

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Luiz Carvalho Neto

**Proposta e aplicação de um procedimento para análise da
porosidade e de desperdícios em uma empresa de
aeronaves**

Itajubá

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Luiz Carvalho Neto

**Proposta e aplicação de um procedimento para análise da
porosidade e de desperdícios em uma empresa de
aeronaves**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

Linha de pesquisa: Sistemas de Produção e Logística

Projeto de pesquisa ao qual esta dissertação está vinculada: Desenvolvimento de projetos de modelagem e simulação através do uso integrado de técnicas de modelagem de processos, análise de postos de trabalho e experimentação.

Orientador: Dr. Fabiano Leal

Itajubá

2017

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso em uma empresa aeronáutica dentro do contexto de aplicação da manufatura enxuta. O objetivo principal é analisar a porosidade e a taxa de agregação de valor em atividades executadas por operadores de uma linha de montagem. Embora a pesquisa seja qualitativa, ferramentas quantitativas foram utilizadas na análise de dados, como simulação de Monte Carlo, Regressão pelo método *Partial Least Squares* e variados testes de hipótese como *ANOVA*, *two sample t*, *Paired t*, *Mann-whitney* e *Kruskal Wallis*. A Porosidade foi definida como atividades referentes a *counterproductive work behavior* (CWB). As análises foram realizadas através de 4 hipóteses, que se referem a diferenças entre os meios de medição, diferenças entre os tipos de desperdícios medidos (desperdícios *Lean* e a porosidade), variação da taxa de agregação de valor durante o dia de trabalho e relação entre porosidade e informações sobre o perfil do operador. Os dados foram coletados de várias fontes e meios, através de entrevistas, observação direta por cronometragem e amostragem e dados inseridos no Sistema de Gestão Integrada (SGI) da empresa. Os resultados destacaram a importância e a influência da porosidade e ritmo circadiano na taxa de agregação de valor e desperdícios. Houve uma diferença significativa dos valores encontrados conforme cada meio de medição utilizado: os valores inseridos no sistema de gestão integrada da empresa e entrevista são mais altos que os observados por cronometragem e amostragem. O trabalho ainda descreve uma sequência de etapas executadas para futuras réplicas e debate a utilização do conceito da porosidade como desperdício dentro do contexto da manufatura enxuta.

Palavras chave: Porosidade, *Lean Manufacturing*, *Counterproductive work behavior*, ritmo circadiano.

ABSTRACT

This paper presents a case study in an aeronautical company within the context of application of lean manufacturing. The main objective is analyzing the idleness and the value added rates in activities performed by workers of an assembly line. Although the research was qualitative, quantitative tools were used in data analysis, such as Monte Carlo simulation, Partial Least Squares Regression and several hypothesis tests such as ANOVA, two-sample t, Paired t, Mann-Whitney and Kruskal Wallis. Idleness was defined as activities related to counterproductive work behavior (CWB). The analyses were carried out through four hypotheses, which refer to differences among the sources of measurement of value added taxes, differences among the types of measured wastes (Lean wastes and idleness), the variation of the value added tax during the workday and the relationship between idleness and the operator profile information. The data were collected from various sources, as interviews, direct observation by timing, sampling, and data inserted in the Integrated Management System (IMS) of the company. The results highlighted the importance and influence of idleness and circadian rhythm on the value added tax and wastes tax. There was a significant difference of the values found according to each source of measurement used: the values inserted on the company integrated management system and interview values are higher than those observed by timing and sampling. The paper further describes a sequence of steps performed for future replicates and discusses the use of the concept of idleness as waste within the context of lean manufacturing.

Keywords: Idleness, *Lean Manufacturing*, *Counterproductive work behavior*, Circadian rhythm.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Influência da alimentação na prontidão para o trabalho.....	23
Figura 2.2 – Quantidade de artigos encontrados nas bases pesquisadas.....	24
Figura 3.1 – Conteúdo e sequencia de um estudo de caso.....	28
Figura 3.2 – Sequência de passos utilizados nesta pesquisa.....	29
Figura 5.1 – Composição dos formulários utilizados para a coleta de dados.....	37
Figura 6.1 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais de agregação de valor por horário do dia.....	50
Figura 6.2 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais de NAN por horário do dia.....	54
Figura 6.3 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais de desperdício por horário do dia.....	55
Figura 6.4 – Boxplot dos valores de agregação conforme meio de medição utilizado.....	58
Figura 6.5 – Boxplot dos valores de desperdícios	61
Figura 6.6 – Resultado da amostragem: Média dos grupos horários de agregação de valor....	65
Figura 6.7 – Modelo de Spencer (1987) aplicado para esta pesquisa	66
Figura 6.8 – Frequência de respostas obtidas para Porosidade na simulação de Monte Carlo.	70
Figura 6.9 – Análise de sensibilidade para Porosidade.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Quantidade de artigos encontrados.....	24
Tabela 5.1 – Valores de agregação de valor do teste piloto por cada observador.....	45
Tabela 6.1 – Resultados da entrevista com gestor e teamleaders.....	47
Tabela 6.2 – Resultado da entrevista com o operador observado.....	48
Tabela 6.3 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais por jornada.....	51
Tabela 6.4 – Resultado do SGI: valores percentuais inseridos por cada operador.....	55
Tabela 6.5 – Valores de agregação encontrados.....	59
Tabela 6.6 – Valores das taxas de desperdícios encontradas.....	62
Tabela 6.7 – Valores de porosidade para cada resposta codificada da entrevista.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Definição dos desperdícios Lean.....	19
Quadro 5.1 – Lista de atividades.....	39
Quadro 5.2 – Folha da cronometragem.....	41
Quadro 5.3 – Folha de amostragem e perfil dos observadores.....	42
Quadro 5.4 – Classificação das atividades do SGI.....	46
Quadro 6.1 – Valores médios encontrados na cronometragem.....	48
Quadro 6.2 – Valores médios encontrados na amostragem por dia.....	52
Quadro 6.3 – Resultados dos testes de hipótese e P-value.....	59
Quadro 6.4 – Resultados dos testes de hipótese e P-value.....	62
Quadro 6.5 – Resultado dos testes de hipótese e P-value.....	64
Quadro 6.6 – Codificação das respostas da entrevista com os operadores.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS

AV	Taxa de agregação de valor, valor agregado
Ca	Item da entrevista com os operadores referente a casado (estado civil: casado ou solteiro)
CEO	<i>Chief Executive Office</i> : Diretor executivo, maior grau de hierarquia de uma empresa
Cr	Item da entrevista com os operadores referente a crianças (se tem filhos ou não)
CWB	<i>Counterproductive Work Behavior</i>
Desp	Desperdícios
E	Referente ao desperdício de espera
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Ex	Item da entrevista com os operadores referente a experiência (tempo de fábrica)
FO	<i>Foreign Object</i> : Programa de prevenção, detecção e eliminação de objetos estranhos
Id	Item da entrevista com os operadores referente a idade
M	Referente ao desperdício de movimentação
NAN	Não agrega valor, mas necessário
OLS	Método de regressão <i>Ordinary Least Squares</i>
Or	Item da entrevista com os operadores referente a origem (se do mesmo estado da empresa ou não)
Pd	Referente ao desperdício de processamento desnecessário
Per	Perdas
PLS	Método de regressão <i>Partial Least Squares</i>
Po	Referente ao desperdício de porosidade
QN	Relatórios referentes a problemas de não qualidade ou não conformidade
R	Referente ao desperdício de defeitos, medidos através de retrabalhos
R ²	<i>R Squared</i> : medida de ajuste de um modelo
RH	Departamento de Recursos Humanos
SGI	Sistema de Gestão Integrada, um tipo de software de uso interno da empresa (intranet)
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> : Troca rápida de ferramentas
T	Referente ao desperdício de transporte
TPS	<i>Toyota Production System</i>

Tr	Item da entrevista com os operadores referente a treinamento (se realizou treinamento no exterior ou não)
VIF	<i>Variance Inflation Factor</i> : Fator de inflação da variância
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> : Mapa do fluxo de valor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Contexto.....	11
1.2 Objetivos.....	11
1.3 Justificativa.....	13
1.4 Limitações.....	14
1.5 Estrutura do trabalho.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Manufatura enxuta.....	15
2.1.1 Definição dos desperdícios Lean.....	16
2.2 Counterproductive Work Behavior.....	19
2.3 Porosidade.....	21
2.4 Ritmo circadiano.....	22
2.5 Análise bibliométrica.....	23
3. MÉTODO DE PESQUISA.....	25
3.1 Estudo de caso.....	25
3.2 Classificação da pesquisa.....	26
3.3 Estrutura da pesquisa.....	27
3.4 Unidade de análise.....	29
3.5 Análise das referências.....	31
4. TESTES DE HIPÓTESE PROPOSTOS.....	33
4.1 HA – Diferenças entre os meios de medição.....	33
4.2 HB – Diferenças entre os tipos desperdícios.....	34
4.3 HC – Variação da agregação de valor durante o dia.....	34
4.4 HD – Relação entre porosidade e perfil do operador.....	35
5. APLICAÇÃO.....	37
5.1 Construir protocolos.....	37
5.2 Conduzir teste piloto.....	43
5.3 Coletar os dados.....	45
6. RESULTADOS.....	47
6.1 Levantar valores encontrados.....	47
6.2 Comentário dos observadores.....	55

6.3 Desenvolvimento dos testes de hipótese.....	57
6.3.1 HA – diferenças entre os meios de medição.....	57
6.3.2 HB – diferenças entre os tipos desperdícios.....	61
6.3.3 HC – variação da agregação de valor durante o dia.....	63
6.3.4 HD – relação entre porosidade e perfil do operador.....	67
7. CONCLUSÕES.....	72
REFERÊNCIAS.....	76
ANEXO A – Análise das referências utilizadas.....	80

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Dentro do contexto do *Lean Manufacturing*, muitos pesquisadores têm argumentado continuamente a necessidade de tornar a eliminação de desperdícios como prioridade da empresa, como Ohno (2001) e Shingo e Dillon (1989).

Analisados frequentemente no contexto da psicologia, *counterproductive work behaviors* (CWBs) são comportamentos intencionais pretendidos para ferir a organização ou seus membros (SPECTOR e FOX, 2010) e interferem com o desempenho no trabalho e custos (WHELPLEY e MCDANIEL, 2016). Propositalmente fazer o trabalho incorretamente (SPECTOR, 1975), realizar o trabalho mais devagar (HOLLINGER, 1986), conversar com colega ao invés de trabalhar (ROBINSON E BENNETT, 1995) e propositalmente não trabalhar firmemente quando existem coisas para serem feitas (FOX E SPECTOR, 1999) são exemplos de CWBs. Muitos pesquisadores têm tentado identificar o que pode influenciar no CWB, como citado por Fox *et al.* (2012) e Van den Broeck *et al.* (2014).

Além do CWB, conforme Spencer (1987), o ritmo circadiano também influencia no desempenho no trabalho. Conforme Martinez-Nicolas, Madrid e Rol (2014), ritmo circadiano é a manifestação externa de relógios internos (biológicos) que medem o período do dia. Para Grandjean e Kroemer (1997), tanto o trabalho mental, quanto a capacidade de desempenho físico mostram um ritmo circadiano característico.

Dentro do contexto de *Lean Manufacturing*, essa dissertação abordará atividades de agregação de valor e desperdício, em especial atividades de CWB, chamadas neste trabalho como porosidade. O objeto de estudo trata de uma linha de montagem aeronáutica e os resultados apresentam informações acerca das atividades que foram observadas que são realizadas pelos operadores. Essa dissertação apresentará um procedimento para medição do tempo que os operadores gastam desempenhando as atividades e, através do desenvolvimento dos testes de hipóteses propostos, a agregação de valor e porosidade serão analisadas.

1.2 Objetivos

A porosidade é o termo que será utilizado nesta dissertação para designar as atividades de *counterproductive work behavior* e que se referem a atividades de desperdícios.

O objetivo desta dissertação é analisar a porosidade e a taxa de agregação de valor de operadores de uma linha de montagem. Para a análise são propostas 4 hipóteses (hipóteses A, B, C e D), que podem ser encontradas com maiores detalhes no item 4. As hipóteses são:

HA - Diferenças entre os meios de medição: Este teste tem o objetivo de confirmar se os diferentes meios de medição utilizados apresentam valores de taxa de agregação similares. Os meios de medição são: entrevista com gestor e *teamleaders*, cronometragem, amostragem e dados provenientes do sistema de gestão integrada. Como os resultados de cada meio de medição podem não ser necessariamente normais, serão comparadas as medianas dos resultados. As taxas de agregação de valor utilizadas são percentuais, isto é, se referem a quanto tempo o operador desempenha atividades de agregação em relação a jornada de trabalho disponível.

HA0: As medianas dos dados coletados de meios de medição diferentes para a taxa de agregação podem ser consideradas iguais;

HB - Diferenças entre os tipos de desperdícios: Através da observação direta – cronometragem, foi possível saber quanto tempo cada operador gasta em atividades que não agregam valor, como espera, movimentação, defeitos, transporte, processamento desnecessário e porosidade. Os valores de tempo relativos aos desperdícios são percentuais, isto é, foram considerados em relação à jornada de trabalho disponível. Este teste tem o objetivo de confirmar se os tipos de desperdícios apresentam valores similares. Para tanto, serão comparadas as medianas dos valores de cada desperdício.

HB0: As medianas dos valores de desperdícios podem ser consideradas iguais;

HC - Variação da agregação de valor durante o dia: este teste tem o objetivo de confirmar se a taxa de agregação de valor varia ao longo do dia de acordo com a *performance* prevista por Spencer (1987) e se varia de acordo com a prontidão para o trabalho proposta por Grandjean e Kroemer (1997). Ambas, *performance* e prontidão, são influenciadas pelo ritmo circadiano.

HC0: A taxa de agregação de valor se mantém constante ao longo da jornada, e

HD - Relação entre porosidade e perfil do operador: este teste tem o objetivo de encontrar quais fatores, dentre os medidos na entrevista, mais influenciam para uma maior e menor incidência de porosidade no ambiente de trabalho.

HD0: É possível estabelecer uma relação entre o perfil dos operadores e o valor taxa de porosidade.

Esta dissertação conta também com 2 objetivos específicos:

- 1) Oferecer um esquema passo a passo utilizado para coleta e análise de dados, em especial a porosidade, a fim de que sejam possíveis novas aplicações desta abordagem em outros objetos de estudo, e;
- 2) Debater a utilização do conceito da porosidade como desperdício dentro do contexto da manufatura enxuta.

1.3 Justificativa

Somente 2,5% dos artigos sobre *Lean* apresentam foco principal na eliminação de desperdício e somente 3,37% dos artigos sobre *Lean* possuem dados provenientes da indústria aeroespacial (JASTI e KODALI, 2014). A partir dessas informações pode-se afirmar que há uma lacuna na literatura de *Lean Manufacturing* sobre o tema de eliminação de desperdícios na indústria aeroespacial, que corresponde aos objetivos e objeto de estudo desta dissertação.

O item 2.5 dessa dissertação apresenta uma análise bibliométrica que mostrou uma lacuna de artigos que tratem dos *counterproductive work behaviors* dentro do contexto da aplicação do *Lean Manufacturing*. Esta dissertação, aborda a medição de desperdícios dentro do contexto de *Lean*, dentre eles, a porosidade, que se trata de desperdícios referentes a CWBs. A análise bibliométrica também revelou uma lacuna de artigos sobre Ritmo Circadiano e *Lean Manufacturing* e Ritmo Circadiano e *counterproductive work behaviors*.

Além disso, esta dissertação se justifica pela sua aplicação no objeto de estudo em questão e, mediante outras réplicas em futuras pesquisas, as conclusões poderão ser expandidas ou generalizadas. Os resultados e análises fornecem informações necessárias para guiar ações gerenciais para aumentar a taxa de valor agregado e diminuir os valores de porosidade. Por exemplo, a diferença de resultados de acordo com o meio de medição utilizado pode evidenciar a necessidade de melhoria no processo atual ou pode orientar a criação de uma constante de modo que, multiplicada aos valores obtidos pelo meio de medição utilizado pela empresa, os valores de agregação reais sejam conhecidos. A priorização dos desperdícios mais percebidos pode ajudar a priorizar quais ações e projetos devem ser tomados para aumentar a taxa de valor de agregado. O conhecimento do padrão horário de incidência de desperdícios pode orientar a programação de reuniões, pausas ou atividades extras. As relações entre a porosidade e o perfil do funcionário podem orientar projetos e políticas de recursos humanos, como treinamentos, orientações e benefícios concedidos pela empresa.

1.4 Limitações

As principais limitações desta pesquisa podem ser compreendidas como limitações esperadas para um estudo de caso único, ou seja, os valores, equações, análise de sensibilidade e outras descrições não podem ser generalizados sem antes serem feitas réplicas.

Além disso, foram medidos os desperdícios realizados pelos operadores. A metodologia utilizada não permitiu a medição de estoque e a superprodução. O desperdício de defeitos foi medido através de retrabalhos.

1.5 Estrutura do trabalho

Este primeiro item de introdução apresenta uma breve contextualização, objetivos, justificativas e limitações da pesquisa. O item 2 apresenta uma fundamentação teórica sobre manufatura enxuta, em especial os tipos de desperdícios mais utilizados, e *counterproductive work behavior*. Esse item também apresenta e define a porosidade. O item 3 apresenta o método de pesquisa e os passos seguidos nesta dissertação. O item 4 apresenta os testes de hipótese propostos como parte dos objetivos dessa dissertação. O item 5 apresenta a aplicação da metodologia proposta no item 3. O item 6 apresenta os resultados encontrados, dentre eles o desenvolvimento dos testes de hipótese. O item 7 apresenta a conclusão do trabalho. Ao fim ainda há referências e um anexo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O item de fundamentação teórica abordará os assuntos referentes à Manufatura Enxuta e aos desperdícios, apresentará os conceitos de *Counterproductive Work Behaviors*, definirá a porosidade e apresentará os conceitos de ritmo circadiano. O final deste item apresentará uma análise bibliométrica dos temas analisados.

2.1 Manufatura enxuta

Samuel, Found e Williams (2015) afirmam que o termo *Lean Manufacturing* (ou manufatura enxuta) foi utilizado pela primeira vez por Krafcik em 1988 para descrever o exitoso sistema de produção da Toyota ("*Toyota production system*", TPS) e se popularizou com a publicação do livro em 1990 "A máquina que mudou o mundo" ("*The machine that changed the world*") de Womack, Jones e Roos.

Shah e Ward (2007) afirmam que o *Lean* é uma filosofia de gestão focada em identificar e eliminar desperdícios através do fluxo inteiro de valor de um produto. Porém, Bhamu, Sangwan e Sangwan (2014) constataram após analisar 209 artigos que há uma ausência de uma definição comum sobre *Lean Manufacturing*. Eles listaram algumas definições de *Lean* encontradas. As definições partem de palavras como: uma maneira, um processo, um conjunto de princípios, um conjunto de ferramentas e técnicas, uma abordagem, um conceito, uma filosofia, uma prática, um sistema, um programa, um paradigma ou um modelo. Segundo o que eles analisaram, o escopo de atuação do *Lean* inclui desenvolvimento de produto, gestão de operações, gestão da cadeia de suprimentos, elementos de desenvolvimento humano, paradigma de manufatura, demanda de mercado e mudanças no ambiente de trabalho. Eles ainda afirmam que os objetivos do *Lean*, conforme os artigos analisados, incluem aumentar a qualidade com baixo custo, remover desperdícios do sistema, minimizar estoques, aumentar produtividade e qualidade, obter agilidade, reduzir tempo para entregar um pedido, nivelar a produção, reduzir custo/produzir mais com menos, integrar desenvolvimento de produto com gestão da cadeia de suprimentos, gestão de operações etc.

Apesar de ter sua origem no setor automobilístico, Jasti e Kodali (2014) constataram em uma análise com 178 artigos que os princípios do *Lean* vêm se espalhando cada vez mais para diversos setores, devido a seu impacto positivo em termos de produtividade e lucro da organização. Porém, somente 3,37% dos artigos analisados possuíam dados coletados da indústria aeroespacial. Apesar dos diversos casos de sucesso com o *Lean*, a literatura registra

casos de fracassos de sua implementação. McLean e Antony (2014) elencaram os temas que mais contribuem para o fracasso de iniciativas de melhoria contínua.

Uma grande quantidade de definições listadas por Bhamu, Sangwan e Sangwan (2014) remetem aos conceitos de valor e desperdício. Womack e Jones (2003) definem valor como a capacidade de prover a um cliente no momento certo e a um preço apropriado o que foi definido pelo cliente. Eles afirmam que valor só pode ser definido pelo cliente final. Eles também definem *mudas* como desperdícios. *Muda* é qualquer atividade que consome recursos, mas não cria valor e pode ser classificada em dois tipos: a inevitável e a que pode ser completamente eliminada (WOMACK E JONES, 2003). Além disso, eles também afirmam “que há 7 tipos de *mudas* conforme a enumeração original de Taiichi Ohno sobre os desperdícios comumente encontrados na produção física”. São elas: superprodução, espera, transporte desnecessário, superprocessamento, estoques, movimentos desnecessários e produção de partes com defeito. Jasti e Kodali (2016) apresentam uma lista de elementos que são utilizados para combater cada desperdício.

Embora não haja consenso e sejam pouco citados na literatura, outros autores já citaram que há mais desperdícios do que os sete originalmente propostos por Ohno. Hines *et al.* (1998) chegam a falar sobre cinco desperdícios adicionais e sobre 10 ferramentas de gestão de fluxo de valor para analisar cada desperdício. Os desperdícios adicionais encontrados pelos autores são: desperdício de força e energia (de máquinas), desperdício de potencial humano (pessoas subutilizadas ou que não são consultadas para melhorias), desperdício relacionado ao dano ambiental, desperdícios de despesas gerais (estrutura da empresa muito maior do que o necessário) e desperdícios de projeto (de produtos e processos).

Jasti e Kodali (2014) pesquisaram o foco dos artigos sobre *Lean*, em termos de elementos mais citados, em uma análise com 178 artigos. Eles constataram que os elementos, ferramentas e técnicas *Lean* mais mencionados nos artigos empíricos e sua distribuição de frequência são: *Kanban* (6,9%), *Value stream mapping* (6,5%) e *Kaizen* (6,4%), enquanto que os menos mencionados são: relacionamento de longa duração entre fornecedor e cliente (3,1%), empregados multifuncionais (2,5%) e eliminação de desperdícios (2,5%).

2.1.1 Definição dos desperdícios *Lean*

Womack e Jones (2003) definem a superprodução como o desperdício de produzir além da demanda. Para Ohno (2001), não é exagero afirmar que em período de baixo crescimento tal desperdício instituiria um crime contra a sociedade mais do que uma perda para a empresa. Shingo e Dillon (1989) afirmam que há dois tipos de desperdício de superprodução: a

qualitativa (produzir mais produtos do que o necessário) e a antecipada (produzir o produto antes de que ele seja necessário). Hines *et al.* (1998) afirmam que o *kanban* foi a ferramenta empregada pela Toyota para superar esse problema. Jasti e Kodali (2016) propõem para combater a superprodução a produção baseada em ordem, redução do espaço de armazenamento, produção em lotes pequenos, eliminação de *buffers*, balanceamento de linha e carga de trabalho etc.

Womack e Jones (2003) definem o outro tipo de desperdício, a espera, como o desperdício referente à espera para o próximo passo de processamento. Ohno (2001) também utiliza a expressão “desperdício de tempo disponível” para nomear espera. Shingo e Dillon (1989) recorrem ao desperdício da espera várias vezes em seu livro. Em determinados momentos eles afirmam que há dois tipos de espera: esperas do processo e esperas do lote. Esperas do processo ocorrem quando um lote inteiro está esperando para ser processado. Esperas de processo qualitativas resultam de taxas de defeitos superestimadas, provocando excesso de produção. O excedente tem que esperar entre processos. Esperas de processo relacionadas ao sequenciamento da produção ocorrem quando a produção se antecipa à programação, ou seja, quando é produzido muito cedo, provocando esperas adicionais entre os processos. As esperas do lote acontecem durante as operações de um lote. Quando uma peça é processada, outras se encontram esperando para serem processadas ou pelo instante do lote a ser fabricado. Este fenômeno também ocorre na inspeção e no transporte.

Shingo e Dillon (1989) ainda acrescentam que a equalização e sincronização entre processos pode reduzir ou eliminar as esperas do processo e operações de fluxo de peças unitárias podem acabar com as esperas de lote. No entanto, como essas medidas aumentam a frequência do transporte, a melhoria do *layout* é uma pré-condição básica para o seu uso. Em outros momentos, Shingo e Dillon (1989) afirmam que o termo espera é usado em situações onde homens monitoram máquinas mesmo que as máquinas façam seu trabalho automaticamente. Ohno (2001) afirma que a má redistribuição da carga de trabalho pode fazer com que operadores devam esperar para agregar valor. Porém, segundo Ohno (2001), o que acontece frequentemente é que o operador adianta o trabalho, de maneira que o desperdício da espera não aparece. Para Hines et al (1998), a espera acontece quando os bens não se movem ou não sofrem trabalho. O desperdício pode afetar bens e trabalhadores: ambos podem ter que desperdiçar tempo esperando. Jasti e Kodali (2016) propõem para combater a espera a troca de informações com fornecedores, mudança de *lay-out*, uso de múltiplas pequenas máquinas, nivelamento de carga, balanceamento de linha e carga de trabalho, sincronização, SMED etc.

O desperdício de transporte é definido por Womack e Jones (2003) como o transporte desnecessário de materiais. Para Hines *et al.* (1998), transporte envolve mover bens. Conforme Shingo e Dillon (1989), deve-se começar com a redução da necessidade de transporte através da melhoria com o *layout*. O próximo passo é tornar os meios de transporte mais racionais. Jasti e Kodali (2016) propõem para combater o desperdício de transporte buscar a proximidade com o fornecedor, a troca de informações com fornecedores, sincronização, a manutenção de um único fornecedor ou mesmo a redução do número de fornecedores, a redução da variedade de peças e a padronização, a redução do espaço de armazenamento, a prática do *just-in-time* etc.

Para o desperdício do superprocessamento, Ohno (2001) também utiliza as expressões “processamento” – também utilizada por Shingo e Dillon (1989), “processamento em si”, “processamento demais”, “muita maquinização” para nomear este desperdício. Womack e Jones (2003) definem o desperdício de superprocessamento como consequência de ferramentas ruins e mal projeto de produto. Para Hines *et al.* (1998), este desperdício ocorre quando soluções extremamente complexas são encontradas para procedimentos simples. Conforme Shingo e Dillon (1989), melhorias voltadas à engenharia de valor e a análise do valor devem ser realizadas em primeiro lugar. Jasti e Kodali (2016) propõem para combater o superprocessamento o uso de times com funções cruzadas, controle visual, operadores com múltiplas habilidades, kaizens, padronização de trabalho, círculos da qualidade, gestão da qualidade total, treinamento multifuncional etc.

Womack e Jones (2003) definem o desperdício do estoque como o ato de se ter estoques mais do que o absoluto mínimo. Para Hines *et al.* (1998), estoques escondem problemas e geram custos. Jasti e Kodali (2016) propõem para combater o estoque a produção em pequenos lotes, uso do *kanban*, produção puxada, *kaizen*, relação de longa duração com fornecedor, *just-in-time*, manutenção de um único fornecedor ou mesmo redução de fornecedores, fluxo de uma peça etc.

Já o desperdício da movimentação é definido por Womack e Jones (2003) como o conjunto de movimentos desnecessários realizados pelos empregados durante o curso de seu trabalho (procurando partes, ferramentas, impressões, ajuda etc). Para Hines *et al.* (1998), desperdícios de movimentos desnecessários envolvem a ergonomia, movimentos dos operadores como se esticar, inclinar, pinçar peças etc. Shingo e Dillon (1989) citam exemplos deste desperdício: acúmulo de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagem de materiais de mão em mão, caminhar para obter as peças e desembalar peças vindas de fornecedores. Estes autores ainda afirmam que a melhoria de movimentação deve ser preferida frente à mecanização

dos movimentos humanos. Jasti e Kodali (2016) propõem para combater a movimentação a mudança de *lay-out*, o uso do *kanban*, as práticas de TPM e de SMED, a comunicação entre empregados, o uso do VSM etc.

Por fim, o desperdício do defeito é retratado por Womack e Jones (2003) como o ato de realizar produção de partes com defeito. Para Hines *et al.* (1998), defeitos tem um impacto direto nos custos e devem ser vistos como uma oportunidade para melhorar – oportunidade de Kaizen. Para Shingo e Dillon (1989), a inspeção deve prevenir defeitos e não simplesmente encontrá-los. Há três estratégias para a inspeção preventiva: controle na fonte, auto inspeção e inspeção sucessiva. Jasti e Kodali (2016) propõem para combater os defeitos o uso de operadores com múltiplas habilidades, a realização de círculos da qualidade, o uso de *poka-yokes*, a manutenção de um único fornecedor ou mesmo a redução de fornecedores, o controle estatístico de processos etc.

A partir das definições e exemplos dos desperdícios de Womack e Jones (2003), Hines *et al.* (1998), Ohno (2001), Shingo e Dillon (1989) e a lista de elementos mais usuais para combater cada desperdício conforme Jasti e Kodali (2016), foi criado o Quadro 2.1 que resume os sete desperdícios Lean.

Quadro 2.1 – Definição dos desperdícios *Lean*

Desperdício	Significado
Superprodução	Produzir em maior quantidade ou antecipadamente em relação à demanda
Espera	Tempo de espera para que operadores possam trabalhar devido a indisponibilidade/ ocupação de processos e máquinas e para que peças esperem para ser processadas
Transporte	Mover bens entre unidades ou postos produtivos. Se trata de um desperdício de gestão logística
Superprocessamento	Processar demasiadamente devido a ferramentas ruins ou mal projeto de produto
Estoque	Ter mais estoques do que o mínimo
Movimentação	Movimento dos operadores devido a problemas de desenvolvimento de processo, layout e ergonomia
Defeito	Produzir partes com defeitos

Fonte: próprio autor (2017) a partir de Womack e Jones (2003), Hines *et al.* (1998), Ohno (2001), Shingo e Dillon (1989) e Jasti e Kodali (2016)

2.2 *Counterproductive Work Behavior*

Counterproductive work behaviors (CWBs) são comportamentos intencionais pretendidos para ferir a organização ou seus membros (SPECTOR e FOX, 2010). CWB também pode ser definido como comportamento voluntário que viola normas organizacionais significantes e, desta forma, ameaça o bem-estar da organização e/ou de seus membros

(ROBINSON e BENNET, 1995). Alguns exemplos de comportamentos CWB são roubos, fraude, vandalismo, sabotagem e absenteísmo voluntário (BENNET e ROBINSON, 2000).

Para Whelpley e McDaniel (2016), o estudo de CWB tem crescido em importância na literatura organizacional devido a seu relacionamento com o desempenho no trabalho, custos que podem ocorrer nas organizações e as ameaças às pessoas.

Porém, embora a importância de CWB tenha crescido atualmente, este vem sendo mencionada na literatura há mais tempo. Taylor (2013), em parte considerável de seu livro do começo do século XX "Princípios para a administração científica", explica que ele constatou que os operários realizavam os trabalhos mais lentamente do que eles poderiam fazer e chamou essa prática de *loafing*, *soldiering* ou preguiça do homem. A versão em português do livro traduz esse termo como 'vadiagem no trabalho', 'fazer cera no trabalho' e 'indolência no trabalho'. Segundo o próprio autor, esse *loafing* ou *soldiering* procede de duas causas. Primeiro, a partir do instinto natural e tendência do homem de '*take it easy*' (versão em português traduz como "fazer o menor esforço"), que pode ser chamada de *soldiering* natural. Segundo, é causado pelas relações com outros homens, que pode ser chamado de *soldiering* sistemático. Essa tendência comum de "*take it easy*" é fortemente aumentada quando se aglomeram um número de homens em trabalhos similares, com taxas padronizadas e uniformes de pagamento por dia. Em outra passagem, Taylor (2013) realça o *loafing* sistemático em relação ao *loafing* natural: o *loafing* sistemático seria mais danoso à empresa. Em várias passagens Taylor (2013) explica os motivos do *loafing*. Ele afirma que a *soldiering* é uma das maneiras que o trabalhador encontrou para proteger seus interesses frente à gestão falha. Outra causa para o *loafing* é a ignorância dos empregadores devido ao tempo que cada tarefa deveria ser feita.

Segundo Klotz e Buckley (2013), entre os tipos de CWB, existem os desvios de produção, dentre eles o *soldiering*, *loafing* social e *cyberloafing*. *Soldiering* é reduzir deliberadamente o nível de desempenho individual de alguém. Isso ocorre devido à propensão individual de exercer o *loafing*, fortes relacionamentos entre empregados e grupos que diminuem as saídas dos processos. *Loafing* social é exercer menos esforço em um contexto de um grupo que quando trabalhando sozinho. *Cyberloafing* é usar a internet para propósitos não relacionados a serviço durante horas de trabalho. Klotz e Buckley (2013) também comentam as similaridades entre as conceitualizações e implicações entre *soldiering* sistemática e *loafing* social.

Fox *et al.* (2012) afirmam que CWB tem sido estudado sob uma variedade de perspectivas teóricas como agressão, desvio (comportamental), retaliação e vingança. Porém, todas as perspectivas têm em comum que esses comportamentos são volitivos (em oposição a

comportamentos acidentais ou mandatórios) e ferem organizações e/ou partes envolvidas das organizações, como clientes, colegas de trabalho e supervisores.

Pesquisadores geralmente classificam CWB de acordo com o objetivo do comportamento, ou seja, atos direcionados contra a organização ou atos contra pessoas na organização (BENNET e ROBINSON, 2000; ROBINSON e BENNET, 1995).

Alguns exemplos de ações e comportamentos do CWB podem ser citados como:

- Conforme Spector (1975): desperdiçar tempo e materiais da empresa, tentar parecer ocupado fazendo nada, “sonhar acordado” em vez de trabalhar, propositalmente fazer o trabalho incorretamente;

- Hollinger (1986): ser pago por horas que não foram trabalhadas, gastar um tempo muito grande para almoço ou café sem aprovação do superior, realizar o trabalho mais devagar;

- Robinson e Bennett (1995): intencionalmente trabalhar devagar, conversar com colega ao invés de trabalhar, se esconder em uma sala para ler o jornal, fazer horas extras desnecessárias, fazer pausas excessivas no trabalho, chegar tarde e sair cedo, fazer chamadas de telefones e enviar e-mails pessoais, mentir sobre horas trabalhadas;

- Skarlicki e Folger (1997): levar para casa pertences da empresa sem permissão, tentar parecer ocupado enquanto está desperdiçando tempo, gastar tempo em assuntos pessoais no trabalho, e

- Fox e Spector (1999): propositalmente não trabalhar firmemente quando existem coisas para serem feitas, propositalmente chegar ao trabalho ou voltar de pausas atrasado, reclamar sobre coisas insignificantes no trabalho, não ir trabalhar por motivos de saúde (quando não é verdade), tentar enganar o empregador.

2.3 Porosidade

Porosidade é o termo que será utilizado nesta dissertação para designar as atividades de *counterproductive work behavior (CWB)* identificadas de acordo com Spector (1975), Hollinger (1986), Robinson e Bennett (1995), Skarlicki e Folger (1997), Fox e Spector (1999) e Spencer e Fox (2010). Conforme a definição de agregação de valor e desperdício de Womack e Jones (2003), a porosidade se refere a atividades que não agregam valor e não são necessárias.

A porosidade será definida como um desperdício intencional que diz respeito a um comportamento desviante do operador de não agregar valor quando os meios e recursos estão disponíveis para tal fim. A porosidade é danosa à empresa e é causada por livre vontade do operador.

2.4 Ritmo circadiano

Martinez-Nicolas, Madrid e Rol (2014) definem ritmo circadiano, ritmo de 24h ou relógio circadiano como a manifestação externa de relógios internos que medem o período do dia. Segundo eles, o ritmo circadiano influencia sistemas de imunização, secreção de hormônios e demanda de energia.

Bollinger *et al.* (2011) afirmam que as sociedades modernas criam um descompasso com o sistema circadiano à medida que utilizam baixa luz do dia, ausência de escuridão durante a noite, temperatura ambiental constante, estilo de vida sedentário, entre outros. O descompasso e o estilo de vida moderno estão relacionados com várias patologias humanas, como, por exemplo, o câncer.

Spencer (1987) analisou a influência do sono na *performance* de trabalhadores de companhias aéreas dentro do contexto do ritmo circadiano. Ele constatou uma interação causada na performance devido à hora em que o funcionário acordava e o período do dia, ou seja, o ritmo circadiano e o sono influenciaram de maneira interativa a performance. Embora com um baixo valor de ajuste (R^2 de 32,2%), Spencer (1987) ainda realizou uma regressão para determinar o valor da performance a partir da hora do dia (T) e da hora desde o momento de acordar (t), ambos em horas. A performance foi medida a partir dos resultados de um teste chamado por Spencer como DSST. Segundo valores propostos por Spencer, em um caso que corresponde praticamente à uma jornada de trabalho normal, com o início do trabalho às 8h, a acrofase de desempenho acontece às 6h de acordado. A equação 2.1 apresenta a regressão encontrada por Spencer:

$$DSST(T, t) = 233,3 + 1,54t - 0,304t^2 + 0,0108t^3 + 4,97\cos\left(\frac{2\pi(T - 17,05)}{24}\right) \quad (2.1)$$

Para Grandjean e Kroemer (1997), ritmo circadiano, ciclo circadiano ou ritmo biológico é afetado principalmente por causa do sono. São afetadas as seguintes funções: temperatura do corpo, frequência cardíaca, pressão sanguínea, volume de respiração, produção de adrenalina, produção mental, frequência da fusão do olho, capacidade de produção física entre outros. Eles realçam ainda que tanto o trabalho mental, quanto a capacidade de desempenho físico mostram um ritmo circadiano característico. Grandjean e Kroemer (1997) citam 3 pesquisas em seu livro: uma com controladores de voo, outra com motoristas de caminhão e outra em uma usina de gás na Suécia. Eles constataram uma maior capacidade subjetiva de prontidão para o trabalho (“*readiness for work*”) nas primeiras horas de trabalho. Segundo eles, além da implicação do

ritmo circadiano na prontidão para o trabalho, percebe-se o efeito biológico da sobrecarga dos órgãos da digestão que provoca um amortecimento na prontidão para o trabalho.

Com base na influência da alimentação em uma jornada de trabalho contínua e em horários correspondentes à uma jornada de trabalho normal e sono normal, Grandjean e Kroemer (1997) propõem a prontidão para o trabalho durante a jornada de trabalho conforme a Figura 2.1. Ao se colocar pausas para lanches, a prontidão para o trabalho varia menos, com alto valor no início do dia e baixo valor ao fim da jornada de trabalho.

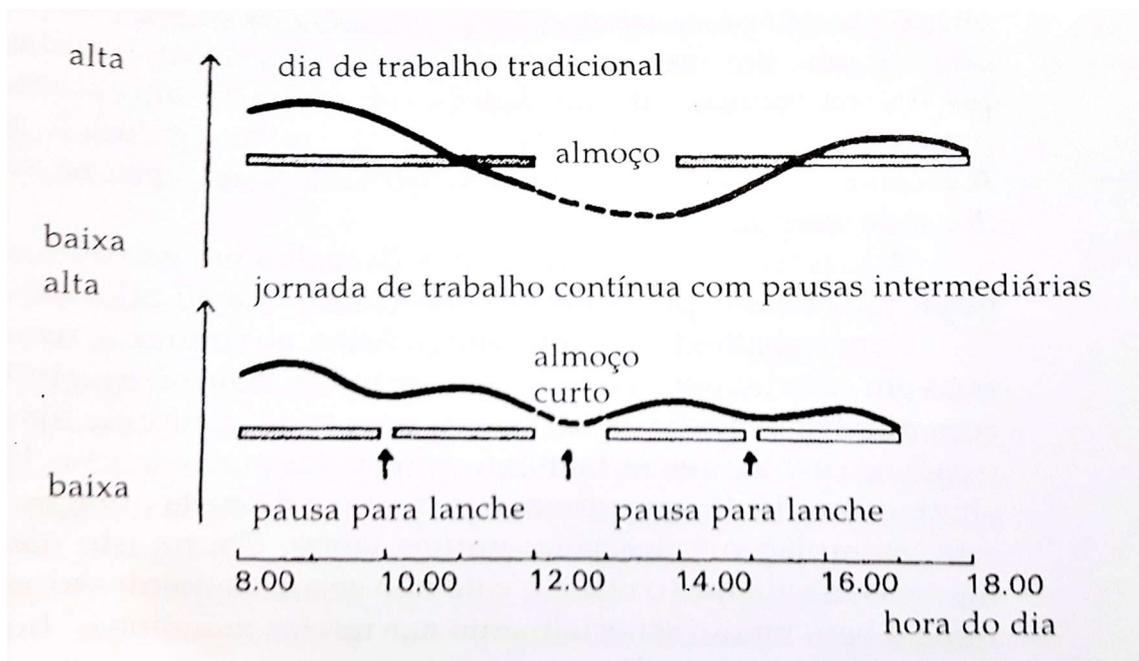


Figura 2.1 – Influência da alimentação na prontidão para o trabalho

Fonte: Grandjean e Kroemer (1997)

2.5 Análise bibliométrica

Foi realizada uma busca na base de dados *Scopus* e *ScienceDirect* no dia 27 de março de 2017 referentes a artigos em inglês com as palavras referentes a *Lean Manufacturing*, Ritmo Circadiano e *Counterproductive Work Behavior*. Deveriam aparecer no título, *abstract* ou palavras-chave as palavras estabelecidas:

- **CWB:** "Counterproductive work", "Deviant behavior", "Deviant behaviour", *Loafing*, CWB, "Counterproductive work behaviour", "Counterproductive work behavior", *Cyberloafing*,
- **Ritmo Circadiano:** *circadian*, "24 hours rhythm", e
- **Lean:** "Lean manufacturing", "Lean production", "Toyota production system", "Lean thinking", "Lean principle", "Lean management", "Lean enterprise", "Lean process",

"Lean practice", "Lean approach", "Toyota way", "Lean philosophy", "Lean methodology", "Lean transformation", "Lean healthcare", "Lean health care", "Lean method", "Lean service", "Lean theory", "Lean intervention".

A Tabela 2.1 e a Figura 2.2 apresentam os resultados encontrados. Sobre *Lean*, foram encontrados 3674 artigos na base Scopus e 744 na base ScienceDirect. Sobre CWB, foram encontrados 2777 na base Scopus e 1047 na ScienceDirect. Sobre Ritmo Circadiano, foram encontrados 14142 na base Scopus e 1770 na ScienceDirect. Somente um artigo foi encontrado com a junção entre *Lean* e CWB. Van Dun, Hicks e Wilderom (2016) analisaram os valores e comportamentos de gestores *lean* em uma pesquisa exploratória. Não foram encontrados artigos com a junção de ritmo circadiano com CWB ou *Lean*. Eles argumentaram que alguns gestores podem desenvolver comportamentos CWB. Com base nesses resultados é possível afirmar que a literatura apresenta poucos trabalhos da interseção desses dois capítulos. Não foi encontrado artigo nesta pesquisa que apresenta comportamentos do CWB listados como desperdícios *Lean*.

Tabela 2.1 – Quantidade de artigos encontrados

<i>Temas</i>	<i>Scopus</i>	<i>ScienceDirect</i>
<i>Lean</i>	3674	744
CWB	2777	1047
Circadiano	14142	1770
<i>Lean</i> e CWB	1	1
<i>Lean</i> e Circadiano	0	0
CWB e Circadiano	0	0
CWB, Circadiano e <i>Lean</i>	0	0

Fonte: próprio autor (2017)

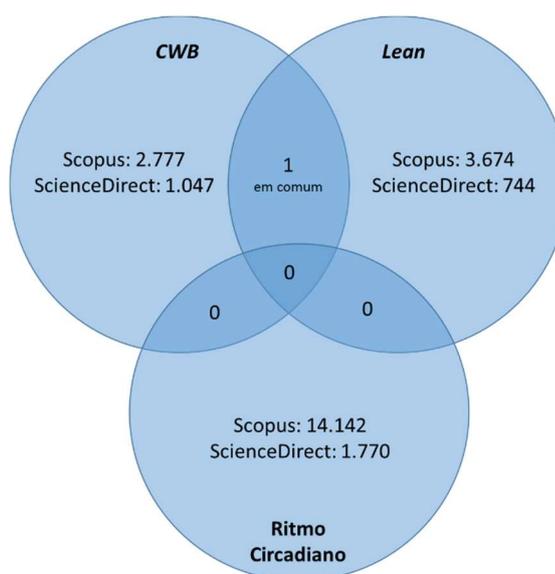


Figura 2.2 – Quantidade de artigos encontrados nas bases pesquisadas

Fonte: Próprio autor (2017)

3. MÉTODO DE PESQUISA

A fim de atingir os objetivos propostos por esta dissertação, foi escolhido o método estudo de caso para guiar a pesquisa.

3.1 Estudo de caso

Segundo Yin (2013) o estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. O estudo de caso é pertinente quando a forma da questão de pesquisa é do tipo “como, por que”, não há exigência de controle sobre eventos comportamentais e quando se focaliza acontecimentos contemporâneos. Para Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) a pesquisa de caso (que engloba o estudo de caso) vem sendo um dos mais potentes métodos de pesquisa de gestão de operações, particularmente nos descobrimentos de novas teorias.

O estudo de caso pode ser classificado de diversas formas. Dentre elas podem ser classificados em caso único e múltiplos casos. Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) e Yin (2013) explicam a diferença entre eles. Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) afirmam que a vantagem do caso único é a possibilidade de oferecer uma maior profundidade no que está sendo analisado. Porém, a desvantagem está nos limites de generalização de conclusões. Além disso, podem ocorrer vieses como julgamentos errados sobre a representatividade de um evento único e exageros nos dados disponíveis.

Yin (2013) também classifica as pesquisas em estudo de caso em exploratório, quando se tem nenhum ou pouco conhecimento sobre determinado fenômeno de interesse, descritivo, que tem por objetivo descrever o comportamento das variáveis envolvidas e explanatório que busca explicar o relacionamento em relações de causa e efeito.

Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) e Yin (2013) realçam a importância de combater o viés na coleta de dados, especialmente quando o pesquisador já tem claro o que gostaria de ver. Segundo eles, uma solução é utilizar múltiplos observadores. Para Yin (2013), um caso único exige uma coleta de dados intensiva no mesmo local, o que pode tornar necessário uma equipe de pesquisadores. No caso de uma equipe de pesquisadores, Yin (2013) também elabora uma proposta de treinamento para a equipe e destaca a importância das discussões mais que das conferências em treinamento, a fim de garantir o nível desejado de compreensão do estudo.

Bryman (1989) define a diferença entre as abordagens qualitativa e quantitativa. Segundo ele, na abordagem qualitativa, a característica distintiva é a ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado. As características da pesquisa qualitativa são: ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos, delineamento do contexto do ambiente de pesquisa, abordagem não muito estruturada, múltiplas fontes de evidências, importância da concepção da realidade organizacional e proximidade com o fenômeno estudado. Os problemas associados a pesquisa qualitativa são dificuldades com o acesso, interpretação e análise dos dados.

Gil (2008) classifica as pesquisas em puras e aplicadas. A pesquisa pura busca o progresso da ciência, procura desenvolver os conhecimentos científicos sem a preocupação direta com suas aplicações e consequências práticas. Seu desenvolvimento tende a ser bastante formalizado e objetiva a generalização, com vistas na construção de teorias e leis. A pesquisa aplicada, por sua vez, apresenta muitos pontos de contato com a pesquisa pura, pois depende de suas descobertas e se enriquece com o seu desenvolvimento; todavia, tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos. Sua preocupação está menos voltada para o desenvolvimento de teorias de valor universal que para a aplicação imediata numa realidade circunstancial.

3.2 Classificação da pesquisa

A classificação da pesquisa está listada como item 2.1.1 da Figura 3.2 que apresenta a sequência de passos utilizados nesta dissertação.

São características da pesquisa conduzida nesta dissertação:

- Utiliza o método estudo de caso;
- Aborda um caso único;
- É de natureza aplicada;
- Tem objetivos descritivos;
- Utiliza abordagem qualitativa, embora utilize ferramentas quantitativas na análise de dados;
- Utiliza múltiplos observadores;
- Realiza teste piloto, e
- Utiliza múltiplas fontes de evidências, em especial observação direta, entrevista e consulta a registros da empresa.

As observações foram feitas segundo recomendações de Barnes (77), que dedicou um livro inteiro para explicar e ensinar os estudos de movimentos e de tempos. Dentre os tópicos

explorados, ele enfatizou recomendações para a amostragem do trabalho. Segundo Barnes (77), a amostragem de trabalho tem basicamente três usos: medir as esperas de homens e máquinas, medir tempo de trabalho e descansos, e medir o tempo padrão de uma operação.

3.3 Estrutura da pesquisa

Miguel *et al.* (2012) apresentam uma proposta de conteúdo e sequência para a condução de um estudo de caso conforme a Figura 3.1 e a explica da seguinte maneira:

1. **Definição de uma estrutura conceitual teórica:** Deve-se primeiramente definir um referencial conceitual teórico para o trabalho, de forma a fazer um mapeamento da literatura sobre o assunto. A partir disso é possível identificar lacunas onde a pesquisa possa ser justificada. Em seguida, as proposições podem ser estabelecidas e, posteriormente, as fronteiras e grau de evolução (estado da arte) podem ser delimitados;
2. **Planejamento do estudo de caso:** Diz respeito a escolha do tipo e número de casos (exemplo: casos múltiplos, caso único, amostras etc);
3. **Conduzir testes pilotos:** Embora não seja prática comum em estudo de caso, é sempre importante a condução de um teste piloto pelo pesquisador, antes de partir para a coleta de dados. A partir dos testes fazem-se as correções e ajustes necessários;
4. **Coletar os dados:** É importante tomar cuidado com a preparação do tempo que será gasto para coletar os dados, os meios que serão utilizados e minimizar o efeito do observador no observado;
5. **Analisar os dados:** O pesquisador deve produzir uma narrativa geral do caso, reduzindo os dados. Se múltiplos casos são empregados, deve-se construir um painel para cada um para depois comparar as informações. O pesquisador então confronta os resultados com a literatura, e
6. **Gerar relatório:** o relatório é o gerador de artigos e monografias.

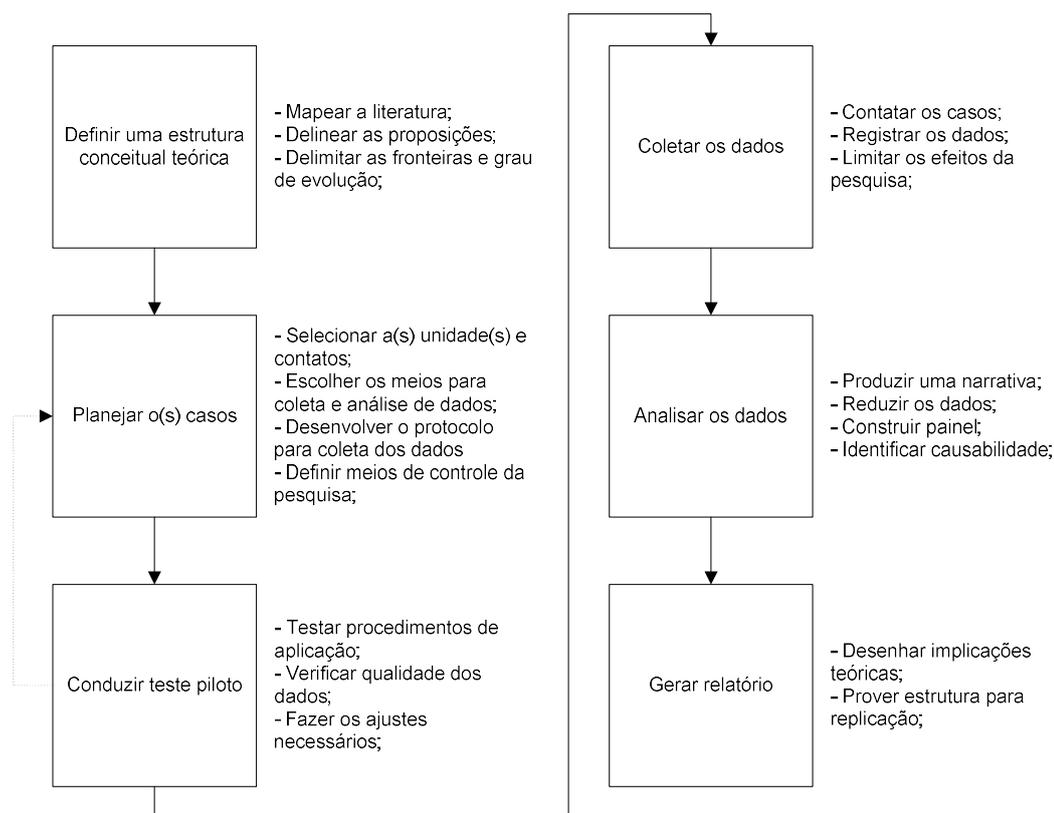


Figura 3.1 – Conteúdo e sequencia de um estudo de caso

Fonte: Miguel *et al.* (2012)

A partir da proposta de Miguel *et al.* (2012), foram adicionadas etapas suplementares para especificar as sequencias e etapas utilizadas nesta pesquisa, conforme a Figura 3.2, que pode ser detalhada como:

1. **Definição de uma estrutura conceitual teórica:** Essa etapa pode ser encontrada na “Introdução” (Item 1) e “Fundamentação teórica” (Item 2) desta dissertação;
2. **Planejar o caso:** O planejamento inicial pode ser encontrado em “Método de pesquisa” (Item 3), em especial em “Classificação da pesquisa” (Item 3.3) e “Unidade de análise” (Item 3.4). A construção dos protocolos pode ser encontrada em “Aplicação” (Item 5);
3. **Conduzir teste piloto:** Essa etapa pode ser encontrada em “Aplicação” (Item 5);
4. **Coletar os dados:** Essa etapa pode ser encontrada em “Aplicação” (Item 5);
5. **Interpretar o resultado:** Essa etapa pode ser encontrada em “Resultados” (Item 6), e
6. **Gerar relatório:** a escrita desta dissertação é fruto dessa etapa.

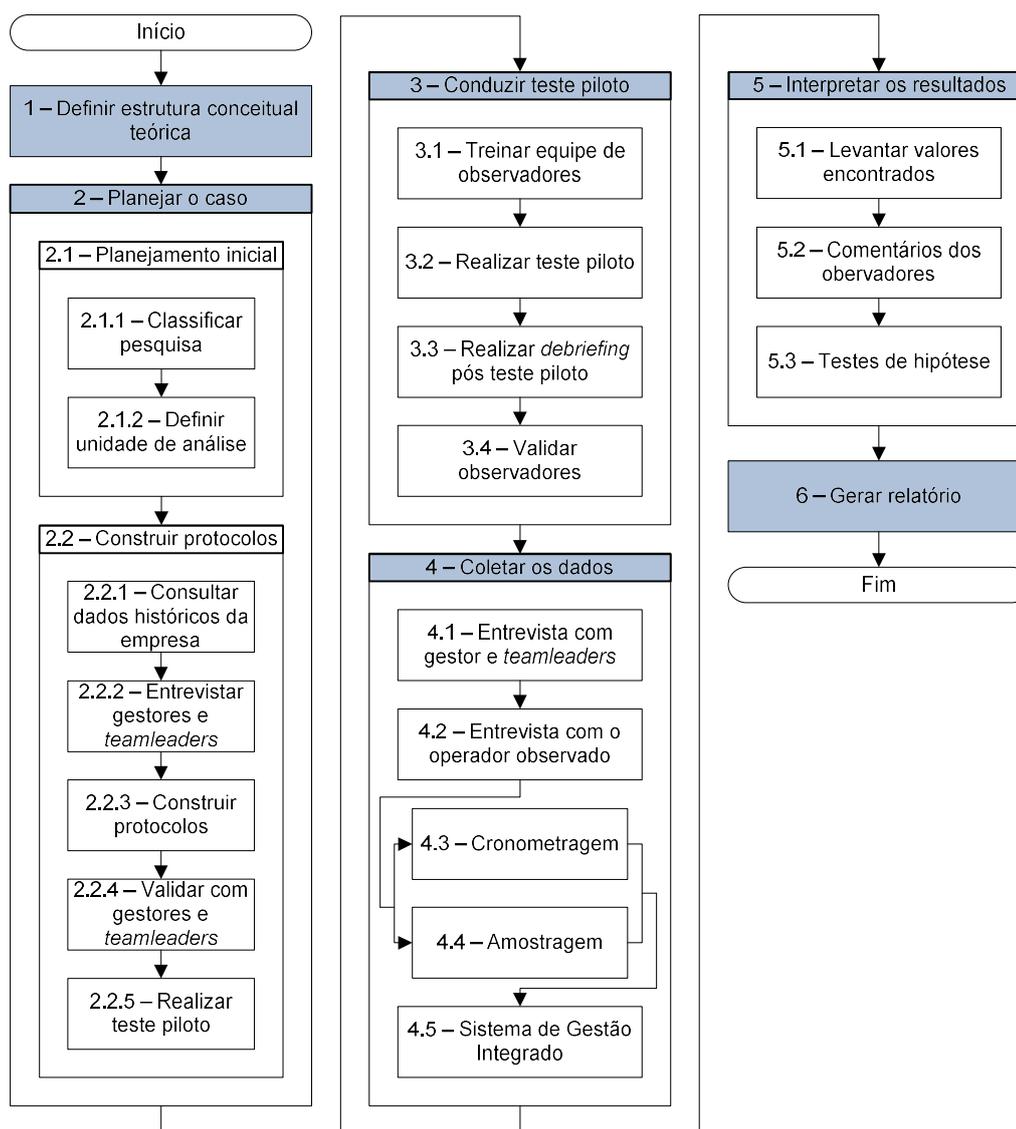


Figura 3.2 – Sequência de passos utilizados nesta pesquisa

Fonte: Próprio autor (2017) a partir de Miguel *et al.* (2012)

3.4 Unidade de análise

A definição da unidade de análise foi realizada conforme item 2.1.2 da Figura 3.2 que apresenta a sequência de passos utilizados nesta dissertação.

Foi escolhida uma linha de montagem aeronáutica de uma empresa de grande porte (mais de 500 funcionários) localizada na região sudeste do Brasil. A empresa/grupo tem grande notoriedade no Brasil, no mundo e no mercado a qual se destina. A seguir estão listadas algumas informações sobre o objeto de estudo:

- Baixo volume de produção e alta customização: a produção final na linha analisada não ultrapassava em dez unidades ao ano, sendo que cada produto pode ser considerado

único pelo alto grau de especificidade e customização. A partir de uma versão básica do produto, o mesmo era customizado, o projeto era analisado e alterado, e produzido a partir da demanda. Durante todas as observações realizadas, os produtos que estavam sendo montados possuíam como cliente somente entidades militares.

- Trabalho predominantemente manual: as atividades eram desempenhadas somente por operadores homens e predominantemente manual, como passar cablagens (fiação elétrica); apertar parafusos, porcas e arruelas; furar; instalar suportes e rebites; instalar sistemas e subprodutos aeronáuticos. Algumas montagens necessitavam de ferramentais mais extensos como guindaste ou esteira rolante. A maioria das montagens necessitava de ferramentas simples como chaves de fenda, tesoura e outros itens.
- Altos tempos de ciclo: a menor subdivisão das tarefas para a realização das montagens era chamada de operação. Cada operação possuía, na maioria, de 2 a 10 horas de montagem. Embora algumas operações consumissem somente alguns minutos, outras gastavam altos tempos como 80 ou 100 horas.
- Alta variabilidade de tarefas: A linha analisada possuía em média 2 mil operações de montagens por produto. Muitas das operações eram específicas para um produto e não eram válidas para os demais produtos da mesma linha de montagem.
- Complexo fluxo de valor: muitas operações de montagens não possuíam restrição de serem realizadas uma depois da outra (a ordem poderia ser alterada), pois se tratavam de montagens em locais diferentes da aeronave. Além disso, muitas peças e matérias-primas atrasavam para estar disponíveis à montagem. Com isso, não havia uma única sequência clara e definitiva da sequência de montagem de todas as operações que fosse válido para todas as aeronaves, nem de que o operador deveria realizar cada atividade. Havia uma sequência padrão que sofria alterações de acordo com as customizações, devido à falta de material e ao livre arbítrio do gestor da linha e dos próprios operadores.
- Alta carga de trabalho: no momento analisado, havia demanda suficiente para que os operadores tivessem trabalho a realizar, ou seja, não foi considerada a hipótese de haver excesso de mão de obra comparativamente à demanda.
- Operadores com alto grau de instrução e grande autonomia: os operadores possuíam no mínimo grau escolar técnico, sendo todos com cursos e treinamentos específicos dentro do domínio aeronáutico. Muitos falavam três idiomas, alguns faziam faculdade (em especial engenharia), alguns já tinham feito curso no exterior pago pela empresa. Havia cerca de 50 operadores na linha analisada que, na maioria das vezes, escolhiam entre si,

de acordo com a formação de cada um, quem faria cada atividade. Os operadores ainda tinham autonomia suficiente para parar de produzir caso fosse encontrado algum erro ou caso fosse perdido algum objeto estranho na aeronave ou redondezas (programa de objetos estranhos chamado de “FO” – *Foreign Objects*) sem a necessidade de permissão do gestor imediato. Havia uma definição geral sobre horário de sair para almoço e café, mas os operadores podiam atrasar ou adiantar esses horários. Muitos dos operadores vinham de outro estado do país, diferente daquele onde a empresa se localiza, sendo que alguns faziam o percurso pendular de voltar ao estado de origem semanalmente. Entre os operadores, alguns eram chamados de *teamleaders*, pois possuíam algum tipo de hierarquia em relação aos demais. Os *teamleaders* também realizavam montagens e tiveram suas jornadas observadas.

- Início da abordagem *Lean* na linha em questão: embora a empresa já tivesse iniciado a abordagem *Lean* com sucesso em outros departamentos, para a linha de montagem em questão era uma das primeiras abordagens *Lean*. A empresa desejava detalhar o que ocorria na linha para aumentar a taxa de valor agregado.

Além disso, a jornada de trabalho iniciava-se às 7h30min e terminava às 17h45min, com 15min para café na parte da manhã, 15min à tarde e 1h para almoço. Com isso, havia 8,7h disponíveis para o trabalho por jornada. Os cálculos de porcentagem de agregação de valor (AV); não agregação, mas necessário (NAN) e desperdício levaram em consideração somente as horas disponíveis.

3.5 Análise das referências

A fim de mostrar o rigor metodológico e a qualidade das referências utilizadas, o anexo A apresenta uma lista com todas as citações realizadas nesta dissertação. As citações foram classificadas em artigos, livros e sites:

- Artigos: os artigos provêm todos de *journals* com alto grau de impacto (média de 2,8 de fator impacto) e, quando não fontes primárias de informação, artigos recentes. O anexo A apresenta a citação, o ano, o *journal* e o grau de impacto do *journal*. O grau de impacto foi obtido através do site ResearchGate (2017) e corresponde ao valor mais atual disponível.
- Livros: os livros utilizados podem ser considerados clássicos na área a qual se destinam. O anexo A apresenta a citação, o ano e a quantidade de citações identificadas a cada livro conforme o site GoogleAcadêmico (2017).

- Sites: os sites utilizados nesta dissertação se referem somente à análise bibliométrica realizada no item 2.4 e os sites utilizados na construção do anexo A.

O anexo A também apresenta a língua das referências utilizadas nesta dissertação.

4. TESTES DE HIPÓTESE PROPOSTOS

As hipóteses propostas neste item correspondem aos objetivos dessa dissertação conforme Item 1.2 (objetivos). A seguir serão apresentadas as hipóteses que serão testadas (proposição).

4.1 Hipótese A – Diferenças entre os meios de medição

Yin (2013) detalha alguns princípios predominantes para a coleta de dados em estudo de caso como múltiplas fontes de evidência, ou seja, evidências provenientes de duas ou mais fontes, mas que convergem em relação ao mesmo conjunto de fatos ou descobertas.

Esta dissertação coletará a taxa de agregação de valor a partir de quatro meios de medição diferentes, conforme pode ser visto no item 4 da Figura 3.2:

1. **Entrevistas com gestor e *teamleaders*:** reflete o valor esperado de agregação de valor por aqueles que têm mais contato com a linha de montagem.
2. **Cronometragem:** é o valor encontrado pela técnica de cronometragem; se refere a observação direta de um operador por vez.
3. **Amostragem:** é o valor encontrado pela técnica de amostragem; se refere a observação direta de vários operadores por vez a cada 10min.
4. **Dados provenientes do sistema de gestão integrada:** é o valor que o operador insere no sistema referente à duração das atividades que ele desenvolveu.

A entrevista com o operador observado não mede a taxa de agregação de valor. Essa técnica de coleta de dados será utilizada para a hipótese D.

A hipótese A desta dissertação parte do princípio de que os valores provenientes dos quatro meios de medição podem ser considerados iguais, que corresponde ao esperado pela empresa e pelo autor desta pesquisa. Em caso de rejeição da hipótese nula, será investigado quais meios apresentam maiores e menores valores. Neste caso, pode ser que algum dos meios de medição poderia favorecer uma maior taxa de agregação de valor em detrimento de desperdícios que são ocultados. Os testes de hipótese compararão medianas. Para amostras normais, haverá também comparação de médias.

Shingo e Dillon (1989) afirmaram em seu livro que na Toyota eles procuravam pelo desperdício que geralmente não é notado porque se tornou aceito como uma parte natural do trabalho diário. A primeira hipótese pode indicar a existência de desperdícios ocultos/aceitos.

HA0: As medianas dos dados coletados de meios de medição diferentes para a taxa de agregação podem ser consideradas iguais.

4.2 Hipótese B – Diferenças entre os tipos desperdícios

Para Jasti e Kodali (2014), *Lean* significa manufatura sem desperdícios. Eles pesquisaram o foco dos artigos sobre *Lean*, em termos de elementos mais citados, em uma análise com 178 artigos. Eles constataram que os desperdícios mais mencionados nos artigos empíricos e sua distribuição de frequência são: estoques (59,9%), espera (52,7%), defeitos (41,6%), transporte (29,2%), movimentação (27,5%), processamento desnecessário (21,3%) e superprodução (20,8%). Eles também constataram que dentre os elementos, ferramentas e técnicas mais mencionadas, a eliminação de desperdícios está sendo focada em somente 2,5% dos artigos.

Jasti e Kodali (2016) também analisaram a aplicação do *Lean* em empresas indianas. Eles receberam 196 respostas de várias indústrias de manufatura. Os respondentes apontaram quais desperdícios eram esperados que fossem removidos pela aplicação do *Lean*. Os desperdícios que foram mais cotados são respectivamente: estoque, defeitos, superprocessamento, espera, movimentação, superprodução e transporte.

Os desperdícios foram medidos através da cronometragem e se referem a quantos minutos por jornada de trabalho os operadores desenvolviam em cada uma das atividades de desperdícios medidas: espera, movimentação, retrabalho, processamento desnecessário, transporte e porosidade.

A hipótese B a ser analisada parte do princípio que todos os tipos de desperdícios medidos neste artigo apresentam valores que podem ser considerados iguais. Se a hipótese não for aceita, os desperdícios que mais são cometidos pelos operadores poderiam corresponder com a ordem de desperdícios mais focados nos artigos de Jasti e Kodali (2014) ou, em outra situação possível, poderiam corresponder com os desperdícios identificados de serem mais passíveis de serem removidos por industriais indianos conforme Jasti e Kodali (2016).

HB0: As medianas dos valores de desperdícios podem ser consideradas iguais.

4.3 Hipótese C – Variação da agregação de valor durante o dia

Através da técnica de amostragem, a cada dez minutos os observadores contarão quantos operadores dentro do seu campo de visão desempenham atividades de AV; NAN e desperdícios. Para esta hipótese, será chamada de taxa de agregação de valor a relação do número de operadores desempenhando AV sobre a quantidade total de operadores observados (AV + NAN + desperdícios). Serão obtidos 62 valores de agregação de valor, agrupados em grupos horários, para cada jornada de trabalho analisada.

A hipótese número C parte do princípio de que a taxa de agregação de valor se mantém constante durante o dia. Se ela não se mantém constante, ou seja, grupos de amostragem de determinado horário são maiores e menores que outros grupos, será comparado se ela varia ao longo da jornada de trabalho de maneira similar com o proposto por Grandjean e Kroemer (1997) para a variação da prontidão de trabalho ou de maneira similar à equação de Spencer (1987).

HC0: A taxa de agregação de valor se mantém constante ao longo da jornada.

4.4 Hipótese D – Relação entre porosidade e perfil do operador

Fox *et al.* (2012) afirmam que diversos estudos têm mostrado correlações de CWB com antecedentes potenciais, como senso de justiça, satisfação no trabalho e conflito interpessoal. Conforme Van den Broeck *et al* (2014) insegurança no trabalho tende a aumentar CWB.

Esse trabalho medirá quantos minutos por dia o operador observado desenvolveu as atividades chamadas de porosidade, através da técnica de cronometragem. Os itens 5.2 e 5.3 apresentam maiores detalhes sobre os observadores e a coleta de dados. O operador observado também foi entrevistado com perguntas referentes à idade, tempo de experiência na empresa, estado civil, se tem filhos ou não, se fez treinamento pela empresa e o estado da nação de origem.

Foi observado que alguns gestores acreditavam que operadores mais velhos, experientes na empresa, casados, com filhos, com treinamento no exterior e de origem de outro estado da empresa apresentariam menor porosidade e maior taxa de agregação de valor. Possivelmente, operadores mais velhos e com mais experiência na empresa desenvolveriam as atividades com maior facilidade, sem a necessidade de ações que poderiam favorecer a ocorrência da porosidade, como buscar ajuda para montar ou entender processos, procurar onde se encontram ferramentais etc. Operadores com treinamento no exterior eram esperados conhecer melhor a aeronave em questão e detalhes técnicos do trabalho. Operadores casados e com filhos eram esperados de ser mais responsáveis, maduros e comprometidos. Operadores de outro estado da nação foram contratados de longe porque eram esperados ter mais experiência no ramo aeronáutico em outras empresas e alto conhecimento técnico. Eles representavam um custo a mais para a empresa.

A hipótese D parte do princípio que o perfil dos operadores a partir da entrevista realizada se relaciona com o valor de porosidade. Se a hipótese for verdadeira, deseja-se saber qual dos itens analisados na entrevista mais influenciam no valor da porosidade.

HD0: É possível estabelecer uma relação entre o perfil dos operadores e o valor de porosidade.

5. APLICAÇÃO

A aplicação foi realizada conforme item 2.2 (“construir protocolos”), item 3 (“conduzir teste piloto”) e item 5 (“interpretar os resultados”) da Figura 3.2 que apresenta a sequência de passos utilizados nesta dissertação.

5.1 Construir protocolos

Os protocolos utilizados nesta pesquisa podem ser classificados em 4 tipos conforme Figura 5.1.

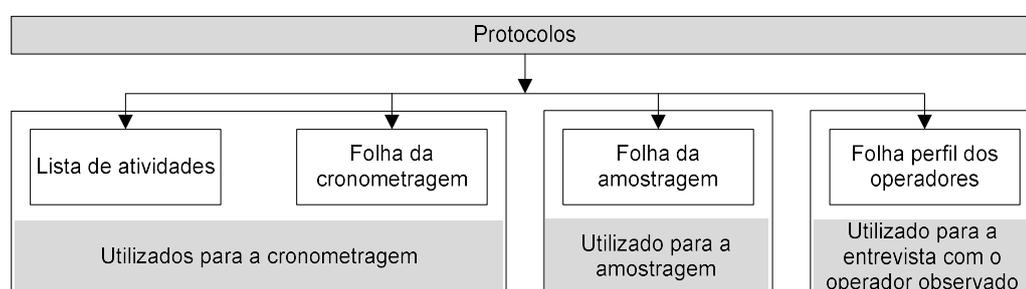


Figura 5.1 – Composição dos formulários utilizados para a coleta de dados

Fonte: próprio autor (2017)

1. **Lista de atividades:** foram identificadas em uma lista todas as atividades que os operadores podem vir a desempenhar durante uma jornada de trabalho. Cada atividade possui uma sigla e todas elas foram classificadas em grupos para facilitar o uso da lista de atividades pelo observador. Além disso, cada atividade recebeu uma possível classificação ou uma lista das possíveis classificações conforme o tipo de atividade *Lean*. A classificação *Lean* seguiu o modelo de classificação realizada por Tyagi *et al.* (2015): as atividades foram classificadas em AV (agrega valor), NAN (não agrega valor mas necessário) ou desperdícios (não agrega valor e desnecessário). A cada atividade também foi associada uma classificação conforme critérios da empresa – mais detalhes sobre essa classificação serão fornecidos a seguir. O Quadro 5.1 apresenta a lista de atividades final, quer dizer, a que foi utilizada na coleta de dados.
2. **Folha de cronometragem:** apresenta uma tabela onde eram escritas, pelo observador durante as observações, as informações de duração de cada uma das atividades descritas na lista de atividades. O observador colocava a sigla da atividade e o instante que ela começou a ser realizada conforme o cronômetro. Cada atividade recebia uma classificação *Lean* e conforme empresa. O cabeçalho apresentava informações de

identificação da observação e do observador. O Quadro 5.2 apresenta o modelo dessa folha. O desperdício de estoque e superprodução não foram medidos através do método utilizado. O desperdício de defeitos foi medido através do tempo gasto com retrabalho. Foram medidos os 5 desperdícios Lean e a porosidade.

3. **Folha da amostragem:** apresenta uma tabela onde eram registradas as informações de amostragem de trabalho, feitas pelo observador durante as observações. A cada dez minutos o observador contava (e escrevia nesta folha) quantos operadores dentro do seu campo de visão estavam desempenhando atividades de AV; NAN e desperdícios (conforme classificação da empresa). O Quadro 5.3 apresenta o modelo da folha da amostragem juntamente com a folha de perfil dos operadores.
4. **Folha de perfil dos operadores:** é uma folha onde são escritas as respostas da entrevista estruturada aplicada ao operador. O Quadro 5.3 apresenta o modelo da folha de perfil dos operadores juntamente com a folha da amostragem. As perguntas da entrevista foram escolhidas a fim de orientar políticas e projetos de gerenciamento de recursos humanos para o(s) perfil(is) identificados. As perguntas são referentes à idade (em anos); há quanto tempo o operador estava na empresa (em meses) – nível experiência; situação afetiva - estável/ casado ou solteiro/ viúvo/ divorciado; se operador realizou treinamento no exterior pela empresa ou não; se o operador possui pelo menos um filho ou não; se o operador veio de outro estado da nação ou do estado onde se localiza a empresa.

Quadro 5.1 – Lista de atividades

ATIVIDADES				CLASSIFICAÇÃO	
Grupo	Sigla	Atividade	Descrição	Empresa	Lean
A	Operar				
	A1	Montar	Montar conforme previsto	AV	AV
	A2	Desmontar	Desmontagem conforme previsto	AV	AV
	A3	Ensaiar/ Testar	Ensaiar conforme previsto	AV	AV
B	Buscar material				
	B1	Pegar material (proximamente)	Procurar peças na intranet (SGI), pegar peças conforme previsto (geralmente tempo curto, pouca movimentação)	NAN	E, M, Pd, T
	B2	Procurar material (não previsto)	Procurar peça nos armários ou dept., pedir informações sobre como obter peças, deslocar-se para obter peças, procurar kanban na intranet (SGI)	Per	E, M, Pd, T
	B3	Preparar material	Desembalar, organizar ou ordenar peças	Per	E, M, Pd, T
	B4	Identificar material	Identificar material dentro de caixas ou procurar peça no kit	Per	E, M, Pd, T
	B5	Problemas com cablagem	Ir ao setor de cablagens pedir informações, corrigir cablagens, retocar cablagens, ou imprimir etiquetas de cablagens	Per	E, M, Pd, T
	B6	Devolver material	Explicitar o motivo no verso da folha	Per	E, M, Pd, T, R
	B7	Inspeção de material	Verificar se peça apresentada corresponde à que deveria ser, conversar com outros para este fim	Per	E, M, Pd, T, R
C	Buscar Ferramentas e Ferramentais				
	C1	Buscar proximamente	Deslocar, esperar, procurar na gaveta, mesa, bolsa ou devolver. Geralmente o tempo é curto	NAN	E, M, Pd, T
	C2	Procurar nos Armários	Deslocar, esperar, procurar em outros armários mais distantes, pedir informação ou devolver	Per	E, M, Pd, T
	C3	Procurar no Almoarifado	Deslocar, esperar, pedir informação, procurar no almoarifado ou devolver	Per	E, M, Pd, T
	C4	Procurar no setor de cablagem	Deslocar, esperar, pedir informação, procurar na cablagem ou devolver	Per	E, M, Pd, T
	C5	Preparar Ferram.	Setup, preparar ou arrumar ferramenta/ferramental	NAN	NAN, Pd
D	D0	Preparar Documentos	Procurar, imprimir, deslocar-se para obter documentos ou ordenar documentos	Per	E, M, Pd, T
E	Entender processo				
	E1	Entender processo sozinho	Ler documentos, verificar como é feito na aeronave ao lado	NAN	M, Pd
	E2	Entender processo com operador	Com outro operador ou superior (ou superior ensinar ao operador)	NAN	E, M, Pd
	E3	Entender processo com outros	Explicitar com que setor no verso da folha	Per	E, M, Pd
G	Montagens mal sucedidas				
	G1	Desmontar	Devido principalmente à má ordem cronológica das operações de montagem	Per	R, Pd

	G2	Erro de projeto	Devido a erro de projeto, buscar informação com setores com a finalidade de resolver esse problema	Per	E, M, R, Pd
	G3	Retrabalhar	Retrabalhar aeronave ou peça, trocar informação para esse fim	Per	E, M, T, R, Pd
H	H0	Almoço/Cafê	O almoço deve imperativamente durar 1h e os cafês devem durar 15min	NAN	NAN
I	Paradas desnecessárias				
	I1	Parar ou Conversar	Parar, conversar (assuntos não pertinentes ao serviço), mexer no celular, etc	Per	Po
	I2	Complemento de Tempo	Atividades desnecessárias que o operador exerce a fim de não demonstrar claramente que está parado. São atividades com muito movimento e sem objetivo. Algumas vezes elas têm o intuito de induzir o observador a anotar como atividade de agregação de valor	Per	Po
	I3	Iniciar jornada	Tempo que o operador gasta para começar a desempenhar alguma atividade. Deve começar às 7HC0	Per	Po
	I4	Terminar jornada	Começa quando o operador abandona o posto de trabalho. Ela deve terminar às 17h42	Per	Po
	I5	Retornar às atividades	Se refere ao tempo que o operador demora para voltar às atividades após o período de almoço e café	Per	Po
	I6	Interrupções pessoais	Interrupções por motivo pessoal, como ir ao banco, ir fumar, etc	Per	Po
J	Interrupções autorizadas				
	J1	Interrupções da empresa	Ir ao RH, fazer exame médico da empresa, buscar EPI, etc	NAN	Pd
	J2	Necessidades pessoais	Ir ao banheiro ou tomar água (se maior de 15min, contar como Po)	NAN	NAN, Po
	J3	Recuperação de fadiga	Pausa necessária para recuperação de fadiga (percebida quando o trabalho exige muito esforço e o operador, de fato, precisa parar)	NAN	NAN
	J4	Organização e limpeza	Incluindo deslocamento e busca por ferramentas de limpeza	NAN	NAN, E, M, T
	J5	Reunião	Reunião ou treinamento	NAN	NAN
	J6	Ginástica Laboral		NAN	NAN
	J7	Apontamento SGI	Tempo que o operador gasta inserindo informações na intranet SGI	NAN	Pd
J8	Conversa com observador	Tempo em que o observador explica o projeto e que o operador ouve e/ou questiona	NAN	NAN	
K	Atividades não frequentes				
	K1	Anotar informação	Operador anotando informações. Explicitar o quê/motivo no verso	NAN	Pd
	K2	Movimentar Aeronave	Levar aeronave para outra estação de montagem	NAN	T, M, Pd
	K3	Alterar posto de trabalho	Deslocamento entre unidades produtivas com a finalidade única de montar/operar	NAN	M, T
K4	QN	Atividades relacionadas à relatórios de Não-Conformidade (deslocamento, conversas, intranet, etc)	NAN	E, M, Pd, T, R	

	K5	FO	Atividades relacionadas ao programa de ‘Objetos Estranhos’ (desmontagens, procura por ferramentas, deslocamento, conversas, etc)	NAN	NAN, E, M, Pd, T
	K6	Trocar outras informações	Explicitar o motivo e com quem (superior, operador, processo, qualidade, engenharia, etc). Conversas sobre entendimento do processo não devem ser anotadas aqui.	NAN	Pd
	K7	Outros	Explicitar no verso	NAN	
	K8	Incêndio	Parada de trabalho devido ao alarme de incêndio	NAN	NAN
	Atividades de apoio				
L	L1	Verificar montagem	Procurar superior ou qualidade e verificar montagem	NAN	E, M, Pd
	L2	Distribuir atividades	Distribuir atividades para os operadores (válido em especial para líder de máquina)	NAN	E, M, Pd
	L3	Procurar atividades	Procurar atividades para ser feita	NAN	E, M, Pd
LEGENDA – Classificação conforme Lean					
Sigla	Tipo		Descrição		
AV	Agregação de valor		Toda atividade pela qual o cliente está disposto a pagar		
NAN	Não Agregação Necessária		Toda atividade de suporte essencial que permite que a agregação aconteça		
E	Espera		Perda: Esperar material, ferramental, documentos, outra pessoa, etc		
M	Movimentação		Perda: Operadores que se movimentam quando não estão agregando valor (não tem peça nem ferramenta nas mãos)		
R	Retrabalho		Perda: Retrabalhar, corrigir defeito ou erro		
Pd	Processos desnecessários		Perda: Realizar processo e montagens que não agrega valor para o cliente, em especial processos redundantes que não tenham sido previstos		
T	Transporte		Perda: Transportar material/ componente/ aeronaves na fábrica		
Po	Porosidade		Perda: Tempo ocioso		
LEGENDA – Classificação conforme empresa					
Sigla	Tipo		Descrição		
AV	Agregação de valor		Toda atividade pela qual o cliente está disposto a pagar		
NAN	Não Agregação Necessária		Toda atividade aceita como prevista ou esperada		
Per	Perda		Desperdício em sua forma mais pura, sem ambiguidade		

Fonte: próprio autor (2017)

Quadro 5.2 – Folha da cronometragem

Observador:

Data:

CRONOMETRAGEM							
	Sigla da atividade	Horário de início conforme o cronômetro			Observações (se necessário)	Classificação	
		HH	MM	SS		Empresa	Lean
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Fonte: próprio autor (2017)

Quadro 5.3 – Folha de amostragem e perfil dos observadores

Observador: _____ Data: _____

INFORMAÇÕES SOBRE O OPERADOR												
Idade:			Casado?			Crianças?			Origem:			
Meses na empresa:						Treinamento?						
AMOSTRAGEM - MANHÃ												
Tempo	AV	NAN	Desp.	Tempo	AV	NAN	Desp.	Tempo	AV	NAN	Desp.	
0 0				1 30				3 0				
0 10				1 40				3 10				
0 20				1 50				3 20				
0 30				2 0				3 30				
0 40				2 10				3 40				
0 50				2 20				3 50				
1 0				2 30				4 0				
1 10				2 40				4 10				
1 20				2 50				4 20				

Observador: _____

AMOSTRAGEM - A TARDE												
Tempo	AV	NAN	Desp.	Tempo	AV	NAN	Desp.	Tempo	AV	NAN	Desp.	
5 0				6 50				8 40				
5 10				7 0				8 50				
5 20				7 10				9 0				
5 30				7 20				9 10				
5 40				7 30				9 20				
5 50				7 40				9 30				
6 0				7 50				9 40				
6 10				8 0				9 50				
6 20				8 10				10 0				

Fonte: próprio autor (2017)

A construção dos protocolos, conforme descrita no item 2.2 da Figura 3.2 que apresenta a sequência de passos utilizados nesta dissertação, é composta por 5 etapas:

1. **Consultar dados históricos da empresa:** foi verificado se havia outros trabalhos semelhantes na empresa para orientar a construção dos formulários.
2. **Entrevistar gestores e *teamleaders*:** para a construção da lista de atividade foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com gestores e *teamleaders* para se conhecer quais seriam as atividades que os operadores desenvolviam.
3. **Construir protocolos:** a partir das informações levantadas, os protocolos foram criados.
4. **Validar com gestores e *teamleaders*:** os protocolos foram apresentados aos gestores e *teamleaders* para validação. Porém, eles argumentaram que todas as atividades de desperdício que não tivessem nenhuma projeção de eliminação à curto prazo não deveriam ser classificadas igualmente aos demais desperdícios cuja ação de contramedida poderia ser imediata. Esses desperdícios seriam ‘toleráveis’ a curto

prazo. Tais atividades podem ser vistas no Quadro 5.1 e incluem procurar peças na intranet (sistema de gestão integrado); procurar ferramentas e ferramentais proximamente (dentro do armário, gaveta, etc); buscar EPI; realizar apontamento na intranet (sistema de gestão integrado); movimentar aeronave (fazê-la se deslocar para a próxima estação); atividades de QN (não qualidade)etc. A fim de manter os diferentes pontos de vista dos envolvidos, foi adicionada uma classificação das atividades “conforme a empresa” e mantida a classificação chamada ‘classificação *Lean*’. Na classificação conforme a empresa, a pedido dos gestores e *teamleaders*, esses desperdícios de contramedida não imediata foram considerados como atividades NAN.

5. **Realizar teste piloto:** um mesmo observador realizou a coleta de dados (cronometragem e amostragem), a fim de testar os formulários. Foram observadas as jornadas de trabalho até não se chegar à necessidade de não adição de qualquer atividade à lista de atividades. Foram observadas 10 jornadas. Para tanto, antes das observações ocorrerem, todos os operadores foram reunidos e foi explicado o trabalho que estava sendo feito e que seria feito com a futura chegada de mais observadores. A partir do teste piloto, os formulários foram revisados para se facilitar a escrita e a busca de informação, além de muitas atividades inseridas.

5.2 Conduzir teste piloto

Yin (2013) reforça a importância de se realizar um teste piloto antes de se realizar a coleta de dados. A condução do teste piloto durou 2 semanas de trabalho. Foram utilizadas 4 etapas para a construção do teste piloto:

1. **Treinar equipe de observadores:** uma equipe formada por seis estudantes de engenharia que não eram funcionários da empresa foi montada para ser a equipe de observadores. Foi realizado um treinamento formal para apresentar a empresa a eles, apresentação de normas de segurança, do produto e das montagens envolvidas no processo. Engenheiros da empresa ajudaram na formação explicando detalhes das montagens elétricas, mecânicas e de ajustagem e as principais ferramentas e ferramentais utilizados. Além disso, foram realizadas visitas técnicas detalhadas na empresa para se conhecer os principais departamentos e relação existente com a linha de montagem. Houve também um treinamento sobre os protocolos e objetivos da pesquisa. Foram abordados também temas sobre a importância de se reduzir a

influência do observador no operador. Essa fase do treinamento durou uma semana, cerca de 30h.

2. **Realizar teste piloto:** na segunda semana iniciou-se o teste piloto. O teste piloto aconteceu similar à etapa de coleta de dados, onde cada dupla de observadores coletou dados de um operador: um observador trabalhava (sozinho) na parte da manhã, enquanto o outro trabalhava (sozinho) na parte da tarde. A escolha do operador e dos observadores era feita aleatoriamente, por sorteio. No total 4 jornadas de trabalho foram medidas, com um total de aproximadamente 35h.
3. **Realizar *debriefing* (reunião de debate) pós teste piloto:** no dia consecutivo ao fim do teste piloto, houve uma análise crítica para esclarecer dúvidas e dificuldades encontradas pelos observadores.
4. **Validar observadores:** como foram utilizados seis observadores, foi necessário validar que todos mediram de maneira semelhante. Não foi possível que todos os operadores medissem simultaneamente o mesmo operador, devido principalmente aos motivos abaixo:
 - A linha de montagem não oferecia um ponto onde todos os observadores simultaneamente poderiam ter um bom campo de visão de um único operador.
 - A presença de vários observadores juntos poderia atrapalhar nas movimentações dos operadores, na coleta de peças e ferramentas.
 - O operador observado e demais operadores poderiam se sentir coagidos com a presença de vários observadores.
 - Algumas montagens aconteciam dentro da aeronave ou dentro de cavidades dentro da aeronave. Além do campo de visão para vários observadores ser pequeno, há a influência do peso dos observadores na aeronave (que estava içada por macacos), limitação de espaço físico, e limitação de ventilação e temperatura que poderiam ser influenciadas e prejudicar o trabalho do operador.

Dessa forma, os 6 observadores mediram a jornada de trabalho de operadores diferentes. Cada observador mediu 4 jornadas de operadores diferentes. A Tabela 5.1 apresenta o valor de agregação de valor encontrado por cada observador na fase de teste piloto (duplas O1+O2, O3+O4 e O5+O6). Os valores estão em porcentagem sobre a jornada disponível. Percebe-se uma grande dispersão dos valores (alguns até mesmo 0%, enquanto outros cerca de 70%), o que mostra que há uma falta de padronização nas jornadas de trabalho.

Tabela 5.1 – Valores de agregação de valor do teste piloto por cada observador

Observadores	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Medição 1	17,6%	19,4%	37,9%	66,2%	21,9%	58,9%
Medição 2	26,7%	14,6%	0,0%	34,6%	44,7%	34,0%
Medição 3	38,4%	62,5%	68,8%	65,7%	70,0%	21,5%
Medição 4	43,0%	27,6%	0,0%	69,3%	0,0%	44,9%
Média	31,42%	31,03%	26,67%	58,97%	34,16%	39,83%
Desvio Padrão	11,51%	21,68%	33,28%	16,30%	30,08%	15,89%

Fonte: próprio autor (2017)

Foi assumido que as amostras e a população são normais. Foi realizado um teste *One-way ANOVA* para comparar as médias de AV de cada observador. Montgomery e Runger (2013) fornecem maiores detalhes sobre o teste utilizado. Com um *P-value* de 0,355, não se pode concluir que existem diferenças entre médias com um nível de significância de 5%. Portanto, foi considerado que os observadores mediram de maneira similar uns aos outros.

5.3 Coletar os dados

Foram utilizados 5 modos diferentes de coleta de dados:

1. **Entrevista com gestor e *teamleaders*.** Essa foi cronologicamente a primeira coleta de dados que ocorreu. Após explicação do que seriam atividades AV, NAN e desperdícios, os *teamleaders* e gestor foram entrevistados com a seguinte pergunta: qual a porcentagem do dia, na sua opinião, os operadores gastam desenvolvendo cada um dos três tipos de atividades? A distinção entre “NAN” e “Desperdícios” segue o critério da empresa. Não foi necessário a criação e utilização de nenhum protocolo para fazer a entrevista.
2. **Entrevista com o operador observado.** A entrevista era feita no início de cada jornada de trabalho pelo observador, no início das medições de cronometragem e amostragem. Neste momento, o observador se identificava ao operador, explicava como as medições ocorreriam e perguntava se havia alguma dúvida. O tempo gasto neste momento era cronometrado como atividade J8 no Quadro 5.1. As perguntas eram feitas conforme folha perfil de operadores (Quadro 5.3).
3. **Cronometragem.** Cada dupla de observadores coletou dados de um operador (eram seis observadores). Um observador trabalhava (sozinho) na parte da manhã, enquanto o outro trabalhava (sozinho) na parte da tarde. A escolha do operador e dos observadores era feita aleatoriamente, por sorteio. Foram observadas 24 jornadas de trabalho/ operadores. A jornada era analisada com a ajuda de um

cronômetro, as informações escritas no protocolo do Quadro 5.2 conforme atividades identificadas no Quadro 5.1.

4. **Amostragem.** A amostragem acontecia simultaneamente à cronometragem, ou seja, enquanto o observador observava um operador por vez utilizando um cronômetro e os protocolos do Quadro 5.1 e 5.2, o mesmo observador também observava os demais operadores pela técnica da amostragem. Cada observador anotava quantos operadores desempenhavam atividades AV, NAN e desperdício, conforme critério da empresa, a cada dez minutos (total de 62 medições por jornada). O Quadro 5.3 apresenta o protocolo utilizado.
5. **Sistema de Gestão Integrada.** Ao final da jornada de trabalho, cada operador inseria no Sistema de Gestão Integrada quanto tempo ele mesmo gastou em cada uma das atividades listadas no Quadro 5.4. Cada atividade era classificada pelo sistema em dois tipos: produtivo ou administrativo. Os operadores tinham uma meta anual de ter pelo menos 90% do tempo apontado como horas produtivas. A terceira coluna do Quadro 5.4 apresenta a reclassificação das atividades conforme conceito *lean*. No dia seguinte a cada observação, eram coletadas as informações do operador cuja jornada foi medida.

Somando-se as 24 jornadas observadas (etapa 4.3/4.3 da Figura 3.2) com 10 observações para a construção dos formulários (etapa 2.2.5 da Figura 3.2) e 12 observações para o teste piloto (etapa 3.2 da Figura 3.2) e demais funcionários que estavam de férias, foi medida a jornada de trabalho de todos os funcionários da linha em questão.

Quadro 5.4 – Classificação das atividades do SGI

Sistema de Gestão Integrada		Classificação Lean
Atividades	Classificação	
Montagem Tipo 1	Produtivo	Agrega Valor
Montagem Tipo 2	Produtivo	Agrega Valor
Montagem Tipo 3	Produtivo	Agrega Valor
Monitoramento	Administrativo	Não agrega, necessário
Treinamento	Administrativo	Não agrega, necessário
Reuniões e eventos	Administrativo	Não agrega, necessário
Limpeza e organização da área	Administrativo	Não agrega, necessário
Serviço Médico	Administrativo	Não agrega, necessário
Falta de material e ferramenta	Administrativo	Desperdício
Pesquisa de documentos	Administrativo	Desperdício
Não apontado	Administrativo	Desperdício

Fonte: próprio autor (2017)

6. RESULTADOS

A condução da interpretação dos resultados foi realizada conforme item 5 da Figura 3.2 que apresenta a sequência de passos utilizados nesta dissertação. Foram utilizados 3 passos para a interpretação dos resultados: levantar valores encontrados, levantar comentários dos observadores e desenvolver os testes de hipótese.

6.1 Levantar valores encontrados

A seguir estão listadas as informações sobre os resultados encontrados em cada um dos 5 meios de medição.

1. **Entrevista com gestor e *teamleaders*:** o resultado pode ser visto na Tabela 6.1 e contou com 11 respondentes. As linhas inferiores apresentam a média e o desvio padrão das respostas para AV, NAN e desperdícios. Os valores encontrados para agregação de valor serão utilizados no desenvolvimento da hipótese 1: o resultado mostra que o gestor e *teamleaders* acreditavam que a taxa de valor agregado seria de 52% (desvio padrão de 11%).

Tabela 6.1 – Resultados da entrevista com gestor e *teamleaders*

Respondente	Agrega	NAN	Desperdício
1	60%	10%	30%
2	50%	25%	25%
3	60%	20%	20%
4	55%	10%	35%
5	70%	15%	15%
6	50%	20%	30%
7	30%	50%	20%
8	60%	15%	25%
9	40%	20%	40%
10	40%	30%	30%
11	55%	15%	30%
Média	52%	21%	27%
Desvio Padrão	11%	11%	7%

Fonte: próprio autor (2017)

2. **Entrevista com o operador observado:** o resultado pode ser visto na Tabela 6.2 e aponta que a idade média dos operadores observados era de 34 anos, o tempo de experiência na empresa era de 1 ano e meio, a maioria é casado, com filho(s), sem treinamento no exterior e proveniente do mesmo estado da nação onde a empresa se situa. Esses resultados serão utilizados no desenvolvimento da hipótese 4.
3. **Cronometragem:** O Quadro 6.1 mostra o código das atividades identificadas conforme e apresenta a média e o desvio padrão referentes aos tempos obtidos para cada atividade. O lado esquerdo apresenta os valores médios percentuais em relação à jornada

disponível, enquanto que o lado direito apresenta os valores médios em minutos por jornada. As médias e desvio padrão foram calculados com base nas 24 jornadas observadas. O Quadro 6.1 foi utilizado pela empresa para priorizar projetos de melhoria, visto que é possível perceber quais grupos de atividades e quais atividades demandam maior tempo dos operadores. Os valores do Quadro 6.1 também foram utilizados para o desenvolvimento das hipóteses 1 e 2.

Tabela 6.2 – Resultado da entrevista com o operador observado

Operador	Idade (anos)	Anos na empresa	Solteiro	Filhos	Treinamento	Local
1	34	3,0	Não	Não	Sim	Sim
2	33	2,0	Sim	Não	Não	Não
3	32	0,7	Não	Sim	Não	Sim
4	39	0,6	Não	Sim	Não	Não
5	29	4,0	Não	Não	Não	Não
6	38	0,6	Não	Sim	Não	Não
7	32	1,0	Não	Sim	Não	Não
8	34	5,8	Não	Sim	Sim	Não
9	28	2,5	Não	Sim	Sim	Sim
10	34	0,7	Não	Sim	Não	Não
11	37	0,8	Não	Sim	Não	Não
12	40	0,8	Não	Sim	Não	Sim
13	30	0,8	Não	Sim	Não	Sim
14	31	1,0	Não	Sim	Não	Sim
15	28	0,9	Sim	Sim	Não	Sim
16	43	0,8	Não	Sim	Não	Não
17	31	1,1	Sim	Não	Não	Não
18	31	2,0	Não	Sim	Sim	Não
19	43	0,8	Não	Sim	Não	Não
20	24	0,6	Sim	Não	Não	Sim
21	48	1,3	Não	Sim	Não	Sim
22	42	1,7	Não	Sim	Não	Não
23	31	2,5	Não	Sim	Sim	Não
24	43	2,5	Não	Sim	Sim	Não
Média/Não	34,8	1,59	20	5	18	15
Desvio/Sim	6,0	1,29	4	19	6	9

Fonte: próprio autor (2017)

Quadro 6.1 – Valores médios encontrados na cronometragem

Atividades	Porcentagem da jornada disponível		Minutos por dia por operador	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Grupo A	29,5%	16,3%	153,8	84,9
A1	28,7%	16,3%	149,7	85,1
A2	0,4%	0,8%	1,9	4,2
A3	0,4%	1,4%	2,2	7,2
Grupo B	7,1%	4,7%	37,3	24,5
B1	2,1%	1,3%	11,1	6,6
B2	2,4%	2,5%	12,4	13,2
B3	1,9%	1,8%	9,7	9,3
B4	0,1%	0,4%	0,7	2,1
B5	0,1%	0,4%	0,6	2,0
B6	0,2%	0,4%	0,9	2,3
B7	0,3%	1,2%	1,8	6,3
Grupo C	7,1%	5,1%	37,2	26,6
C1	2,2%	1,5%	11,7	7,9
C2	2,5%	2,8%	13,3	14,6
C3	0,2%	0,6%	0,8	3,1
C4	0,0%	0,0%	0,0	0,0
C5	2,2%	2,1%	11,5	10,8
Grupo D	2,8%	4,2%	14,4	22,0
D0	2,8%	4,2%	14,4	22,0
Grupo E	9,5%	4,3%	49,5	22,6
E1	3,5%	3,1%	18,5	16,2
E2	5,1%	3,4%	26,8	17,6
E3	0,8%	1,2%	4,2	6,4
Grupo G	8,6%	12,2%	45,0	63,9
G1	1,0%	3,2%	5,1	16,5
G2	0,3%	0,7%	1,5	3,6
G3	7,4%	11,9%	38,4	61,9
Grupo I	20,9%	15,9%	109,2	83,1
I1	7,7%	7,8%	40,0	40,5
I2	5,1%	6,2%	26,5	32,4
I3	0,4%	0,9%	2,0	4,6
I4	2,1%	1,9%	10,9	9,9
I5	3,1%	2,3%	15,9	11,8
I6	2,6%	11,4%	13,8	59,5
Grupo J	10,4%	6,7%	54,2	35,1
J1	0,7%	2,9%	3,7	15,3
J2	3,1%	2,3%	16,0	12,2
J3	0,1%	0,2%	0,6	1,0
J4	3,4%	2,2%	17,8	11,5
J5	1,8%	5,7%	9,4	29,9
J6	0,2%	0,6%	1,0	3,3
J7	0,7%	0,5%	3,7	2,4
J8	0,4%	0,5%	2,0	2,4
Grupo K	2,4%	2,6%	12,8	13,6
K1	0,7%	1,0%	3,7	5,0
K2	0,1%	0,3%	0,3	1,4
K3	0,4%	1,2%	2,3	6,3
K4	0,0%	0,0%	0,0	0,2
K5	0,1%	0,3%	0,5	1,6
K6	0,8%	1,5%	4,0	8,0
K7	0,3%	0,9%	1,8	4,8
K8	0,0%	0,2%	0,2	1,1
Grupo L	1,7%	2,8%	8,7	14,7

	L1	1,1%	2,5%	6,0	13,0
	L2	0,2%	0,6%	1,0	3,4
	L3	0,3%	0,4%	1,7	2,2
DESPERDÍCIOS LEAN	AV	29,5%	16,3%	153,8	84,9
	NAN	12,3%	6,8%	64,3	35,6
	Desp.	58,2%	18,7%	304,0	97,4
DESPERDÍCIOS	E	1,8%	2,3%	9,3	11,8
	M	9,8%	5,5%	51,2	28,9
	R	6,8%	10,8%	35,5	56,2
	Pd	18,8%	8,2%	97,9	42,6
	T	0,5%	0,9%	2,5	4,7
	Po	20,6%	18,3%	107,6	95,6

Fonte: próprio autor (2017)

4. **Amostragem:** a Tabela 6.3 apresenta os valores médios percentuais da amostragem conforme o resultado de cada observador em cada uma das 24 jornadas observadas. Os valores médios percentuais por horário do dia podem ser vistos no Quadro 6.2 que, a partir do qual foram construídas as Figuras 6.1, 6.2 e 6.3 que apresentam respectivamente os valores de AV, NAN e desperdício ao longo dia. Não houve medição no horário de almoço e, por isso, os valores de AV, NAN e desperdícios durante esse período foram considerados nulos. Vale ressaltar que a distinção entre NAN e desperdícios está conforme a empresa (mais detalhes sobre essa classificação podem ser obtidos no Item 5.1 nas etapas de construção do formulário). Os resultados apresentados na Tabela 6.3 serão utilizados no desenvolvimento da hipótese 1: o valor médio para a agregação de valor foi de 35%

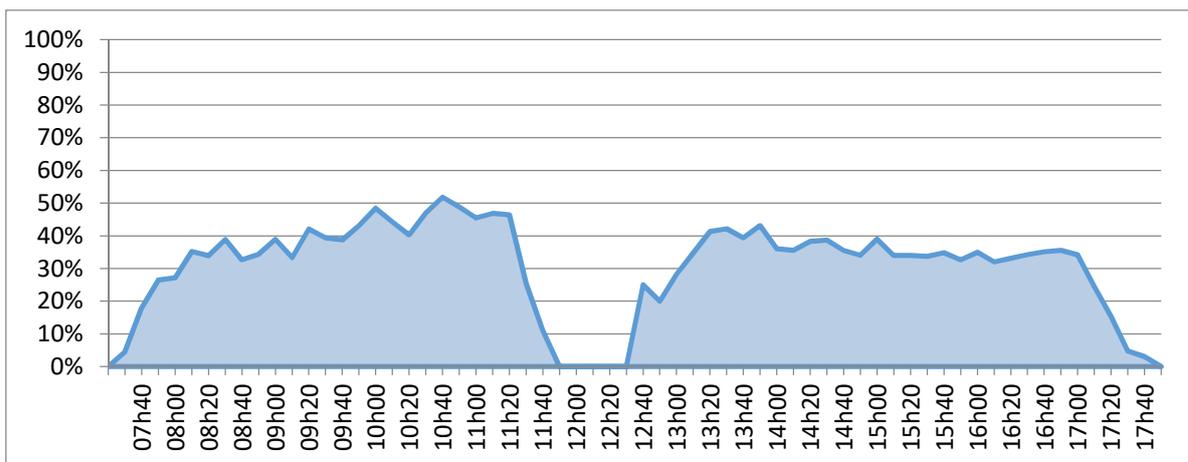


Figura 6.1 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais de agregação de valor por horário do dia

Fonte: próprio autor (2017)

Tabela 6.3 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais por jornada

Jornada	AV	NAN	Desperdício
1	26,3%	35,8%	37,9%
2	29,6%	21,3%	49,1%
3	27,5%	23,3%	49,2%
4	26,4%	39,5%	34,1%
5	33,7%	34,4%	31,9%
6	31,6%	36,2%	32,2%
7	37,2%	21,7%	41,1%
8	47,3%	21,6%	31,0%
9	36,4%	35,4%	28,2%
10	31,2%	27,6%	41,2%
11	38,3%	33,1%	28,6%
12	36,4%	32,9%	30,7%
13	40,2%	33,5%	26,4%
14	40,3%	34,6%	25,2%
15	27,6%	27,0%	45,4%
16	25,5%	34,4%	40,1%
17	34,7%	28,5%	36,9%
18	45,7%	29,6%	24,7%
19	37,0%	33,8%	29,2%
20	42,0%	34,0%	23,9%
21	42,7%	37,6%	19,7%
22	42,3%	41,9%	15,8%
23	41,6%	34,2%	24,2%
24	28,9%	40,7%	30,3%
Média	35,44%	32,19%	32,37%
Desvio	6,57%	5,92%	8,77%

Fonte: próprio autor (2017)

Uma análise visual na Figura 6.1 indica que os valores de AV começam baixos durante o começo da manhã e sobem até o ponto mais alto do dia no final da manhã. A parte da tarde apresenta graficamente valores menores que os da parte da manhã. Também é possível perceber que os valores mais baixos estão no início e no fim de período da tarde e da manhã. O desenvolvimento da hipótese 3 testará se há evidências necessárias para afirmar que análise visual do gráfico pode ser afirmada estaticamente.

Uma análise visual na Figura 6.2 indica que os valores de NAN começam altos tanto no período da manhã quanto no período da tarde, mas logo decaem. Os valores aumentam também no final da jornada. Os valores mais baixos podem ser vistos no final da manhã. Uma possível explicação para esse gráfico pode ser que o início dos períodos de trabalho (de manhã e de tarde) o momento onde a maioria dos operadores busca por ferramentas, ferramentais, peças, documentos, etc. O final da jornada é o momento no qual os operadores limpam o ambiente de trabalho. Os valores mais baixos no final da manhã coincidem com os valores mais altos de agregação na Figura 6.1

Quadro 6.2 – Valores médios encontrados na amostragem por dia

Medição	Horário	Grupo horário	Almoço	AV	NAN	Desperdícios	Almoço
1	07HC0 7,5	Grupo 1	1	4,5%	23,9%	71,6%	0,0%
2	07HD0 7,7		1	17,9%	45,3%	36,8%	0,0%
3	07h50 7,8		1	26,5%	43,9%	29,5%	0,0%
4	08h00 8,0	Grupo 2	1	27,2%	39,7%	33,2%	0,0%
5	08HA0 8,2		1	35,2%	32,0%	32,8%	0,0%
6	08HB0 8,3		1	33,9%	35,0%	31,1%	0,0%
7	08HC0 8,5		1	38,9%	36,9%	24,2%	0,0%
8	08HD0 8,7		1	32,7%	32,7%	34,7%	0,0%
9	08h50 8,8		1	34,4%	34,4%	31,3%	0,0%
10	09h00 9,0		1	38,9%	28,2%	32,8%	0,0%
11	09HA0 9,2		1	33,3%	30,2%	36,5%	0,0%
12	09HB0 9,3		1	42,1%	30,8%	27,1%	0,0%
13	09HC0 9,5		1	39,4%	28,8%	31,8%	0,0%
14	09HD0 9,7		1	38,7%	27,0%	34,2%	0,0%
15	09h50 9,8		1	43,0%	28,5%	28,5%	0,0%
16	10h00 10,0	Grupo 3	1	48,4%	29,2%	22,4%	0,0%
17	10HA0 10,2		1	44,2%	34,0%	21,8%	0,0%
18	10HB0 10,3		1	40,3%	36,6%	23,1%	0,0%
19	10HC0 10,5		1	47,0%	28,5%	24,5%	0,0%
20	10HD0 10,7		1	51,8%	25,0%	23,2%	0,0%
21	10h50 10,8		1	48,8%	22,6%	28,6%	0,0%
22	11h00 11,0		1	45,5%	27,8%	26,7%	0,0%
23	11HA0 11,2		1	46,9%	27,3%	25,9%	0,0%
24	11HB0 11,3		1	46,4%	23,9%	29,7%	0,0%
25	11HC0 11,5	Grupo 4	-1	25,4%	25,4%	49,2%	0,0%
26	11HD0 11,7		-1	11,1%	15,9%	73,0%	0,0%
27	11h50 11,8	Grupo 5	-1	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
28	12h00 12,0		-1	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
29	12HA0 12,2		-1	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
30	12HB0 12,3		-1	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
31	12HC0 12,5		-1	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
32	12HD0 12,7	Grupo 6	-1	25,0%	75,0%	0,0%	0,0%
33	12h50 12,8		-1	20,0%	15,0%	65,0%	0,0%
34	13h00 13,0		-1	28,2%	29,1%	42,7%	0,0%
35	13HA0 13,2	Grupo 7	-1	34,8%	29,7%	35,5%	0,0%
36	13HB0 13,3		2	41,3%	33,0%	25,7%	0,0%
37	13HC0 13,5		2	42,1%	29,8%	28,1%	0,0%
38	13HD0 13,7		2	39,4%	37,9%	22,7%	0,0%
39	13h50 13,8		2	43,1%	30,1%	26,8%	0,0%
40	14h00 14,0		2	36,0%	33,8%	30,1%	0,0%
41	14HA0 14,2		2	35,5%	32,2%	32,2%	0,0%
42	14HB0 14,3		2	38,3%	30,4%	31,3%	0,0%
43	14HC0 14,5		2	38,7%	27,7%	33,6%	0,0%
44	14HD0 14,7		2	35,5%	30,9%	33,6%	0,0%

45	14h50	14,8	2	34,1%	27,5%	38,5%	0,0%	
46	15h00	15,0	2	39,0%	32,2%	28,8%	0,0%	
47	15HA0	15,2	Grupo 8	2	34,0%	31,1%	34,9%	0,0%
48	15HB0	15,3		2	34,0%	36,0%	30,0%	0,0%
49	15HC0	15,5		2	33,7%	32,6%	33,7%	0,0%
50	15HD0	15,7		2	34,8%	28,6%	36,6%	0,0%
51	15h50	15,8		2	32,6%	36,8%	30,5%	0,0%
52	16h00	16,0		2	34,9%	44,6%	20,5%	0,0%
53	16HA0	16,2		2	32,0%	30,0%	38,0%	0,0%
54	16HB0	16,3		2	33,1%	33,8%	33,1%	0,0%
55	16HC0	16,5		2	34,2%	44,1%	21,6%	0,0%
56	16HD0	16,7		2	35,1%	29,0%	35,9%	0,0%
57	16h50	16,8		2	35,5%	26,4%	38,0%	0,0%
58	17h00	17,0		2	34,2%	38,7%	27,1%	0,0%
59	17HA0	17,2		2	24,5%	30,8%	44,8%	0,0%
60	17HB0	17,3		Grupo 9	2	15,3%	58,9%	25,8%
61	17HC0	17,5	2		4,8%	42,9%	52,4%	0,0%
62	17HD0	17,7	2		3,0%	30,3%	66,7%	0,0%

Fonte: próprio autor (2017)

Uma análise visual na Figura 6.3 indica que os valores de desperdícios apresentam os valores máximos no início e fim dos períodos da manhã e da tarde. Vale ressaltar que a distinção entre NAN e desperdício segue critério da empresa. Ao se analisar o Quadro 5.1, observa-se que grande parte das atividades chamadas de desperdícios segundo critério da empresa se refere à porosidade (atividades I no Quadro 5.1). A Figura 6.3 dá pistas de como seria a evolução da porosidade ao longo da jornada de trabalho. Uma possível explicação para os picos de valores máximos pode ser que logo na parte da manhã os operadores costumam se cumprimentar mutuamente e conversar assuntos pessoais (a conversa para conversar e utilizar o celular, os operadores gastam mais tempo para voltar do almoço e, ao voltar, desempenham atividades identificadas como I2 no Quadro 5.1 e, no final do dia, os operadores exercem mais atividades I2 e abandonam o posto de trabalho antes do horário estipulado.

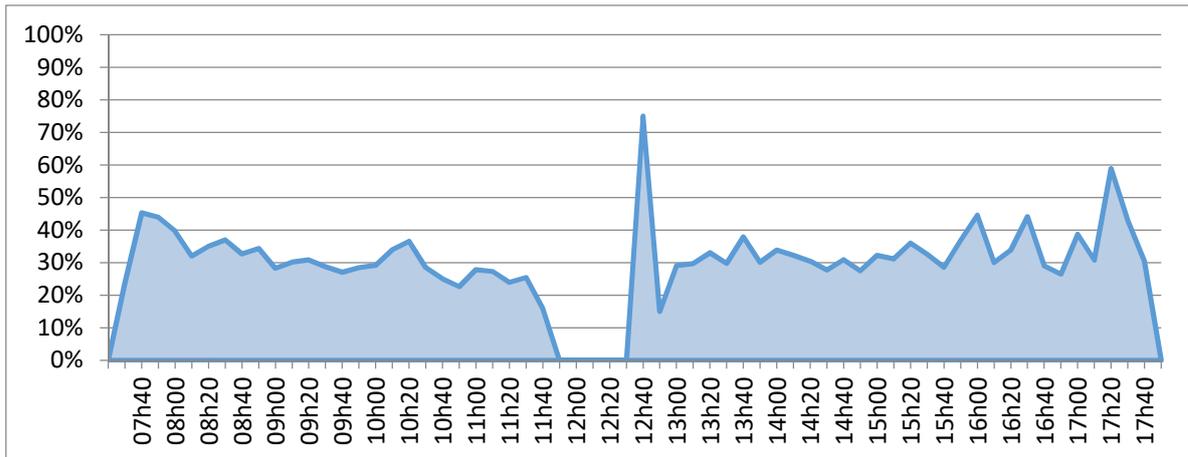


Figura 6.2 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais de NAN por horário do dia

Fonte: próprio autor (2017)

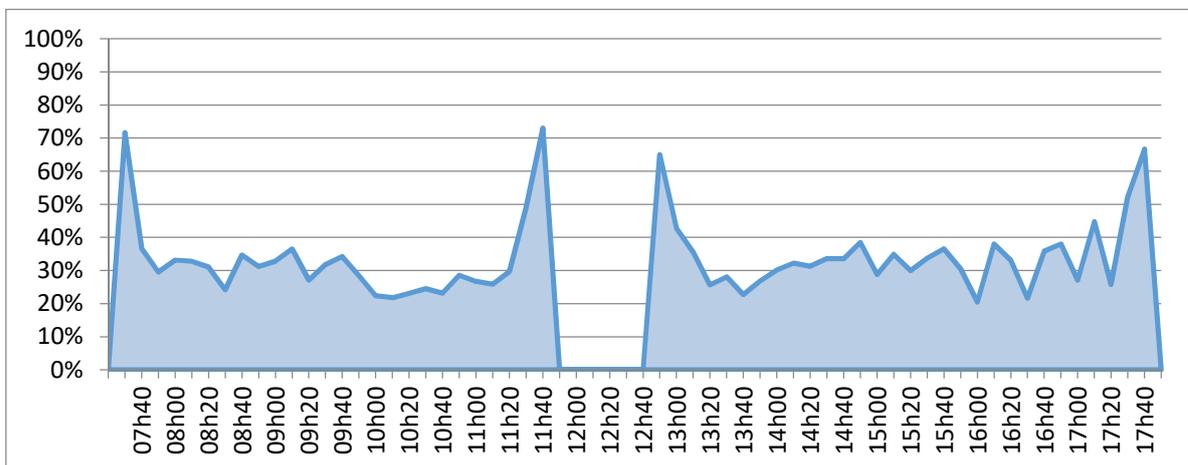


Figura 6.3 – Resultado da amostragem: valores médios percentuais de desperdício por horário do dia

Fonte: próprio autor (2017)

5. **Valores do SGI:** a Tabela 6.4 apresenta os valores retirados do SGI para cada operador observado pela cronometragem e se referem ao dia em que o operador foi observado. Espera-se, portanto, que os valores emparelhados de AV da Tabela 6.4 sejam iguais aos valores de AV do Quadro 6.1. Espera-se também que os valores obtidos na tabela 6.4 correspondam com os valores da entrevista (Tabela 6.1), pois os teamleaders também foram observados pela cronometragem. O desenvolvimento da hipótese 1 testará se os valores podem ser considerados iguais. Os valores de AV do SGI possuem média de 86% enquanto que os valores de AV da cronometragem (Quadro 6.1) apresentam média de 29,5%, da amostragem (Tabela 6.3) 35% e entrevista (Tabela 6.1) possuem média de 52%.

Tabela 6.4 – Resultado do SGI: valores percentuais inseridos por cada operador

Operador	AV	NAN	Desperdício	Não apontado
1	34,8%	65,2%	0,0%	0,0%
2	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
3	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4	97,1%	0,0%	0,0%	2,9%
5	99,3%	0,0%	0,0%	0,7%
6	98,1%	0,0%	0,0%	1,9%
7	90,0%	10,0%	0,0%	0,0%
8	58,6%	41,4%	0,0%	0,0%
9	86,1%	12,7%	0,0%	1,2%
10	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	29,4%	0,0%	0,0%	70,6%
12	97,6%	0,0%	0,0%	2,4%
13	99,7%	0,0%	0,0%	0,3%
14	88,5%	11,5%	0,0%	0,0%
15	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
16	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
17	99,3%	0,0%	0,0%	0,7%
18	98,1%	0,0%	0,0%	1,9%
19	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	97,9%	0,0%	0,0%	2,1%
21	99,8%	0,0%	0,0%	0,2%
22	94,9%	5,1%	0,0%	0,0%
23	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
24	99,8%	0,0%	0,0%	0,2%
Média	86,21%	6,08%	0,00%	7,71%
Desvio	27,08%	15,46%	0,00%	24,31%

Fonte: próprio autor (2017)

6.2 Comentário dos observadores

A fim de discutir as observações e medições, os observadores receberam uma folha para escrever comentários do que foi visto. Após escrever, foi realizada uma reunião com todos onde eles apresentaram uns aos outros o que tinham escrito e vivenciado. A seguir estão listados alguns desses comentários, que foram resumidos e condensados. Os comentários foram expostos aqui com o mínimo de alteração possível da forma como foram elaborados pelos observadores.

- a) “Muitas vezes o operador pega mais peça do que o necessário no *kanban*. Após a montagem, ele volta ao *kanban* e procura onde devolver a peça”.
- b) “Alguns operadores possuem ferramentas informais, quer dizer, não catalogadas oficialmente pela empresa. A ferramenta fica no armário pessoal. Os demais operadores sabem e buscam determinado operador para pegar tal ferramenta. Gestores desconhecem tal fato”.
- c) “Operadores conversam muito entre si sobre qualquer coisa, em especial futebol”.

- d) “Operadores mexem muito no celular, para buscar música, para ver as horas, conversarem entre si, jogar etc”.
- e) “O operador precisava colocar a cabeça e os braços dentro de uma cavidade para realizar uma atividade. Dentro da cavidade ninguém o via, exceto eu. Quando cheguei mais perto, vi que ele estava mexendo no celular escondido dentro da cavidade”.
- f) “Em uma montagem, o operador estava deitado e de costas fazendo vários movimentos aleatórios com as mãos, mas seus olhos permaneciam fechados e sua boca aberta”.
- g) “Após chegar na linha e bater seu ponto, o operador, antes de iniciar suas atividades, cumprimenta todos os outros colegas de trabalho”.
- h) “Operador resolveu sair para fumar no pátio”.
- i) “Após uma montagem demorada e de cabeça para baixo, o operador retorna à postura ereta e fica parado por alguns minutos para se recuperar”.
- j) “Operador havia encerrado a atividade, e questionou o superior para ver o que poderia fazer. Por fim, o operador vai procurar as peças disponíveis para, a partir disso, procurar qual atividade monta aquela peça”.
- k) “Operador teve dificuldade de entender o processo, mas não gastou muito tempo tentando fazer isso; logo começou a montar mesmo com dúvidas – método tentativa e erro. Isso gerou retrabalhos”.
- l) “Algumas montagens são muito complicadas. O operador precisa ficar deitado de lado ou inclinado, em condições ergonômicas desfavoráveis”.
- m) “Uma arruela caiu no chão da aeronave e vários operadores (uns 8) pararam para procurar a peça”.
- n) “Os operadores fazem exame médico periódico marcado pela empresa no consultório dentro da empresa. Um operador ficou mais de 1h esperando para ser consultado”.
- o) “Acabou a água no bebedouro e o operador foi trocar o galão”.
- p) “Ônibus fretado da empresa de outra cidade atrasou, aí o operador chegou atrasado”.
- q) “Os operadores abandonam o posto cerca de meia hora antes todo dia, em especial nas sextas feiras”.
- r) “Foi observado que em algumas montagens, o operador permanecia em posição ergonomicamente desfavorável por muito tempo. Exemplo: ao passar cablagens, o operador ficava horas trabalhando com os braços para cima. Da mesma forma, outras posições de fadiga estática foram percebidas, como: sentado no teto da aeronave sobre um banco mexendo no motor (a coluna muito inclinada durante horas), ou deitado no chão da aeronave com o corpo contorcido para ter acesso à região do armário elétrico”.

- s) “Operador teve dúvida em uma montagem e foi falar com o engenheiro responsável. Mas os engenheiros almoçam em horário diferente dos operadores, o que causou uma grande perda de tempo”.
- t) “Operador ficou folheando um o documento durante muito tempo, como se estivesse estudando ou lendo o documento, mas pela velocidade que ele virava a página e pelo tanto que demorou, era impossível ler alguma coisa”.
- u) “Muitos operadores falavam abertamente - Eu não quero trabalhar aqui, - Eu detesto essa cidade, ou falavam como que brincando - O que eu gosto daqui é do salário. Ao mesmo tempo, outros diziam - Eu pedi contas na empresa X para estar aqui, - Meu sonho sempre foi trabalhar aqui”.
- v) “Alguns operadores insinuavam algumas coisas quando nos (observadores) viam - Já vi essa história antes. Não entendia o que era. Fiquei sabendo que muitos operadores já tinham trabalhado juntos em outra empresa e lá fizeram um projeto de medir tempos com cronômetro. Uns seis meses depois a empresa entrou em crise e demitiu vários. Eles têm medo não de mim, mas do que o cronômetro significa”.

É possível perceber que os comentários listados nos ítems “c”, “d”, “f”, “g”, “h”, “q”, “t” e “u” se referem à porosidade. Os observadores não esperavam observar tanta atividade de porosidade. A partir dos comentários observados, entende-se que os gestores mais próximos, que acreditavam conhecer a linha de montagem e o trabalho dos operadores, na verdade não enxergavam a rotina de porosidade. Percebe-se também que grande parte das atividades de porosidade era desempenhada de forma secreta ou escondida atrás de atividades consideradas aceitáveis. Os comentários de alguns operadores (observação u) foram de grande choque para os observadores que não esperavam ouvir tal conteúdo de pessoas que eles não tinham intimidade. Porém, acredita-se fortemente que os comentários não eram feitos aos gestores, que, mais uma vez, ficavam néscios à realidade dos operadores.

6.3 Desenvolvimento dos testes de hipótese

6.3.1 Hipótese A – diferenças entre os meios de medição

A partir dos dados disponíveis no Quadro 6.1, Tabelas 6.1, 6.3 e 6.4, foi construída a Tabela 6.5 que resume os dados referentes à agregação de valor. Ressalta-se que os valores da cronometragem podem ser comparados dois a dois com os dados do SGI, pois dizem respeito ao mesmo operador, ou seja, as amostras estão emparelhadas. Todos os resultados seguem uma distribuição normal, exceto os valores do SGI.

Para comparar as amostras foram realizados os seguintes testes de hipótese: *Two sample T* que compara a média entre dois grupos independentes e normais de maneira caudal ou unilateral; *Paired T* que compara a média entre dois grupos dependentes (emparelhados) e normais de maneira caudal ou unilateral; *ANOVA* que compara a média entre grupos normais; teste não paramétrico de *Mann-Whitney* que compara medianas entre dois grupos independentes não necessariamente normais de maneira caudal ou unilateral e teste não paramétrico das medianas de *Kruskal Wallis* que compara as medianas entre grupos independentes não necessariamente normais. Montgomery e Runger (2013) fornecem maiores detalhes sobre todos esses testes utilizados. A Figura 6.4 apresenta um *boxplot* dos dados presentes na Tabela 6.5. O *boxplot* indica que os valores da cronometragem apresentam grande dispersão se comparados com os valores da amostragem e entrevista e indica que grande número de *outliers* para os valores do SGI. Há fortes indícios, pela análise da Figura 6.4, de que os meios de medição possuam medianas diferentes e que os valores de SGI sejam maiores que os valores da entrevista que, por sua vez, sejam maiores que os valores da cronometragem e amostragem.

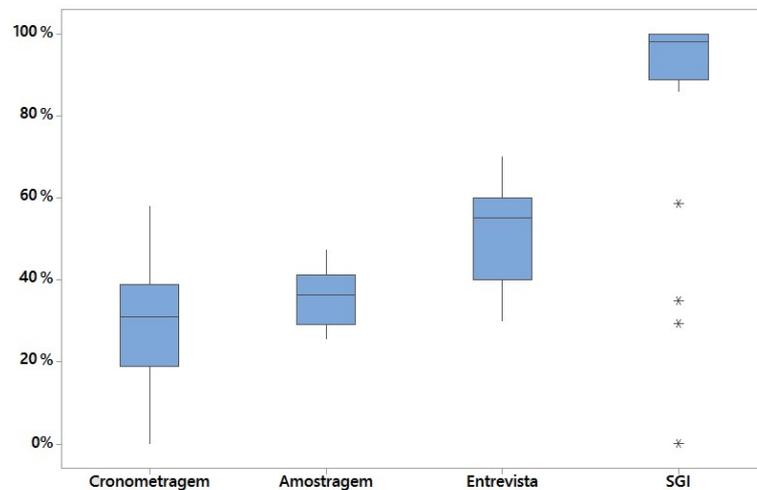


Figura 6.4 – Boxplot dos valores de agregação conforme meio de medição utilizado

Fonte: próprio autor (2017)

Tabela 6.5 – Valores de agregação encontrados

Jornada	Cronometragem	Amostragem	Entrevista	SGI
1	21,0%	26,3%	60,0%	34,8%
2	48,1%	29,6%	50,0%	100,0%
3	38,1%	27,5%	60,0%	100,0%
4	57,6%	26,4%	55,0%	97,1%
5	18,1%	33,7%	70,0%	99,3%
6	30,0%	31,6%	50,0%	98,1%
7	30,6%	37,2%	30,0%	90,0%
8	2,8%	47,3%	60,0%	58,6%
9	32,3%	36,4%	40,0%	86,1%
10	25,9%	31,2%	40,0%	100,0%
11	0,0%	38,3%	55,0%	29,4%
12	15,8%	36,4%		97,6%
13	29,2%	40,2%		99,7%
14	31,6%	40,3%		88,5%
15	58,0%	27,6%		100,0%
16	45,3%	25,5%		100,0%
17	32,4%	34,7%		99,3%
18	31,4%	45,7%		98,1%
19	36,7%	37,0%		100,0%
20	39,0%	42,0%		97,9%
21	47,2%	42,7%		99,8%
22	1,8%	42,3%		94,9%
23	5,3%	41,6%		0,0%
24	29,0%	28,9%		99,8%
Média	29,5%	35,4%	51,8%	86,2%
Desvio Padrão	16,3%	6,6%	11,5%	27,1%

Fonte: próprio autor (2017)

O Quadro 6.3 mostra os resultados de *P-value* encontrados. Somente os dois primeiros testes (marcados com *) admitem com 95% de confiança de que não há evidências para afirmar que as médias sejam diferentes. Os outros testes admitem que há diferença de médias/medianas entre as amostras comparadas com no mínimo 95% de confiança.

Quadro 6.3 – Resultados dos testes de hipótese e *P-value*

Teste n.º	Amostras comparadas	Teste utilizado	P-value
1	Cronometragem ≠ Amostragem	<i>Two sample T</i> bicaudal	0,106*
2	Cronometragem < Amostragem	<i>Two sample T</i> unilateral	0,053*
3	Cronometragem < Entrevista	<i>Two sample T</i> unilateral	0,003
4	Cronometragem < SGI	<i>Paired T</i> unilateral	0,001
5	Entrevista < SGI	<i>Two sample T</i> unilateral	0,001
6	Cronometragem < SGI	<i>Mann-Whitney</i> unilateral	0,000
7	Entrevista < SGI	<i>Mann-Whitney</i> unilateral	0,003
8	Todos os meios de medição são ≠	<i>ANOVA</i>	0,001
9	Todos os meios de medição são ≠	<i>Kruskal Wallis</i>	0,000

Fonte: próprio autor (2017)

HA0: As medianas dos dados coletados de meios de medição diferentes para a taxa de agregação podem ser consideradas iguais.

Resultado: A partir do resultado do teste de hipótese 9 no Quadro 6.3, rejeita-se a hipótese nula de que as medianas dos valores de agregação de valor sejam iguais. Os valores de SGI apresentam maior mediana e média, seguidos da entrevista, seguidos da cronometragem. Não foi possível afirmar se a cronometragem ou a amostragem apresenta maior média a 90% de confiança, mas em 95% de confiança pode-se afirmar que a amostragem possui maior média que a cronometragem.

Este resultado traz as implicações seguintes:

- a) Ao se considerar que a média da cronometragem (que mediu um operador por vez) não é maior que a média da amostragem (que mediu vários operadores por vez), afirma-se que a interferência do observador no operador observado foi irrelevante ou de igual proporção para todos os operadores da linha que estavam no campo de visão do observador. Acredita-se que, pelo rigor e descrição durante as medições, que a influência do observador seja, de fato, nula. É possível que o fato de os observadores não serem funcionários da empresa tenha ajudado a anular tal influência. Porém, o fato de a média da amostragem ser maior que a média da cronometragem pode ser justificada pelo relato de alguns observadores da dificuldade de visualizar alguns operadores em atividades de desperdício, pois os mesmos procuravam se manter fora do campo de visão das demais pessoas.
- b) Se os valores respondidos na entrevista são maiores que os executados pelos próprios respondentes, afirma-se que ou os operadores não tinham conhecimento da real taxa de valor agregado ou as entrevistas foram respondidas com má-fé. Acredita-se que os operadores não tinham conhecimento da realidade.
- c) Os valores de agregação de valor do SGI são utilizados por toda a empresa para, dentre outros objetivos, análise de custos realizados e formação de preço. Se os valores de agregação do SGI são maiores do que os realizados, isso implica que os demais setores da empresa não têm conhecimento dos verdadeiros valores de agregação de valor. Desta forma, a partir definição de desperdício de Womack e Jones (2003), pode-se afirmar que os valores de desperdícios são subestimados e ocultos para a empresa.
- d) A partir das implicações listadas em b e c, pode-se concluir que nenhum setor da empresa tinha conhecimento dos verdadeiros valores de agregação de valor e desperdícios. Os valores utilizados e considerados por todos eram superestimados. Os resultados dessa pesquisa foram apresentados ao CEO e a uma comitativa executiva do grupo e esta foi a informação que mais chamou atenção do CEO.

- e) Se os valores de agregação de valor inseridos no SGI são maiores do que aqueles respondidos por quem os insere, pode-se afirmar que os operadores tinham conhecimento que os valores do SGI eram superestimados. Acredita-se que a meta estabelecida pela gerência de ter altos valores produtivos repercutia na manipulação consciente dos valores inseridos no SGI e não necessariamente no aumento da taxa de valor agregado. Tal atitude, porém, poderia prejudicar outros setores ao utilizar estes dados. Portanto, questiona-se a atual política de metas.

6.3.2 Hipótese B – diferenças entre os tipos desperdícios

A partir dos dados disponíveis no Quadro 6.1 foi construída a Tabela 6.6 que apresenta os 6 desperdícios medidos em porcentagem em relação à jornada de trabalho disponível (8,7h). Cada jornada corresponde também a um operador observado. Nem todos os desperdícios medidos podem ser considerados normais. A Figura 6.5 apresenta o *boxplot* das amostras dos valores de desperdício, onde E é espera, M é movimentação, R é retrabalho, Pd é processamento desnecessário, T é transporte e Po é porosidade. O *boxplot* indica que grande dispersão dos valores de porosidade e uma pequena dispersão dos valores de transporte e espera. Exceto a movimentação, espera-se que as amostras não sejam normais.

O Quadro 6.4 apresenta os resultados de *P-value* para os testes não paramétricos de *Kruskal-Wallis* e *Mann-Whitney* que comparam medianas entre grupos independentes não necessariamente normais. Montgomery e Runger (2013) fornecem maiores detalhes sobre os testes utilizados.

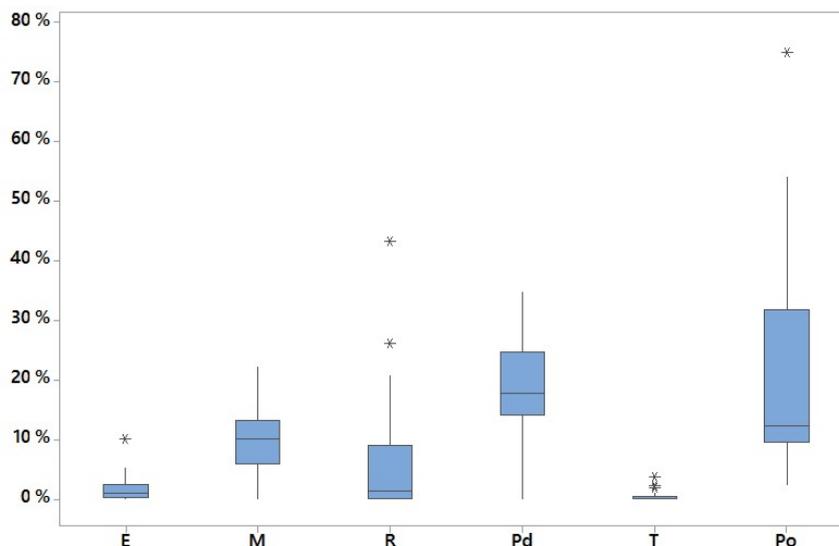


Figura 6.5 – Boxplot dos valores de desperdícios

Fonte: próprio autor (2017)

Tabela 6.6 – Valores das taxas de desperdícios encontradas

Jornada	Desperdícios						Total
	Espera	Movimentação	Retrabalho	Processamento Desnecessário	Transporte	Porosidade	
1	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	74,9%	75,5%
2	3,7%	22,1%	0,0%	19,0%	0,0%	4,1%	49,0%
3	1,8%	11,3%	1,2%	15,0%	0,3%	13,5%	43,0%
4	0,5%	3,1%	4,8%	10,1%	0,3%	9,6%	28,4%
5	2,1%	5,6%	1,8%	14,6%	0,9%	54,0%	79,0%
6	10,0%	10,9%	1,5%	18,3%	0,4%	11,7%	52,9%
7	0,0%	2,0%	0,0%	32,1%	0,0%	32,1%	66,2%
8	2,2%	15,7%	0,0%	34,7%	0,3%	30,4%	83,3%
9	1,0%	11,2%	1,0%	29,6%	0,0%	9,6%	52,3%
10	0,0%	0,4%	0,0%	9,1%	0,0%	45,5%	55,0%
11	0,7%	19,3%	43,2%	17,1%	0,0%	12,7%	93,1%
12	0,3%	15,6%	9,2%	31,8%	1,9%	14,7%	73,4%
13	0,9%	12,2%	0,0%	25,1%	2,3%	20,4%	60,9%
14	1,0%	14,5%	0,0%	15,0%	0,0%	2,4%	32,8%
15	0,2%	5,9%	0,0%	13,9%	0,6%	5,7%	26,3%
16	0,1%	7,3%	11,0%	14,4%	0,1%	10,4%	43,4%
17	3,4%	13,5%	8,3%	20,7%	3,7%	6,2%	55,8%
18	0,7%	9,5%	0,3%	12,3%	0,0%	32,1%	54,9%
19	5,1%	10,8%	0,1%	24,0%	0,3%	11,9%	52,3%
20	0,1%	11,4%	7,2%	21,0%	0,0%	10,3%	50,0%
21	0,3%	9,1%	7,1%	12,2%	0,1%	10,3%	39,1%
22	1,3%	6,0%	20,6%	16,8%	0,5%	43,0%	88,0%
23	4,2%	9,0%	26,2%	18,9%	0,0%	24,3%	82,7%
24	2,6%	8,7%	19,6%	24,8%	0,0%	4,6%	60,3%
Média	1,8%	9,8%	6,8%	18,8%	0,5%	20,6%	58,2%
Desvio	2,3%	5,5%	10,8%	8,2%	0,9%	18,3%	18,7%

Fonte: próprio autor (2017)

Com *P-value* menor que 0,05, pode-se afirmar que há evidências de que as medianas referentes aos tipos de desperdícios não são iguais (teste 1). Não há evidências para afirmar que a mediana da porosidade é maior que a do processamento desnecessário (teste 2), mas há evidências para afirmar que é maior que a mediana da movimentação (teste 3). Outros testes de *Mann-Whitney* foram realizados dois a dois e mostraram que, de fato, a mediana da porosidade é maior que as dos demais desperdícios (exceto Processamento desnecessário, como já esclarecido).

Quadro 6.4 – Resultados dos testes de hipótese e *P-value*

Teste N.º	Amostras comparadas	Teste utilizado	<i>P-value</i>
1	Todos os tipos de desperdício	<i>Kruskal Wallis</i>	0,000
2	Porosidade ≠ Processamento desnecessário	<i>Mann-Whitney</i>	0,307
3	Porosidade > Movimentação	<i>Mann-Whitney</i>	0,019

Fonte: próprio autor (2017)

HB0: As medianas dos valores de desperdícios podem ser consideradas iguais.

Resultado: Os valores (não normais) foram comparados através da mediana. Os testes revelaram que há evidências para declarar que as medianas são diferentes. Ao se comparar somente a média determinística dos grupos, percebe-se também que as médias são diferentes (diferença de 20x entre a menor e a maior). Dessa forma, rejeita-se a hipótese nula de que os valores de desperdícios possam ser considerados iguais.

Os desperdícios que apresentam maior média foram respectivamente: porosidade, processamento desnecessário, movimentação, retrabalho (defeitos), espera e transporte. Conforme os dados de Jasti e Kodali (2014) o processamento desnecessário, que apresentou um alto valor nesta pesquisa, recebe geralmente menos enfoque nos artigos *Lean* e a espera, que apresentou baixo valor nesta pesquisa, é geralmente mais focada nos artigos *Lean*. Porém, segundo as informações de Jasti e Kodali (2016), o superprocessamento está entre os desperdícios listados que podem ser mais removidos pelo *Lean*, e o transporte o menos esperado.

Percebe-se também com os valores encontrados a importância de se valorizar os desperdícios de porosidade, que podem ser altamente danosos à empresa e muitas vezes apresenta-se de maneira oculta.

6.3.3 Hipótese C – variação da agregação de valor durante o dia

O Quadro 6.2 apresenta os resultados encontrados e agrupados conforme grupos horários. Os grupos foram criados somente para efeito comparativo no contexto do terceiro teste hipótese. Os grupos 1, 2, 3 e 4 apresentam os valores da parte da manhã, enquanto que os grupos 6, 7, 8 e 9 os valores para a parte da tarde. Os grupos 1, 4, 6 e 9 apresentam os valores para início e fim de períodos de trabalho (parte da manhã e parte da tarde), ou seja, ao iniciar e terminar a jornada e pouco antes e após almoço. O grupo 3 apresenta os valores para o final da manhã (entre às 10h e 11h). O grupo 7 apresenta os valores para o início da tarde (entre às 13h e 15h).

O Quadro 6.5 apresenta os valores de *P-value* para os testes de hipótese realizados. Como as amostras não são normais, foi realizado o teste não paramétrico de *Mann-Whitney* que compara medianas. Montgomery e Runger (2013) fornecem maiores detalhes sobre este teste. Foram realizados 6 testes, cada teste comparando duas amostras. Para os valores de *P-values* abaixo de 0,05 é possível afirmar com 95% de confiança que as medianas comparadas são

diferentes. O teste número 5 (marcado com *), único com *P-value* acima de 0,05, não admite afirmar a existência de tal diferença.

HC0: A taxa de agregação de valor se mantém constante ao longo da jornada.

Resultado: Rejeita-se a hipótese nula de que a taxa de agregação de valor se mantenha constante ao longo da jornada. Através da criação de grupos de horários, puderam-se comparar medianas e verificaram-se variações significativas. A mediana da taxa de agregação é maior na parte da manhã que na parte da tarde, sendo que o período entre 10h e 11HB0min apresenta maior valor. O período compreendido entre 13HA0 e 15h apresenta maior valor para a parte da tarde. O início e fim de períodos apresentam menores valores.

Ao se comparar os resultados encontrados para a variação da taxa de agregação de valor nesta pesquisa (mostrados também na Figura 6.6, feita a partir do Quadro 6.1) e as informações da prontidão para o trabalho conforme Grandjean e Kroemer (1997) (mostradas também na Figura 4.1) é possível observar grande semelhança.

Quadro 6.5 – Resultado dos testes de hipótese e *P-value*

Teste	Grupos horários	Descrição do teste	<i>Pvalue</i>
1	1, 2, 3 e 4 > 6, 7, 8 e 9	A amostra formada pelos valores da manhã tem mediana maior que a amostra formada pelos valores da tarde	0,001
2	3 > 1, 2 e 4	A amostra formada pelos valores do período entre 10h e 11HB0min tem mediana maior que a amostra formada pelos demais valores da manhã	0,000
3	3 > 1, 2, 4, 6, 7, 8 e 9	A amostra formada pelos valores do período entre 10h e 11HB0min tem mediana maior que a amostra formada pelos demais valores	0,000
4	7 > 6, 8 e 9	A amostra formada pelos valores do período entre 13HA0 e 15h tem mediana maior que a amostra formada pelos demais valores da tarde	0,000
5	7 > 1, 2, 3, 4, 6, 8 e 9	A amostra formada pelos valores do período entre 13HA0 e 15h tem mediana maior que a amostra formada pelos demais valores da tarde	0,059*
6	1, 4, 6 e 9 < 2, 3, 7 e 8	A amostra formada pelos valores dos períodos de início e fim da manhã e tarde tem mediana menor que a amostra formada pelos demais valores	0,000

Fonte: próprio autor (2017)

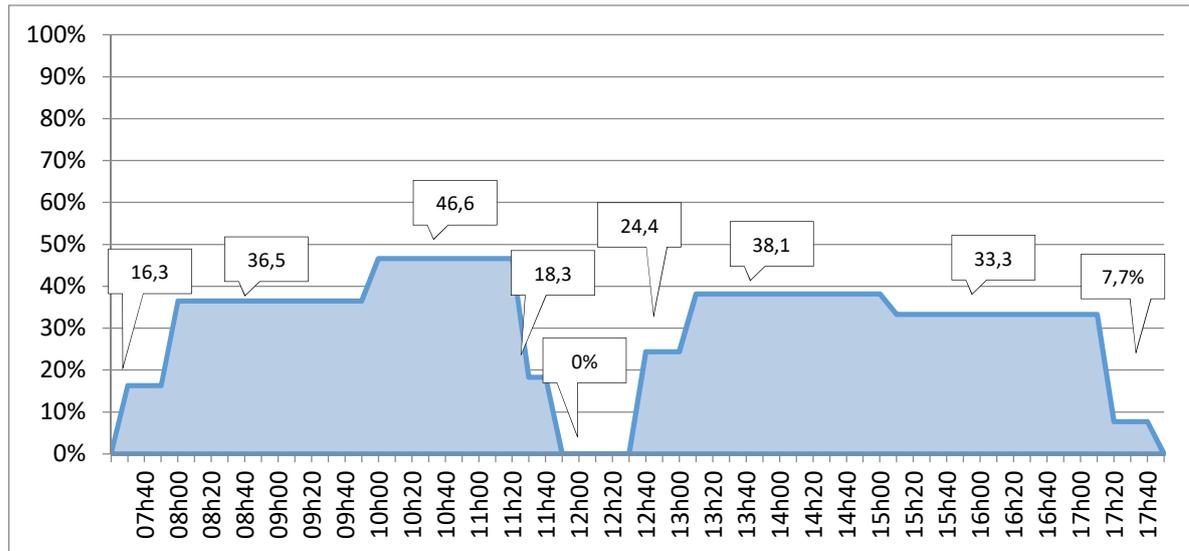


Figura 6.6 – Resultado da amostragem: Média dos grupos horários de agregação de valor

Fonte: próprio autor (2017)

Ressalta-se que nesta pesquisa os operadores realizavam pausas para lanches. A diferença se encontra unicamente no início da manhã: Grandjean e Kroemer (1997) apontam a maior prontidão para o trabalho, enquanto que os valores encontrados não apontam a maior agregação de valor. Uma possível interpretação para essa diferença pode ser o fato, notado pelos observadores, de que os operadores têm o hábito de se cumprimentar e conversar neste período, o que pode ser chamado de ‘conversa do bom dia’. Após esse período, os operadores iniciam os preparativos para o trabalho (ferramentas, materiais, documentos etc). Dessa forma, o começo da manhã, embora com maior prontidão para o trabalho, a agregação fica penalizada. Visto uma taxa de agregação que não corresponde com o valor alto da prontidão para o trabalho, ações para aumentar a taxa de agregação poderiam ter como foco o início da parte da manhã, pois os ganhos poderiam ser maiores. Da mesma forma, atividades de menor exigência física e/ou mental poderiam ser agendadas para o final da jornada, onde a prontidão e a taxa de valor agregado são menores.

A Figura 6.7 apresenta o gráfico da equação (4.1) proposta por Spencer (1987) aplicada no contexto desta pesquisa. A unidade da performance foi tomada como porcentual. A jornada de trabalho começa às 7HC0 e considerou-se que os operadores acordam às 6h. O período passível de almoço foi apresentado na figura em tom mais escuro. Ao se comparar o que foi observado nesta pesquisa (mostrado também na Figura 6.6) e a Figura 6.7 é possível observar que ambas têm em comum baixos valores de agregação no começo e final da jornada. Porém, a Figura 6.7 apresenta maiores valores para a parte da tarde, o que não foi observado nesta

pesquisa. Uma possível interpretação para essa diferença pode ser o fato de que a equação (4.1) sugerida por Spencer (1987) tenha tido um baixo ajuste (32,2%), possa se referir ao estudo de caso conduzido por ele e não possa ser generalizada e pelo fato de que Spencer (1987) não considerou nos seus testes o efeito da alimentação e sobrecarga dos órgãos digestivos. Em contrapartida, se comparado com o proposto por Grandjean e Kroemer (1997), Spencer (1987) mediu a performance e não a prontidão para o trabalho.

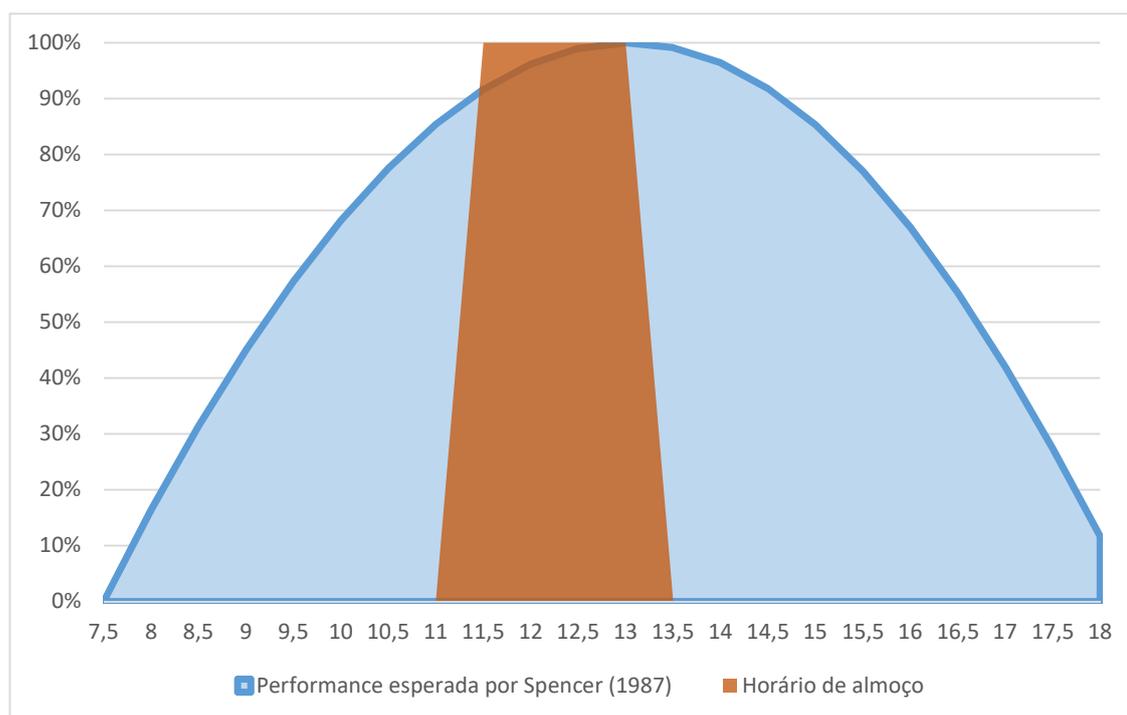


Figura 6.7 – Modelo de Spencer (1987) aplicado para esta pesquisa

Fonte: próprio autor (2017)

A fim de se obter uma equação que descreva o valor da taxa de agregação de valor em porcentagem em função do período dia foi realizado uma regressão múltipla através do método OLS (*Ordinary Least Squares*) a partir dos valores do Quadro 6.1. Montgomery e Runger (2013) fornecem maiores detalhes sobre este tipo de regressão. As variáveis de entrada (preditores ou fatores) foram consideradas como:

- A hora do dia, chamado de “h” (62 pontos, de 7,5 até 17,7), e
- Informações sobre o almoço, chamado de “a”. Para $h \leq 11,5$ $a=1$; para $11,5 \leq h < 13,2$ $a=1$; para $h \geq 13,5$ $a=2$.

Porém, o valor do ajuste obtido foi considerado baixo ($R^2 = 39,14\%$). Dessa forma, foram realizadas interações entre os termos e o valor do ajuste obtido foi satisfatório ($R^2 = 77,34\%$). Porém, os termos apresentaram alto valor de VIF (*variance inflation factor*) devido à alta

colinearidade. Segundo Bastien, Vinzi e Tenenhaus (2005) e Tenenhaus *et al.* (2005), quando se tem alta correlação entre os fatores deve-se preferir a regressão pelo método *Partial Least Squares* (PLS) ao invés de *Ordinary Least Squares* (OLS). Os autores citados neste parágrafo apresentam mais informações sobre o método PLS.

O resultado da regressão pode ser encontrado na Equação 6.1. Foi utilizado um modelo com 7 componentes principais porque apresenta maior R^2 *predicted* (71,45%) e é, portanto, considerado como “modelo ótimo”. Este modelo explica 100,00% da variância de seus preditores e apresenta um ajuste (R *squared*) de 79,9%, valor considerado satisfatório. O valor de P -*value* para a análise de variância do modelo ótimo foi de 0,000 (que é inferior ao valor de alfa de 0,05), o que significa que o modelo de 7 componentes é significante. Com um P -*value* de 0,150 no teste de normalidade de Anderson Darling (acima de 0,05), os resíduos podem ser considerados normais.

$$\begin{aligned}
 AV = & -21,8922 + 7,4607 * h - 0,9159 * h^2 + 0,0489 * h^3 - 0,0010 * h^4 \\
 & - 0,2358 * a - 0,0145 * a^2 - 0,0170 * a^3 - 0,029 * a^4 \\
 & + 0,0347 * h * a
 \end{aligned} \tag{6.1}$$

6.3.4 Hipótese D – relação entre porosidade e perfil do operador

O Quadro 6.6 apresenta a codificação utilizada para a interpretação dos resultados do Quadro 5.3, cujas respostas estão na Tabela 6.2. A partir dos valores das Tabelas 6.2 e 6.5 e informações do Quadro 6.6, foi elaborada a Tabela 6.7 que apresenta a porosidade em porcentagem e as respostas da entrevista codificada.

Quadro 6.6 – Codificação das respostas da entrevista com os operadores

Item analisado		Classe 1		Classe 2	
Sigla	Descrição	Valor	Significado	Valor	Significado
1	Id				
	Idade				
2	Ex				
	Nível de experiência na empresa				
3	Ca	-1	Solteiro	1	Casado
	Situação afetiva: união estável/casado ou solteiro/viúvo/divorciado				
4	Tr	-1	Sem treinamento	1	Com treinamento
	Treinamento: realizou treinamento no exterior pela empresa ou não				
5	Cr	-1	Sem filhos	1	Com filho (s)
	Crianças: possui pelo menos um filho ou não possui				
6	Or	-1	Fora	1	Local
	Origem: de outro estado ou do estado onde se localiza a empresa				

Fonte: próprio autor (2017)

Para se chegar ao perfil do operador que apresenta maior e menor porosidade, foi realizada uma regressão pelo método OLS (*Ordinary Least Squares*). Montgomery e Runger (2013) fornecem maiores detalhes sobre este tipo de regressão. A porosidade (Po) em porcentagem representa a resposta, enquanto que as demais variáveis (Id, Ex, Ca, Cr, Tr e Or) representam os preditores/ fatores.

Porém, o valor do ajuste obtido foi considerado baixo ($R^2 = 36,50\%$). Dessa forma, foram realizadas interações entre os termos e o valor do ajuste obtido foi satisfatório ($R^2 = 73,75\%$). Porém, os termos apresentaram alto valor de VIF (*variance inflation factor*) devido à alta colinearidade. Segundo Bastien, Vinzi e Tenenhaus (2005) e Tenenhaus *et al.* (2005), quando se tem alta correlação entre os fatores deve-se preferir a regressão pelo método *Partial Least Squares* (PLS) ao invés de *Ordinary Least Squares* (OLS). Os autores apresentam mais informações sobre o método PLS.

Tabela 6.7 – Valores de porosidade para cada resposta codificada da entrevista

Jornada	Po	Id	Ex	Ca	Cr	Tr	Or
1	74,9%	34	3,0	-1	-1	1	1
2	4,1%	33	2,0	1	-1	-1	-1
3	13,5%	32	0,7	-1	1	-1	1
4	9,6%	39	0,6	-1	1	-1	-1
5	54,0%	29	4,0	-1	-1	-1	-1
6	11,7%	38	0,6	-1	1	-1	-1
7	32,1%	32	1,0	-1	1	-1	-1
8	30,4%	34	5,8	-1	1	1	-1
9	9,6%	28	2,5	-1	1	1	1
10	45,5%	34	0,7	-1	1	-1	-1
11	12,7%	37	0,8	-1	1	-1	-1
12	14,7%	40	0,8	-1	1	-1	1
13	20,4%	30	0,8	-1	1	-1	1
14	2,4%	31	1,0	-1	1	-1	1
15	5,7%	28	0,9	1	1	-1	1
16	10,4%	43	0,8	-1	1	-1	-1
17	6,2%	31	1,1	1	-1	-1	-1
18	32,1%	31	2,0	-1	1	1	-1
19	11,9%	43	0,8	-1	1	-1	-1
20	10,3%	24	0,6	1	-1	-1	1
21	10,3%	48	1,3	-1	1	-1	1
22	43,0%	42	1,7	-1	1	-1	-1
23	24,3%	31	2,5	-1	1	1	-1
24	4,6%	43	2,5	-1	1	1	-1

Fonte: próprio autor (2017)

O resultado da regressão pode ser encontrado na equação 6.2. Foi utilizado um modelo com 3 componentes principais porque apresenta maior R^2 *predicted* (17,3%) e, é, portanto, considerado como “modelo ótimo”. Este modelo com 3 componentes principais explica 50,8% da variância de seus preditores e apresenta um fit (R *squared*) de 72,2%, valor considerado

satisfatório. O valor de *P-value* para a análise de variância do modelo ótimo foi de 0,000 (que é inferior ao valor de alfa de 0,05), o que significa que o modelo de 3 componentes é significativo. Com um *P-value* de 0,110 no teste de normalidade de Anderson Darling (acima de 0,05), os resíduos podem ser considerados normais. Ressalta-se que a regressão não implica na causalidade entre fatores e respostas.

A Equação 6.2, principalmente devido às interações, ainda não permite a fácil visualização de quais preditores mais influenciaram (e se influenciaram positiva ou negativamente) a porosidade. A fim de conhecer quais preditores livres mais impactam a porosidade, foi realizada uma simulação de Monte Carlo. Maiores informações sobre a simulação de Monte Carlo e análise de sensibilidade podem ser obtidas em Rubinstein e Kroese (2016). A simulação contou com 100 mil rodadas, sendo que:

- a) Os valores de porosidade negativos foram considerados 0. Não houve valores acima de 1.
- b) Os preditores livres “Id” e “Ex” seguiram distribuição própria conforme Tabela 6.6.
- c) Os preditores livres “Ca”, “Cr”, “Tr” e “Or” seguiram uma distribuição discreta de Bernoulli, que apresenta valores binários, com parâmetros estabelecidos conforme respostas da Tabela 6.6.
- d) Os termos de interação foram considerados na simulação como função dos valores utilizados nos preditores livres.

$$\begin{aligned}
 P_o = & 0,308549 - 0,002541 * Id + 0,012718 * Ex - 0,048176 * Ca \\
 & - 0,024322 * Cr + 0,013749 * Tr + 0,000107 * Or \\
 & + 0,000317 * Id * Ex + 0,000337 * Id * Tr - 0,001177 * Id \\
 & * Ca - 0,000875 * Id * Cr + 0,000207 * Id * Or + 0,000697 \\
 & * Ex * Tr - 0,021182 * Ex * Ca - 0,017799 * Ex \\
 & * Cr + 0,004808 * Ex * Or + 0,016923 * Tr \\
 & * Ca - 0,034133 * Tr * Cr + 0,022353 * Tr \\
 & * Or + 0,066682 * Ca * Cr + 0,007878 * Ca \\
 & * Or - 0,037615 * Cr * Or - 0,000041 * Id * Id \\
 & + 0,00124 * Ex * Ex
 \end{aligned} \tag{6.2}$$

A Figura 6.8 apresenta a frequência de respostas obtidas para a porosidade. A distribuição conta com uma média de 0,27 e desvio padrão de 0,13. A Figura 6.9 apresenta a análise de sensibilidade que mostra quais são os preditores livres que mais influenciaram na porosidade.

É possível observar que, considerando as características dos operadores entrevistados nas distribuições para a simulação, os fatores que mais impactam para uma porosidade menor são respectivamente ser casado (+1) e ter crianças (+1). Os demais fatores têm influência menor para a baixa porosidade: ser originário do local da fábrica (+1), ter pouca experiência na empresa (valor de “Ex” baixo), ter feito treinamento no exterior (+1) e ser mais velho (valor de “Id” alto).

HD0: É possível estabelecer uma relação entre o perfil dos operadores e o valor taxa de porosidade.

Resultado: Não foi possível rejeitar a hipótese nula de que é possível estabelecer uma relação entre o perfil dos operadores e o valor da taxa de porosidade. Foi observado através da análise de sensibilidade da simulação de Monte Carlo realizada sobre a regressão pelo método *Partial Least Squares* que quem é casado e tem filhos apresenta porosidade menor.

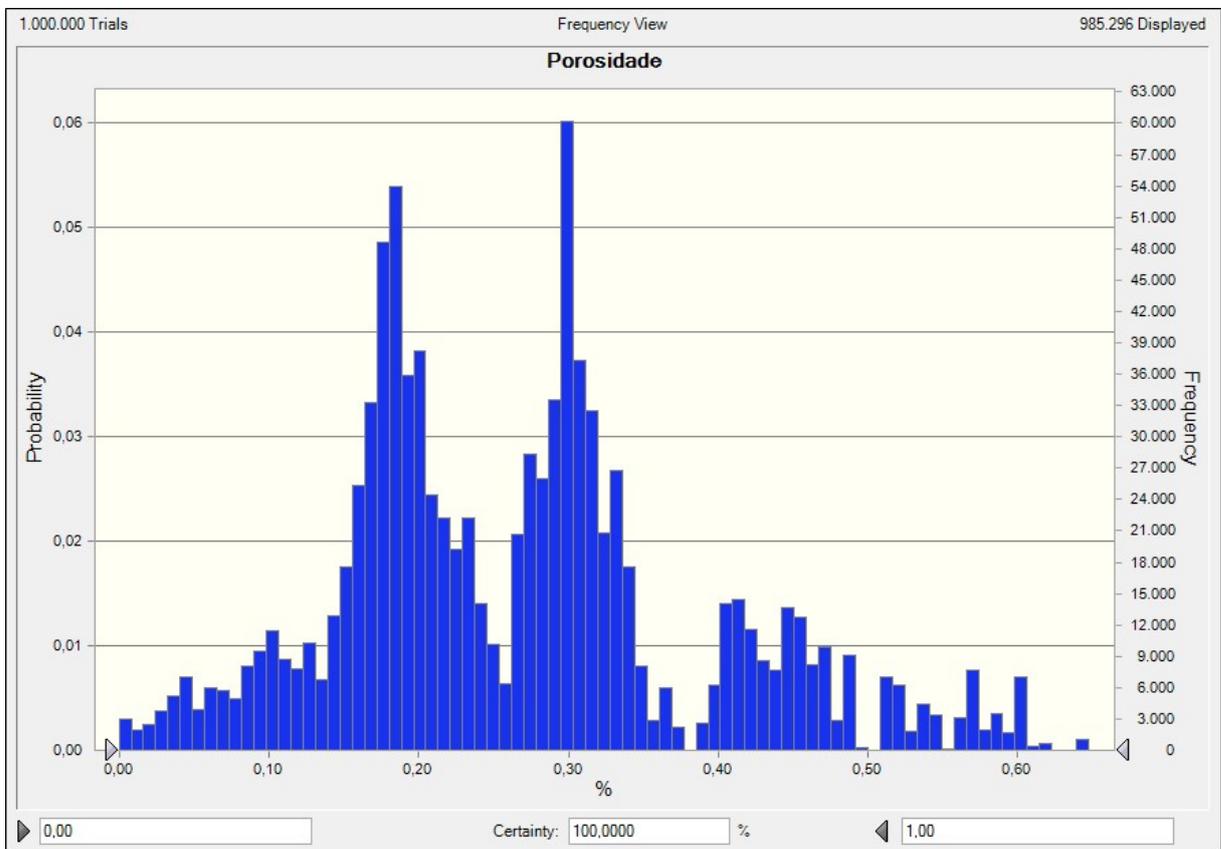


Figura 6.8 – Frequência de respostas obtidas para Porosidade na simulação de Monte Carlo

Fonte: próprio autor (2017)

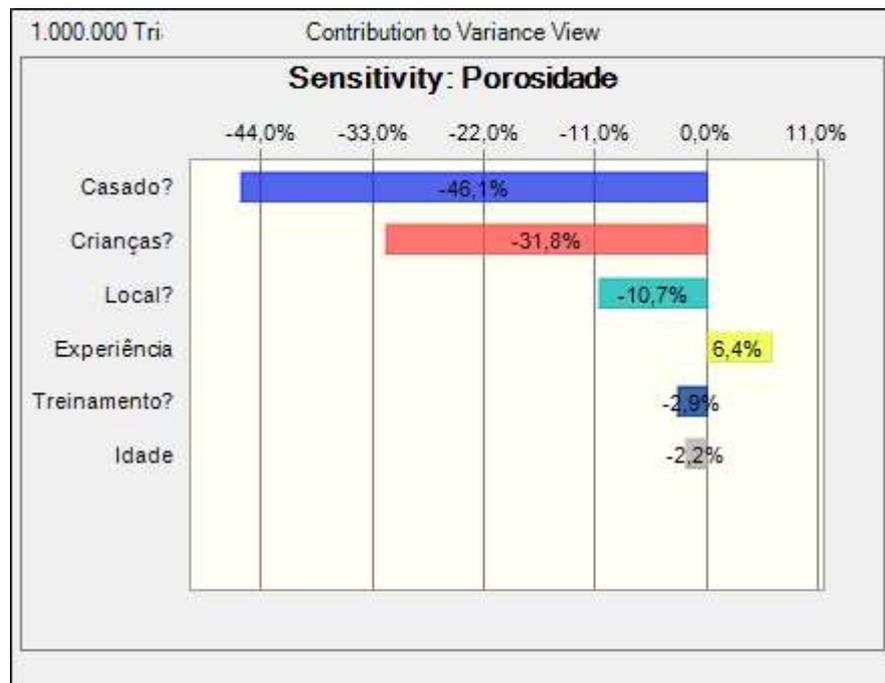


Figura 6.9 – Análise de sensibilidade para Porosidade

Fonte: próprio autor (2017)

Vale ressaltar, porém, o tipo de perfil que apresenta maior porosidade foi encontrado para a linha de montagem em questão e não pode ser generalizado. São necessários mais estudos de replicação para que os resultados sejam comparados e afirmações mais globais possam ser feitas.

A importância de se descobrir qual o perfil do operador apresenta maior e menor porosidade está no fato de que a empresa pode direcionar políticas e diretrizes específicas a fim de diminuir a porosidade. Neste caso, as ações seriam direcionadas principalmente para os solteiros sem filhos.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho abordou um estudo de caso em uma empresa aeronáutica dentro do contexto de aplicação do *Lean Manufacturing*, que pode ser definido como filosofia de gestão focada em identificar e eliminar desperdícios. Foram utilizadas múltiplas fontes de coleta de dados: operadores tiveram suas jornadas de trabalho observadas diretamente através das técnicas de cronometragem e amostragem. Além disso, foram realizadas entrevistas e utilizados dados inseridos pelos próprios operadores no sistema de gestão integrada da empresa (SGI), um *software* que reúne e compartilha informações de todos os setores.

A porosidade foi definida como um tipo de atividade referente a *counterproductive work behaviors* (CWBs) que são comportamentos desviantes no trabalho, realizados intencionalmente contra pessoas ou organizações. Ela foi classificada como um desperdício e foram dados exemplos encontrados neste estudo de caso (que vão ao encontro aos exemplos preconizados na literatura sobre os CWBs), tais como: conversar assuntos pessoais no trabalho, mexer no celular, demorar para iniciar jornada de trabalho, abandonar posto de trabalho mais cedo que o previsto, demorar para retornar ao posto de trabalho após almoço e café, abandonar posto para ir fumar ou resolver assuntos pessoais, exercer atividades desnecessárias, a fim de demonstrar que se está trabalhando etc.

O objetivo deste trabalho foi de analisar a porosidade e a taxa de agregação de valor de operadores em uma linha de montagem através de 4 testes de hipótese propostos.

O primeiro teste de hipótese tratou sobre diferenças dos resultados da taxa de agregação de valor entre os meios de medição utilizados. Os valores da cronometragem indicaram que 29,5% da jornada de trabalho disponível (8,7h) eram gastas pelo operador executando atividades de agregação de valor, contra 58,2% da jornada gastas com atividades de desperdício e 12,3% com atividades de não agregação, mas necessário. Os testes de hipótese realizados (*Two sample T*, *Paired T*, *Mann-Whitney*, *ANOVA* e *Kruskal Wallis*) mostraram que os meios utilizados (cronometragem, amostragem, entrevista com o operador observado e dados do SGI) não apresentam mesma média. Somente a cronometragem e a amostragem realizadas não puderam ser consideradas com médias diferentes. A maior média se encontra com os valores inseridos no SGI, que serve como fonte de informação para toda a empresa. A segunda maior média se encontra com os valores obtidos com entrevista. As análises sobre os resultados mostraram que a influência do observador no operador observado pode ser considerada nula; os próprios operadores não tinham conhecimento da real taxa de agregação de valor que eles mesmos desempenhavam; as taxas de agregação utilizadas pela empresa (as inseridas pelo SGI)

são superestimadas e, portanto, existem desperdícios que são subestimados e ocultos para a empresa; nenhum setor da empresa tinha a informação real da taxa de agregação de valor, e os operados tinham conhecimento que os valores do SGI eram superestimados. No final, questionou-se a política de metas da empresa, que favorece a manipulação das informações inseridas no SGI.

O segundo teste de hipótese tratou das diferenças de valores encontrados entre os tipos de desperdícios analisados. As taxas de desperdícios foram obtidas através da cronometragem e comparadas com os testes de *Kruskal Wallis* e *Mann-Whitney*, que comparam medianas. Ao se analisar as médias, as maiores ficaram com a porosidade (20,6% da jornada de trabalho era gasta com atividades de porosidade), seguida do processamento desnecessário (18,8%), movimentação (9,8%), defeitos (que foram medidos através de retrabalhos, com 6,8%), espera (1,8%), e transporte (0,5%). O meio de coleta de dados utilizado não permitiu a análise dos desperdícios de estoque e superprodução. A análise dos resultados comparou o encontrado com os desperdícios mais citados na literatura. Exceto a porosidade, o desperdício com maior média (processamento desnecessário) é o que recebe menos enfoque na literatura *Lean* e um dos que mais é esperado que seja removido com ferramentas *Lean*. O resultado também mostrou como o desperdício de porosidade encontrado foi alto: corresponde, em média a 1h47min por trabalhador por dia na linha analisada. A partir desse valor, pode-se afirmar que os desperdícios causados pela porosidade, mesmo não sendo comumente abordados no contexto de *Lean Manufacturing*, é altamente danoso à empresa.

O terceiro teste de hipótese tratou sobre a variação da taxa de agregação de valor durante a jornada de trabalho. Para tanto, através da técnica de amostragem, foi elencado quantos operadores eram vistos desempenhando atividades de AV, NAN e desperdício a cada 10 minutos durante a jornada de trabalho e, com base na quantidade percentual de operadores realizando atividades AV, foi obtido a variação da taxa de AV durante a jornada. A jornada de trabalho foi particionada em grupos de trabalhos. Cada grupo de trabalho teve sua mediana comparada pelo teste de *Mann-Whitney*. Observou-se que a parte da manhã tem maior mediana que a parte da tarde, e o período compreendido entre 10h e 11hB0 apresentou a maior mediana durante todo o dia. Os piores períodos para a agregação de valor ocorreram no início e fim de cada período. O final da tarde também apresentou menor valor. Os resultados foram comparados com a equação proposta por Spencer (1987) de desempenho no trabalho de acordo com o período do dia (“*time of day*”) e o tempo acordado (“*time since sleep*”). Os dois resultados foram semelhantes, mas Spencer (1987) não considerou o período de almoço e seus valores foram maiores na parte da tarde. Os resultados também foram comparados com o gráfico teórico

de Grandjean e Kroemer (1997) que apresenta a variação da prontidão para o trabalho durante a jornada de trabalho de acordo com a diferença na alimentação. Os resultados foram semelhantes, mas Grandjean e Kroemer (1997) consideravam altos valores de prontidão para o trabalho no primeiro horário da manhã, o que não foi observado neste estudo de caso. Acredita-se que, mesmo estando com uma boa prontidão para o trabalho, o desperdício de porosidade apresenta-se maior na parte da manhã, principalmente com ‘a conversa do bom dia’, o que faz com que as taxas de agregação não sejam tão altas nesse período. A análise da variação da taxa de agregação de valor durante o dia terminou através de uma regressão pelo método *Partial Least Squares* com uma equação que apresenta o valor da taxa de agregação de valor de acordo com o período do dia, levando-se em consideração o período do almoço.

O quarto teste de hipótese tratou da relação entre a porosidade e informações sobre o perfil do operador, obtidas através de entrevista. O objetivo deste teste foi de enriquecer a literatura de CWB que tem estudado fatores que podem levar trabalhadores a ter tais comportamentos. A entrevista coletou dados referentes à idade, nível de experiência do operador na empresa, situação afetiva (casado ou solteiro), paternidade (se tem crianças ou não) e estado de origem (fora do estado da empresa ou no mesmo estado). Os resultados da entrevista feita com cada operador observado foram combinados com os valores de porosidade que cada um desenvolveu (porosidade coletada através da cronometragem). Os dados compilados foram codificados e realizou-se uma regressão pelo método *Partial Least Squares* para se obter uma equação cuja resposta fosse a porosidade, a partir dos resultados possíveis da entrevista. A partir da equação, foi realizada uma simulação de Monte Carlo e uma análise de sensibilidade. A análise de sensibilidade revelou quais preditores livres (que são os fatores perguntados na entrevista), considerando a interação entre os preditores, mais influenciaram para uma maior e menor porosidade. O resultado apontou que, respectivamente, operadores casados e operadores com filhos apresentam menos porosidade. Os resultados, entretanto, não podem ser generalizados, mas abrem margem para debates. Fora dos objetivos propostos para esta pesquisa, mas como sugestão para futuros trabalhos, esta dissertação não responde o motivo pelo qual solteiros sem filhos apresentaram maior porosidade. Seria a diferença entre responsabilidade formal em casa (que estaria associada com filhos e casamento) o grande fator que abaixaria a porosidade? Seria uma questão de motivação no trabalho causada pelo casamento e pelos filhos o grande fator que afetaria a porosidade? São necessários mais estudos para se afirmar algo.

Esta dissertação também contou com dois objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico diz respeito a oferecer um passo a passo utilizado para a coleta e análise de dados para que possam ser realizadas réplicas dessa pesquisa. O objeto de estudo possui características que podem ter contribuído consideravelmente para os resultados obtidos, tais como uma linha de montagem com mão de obra altamente especializada, alto grau de customização do produto, alto grau de empoderamento dos operadores e complexidade das operações. Acredita-se que os resultados dos desperdícios e as conclusões acerca da análise das hipóteses foram influenciados por se tratar de uma indústria aeronáutica. Réplicas poderão dizer se os resultados encontrados nesta dissertação podem ser generalizados para a indústria aeronáutica ou, até mesmo, para outros tipos de indústrias. O passo a passo utilizado foi criado e apresentado a partir das etapas para se conduzir um estudo de caso, proposto por Miguel *et al.* (2012).

O segundo objetivo específico diz respeito a debater a porosidade, definida a partir de CWBs, como desperdício dentro do contexto da manufatura enxuta. Embora o *Lean* se preocupe com desperdícios e busque eliminá-los e CWBs são fontes de desperdícios, como foi mostrado neste trabalho, poucos são os artigos que tratam da interseção entre CWBs e *Lean Manufacturing*. Vale ressaltar que a porosidade não pode ser considerada como um dos sete clássicos desperdícios *Lean*. Os valores encontrados para a porosidade equivaleram a 20% do tempo disponível do operador, sendo a porosidade apresentando a maior média entre todos os desperdícios medidos. Embora esta dissertação tenha tratado de um estudo de caso e os valores encontrados não possam ser generalizados, acredita-se que outras empresas também tenham um valor considerável de porosidade, que pode estar oculta e de difícil visualização. Pode-se concluir que a porosidade deve ser levada em consideração como desperdício quando analisada no contexto de desperdícios de *Lean Manufacturing*, em especial quando se analisa na perspectiva de desperdícios causados/sofridos por operadores (em detrimento de desperdícios sofridos pelo processo ou por materiais).

Finalmente, os resultados desta pesquisa foram apresentados para o CEO do grupo e uma comitativa diretora internacional e o resultado que mais impressionou a todos diz respeito ao primeiro teste de hipótese: ações de contramedidas ficam prejudicadas se os valores considerados nas análises e medições não são confiáveis. Este trabalho termina propondo e incentivando que réplicas sejam feitas para futuras comparações de resultados e análises.

REFERÊNCIAS

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. Editora Edgard Blucher, 1977.

BASTIEN, P.; VINZI, V. E.; TENENHAUS, M. PLS generalised linear regression. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 48, n. 1, p. 17–46, 2005.

BENNETT, R. J.; ROBINSON, S. L. Development of a measure of workplace deviance. **Journal of Applied Psychology**, v. 85, n. 3, p. 349–360, 2000.

BHAMU, J.; SANGWAN, K. S.; SINGH SANGWAN, K. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 34, n. 7, p. 876–940, 2014.

BOLLINGER, T. *et al.* Circadian clocks in mouse and human CD4+ T cells. **PLoS ONE**, v. 6, n. 12, p. 1–11, 2011.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. NY: Routledge, 1989. v. 20

FOX, S.; SPECTOR, P. E. A model of work frustration-aggression. **Journal of Organizational Behavior**, v. 20, n. August 1997, p. 915–931, 1999.

FOX, S. *et al.* The deviant citizen: Measuring potential positive relations between counterproductive work behaviour and organizational citizenship behaviour. **Journal of Occupational and Organizational Psychology**, v. 85, n. 1, p. 199–220, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. [s.l.] Atlas, 2008.

GRANDJEAN, E.; KROEMER, K. H. E. **Fitting the task to the human: a textbook of occupational ergonomics**. 5. ed. Boca Raton, FL: CRC press, 1997.

HINES, P. *et al.* Value Stream Management. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 1, p. 25–42, 1998.

HOLLINGER, R. C. Acts against the workplace: social bonding and employee deviance. **Deviant Behaviour**, p. 53–75, 1986.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 34, n. 8, p. 1080–1122, 2014.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. An empirical study for implementation of lean principles in Indian manufacturing industry. **Benchmarking: An International Journal**, v. 23, n. 1, p. 183–207, 2016.

KLOTZ, A. C.; BUCKLEY, M. R. A historical perspective of counterproductive work behavior targeting the organization. **Journal of Management History**, v. 19, n. 1, p. 114–132, 2013.

KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. **MIT Sloan Management Review**, v. 30, n. 1, p. 41, 1988.

MARTINEZ-NICOLAS, A.; MADRID, J. A.; ROL, M. A. Day-night contrast as source of health for the human circadian system. **Chronobiology international**, v. 31, n. 3, p. 382–93, 2014.

MCLEAN, R.; ANTONY, J. Why continuous improvement initiatives fail in manufacturing environments? A systematic review of the evidence. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 63, n. 3, p. 370–376, 2014.

MIGUEL, P. A. C. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied statistics and probability for engineers**. 6. ed. NY: Wiley, 2013.

OHNO, T. **Toyota Production System on Compact Disc: Beyond Large-Scale Production**. [s.l.] Productivity Press, 2001.

ROBINSON, S. L.; BENNETT, R. J. a Typology of Deviant Workplace Behaviors: a Multidimensional Scaling Study. **Academy of Management Journal**, v. 38, n. 2, p. 555–572, 1995.

RUBINSTEIN, R. Y.; KROESE, D. P. **Simulation and the Monte Carlo Method**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2016.

SAMUEL, D.; FOUND, P.; WILLIAMS, S. J. How did the publication of the book *The Machine That Changed The World* change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 35, 2015

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 785–805, 2007.

SHINGO, S.; DILLON, A. P. **A study of the Toyota Production system**. [s.l.] Productivity Press, 1989.

SKARLICKI, D. P.; FOLGER, R. Book reviews. **Journal of Applied Psychology**, v. 82, n. 3, p. 434–443, 1997.

SPECTOR, P. E. Relationships of organizational frustration with reported behavioral reactions of employees. **Journal of Applied Psychology**, v. 60, p. 227–234, 1975.

SPECTOR, P. E.; FOX, S. Counterproductive work behavior and organisational citizenship behavior: Are they opposite forms of active behavior? **Applied Psychology**, v. 59, n. 1, p. 21–39, 2010.

SPENCER, M. B. The Influence of Irregularity of Rest and Activity on Performance: A Model Based on Time since Sleep and Time of Day. **Ergonomics**, v. 30, n. 9, p. 1275–1286, 1987.

TAYLOR, F. W. **The Principles of Scientific Management**. [s.l.] CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.

TENENHAUS, M. et al. PLS path modeling. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 48, n. 1, p. 159–205, 2005.

TYAGI, S. *et al.* Int . J . Production Economics Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. **Intern. Journal of Production Economics**, v. 160, p. 202–212, 2015.

VAN DEN BROECK, A. et al. The mediating role of psychological needs in the relation between qualitative job insecurity and counterproductive work behavior. **Career Development International**, v. 19, n. 5, p. 526–547, 2014.

VAN DUN, D. H.; HICKS, J. N.; WILDEROM, C. P. M. Values and behaviors of effective lean managers: Mixed-methods exploratory research. **European Management Journal**, 2016.

VOSS, C.;TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002.

WHELPLEY, Christopher E.; MCDANIEL, Michael A. Self-esteem and counterproductive work behaviors: a systematic review. **Journal of Managerial Psychology**, v. 31, n. 4, p. 850–863, 2016.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated.** II ed. New York: Productivity Press, 2003.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods.** 5. ed. [s.l.] SAGE Publications, Inc, 2013.

ANEXO A – Análise das referências utilizadas

Citação	Tipo	Idioma utilizado	Ano	Journal	Fator de impacto	Citado por
Bastien, Vinzi e Tenenhaus (2004)	Artigo	Inglês	2005	Computational Statistics and Data Analysis	1.69	
Bennet e Robinson (2000)	Artigo	Inglês	2000	Journal of Applied Psychology	2.83	
Bhamu, Sangwan e Sangwan (2014)	Artigo	Inglês	2014	International Journal of Operations and Production Management	3.93	
Bollinger <i>et al</i> (2011)	Artigo	Inglês	2011	Plos ONE	3.54	
Fox e Spector (1999)	Artigo	Inglês	1999	Journal of Organization Behavior	4.63	
Fox <i>et al.</i> (2012)	Artigo	Inglês	2012	Journal of Occupational and organizational Psychology	3.21	
Hines <i>et al.</i> (1998)	Artigo	Inglês	1998	International Journal of Logistics Management	1.75	
Hollinger (1986)	Artigo	Inglês	1986	Deviant Behaviour	1.18	
Jasti e Kodali (2014)	Artigo	Inglês	2014	International Journal of Operations and Production Management	3.93	
Jasti e Kodali (2016)	Artigo	Inglês	2016	Benchmarking: an International Journal	1.50	
Klotz e Buckley (2013)	Artigo	Inglês	2013	Journal of Management History	0.50	
Martinez-Nicolas, Madrid e Rol (2014)	Artigo	Inglês	2014	Chronobiology international	2.01	
McLean e Antony (2014)	Artigo	Inglês	2014	International Journal of Productivity and Performance Management	2.24	
Robinson e Bennet (1995)	Artigo	Inglês	1995	Academy of Management Journal	6.97	
Samuel, Found e Williams (2015)	Artigo	Inglês	2015	International Journal of Operations and Production Management	3.93	
Shah e Ward (2007)	Artigo	Inglês	2007	International Journal of Operations and Production Management	3.93	
Skarlicki e Folger (1997)	Artigo	Inglês	1997	Journal of Applied Psychology	2.83	
Spector (1975)	Artigo	Inglês	1975	Journal of Applied Psychology	2.83	
Spencer (1987)	Artigo	Inglês	1987	Ergonomics	1.85	
Spencer e Fox (2010)	Artigo	Inglês	2010	Applied Psychology	2.68	
Tenenhaus <i>et al</i> (2004)	Artigo	Inglês	2005	Computational Statistics and Data Analysis	1.69	

Tyagi, S. et al (2015)	Artigo	Inglês	2015	International Journal of Production Economics	4.34	
Van den Broeck <i>et al.</i> (2014)	Artigo	Inglês	2014	Career Development International	1.93	
Van Dun, Hicks e Wilderom (2015)	Artigo	Inglês	2016	European Management Journal	3.45	
Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002)	Artigo	Inglês	2002	International Journal of Operations and Production Management	3.93	
Barnes (1977)	Livro	Português	1977			462
Bryman (1989)	Livro	Inglês	1989			2.322
Gil (2008)	Livro	Português	2008			21.269
Grandjean e Kroemer (1997)	Livro	Inglês	1997			614
Miguel <i>et al.</i> (2012)	Livro	Português	2012			443
Montgomery e Runger (2013)	Livro	Inglês	2013			4.639
Ohno (2001)	Livro	Inglês	2001			5.293
Rubinstein e Kroese (2016)	Livro	Inglês	2016			5.810
Shingo e Dillon (1989)	Livro	Inglês	1989			1.653
Taylor (2006)	Livro	Inglês	2013			13.492
Womack e Jones (2003)	Livro	Inglês	2003			7.954
Yin (2013)	Livro	Inglês	2013			121.454