintes processos: produção do aço (aciaria), forjamento, tratamento térmico, ensaios destrutivos e não destrutivos (laboratório físico), usinagem e inspeção. Todos os processos, citados anteriormente, serão melhor explicados a seguir na mesma sequência em que ocorrem. Entretanto, os processos de interesse para esta pesquisa, são os setores de usinagem e inspeção que serão, posteriormente, melhor abordados.

4.1.2 Produção do Aço – Aciaria

A produção do aço tem início na seleção da sucata metálica, ao selecioná-la o forno elétrico (com capacidade para 35 toneladas) é abastecido e, então, inicia-se o processo de fusão. A sucata é fundida e a composição química é ajustada conforme norma e/ou especificação, fazendo a adição de elementos de liga, tais como: Carbono, Manganês, Molibdênio, Titânio, Vanádio, Silício, entre outros.

Durante o processo de fusão, amostras são coletadas com o intuito de verificar a composição química, realizada através do espectrômetro de emissão óptica, para possíveis acertos caso seja necessário.

Após o processo de fusão, o aço líquido é transferido do forno para a panela, operação denominada como vazamento. O vazamento do aço para a panela é realizado em uma temperatura aproximada de 1600 °C. Nesta operação

é realizado mais uma coleta de amostra para verificação da composição química, e ajustes finos de composição são realizados.

A panela com o aço líquido é transferida para outra etapa do processo, a desgaseificação, sendo realizada em um equipamento denominado desgaseificador. O principal objetivo da desgaseificação é reduzir os teores de gases no aço, em especial o hidrogênio, que segundo Minicucci (2011) é o principal responsável pela fragilização e trincas no aço.

A desgaseificação resulta em uma maior qualidade do aço, que posteriormente é transferida para as rodas ferroviárias. De acordo com Minicucci (2011), essa qualidade é expressa em:

- Homogeneidade e limpeza estrutural do aço.
- Redução de inclusões não metálicas.
- Baixo teor de enxofre e fósforo.
- Baixa concentração de hidrogênio, nitrogênio e oxigênio.
- Aumento da tenacidade a fratura (K_{1C}).

Ao fim da desgaseificação, a panela com aço líquido é transferida ao setor de lingotamento, realizando assim a vazão do aço às lingoteiras para que seja extraído o lingote (denominação dada ao aço solidificado após ser removido das lingoteiras).

Após extração dos lingotes, os mesmos são transportados para as fossas de resfriamento, onde ficam por aproximadamente 12 horas para evitar as trincas térmicas. Ao fim do resfriamento, o processo de produção do aço é dado como concluído e o lingote é transportado para o setor de forjamento.

4.1.3 Forjamento de Rodas Ferroviárias

Ao entrar no setor de forjamento, o primeiro passo é o corte do lingote em blocos, sendo realizado em uma serra de disco. O corte do lingote é definido conforme o peso da roda a se fabricar. Ao fim do corte, os blocos são pesados automaticamente, estando conforme peso definido em processo os mesmos são enviados ao forno de aquecimento através de uma esteira.

No forno de aquecimento, os blocos são aquecidos à uma temperatura superior à 1.000 °C. Após esse aquecimento os blocos são

removidos um a um, sendo transportados para um jateamento de água de alta pressão para remover a carepa (pele) presente no bloco, formada pelo processo de aquecimento. Logo em seguida, os blocos são enviados para a linha de forjamento, sendo este processo dividido em três equipamentos: prensa de 6.000 (1ª etapa do forjamento), laminador (2ª etapa, laminação) e prensa de 3.000 toneladas (3ª etapa).

A prensa de 6.000 toneladas, 1ª etapa, é responsável em conferir ao bloco um formato bem definido de roda. Já a etapa seguinte (2ª etapa), a laminação, possui o papel de formar a pista de rolamento da roda¹, bem como o friso, transferindo material do disco da roda para o friso. Ao fim, a última etapa do processo de forjamento, 3ª etapa, é realizada a prensagem final, onde é conformado o disco da roda (perfil do disco) e realizado o puncionamento do furo central da roda. Nesta última etapa, a temperatura da roda está acima dos 800°C.

Com o fim das etapas de forjamento, a roda é transferida para fossas de resfriamento cobertas, permanecendo por aproximadamente 12 horas, um resfriamento lento e controlado.

4.1.4 Tratamento Térmico

O tratamento térmico é realizado em dois fornos elétricos e uma máquina de têmpera (jato d'água), dividido em três etapas.

A 1ª etapa, realizada em forno elétrico, consiste em aquecer a roda à uma temperatura acima de 800 °C. Posteriormente, na 2ª etapa, a roda é temperada em água, com jatos d'água em temperatura ambiente direcionados, apenas, para a pista de rolamento da roda, garantindo a dureza nesta região da roda (local onde é realizado o contato com o trilho).

A última etapa do tratamento térmico, 3ª etapa, é o revenimento da roda, também realizado em forno elétrico. No revenimento, as rodas passam pelo forno a uma temperatura de aproximadamente 500 °C para alívio de tensão; nesta etapa se determina a dureza que irá definir, junto à composição química, a classe da roda. Ao fim dessa última etapa, as rodas são resfriadas lentamente

¹ As regiões da roda (pista de rolamento, friso, disco, etc.) são ilustradas na Figura 04, localizada no tópico 2.6.

ao ar livre. Posteriormente análises estruturais e ensaios mecânicos são realizados, tais como: ensaio de tração, tenacidade a fratura, impacto a 20 °C, mapa de dureza, tamanho de grão, entre outros definidos em normas ou especificações. Com a aprovação dos ensaios e análises, as rodas são liberadas para seguir à próxima etapa do processo, a usinagem.

4.1.5 Usinagem

O processo de usinagem é elaborado conforme as características dimensionais e geométricas das rodas. Alguns processos de usinagem são mais complexos (normalmente rodas ferroviárias destinadas a transporte de passageiros), necessitando de maior número de operações. Já outras rodas possuem um processo de usinagem mais simples, com operações básicas (normalmente rodas ferroviárias para vagões de carga).

O processo detalhado a seguir faz referência ao processo básico de usinagem, em uma roda nos padrões da norma AAR, onde são realizadas as seguintes operações:

(A) Usinagem do lado interno da roda, nas regiões de superfície do aro e cubo. Uma das principais cotas controladas nesta operação é a distância (altura / projeção) da superfície do aro em relação à superfície do cubo. Operação denominada como 1ª operação.

(B) Usinagem do furo central da roda. Esta é a região onde é acoplado eixo ferroviário na montagem. Nesta operação as atenções são voltadas ao diâmetro do furo central. 2ª operação.

(C) Usinagem do lado externo da roda, nas regiões de superfície do aro, cubo e pista de rolamento (região de contato com o trilho). Nessa operação, o controle é direcionado ao diâmetro total da roda, assim como a verificação do perfil da pista de rolamento. 3ª operação.

(D) Usinagem do lado externo da roda, na região do disco. Nesta etapa é controlado o perfil do disco e a espessura do disco (prévia). 4ª operação.

(E) Usinagem do lado interno da roda, na região do disco. Essa é a etapa final de usinagem (neste processo); onde é verificado, também, o perfil do disco e a espessura final. 5ª operação.

Para ilustrar as operações de maneira mais clara, a Figura 08 identifica as regiões usinadas detalhadas e indicadas pela seta, assim como a posição da roda no momento da usinagem.

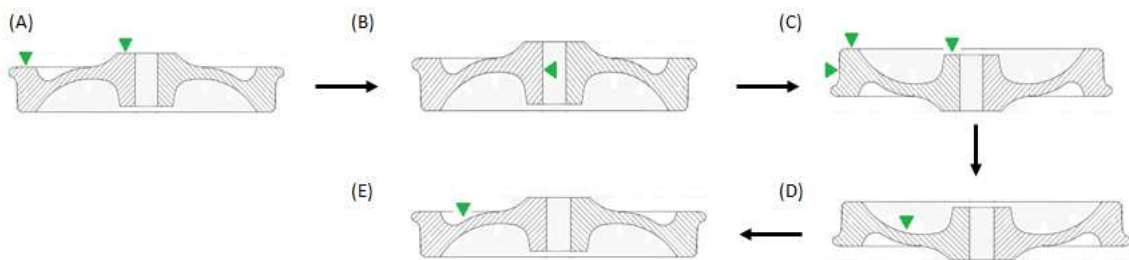


Figura 08: Processo básico de rodas ferroviárias.

Fonte: Autor, 2017.

Ao final do processo de usinagem, as rodas passam por um jateamento com granalha (*shot peening*) e só assim são enviadas ao setor de inspeção.

4.1.6 Inspeção

A primeira etapa da inspeção é o ultrassom no aro, pista e no cubo da roda. Essa etapa visa detectar a sanidade interna do material, onde os padrões utilizados conforme AAR são: 1,6 mm no aro e 5 mm no cubo; ou seja, qualquer defeito interno (vazio) cujo diâmetro seja maior ou igual aos padrões mencionados acima, nas respectivas regiões, a roda é rejeitada.

Logo após o ultrassom, as rodas são inspecionadas por partícula magnética na região do disco, esta inspeção visa detectar trincas superficiais e subsuperficiais. Caso alguma trinca seja identificada a roda deverá retornar a usinagem, se ainda possuir material suficiente (dimensional), para remoção da trinca. Se não existir material suficiente, impossibilitando a remoção da trinca, a roda é sucateada.

Ao fim da partícula magnética a roda é posicionada para medição da dureza, porém, para aproveitar o posicionamento da roda é realizada a inspeção dimensional no lado externo da roda (em 100% do lote), de maneira manual com instrumentos.

A medição da dureza é a etapa seguinte ao processo de inspeção. A dureza da roda é verificada no aro interno, a 25 mm da pista de rolamento, na medida de escala "*Brinell*" (BHN). Medição realizada através da impressão (marca) deixada no aro da roda por uma esfera de 10 mm de diâmetro que sofre uma carga de 3.000 kgf/cm². Após realização da medição da dureza, as rodas passam novamente por inspeção dimensional (100% do lote), agora do lado interno da roda, de forma manual com instrumentos de medição.

As rodas aprovadas são protegidas com óleo anticorrosivo e embaladas para envio ao cliente final. Para se ter uma melhor visão do processo de manufatura da roda ferroviária, a Figura 09 ilustra o processo de forma macro.

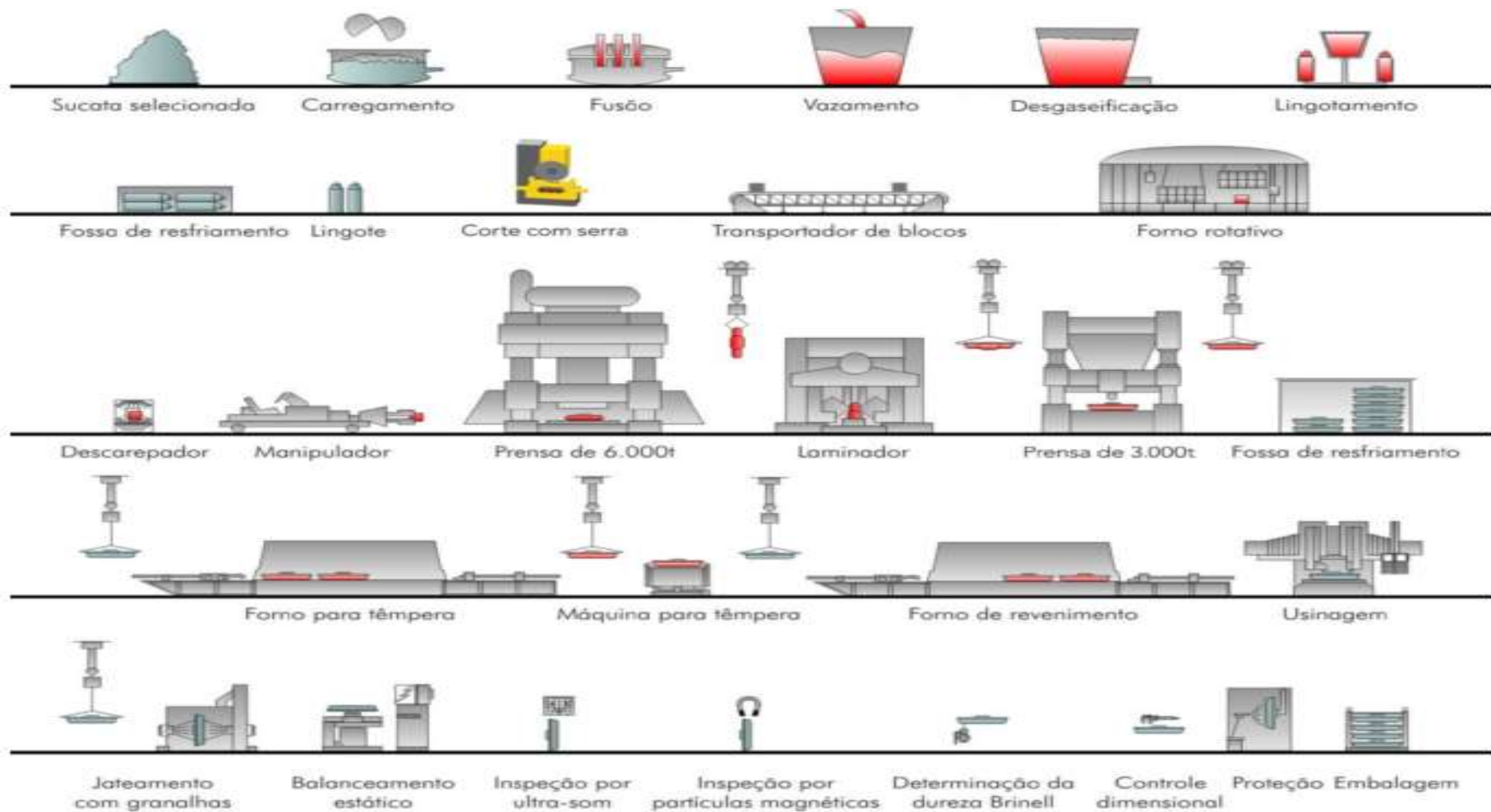


Figura 09: Fluxograma macro do processo de fabricação de rodas ferroviárias.

Fonte: Autor, 2017.

4.2 O Estudo de Caso – Usinagem e Inspeção

O atual processo de usinagem da empresa estudada é composto basicamente de 5 operações, como já citado anteriormente no tópico 4.1.5. Em cada operação uma ou mais características dimensionais e geométricas são geradas, e devem ser controlados pelo operador.

Dessa maneira, após cada operação de usinagem concluída o operador realiza as medições necessárias e registra² em um documento as medidas encontradas, ou seja, é realizada uma inspeção 100% nas rodas ferroviárias durante o processo de usinagem.

Posterior a usinagem as rodas são transferidas para a linha de inspeção, onde é realizada a inspeção de ultrassom, partícula magnética, dureza e dimensional final nas rodas ferroviárias. A seguir é apresentado o fluxo da linha de inspeção.

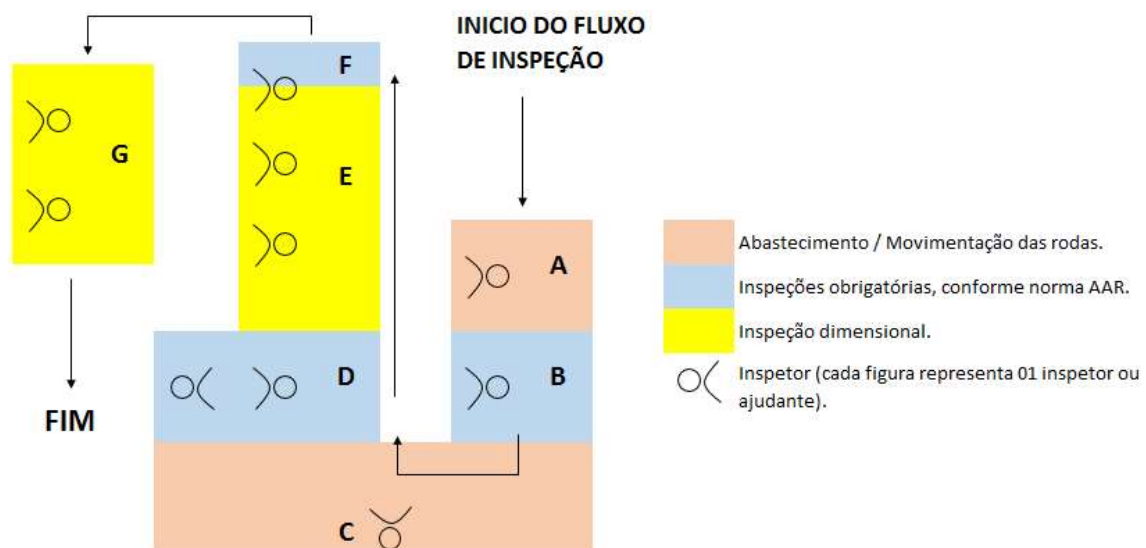


Figura 10: Fluxo da linha de inspeção.

Fonte: Autor, 2017.

As etapas A e C são etapas de movimentação / abastecimento. Como a movimentação das rodas não é automatizada dentro da linha de inspeção, é destinado um ajudante de inspeção para cada uma dessas atividades.

² Apesar da inspeção ser realizada roda a roda, o registro das medições nem sempre é realizado 100%.

As etapas B, D e F são etapas obrigatórias para todas as rodas ferroviárias produzidas, exigidas pela norma do segmento ferroviário (AAR), sendo respectivamente as inspeções de:

- Ultrassom – onde 1 (um) inspetor acompanha a inspeção realizada por uma máquina automatizada; sendo o mesmo responsável em ajustar os padrões de inspeção conforme dimensional da roda ferroviária, e atestar a inspeção da mesma.
- Partícula Magnética – 2 (dois) inspetores são responsáveis por esta etapa, cada um deve inspecionar um lado da roda (interno e externo). Ao contrário do ultrassom, a partícula magnética é realizada de maneira “manual”, onde os inspetores são os responsáveis pela detecção ou não das trincas superficiais e / ou subsuperficiais.
- Medição de dureza – 1 (um) inspetor é responsável pela medição e registro da dureza nas rodas ferroviárias.

Já as etapas E e F representam as inspeções dimensionais, onde são dedicados de 4 à 5 inspetores para a atividade.

Como pode ser observado no fluxo anterior, são empregados 2 ajudantes de inspeção e 8 inspetores, sendo que 1 inspetor divide sua atividade em medição dimensional (E) e medição de dureza (F). Em resumo, 10 pessoas trabalham na linha de inspeção.

Partindo do princípio que todas as rodas ferroviárias possuem um processo e desenho que detalham ao operador as cotas críticas a serem controladas em cada operação, e o mesmo realiza as medições nas respectivas etapas do processo de usinagem, não haveria motivos para repetição da inspeção dimensional, ou seja, existe a oportunidade de ganho, redução de custo (R\$) e tempo dentro do processo da roda ferroviária.

Dessa maneira, com o propósito de constatar a capacidade de medição dos operadores, para eliminação da inspeção dimensional final, foi realizado um experimento onde 11 (onze) operadores e 3 (três) inspetores realizaram a medição de 2 (duas) rodas ferroviárias nas mesmas condições ambientes e com os mesmos instrumentos. Os resultados serão apresentados a seguir, no próximo capítulo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Eliminação da Inspeção Dimensional Final

Foram selecionados 11 (onze) operadores e 3 (três) inspetores de maneira aleatória para realizar a medição em 2 (duas) rodas ferroviárias sob as mesmas condições, para execução do estudo de R&R.

Com o intuito de fazer um comparativo real entre operadores e inspetores, objetivando comprovar que ambos são capazes de “encontrar os mesmos resultados”, as rodas foram divididas em 4 (quatro) regiões para medição sob os mesmos pontos (conforme Figura 11). Buscando assim analisar a possibilidade de eliminar a inspeção dimensional final.

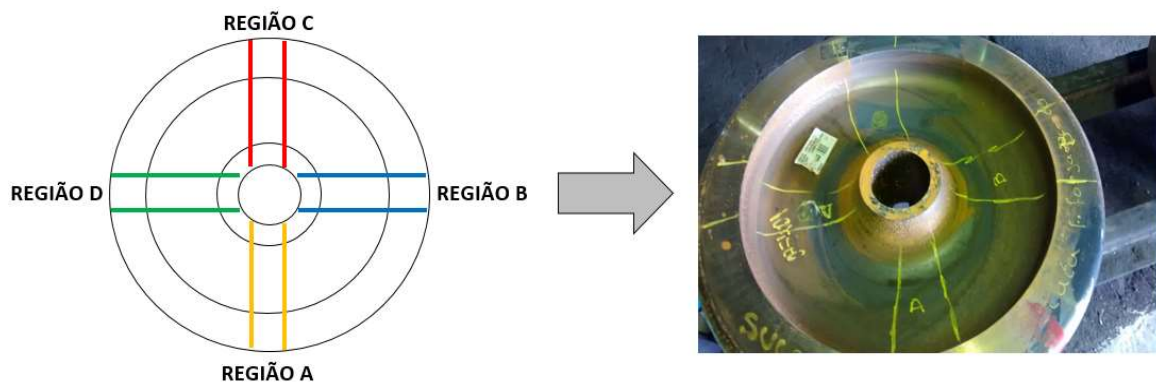


Figura 11: Detalhe da divisão da roda ferroviária.

Fonte: Autor, 2017.

Os operadores e inspetores fizeram as medições nas 4 (quatro) regiões da roda (A, B, C e D), sobre as seguintes cotas:

- Cota L - espessura do aro.
- Cota P - comprimento do cubo.
- Cota R2 - distância / altura da face cubo em relação a face do aro.
- Cota G1 - largura do aro da roda, também conhecido como “vida”.

Para um melhor entendimento, a Figura 12 ilustra as cotas citadas anteriormente.

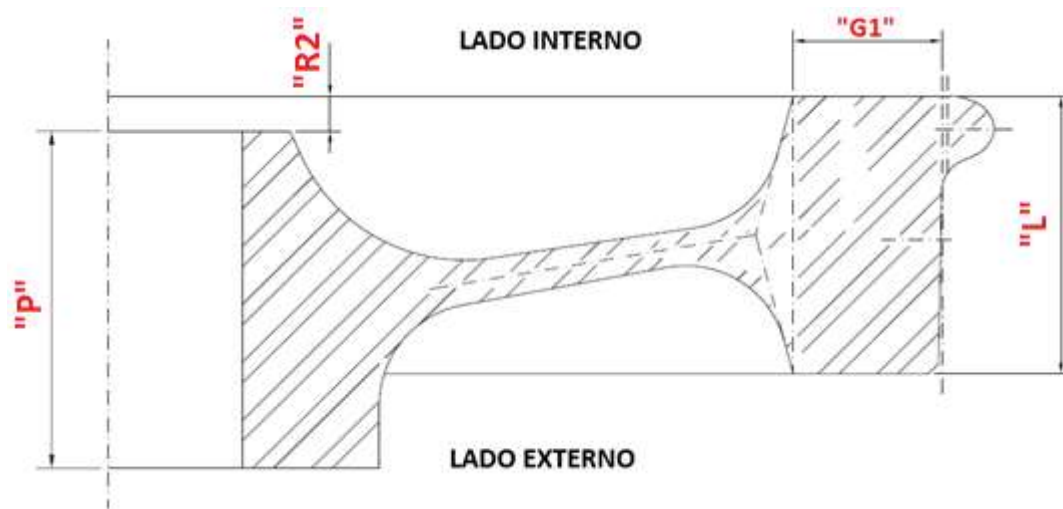


Figura 12: Detalhe das cotas medidas.

Fonte: Autor, 2017.

Na medição foram utilizados: paquímetro, régua e gabarito. Todos os instrumentos utilizados estavam calibrados e aprovados, conforme evidenciado pelos certificados de calibração gerados por um laboratório metrológico credenciado / autorizado (anexos: B, C e D).

As imagens 13 e 14 mostram as medições da cota G1 e a cota R2, respectivamente.



Figura 13: Medição da cota G1 com o gabarito.

Fonte: Autor, 2017.



Figura 14: Medição da cota R2 com paquímetro e régua.

Fonte: Autor, 2017.

As medições são realizadas da seguinte maneira:

- Cota L - uso de paquímetro. Os pontos de contato são as superfícies do aro interno e externo, sendo a distância entre elas o resultado dimensional.

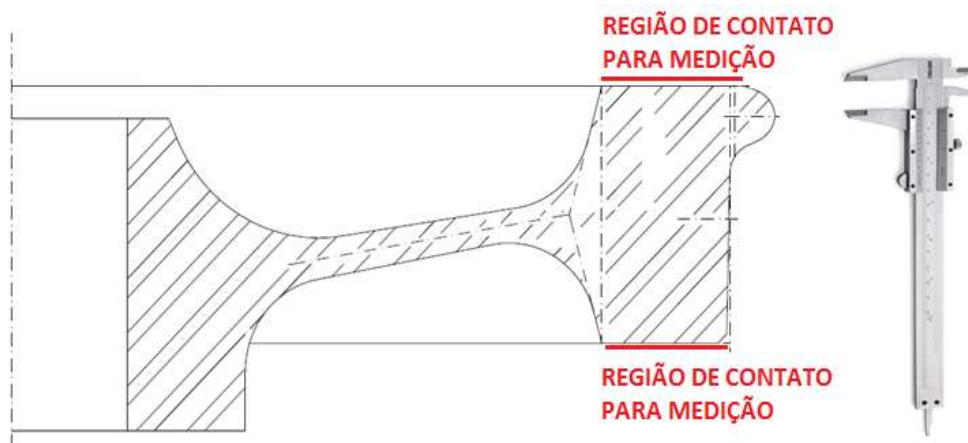


Figura 15: Medição da cota L.

Fonte: Autor, 2017.

- Cota P - uso de paquímetro. Os pontos de contato são as superfícies do cubo interno e externo, sendo a distância entre elas o resultado dimensional.

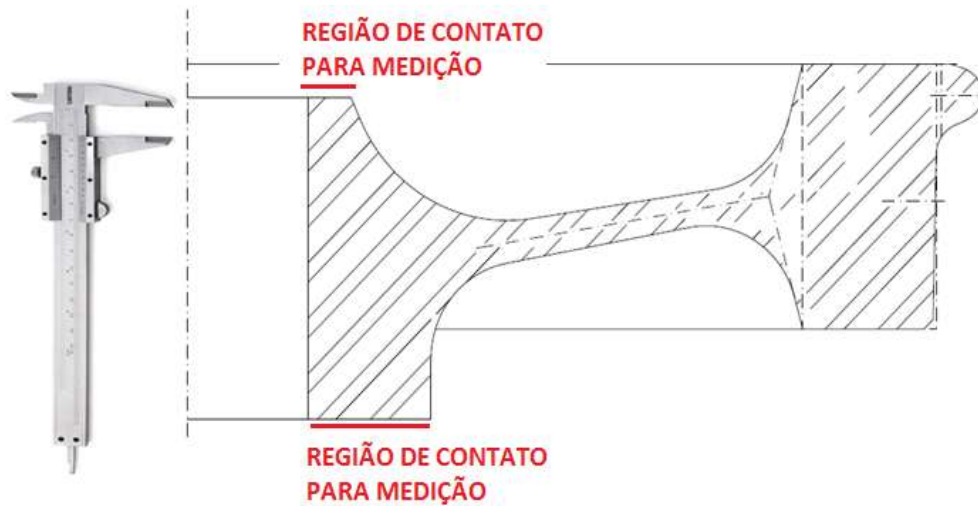


Figura 16: Medição da cota P.

Fonte: Autor, 2017.

- Cota R2 - uso de paquímetro e régua. A régua é apoiada na superfície do aro interno e o paquímetro utilizado para medição da distância do espaço da régua para a superfície do cubo interno. É importante ressaltar que a espessura da régua é medida com o próprio paquímetro para posterior subtração e conhecimento real da medida.

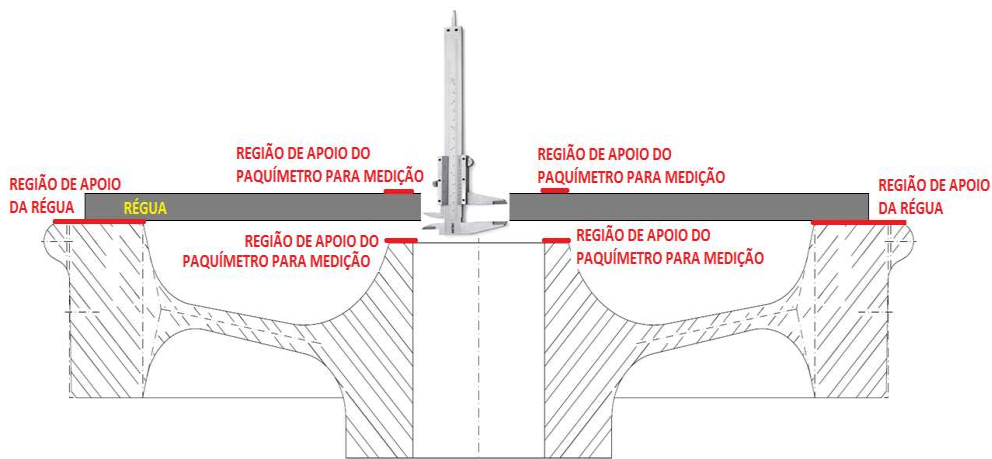


Figura 17: Medição da cota R2.

Fonte: Autor, 2017.

- Cota G1 - uso de “gabarito de vida”. O gabarito é apoiado na pista de rolamento e no aro, sendo a medida o resultado da largura do aro interno.

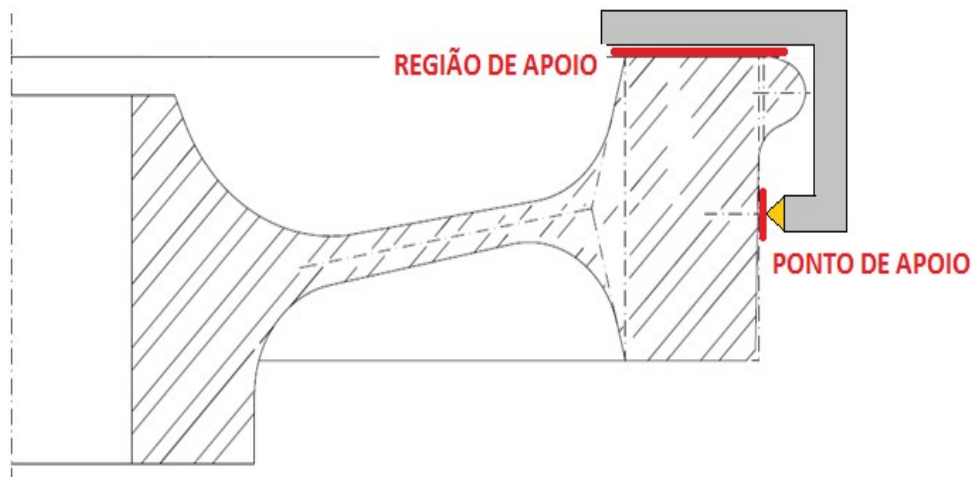


Figura 18: Medição da cota G1.

Fonte: Autor, 2017.

Ao final das medições os resultados foram coletados, possibilitando gerar a Tabela 02.

Tabela 02: Resultados das medições realizadas (em milímetro - mm).

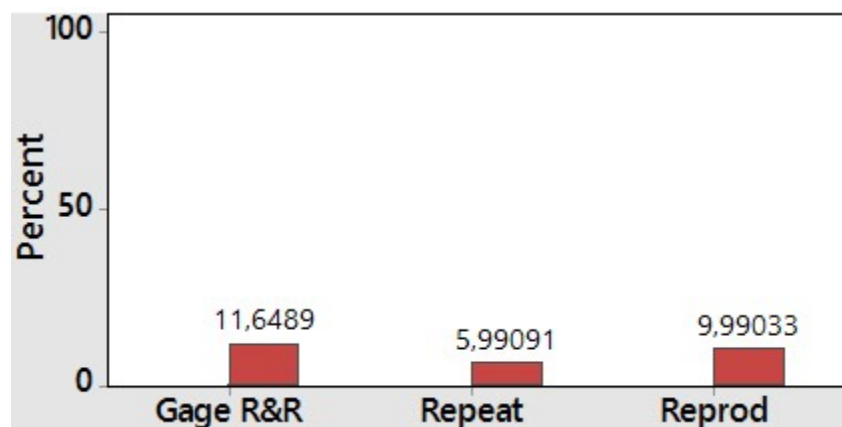
RODA 01																
RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO	COTA L				COTA P				COTA R2				COTA G1			
	REGIÃO				REGIÃO				REGIÃO				REGIÃO			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Operador 01	141,7	141,6	141,6	141,7	176,9	176,7	176,8	176,9	17,4	17,5	17,5	17,5	76,0	76,0	76,0	75,0
Operador 02	141,7	141,5	141,5	141,7	176,8	176,8	176,8	177,0	17,6	17,6	17,6	17,5	75,0	76,0	75,5	75,0
Operador 03	141,4	141,4	141,5	141,5	176,6	176,6	176,8	176,6	17,8	17,9	17,8	17,8	76,0	76,0	76,0	76,0
Operador 04	141,4	141,4	141,4	141,4	176,0	176,5	176,5	176,5	17,8	17,8	17,8	17,8	76,0	76,0	75,0	75,0
Operador 05	141,4	141,4	141,4	141,6	176,8	176,6	176,6	176,8	17,8	17,8	17,8	17,8	76,0	76,0	75,5	75,0
Operador 06	141,4	141,5	141,5	141,4	176,7	176,8	176,7	176,7	17,6	17,7	17,9	17,9	76,0	76,0	76,0	76,0
Operador 07	141,5	141,5	141,5	141,6	176,7	176,6	176,6	176,7	17,6	17,5	17,5	17,5	76,0	76,0	76,0	76,0
Operador 08	141,8	141,7	142,0	141,7	176,5	176,5	176,8	176,8	17,6	17,5	17,6	17,5	76,0	76,5	76,0	76,0
Operador 09	141,2	141,2	141,2	141,4	176,5	176,6	176,5	176,5	17,9	17,9	17,9	17,9	76,0	76,0	76,0	76,0
Operador 10	141,4	141,5	141,4	141,4	176,6	176,6	176,6	176,6	17,6	17,6	17,6	17,6	75,0	76,0	76,0	75,0
Operador 11	141,4	141,5	141,5	141,5	176,7	176,6	176,7	176,7	17,9	17,8	17,9	17,9	76,0	76,0	76,0	76,0
Inspetor 01	141,4	141,4	141,3	141,4	176,9	176,8	177,0	177,1	18,0	18,0	18,0	18,0	76,0	76,0	76,0	76,0
Inspetor 02	141,5	141,4	141,6	141,5	176,8	176,7	176,8	176,6	17,5	17,4	17,4	17,4	76,0	75,0	75,0	75,0
Inspetor 03	141,2	141,3	141,2	141,3	176,6	177,0	176,6	176,8	17,9	17,8	17,8	17,9	76,0	76,0	75,0	75,0

RODA 02																
RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO	COTA L				COTA P				COTA R2				COTA G1			
	REGIÃO				REGIÃO				REGIÃO				REGIÃO			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Operador 01	140,0	140,1	140,1	140,2	173,0	173,2	173,1	173,1	17,4	17,5	17,4	17,4	75,0	75,0	75,0	75,0
Operador 02	140,0	140,1	140,0	140,0	173,0	173,1	173,0	173,0	17,5	17,5	17,5	17,5	75,0	75,0	75,0	76,0
Operador 03	140,0	140,0	140,0	139,9	172,9	172,9	172,9	172,9	17,7	17,7	17,7	17,7	75,0	75,0	75,0	75,0
Operador 04	140,0	140,0	140,0	140,0	173,0	173,0	173,0	173,0	17,8	17,8	17,8	17,8	75,0	75,0	75,0	75,0
Operador 05	140,0	140,0	140,0	140,0	172,9	173,0	172,8	173,0	17,8	17,7	17,8	17,8	75,0	75,0	75,0	75,0
Operador 06	140,0	140,0	139,9	140,1	173,0	172,8	172,9	172,8	17,5	17,5	17,8	17,8	76,0	75,0	75,5	75,5
Operador 07	140,0	140,0	139,95	140,0	173,0	173,0	172,9	172,9	17,5	17,5	17,5	17,6	75,5	76,0	76,0	76,0
Operador 08	140,0	140,1	140,00	140,0	173,0	173,0	173,0	173,0	17,5	17,5	17,5	17,6	75,0	75,0	75,5	75,5
Operador 09	139,9	139,9	139,80	139,9	172,8	172,9	172,8	172,9	17,8	17,8	17,8	17,8	76,0	76,0	76,0	76,0
Operador 10	140,0	140,0	140,0	140,0	172,8	172,8	172,8	172,8	17,6	17,6	17,6	17,5	75,0	75,0	75,0	75,0
Operador 11	140,0	140,0	139,95	140,0	173,0	173,0	173,0	173,0	17,9	18,0	17,9	17,9	75,5	75,5	76,0	75,5
Inspetor 01	140,0	140,0	140,0	140,0	173,0	173,0	173,0	173,0	18,0	18,0	18,0	18,0	75,0	75,0	75,0	75,0
Inspetor 02	140,1	140,1	140,0	140,1	173,0	172,9	173,0	173,0	17,5	17,4	17,4	17,5	75,0	75,0	75,0	75,0
Inspetor 03	140,0	140,0	140,0	140,0	172,9	173,0	172,8	173,0	17,8	17,8	17,8	17,9	75,0	75,0	75,0	75,0

Fonte: Autor, 2017.

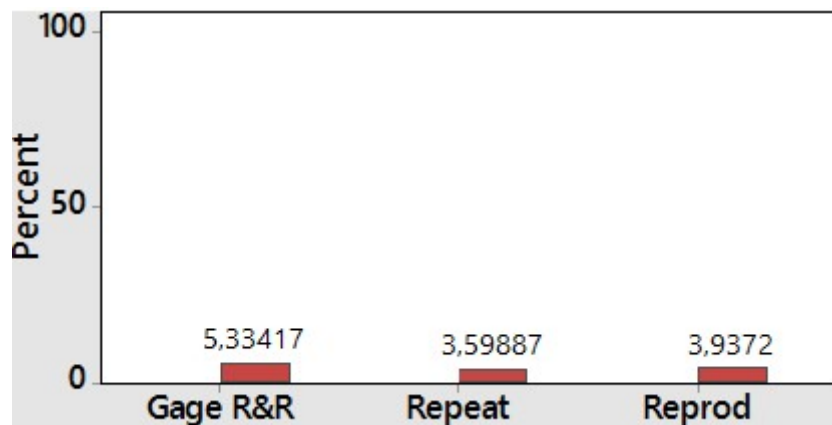
Com os dados da Tabela 02 foi possível a realizar o estudo de R&R com base no método ANOVA utilizando um software estatístico, Minitab 17. Os resultados desse estudo estão expressos nos gráficos a seguir³, onde é possível analisar o componente de repetibilidade (σ_{repe}), o componente de reprodutibilidade (σ_{repro}) e o percentual de repetibilidade e reprodutibilidade do sistema de medição (GRR - *Gauge Repeatability and Reproducibility*).

Gráfico 01: Cota L - estudo de R&R.



Fonte: Autor, 2017.

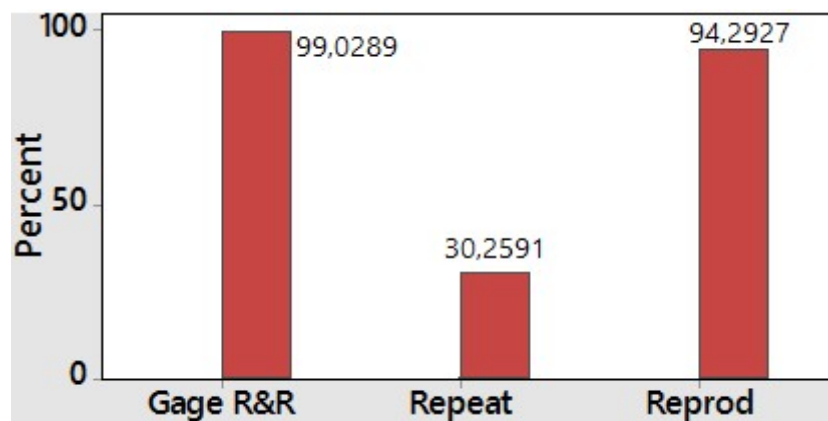
Gráfico 02: Cota P - estudo de R&R.



Fonte: Autor, 2017.

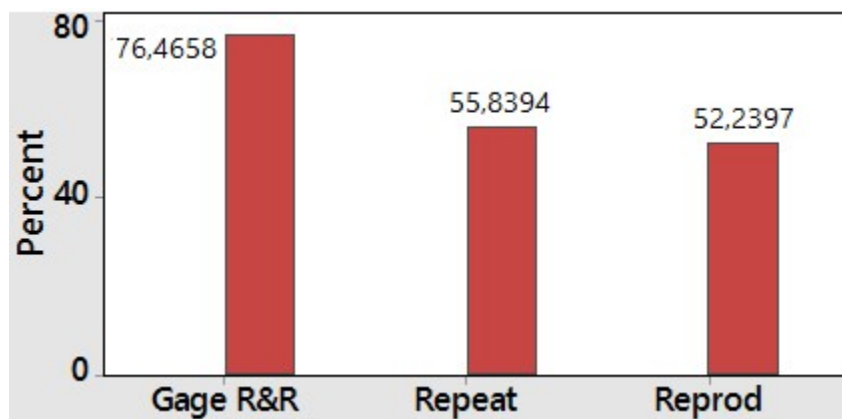
³ Os apêndices B, C, D e E contemplam o estudo geral de cada cota (L, P, G1 e R2), apresentando outros componentes, porém a dissertação se limita ao estudo dos seguintes componentes: repetibilidade (σ_{repe}), reprodutibilidade (σ_{repro}) e o percentual de repetibilidade e reprodutibilidade do sistema de medição (GRR - *Gauge Repeatability and Reproducibility*).

Gráfico 03: Cota R2 - estudo de R&R.



Fonte: Autor, 2017.

Gráfico 04: Cota G1 - estudo de R&R.



Fonte: Autor, 2017.

Os gráficos 01 (cota L) e 02 (cota P) apresentaram um resultado satisfatório, baseado no Manual MSA⁴ da AIAG, destacando os componentes de repetibilidade (σ_{repe}) e reprodutibilidade (σ_{repro}).

Já os gráficos 03 (cota R2) e 04 (cota G1) apresentaram um resultado insatisfatório, um sistema de medição inaceitável, segundo os critérios do Manual MSA, pois apresentam um R&R superior à 30%. Dessa maneira o sistema de medição da cota R2 foi redefinido, o paquímetro analógico foi substituído por um paquímetro digital e novas medições foram realizadas, Tabela 03.

⁴ R&R \leq 10%, o sistema de medição é considerado como aceitável.

R&R \geq 10% e \leq 30%, o sistema de medição pode ser aceito, com base na importância de sua aplicação, no custo do equipamento de medição, entre outros fatores. Porém o sistema deve ser melhorado.

R&R \geq 30%, sistema de medição é considerado como inaceitável.

Tabela 03: Resultados das medições sobre a cota R2 com paquímetro analógico e digital (em milímetro - mm).

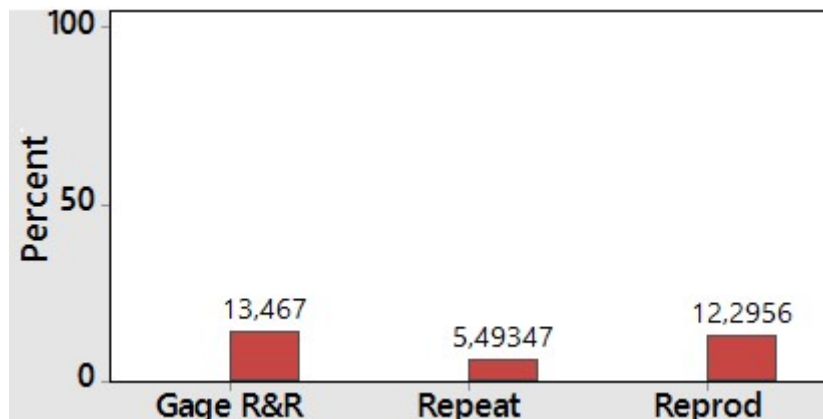
RODA 01								
RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO	COTA R2 - PAQ. ANALÓGICO				COTA R2 - PAQ. DIGITAL			
	REGIÃO				REGIÃO			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Operador 01	17,4	17,5	17,5	17,5	17,73	17,74	17,74	17,74
Operador 02	17,6	17,6	17,6	17,5	17,72	17,74	17,74	17,74
Operador 03	17,8	17,9	17,8	17,8	17,73	17,73	17,73	17,73
Operador 04	17,8	17,8	17,8	17,8	17,74	17,74	17,74	17,74
Operador 05	17,8	17,8	17,8	17,8	17,74	17,74	17,74	17,74
Operador 06	17,6	17,7	17,9	17,9	17,74	17,73	17,74	17,74
Operador 07	17,6	17,5	17,5	17,5	17,74	17,74	17,74	17,74
Operador 08	17,6	17,5	17,6	17,5	17,72	17,72	17,72	17,72
Operador 09	17,9	17,9	17,9	17,9	17,74	17,74	17,74	17,74
Operador 10	17,6	17,6	17,6	17,6	17,74	17,74	17,74	17,74
Operador 11	17,9	17,8	17,9	17,9	17,73	17,73	17,73	17,73
Inspetor 01	18,0	18,0	18,0	18,0	17,74	17,74	17,74	17,74
Inspetor 02	17,5	17,4	17,4	17,4	17,74	17,74	17,74	17,74
Inspetor 03	17,9	17,8	17,8	17,9	17,73	17,73	17,73	17,73

RODA 02								
RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO	COTA R2 - PAQ. ANALÓGICO				COTA R2 - PAQ. DIGITAL			
	REGIÃO				REGIÃO			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Operador 01	17,4	17,5	17,4	17,4	17,80	17,80	17,80	17,80
Operador 02	17,5	17,5	17,5	17,5	17,81	17,81	17,81	17,81
Operador 03	17,7	17,7	17,7	17,7	17,81	17,81	17,81	17,81
Operador 04	17,8	17,8	17,8	17,8	17,80	17,80	17,81	17,80
Operador 05	17,8	17,7	17,8	17,8	17,80	17,80	17,80	17,80
Operador 06	17,5	17,5	17,8	17,8	17,80	17,80	17,80	17,80
Operador 07	17,5	17,5	17,5	17,6	17,81	17,80	17,80	17,80
Operador 08	17,5	17,5	17,5	17,6	17,82	17,82	17,82	17,82
Operador 09	17,8	17,8	17,8	17,8	17,80	17,80	17,80	17,80
Operador 10	17,6	17,6	17,6	17,5	17,80	17,80	17,80	17,81
Operador 11	17,9	18,0	17,9	17,9	17,80	17,80	17,80	17,80
Inspetor 01	18,0	18,0	18,0	18,0	17,81	17,81	17,81	17,81
Inspetor 02	17,5	17,4	17,4	17,5	17,80	17,80	17,80	17,80
Inspetor 03	17,8	17,8	17,8	17,9	17,80	17,80	17,80	17,80

Fonte: Autor, 2017.

Após as novas medições, com o uso do paquímetro digital, foi realizado um novo estudo de R&R sobre a cota R2, Gráfico 05⁵.

Gráfico 05: Cota R2 - estudo de R&R.



Fonte: Autor, 2017.

Com a substituição do paquímetro analógico pelo paquímetro digital foi notória a melhoria do sistema de medição, dessa maneira o sistema foi classificado como satisfatório, segundo o Manual MSA. Tal melhoria dá-se pelo fato da redução de erros, em especial o “erro de leitura”.

A cota G1 que também apresentou um mal desempenho no sistema de medição (76,4%), evidenciado pelo Gráfico 04, reflexo do instrumento de medição (gabarito), uma vez que o instrumento possui uma escala analógica de divisão de 1,0 milímetro (mm). Em outras palavras, a leitura é realizada de 1 em 1 mm. Situação que pode ser comprovada através da Tabela 02, onde os resultados obtidos estavam entre 75 e 76 mm⁶.

Apesar do resultado R&R da cota G1 ser negativo, o sistema não foi e não será alterado já que a importância de sua medição é classificada pela empresa e pelos clientes apenas como informativo / referência, ou seja, não existe campo de tolerância para esta cota. Dessa maneira, não se justifica um

⁵ O Apêndice F contempla o estudo geral da cota R2 com o paquímetro digital, apresentando outros componentes, porém a dissertação se limita ao estudo dos seguintes componentes: repetibilidade (σ_{repe}), reprodutibilidade (σ_{repro}) e o percentual de repetibilidade e reprodutibilidade do sistema de medição (GRR - Gauge Repeatability and Reproducibility).

⁶ Existem alguns registros na Tabela 02 de 75,5 mm. Apesar da divisão de escala do instrumento ser 1mm, alguns operadores registram esses valores uma vez que a dimensão “cai exatamente” entre 75 e 76mm; porém a maioria opta em registrar um valor inteiro de medida e não fracionado.

investimento com desenvolvimento de outro gabarito ou até mesmo para o aprimoramento do gabarito, com escalas de divisões menores.

5.2 Posicionamento das Empresas Secundárias / Externas, Quanto a Era da Qualidade – Questionário e Visitas

Após aplicação do questionário, 6 empresas retornaram com ele respondido, porém o questionário de 01 (uma) empresa (de São José dos Campos) foi descartado devido ao preenchimento incorreto de algumas perguntas e pela falta de respostas em outras perguntas chaves, como por exemplo: número de funcionários, porcentagem de retrabalho, porcentagem de rejeição, entre outras perguntas.

As empresas que retornaram com o questionário respondido adequadamente podem ser melhor apresentadas pelo Quadro 04, dando ênfase ao cargo dos entrevistados, de maneira que as informações extraídas podem ser classificadas como confiáveis, uma vez que estão inseridos em cargos “chaves” nas respectivas empresas.

Quadro 04: Classificação das empresas que retornaram com o questionário.

LOCALIZAÇÃO	MAUÁ	TAUBATÉ	OSASCO	GUARULHOS	JAMBEIRO
ANO DE FUNDAÇÃO	1989	2008	2010	1976	1985
CARGO DO ENTREVISTADO	Diretor	Diretor de Operações	Gerente de Qualidade e Engenharia Industrial	Diretor Industrial	Gerente Geral
Nº DE FUNCIONÁRIOS	10	25	75	90	330
CLASSIFICAÇÃO DA EMPRESA CONFORME SEBRAE	Microempresa	Pequena empresa	Pequena empresa	Pequena empresa	Média empresa
FOI REALIZADA VISITA?	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autor, 2017.

Todas as 5 empresas⁷ possuem certificação ISO 9001, bem como um setor específico responsável pela gestão da qualidade, porém com diferentes denominações conforme ilustrado a seguir pelo quadro.

Quadro 05: Denominação do setor específico da qualidade.

EMPRESA	NOME DO SETOR	Nº DE PESSOAS QUE TRABALHAM NO SETOR
TAUBATÉ	Departamento da Qualidade	2
JAMBEIRO	SGI - Sistema de Gestão Integrada	5
MAUÁ	Gestão da Qualidade	1
OSASCO	Gerência da Qualidade e Engenharia Industrial	6
GUARULHOS	Gestão da Qualidade	2

Fonte: Autor, 2017.

Assim como na Empresa Principal, todas as 5 empresas fazem uso da inspeção final, mesmo esta inspeção já sendo realizada anteriormente pelo operador durante a produção.

⁷ Por questões de sigilo, as 5 empresas não terão seus nomes revelados. Dessa maneira os nomes serão substituídos de acordo com sua localização: Taubaté, Jambeiro, Mauá, Osasco e Guarulhos.

Quadro 06: Frequência de inspeção.

EMPRESA	TAUBATÉ	JAMBEIRO	MAUÁ	OSASCO	GUARULHOS
O OPERADOR (RESPONSÁVEL PELA OPERAÇÃO) REALIZA INSPEÇÃO DIMENSIONAL NA OPERAÇÃO?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
COM QUE FREQUÊNCIA O OPERADOR FAZ A INSPEÇÃO DIMENSIONAL?	100%	100%	100%	100%	100%
APÓS A PRODUÇÃO EXISTE INSPEÇÃO FINAL DOS PRODUTOS?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
QUAL A FREQUÊNCIA DESSA INSPEÇÃO FINAL?	100%	100%	100%	100%	100%
QUANTAS PESSOAS TRABALHAM NESTE SETOR?	1	16	1	2	2
EXISTE ALGUMA COTA / CARACTERÍSTICA DIMENSIONAL QUE NÃO CONSEGUE / NÃO PODE SER IDENTIFICADA NA OPERAÇÃO, APENAS INSPEÇÃO FINAL?	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: Autor, 2017.

Um ponto que merece destaque, são as respostas para a última pergunta do Quadro 06: *“Existe alguma cota / característica dimensional que não consegue / não pode ser identificada na operação, apenas na inspeção final?”*

Com exceção da empresa de Taubaté, todas as demais conseguem realizar a inspeção na própria operação, não sendo necessário a repetição da mesma. Vale salientar que a empresa de Taubaté não consegue realizar a medição da rugosidade, tolerância de forma e dimensionais abaixo de 0,01 mm (um centésimo).

As empresas, também, foram questionadas sobre a elaboração do processo e/ou desenho de produção que são disponibilizados aos operadores. O intuito deste questionamento é identificar se os processos alertam ou informam aos operadores as características críticas para controle e o instrumento de medição apropriado para verificação.

Quadro 07: Informações de processo.

EMPRESA	TAUBATÉ	JAMBEIRO	MAUÁ	OSASCO	GUARULHOS
O PROCESSO / DESENHO CHAMA ATENÇÃO PARA AS COTAS CRÍTICAS?	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
O PROCESSO / DESENHO DETERMINA O INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO?	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO

Fonte: Autor, 2017.

As empresas também foram questionadas sobre seus indicadores / índices de não conformidades (sucatas / “scraps” e retrabalhos); como são realizadas as tratativas quando uma não conformidade é gerada, Quadro 08, e as ferramentas utilizadas para análise da não conformidade, Quadro 09.

Quadro 08: Indicadores para não conformidade.

EMPRESA	TAUBATÉ	JAMBEIRO	MAUÁ	OSASCO	GUARULHOS
EXISTE INDICADOR DE PERDAS (SUCATAS / SCRAPS) NA PRODUÇÃO?	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO
QUAL A MÉDIA EM % (PORCENTAGEM) DE PERDAS (SUCATAS / SCRAPS) NOS ÚLTIMOS 6 MESES?	2%	0,2%	--	0,3%	--
QUAL A MÉDIA EM % (PORCENTAGEM) DE RETRABALHO (RECUPERAÇÃO) NOS ÚLTIMOS 6 MESES?	1%	2%	--	5%	--
QUANDO UMA NÃO CONFORMIDADE (SUCATA OU RETRABALHO) SURGE NA OPERAÇÃO É REALIZADA UMA ANÁLISE PARA DETECÇÃO E ELIMINAÇÃO DA CAUSA RAIZ?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
O RESPONSÁVEL PELA OPERAÇÃO ONDE FOI GERADA A NÃO CONFORMIDADE PARTICIPA DA ANÁLISE?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2017.

Quadro 09: Ferramentas mais utilizadas para tratativa de não conformidade.

EMPRESA	TAUBATÉ	JAMBEIRO	MAUÁ	OSASCO	GUARULHOS
PARETO	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
A3	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
CHECK LIST	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
ISHIKAWA (ESPINHA DE PEIXE)	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM
BRAINSTORMING	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM
HISTOGRAMA	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
OUTRO (S)	Relatório de Ação Corretiva e Preventiva	--	--	5 porquês	--

Fonte: Autor, 2017.

Ao estratificar os resultados foram realizadas visitas a 4 empresas, com exceção da empresa de Taubaté, já que as tentativas de contato não foram bem-sucedidas (e-mails não respondidos). Nestas visitas o objetivo principal era verificar se as respostas realmente traduziam o cenário da empresa. Dessa maneira o setor de produção foi observado, com o intuito de verificar se os processos ou informações fornecidas ao operador eram suficientes para aquela atividade; o setor de inspeção, para observar o método de inspeção; e por fim os indicadores / índices de não conformidades foram conferidos.

Nas visitas alguns outros questionamentos também foram realizados e constatados *"in loco"*. Um desses questionamentos era sobre a confiabilidade dos indicadores de não conformidades e quais os custos gerados pelas não conformidades. As respostas destacadas abaixo também são compartilhadas, com a mesma linha de pensamento, pelas outras empresas (Jambeiro, Guarulhos e Mauá):

“Os indicadores de sucata conseguimos controlar, pois vemos a peça no físico, temos a peça. Os indicadores de retrabalho já são mais complicados, depende muito do operador em realizar o apontamento ou comunicar sobre o retrabalho, sendo assim muita das vezes

sabemos que o índice de retrabalho não é o real”.
(Gerente de Qualidade e Engenharia da empresa de Osasco)

“Os custos de não qualidade é complicado de se ter. Nós conseguimos estimar os custos da peça perdida, do material. Já os custos sobre o que foi agregado naquela peça, como por exemplo: quantidade de insertos consumidos, tempo de repasse da usinagem, que acaba sendo um retrabalho, nós não conseguimos mensurar pois não temos um apontamento confiável. Em resumo, posso te dizer que possuímos apenas uma ideia, uma estimativa sobre estes custos”.
(Gerente de Qualidade e Engenharia da empresa de Osasco)

Um outro questionamento foi realizado sobre o “porquê” da repetição da inspeção dimensional, uma vez que já é realizada no setor de produção. As respostas, também, apresentavam uma linha de pensamento similar.

“Realizamos a inspeção final para verificar e constatar que não estamos enviando peças não conformes aos nossos clientes”. (Diretor da empresa de Mauá)

“Os nossos clientes determinam especificações, mas, realmente não determinam a inspeção dimensional final, poderíamos fazer isso durante a produção, sem necessidade de repetição. Mas teríamos que alinhar com todos os operadores de máquina que eles são a etapa final, uma mudança de mentalidade, um aumento da responsabilidade e profissionalismo”. (Diretor Industrial da empresa de Guarulhos)

Como é possível notar pelas respostas dos questionários e relatos dos entrevistados, a qualidade é tratada como etapa da linha de produção e não como um “organismo” que incorpora a organização. Os custos de “não qualidade” são desconhecidos pelas empresas, isso deve-se ao fato de ferramentas e métodos inadequados ou até a mesmo a falta dos mesmos, para que os indicadores sejam gerados de maneira satisfatória e confiável.

Com relação a inspeção dimensional ser repetida após o processo de produção, fica evidenciado que as empresas pesquisadas / visitadas ainda se encontram na primeira era da qualidade, a era da inspeção, onde recursos são alocados para inspeção 100% das peças.

6. Considerações Finais

Conforme o que foi apresentado nesta dissertação, verificou-se que o cenário Qualidade nas empresas estudadas ainda está em um nível aquém das teorias e boas práticas sugeridas para Qualidade.

As empresas participantes dessa dissertação ainda se encontram na primeira era da Qualidade, a Era da Inspeção. As ferramentas da qualidade e até mesmo de estatística são utilizadas, quando são utilizadas, para remediação e não para prevenção. É de salientar que por muitas vezes, tais ferramentas são aplicadas apenas pelo protocolo, de maneira a não investigar à fundo a causa raiz para sua eliminação. Nenhuma empresa estudada apresentou algum indicador que mostrasse o acompanhamento / comportamento do processo, de maneira que sua variação pudesse ser prevista para correção de alguma anomalia.

Com relação aos custos da qualidade, uma das características da terceira era da qualidade (Era da Garantia da Qualidade ou Controle da Qualidade), nenhuma empresa participante da dissertação apresenta indicador confiável, os custos na maioria são desconhecidos e nunca traduzidos em unidade monetária. Dessa maneira as empresas estudadas não possuem nenhum conhecimento sobre as reais perdas (em R\$) com a não qualidade, o que existe é uma estimativa sem nenhuma fonte confiável, o que pode ser, talvez, ampliado para um cenário maior de empresas.

A empresa estudada, em especial a Empresa Principal, possui forte potencial para eliminação da inspeção dimensional final, uma vez que os resultados apresentados na análise de R&R são considerados satisfatórios, segundo o manual MSA. Assim, custos podem ser reduzidos com a eliminação de mão-de-obra destinada à linha de inspeção e os tempos de inspeção seriam menores.

No ano de 2016, 8,13% das rodas ferroviárias foram identificadas pelo setor de inspeção dimensional final como não conformes, sendo: 7,30% devolvidas para o setor de usinagem para retrabalho e 0,83% sucateadas, sem a possibilidade de retrabalho. Sendo assim, é necessária uma análise dos instrumentos de medição definidos para uso durante o processo de usinagem

com o intuito de validá-los, conforme realizado nesta dissertação, e a aplicação de treinamentos para capacitação e/ou aprimoramento dos operadores nas medições.

Outro ponto que merece forte destaque é a mudança de pensamento de todos dentro do processo, uma vez que os operadores de usinagem seriam o último estágio entre a roda ferroviária e o cliente, na característica dimensional. Dessa maneira os mesmos devem possuir a consciência de não ocultar não conformidades dimensionais, por menores que sejam.

REFERÊNCIAS

ABACKERLI, A. J.; PEREIRA, P. H.; OLIVEIRA, M. C.; MIGUEL, P. A. C. **Metrologia para a Qualidade**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, v. 1. 149p. 2015.

AOIEONG, R.T., TANG, S.L.; AHMED, S.M. **A process approach in measuring quality costs of construction projects: Model development**. *Construction Management and Economics*, 20, 179-192. 2002

ARBELÁEZ, M. B.; SALAZAR, O. A.; VARGAS, J. A. M. **Método anova utilizado para realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad dentro del control de calidad de un sistema de medición**. In: *Scientia et Technica* Año XIII, No 37, Diciembre de 2007. ISSN 0122-1701. Universidad Tecnológica de Pereira. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR ISO 9000. Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário**. 2ª Ed, ABNT, 2005.

_____. **NBR 6158. Sistema de tolerâncias e ajustes**. ABNT, 1995.

_____. **NBR 6409. Tolerâncias Geométricas – tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho**. ABNT, 1997.

ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS - AAR. **AAR Manual os standards and recommended practicies, M-107 / M-108**. Disponível em: <https://www.aar.org/>. Acessado em: 12 de julho de 2016.

AUTOMOTIVE INDUSTRIES ACTION GROUP - AIAG. **AIAG: Measurement Systems Analysis (MSA)**. Reference Manual. 4th ed. Detroit, MI, USA. 2010.

ALVES, L. H. D. **Mecanismo de desgaste de rodas ferroviárias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000. 125p.

AMERICAN SOCIETY FOR MECHANICAL ENGINEERS - ASME. **ASME, Y14.5: Dimensioning and Tolerancing - Engineering Drawing and Related Documentation Practices**, USA. 2009. 224p.

ARAUJO, L. M.; RODRIGUES, V. P.; RAZZINO, C.; MAZIER JUNIOR, H.; LOPES, D. A. T. G. **Implantação de um sistema de controle da qualidade em uma empresa de pequeno porte da indústria têxtil**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2015.

AZEVEDO, G. A.; PEREIRA, W. W.; PATRÃO, K.C.S.; FONSECA, E.S. **Estudo da reprodutibilidade das medições com o espectrômetro de multiesferas de Bonner**. In: International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013. Recife, PE, Brazil, November, p. 24-29. 2013

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL-BNDES. Disponível em < <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/quem-pode-ser-cliente/> >. Acessado em: 02 de janeiro de 2017.

CAMPANELLA, J. **Principles of quality costs: Principles, implementation, and use**. In: ASQ World Conference on Quality and Improvement Proceedings. American Society for Quality, 1999. p. 507.

CARBAS, R. J. C. **Estudo paramétrico de juntas adesivas pelo método de Taguchi**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. 2008. 97p.

CARPINETTI, L. C. R.; MIGUEL, P. A. C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da Qualidade ISO 9000:2000 : Princípios e Requisitos**. 1. ed. – 3. reimpressão – São Paulo: Atlas, 2009.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão de qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. (Org.). **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2006. 355p.

CEZARINO, L. O.; CAMPOMAR, M. C. **Micro e pequenas empresas: características estruturais e gerenciais**. Revista FAFIBE On Line, Faculdades Integradas - FAFIBE, Ano II, n. 2. 2006.

CORRIGAN, J. P. **The Art of TQM. Quality Progress**. July, 1995.

CROSBY, P. B. **Quality is Free**. New York: MCGraw-Hill, 1979.

DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. Cambridge Massachesetts, MIT, 1982.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990. 367 p.

DEUS, A. D.; VACCARO, G. L. R. **Uma abordagem para implementação de qualidade assegurada no fornecimento, baseada em análise de capacidade: um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo**. Revista Produção Online, v. 9, p. 822-847. 2009.

DONATELLI, G. D.; GONÇALVES, A. A.; SCHNEIDER, C. A. **Metrologia Geométrica na Indústria: Tendências e Desafios**. In: O Futuro da Indústria: a Importância da metrologia para o Desenvolvimento industrial. Coletânea de Artigos, p. 9-28. 2005.

EUROPEAN ORGANIZATION FOR QUALITY CONTROL - EOQC. **EOQC - Glossary of Terms Used in Quality Control**. Roterdã: EOQC, 1972.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas**. v.1, São Paulo: Makron Books, 1994.

FLACK, D.; BEVAN, K. **Fundamental good practice in the design and interpretation of engineering drawing for measurement processes**, National Physical Laboratory, ISSN 1368-6550, Guide 79, Hampton Road, Tedding, Middlesex. 2005.

GALDÁMEZ, E. V. C.; CARPINETTI, L. C. R.; GEROLAMO, M. C. **Proposta de um sistema de avaliação do desempenho para arranjos produtivos locais**. Gestão & Produção, v.16, n.1, p.133-151. 2009.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a Qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Tradução de João Ferreira Bezerra de Souza. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GUERRA, R. M. A.; TONDOLO, V. A. G. **Compreendendo a relação entre TQM Hard, Soft e performance: Uma abordagem teórica**. Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, v. 8, p. 244-275. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)**. Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012. 94p.

JURAN, J. M.; GRAYNA, F. **Controle da Qualidade Handbook**. São Paulo: Makron Books – Mc Graw-Hill, v.1, 1991.

LOVE, P.E.D.; IRANI, Z. **A project management quality cost information system for the construction industry**. Information & Management, 2003. 40, 649-661.

MARSHALL JUNIOR, I. **Gestão da Qualidade e Processos** / Isnard Marshall Junior... [et. al.]. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2012.

MAZIERO, N. L. **Um sistema computacional inteligente de suporte ao projeto, manufatura e montagem de peças baseado em features: uma abordagem com sistemas especialistas**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Brasil: Santa Catarina. 1998. 341p.

MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégia, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Apostila UNIFEI, 2012. 191p.

MILOSAN, I. **Studies about the key elements of total quality management**. European Scientific Journal, v. 3, p. 58 - 62. 2014.

MINICUCCI, D. J. **Avaliação de tensões por ultra-som no aro e rodas ferroviárias forjadas novas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Mecânica. Brasil: Campinas. 2003. 139p.

MINICUCCI, D. J. **Rodas e Eixos Ferroviários - Conceitos básicos**. 2011. 146p.

OLIVEIRA, O. J. (Org). **Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 243p., 2004.

OLIVEIRA, G. T.; MARTINS, R. A. **Efeitos da adoção do modelo do Prêmio Nacional da Qualidade na medição de desempenho: estudos de caso em empresas ganhadoras do prêmio**. Revista Gestão & Produção, v. 15, n. 2. 2008.

PEIXOTO, A. L. A.; BASTOS, A. V. B. **Uso e efetividade de práticas de gestão da produção e do trabalho: um survey da indústria brasileira**. REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre. Online), v. 18, p. 372 - 399. 2012.

PETERS, T. J. **In Search of Excellence**. New York: Peters & Waterman, 1992.

ROZA, L.C. **Teoria da Tração e da Frenagem**, In: Tratado de Estradas de Ferro – Material Rodante, parte II, Conceitos Teóricos, item 1. 1ªed. Rio de Janeiro: Reflexus Estúdios de Produção Gráfica, p.23 - 50. 2000.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. Disponível em < <http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>>. Acessado em: 02 de janeiro de 2017.

SHI, L.; CHEN, W.; FU LU, L. **An approach for simple linear profile gauge R&R studies**. Discrete dynamics in nature and society [1026-0226]. Shi, Liangxing. yr:2014.

SILVA, A. C. **Uma sistemática para garantia da qualidade metrológica aplicada em ambiente industrial**. Dissertação (Mestrado em Metrologia Científica e Industrial). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Santa Catarina. 2005. 108p.

SILVA, A. Q. **Identificação do Estágio da Qualidade no Setor Madeireiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Campus Ponta Grossa. 2007. 105p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. - 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SILVA NETO, J.A.; **Estudo de caso de aplicação de um modelo de custos da qualidade em uma empresa de pequeno porte**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica na Área de Produção. Universidade de Taubaté, UNITAU. 2016

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; BETTS, A. **Gerenciamento de operações e de processos: princípios e práticas de impacto estratégico**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 568p.

SOARES JÚNIOR, L.; ALBERTIN, M. R.; SILVA, J. B. A. **Uma Proposta para Garantia da Qualidade Metrológica em Peças de Geometria Complexa**. Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, Ceará. Revista Gepros, ano 6, n. 3, p. 129-146, julho / setembro. 2011.

SOBRAL, M. F. F.; CAVALCANTI, A.M ; CABRAL, R. M. ; MOUTINHO, L. M. G. ; MORAES FILHO, R. A. **Estudo de caso sobre o uso do controle da qualidade em uma indústria do setor de petróleo e gás.** Exacta (Online), v. 13, p. 13. 2015.

SOLTANI, E.; WILKINSON, A. **Stuck in the middle with you: The effects of incongruency of senior and middle managers' orientations on TQM programmes.** International Journal of Operations and Production Management, v. 30, n. 4, p. 365 – 397. 2010.

SOUSA, A. R.; WANDEK, M. **Análise funcional e metrológica dos princípios de Taylor e da independência na especificação e controle geométrico de produtos.** In: Congresso Internacional de Metrologia Mecânica - CIMMEC, 2008, Rio de Janeiro. 2008.

SYDUZZAMAN, Md.; RAHMAN, Md. M.; ISLAM, Md. M.; HABIB, Md. A.; AHMED, S. **Implementing total quality management approach in garments industry.** European Scientific Journal, v. 10, p.341 - 358. 2014.

TAKAHASHI, C. K. **Planejamento estratégico nas micro e pequenas empresas: análise crítica de modelos existentes e propostas de integração.** Dissertação (Mestrado Profissional em Administração). Instituto de Ensino e Pesquisa, INSPER. São Paulo: Insper, 2016. 137p.

TORRES, J. G. M. **Aplicação do método QFD no desenvolvimento de um treinamento de empreendedorismo.** Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica). Universidade de Taubaté, UNITAU, Departamento de Engenharia Mecânica. 2013. 111p.

VERAS, C. M. A. **Gestão da Qualidade.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhã. Maranhão: São Luis, 2009. 52p.

VILLAS BÔAS, R. L. **Desenvolvimento de Aço Microligado para Rodas Ferroviárias** / Renato Lyra Villas Bôas – Campinas, SP: [s.n.], 2010.

WANDECK, M.; SOUSA, A. R. **Análise Funcional e Metrológica dos Princípios de Taylor e da Independência na Especificação e Controle Geométrico de Produtos,** Anais do 1º Congresso Internacional de Metrologia - CIMMEC, 08 a 10 de outubro. Rio de Janeiro, RJ, 2008. ID 12. CD-ROM.

YIN, R. **Estudo de caso. Planejamento e métodos.** 2ª edição, Porto Alegre/RS: Bookman, 2001.

APÊNDICE A - Questionário.

Questionário para dissertação de Mestrado

Informações e instruções para o preenchimento do questionário

Caro entrevistado;

O questionário que está recebendo tem por objetivo levantar dados para identificar o atual cenário da gestão da qualidade em empresas de um mesmo setor.

A sua participação, assim como a **veracidade das respostas**, são de extrema importância para realização deste trabalho; já que as informações fornecidas serão utilizadas em uma dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica (ênfase em Produção Mecânica) da Universidade de Taubaté (UNITAU), a ser defendida no ano de 2017.

Esta pesquisa tomará poucos minutos do seu tempo para ser preenchida, e os resultados serão disponibilizados para seu conhecimento se for de vosso interesse, através de e-mail, uma vez que os resultados desta pesquisa científica podem:

- situar a empresa em relação a gestão da qualidade;
- situar a empresa em relação as demais do mesmo setor;
- trazer o cenário atual da gestão da qualidade do setor.

Por fim, confirmo a **CONFIDENCIALIDADE** dos dados preenchidos neste questionário.

INSTRUÇÕES:

- **NÃO EXISTEM** respostas corretas e incorretas.
- Marque a resposta que corresponde ao **COTIDIANO** da empresa.
- Marque apenas **UMA ÚNICA** resposta.
- A resposta deverá ser marcada com a letra "X".
- Aguardo retorno do questionário, se possível, até o dia **dia.mês.ano**.

NOTA

Mais uma vez reforço que sua participação é de extrema importância, contribuindo de maneira significativa para este trabalho.

Agradeço a sua contrinuição e me coloco a disposição para eventuais esclarecimentos de qualquer questão pelos seguintes meios:

- E-mail, marvinidias28@gmail.com e/ou marvinidias@ig.com.br
- Telefone, (12) 9.8117 0321.

Atenciosamente;

Marcus Vinicius Souza Dias

PARTE 01 IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

Nome da pessoa que esta preenchendo este questionário:

Setor / Departamento em que atua na empresa:

Cargo que exerce na empresa:

E-mail de contato:

Telefone de contato, se preferir:

PARTE 02 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

Razão social:

Nome fantasia:

Ano de fundação da empresa:

Endereço da empresa:

Setor / Ramo em que a empresa atua:

Principais produtos:

Número de funcionários:

PARTE 03 EMPRESA - GERAL

- (A) O nome da empresa poderá ser divulgado ao final, resultado da pesquisa ?
 SIM NÃO
- (B) A empresa deseja receber o resultado da pesquisa, assim que a mesma for finalizada ?
 SIM NÃO
- (C) A empresa possui outras unidades (filiais ou matriz) ? Em caso positivo responda também a questão "C.A" e "C.B"; em caso negativo vá para pergunta "D".
 SIM NÃO
- (C.A) Além desta unidade, quantas unidades existem ?
- (C.B) Esta unidade é uma filial ou matriz ?
 Filial Matriz.
- (D) A empresa é considerada uma multinacional ?
 SIM NÃO

PARTE 04 EMPRESA - QUALIDADE

- (E) A empresa possui alguma certificação em sistema da qualidade ? Em caso positivo responda também a questão "E.A"; em caso negativo vá para pergunta "F".
 SIM NÃO
- (E.A) Qual certificação ? Ou quais certificações ?
- (F) Dentro da empresa existe um setor específico que é responsável pela qualidade ? Em caso positivo responda também a questão "F.A" e "F.B"; em caso negativo vá para pergunta "G".
 SIM NÃO
- (F.A) Como é denominado este setor ?
- (F.B) Quantas pessoas trabalham neste setor ?

PARTE 05 QUALIDADE - PRODUÇÃO

- (G) Existe inspeção dimensional na operação / produção do produto ? Em caso positivo responda também a questão "G.A"; em caso negativo vá para pergunta "H".
 SIM NÃO

(G.A) Essa inspeção é registrada ?

SIM

NÃO

(G.B) O operador (responsável pela operação) realiza inspeção dimensional na operação ? Em caso positivo responda também a questão "G.C"; em caso negativo vá para pergunta "G.D".

SIM

NÃO

(G.C) Com que frequência o operador faz a inspeção dimensional ?

Exemplo: 100%, 50%, a cada 3 peças, aleatoriamente, etc.

(G.D) Quem (qual função) realiza a inspeção dimensional na operação e qual a frequência ?

(H) No início de produção e/ou troca de turno é realizada liberação de máquina (verificando / inspecionando as características do produto) ? Em caso positivo responda também a questão "H.A" e "H.B"; em caso negativo vá para pergunta "I".

SIM

NÃO

(H.A) Quem (qual função) realiza liberação de máquina ?

(H.B) A liberação de máquina é registrada ?

SIM

NÃO

PARTE 06 QUALIDADE - PROCESSO

(I) O processo / desenho chama atenção para as cotas críticas ?

SIM

NÃO

(J) O processo / desenho determina o instrumento de medição ?

SIM

NÃO

(K) Existe indicador de perdas (sucatas / scraps) na produção ? Em caso positivo responda também a questão "K.A" e "K.B"; em caso negativo vá para pergunta "L".

SIM

NÃO

(K.A) Qual a média em % (porcentagem) de perdas (sucatas / scraps) nos últimos 6 meses ?

(K.B) Qual a média em % (porcentagem) de retrabalho (recuperação) nos últimos 6 meses ?

- (L) Quando uma não conformidade (sucata ou retrabalho) surge na operação é realizada uma análise para detecção e eliminação da causa raiz? Em caso positivo responda também a questão "L.A" e "L.B"; em caso negativo vá para pergunta "M".

SIM NÃO

- (L.A) O responsável pela operação onde foi gerada a não conformidade participa da análise ?

SIM NÃO

- (L.B) Quais as ferramentas são utilizadas para análise / levantamento da não conformidade ?

Pareto	<input type="checkbox"/>	Ishikau (espinha de peixe)	<input type="checkbox"/>
A3	<input type="checkbox"/>	Brainstorming	<input type="checkbox"/>
Check list	<input type="checkbox"/>	Histograma	<input type="checkbox"/>
Outro (s)	<input type="checkbox"/>		

Quais ?

PARTE 07 QUALIDADE - INSPEÇÃO

- (M) Após a produção existe inspeção final dos produtos ? Em caso positivo responda também a questão "M.A", "M.B", "M.C", "M.D", "M.E" e "M.F"; em caso negativo vá para o item "N".

SIM NÃO

- (M.A) Como é denominado este setor ?

- (M.B) Quantas pessoas trabalham neste setor ?

- (M.C) Qual a frequência dessa inspeção final ? 100%, 50%, aleatório, 1 a cada 100, etc.

- (M.D) Essa inspeção dimensional final é registrada ?

SIM NÃO

- (M.E) A norma, especificação e/ou algum outro documento faz necessária a inspeção dimensional final ?

SIM NÃO

- (M.F) Existe alguma cota / característica dimensional que não consegue / não pode ser identificada na operação, apenas nessa inspeção final ? Em caso positivo responda a questão "M.G"

SIM NÃO

- (M.G) Qual característica é essa que não pode ser identificada / inspecionada na operação ?

- (N) Por fim, agradeço o preenchimento do questionário e solicito que se houve algum ponto que não foi questionado mas que deveria ter sido abortado, por favor, sinta-se a vontade em comentar.

Mais uma vez agradeço pela sua contrinuição e me coloco a disposição para eventuais esclarecimentos de qualquer questão pelos seguintes meios:

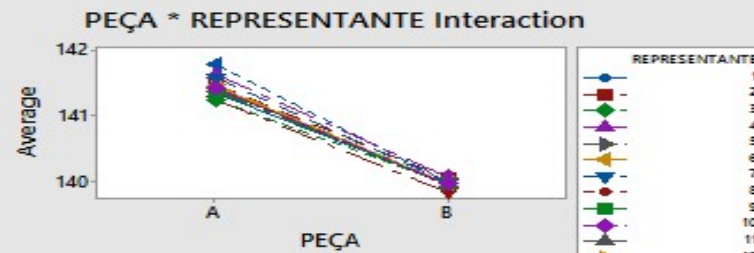
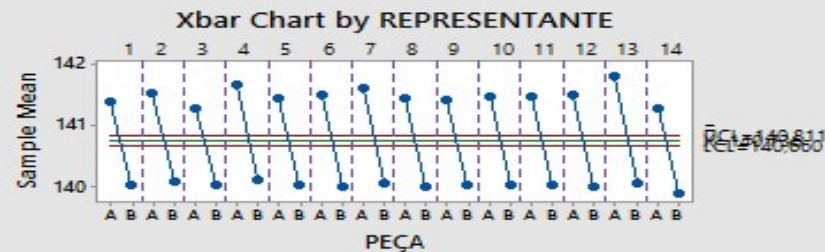
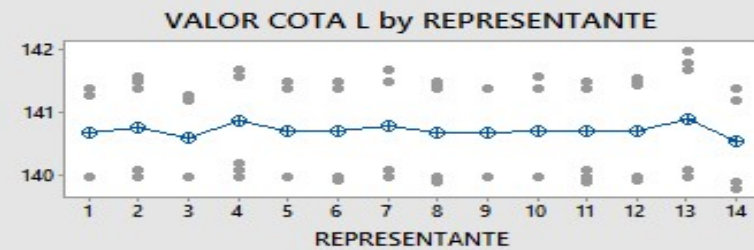
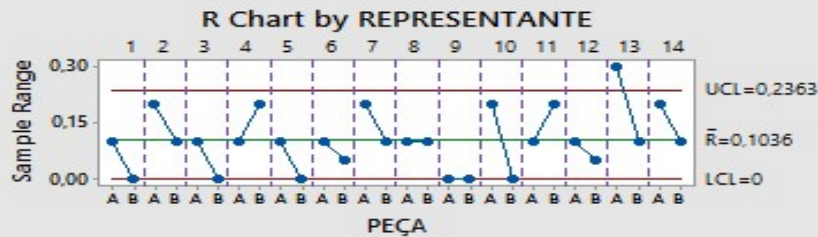
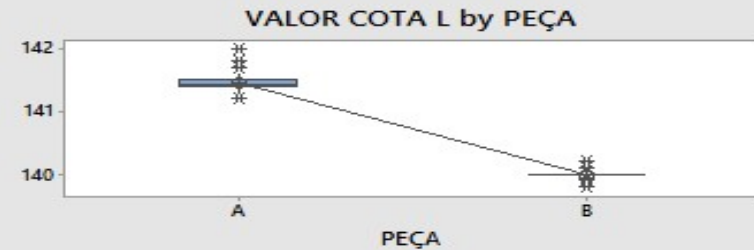
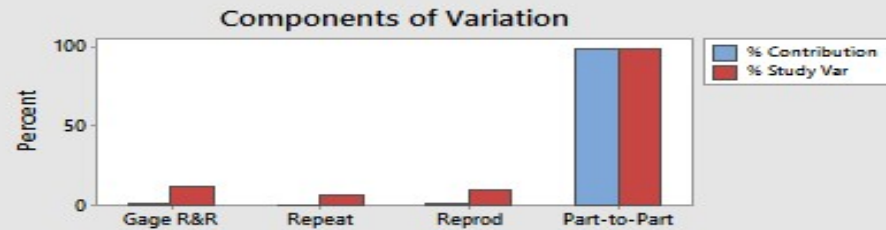
- E-mail, marvinidias28@gmail.com e/ou marvinidias@ig.com.br
- Telefone, (12) 9.8117 0321.

APÊNDICE B - Estudo MSA para Cota L.

Gage R&R (ANOVA) Report for VALOR COTA L

Gage name: MSA / MEDIÇÃO DA RODA FERROVIÁRIA
 Date of study: 04.FEV.2017

Reported by: MARCUS DIAS
 Tolerance: $\pm 0,10$ mm
 Misc: COTA L

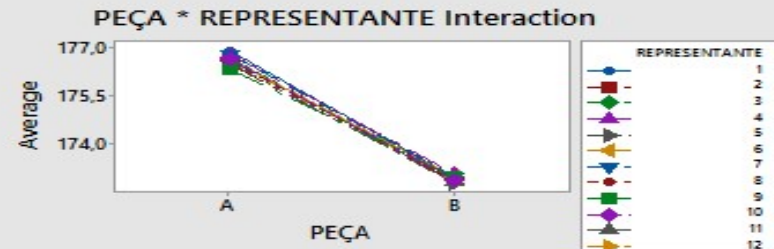
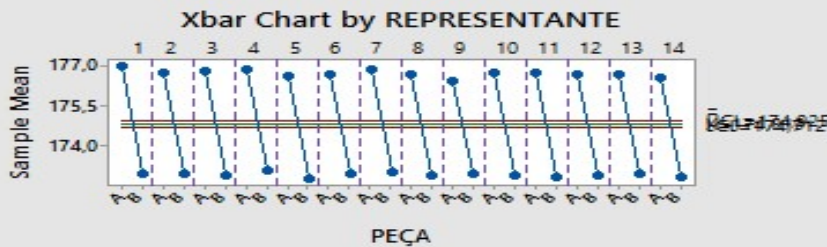
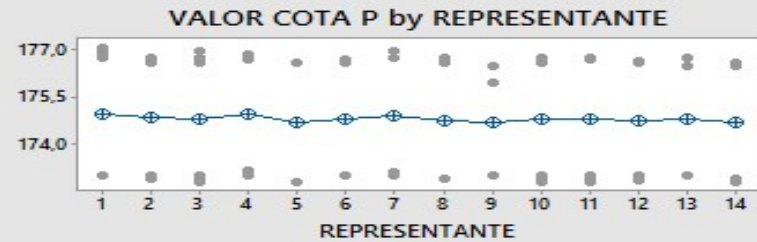
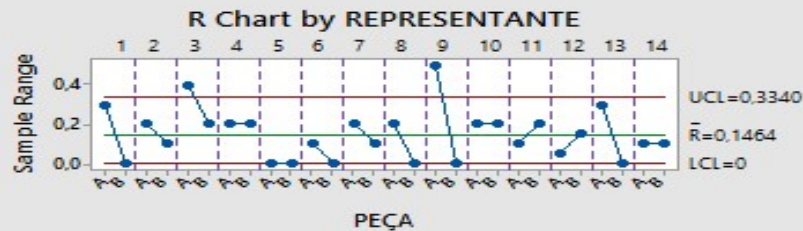
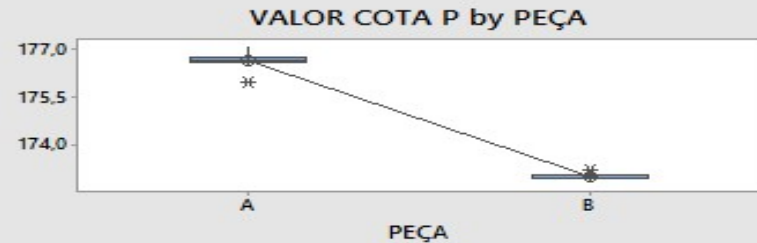
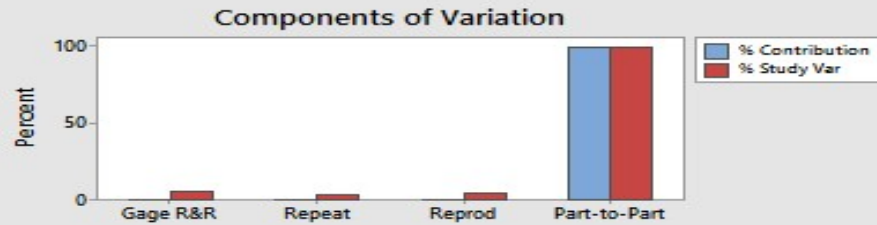


APÊNDICE C - Estudo MSA para Cota P.

Gage R&R (ANOVA) Report for VALOR COTA P

Gage name: MSA / MEDIÇÃO DA RODA FERROVIÁRIA
 Date of study: 02.FEV.2017

Reported by: MARCUS DIAS
 Tolerance: $\pm 0,10$ mm
 Misc: COTA P

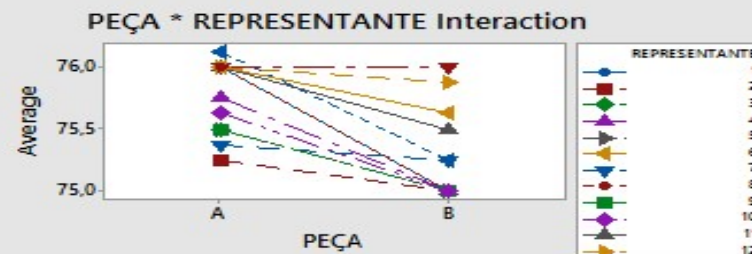
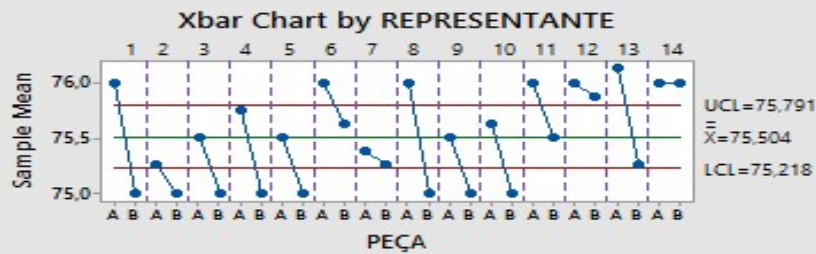
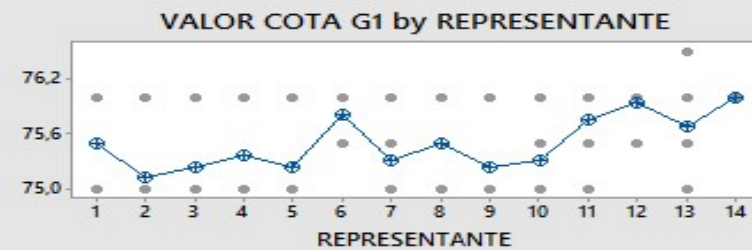
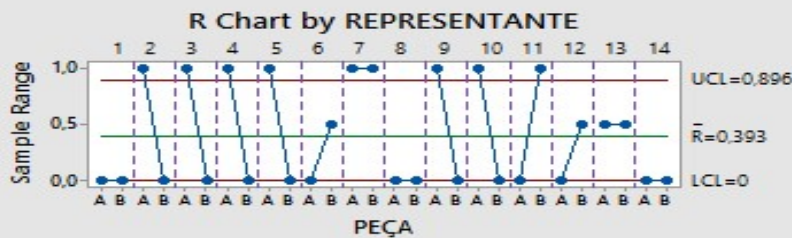
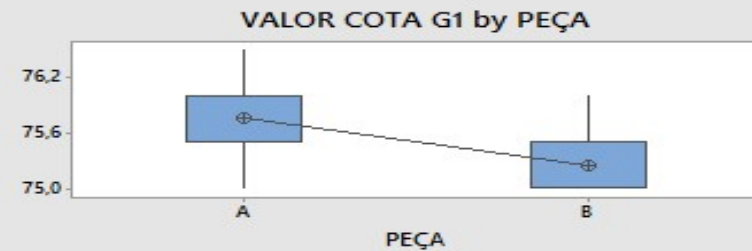
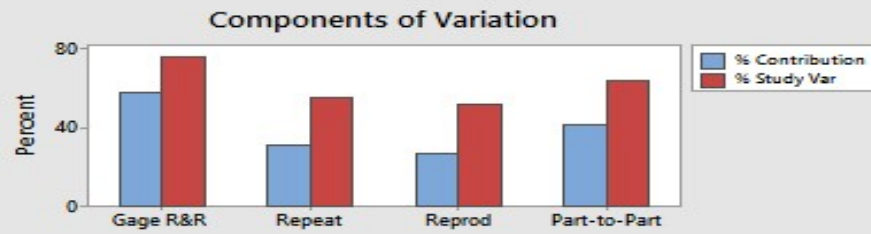


APÊNDICE D - Estudo MSA para Cota G1.

Gage R&R (ANOVA) Report for VALOR COTA G1

Gage name: MSA / MEDIÇÃO DA RODA FERROVIÁRIA
 Date of study: 02.FEV.2017

Reported by: MARCUS DIAS
 Tolerance: REFERÊNCIA
 Misc: COTA G1

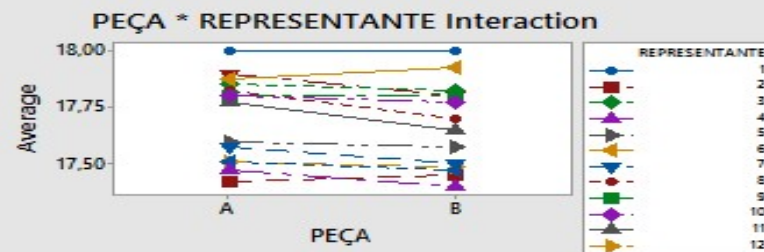
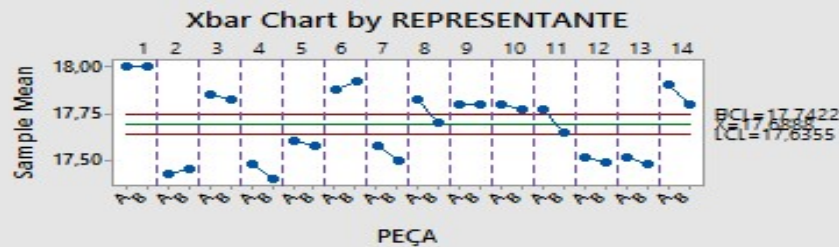
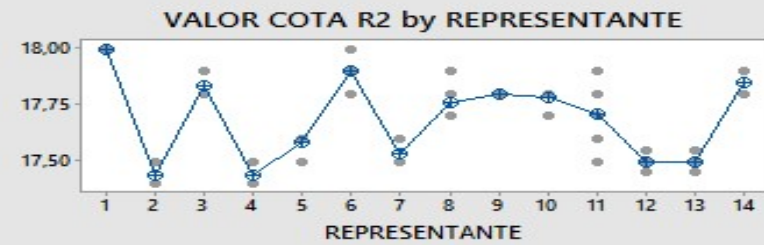
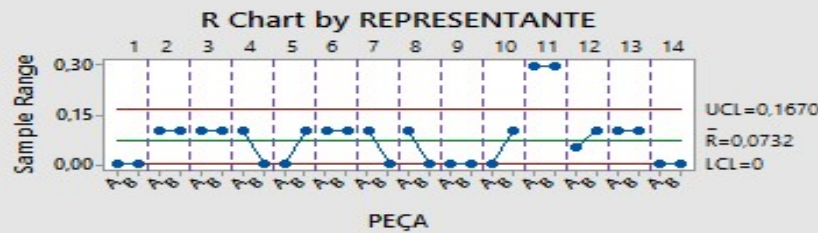
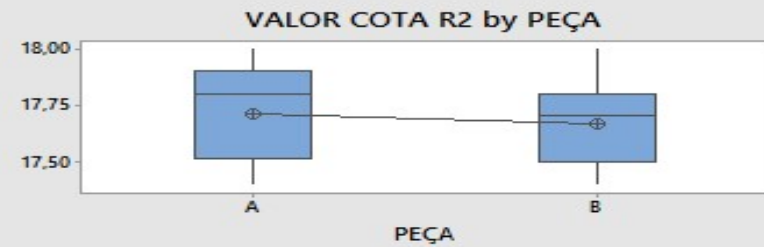
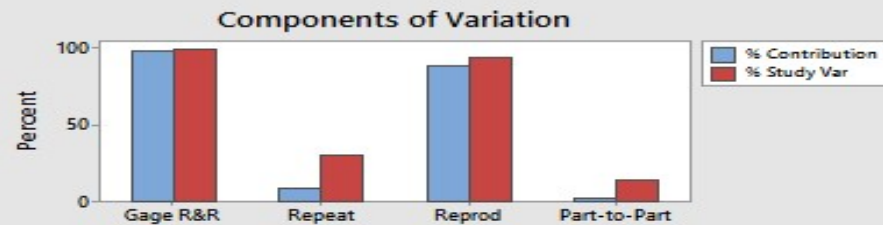


APÊNDICE E - Estudo MSA para Cota R2.

Gage R&R (ANOVA) Report for VALOR COTA R2

Gage name: MSA / MEDIÇÃO DA RODA FERROVIÁRIA
 Date of study: 04.FEV.2017

Reported by: MARCUS DIAS
 Tolerance: $\pm 0,35$ mm
 Misc: COTA R2



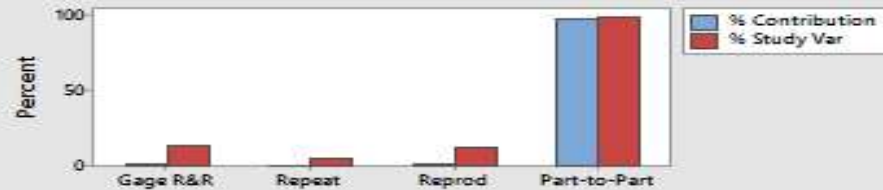
APÊNDICE F - Estudo MSA para Cota R2 com paquímetro digital.

Gage R&R (ANOVA) Report for R2 - PAQ. DIGITAL

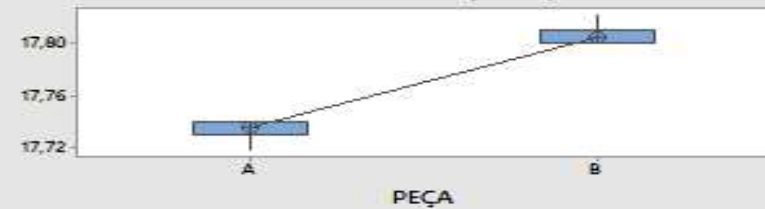
Gage name: MSA / MEDIÇÃO DA RODA FERROVIÁRIA
 Date of study: 04.FEV.2017

Reported by: MARCUS DIAS
 Tolerance: $\pm 0,35$ mm
 Misc: COTA R2 - PAQ. DIGITAL

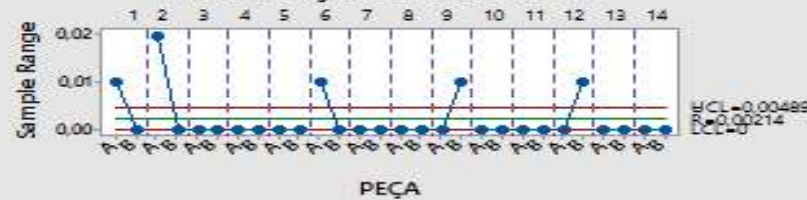
Components of Variation



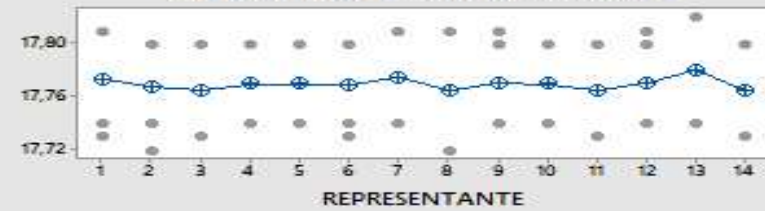
R2 DIGITAL by PEÇA



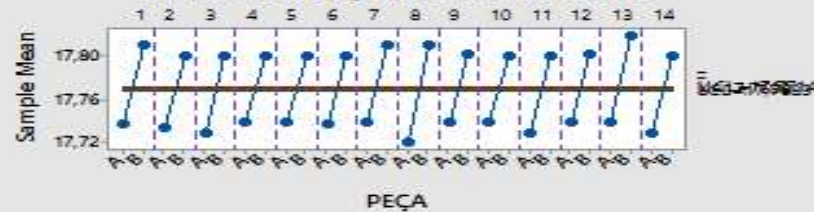
R Chart by REPRESENTANTE



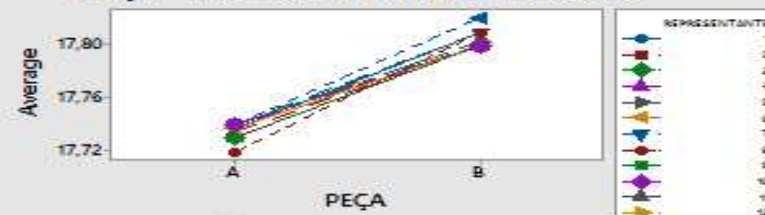
R2 DIGITAL by REPRESENTANTE



Xbar Chart by REPRESENTANTE




PEÇA * REPRESENTANTE Interaction



ANEXO A - Certificado⁸ de calibração do paquímetro.

Fonte: Autor, 2017

	LABORATÓRIO DE METROLOGIA <div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin: 5px auto;"></div> <p>Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, XXXXXXXXXX</p> <p>Laboratório da Rede Brasileira de Calibração - RBC</p>	<p>A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC</p> 									
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N.º 0792-05711											
1. Interessado NOME / RAZÃO SOCIAL: <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px;"></div>		1.1 Cliente (solicitante) NOME / RAZÃO SOCIAL: <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px;"></div>									
2. Características do Objeto Calibrado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><i>DESCRIÇÃO:</i> Paquímetro</td> <td style="width: 33%;"><i>FABRICANTE:</i> Mitutoyo</td> <td style="width: 33%;"><i>MODELO/TIPO:</i> Analógico</td> </tr> <tr> <td><i>INTERVALO NOMINAL:</i> 0 a 300 mm</td> <td><i>INTERVALO DE MEDIÇÃO:</i> 0 a 300 mm</td> <td><i>VALOR DE UMA DIVISÃO:</i> 0,05 mm</td> </tr> <tr> <td><i>LACRE:</i> Tinta</td> <td><i>N.º DE SÉRIE:</i> Não Consta</td> <td><i>IDENTIFICAÇÃO:</i> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px;"></div></td> </tr> </table>			<i>DESCRIÇÃO:</i> Paquímetro	<i>FABRICANTE:</i> Mitutoyo	<i>MODELO/TIPO:</i> Analógico	<i>INTERVALO NOMINAL:</i> 0 a 300 mm	<i>INTERVALO DE MEDIÇÃO:</i> 0 a 300 mm	<i>VALOR DE UMA DIVISÃO:</i> 0,05 mm	<i>LACRE:</i> Tinta	<i>N.º DE SÉRIE:</i> Não Consta	<i>IDENTIFICAÇÃO:</i> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px;"></div>
<i>DESCRIÇÃO:</i> Paquímetro	<i>FABRICANTE:</i> Mitutoyo	<i>MODELO/TIPO:</i> Analógico									
<i>INTERVALO NOMINAL:</i> 0 a 300 mm	<i>INTERVALO DE MEDIÇÃO:</i> 0 a 300 mm	<i>VALOR DE UMA DIVISÃO:</i> 0,05 mm									
<i>LACRE:</i> Tinta	<i>N.º DE SÉRIE:</i> Não Consta	<i>IDENTIFICAÇÃO:</i> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 15px;"></div>									
10. Laudo <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">Aprovado</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 5px;"><i>Fim.</i></div> <div style="text-align: center; margin-top: 100px;"> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 50px; margin: 0 auto;"></div> </div>											
ESTE CERTIFICADO ATENDE AOS REQUISITOS DE ACREDITAÇÃO DA CGCRE QUE AVALIOU A COMPETÊNCIA DO LABORATÓRIO E COMPROVOU SUA RASTREABILIDADE A PADRÕES NACIONAIS DE MEDIDA (OU AO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - SI). ESTE CERTIFICADO É VÁLIDO EXCLUSIVAMENTE PARA O OBJETO CALIBRADO, NÃO SENDO EXTENSIVO A QUAISQUER LOTES, MESMO QUE SIMILARES. A REPRODUÇÃO DESTES CERTIFICADOS SÓ PODERÁ SER TOTAL E COM AUTORIZAÇÃO DO LABORATÓRIO EMITENTE.											

⁸ Por questões de sigilo, algumas informações foram removidas ou ocultadas.

ANEXO B - Certificado⁹ de calibração da régua.


Fonte: Autor, 2017

LABORATÓRIO DE METROLOGIA		A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC	
Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, [REDACTED] Laboratório da Rede Brasileira de Calibração - RBC			
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N.º 0792-05312			
<i>1. Interessado</i>		<i>1.1 Cliente (solicitante)</i>	
<i>NOME / RAZÃO SOCIAL:</i> [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]		<i>NOME / RAZÃO SOCIAL:</i> [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	
<i>2. Características do Objeto Calibrado</i>			
<i>DESCRIÇÃO:</i> Régua Pad Retitude	<i>FABRICANTE:</i> Mitutoyo	<i>MODELO/TIPO:</i> Plana	
<i>INTERVALO NOMINAL:</i> 0 a 1000 mm	<i>INTERVALO DE MEDIÇÃO:</i> 0 a 1000 mm	<i>VALOR DE UMA DIVISÃO:</i> Não Aplicável	
<i>LACRE:</i> Não Aplicável	<i>N.º DE SÉRIE:</i> Não Consta	<i>IDENTIFICAÇÃO:</i> [REDACTED]	
<i>10. Laudo</i>			
Aprovado			
<i>Fim.</i>			
[REDACTED]			
<small>ESTE CERTIFICADO ATENDE AOS REQUISITOS DE ACREDITAÇÃO DA CGCRE QUE AVALIOU A COMPETÊNCIA DO LABORATÓRIO E COMPROVOU SUA RASTREABILIDADE A PADRÕES NACIONAIS DE MEDIDA (OU AO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - SI). ESTE CERTIFICADO É VÁLIDO EXCLUSIVAMENTE PARA O OBJETO CALIBRADO, NÃO SENDO EXTENSIVO A QUAISQUER LOTES, MESMO QUE SIMILARES. A REPRODUÇÃO DESTES CERTIFICADO SÓ PODERÁ SER TOTAL E COM AUTORIZAÇÃO DO LABORATÓRIO EMITENTE.</small>			

⁹ Por questões de sigilo, algumas informações foram removidas ou ocultadas.

ANEXO C - Certificado¹⁰ de calibração do gabarito.

Fonte: Autor, 2017

LABORATÓRIO DE METROLOGIA		A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC	
Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, [REDACTED] Laboratório da Rede Brasileira de Calibração - RBC			
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N.º 0792-04904			
1. Interessado		1.1 Cliente (solicitante)	
NOME / RAZÃO SOCIAL: [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]		NOME / RAZÃO SOCIAL: [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	
2. Características do Objeto Calibrado			
DESCRIÇÃO: Gabarito INTERVALO NOMINAL: 2 a 170 mm LACRE: Não Aplicável	FABRICANTE: Não Consta INTERVALO DE MEDIÇÃO: 2 a 170 mm N.º DE SÉRIE: DPU-209 - A	MODELO/TIPO: Verificação VALOR DE UMA DIVISÃO: Não Aplicável IDENTIFICAÇÃO: [REDACTED]	
10. Laudo			
Aprovado			
<i>Fim.</i>			
[REDACTED]			
<small>ESTE CERTIFICADO ATENDE AOS REQUISITOS DE ACREDITAÇÃO DA CGCRE QUE AVALIOU A COMPETÊNCIA DO LABORATÓRIO E COMPROVOU SUA RASTREABILIDADE A PADRÕES NACIONAIS DE MEDIDA (OU AO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - SI). ESTE CERTIFICADO É VÁLIDO EXCLUSIVAMENTE PARA O OBJETO CALIBRADO, NÃO SENDO EXTENSIVO A QUAISQUER LOTES, MESMO QUE SIMILARES. A REPRODUÇÃO DESTES CERTIFICADOS SÓ PODERÁ SER TOTAL E COM AUTORIZAÇÃO DO LABORATÓRIO EMITENTE.</small>			

¹⁰ Por questões de sigilo, algumas informações foram removidas ou ocultadas.