

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Ensino de ferramentas estatísticas que aproximam a sociedade do controle estatístico de qualidade

Francisco Constantino Simão Júnior

Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT)

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Francisco Constantino Simão Júnior

Ensino de ferramentas estatísticas que aproximam a sociedade do controle estatístico de qualidade

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional. *VERSÃO REVISADA*

Área de Concentração: Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Cobre

USP – São Carlos
Novembro de 2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

S588e Simão Júnior, Francisco Constantino
Ensino de ferramentas estatísticas que aproximam
a sociedade do controle estatístico de qualidade /
Francisco Constantino Simão Júnior; orientadora
Juliana Cobre. -- São Carlos, 2021.
187 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Mestrado Profissional em Matemática em Rede
Nacional) -- Instituto de Ciências Matemáticas e de
Computação, Universidade de São Paulo, 2021.

1. Controle Estatístico de Qualidade. 2. Ensino
de Ferramentas Estatísticas. 3. Fatores 6M de
Manufatura. I. Cobre, Juliana, orient. II. Título.

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação de acordo com a AACR2:
Gláucia Maria Saia Cristianini - CRB - 8/4938
Juliana de Souza Moraes - CRB - 8/6176

Francisco Constantino Simão Júnior

Teaching of statistical tools that bring society closer to
statistical quality control

Master dissertation submitted to the Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Mathematics Professional Master's Program. *FINAL VERSION*

Concentration Area: Professional Master Degree Program in Mathematics in National Network

Advisor: Profa. Dra. Juliana Cobre

USP – São Carlos
November 2021

À minha querida família, minha esposa Silvana que está sempre ao meu lado, aos meus filhos Bruno e Stéphanou e a minha nora Carla, e a todos os meus familiares, pelo amor, paciência e presença, e por todo o incentivo, apoio e estímulo que têm me dedicado.

AGRADECIMENTOS

Aos(Às) Professores(as) Drs(as). do ICMC–USP São Carlos: Luiz A. Ladeira, Hermano de S. Ribeiro, Miguel V. S. Frasson, Paulo L. Dattori da Silva, Regilene D. do S. Oliveira, Wagner V. L. Nunes e Ires Dias, por todas as aulas prazerosas e ensinamentos presenteados, fazendo aprimorar significativamente meu conhecimento matemático no curso de pós-graduação do PROFMAT.

À minha orientadora Profa. Dra. Juliana Cobre, pela sua orientação consistida de muita ajuda, disponibilidade e atenção, que me permitiu desenvolver esse projeto de pesquisa e respectiva dissertação de mestrado.

À minha colega do ICMC–USP Marineusa A. Ribeiro, que com sua ajuda e disposição determinada me auxiliou a submeter e conseguir a aprovação desse projeto junto ao comitê de ética através da Plataforma Brasil (<https://plataformabrasil.saude.gov.br>).

A todos também que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para esse trabalho.

E acima de tudo, em memória a meus pais Francisco e Marlene, e a Deus, por abençoarem toda a minha trajetória de vida.

“O processo seguinte é o cliente – K. Ishikawa” (ISHIKAWA, 1997, p. 111).

“Falar, raciocinar e decidir com dados e com base em fatos (tomar decisões em cima de fatos e dados concretos e não com base em ‘experiência’, ‘bom senso’, ‘intuição’ ou ‘coragem’) – V. Falconi Campos” (CAMPOS, 1992, p. 15).

“Deixem-nos falar com dados – K. Ishikawa” (ISHIKAWA, 1997, p. 205).

“Não existe controle sem padronização – J. M. Juran” (CAMPOS, 1992, p. 41).

RESUMO

SIMÃO JÚNIOR, F. C. **Ensino de ferramentas estatísticas que aproximam a sociedade do controle estatístico de qualidade.** 2021. 187 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo, São Carlos–SP, 2021.

O controle estatístico de qualidade é uma metodologia vital para que qualquer empresa assegure com confiança que um produto ou serviço fornecido cumpra com seus requisitos de qualidade, exercendo assim a função de satisfazer as necessidades de seus clientes e consumidores. Porém, ao se referir às micro e pequenas empresas (MPE) do setor de alimentação de Poços de Caldas–MG, a realidade mostra que o ensinamento e/ou conhecimento de tal metodologia e das ferramentas estatísticas associadas não estão presentes para esses negócios. Artigos descrevem que a sociedade, em geral, não tem conhecimento adequado dos métodos e ferramentas estatísticas, devido basicamente a uma necessidade de revisão do currículo de ensino da Estatística para as escolas de ensino básico, médio e superior, tanto no Brasil quanto no exterior, e há muitas lacunas que precisariam ser preenchidas e/ou muitas condições de ensino que precisariam ser melhoradas para que a Estatística se torne uma disciplina que agregue valor ao conhecimento do aluno e também na sua formação de cidadão. Para preencher essa lacuna, atualmente empresas de consultoria especializadas oferecem este serviço, porém suspeitamos que o custo deste serviço costuma ser elevado para muitas MPE. Dois objetivos foram estabelecidos para esse projeto: traçar um perfil que mostre como o controle estatístico de qualidade está inserido nas MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG, utilizando como método a pesquisa do tipo *descritiva com estudo de levantamento* e a adoção do questionário como técnica padronizada de coleta de dados, e em função do resultado do objetivo anterior, desenvolver e apresentar um material de educação e treinamento básico sobre o ensino de forma simples referente à aplicação de ferramentas e metodologias estatísticas elementares para os processos produtivos dessas MPE. O delineamento da pesquisa utilizada consistiu dos seguintes passos: formulação do problema, construção de hipóteses, operacionalização dos conceitos e variáveis, elaboração do instrumento de coleta de dados, pré-teste dos instrumentos, seleção da amostra, coleta e verificação dos dados, análise e interpretação dos dados e apresentação dos resultados. Entre os resultados da pesquisa, pudemos concluir principalmente que os negócios que apresentam os fatores 6M de manufatura (Mão-de-Obra, Matéria-Prima, Máquina, Método, Medição e Meio-Ambiente) padronizados, controlados e melhorados continuamente, num índice superior a 70%, têm menor taxa de reclamação de clientes que os demais, conclusão essa baseada num nível de significância estatística de 5%. Essa condição permite que as MPE citadas mantenham uma melhor qualidade, ajudando a reforçar a hipótese de que os negócios que têm a Estatística (conceitos, ferramentas) inseridas em seus processos conseguem obter uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) em seus produtos. Assim concluímos que, para que qualquer negócio forneça produtos uniformes e seja competitivo no mercado, é necessário o conhecimento e a implementação do controle estatístico de qualidade na gestão dos negócios, e por essa razão tal conhecimento deve ser disponibilizado à sociedade, provendo a curto e médio prazo educação e treinamento básico em metodologias e ferramentas estatísticas simples especificamente direcionado para esses setores, e a longo prazo através da revisão dos currículos escolares e nas condições de ensino na disciplina Estatística.

Palavras-chave: Controle Estatístico de Qualidade. Ensino de Ferramentas Estatísticas. Fatores 6M de Manufatura.

ABSTRACT

SIMÃO JÚNIOR, F. C. **Teaching of statistical tools that bring society closer to statistical quality control.** 2021. 187 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo, São Carlos–SP, 2021.

Statistical quality control is a vital methodology for any company to confidently ensure that a product or service provided complies with its quality requirements, thus fulfilling the function of satisfying the needs of its customers and consumers. However, when referring to micro and small companies in the food sector of Poços de Caldas-MG, the reality shows that the teaching and/or knowledge of such methodology and associated statistical tools are not present for these businesses. Articles describe the society, in general, does not have adequate knowledge of statistical methods and tools, basically due to a need to revise the Statistics teaching curriculum for primary, secondary and higher education schools, both in Brazil and abroad, and there are many gaps that would need to be filled and/or many teaching conditions that would need to be improved in order to Statistics become a discipline that adds value to the student's knowledge and also to his education as a citizen. To fill this gap, specialized consulting companies currently offer this service, but we suspect the cost for it is often high for many micro and small businesses. Two objectives were established for this project: to draw a profile that shows how statistical quality control is inserted in these businesses of food sector in the city of Poços de Caldas-MG, using *descriptive survey study* as a research method and the adoption of questionnaire as a standardized data collection technique, and based on the result of the previous objective develop and present a basic education and training material on teaching in a simple way, referring to the application of elementary statistical tools and methodologies for the productive processes of these businesses. The research design used consisted of the following steps: problem formulation, construction of hypotheses, operationalization of concepts and variables, development of data collection instrument, pre-test of instruments, sample selection, gathering and verification of data, analysis and interpretation of data and presentation of results. Among the survey results, we were able to conclude mainly the businesses that have the 6Ms of production (Manpower, Material, Machine, Method, Measurement and Mother Nature/Milieu) standardized, controlled, and continuously improved, in a superior index at 70%, they have a lower rate of customer complaints than the others, a conclusion based on a 5% of statistical significance level. This condition allows the aforementioned businesses to maintain a better quality, helping to reinforce the hypothesis the businesses that have the Statistics (concepts, tools) included in their processes are able to obtain uniform quality (reduced and controlled variability) in their products. Thus, we conclude that, for any business provides uniform products and be competitive in the market, knowledge and implementation of statistical quality control in the business management is necessary, and for this reason such knowledge must be made available to society, providing education and basic training in simple statistical methodologies and tools specifically targeted to these sectors (for short and medium term), and through reviewing of school curriculum and teaching conditions in the Statistics discipline (for long term).

Keywords: Statistical Quality Control. Teaching of Statistical Tools. 6Ms of Production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagramação da pesquisa.....	31
Figura 2 – Pesquisa de estudo de levantamento do tipo <i>survey</i>	32
Figura 3 – Componentes da qualidade total.	40
Figura 4 – Definição de processo.	43
Figura 5 – Processos interrelacionados.	43
Figura 6 – Representação esquemática dos elementos de um único processo.	44
Figura 7 – Exemplo: diagrama SIPOC – fluxo produtivo para fazer uma feijoada.	45
Figura 8 – Diagrama de causa e efeito.	48
Figura 9 – Exemplo: histograma tempos para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos).....	50
Figura 10 – Exemplo: distribuição dos tempos para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos).....	52
Figura 11 – Tipos de variação.	54
Figura 12 – A variação na saída é causada pela variação nas entradas e nos processos.	55
Figura 13 – Áreas sob a curva de distribuição normal.	58
Figura 14 – Exemplo: zonas de satisfação e insatisfação dos clientes – horas de término de cozimento do feijão preto para a feijoada (minutos).	59
Figura 15 – Características do gráfico de Pareto.....	64
Figura 16 – Características do diagrama de causa e efeito.....	65
Figura 17 – Exemplos métodos de estratificação de dados.....	67
Figura 18 – Características do diagrama de dispersão (variável <i>Y</i> versus variável <i>X</i>).	72
Figura 19 – Padrões nos gráficos de dispersão.....	72
Figura 20 – Padrões nos gráficos de dispersão versus coeficiente de correlação <i>r</i> de Pearson.	74
Figura 21 – Correlação versus causalção.	75
Figura 22 – Escolhendo um gráfico de controle.....	76
Figura 23 – Exemplo carta de controle (dados que seguem uma distribuição normal).....	77
Figura 24 – Processo sob controle/estável e processo fora de controle.	78
Figura 25 – Taxa de erros (DPMO) versus nível processo sigma.....	81
Figura 26 – Conceito processo seis sigma.....	82
Figura 27 – Escolhendo o método (1 ou 2) para calcular o processo sigma.	85
Figura 28 – Proporção das MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas–MG.	95
Figura 29 – Tabela para determinar a amplitude de uma amostra tirada de uma população finita com margens de erro de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% e 10% na hipótese de $p = 0,5\%$ (coeficiente de confiança de 95,5%).....	96
Figura 30 – Amostragem coletada por negócio (planejado versus real).	97
Figura 31 – Gráficos de setor das respostas às perguntas 1 a 5 do questionário.	99
Figura 32 – Gráfico de barras das respostas às perguntas 7 a 21 do questionário.....	101

Figura 33 – Associação entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua das 6M <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).....	103
Figura 34 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua das 6M <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).....	106
Figura 35 – Associação entre as variáveis n_{MPE} e n_{RC} (MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).....	107
Figura 36 – Associação entre as variáveis n_{TM} e n_{RC} (tempo de atuação do negócio no mercado <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).	107
Figura 37 – Associação entre as variáveis n_{IR} e n_{RC} (idade do responsável do negócio <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).....	108
Figura 38 – Associação entre as variáveis n_{ER} e n_{RC} (escolaridade do responsável do negócio <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).	108
Figura 39 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{MPE} e n_{RC} (MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).....	110
Figura 40 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{TM} e n_{RC} (tempo de atuação do negócio no mercado <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).	111
Figura 41 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{IR} e n_{RC} (idade do responsável do negócio <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).....	111
Figura 42 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{ER} e n_{RC} (escolaridade do responsável do negócio <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).....	112
Figura 43 – Gráfico box plot entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) <i>versus</i> grupos da variável n_{MPE} (MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas).	112
Figura 44 – Gráfico box plot entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) <i>versus</i> grupos da variável n_{TM} (tempo de atuação do negócio no mercado).....	113
Figura 45 – Gráfico box plot entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) <i>versus</i> grupos da variável n_{IR} (idade do responsável do negócio).....	113
Figura 46 – Gráfico box plot entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) <i>versus</i> grupos da variável n_{ER} (escolaridade do responsável do negócio).....	114
Figura 47 – Teste de mediana de Mood da variável n_{6M+MC} nos grupos das variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER}	118
Figura 48 – % de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M dos processos produtivos dos negócios.	120
Figura 49 – Alfa de Cronbach – respostas das perguntas 7 a 21.	122
Figura 50 – Respostas à pergunta 22 do questionário.	123
Figura 51 – Exemplo: gráfico de Pareto construído por intermédio do software MS–Excel® (dados da planilha e gráfico).....	128
Figura 52 – Exemplo: diagrama de causa e efeito.....	131
Figura 53 – Exemplo: método dos cinco porquês em conjunto com o diagrama de árvore.	133
Figura 54 – Exemplo: histograma total construído por intermédio do software MS–Excel® (dados da planilha e gráfico).....	137

Figura 55 – Exemplo: histograma total estratificado por padeiro <i>Pad1</i> , <i>Pad2</i> e <i>Pad3</i> , construídos por intermédio do software MS–Excel®.	138
Figura 56 – Exemplo: Diagrama de dispersão construído por intermédio do software MS–Excel® (dados da planilha e gráfico).....	142
Figura 57 – Cálculo do coeficiente de correlação r de Pearson por intermédio do software MS–Excel®.	143
Figura 58 – Exemplo: ferramenta para confeccionar bolinhas de brigadeiro.....	145
Figura 59 – Exemplo: carta I-MR doceira <i>Doc1</i> construído por intermédio do software MS–Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos).....	151
Figura 60 – Exemplo: carta I-MR doceira <i>Doc2</i> construído por intermédio do software MS–Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos).....	152
Figura 61 – Exemplo: carta I-MR doceira <i>Doc3</i> construído por intermédio do software MS–Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos).....	153
Figura 62 – Exemplo: histograma e limites de especificação – peso bolinhas de brigadeiro (g) doceras <i>Doc1</i> e <i>Doc2</i>	157
Figura 63 – Tópicos contidos nos artigos sobre ensino de Estatística (% do total de artigos consultados).	170

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisões da qualidade como adequação ao propósito.	36
Quadro 2 – Objetivo principal das empresas.....	39
Quadro 3 – Tipos de variação.	53
Quadro 4 – Exemplo: folha de verificação para classificação dos tipos de reclamações de clientes do estabelecimento A ocorridas no último mês.....	69
Quadro 5 – Testes para causas especiais em cartas de controle.	79
Quadro 6 – Consistência interna do questionário segundo o valor de alfa.	122
Quadro 7 – Artigos referentes ao ensino de Estatística.	169
Quadro 8 – Tamanho de subgrupos, fórmulas linha central e limites de controle.	177

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo: tempos para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos).	50
Tabela 2 – Exemplo: média e desvio padrão – tempo para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos).	57
Tabela 3 – Tabela processo sigma.....	84
Tabela 4 – Quantidade de amostragem planejada por negócio.	95
Tabela 5 – Contagem dos negócios entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua das 6M <i>versus</i> nível de reclamação dos clientes).	104
Tabela 6 – Contagem dos negócios entre as variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER} <i>versus</i> a variável n_{RC}	109
Tabela 7 – <i>Valores-p</i> do teste de normalidade Shapiro-Wilk nos resíduos da variável n_{6M+MC} nos grupos das variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER}	116
Tabela 8 – Exemplo: dados coletados para o gráfico de Pareto – período de <i>aa/aa/aa</i> a <i>bb/bb/bb</i> – fonte: iFood®.	127
Tabela 9 – Exemplo: amostras de peso de pão francês produzidos entre <i>aa/aa/aa</i> e <i>bb/bb/bb</i> na padaria <i>P</i>	135
Tabela 10 – Exemplo: amostras de peso de pão francês produzidos entre <i>aa/aa/aa</i> e <i>bb/bb/bb</i> na padaria <i>P</i> classificados por classes de frequência de peso.	136
Tabela 11 – Exemplo: Tempo de atraso de entrega do pedido <i>versus</i> nota de satisfação do cliente ocorrido entre <i>xx/xx/xx</i> a <i>yy/yy/yy</i> no estabelecimento <i>C</i>	141
Tabela 12 – Exemplo: peso das bolinhas de brigadeiro produzidas por <i>Doc1</i> , <i>Doc2</i> e <i>Doc3</i> entre <i>aa/aa/aa</i> e <i>bb/bb/bb</i> no estabelecimento <i>D</i>	147
Tabela 13 – Atividades de MPE do setor de alimentação com maior número de MEI em 2019.	168
Tabela 14 – Constantes para as cartas de controle.	178
Tabela 15 – Tabela conversão processo sigma → % rendimento & DPMO.	181
Tabela 16 – Tabela conversão % rendimento & DPMO → processo sigma.	182
Tabela 17 – Distribuição normal – proporção da área total $A = f(Z)$ sob a curva normal, de $-\infty$ a $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$	183

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

6M	<u>M</u> ão-de-Obra, <u>M</u> atéria-Prima, <u>M</u> áquina, <u>M</u> étodo, <u>M</u> edição e <u>M</u> eiro-Ambiente
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i> (Análise de Variância)
C	<i>C</i> ounting of Defects (Contagem de Defeitos)
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
DPO	Defeitos por Oportunidade
DPU	Defeitos por Unidade
EEFE –USP	Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo
FGV	Fundação Getúlio Vargas
I-MR	<i>I</i> ndividual and <i>M</i> oving Range (Individual e Amplitude Móvel)
LIC	Limite Inferior de Controle
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSC	Limite Superior de Controle
LSE	Limite Superior de Especificação
MC	Melhoria Contínua
MEI	Microempreendedor Individual
MPE	Micro e Pequenas Empresas
nP	<i>n</i> umber of <i>D</i> efective <i>U</i> nits (No. de Unidades Defeituosas)
P	<i>P</i> roportion of <i>D</i> efective <i>U</i> nits (Proporção de Unidades Defeituosas)
p.c.	Provável Causa
PIB	Produto Interno Bruto
ppm	Partes Por Milhão
PROFMAT	Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional
QCE	Qualidade, Custo e Entrega
RC	Reclamação dos Clientes
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIPOC	<i>S</i> uppliers, <i>I</i> nputs, <i>P</i> rocess, <i>O</i> utputs, <i>C</i> ustomers (Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas, Clientes)
U	Counting of Defects per <u>U</u> nit (Contagem de Defeitos por Unidade)
USP	Universidade de São Paulo
$\bar{X} - R$	<i>A</i> verage and <i>R</i> ange (Média e Amplitude)
$\tilde{X} - R$	<i>M</i> edian and <i>R</i> ange (Mediana e Amplitude)

$\bar{X} - S$

Average and Standard Deviation (Média e Desvio Padrão)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	27
1.1.	Objetivo geral.....	29
1.2.	Objetivos específicos.....	29
1.3.	Justificativa e benefícios.....	30
1.4.	Metodologia.....	31
1.5.	Estrutura das seções da dissertação.....	33
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	35
2.1.	Definição para <i>qualidade</i>	35
2.2.	<i>A qualidade e os clientes e o conceito de qualidade total</i>	37
2.3.	Conceito de <i>processo</i>	41
2.4.	<i>As 6M e a variabilidade do processo</i>	48
2.5.	<i>As sete ferramentas da qualidade e o processo sigma</i>	60
2.5.1.	<i>Gráfico de Pareto</i>	62
2.5.2.	<i>Diagrama de causa e efeito</i>	63
2.5.3.	<i>Estratificação</i>	66
2.5.4.	<i>Folha de verificação</i>	66
2.5.5.	<i>Histograma</i>	70
2.5.6.	<i>Diagrama scatter ou de dispersão</i>	71
2.5.7.	<i>Gráfico e diagrama de controle</i>	75
2.5.8.	<i>Processo sigma</i>	80
2.6.	<i>Padronização e controle</i>	86
2.7.	Conclusão referencial teórico.....	87
3.	PERFIL DAS MPE DO SETOR DE ALIMENTAÇÃO DE POÇOS DE CALDAS-MG	89
3.1.	Formulação do problema e construção de hipóteses.....	89
3.2.	Operacionalização dos conceitos e variáveis.....	89
3.3.	Elaboração do instrumento de coleta de dados.....	90
3.4.	Pré-teste dos instrumentos.....	92
3.5.	Seleção da amostra.....	94
3.6.	Coleta e verificação dos dados.....	97
3.7.	Análise e interpretação dos dados.....	98
3.8.	Apresentação dos resultados.....	119

4. MATERIAL PARA EDUCAÇÃO E TREINAMENTO BÁSICO – FERRAMENTAS E METODOLOGIAS ESTATÍSTICAS	125
4.1. Gráfico de Pareto	125
4.2. Diagrama de causa e efeito	128
4.3. Estratificação	134
4.4. Folha de verificação	138
4.5. Histograma.....	139
4.6. Diagrama <i>scatter</i> ou de dispersão.....	140
4.7. Gráfico e diagrama de controle.....	143
4.8. Processo sigma	154
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	159
REFERÊNCIAS	163
APÊNDICE A – As micro e pequenas empresas (MPE) no Brasil e a qualidade.....	167
APÊNDICE B – O ensino de Estatística nas escolas	169
APÊNDICE C – Questionário para coleta de dados	175
APÊNDICE D – Tabelas para cartas de controle	177
APÊNDICE E – Tabelas para processo sigma	181
ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP	185

1. INTRODUÇÃO

O controle estatístico de qualidade é uma metodologia vital para que qualquer empresa assegure com confiança que um produto ou serviço fornecido cumpra com seus requisitos de qualidade, exercendo assim a função de satisfazer as necessidades de seus clientes e consumidores.

Segundo Juran (1990), a expressão *controle estatístico de qualidade* tem sido usada durante as décadas de 1950 e 1960 para descrever o conceito de utilização de ferramentas estatísticas para auxiliar no controle da qualidade de processos operacionais, onde Shewhart e Deming (1939) descrevem que métodos estatísticos de controle foram desenvolvidos pela indústria com o propósito de obter controle econômico da qualidade do produto na produção em massa.

Quando nos referimos às micro e pequenas empresas (MPE) corriqueiras de nossa sociedade, a realidade mostra, porém, que o ensinamento e/ou conhecimento de tal metodologia e das ferramentas estatísticas associadas não estão presentes para esses negócios. Observamos que:

- a) para preencher essa lacuna de conhecimento estatístico, existem atualmente empresas de consultoria especializadas que oferecem este serviço, porém suspeitamos que o custo deste serviço costuma ser elevado para muitas MPE. Logo, isso nos leva a crer que apenas grandes empresas e indústrias seriam beneficiadas com esses conhecimentos, uma vez que as mesmas, em geral, têm recursos financeiros para pagar altos montantes a empresas de consultoria especializadas para que esses ensinem e treinem seus colaboradores a aplicar as metodologias, técnicas e ferramentas estatísticas para melhorarem seus processos e a qualidade de seus produtos e serviços;
- b) por sua vez, conforme item *a*, se há empresas que pagam por esse conhecimento a seus colaboradores para que eles melhorarem os seus processos, isso nos faz suspeitar que os próprios trabalhadores dessas empresas também não conhecem ou não aprenderam de forma adequada, na escola ou na faculdade, a aplicação de métodos e ferramentas estatísticas na resolução de problemas e tomada de decisões. Para suportar essa afirmação, citamos no Apêndice B uma gama de artigos publicados nas últimas três décadas que tratam do tema relacionado ao ensino de Estatística, onde esses indicam que a Estatística é uma disciplina cujo currículo de ensino para as escolas de ensino básico, médio e superior necessita revisão, tanto no Brasil quanto no exterior. Há muitas

lacunas que precisariam ser preenchidas e/ou muitas condições de ensino que precisariam ser *melhoradas* para que a Estatística se torne um disciplina que agregue valor ao conhecimento do aluno e também na sua formação de cidadão.

Em específico às MPE do setor de alimentação, Sebrae (2020) mostra que esse setor tem-se mostrado em destaque entre os 50 maiores negócios promissores com potencial de expansão no mercado interno brasileiro em 2020. No Apêndice A dissertamos sobre a importância das MPE desse setor na economia brasileira e a atenção que deverá ser dada pelos mesmos quanto ao fornecimento de produtos e serviços de qualidade, e no Apêndice B, conforme comentado no item *b*, dissertamos sobre a condição atual do ensino de Estatística nas escolas baseado nas citações de vários artigos consultados sobre esse tema, onde mostramos a necessidade de revisão e melhoria nessa disciplina.

Dessa forma, se as MPE tivessem conhecimentos simples de métodos e ferramentas estatísticas como média, desvio padrão, gráficos, correlação, entre outras, isso poderia contribuir significativamente para ajudar os gestores e a equipe de colaboradores desses negócios a resolverem eventuais problemas de qualidade e/ou processo. Tais ferramentas poderão permitir a esses gestores tomarem decisões baseados em fatos e dados e não por intuições, no que tange a melhora da qualidade de seus produtos, aumento da satisfação de seus clientes e da competitividade de seus negócios.

Portanto, antecedendo e em linha com as afirmações do parágrafo anterior, formulamos a seguir o *problema* que irá sinalizar o foco que será dado à pesquisa dessa dissertação, e construímos a respectiva *hipótese* como resposta plausível e provisória para tal resolver tal problema (mais detalhes podem ser vistos nas Seções 1.4 e 3.1):

- a) Formulação do problema: *supondo que as MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG não mantenham uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) de seus produtos de maior venda (os produtos carro-chefe), que fatores então contribuem para que isso ocorra?*
- b) Construção de hipótese: *os negócios que têm a Estatística (conceitos, ferramentas) inseridas em seus processos conseguem obter uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) em seus produtos.*

1.1. Objetivo geral

O objetivo geral foi dividido em duas partes conforme segue:

- a) traçar um perfil que mostre como o controle estatístico de qualidade está inserido nas micro e pequenas empresas (MPE) do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas-MG, para avaliar nossa afirmação inicial descrita na Seção 1.a.

Devido à impossibilidade de realizar uma pesquisa mais abrangente por questões financeiras e tempo, definimos nessa dissertação em fazer a pesquisa em Poços de Caldas-MG uma vez que o pesquisador vive nessa cidade; e com respeito às pequenas empresas a serem pesquisadas, escolhemos o segmento de alimentação devido ao potencial de expansão desses no mercado local, conforme dissertado no Apêndice A;

- b) em função do resultado do item *a*, desenvolver e apresentar um material de educação e treinamento básico sobre o ensino de forma simples referente à aplicação de ferramentas e metodologias estatísticas nos processos das MPE do setor de alimentação, em função de nossa afirmação inicial descrita na Seção 1.b e conforme dissertado no Apêndice B, de forma a seus gestores poderem melhorar a qualidade de seus produtos (no que diz respeito à redução da variabilidade de elementos críticos de qualidade percebidos pelos clientes), auxiliado por dados e pela Estatística para tomarem suas decisões, visando assim aumentar a satisfação de seus clientes e melhorar a competitividade de seus negócios.

1.2. Objetivos específicos

Para cumprir com o objetivo geral definido na Seção 1.1.a foram definidos os seguintes objetivos específicos, os quais estão em linha com os passos da metodologia aplicada ao projeto (conforme pode ser visto na Seção 1.4) e com uma pesquisa de estudo de levantamento do tipo *survey* segundo Forza (2002):

- a) fazer conexão com o nível teórico:
 - formular o problema e construir as hipóteses;
 - operacionalizar os conceitos e variáveis.
- b) fazer desenho da pesquisa e teste piloto:
 - elaborar instrumento de coleta de dados;

- efetuar pré-teste do instrumento de coleta de dados.
- c) coletar dados para testar a teoria:
 - selecionar a amostra;
 - coletar e verificar os dados.
- d) analisar e interpretar os dados;
- e) apresentar os dados e gerar relatório.

Para cumprir com o objetivo geral definido na Seção 1.1.b foi definido o seguinte objetivo específico:

- f) desenvolver material para educação e treinamento básico, contendo ferramentas e metodologias estatísticas, com exemplos.

1.3. Justificativa e benefícios

Uma proposta para educação e treinamento de ferramentas e metodologias estatísticas simples permitirá servir como recurso para aproximar as MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG ao controle estatístico de qualidade. Dessa forma, não apenas os negócios que fariam uso dessas metodologias seriam beneficiados, mas também a sociedade em geral em que estes estão inseridos. A seguir listamos alguns benefícios:

- a) clientes mais satisfeitos poderão se servir dos produtos desses negócios com a mesma qualidade (com menor variabilidade possível) a qualquer momento (a cada hora, dia ou mês);
- b) a adoção do controle estatístico de qualidade promoverá uma redução dos custos operacionais através da redução dos *custos da não qualidade*¹ devido à redução de desperdícios, como defeitos, retrabalhos, entre outros;
- c) os negócios poderão ser beneficiados com um provável aumento de clientes, o que poderá resultar em mais receita e possibilidades de crescimento e expansão dos negócios, gerando mais empregos;

¹ Segundo Juran e De Feo (2010), os custos da não qualidade são “[...] os custos que desapareceriam da organização se todas as falhas fossem removidas de um produto, serviço ou processo; esse custo é normalmente medido como uma porcentagem das vendas ou custos totais” (JURAN e DE FEO, 2010, p. 1049, tradução nossa).

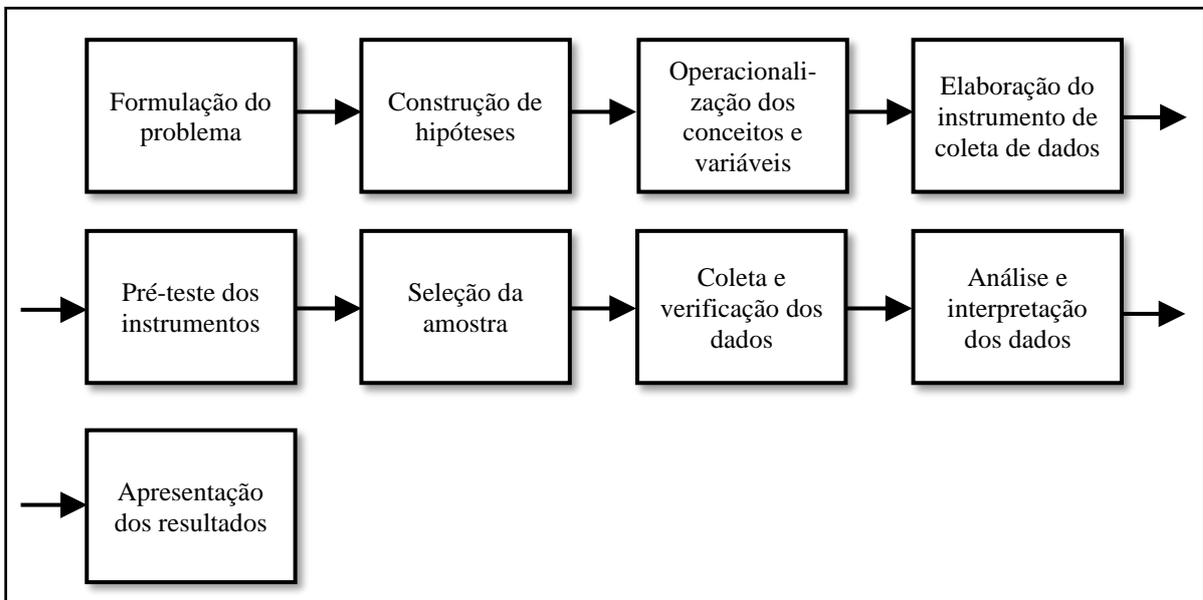
- d) com mais receita e mais empregos, poderá haver mais impostos arrecadados para o município;
- e) mais receita gerará mais lucros para o negócio, tendo assim empreendedores e investidores mais satisfeitos;
- f) com aumento da competitividade poderá resultar em menores preços praticados no mercado, aumentando ainda mais a satisfação dos clientes.

1.4. Metodologia

A metodologia será aplicada para cumprir com o objetivo geral definido na Seção 1.1.a, sendo que necessitaremos coletar dados das MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG. Logo, a respectiva pesquisa para coleta dos dados, análise e redação dos resultados, será do tipo *descritiva com estudo de levantamento* segundo Gil (2002).

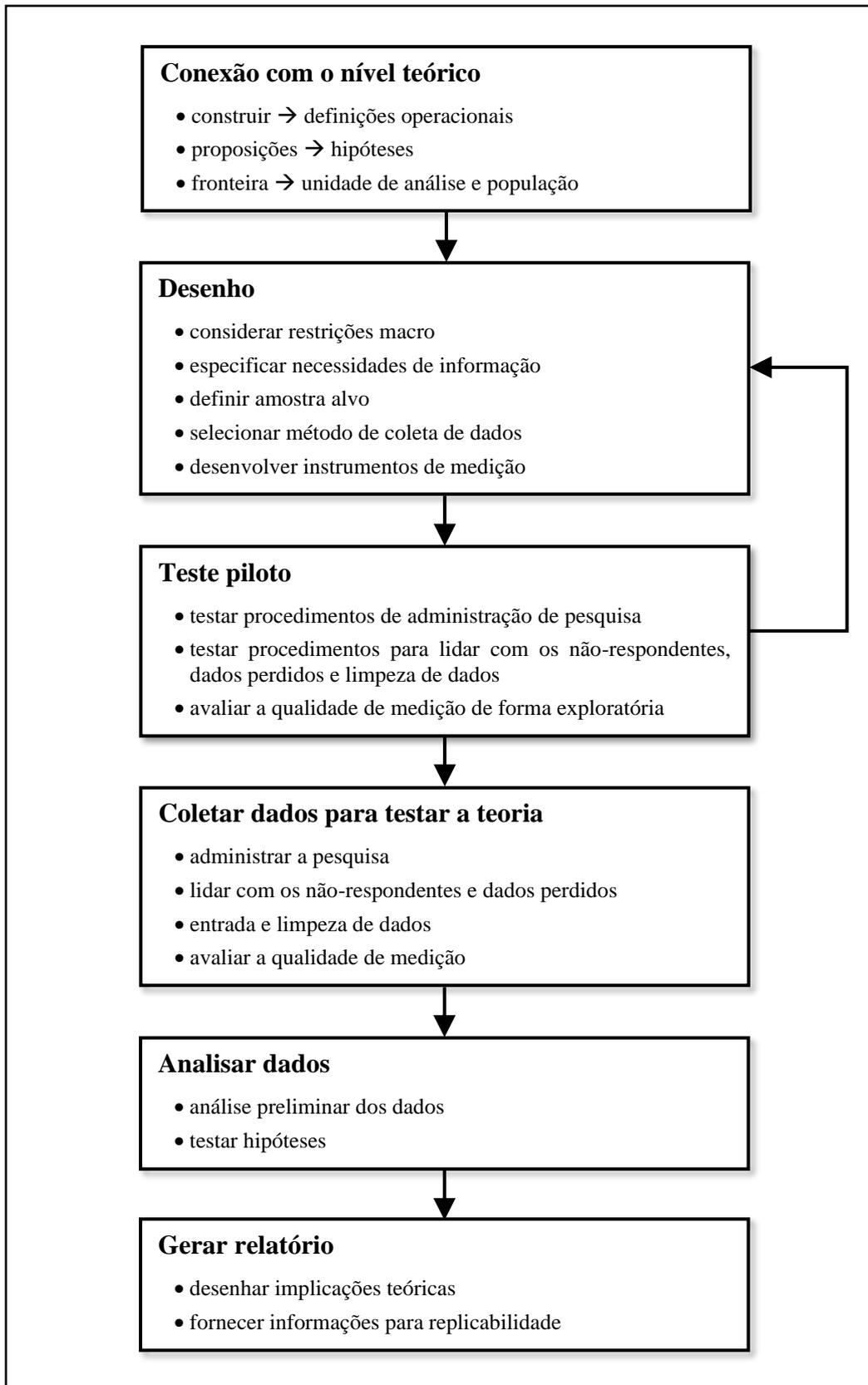
O fluxo dessa pesquisa, baseado em Gil (2002), será composto pelos seguintes passos conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Diagramação da pesquisa.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Gil (2002, p. 21 e p. 111).

A título de informação, incluímos na Figura 2 as etapas de um estudo de levantamento do tipo *survey*, onde pode ser visto a semelhança dessa pesquisa com a mostrada na Figura 1.

Figura 2 – Pesquisa de estudo de levantamento do tipo *survey*.

Fonte: Forza (2002, p. 157, tradução nossa).

1.5. Estrutura das seções da dissertação

As próximas seções da dissertação estão estruturadas em quatro seções principais:

- a) a Seção 2 inclui todo o referencial teórico de suporte a esse projeto;
- b) a Seção 3 mostra a execução dos passos da metodologia para poder traçar o perfil das MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas-MG, de forma a cumprir com o objetivo geral 1.1.a;
- c) a Seção 4 contém o material para educação e treinamento básico – ferramentas e metodologias estatísticas, em função do resultado do perfil dos negócios obtido na Seção 3. A conclusão dessa seção cumprirá com o objetivo geral 1.1.b;
- d) a Seção 5 contempla as considerações finais e conclusões sobre o projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O título dessa dissertação nos remete a dois temas principais: *Qualidade e Estatística*, temas esses que contêm definições, conceitos, metodologias e ferramentas que estão sendo referenciados a todo momento nesse projeto. Essa seção contém informações básicas sobre esses temas.

Segundo Ramos (2019), seis grandes profissionais da qualidade (conhecidos também como *gurus* da qualidade) têm revolucionado a história do mundo por mais de 100 anos. Graças a nomes como Shewhart, Deming, Juran, Ishikawa, Feigenbaum e Crosby, todo o desenvolvimento de qualidade nos produtos e serviços que experimentamos hoje começou a ser consolidado. Eles se esforçaram para melhorar as empresas e criar padrões que pudessem ser replicados e reproduzidos, criando assim um ciclo de melhoria e desenvolvimento que mudou a história da humanidade, reconstruindo países e elevando os níveis de produção em todos os sentidos.

Entre as inúmeras contribuições desses profissionais estão os métodos e ferramentas estatísticas, as quais têm sido um recurso essencial para assegurar o controle da qualidade, auxiliando os gestores a conhecerem seus processos, fazerem previsões e ajudar na tomada de decisões.

Na próxima seção vamos iniciar nossa discussão sobre o tema *qualidade*. A princípio parece ser bem intuitivo e indiscutível a definição de *qualidade*, porém Juran (1990) comenta que não é simples chegar a um acordo sobre o que se entende por essa propriedade, uma vez que o dicionário traz cerca de uma dúzia de definições e, se *qualidade* não for bem definida e compreendida, os gestores não terão a profundidade necessária para escolherem os rumos da ação.

2.1. Definição para *qualidade*

Montgomery (2009) cita que qualidade pode ser definida de várias maneiras, sendo que a maioria das pessoas tem uma compreensão conceitual de qualidade relacionada a uma ou mais características desejáveis que um produto ou serviço deveria possuir:

“A qualidade tornou-se um dos mais importantes fatores de decisão do consumidor na seleção de produtos e serviços concorrentes. O fenômeno é generalizado, independentemente se o consumidor é um indivíduo, uma organização industrial, uma loja de varejo, um banco ou instituição financeira, ou um programa de defesa militar. Consequentemente, compreender e melhorar a qualidade são fatores-chave que

conduzem ao sucesso, ao crescimento e ao aumento da competitividade dos negócios. Há um retorno substancial do investimento devido à melhoria da qualidade e ao emprego bem-sucedido da qualidade como parte integrante da estratégia geral de negócios” (MONTGOMERY, 2009, p.4, tradução nossa).

Juran (1990) fez uma definição que obteve larga aceitação na época: qualidade é *adequação ao uso*, e num exame mais detalhado essa definição foi dividida em duas direções um tanto diferentes: (1) as características de um produto que respondem às necessidades dos clientes, e (2) ausência de deficiências.

Anos mais tarde Juran e De Feo (2010) atualizaram a definição de qualidade para *adequação ao propósito*, ou seja:

“Não importa o que você produza – um bem ou serviço – ele deve ser adequado para seu propósito. Para ser adequado, todo bem e serviço deve ter as características e propriedades certas para satisfazer as necessidades do cliente e deve ser entregue com poucas falhas. Deve ser eficaz para atender aos requisitos do cliente e eficiente para um desempenho comercial superior” (JURAN e DE FEO, 2010, p. 5, tradução nossa).

O Quadro 1 apresenta a definição de *qualidade* mencionada, definição essa de importância crítica para o gerenciamento de qualidade.

Quadro 1 – Divisões da qualidade como adequação ao propósito.

Características que atendem as necessidades dos clientes	Ausência de deficiências
<p>Qualidade mais alta permite que as organizações:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) aumentem a satisfação do cliente; b) tornem os produtos vendáveis; c) atendam a competição; d) aumentem a participação no mercado; e) forneçam faturamento de vendas; f) consigam preços vantajosos; g) reduzam o risco. <p>O principal efeito reside nas vendas. Geralmente, mais qualidade custa mais.</p>	<p>Qualidade mais alta permite que as organizações:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) reduzam frequência de erros; b) reduzam retrabalho, desperdício; c) reduzam falhas de campo, despesas com garantia; d) reduzam insatisfação do cliente; e) reduzam inspeção, testes; f) diminuam o tempo necessário para colocar novos produtos no mercado; g) aumentem o rendimento, capacidade; h) melhorem o desempenho de entrega. <p>O principal efeito reside nos custos. Geralmente, mais qualidade custa menos.</p>

Fonte: Juran e De Feo (2010, p. 6, tradução nossa).

Mais definições foram apresentadas por outros profissionais da qualidade segundo Juran e De Feo (2010):

“[...] Dr. Deming² usou [definiu qualidade como] *conformidade com os requisitos*. Robert Galvin, Presidente Emérito da Motorola, usou *Seis Sigma*³ para distinguir o alto nível de qualidade em relação aos defeitos. Outros afirmaram que qualidade significa *excelência de classe mundial* ou *melhor da categoria*, e agora *excelência operacional*” (JURAN e DE FEO, 2010, p. 5, tradução nossa, itálico nosso).

Dr. Vicente Falconi define *qualidade* como *preferência do consumidor*. Segundo Campos (1992):

“O verdadeiro critério da boa qualidade é a *preferência do consumidor*. É isto que garantirá a sobrevivência de sua empresa: a preferência do consumidor pelo seu produto em relação ao seu concorrente, hoje e no futuro” (CAMPOS, 1992, p. 2, itálico do autor).

Avaliando os diferentes conceitos mostrados sobre *qualidade*, podemos notar que todos eles nos remetem a um fator comum que é o *cliente* ou o *consumidor*, cuja discussão segue na próxima seção.

2.2. A qualidade e os clientes e o conceito de qualidade total

Quando o tema é *qualidade*, o protagonista ou personagem mais importante dessa narrativa certamente é o *cliente*. Campos (1992) conota que *o cliente é o rei* devido ao seu imenso grau de importância nesse contexto:

“O ser humano se organiza em empresas, escolas, hospitais, clubes, prefeituras, etc., para tornar sua vida mais amena e confortável; para garantir a sua sobrevivência. Estas organizações têm, pois, uma única grande missão final: satisfazer as necessidades do ser humano.

Estas organizações (ou sistemas) produzem produtos/serviços (*OUTPUT*) para atenderem às necessidades dos clientes (*‘o cliente é o rei’*). Estes produtos/serviços devem ser especificados, projetados e produzidos de tal forma a terem VALOR, ou

² “Nascido em 14 de outubro de 1900, o Dr. W. Edwards Deming foi um eminente acadêmico e professor na Academia Americana por mais de meio século. Ele publicou centenas de trabalhos originais, artigos e livros cobrindo uma ampla gama de assuntos inter-relacionados – de variância estatística a sistemas e pensamento sistêmico e a psicologia humana. Ele foi consultor de líderes empresariais, grandes corporações e governos em todo o mundo. Seus esforços levaram à transformação da gestão que impactou profundamente as organizações de manufatura e serviços ao redor do mundo” (INSTITUTE, 2021, tradução nossa).

³ “*Seis Sigma* é um método multifuncional utilizado em toda a organização para melhorar a eficácia do processo e a satisfação do cliente. Desde o seu início na *Motorola Company* no início dos anos 1980 até o lançamento deste manual (2010), tem sido a escolha da maioria das organizações quando essas precisam melhorar seu desempenho” (JURAN e DE FEO, 2010, p. 355, tradução nossa, itálico nosso).

seja, serem necessários, desejados e ambicionados pelos clientes” (CAMPOS, 1992, p. 2, grifo nosso).

É muito importante para os empresários entenderem a importância do cliente para as empresas. Dessa forma, Campos (1992) apresenta duas definições importantes:

“Uma empresa honesta só pode sobreviver dentro de uma sociedade se for para contribuir para a satisfação das pessoas. Este é o seu objetivo principal. Se este fato é tomado como premissa, a primeira preocupação da administração da empresa deve ser a satisfação das necessidades das pessoas afetadas pela sua existência. Sob este aspecto, a primeira prioridade da empresa são os consumidores” (CAMPOS, 1992, p. 11, itálico do autor, grifo nosso).

“A razão de ser de uma empresa são os seus clientes. Portanto, toda sua administração deve ser voltada para a qualidade, que é a busca contínua da satisfação das necessidades dos clientes” (CAMPOS, 1992, p. 97, grifo nosso).

Dessa forma, é puramente lógico definirmos *qualidade e objetivos de uma empresa* como uma coisa só, ou seja, a busca incansável da *satisfação dos clientes*. Assim, baseado nessa afirmação, Juran e De Feo (2010) provêm as seguintes definições:

[...] Satisfação do cliente: a satisfação do cliente é o estado positivo dos clientes quando suas necessidades são atendidas pelo bem ou serviço que compram ou usam. A satisfação é impulsionada principalmente pelas características do bem ou serviço produzido.

[...] Insatisfação do cliente: este é o estado negativo de um cliente quando um bem ou serviço apresenta uma falha que resulta em uma necessidade não atendida e, conseqüentemente, em aborrecimento do cliente, reclamação, reivindicação ou devolução da mercadoria” (JURAN e DE FEO, 2010, p. 75, tradução nossa, grifo nosso).

Ao falar em *qualidade e objetivos de uma empresa*, Campos (1992) cita que a garantia da *competitividade* é o que realmente garante a *sobrevivência* das empresas: a garantia da *sobrevivência* decorre da *competitividade*, que por sua vez decorre da *produtividade* e esta da *qualidade*. Campos (1992) complementa que garantir a sobrevivência de uma empresa é cultivar uma equipe de pessoas que saiba montar e operar um sistema, e que seja capaz de projetar um produto que conquiste a preferência do consumidor a um custo inferior ao de seu concorrente.

Dessa forma, Miyauchi⁴ (1992 apud CAMPOS, 1992, p. 9) sugere que entre os objetivos de uma empresa também devem estar incluídos: *como fabricar produtos melhores, mais baratos, mais seguros, com entrega mais rápida, de manutenção mais fácil*, através de

⁴ Miyauchi I. JUSE – **Japanese Union of Scientists and Engineers**. Contatos Pessoais, Belo Horizonte, Abril de 1992.

processos mais fáceis, melhores, com menor dispersão, mais baratos, mais rápidos, mais seguros, entre outros. Esses objetivos citados surgiram a partir do desdobramento do conceito de *qualidade*.

Revedo com mais detalhes a definição apresentada de Campos (1992) sobre os objetivos de uma empresa, o autor cita que a primeira preocupação da administração da empresa deve ser a satisfação das necessidades das *peessoas* afetadas pela sua existência. Logo, o termo *peessoas* descrito na definição engloba não apenas os clientes, mas todos os indivíduos da sociedade em que a empresa atua, conforme pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Objetivo principal das empresas.

Objetivo principal	Pessoas	Meios
Satisfação das necessidades das <i>peessoas</i>	Clientes/Consumidores	Qualidade
	Empregados	Crescimento do Ser Humano
	Acionistas	Produtividade
	Vizinhos	Contribuição Social

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Campos (1992, p. 13).

Dessa forma, segundo Campos (1992), para as empresas atingirem seu objetivo principal, o resultado final desejado de uma empresa é a *Qualidade Total*, onde Campos (1992, p. 14) define: “[...] são todas aquelas dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e por conseguinte a sobrevivência da empresa”. Tais dimensões, além da própria *qualidade*, incluem também *custo*, *entrega*, *moral* e *segurança*, isto é, todos os elementos necessários para que uma empresa possa sobreviver numa sociedade, conforme ilustrado na Figura 3.

Assim, o conceito de *Qualidade Total* provê a mais plena satisfação das pessoas, incluindo o próprio cliente: maior satisfação do cliente, pagando por um preço justo, recebendo o seu produto/serviço na quantidade e prazo negociado, fornecido por pessoas felizes em produzir tal produto/serviço, e provendo segurança para o consumidor, para a sociedade em geral e para o ambiente onde atuam.

Entre as cinco dimensões listadas da *Qualidade Total*, é intuitivo pensar que a tríade *qualidade*, *custo* e *entrega* (*QCE*) são as que na maioria das vezes, quando juntas, auxiliam na

Figura 3 – Componentes da qualidade total.

	DIMENSÕES DA QUALIDADE TOTAL	PESSOAS ATINGIDAS
QUALIDADE TOTAL (Para satisfazer as necessidades das pessoas)	QUALIDADE — <ul style="list-style-type: none"> — PRODUTO/SERVIÇO — ROTINA 	CLIENTE, VIZINHO
	CUSTO — <ul style="list-style-type: none"> — CUSTO — PREÇO 	CLIENTE, AÇIONISTA, EMPREGADO E VIZINHO
	ENTREGA — <ul style="list-style-type: none"> — PRAZO CERTO — LOCAL CERTO — QUANTIDADE CERTA 	CLIENTE
	MORAL — EMPREGADOS	EMPREGADO
	SEGURANÇA — <ul style="list-style-type: none"> — EMPREGADOS — USUÁRIOS 	CLIENTE, EMPREGADO E VIZINHO

Fonte: Campos (1992, p. 12).

pronta ou imediata decisão do cliente para escolher determinado produto ou serviço; as dimensões *moral* e *segurança* deveriam ser inquestionáveis ou indiscutíveis, e todo e qualquer consumidor deveria vetar a compra de produtos ou serviços decorrentes, por exemplo, de trabalhos forçados, trabalhos infantis, que agridam o meio ambiente, ou que colocam em risco a segurança do consumidor e da sociedade em geral.

QCE são os três pilares inter-relacionados que suportam qualquer sistema de gestão, onde esses devem estar em perfeita harmonia e equilíbrio. Os gestores das empresas devem estar a todo momento atentos a esses três indicadores para conseguir cada vez mais atrair e fidelizar clientes e, conseqüentemente, aumentar seus negócios.

O fator preponderante entre esses três fatores vai depender, logicamente, de cada cliente e de cada produto ou serviço a adquirir. Porém quando nos referimos a gastronomia (tema relacionado às micro e pequenas empresas de alimentação – objeto de estudo desse projeto de pesquisa), ou seja, quando um consumidor irá decidir o que comer, onde comer ou qual alimento comprar, a intuição novamente nos faz supor que a característica *qualidade* deveria ser a de maior peso, ficando *custo* e *entrega* para auxiliar na decisão da escolha final. Afirmamos isso baseado na lógica de que a maioria das pessoas não irão comer para matar a fome com algo

ruim, de sabor não agradável, que não tenha bom aroma, com temperatura inadequada ou má apresentação, mesmo tendo custo e prazo de entrega atrativos. Assim pensamos ser válido assumir que, quando se fala de comida, a *qualidade* deveria vir sempre em primeiro lugar.

Porém é comum acontecer, em determinadas ocasiões, da expectativa do cliente ser comprometida quando a ele é servido um prato que não atende às suas necessidades. Para entendermos as causas que levam a isso, discutiremos na próxima seção sobre o conceito de *Processo*.

2.3. Conceito de *processo*

Vamos imaginar uma situação considerando um cliente *C* que gosta muito de um prato tipicamente brasileiro – *feijoada* – e esse cliente aprecia almoçar essa iguaria semanalmente em um determinado fornecedor *F*, pois para ele a feijoada que eles preparam é excepcional. Logo, se *C* sai para comer, ou usa um aplicativo de celular/computador para pedir a feijoada, automaticamente em sua mente vem todo um conjunto de informações alimentado pela memória de seus cinco sentidos que aguça ainda mais esse prazer: o aroma daquela feijoada, com aquele tempero típico balanceado e sal no ponto certo, com carnes de porco muito saborosas, o caldo de feijão preto borbulhando com a viscosidade no ponto certo, na temperatura certa, acompanhado de uma couve bem refogada no azeite com grãos de alho crocantes levemente enegrecidos da fritura, o arroz branco solto com aquele brilho característico de que foi preparado numa panela, servido com farinha de mandioca torrada, ornamentado com alguns gomos de pimenta biquinho pra atizar de leve ainda mais o paladar, e mais inúmeras outras características de qualidade. Para os apreciadores de um prato como esse, uma feijoada com essas condições faz qualquer um ter *água na boca*. Assim, muito mais do que pela simples razão de almoçar para matar a fome, o prazer acaba impulsionando o cliente *C* a comer regularmente a feijoada do fornecedor *F*.

C tem estado muito satisfeito com esse *padrão* de feijoada fornecido por *F*, razão pela qual *F* tem ganhado a fidelidade de *C* por um longo tempo. Esse padrão acabou auxiliando *C* na construção de sua *especificação de características de qualidade* do produto *feijoada*. Todos os elementos listados no exemplo anterior como *aroma, sal no ponto certo, viscosidade do caldo de feijão*, entre outros, são chamados de características de qualidade. Apesar de serem características subjetivas, essas são as *necessidades do cliente C* que fazem com que a sua satisfação aumente a ponto de adquirir o produto *feijoada* fornecido por *F*, tornando assim o

produto *feijoada* vendável, atendendo a competição, e fazendo no final com que o negócio de *F* prospere.

Imaginemos agora que quando *C* vai comer a feijoada de *F* acontece, vez ou outra, de um dia o sal sair *um pouquinho* do ponto, ou num outro dia o alho da couve veio *um pouco mais tostado* do que o habitual, ou o arroz estava *um pouco mais empapado*. Situações assim acontecem no cotidiano, porém se essas *variações* estiverem *dentro da expectativa* ou *dentro da faixa de tolerância de aceitação* da especificação de *C*, a satisfação de *C* não ficará comprometida.

Porém imaginemos se, em determinado dia, o caldo do feijão venha *muito grosso*, ou o sal saiu do ponto, ou a couve não veio refogada ou a farinha de mandioca não foi fornecida. Se essa variação na característica de qualidade da feijoada não for esperada por *C* isso certamente irá lhe gerar uma insatisfação, pois a qualidade da feijoada saiu fora da sua faixa de tolerância aceitável de especificação. E essa insatisfação é muito mais forte, visto que ela prejudicou o seu *prazer* de saborear a feijoada de *F* registrada na sua memória naquele dia. E se *F* negligenciar a reclamação de *C* e não *corrigir os problemas* de tal forma que os mesmos não tenham *recorrência*, poderá perder *C* para o concorrente e talvez muitos outros mais. Não hesitamos em afirmar que a grande maioria dos indivíduos, tanto em nossa como em outras sociedades, já vivenciaram, em algum dia de suas vidas, uma situação similar a essa.

E por que situações como essa ocorrem? Para explicarmos sobre isso iremos antes definir o que é um *processo*, cuja ilustração pode ser visto na Figura 4. Segundo Scherkenbach (1988):

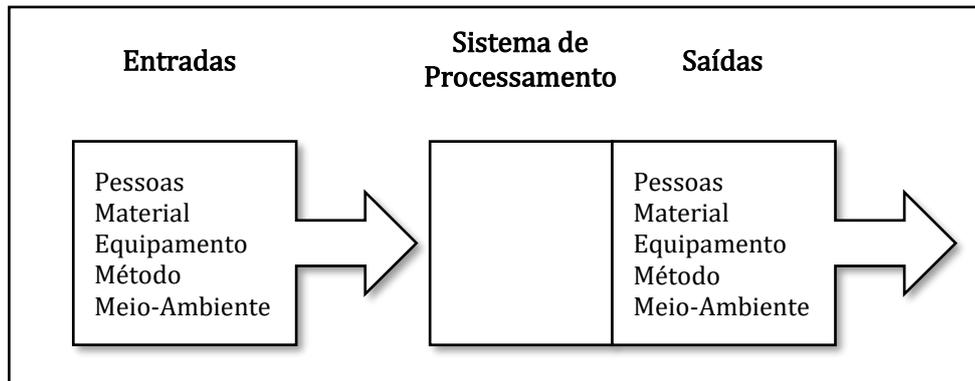
“[...] um processo é uma combinação ou transformação de insumos [ou entradas], como pessoas, materiais, equipamentos, método e meio-ambiente, em resultados [ou saídas]. Algumas dessas entradas fazem a transformação, e algumas delas são transformadas” (SCHERKENBACH, 1988, p. 25, tradução nossa).

Temos também a definição de Juran e De Feo (2010):

“Processo se refere a alguma combinação única de máquinas, ferramentas, métodos, materiais e pessoas envolvidas na produção. Frequentemente, é viável e esclarecedor separar e quantificar o efeito das variáveis que entram nessa combinação” (JURAN e DE FEO, 2010, p. 656, tradução nossa).

Scherkenbach (1988, p. 25, tradução nossa) complementa que, “em uma organização empresarial muitos processos estão inter-relacionados, e o produto ou serviço de um processo é a entrada de outro”, conforme ilustrado na Figura 5. Logo, essa definição nos diz também que

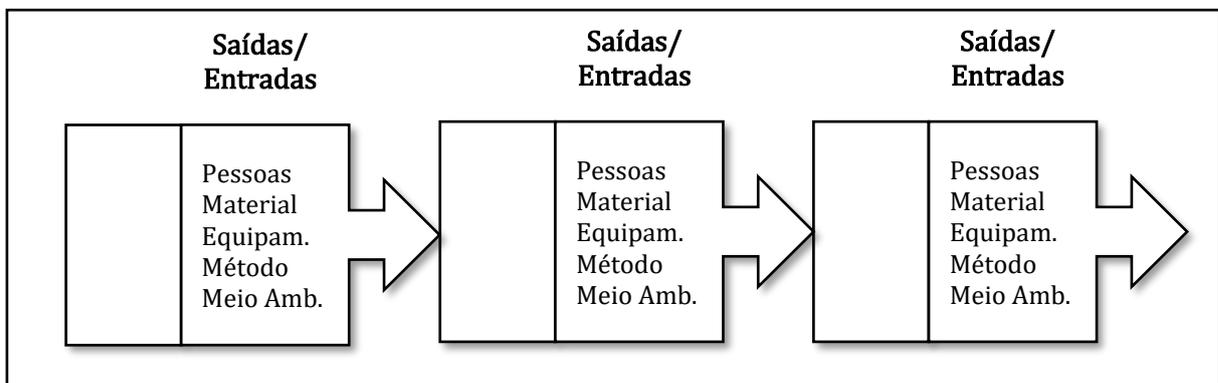
Figura 4 – Definição de processo.



Fonte: Scherkenbach (1988, p. 25, tradução nossa).

cada processo sempre será um fornecedor ou um cliente de outro processo (também conhecido como *clientes internos*⁵), formando assim uma cadeia contínua de *fornecedor* → *cliente* onde, na extremidade final dessa cadeia, se encontra o cliente final que receberá o produto final, resultado da produção de todos esses processos.

Figura 5 – Processos interrelacionados.



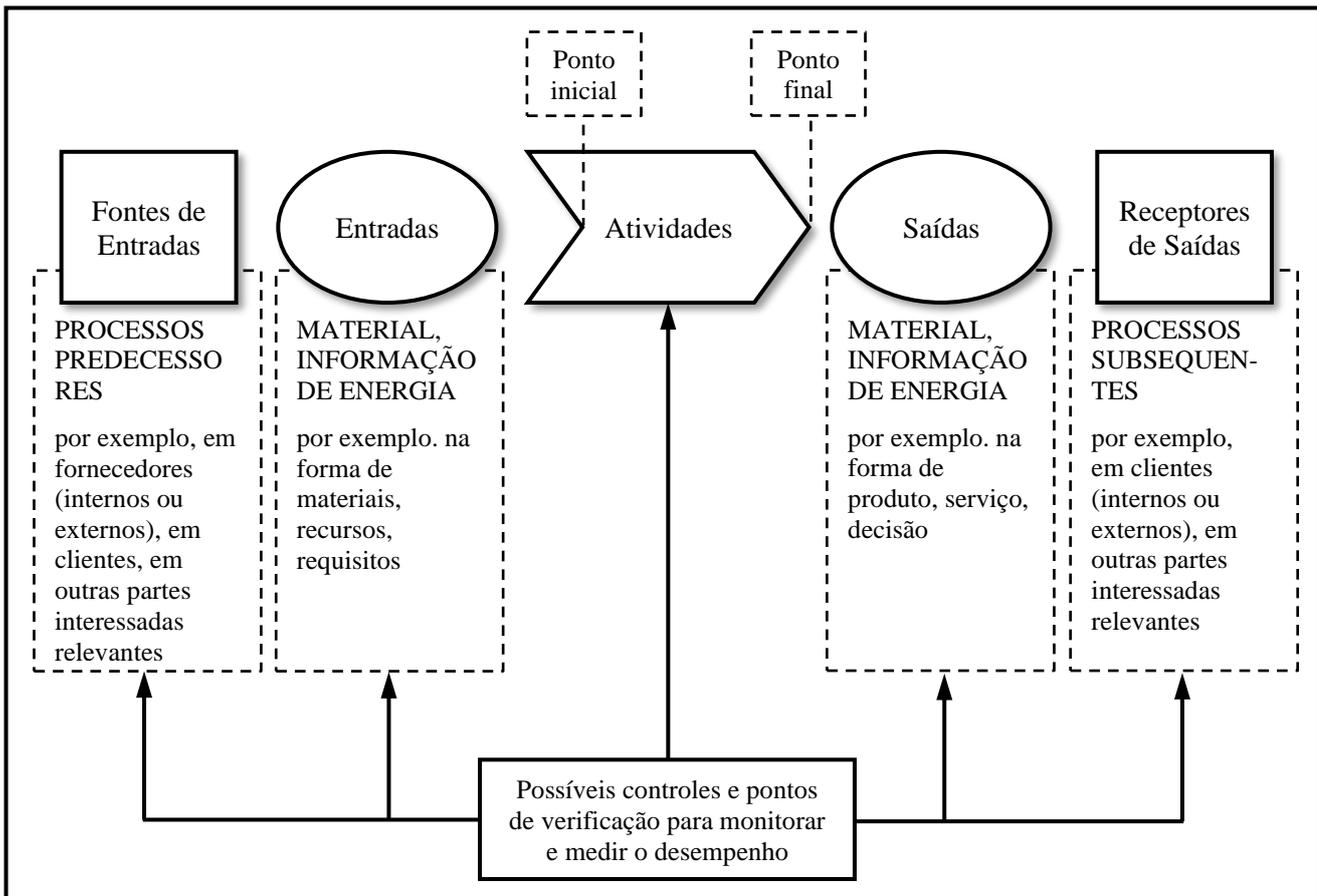
Fonte: Scherkenbach (1988, p. 25, tradução nossa).

Segundo ISO 9001 (2015), a norma internacional ISO 9001:2015(E) emprega a abordagem de *processo* com o objetivo de permitir a uma organização planejar seus processos e suas interações, garantir que esses tenham recursos e gerenciamento adequados, e que as

⁵ Segundo Juran e De Feo (2010, p. 1051-1052, tradução nossa, grifo nosso): “Clientes internos: clientes dentro da organização produtora. Todos dentro da organização desempenham três funções: fornecedor, processador e cliente; Clientes externos: Pessoas externas à empresa, organização, sistema ou agência que são afetadas pelo uso do produto ou serviço. Eles recebem valor do produto da organização. Isso contrasta com os clientes internos, que são usuários dentro da organização”.

oportunidades de melhoria sejam determinadas e postas em prática. A Figura 6 mostra uma representação esquemática de qualquer processo e mostra a interação de seus elementos, onde os pontos de monitoramento e medição, necessários para o controle, são específicos para cada processo e variam de acordo com os riscos relacionados.

Figura 6 – Representação esquemática dos elementos de um único processo.



Fonte: ISO 9001 (2015, p. viii, tradução nossa).

De forma semelhante, os negócios de alimentação consistem em vários processos dentro dele, constituídos por fornecedores e clientes internos, com o objetivo final comum de produzir o prato que será adquirido e consumido pelo cliente final. No exemplo da *feijoada*, dependendo do negócio e pensando apenas nos processos produtivos, pode haver os processos de: preparar o feijão, preparar o arroz, cortar as carnes, cozinhar as carnes, entre outros.

Por exemplo, o responsável pelo processo de *cortar as carnes* pode ter como um de seus fornecedores o açougue A_1 (fornecedor externo), e como seu cliente interno o processo responsável por *cozinhar as carnes*; para o processo de *preparar a couve*, um de seus

fornecedores pode ser a quitanda Q_1 (também fornecedor externo), e como seu cliente interno o processo responsável por *montar o prato*; e assim por diante.

Pode ser visto na Figura 7 um exemplo de um fluxo produtivo simplificado mostrando um conjunto de processos necessários para preparar uma feijoada, com suas entradas e saídas, e respectivos fornecedores e clientes. Esse diagrama é uma ferramenta de qualidade conhecida como *SIPOC* (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*, ou Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes, respectivamente), cujos detalhes dessa ferramenta podem ser vistos em Brassard *et al.* (2002).

Figura 7 – Exemplo: diagrama SIPOC – fluxo produtivo para fazer uma feijoada (continua).

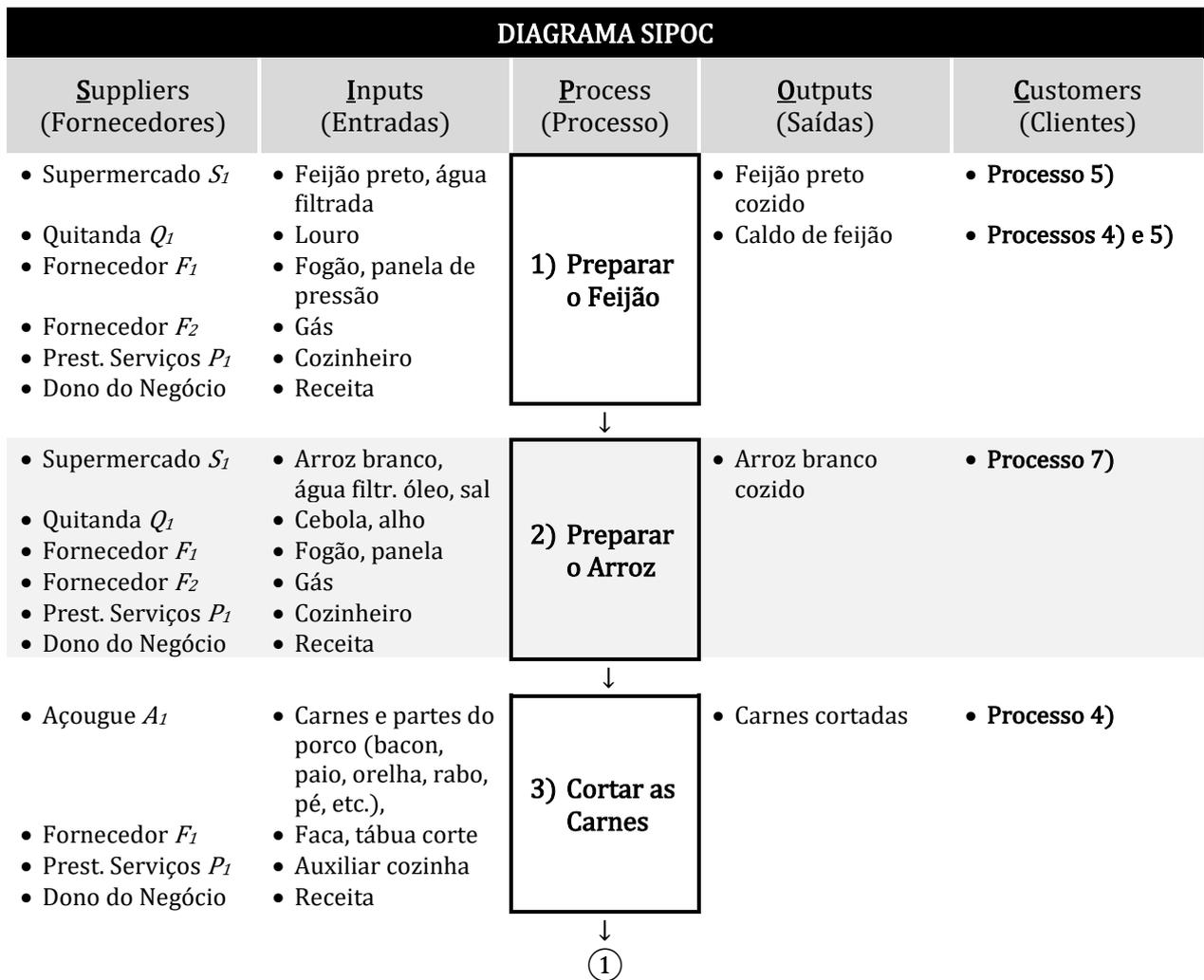
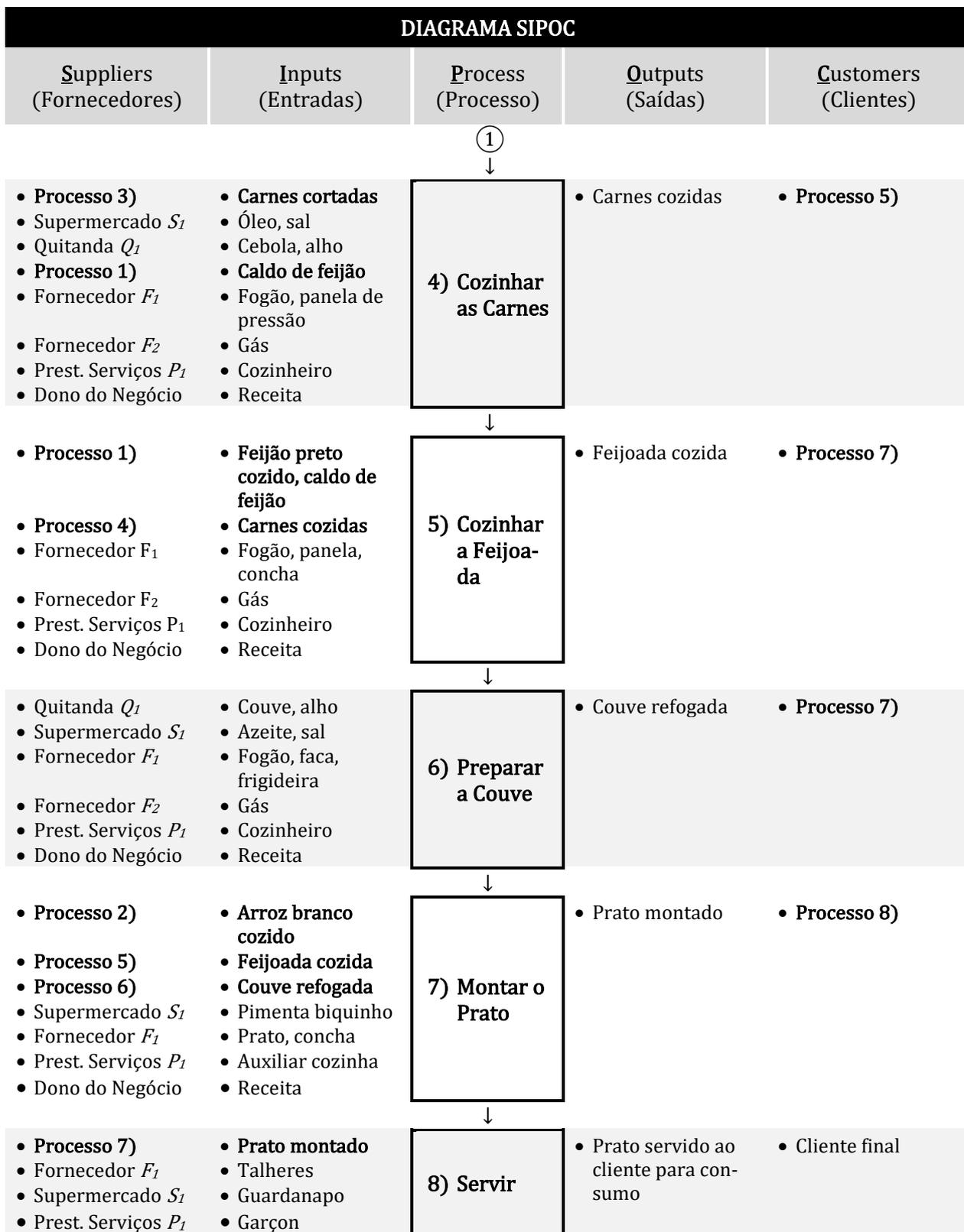


Figura 7 – Exemplo: diagrama SIPOC – fluxo produtivo para fazer uma feijoada (conclusão).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com auxílio dessa ferramenta SIPOC podemos ver os processos necessários para se produzir uma feijoada, sendo que cada processo tem seus próprios fornecedores e clientes internos. Podemos ver também que nas entradas de cada processo, algumas fazem a transformação (ex.: cozinheiros, fogão) e algumas delas são transformadas (ex.: feijão preto, arroz branco), e essas mesmas entradas podem ser classificadas por mão-de-obra (ex.: cozinheiros, auxiliares de cozinha), material ou matéria-prima (ex.: feijão, arroz, óleo), máquina ou equipamento (ex.: fogão, faca), método (receita), medição (ex.: medidor de arroz, de feijão, de óleo), e meio-ambiente (ex.: local de trabalho, clima), tudo isso em linha com a definição de processo segundo Scherkenbach (1988).

Essas entradas do processo são conhecidas como os *fatores 6M de manufatura* (**M**ão-de-Obra, **M**atéria-Prima, **M**áquina, **M**étodo, **M**edição e **M**eio-Ambiente). Dessa forma, Campos (1992) define *processo* baseado nesse conceito:

“Processo é um conjunto de causas (que provoca um ou mais efeitos). [...] o processo foi dividido em famílias de causas (matérias-primas, máquinas, medidas, meio ambiente, mão-de-obra e método), que são também chamadas ‘fatores de manufatura’ (para as áreas de serviço seriam os ‘fatores de serviço’)” (CAMPOS, 1992, p. 17, negrito do autor).

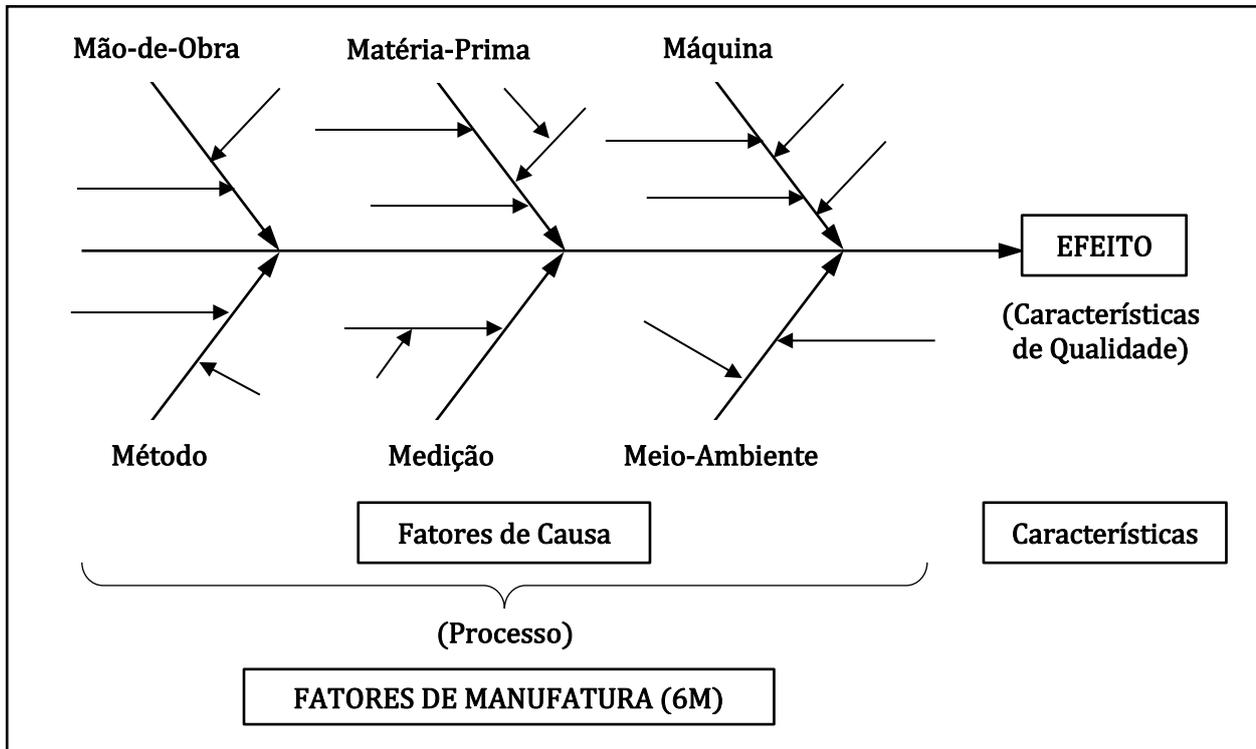
Nessa mesma linha, Ishikawa (1997) também define que um conjunto destes fatores de causa (as 6M) é chamado de *processo*. Para tanto, o Dr. Kaoru Ishikawa criou uma ferramenta de qualidade conhecida como *diagrama de causa e efeito*, também chamada de *diagrama espinha de peixe*, onde o Dr. J. M. Juran em seu QC Handbook de 1962 a nomeou de *diagrama de Ishikawa* em homenagem ao honorável profissional da qualidade, conforme pode ser visto na Figura 8.

Esse diagrama é uma importante ferramenta de qualidade que auxilia na procura das *prováveis causas* para determinado efeito ou problema, cuja definição e aplicação podem ser vistas na Seção 2.5.2, e procedimento de construção e exemplos na Seção 4.2.

Assim, os fatores de manufatura 6M são as causas que provocam o efeito principal, no nosso exemplo, a feijoada.

Logo, com base nessa informação, podemos continuar a discussão sobre porque há momentos em que o cliente final consome o produto como uma *feijoada* e fica satisfeito, uma vez que o produto atendeu a todas as suas expectativas de qualidade, e em determinados momentos não, pois o produto em numa determinada ocasião não cumpriu com alguma(s) de sua(s) expectativa(s) de qualidade, gerando insatisfação. Isso ocorre porque existe um fenômeno chamado *variação*, tema esse a ser discutido na próxima seção.

Figura 8 – Diagrama de causa e efeito.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Ishikawa (1997, p. 64) e Campos (1992, p. 18).

2.4. As 6M e a variabilidade do processo

Variação é a diferença entre as coisas. A variação é inerente a todos os processos, em muitos casos ela é *natural*, e as 6M são os fatores que podem causar variação.

Para suportar essas afirmações, Montgomery (2009) e Ishikawa (1997) citam:

“Não existem duas unidades de produto produzidas por um processo idênticas. Alguma variação é inevitável. Como exemplos, o conteúdo líquido de uma lata de refrigerante varia ligeiramente de uma lata para outra, e a voltagem de saída de uma fonte de alimentação não é exatamente a mesma de uma unidade para a outra” (MONTGOMERY, 2009, p. 64, tradução nossa).

“Em qualquer processo de produção, independentemente de quão bem projetado ou cuidadosamente mantido está, uma certa quantidade de variabilidade inerente ou natural sempre existirá. Esta variabilidade natural ou ‘ruído de fundo’ é o efeito cumulativo de muitas causas pequenas e essencialmente inevitáveis” (MONTGOMERY, 2009, p. 181, tradução nossa).

“[...] Existe uma certa variabilidade em cada produto; conseqüentemente, dois produtos nunca são idênticos. [...] As fontes dessa variabilidade incluem diferenças nos materiais, diferenças no desempenho e operação do equipamento de fabricação, e diferenças na maneira como os operadores realizam suas tarefas. [...] Uma vez que a variabilidade só pode ser descrita em termos estatísticos, os métodos estatísticos

desempenham um papel central nos esforços de melhoria da qualidade” (MONTGOMERY, 2009, p. 8, tradução nossa).

“Incidentalmente, os efeitos variam muito. Mesmo quando a mesma pessoa usa os mesmos materiais, o mesmo equipamento e o mesmo método para produzir alguma coisa, ainda assim os efeitos variam. As pessoas podem pensar que sob um processo uniforme ocorrerão efeitos uniformes, mas elas estão erradas” (ISHIKAWA, 1997, p. 70).

Deming (1997) cita que a variação é vida; ou a vida é variação. Não existem duas pessoas iguais. A chegada de um trem ou de um avião varia todos os dias. O tempo de viagem para se chegar ao trabalho varia diariamente, qualquer que seja o modo de transporte. Haverá sempre variação entre as pessoas, capacidades, serviços e produtos. De fato, se observarmos as 6M em todo o mundo é possível verificar que:

- a) Mão-de-obra: há dias que as pessoas estão felizes, motivadas, e em outros dias tristes, deprimidas;
- b) Matéria-prima: em determinado momento foi utilizado uma determinada matéria-prima de outra marca ou comprada de outro fornecedor; de um lote para outro de determinado produto há variação no sabor ou no ponto de cozimento;
- c) Máquina: um dia a máquina está com a manutenção em dia, outro dia está desgastada ou trabalhando sobrecarregada;
- d) Método: um cozinheiro segue determinada receita à risca, outro cozinheiro pula alguns passos ou não obedece alguns procedimentos, e outros nem sequer seguem a receita;
- e) Medição: uma pitada de sal tem variações na quantidade de sal dependendo do cozinheiro; alguns cozinheiros usam medidores para executar essa tarefa, e outros medem *no olho*;
- f) Meio-ambiente: há dias em que está frio, calor, ou está mais úmido, ou está chovendo.

Assim, as 6M produzem variação, o que afetará conseqüentemente a variação do produto final.

Para entender mais o fenômeno da variação vamos mostrar um outro exemplo utilizando um gráfico *estatístico* conhecido como *histograma*. Segundo Brassard *et al.* (2002), um histograma é um gráfico utilizado para resumir os dados de um processo que foram coletados ao longo de um período de tempo, apresentando graficamente sua distribuição de frequência em forma de barras, isto é, mostra o quão frequentemente um evento ocorre. Similar ao gráfico de barras mas usado para variáveis contínuas, com barras juntas, o eixo vertical mostra as

quantidades (frequência de ocorrência da variável) e o eixo horizontal mostra o valor de medição da variável avaliada, variável essa que é uma característica de qualidade como peso, temperatura, tempo, entre outras grandezas.

Suponhamos que decidimos avaliar o tempo para cozinhar o feijão preto para a feijoada num determinado restaurante. Será que esse tempo é o mesmo todas as vezes? Há variação nesse tempo? Há *causas comuns* e/ou *causas especiais* que afetam essa variação? Para essa avaliação, coletamos esse tempo toda quarta, sábado e domingo (dias da semana em que o restaurante avaliado faz feijoada), medido em minutos, por um período de quinze semanas, cujo exemplo de dados pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo: tempos para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos).

Dia da semana	Semana														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Quarta	33	34	34	38	33	31	35	33	32	38	35	38	34	35	35
Sábado	35	38	32	30	35	38	39	39	32	36	27	37	29	36	34
Domingo	33	37	37	36	35	32	36	33	40	31	32	41	33	38	36

Fonte: Elaborado pelo autor.

Se inserirmos esses pontos no histograma à medida em que forem sendo coletados, nas primeiras semanas os valores de tempo parecerão ser aleatórios, porém com mais dados começaremos a ver um *padrão* conforme pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Exemplo: histograma tempos para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos) (continua).

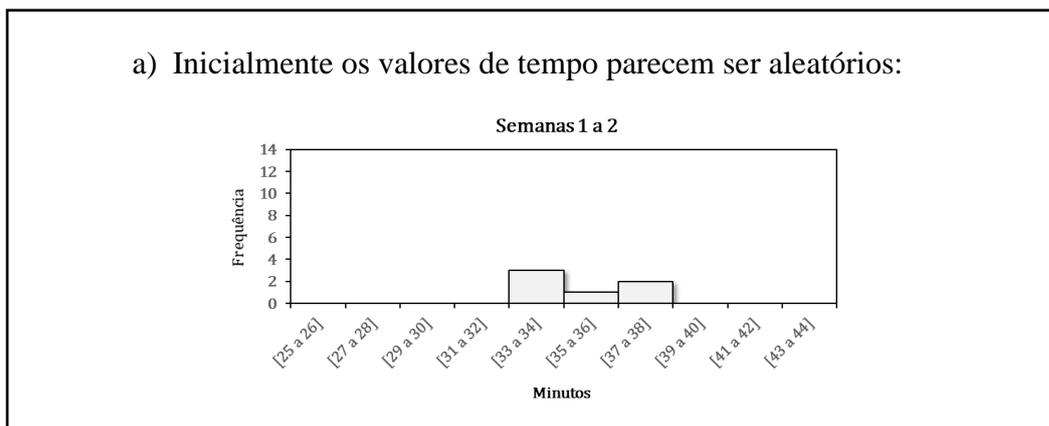
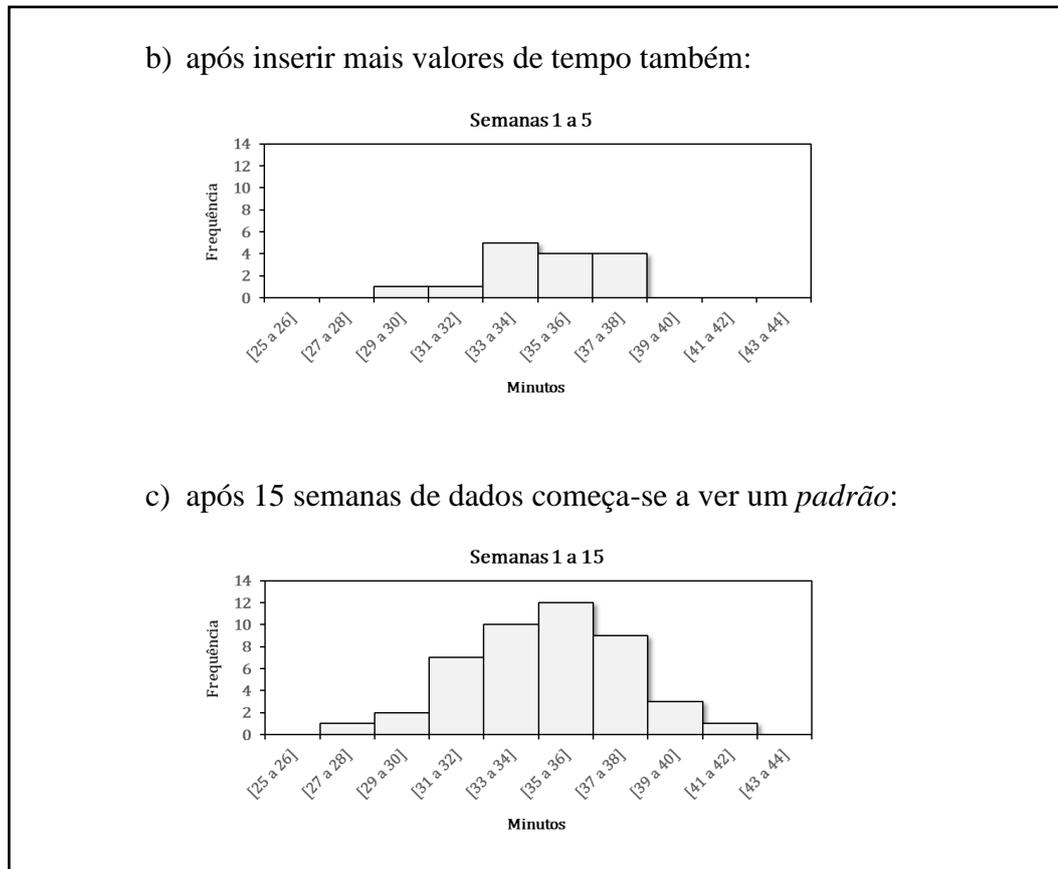


Figura 9 – Exemplo: histograma tempos para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos) (conclusão).



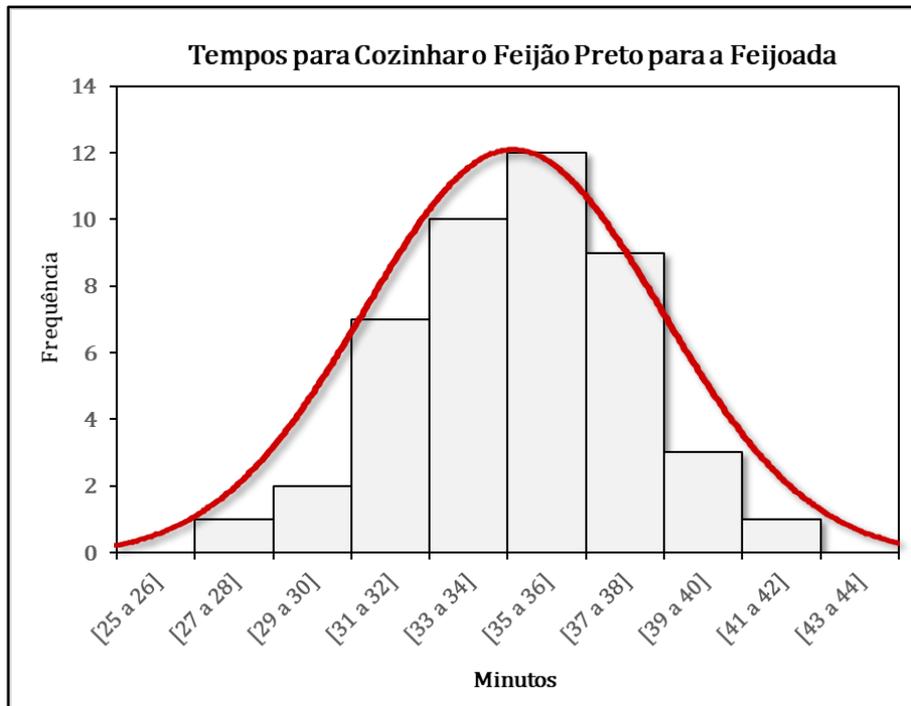
Fonte: Adaptado pelo autor com base em General Cable Corp. (2016a, p. 151, tradução nossa).

Esse *padrão* visto no histograma chamamos de *distribuição* e, segundo Pyzdek e Keller (2010), se há somente variação por *causa comum* e as variáveis forem do tipo *contínuas*, o padrão formará muitas vezes uma curva em forma de sino⁶ conforme pode ser visto no gráfico da Figura 10 (curva vermelha).

Quanto mais *dispersos* se apresentam os dados no histograma, ou quanto maior a *amplitude* ou a abertura da *boca do sino* do gráfico, maior é a variação dos dados. Essa é uma das características do histograma, onde podemos ver nesse exemplo que:

⁶ Segundo Pyzdek e Keller (2010), dados *contínuos* coletados de processos ou partes usualmente se ajustarão a um determinado padrão a que chamamos de *distribuições*. A curva do sino é um padrão típico que representa uma *distribuição normal*, uma família muito importante de distribuições que têm a mesma forma em geral: são simétricas, com maiores frequências concentradas no meio do que nas extremidades, e tem um histograma em forma de sino com um único pico. A distribuição normal se dá quando a) se agrupa num histograma *dados contínuos*, que são dados que podem ser medidos numa escala contínua e podem ser quebrados em incrementos menores baseado na precisão do sistema de medição, e b) tais dados variam entre si por *causas comuns*.

Figura 10 – Exemplo: distribuição dos tempos para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos).



Fonte: Adaptado pelo autor com base em General Cable Corp. (2016a, p. 152, tradução nossa).

- a) a escala horizontal mostra as faixas de tempo em minutos atuais para cozinhar o feijão preto, variando nas faixas de 27 a 28 a 41 a 42 minutos (inclusive);
- b) a escala vertical mostra o número de vezes que tomou determinada faixa de tempo para cozinhar o feijão;
- c) o maior número de cozimentos (12 vezes) levou de 35 a 36 minutos;
- d) poucos cozimentos levaram 27 a 28 minutos, assim como 41 a 42 minutos.

Com respeito ao que causou essa variação no tempo, Montgomery (2009) cita que existem 2 tipos de variações, as variações geradas por *causas comuns* e as variações geradas por *causas especiais*. Nesse exemplo poderíamos listar inúmeras possibilidades que poderiam fazer com que o tempo de cozimento do feijão preto varie, isto é, algumas *prováveis causas* poderiam ser:

- a) causas comuns:
 - utilizar feijão de outro fornecedor;
 - utilizar feijão de lotes diferentes de um mesmo fornecedor;

- temperaturas diferentes da água em que se coloca o feijão de molho;
 - diferenças na proporção de feijão e água em função do tamanho da panela de pressão utilizada;
 - entre outras.
- b) causas especiais:
- o gás acabou e o botijão teve que ser trocado;
 - os fogareiros do fogão não estavam acendendo, e tiveram que ser verificados;
 - o feijão foi cozido na panela comum porque a panela de pressão estava indisponível;
 - estava saindo vapor na lateral da panela de pressão, pela tampa;
 - o cozinheiro esqueceu de deixar o feijão de molho na água;
 - entre outras.

Juran e De Feo (2010, p. 231, tradução nossa) complementam:

“As diferenças observadas geralmente se originam de uma de duas maneiras: (1) a mudança observada é causada pelo comportamento de uma variável principal no processo (ou pela entrada de uma nova variável principal) ou (2) a mudança observada é causada pela interação de múltiplas variáveis secundárias no processo. Shewhart⁷ (1931 apud JURAN e DE FEO, 2010, p. 213, tradução nossa) chamou (1) e (2) causas de variação ‘atribuíveis’ e ‘não atribuíveis’, respectivamente. Deming (1990) mais tarde cunhou, respectivamente, os termos: causas de variação ‘especiais’ e ‘comuns’”.

Assim, podemos resumir os tipos de variabilidade conforme pode ser visto no Quadro 3 e ilustrado na Figura 11:

Quadro 3 – Tipos de variação (continua).

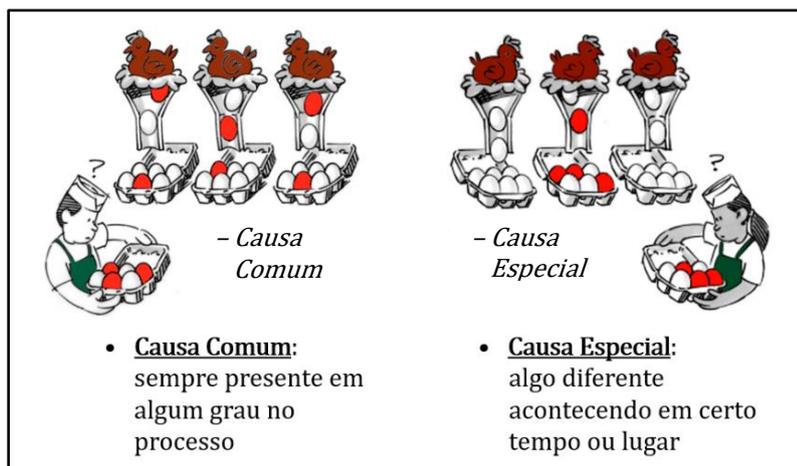
Variação gerada por causas comuns	Variação gerada por causas especiais
a) o resultado de causas naturais;	a) aparece devido a uma circunstância particular;

⁷ Shewhart, W. A. (1931). **Economic Control of Quality of Manufactured Product**. Van Nostrand, New York, 1931. Re-impreso por ASQC (American Society for Quality Control), Milwaukee, 1980. Segundo Ramos (2017) o Dr. Walter A. Shewhart, nascido em 18 de março de 1891 nos Estados Unidos, foi outro grande profissional da qualidade. Ele foi um físico, consultor, e também um colaborador de diversas instituições ligadas à Estatística e/ou à Matemática. A maior contribuição de Shewhart para a qualidade foi a introdução da Estatística aos processos de garantia da qualidade.

Quadro 3 – Tipos de variação (conclusão).

Varição gerada por causas comuns	Varição gerada por causas especiais
b) pequenas diferenças normais entre os produtos (variação pequena o suficiente) que os clientes <i>esperam</i> ver e/ou que <i>possam viver</i> com ela;	b) o resultado de <i>determinadas</i> causas não naturais, ou seja, significa que pode-se encontrar uma razão para elas;
c) acontece em todo o processo;	c) não usualmente presentes;
d) o processo é estável.	d) o processo é instável.

Fonte: Adaptado pelo autor com base em General Cable Corp. (2016a, p. 144, tradução nossa).

Figura 11 – Tipos de variação.

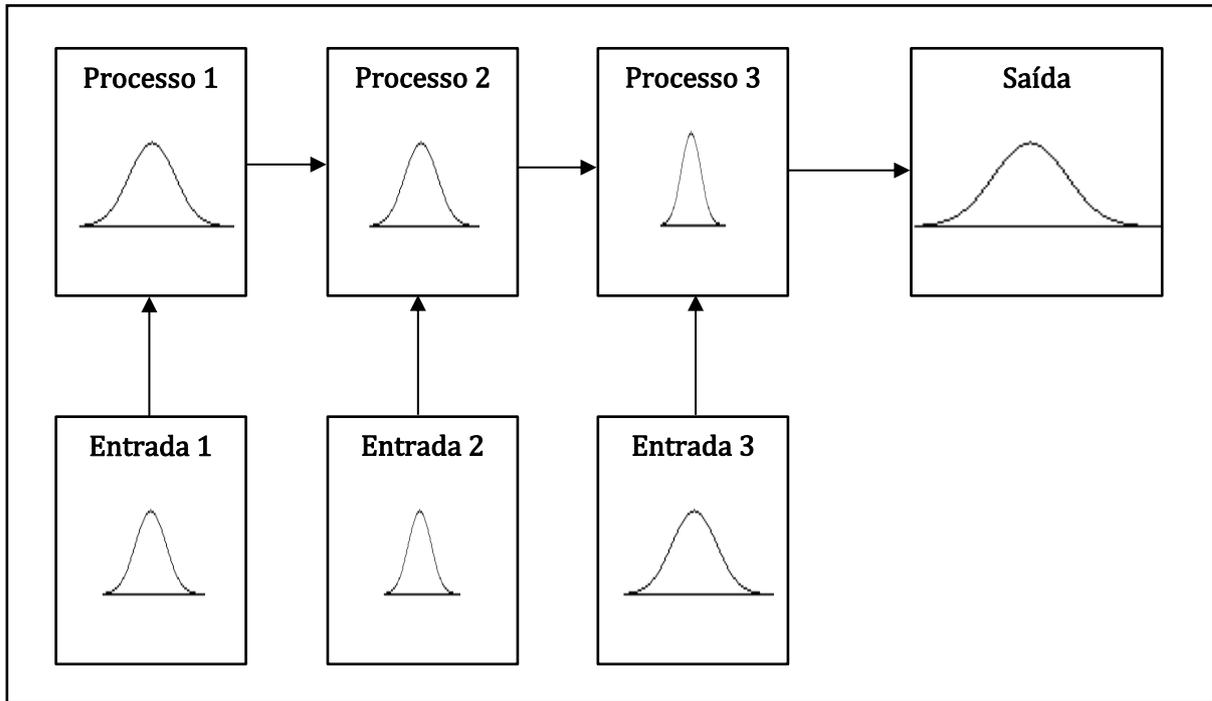
Fonte: General Cable Corp. (2016a, p. 145, tradução nossa).

Dessa forma e segundo Montgomery (2009), como há variação nas entradas e nos próprios processos, isso resultará em efeitos/produtos *diferentes*, pois a variação na saída é causada pela combinação de todas essas variações, conforme ilustrado na Figura 12.

Logo nos negócios de alimentação, as variações existentes nas 6M das entradas e nos processos irão produzir a variação no produto final. E como há variação em todos os processos, precisamos coletar dados para entender que tipo de variação temos.

A variação não é necessariamente má qualidade. Ela seria um vilão da qualidade se não cumprisse com a *especificação do cliente*. Dessa forma, a variação das 6M devem ser reduzidas e controladas para que isso não ocorra.

Figura 12 – A variação na saída é causada pela variação nas entradas e nos processos.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em General Cable Corp. (2016a, p. 141, tradução nossa).

Temos dissertado que o cliente tem *necessidades* ou *expectativas* com relação a determinado produto, e sua satisfação será obtida quando as mesmas forem atendidas. Essas *necessidades* ou *expectativas* devem ser traduzidas para uma ou mais *especificações*, o que permitirá avaliar se a variação do produto está dentro da *faixa de tolerância* dessas.

Utilizando o último exemplo do tempo para cozinhar o feijão preto para a feijoada, temos que o responsável pelo restaurante é certamente um dos clientes afetados por essa variável. Considerando que o restaurante comece a trabalhar as 08:00, sua necessidade ou expectativa é a de que o feijão preto fique cozido até no máximo as 10:00 para assegurar que a feijoada pronta seja servida na hora do almoço. Logo, observando os dados, vamos calcular duas medidas estatísticas primordiais de uma distribuição de dados: as *medidas de posição* e as *medidas de dispersão*.

Segundo Toledo e Ovalle (1995), as medidas de tendência central ou promédias são uma das mais importantes medidas de posição, e são assim denominadas em virtude da tendência dos dados observados se agruparem em torno desses valores centrais. Walpole *et al.* (2012) complementam que as medidas de localização são projetadas para fornecer ao analista alguns valores quantitativos de onde o centro, ou alguma outra localização, dos dados está localizado. Logo, a medida mais comumente usada para descrever resumidamente uma distribuição de

frequências é a *média aritmética*, calculada pela seguinte expressão segundo Walpole *et al.* (2012, p. 11):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

em que:

\bar{x} – média aritmética de uma amostra de n dados;

x_i – valor genérico da observação;

n – número de observações.

Quanto às medidas de dispersão, Walpole *et al.* (2012) citam que a medida mais usada é o *desvio padrão*, cuja expressão para uma amostra de dados é calculada pela seguinte expressão segundo Walpole *et al.* (2012, p. 15):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

em que:

s – desvio padrão de uma amostra de n dados;

\bar{x} – média aritmética da respectiva amostra;

x_i – valor genérico da observação;

n – número de observações.

Assim, os valores calculados de \bar{x} e s , para o nosso exemplo, podem ser vistos na Tabela 2.

Logo, segundo Montgomery (2009), de posse da média e do desvio padrão, podemos calcular aproximadamente, para qualquer distribuição normal de dados cuja variação se dá apenas por *causas comuns*, que:

- a) 99,7% dos pontos de dados estarão entre $\bar{x} \pm 3s$, isto é, em 99,7% o tempo de cozimento do feijão levará entre 25,9 e 43,7 minutos;
- b) 95,5% dos pontos de dados estarão entre $\bar{x} \pm 2s$, isto é, em 95,5% o tempo de cozimento do feijão levará entre 28,8 e 40,8 minutos;

Tabela 2 – Exemplo: média e desvio padrão – tempo para cozinhar o feijão preto para a feijoada (minutos).

Observação	Tempo observado	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	Observação	Tempo observado	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
i	x_i			i	x_i		
1	33	-1,8	3,16	26	32	-2,8	7,72
2	35	0,2	0,05	27	40	5,2	27,27
3	33	-1,8	3,16	28	38	3,2	10,38
4	34	-0,8	0,60	29	36	1,2	1,49
5	38	3,2	10,38	30	31	-3,8	14,27
6	37	2,2	4,94	31	35	0,2	0,05
7	34	-0,8	0,60	32	27	-7,8	60,49
8	32	-2,8	7,72	33	32	-2,8	7,72
9	37	2,2	4,94	34	38	3,2	10,38
10	38	3,2	10,38	35	37	2,2	4,94
11	30	-4,8	22,83	36	41	6,2	38,72
12	36	1,2	1,49	37	34	-0,8	0,60
13	33	-1,8	3,16	38	29	-5,8	33,38
14	35	0,2	0,05	39	33	-1,8	3,16
15	35	0,2	0,05	40	35	0,2	0,05
16	31	-3,8	14,27	41	36	1,2	1,49
17	38	3,2	10,38	42	38	3,2	10,38
18	32	-2,8	7,72	43	35	0,2	0,05
19	35	0,2	0,05	44	34	-0,8	0,60
20	39	4,2	17,83	45	36	1,2	1,49
21	36	1,2	1,49	Total:	1.565	0,0	391,78
22	33	-1,8	3,16	n:	45	-	-
23	39	4,2	17,83	\bar{x}:	34,8	-	-
24	33	-1,8	3,16	s:	-	-	2,98
25	32	-2,8	7,72				

Fonte: Elaborado pelo autor.

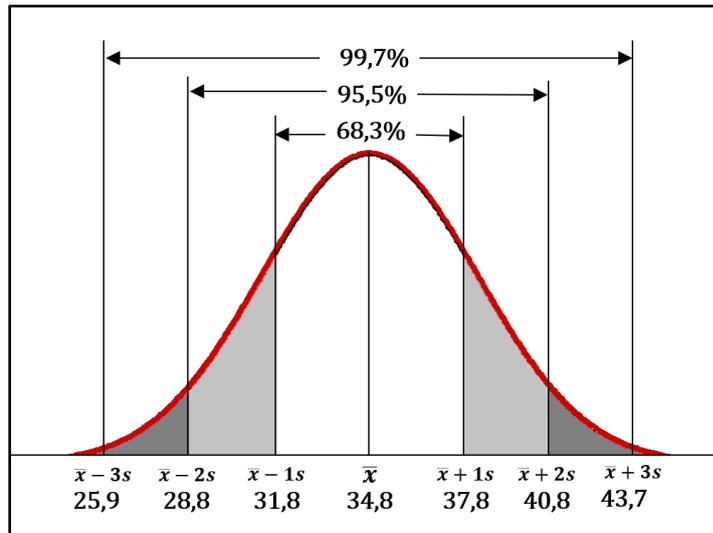
- c) 68,3% dos pontos de dados estarão entre $\bar{x} \pm 1s$, isto é, em 68,3% o tempo de cozimento do feijão levará entre 31,8 e 37,8 minutos.

Na Figura 13 pode ser visto um gráfico da curva normal ilustrando as probabilidades apresentadas.

Estes conceitos se aplicam para todos os conjuntos de dados que seguem a distribuição normal, e isso nos permitirá fazer *previsões sobre o processo*, em que só funcionará se o processo não tiver quaisquer *causas especiais*.

Logo, uma vez que podemos descrever o padrão que um processo terá, também podemos prever como ele irá se comportar no futuro. Assim, para esse exemplo, para se ter uma probabilidade superior a 99,7% para que o feijão fique cozido até as 10:00, a hora para começar

Figura 13 – Áreas sob a curva de distribuição normal.



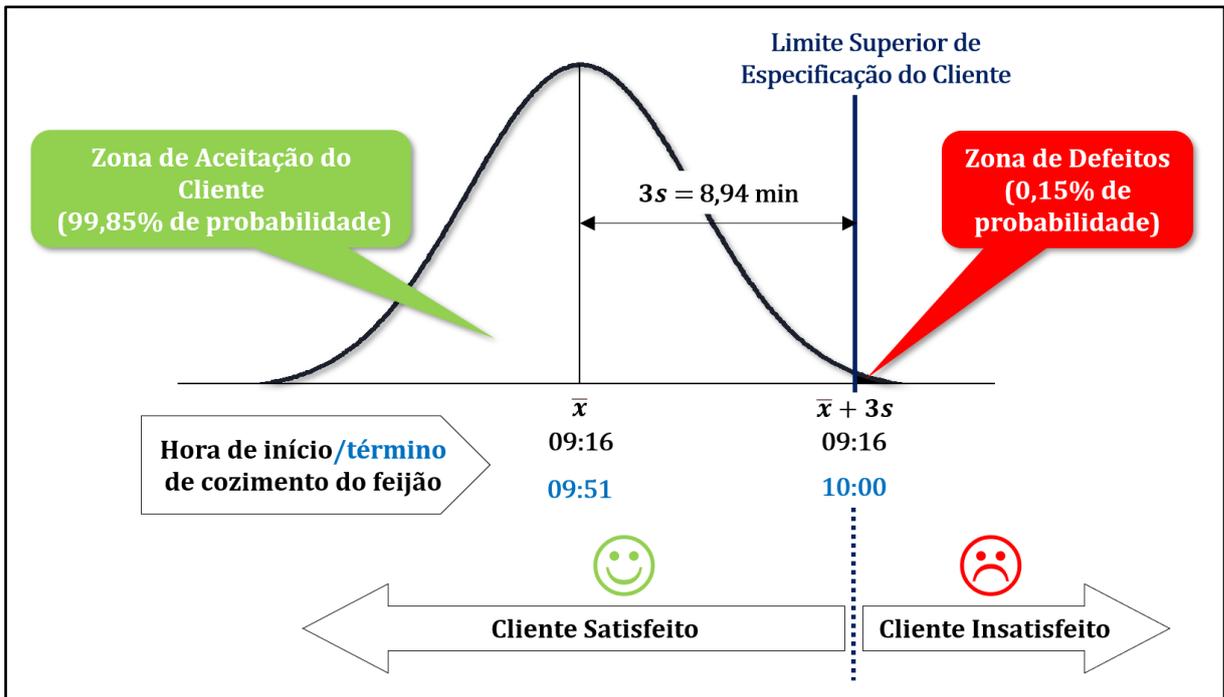
Fonte: Adaptado pelo autor com base em Montgomery (2009, p. 82, tradução nossa).

a cozinhá-lo deverá ser igual que ou inferior a $10 - \frac{43,7}{60} = 9,27$, ou aproximadamente 09:16. Se o cozinheiro colocar a panela no fogo mais tarde irá aumentar a probabilidade de não cumprimento do prazo definido, e conseqüentemente aumentar o risco de ter insatisfação com o seu gerente (o seu *cliente*).

Segundo Brassard *et al.* (2002), as ocorrências que se situam fora das especificações do cliente são *defeitos*. Dessa forma, podemos definir que pontos *fora da especificação* geram a *insatisfação do cliente*, assim como as ocorrências que atendam as especificações dos cliente são chamadas de *zonas de aceitação ou satisfação do cliente*. A Figura 14 ilustra as zonas de aceitação/satisfação e de defeitos/insatisfação do cliente, para o exemplo mencionado.

Logo, conhecendo a especificação de cliente, a variabilidade do processo, e verificando a não existência de *causas especiais*, podemos assim determinar a *previsibilidade* de sua satisfação e, baseado em tais dados e/ou informações, tomar ações corretivas caso essa previsibilidade seja baixa. Basicamente isso é o que chamamos de *Controle Estatístico de Qualidade*, pois com a utilização de ferramentas e recursos estatísticos, algumas dessas já mostradas anteriormente (SIPOC, diagrama de causa e efeito, histograma), podemos tomar as decisões de correção dos problemas baseado em *dados* e não por *intuição*, conforme cita Campos (1992, p. 15): “Falar, raciocinar e decidir com dados e com base em fatos (tomar decisões em cima de fatos e dados concretos e não com base em ‘experiência’, ‘bom senso’, ‘intuição’ ou ‘coragem’)”.

Figura 14 – Exemplo: zonas de satisfação e insatisfação dos clientes – horas de término de cozimento do feijão preto para a feijoada (minutos).



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Brassard *et al.* (2002, p. 4)

Com respeito ao termo *Controle Estatístico*, Deming (1990) descreve o seguinte:

“Controle estatístico.⁸ Um processo estável, sem indicação de causa especial de variação, é considerado, segundo Shewhart [e Deming (1939)], ‘sob controle estatístico’, ou estável. É um processo cujas variações são aleatórias. Seu comportamento no futuro próximo é previsível. Claro que pode surgir uma mudança brusca, tirando o processo de controle estatístico. Um sistema que esteja sob controle estatístico tem uma identidade definível e uma capacidade definível [...]” (DEMING, 1990, p. 230, negrito do autor).

Dessa forma, se queremos fazer previsão de nosso processo e/ou trabalhar para reduzir e controlar a sua variabilidade visando aumentar a qualidade e a satisfação dos clientes, como temos feito aqui através dos exemplos mostrados, teremos que recorrer à *Estatística*. Toledo e Ovalle (1995) indicam a Estatística como:

“[...] a atividade humana especializada ou um corpo de técnicas, ou ainda uma metodologia desenvolvida para a coleta, a classificação, a apresentação, a análise e a interpretação de dados quantitativos e a utilização desses dados para a tomada de decisões” (TOLEDO e OVALLE, 1995, p. 14, grifo nosso).

⁸ Segundo Shewhart e Deming (1939): “Partimos do pressuposto de que quando a operação de produção é aleatória, ou seja, quando está em estado de controle estatístico, não há causas atribuíveis presentes no processo de produção” (SHEWHART e DEMING, 1939, p. 26, tradução nossa).

Logo, para resolver problemas, o profissional deve estar munido do *kit de ferramentas estatísticas*, onde Juran e Gryna (1993) comentam:

“A maior parte das decisões tomadas quanto ao controle da qualidade, assim como em quase todas as outras áreas de atividade humana moderna (por exemplo, avaliação de novos tratamentos médicos e novas máquinas de leitura, do planejamento de pesquisas científicas, e estratégias de marketing e investimento, para citar algumas), tem suas bases na Estatística – definida, a grosso modo, como a coleta, análise e interpretação dos dados, ou, de forma mais ampla, como a ‘ciência da tomada de decisão perante incertezas’. Para o profissional, ‘Estatística’ pode ser entendida como um kit de ferramentas que ajuda a resolver problemas” (JURAN e GRZYNA, 1993, p.4).

Na ciência estatística existem inúmeras ferramentas e metodologias muito simples assim como também muito complexas, dependendo da aplicação. Segundo Ishikawa (1997), existe um método estatístico elementar muito fácil e de larga aplicação composto por *sete ferramentas*, conhecidas também como *as sete ferramentas da qualidade*, cujas definições e aplicações podem ser vistas na próxima seção. Procedimentos detalhados de construção dessas ferramentas, com exemplos, podem ser vistos na Seção 4.

2.5. As sete ferramentas da qualidade e o processo sigma

Para resolver os problemas relatados por reclamações dos clientes, é necessário controlar a variação ou dispersão do processo nos mais diversos elementos críticos à qualidade do produto. Segundo Campos (1992), para controlar a dispersão deve ser observada cuidadosamente a dispersão dos dados e isolar a causa fundamental da dispersão, segundo o seguinte procedimento:

- a) identificar (uma vez que os dados são naturalmente dispersos em torno de um certo valor) a forma da distribuição, o valor médio da distribuição (\bar{x}) e a variação da distribuição (s);
- b) identificar se a dispersão é causada por causas gerais/crônicas (causas comuns), ou causas assinaláveis/únicas (causas especiais);
- c) conduzir análise para identificar a causa assinalável (para reduzir a dispersão) e estabelecer ação corretiva.

Para conduzir a análise mencionada no item *c* faz-se necessário o uso de métodos estatísticos. Após estabelecer ações corretivas e obter os resultados desejados, padroniza-se o processo e treina-se/educa-se os seus executores para o novo padrão.

Os métodos estatísticos, segundo Ishikawa (1997), foram usados esporadicamente no Japão antes e durante a Segunda Guerra Mundial, e 1949 foi o ano em que tais métodos começaram a ser inteiramente utilizados. Nesse ano, o Sindicato dos Cientistas e Engenheiros Japoneses estabeleceram um Grupo de Pesquisa em Controle de Qualidade, pelo qual começou a ser investigada a aplicação do controle de qualidade estatístico e dos métodos estatísticos nas indústrias.

Tais métodos estão divididos em três categorias de acordo com o nível de dificuldade (Elementar, Intermediário e Básico), sendo que o Método Estatístico Elementar (também chamado de *sete ferramentas*) compõe, segundo Ishikawa (1997), um conjunto de ferramentas indispensáveis para o controle de qualidade que pode ser utilizado por todos os níveis hierárquicos de uma empresa.

Ishikawa (1997) afirma, por experiência própria, que 95% de todos os problemas dentro de uma empresa podem ser resolvidos por meio destas ferramentas, e é essencial que todos sejam treinados no uso destas ferramentas simples e elementares para posteriormente poderem dominar os métodos mais avançados e/ou difíceis. São essas as *sete ferramentas*, segundo Ishikawa (1997):

- a) gráfico de Pareto;
- b) diagrama de causa e efeito;
- c) estratificação;
- d) folha de verificação;
- e) histograma;
- f) diagrama *scatter* ou de dispersão;
- g) gráfico e diagrama de controle.

Montgomery (2009) também menciona as sete ferramentas, citando que essas fazem parte da coleção poderosa de ferramentas de resolução de problemas do controle estatístico de processo, as quais são úteis para alcançar a estabilidade do processo e melhorar a capacidade por meio da redução da variabilidade.

Juntamente com estas ferramentas, Ishikawa (1997) adiciona que os colaboradores precisam também ser treinados nos seguintes pontos básicos:

- a) o conceito de qualidade: respeito pelos consumidores, crença no fato de que o processo seguinte é um cliente e um certo sentimento pela garantia de qualidade;
- b) princípios e implantação referentes a administração e ao melhoramento, incluindo a história do Controle de Qualidade;
- c) uma forma estatística de pensar: os dados têm sua própria distribuição e estão espalhados. Sabendo disto, podemos ser capazes de usar os dados para fazer uma estimativa estatística e fazer um julgamento quanto à ação a ser executada, ou para delinear testes estatísticos cruciais, entre outras ações.

Adicionalmente, incluímos uma oitava ferramenta chamada *processo sigma*, a qual é uma ferramenta muito útil para testar o processo analisado contra os limites de especificação do cliente, de forma a poder calcular o rendimento desse em relação aos requisitos do cliente.

2.5.1. Gráfico de Pareto

O princípio de Pareto, segundo Ishikawa (1997), é o princípio dos poucos vitais, muitos triviais. Juran (1992) cita que é o fenômeno pelo qual, em qualquer população que contribui para um efeito comum, um número relativamente pequeno de contribuintes responde pelo grosso do efeito.

Segundo Bass e Lawton (2009), a análise de Pareto é simples, baseada no princípio de que 80% dos problemas têm suas raízes em 20% das causas. Esse princípio foi estabelecido por Vilfredo Pareto, um economista italiano do século 19, que descobriu que 80% das terras na Itália pertenciam a apenas 20% da população. Posteriormente, essa evidência empírica mostrou que a *razão 80/20* foi determinada como tendo uma aplicação universal.

Bass e Lawton (2009) adicionam que o Dr. Joseph Juran descobriu, na década de 1920 em seus estudos de controle de qualidade, que alguns defeitos eram responsáveis pela maior parte das rejeições e retrabalhos. Ele observou também que o mesmo princípio se aplicava ao absentismo de funcionários, causas de acidentes de trabalho e muitos outros fatores de gestão. Portanto, o Dr. Juran determinou que o princípio de Pareto realmente tinha aplicações universais, como:

- a) 80% da insatisfação do cliente decorre de 20% dos defeitos;
- b) 80% da riqueza está nas mãos de 20% das pessoas;
- c) 20% dos clientes representam 80% de um negócio;

d) entre outros.

O gráfico de Pareto, segundo Brassard *et al.* (2002), é uma ferramenta que proverá informações para permitir focar nos problemas principais, isto é, para concentrar esforços nos problemas que oferecem o maior potencial de melhoria, mostrando sua frequência relativa ou tamanho em um gráfico de barras decrescente. Esse gráfico tem as seguintes características, cuja ilustração pode ser vista na Figura 15:

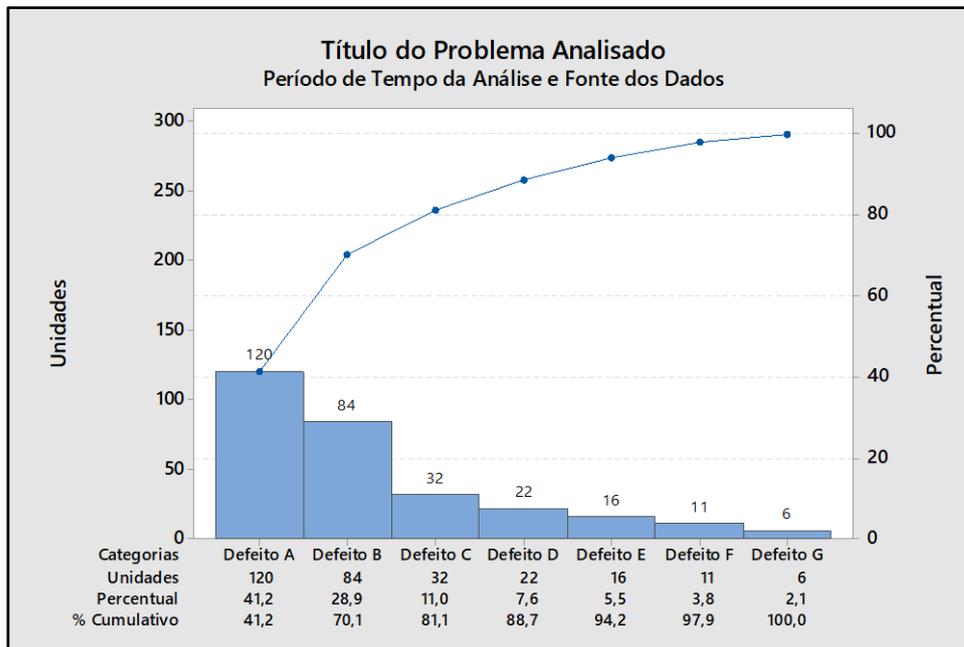
- a) para um determinado problema analisado, o gráfico de Pareto é um gráfico de barras decrescente desenhado da esquerda para direita. As unidades do defeito analisado (geralmente contagem) aparecem no eixo vertical esquerdo do gráfico;
- b) uma linha percentual cumulativa, partindo do topo da barra de defeito de maior frequência, mostra o percentual cumulativo da frequência de defeitos até cada respectiva categoria de defeito. O eixo vertical direito do gráfico contém a escala percentual das unidades de defeito. Os percentuais de frequência (individual e cumulativo para cada defeito) podem ser vistos também descritos sob o eixo horizontal do gráfico.

2.5.2. Diagrama de causa e efeito

Para resolver um determinado problema (o efeito) faz-se necessário primeiramente encontrar a(s) sua(s) causa(s). Logo, o diagrama de causa e efeito, conhecido também como diagrama de Ishikawa ou diagrama de espinha de peixe, é um diagrama que permite, segundo Brassard *et al.* (2002), encontrar as causas (e não os *sintomas*) para determinado efeito ou problema, para assim poder saná-las.

Campos (1992) cita que o primeiro passo no entendimento do controle do processo é a compreensão do relacionamento de causa e efeito, o que permite criar pré-condições para que cada empregado da empresa possa assumir suas próprias responsabilidades, criando assim as bases para o gerenciamento participativo. Sempre que ocorre algo (efeito, fim, resultado) existe um conjunto de causas (meios) que podem haver influenciado, e observando a importância da separação das causas de seus efeitos no gerenciamento (e como as pessoas têm a tendência de confundi-los), os japoneses criaram esse diagrama para que todas as pessoas da empresa pudessem exercitar a separação dos fins de seus meios. Segundo Ishikawa (1997), o diagrama de causa e efeito não é exatamente uma técnica estatística, porém é uma ferramenta primordial

Figura 15 – Características do gráfico de Pareto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

que permite informar sobre quais pares de variáveis podem ter uma potencial relação de causa e efeito, relação essa que pode posteriormente ser verificada e/ou comprovada com dados através da utilização de métodos estatísticos específicos.

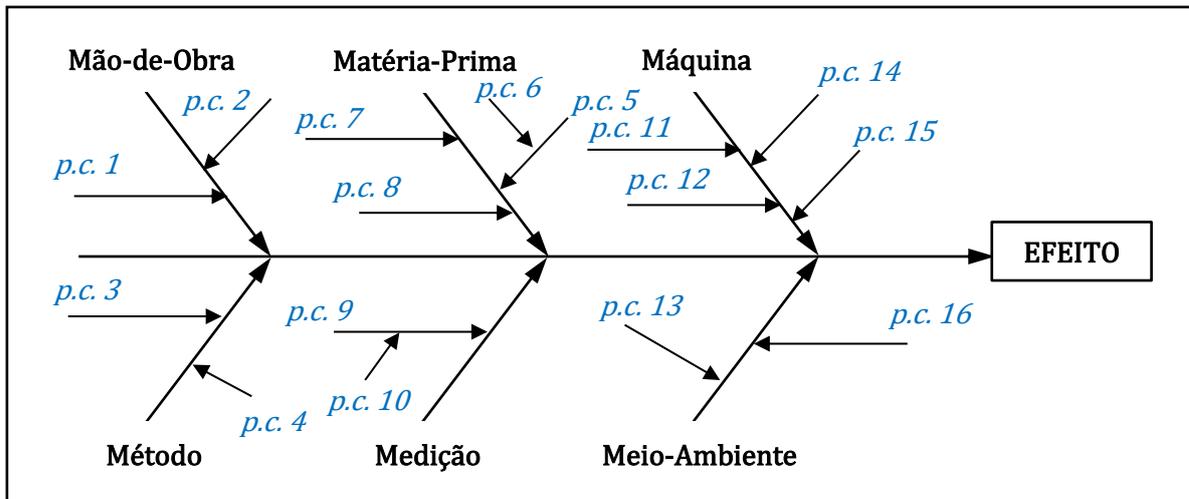
Logo, o diagrama de causa e efeito oferece os seguintes benefícios, segundo Brassard *et al.* (2002):

- permite que uma equipe se concentre no conteúdo do problema, não na história do problema ou nos interesses pessoais divergentes de um membro da equipe;
- cria um retrato do conhecimento coletivo e consenso de uma equipe em torno de um problema, e isso cria suporte para as soluções resultantes;
- concentra a equipe nas causas, não nos sintomas.

Na Figura 8 da Seção 2.3 fizemos menção a esse diagrama, o qual repetimos na Figura 16. Esse diagrama apresenta as seguintes características principais segundo Brassard *et al.* (2002), e Pyzdek e Keller (2010):

- o *efeito*, ou o problema analisado, situa-se à direita na *cabeça do peixe*. O lado esquerdo do diagrama contém as *prováveis causas (p.c.) classificadas por categorias* (ex.: 6M), as quais são obtidas perguntando ***Por que esse problema (o efeito) ocorre?***

Figura 16 – Características do diagrama de causa e efeito.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Ishikawa (1997, p. 64) e Campos (1992, p. 18).

No Figura 16 podemos ver que *p.c. 1* e *p.c. 2* são prováveis causas da categoria *Mão-de-Obra* que causam o efeito estudado. As setas mostradas no diagrama indicam que as respectivas prováveis causas impactam no efeito para qual a mesma aponta;

- b) após definir cada provável causa, General Cable Corp (2016b) sugere que é importante sempre verificar a existência de relação de causa e efeito perguntando, por exemplo *A 'p.c. 1' **poderia causar** esse problema (o efeito)?* Se a resposta for *Sim* então podemos concluir que existe uma provável relação de causa e efeito, e assim *p.c. 1* fica mantida no diagrama, caso contrário tal provável causa deveria ser revista pela equipe;
- c) indo mais a fundo pode também ser perguntado ***Por que*** essa ***provável causa*** ocorre? Como pode ser visto na Figura 16 (uma seta apontando para dentro de outra seta) temos que a *'p.c. 5'* ocorre por causa da *'p.c. 6'* ou a *'p.c. 9'* ocorre por causa da *'p.c. 10'*, e assim sucessivamente. Também é válido perguntar a *'p.c. 6'* ***poderia causar*** a *'p.c. 5'*? para verificar a existência de relação de causa e efeito, conforme explicado no item *b*;
- d) depois de definido as prováveis causas, selecionar ou votar as mais relevantes, e para cada uma delas obter as *prováveis causas raízes* perguntando sucessivamente ***Por que*** ***[...]***? e checando a relação de causa e efeito perguntando ***[...] poderia causar [...]***?, de forma similar ao visto no item *c*, utilizando o método dos *Cinco Porquês* segundo Eckes (2001).

A sequência de questionamentos utilizando essa metodologia deve ser interrompida, segundo Eckes (2001), quando ocorre uma das duas situações: quando as prováveis causas começam a se repetir, ou quando a equipe começa a ficar sem ideias. A metodologia sugere que, na quinta resposta da pergunta ***Por que [...]?*** já deveremos estar muito próximo da provável causa raiz. E uma vez a tendo, já é possível tomar ações corretivas para resolver de forma eficiente (e não *paliativa*) o problema.

2.5.3. Estratificação

Segundo Campos (1992), estratificar é dividir um problema em *estratos* (camadas) de problemas de origens diferentes. A estratificação é uma *análise do processo*, pois é um método para ir em busca da origem do problema.

Brassard *et al.* (2002) citam que a estratificação pode fornecer informações úteis sobre o que realmente está acontecendo em um processo. Ao exibir dados estratificados, devemos identificar e/ou distinguir os pontos de dados para separar visualmente os mesmos em vários grupos utilizando os seguintes métodos:

- a) etiquetas, cores ou símbolos diferentes;
- b) diferentes gráficos lado a lado.

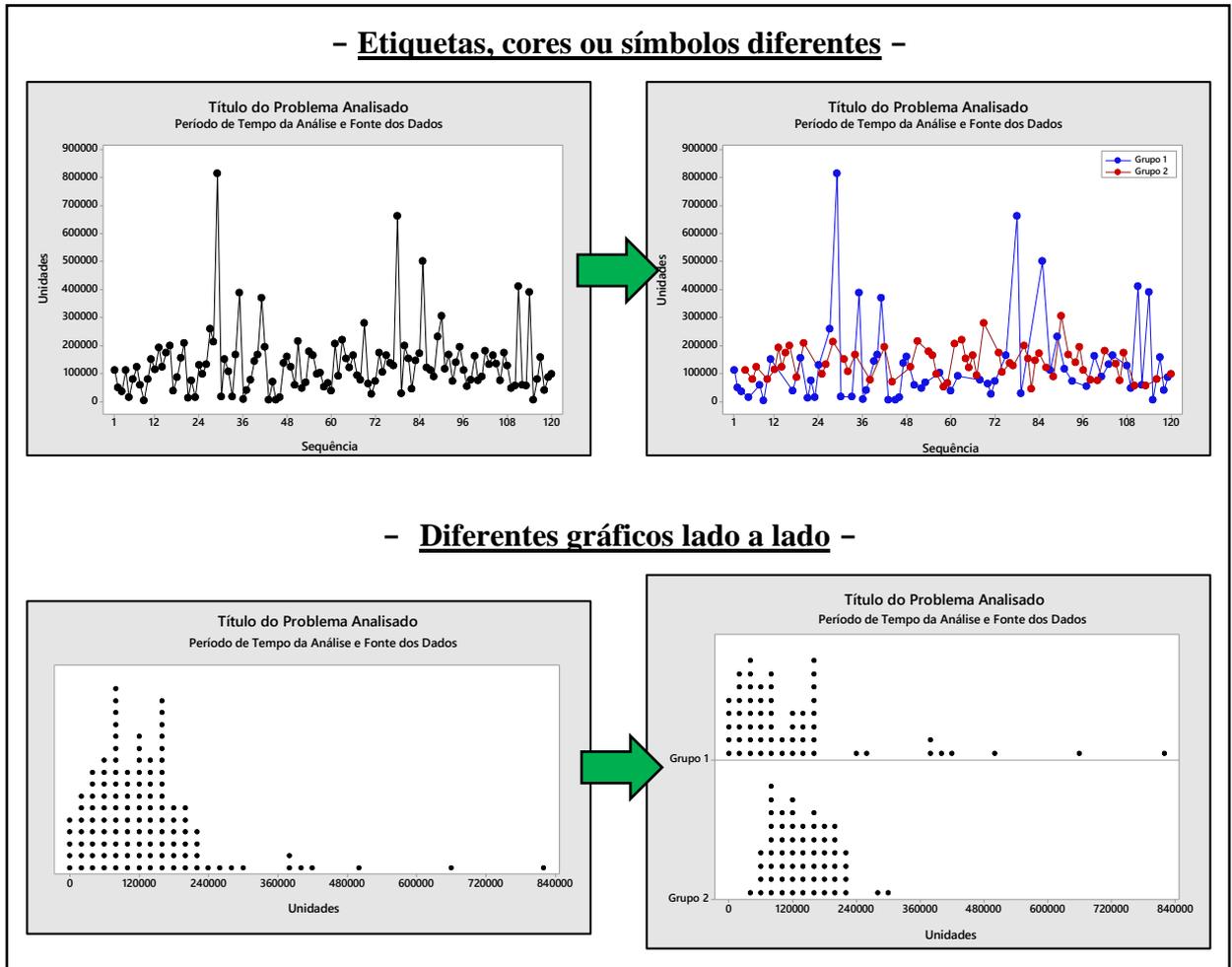
Na Figura 17 podemos ver exemplos gráficos utilizando tais métodos.

Nota: muitos outros gráficos podem ser utilizados para estratificar dados: o próprio gráfico de Pareto, descrito na Seção 2.5.1 e 4.1, não deixa de ser um gráfico de estratificação de dados; na Seção 3.7 há inúmeros exemplos de gráficos estratificados como os gráficos de setor (Figuras 31 e 50), gráfico de barras (Figura 32), gráfico de colunas (Figuras 33, 35 a 38 e 48) e gráficos *box plot* (Figuras 43 a 46), entre outros mostrados nessa dissertação.

2.5.4. Folha de verificação

Também conhecida pelo seus nomes em inglês *checklist* ou *check sheet*, a folha de verificação é, segundo Montgomery (2009) e Grupo Forlogic (2016), um formulário de múltiplas utilidades aplicado para padronizar e facilitar a coleta de dados, além de uniformizar a verificação e execução de processos.

Figura 17 – Exemplos métodos de estratificação de dados.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Brassard *et al.* (2002).

A ferramenta permite uma rápida percepção da realidade e uma breve interpretação da situação, o que auxilia na redução de erros ou evita que o mesmo volte a ocorrer. Montgomery (2009) adiciona que:

“[...] Nos estágios iniciais de melhoria de processo, muitas vezes será necessário coletar dados operacionais históricos ou atuais sobre o processo sob investigação. [...] Uma folha de verificação pode ser muito útil nesta atividade de coleta de dados” (MONTGOMERY, 2009, p.199, **negrito do autor, tradução nossa**).

Segundo Grupo Forlogic (2016), a folha de verificação pode ser utilizada nas seguintes situações:

- a) distribuição do processo de produção: controla a produção por amostragens, a qual é utilizada quando se quer analisar se a medida de um item está em conformidade com a especificação;
- b) quando os dados podem ser observados e recolhidos repetidamente pela mesma pessoa ou no mesmo local;
- c) verificação de itens defeituosos: determina qual a frequência de um erro e sua localização;
- d) causas de defeitos: é utilizada para coletar dados que comprovem as causas do defeito;
- e) coleta dados sobre a frequência ou padrões de eventos, problemas, defeitos, localização de defeitos, causas de defeito, de um processo de produção, entre outros;
- f) verifica a execução do processo: seguir um *checklist* assegura a execução correta de todas as partes do processo;
- g) delega tarefas facilmente: a padronização da execução dos processos por meio de *checklists* permite que tarefas sejam executadas por outras pessoas mais facilmente.

Apesar de não existir um modelo padrão, alguns passos podem ser seguidos para criar uma folha de verificação eficiente baseado em Montgomery (2009) e Grupo Forlogic (2016):

- a) definir o objetivo da coleta de dados, respondendo as seguintes questões:
 - quais dados/informações/tipos de dados serão necessários coletar? a informação listada é útil para diagnosticar a causa do mau desempenho? é importante ter em mente que o resumo de dados orientado pelo tempo é particularmente valioso na busca de tendências ou outros padrões significativos;
 - os dados podem ser analisados por diversos pontos de vista (isto é, será possível estratificá-los)?
 - como os dados serão registrados? se a folha de verificação for a base para a realização de cálculos posteriores, ou se for utilizada como planilha para entrada de dados em um computador, é importante ter certeza de que a mesma será adequada para esse propósito;
 - quem irá realizar as coletas de dados?
 - os coletadores foram devidamente instruídos e treinados para executar a coleta de dados?

- b) montar a folha de verificação com os campos para registros;
- c) incluir instruções para o preenchimento e conscientização para a coleta dos dados;
- d) execução de pré-teste. Em alguns casos, uma execução de teste para validar o layout e o desenho da folha de verificação pode ser útil;
- e) fazer a coleta dos dados.

Depois de realizar a coleta de dados, utilizar outras ferramentas estatísticas para a tomada de decisão.

Como exemplo, *suponhamos que o estabelecimento A tenha decidido compilar os problemas de reclamações de clientes recebidos semanalmente no último mês (período de aa/aa/aa a bb/bb/bb)*, sendo que para isso foi decidido preencher uma folha de verificação conforme mostrado no Quadro 4 (**nota:** cada traço vertical azul ‘|’ equivale a uma ocorrência observada).

Quadro 4 – Exemplo: folha de verificação para classificação dos tipos de reclamações de clientes do estabelecimento A ocorridas no último mês.

Reclamações de clientes	Semanas no período de aa/aa/aa a bb/bb/bb				Total
	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	
Aparência ruim	|||| |	|||| |	|||	|||| ||	24
Comida diferente do pedido	|||| |||| |||| |||| |	|||| |||| |||| |	|||| |||| |||	|||| |||| |||| |||	68
Comida fria	|||	|		||||	8
Comida muito salgada	|||| |	|	|||| |	|||	16
Comida misturada na marmita	|	||	|||| |||| ||||	|	19
Demora na entrega do pedido		|||			3
Faltou ingredientes	|||| |||	|||			11
Fio de cabelo na comida		|||| |||| ||	|	|||| |	20
Marmita vazando			|||| |		6
Pouca quantidade ingredientes	|||| |||| |	||||			16
Outros	|||	|||	|||| |	||	15
Total	63	52	50	41	206

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Montgomery (2009, p. 200).

Analisando esse exemplo, os padrões mostrados fazem com que comentários e perguntas específicos surjam, como:

- a) a primeira reclamação *Aparência ruim* aparece com menos frequência na 3ª semana (Por quê?);
- b) a reclamação *Comida diferente do pedido* aparece sistematicamente em todas as semanas (Por que isso ocorre?);
- c) na 3ª Semana não houve reclamações dos clientes quanto a *Comida Fria* (O que de diferente aconteceu nessa semana que ocasionou isso?);
- d) não houve reclamações quanto a presença de *Fio de cabelo na comida* na 1ª Semana (e apenas 1 reclamação na 3ª Semana), porém houve várias reclamações na 2ª e 4ª semanas (Por quê?)
- e) entre outras.

2.5.5. *Histograma*

Segundo Brassard *et al.* (2002), o histograma é uma ferramenta gráfica que serve para resumir os dados de um processo que foram coletados ao longo de um período de tempo, apresentando graficamente sua distribuição de frequência em forma de barras. Essa ferramenta tem as seguintes funções segundo Brassard *et al.* (2002):

- a) exibe grandes quantidades de dados que são difíceis de interpretar em forma tabular;
- b) mostra a frequência relativa da ocorrência dos vários valores de dados;
- c) revela a centralização, a variação e a forma dos dados;
- d) ilustra rapidamente a distribuição básica dos dados;
- e) fornece informações úteis para prever o desempenho futuro do processo;
- f) ajuda a indicar se houve alguma mudança no processo;
- g) ajuda a avaliar se o processo é capaz de atender aos requisitos do cliente.

Exemplos de histogramas podem ser vistos nas Seções 2.4 e 4.3.

2.5.6. Diagrama scatter ou de dispersão

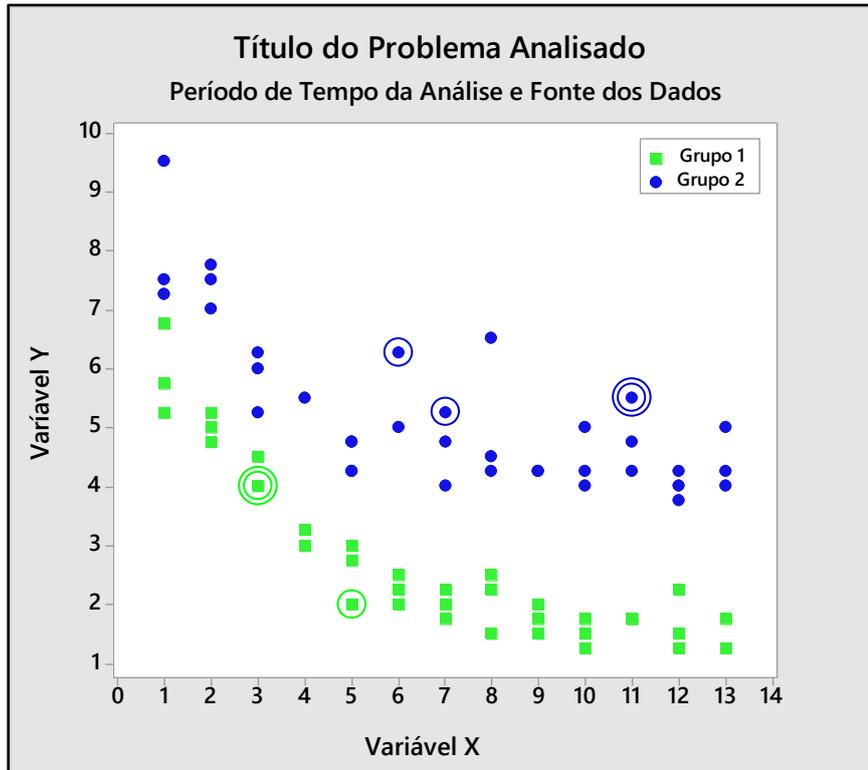
Segundo Brassard *et al.* (2002), Montgomery (2009), e Pyzdek e Keller (2010), o diagrama de dispersão mede a relação entre duas variáveis contínuas. Essa ferramenta é utilizada para estudar e identificar uma potencial relação entre as mudanças observadas em dois diferentes conjuntos de variáveis.

Baseado em Brassard *et al.* (2002), Montgomery (2009), e Pyzdek e Keller (2010), o diagrama de dispersão tem as seguintes características, cuja ilustração pode ser visto na Figura 18:

- a) cada ponto de dados representa um par de medição (X, Y) ;
- b) a estratificação, usando diferentes símbolos/cores, permite que se busque por vários padrões;
- c) o padrão formado pela dispersão é uma pista importante para indicar que tipo de relacionamento pode existir entre as duas variáveis;
- d) duas variáveis são representadas, sendo que geralmente o efeito (variável dependente) está no eixo vertical (Y), e a causa potencial (variável independente) está no eixo horizontal (X), ou seja, $Y = f(X)$;
- e) ambos os eixos são aproximadamente iguais em comprimento, de modo que o gráfico tenha uma forma próxima a uma forma quadrada;
- f) a escala de medição geralmente aumenta quando move-se para cima no eixo vertical e para a direita no eixo horizontal;
- g) um número localizado próximo a um ponto, ou uma quantidade de pequenos círculos concêntricos circundando um ponto, indicam a quantidade de pontos sobrepostos num mesmo (X, Y) ;
- h) A variável independente X deve estar variada em um intervalo suficientemente grande. Quando X é alterado apenas para uma pequena quantidade, pode-se correr o risco de não ver uma correlação com Y , embora a correlação possa realmente existir.

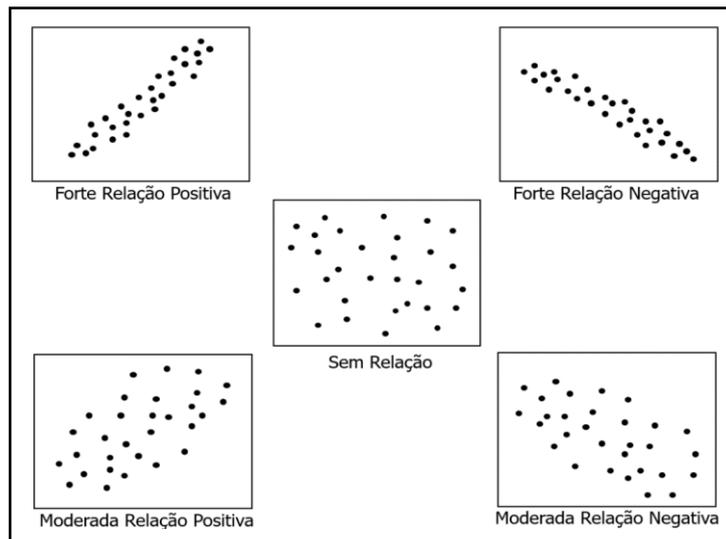
Conforme mencionado no item *c*, o padrão formado pela dispersão dos pontos auxilia na interpretação dos dados. Segundo Brassard *et al.* (2002), as cinco ilustrações da Figura 19 mostram os vários padrões e significados que o diagrama de dispersão podem ter.

Figura 18 – Características do diagrama de dispersão (variável Y versus variável X).



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Brassard *et al.* (2002, p. 229) e General Cable Corp. (2016b, p. 89).

Figura 19 – Padrões nos gráficos de dispersão.



Fonte: Brassard *et al.* (2002, p. 231) e General Cable Corp. (2016b, p. 91).

Brassard *et al.* (2002) complementam que o diagrama de dispersão não prevê relações de causa e efeito, isto é, mostra apenas a força da relação entre duas variáveis. Quanto mais forte a relação, maior a probabilidade de que a mudança em uma variável afete a mudança em outra variável.

Os padrões da Figura 19 mostram a força da relação entre duas variáveis numa forma gráfica visual e subjetiva. Porém, podemos também avaliar tal força entre X e Y através da medida da *correlação* entre elas. Segundo Pyzdek e Keller (2010), estudos de correlação geralmente envolvem variação espontânea nas variáveis em estudo, onde os métodos de correlação para determinar a força da relação linear entre duas ou mais variáveis estão entre as técnicas estatísticas mais amplamente aplicadas.

Na maioria dos casos, a medida de correlação usada pelos analistas é a estatística r , às vezes chamada de *correlação momento-produto de Pearson*, ou simplesmente *coeficiente de correlação r de Pearson*, sendo que esse representa o grau na qual duas variáveis estão correlacionadas.

O coeficiente de correlação r , segundo Pyzdek e Keller (2010):

- a) mede a *força* da relação;
- b) varia de -1 a 1 ($-1 \leq r \leq 1$), em que:
 - quando $r = -1$: tem-se uma perfeita relação linear negativa ou inversa;
 - quando $r = 0$: não há relação linear;
 - quando $r = +1$: tem-se uma perfeita relação linear positiva.

A Figura 20 é semelhante a Figura 19, porém incluindo nessa os coeficientes de correlação r respectivo a cada padrão do diagrama de dispersão.

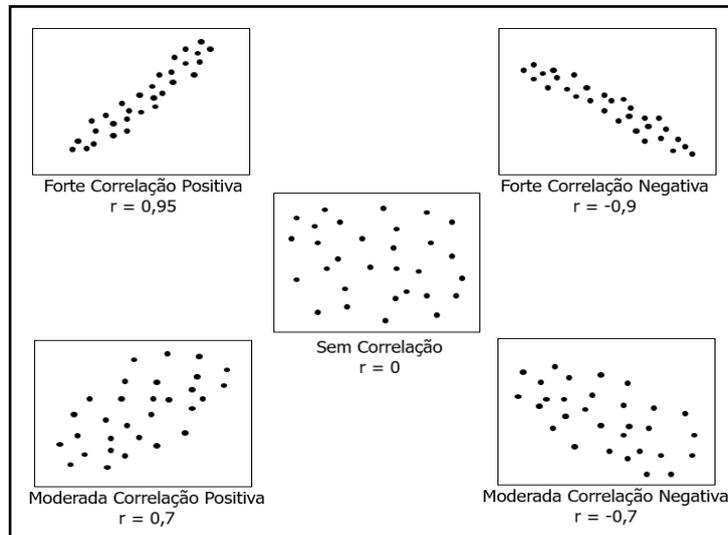
Pyzdek e Keller (2010) adicionam que interpretar o coeficiente de correlação r de forma isolada (sem ter em mãos o respectivo diagrama de dispersão) pode levar a uma conclusão *enganosa*, portanto os diagramas de dispersão devem ser sempre utilizados em conjunto com r para se tirar qualquer conclusão sobre a força da relação entre X e Y .

O coeficiente de correlação r pode ser calculado por intermédio do MS-Excel[®], cujo exemplo pode ser visto na Seção 4.6.

É importante ter em mente que, quando duas variáveis mostram uma relação num gráfico de dispersão diz-se que elas estão *correlacionadas*, mas isso não significa necessariamente que elas têm uma relação de causa e efeito, pois:

- **correlação** significa duas coisas que variam juntas;

Figura 20 – Padrões nos gráficos de dispersão *versus* coeficiente de correlação r de Pearson.



Fonte: General Cable Corp. (2016b, p. 96).

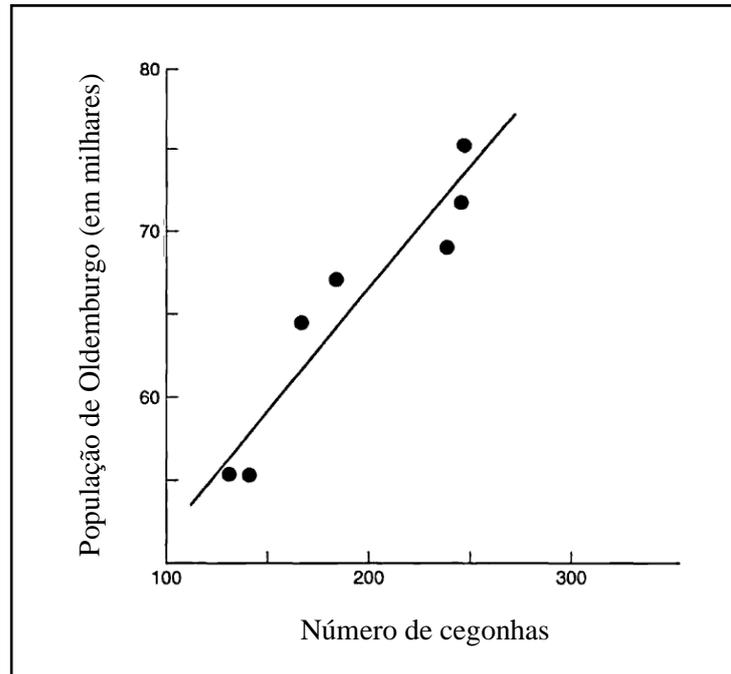
- **causação** significa mudanças em uma variável (X) que causam mudanças na outra variável (Y).

Segundo Pyzdek e Keller (2010), uma correlação perfeita não significa que haja uma relação de causa e efeito entre X e Y . Por exemplo, ambos X e Y poderiam ser determinadas por uma terceira variável, Z . Em tais situações, Z é descrita como uma *variável oculta* que está escondida, desconhecida pelo experimentador.

Montgomery (2009) adiciona que, ao ver duas variáveis com forte correlação, é tentador concluir que a relação entre elas é baseada em causa e efeito. O autor alerta que esse pensamento é potencialmente perigoso, porque *correlação* não implica necessariamente *causalidade*. Os diagramas de dispersão são úteis para identificar *relacionamentos potenciais*, sendo que outras ferramentas estatísticas deveriam ser utilizadas para verificar causalidade.

Para ilustrar esse comentário, a Figura 21 contém um gráfico que mostra a população da cidade de Oldemburgo–Alemanha no final de cada ano entre 1930-1936 (Y) *versus* o número de cegonhas observados naquele ano (X). O gráfico mostra uma forte correlação positiva entre as variáveis, porém sem qualquer causação lógica.

Figura 21 – Correlação *versus* causalidade.



Fonte: Box, Hunter e Hunter (2005, p. 8, tradução nossa).

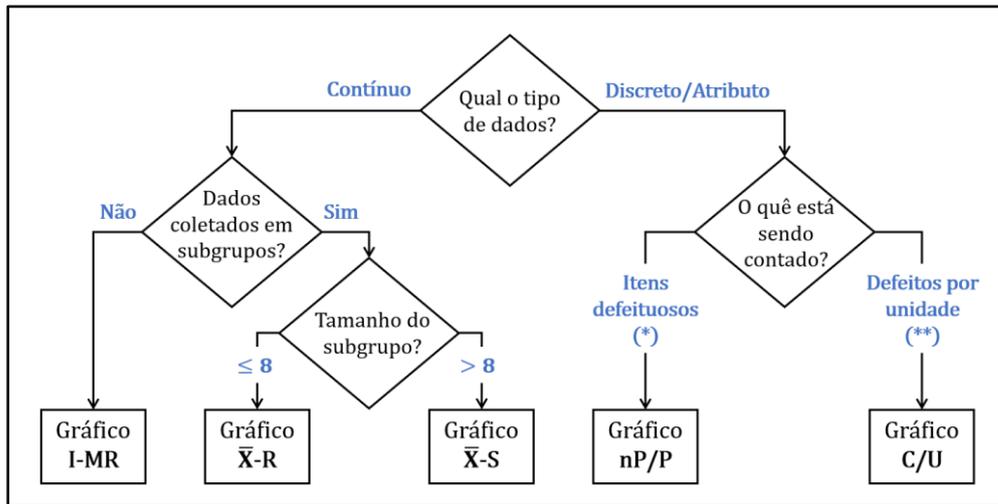
2.5.7. Gráfico e diagrama de controle

Segundo Brassard *et al.* (2002) o gráfico, diagrama ou carta de controle é uma ferramenta estatística desenvolvida para monitorar, controlar e melhorar o desempenho do processo ao longo do tempo, estudando a variação e sua(s) origem(ns). Suas principais funções são:

- concentrar a atenção na detecção e monitoramento da variação do processo ao longo do tempo;
- distinguir as causas especiais das causas comuns de variação, servindo assim como um guia para a ação local ou de gestão;
- servir como uma ferramenta de controle contínuo de um processo;
- ajudar a melhorar um processo para funcionar de forma consistente e previsível para maior qualidade, menor custo e maior capacidade efetiva;
- fornecer uma linguagem comum para discutir o desempenho do processo.

Existem vários tipos de gráficos de controle, cada um apropriado ao tipo de dados que o processo avaliado possui. Na Figura 22 pode ser visto um fluxograma que ajuda a selecionar o gráfico de controle ideal para cada situação.

Figura 22 – Escolhendo um gráfico de controle.⁹



Fonte: Software Minitab® versão 17.1.0 (comandos *Assistant\ Control Charts...*).

Notas: segundo Brassard *et al.* (2002, p. 76, tradução nossa), temos que:

(*) “[...] Item defeituoso = uma unidade inteira que falha no atendimento aos critérios de aceitação do produto, independentemente do número de defeitos na mesma”.

(**) “[...] Defeito = falha no atendimento a um dos critérios de aceitação. Uma unidade ou item defeituoso poderia ter vários defeitos”.

Montgomery (2009) cita que uma carta de controle é um tipo especial de gráfico de série temporal. Para as cartas cujos dados seguem uma distribuição normal, a média e o desvio padrão são geralmente calculados a partir de dados históricos correspondentes ao estado de controle, sendo que a linha central representa a média dos dados históricos, e linhas são também traçadas em ± 1 , ± 2 e ± 3 desvios padrões.

Uma carta de controle mostra como o processo tem se comportado historicamente, assim pode-se ver se o processo está se comportando conforme esperado. Isto permite a detecção de causas especiais de variação e, quando não existem causas especiais existentes e o processo está

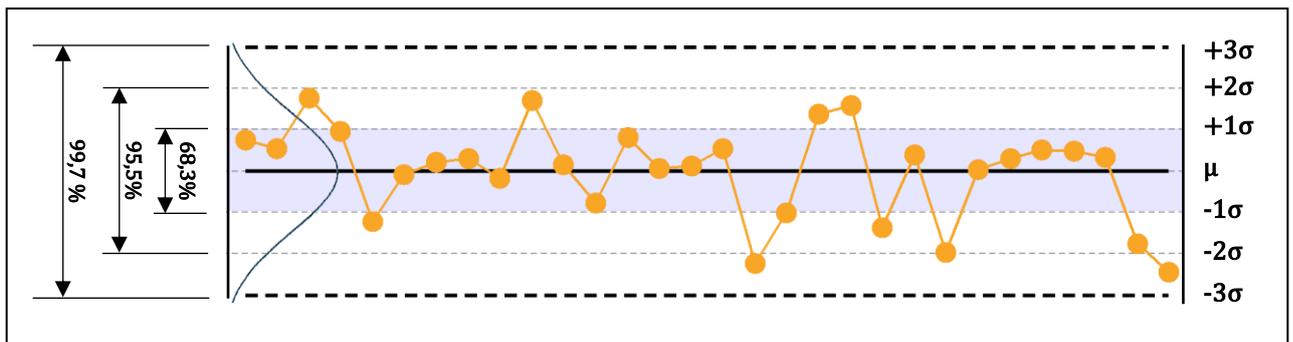
⁹ Segundo Brassard *et al.* (2002), há ainda outros tipos especiais de gráfico de controle como gráfico de mediana e amplitude ($\bar{X} - R$), gráfico de pré-controle, gráfico de média-móvel e amplitude e gráfico de soma acumulada ou cumulativa. No fluxograma da Figura 22 estão mostrados os gráficos mais comuns.

se comportando conforme esperado, diz-se que o mesmo está *sob controle* ou *estável*. Com base nas regras de distribuição normal, quando um processo está *sob controle* ele irá mostrar, em geral:

- todos os pontos dentro dos limites de controle;
- aproximadamente dois terços dos pontos no meio do gráfico (± 1 desvio padrão);
- um padrão aleatório de pontos.

A Figura 23 ilustra um exemplo de uma carta de controle baseado em dados que seguem uma distribuição normal. As linhas tracejadas externas em ± 3 desvios padrões (σ) são chamadas de *Limites de Controle Superior (LCS)* e *Inferior (LCI)*.

Figura 23 – Exemplo carta de controle (dados que seguem uma distribuição normal).



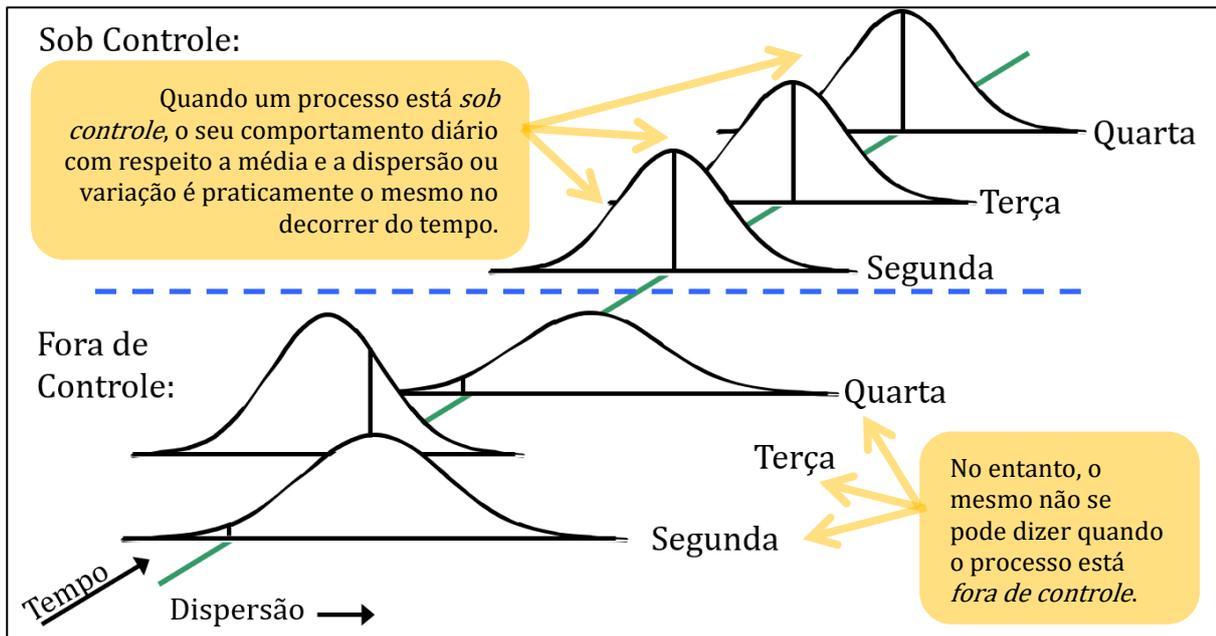
Fonte: Adaptado pelo autor com base em General Cable Corp. (2016a, p. 313).

Brassard *et al.* (2002) também complementam que, se o processo não estiver sendo afetado por causas especiais, e com todos os pontos dentro dos limites de controle e dispersos aleatoriamente sobre a linha média para um sistema em controle, então esse processo está *sob controle estatístico*.

Uma vez que o processo está *sob controle estatístico* ou *estável* é possível fazer previsões sob o mesmo, conforme ilustrado na Figura 24. Segundo Montgomery (2009), só se pode prever um processo quando o mesmo está nessas condições sem quaisquer causas especiais, e a carta de controle é a ferramenta adequada para verificar se o processo tem tal estabilidade.

É importante ressaltar, segundo Brassard *et al.* (2002), que a palavra *controle* não significa necessariamente que o produto ou serviço atenderá às necessidades requeridas do cliente, ou seja, significa apenas que o processo é *consistente*. Não deve ser confundido os

Figura 24 – Processo *sob controle/estável* e processo *fora de controle*.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Montgomery (2009, p. 182) e General Cable Corp. (2016a, p. 314).

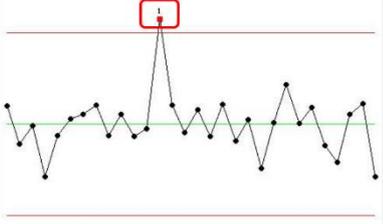
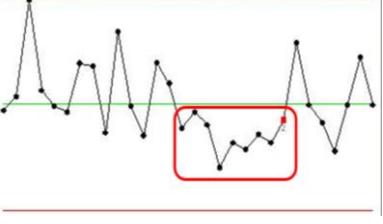
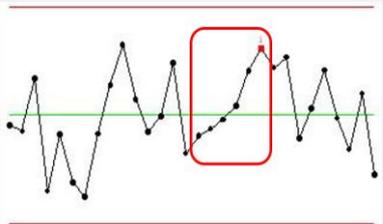
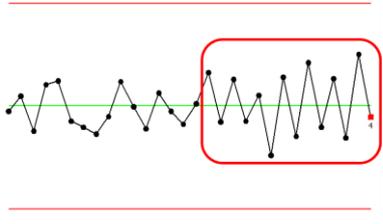
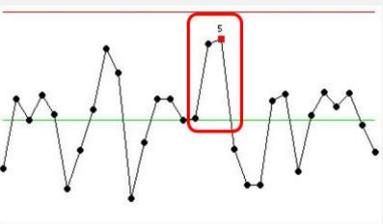
limites de controle com os *limites de especificação*, sendo que esse último está relacionado aos requisitos do cliente e não à variação do processo. Adiante dissertamos sobre os *limites de especificação*.

Para avaliar as causas especiais numa carta de controle, oito testes de causas especiais podem ser aplicados para verificar sobre o controle do processo conforme pode ser visto no Quadro 5. Com referência aos testes, temos que:

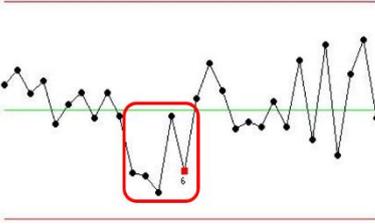
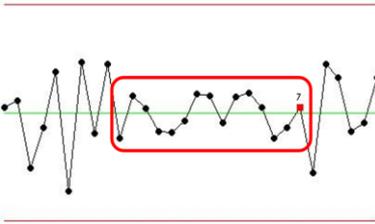
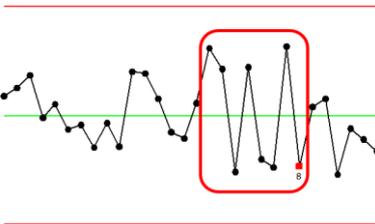
- os 4 primeiros testes (1 a 4 do Quadro 5) se aplicam a todos os tipos de cartas de controle, segundo software Minitab® versão 17.1.0;
- os últimos 4 testes (5 a 8 do Quadro 5) se aplicam a cartas que utilizam dados contínuos normalmente distribuídos, segundo software Minitab® versão 17.1.0;
- os testes determinam se os pontos do gráfico estão ou não distribuídos aleatoriamente dentro dos limites de controle, e esses identificam:
 - mudanças;
 - tendências;
 - alterações na variação;
 - valores extremamente altos ou baixos.

Logo, se o processo for *reprovado* em todos esses oito testes do Quadro 5, então ele é dito como *sob controle estatístico* ou *estável*.

Quadro 5 – Testes para causas especiais em cartas de controle (continua).

Teste para causa especial n ^o .	Descrição do teste (ocorrência)	Exemplo gráfico (linhas vermelhas: limite de controle superior-LCS e inferior-LCI; linha verde central: média)	Provável diagnóstico
1	Um (ou mais) ponto(s) além dos limites de controle	 <p>Um gráfico de controle com uma linha verde central e duas linhas vermelhas (LCS e LCI). Um único ponto está destacado por um retângulo vermelho, pois está acima da linha superior vermelha.</p>	Identifica um valor incomum alto ou baixo
2	Nove pontos consecutivos num mesmo lado da linha central	 <p>Um gráfico de controle com uma linha verde central e duas linhas vermelhas. Um grupo de nove pontos consecutivos está destacado por um retângulo vermelho, pois todos estão abaixo da linha verde central.</p>	Indica uma mudança no processo
3	Seis pontos consecutivos, todos ascendendo ou descendendo	 <p>Um gráfico de controle com uma linha verde central e duas linhas vermelhas. Um grupo de seis pontos consecutivos está destacado por um retângulo vermelho, mostrando uma clara tendência ascendente.</p>	Indica uma tendência
4	Quatorze pontos consecutivos alternando para cima e para baixo	 <p>Um gráfico de controle com uma linha verde central e duas linhas vermelhas. Um grupo de quatorze pontos consecutivos está destacado por um retângulo vermelho, alternando regularmente acima e abaixo da linha verde central.</p>	Indica uma mudança na variação
5	Dois de três pontos consecutivos mais do que 2 desvios padrões da linha central (do mesmo lado)	 <p>Um gráfico de controle com uma linha verde central e duas linhas vermelhas. Um grupo de dois pontos consecutivos está destacado por um retângulo vermelho, pois ambos estão a uma distância significativa da linha verde central.</p>	Identifica uma mudança no processo

Quadro 5 – Testes para causas especiais em cartas de controle (conclusão).

Teste para causa especial n ^o .	Descrição do teste (ocorrência)	Exemplo gráfico (linhas vermelhas: limite de controle superior-LCS e inferior-LCI; linha verde central: média)	Provável diagnóstico
6	Quatro de cinco pontos consecutivos mais do que 1 desvio-padrão da linha de centro (no mesmo lado)		Identifica uma mudança no processo
7	Quinze pontos consecutivos dentro de 1 desvio-padrão da linha central (em qualquer lado)		Identifica uma mudança na variação
8	Oito pontos consecutivos contidos em mais de 1 desvio-padrão da linha central (em qualquer lado)		Identifica uma mudança na variação

Fonte: Brassard *et al.* (2002, p 84-85), General Cable Corp. (2016a, p. 319-326) e software Minitab[®] versão 17.1.0.

2.5.8. Processo sigma

Processo sigma, segundo Brassard *et al.* (2002), é uma métrica utilizada para medir o desempenho de um determinado processo a partir da perspectiva do cliente, isto é, medir quanta variação existe em um processo em relação à(s) especificação(ões) do cliente.

O valor do *processo sigma* é baseado no número de defeitos por milhão de oportunidades¹⁰ (DPMO), ou seja, é uma expressão do rendimento do processo com base no

¹⁰ O termo *oportunidades* aqui refere-se a *oportunidades para defeitos*, o qual pode ser definido, segundo MI Domenech (2020), como as diversas chances ou oportunidades para que um determinado produto apresente um defeito, onde quanto mais complexo é um produto (ex.: produtos eletrônicos) mais oportunidades de defeitos esse irá ter.

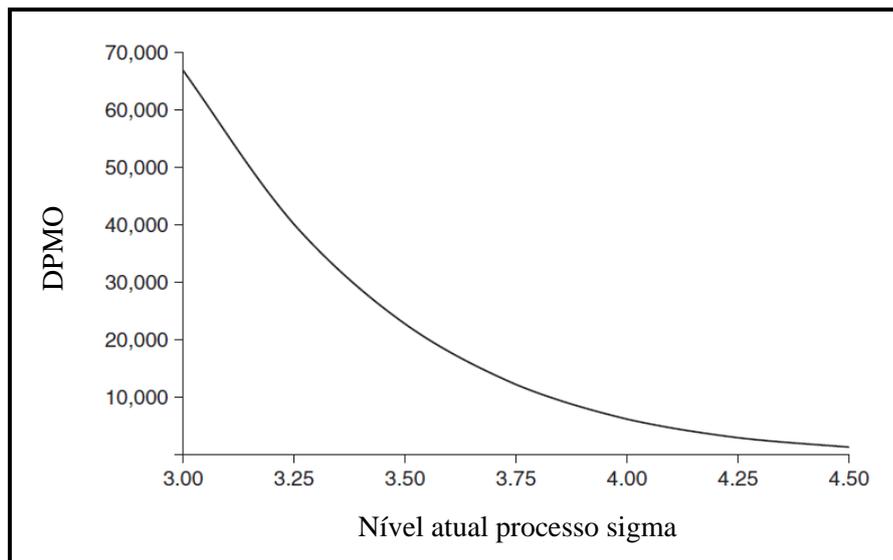
Segundo Minitab, LLC (2021a), métricas como DPU (Defeitos por Unidade), DPO (Defeitos por Oportunidade) ou DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades) são utilizadas para avaliar os defeitos em um produto. Em Minitab, LLC (2021a) pode ser visto exemplos de cálculo utilizando essas métricas.

DPMO. Se um processo tiver muita variação em relação à(s) especificação(ões) do cliente, então tal processo terá um baixo valor de *processo sigma*, caso contrário terá um alto valor.

Segundo Pyzdek e Keller (2010), um processo é denominado *seis sigma* quando o mesmo gera um número muito pequeno de defeitos (3,4 defeitos por milhão de oportunidades), quer dizer, tem um rendimento de 99,99966% livre de defeitos. Pyzdek e Keller (2010) adicionam que a taxa de erro cai exponencialmente conforme o nível sigma sobe, conforme ilustrado na Figura 25, logo isso nos permite deduzir que:

- a) um processo com muita variação é um processo difícil de produzir resultados dentro das especificações do cliente (DPMO alto), logo tem valores sigma baixos (0 a 2 sigma);
- b) em um processo com variação moderada, a maior parte da produção atende aos requisitos do cliente (DPMO moderado), logo tem valores médios de sigma (3 a 5 sigma);
- c) em um processo com muito pouca variação, praticamente toda a produção atende aos requisitos do cliente, menos de 4 ppm (partes por milhão) fora das especificações (DPMO baixo), logo tem valores altos de sigma (6 sigma).

Figura 25 – Taxa de erros (DPMO) versus nível processo sigma.



Fonte: Adaptado de Pyzdek e Keller (2010, p. 5, tradução nossa)

Segundo Pyzdek e Keller (2010) e Montgomery (2009), a métrica *processo sigma* faz parte da metodologia *seis sigma* citada na Seção 2.1, metodologia essa desenvolvida pela

sigma considera que um processo seis sigma gera 3,4 DPMO, ou tem um rendimento de 99,99966% livre de defeitos?

Segundo Pyzdek e Keller (2010), Montgomery (2009) e General Cable Corp. (2016c), a Motorola determinou, através de anos de processo e coleta de dados, que os processos variam e mudam com o tempo – fenômeno esse conhecido como *Variação Média Dinâmica de Longo Prazo* – e essa variação normalmente fica entre 1,4 e 1,6 desvios padrões (1,5 desvios padrões em média). Após um processo ter sido aprimorado utilizando a metodologia seis sigma calcula-se o desvio padrão do processo e o valor sigma para avaliar os resultados de melhoria, porém esses são considerados valores de *curto prazo* porque tais dados contêm apenas variação de causa comum, uma vez que um projeto de melhoria e a coleta associada de dados de processo ocorrem ao longo de um período de meses, ao invés de anos. Os dados de longo prazo, por outro lado, contêm variação de causa comum e variação de causa especial (ou atribuível). Como os dados de curto prazo não contêm essa variação de causa especial, normalmente terão uma capacidade de processo mais alta do que os dados de longo prazo, onde essa diferença é a mudança de 1,5 desvios padrões.

Na Figura 26, a curva normal verde representa o desvio da média do processo ao longo do tempo em $\pm 1,5$ desvios padrões, o que aumenta a variação geral do processo, reduzindo assim o valor do rendimento do processo. Por essa razão diz-se então que um processo seis sigma, *a curto prazo*, representa um rendimento de 99,99966% livre de defeitos (ou gera 3,4 DPMO) *a longo prazo*.

Na Tabela 3 pode ser visto os rendimentos a longo prazo de processos sigma variando de 1 a 6 sigma, em intervalos de 0,5 sigma (para mais valores de *processo sigma* pode ser consultado a Tabela 15 do Apêndice E).

Segundo Brassard *et al.* (2002), a vantagem de se utilizar o *processo sigma* como um métrica são:

- a) indicador mais sensível do que o percentual de rendimento: *percentual de rendimento* refere-se a quanto da produção do processo é aceitável para os clientes. Um rendimento de aproximadamente 99% parece soar bem, mas o valor de 6.210 DPMO, conforme pode ser visto na Tabela 3 neste nível de qualidade, mostra que há ainda espaço significativo para melhorias.

Brassard *et al.* (2002) e General Cable Corp. (2016c) adicionam que, conforme mostrado na Tabela 3, as medidas de porcentagem são indicadores menos sensíveis à medida que o processo vai ficando cada vez melhor. Isso é especialmente verdadeiro

Tabela 3 – Tabela processo sigma

Processo sigma (curto prazo)	Rendimento (longo prazo)	Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)
1,0	30,9%	691.462
1,5	50,0%	500.000
2,0	69,1%	308.538
2,5	84,1%	158.655
3,0	93,3%	66.807
3,5	97,7%	22.750
4,0	99,38%	6.210
4,5	99,87%	1.350
5,0	99,977%	233
5,5	99,9968%	32
6,0	99,99966%	3,4

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Brassard *et al.* (2002, p. 213).

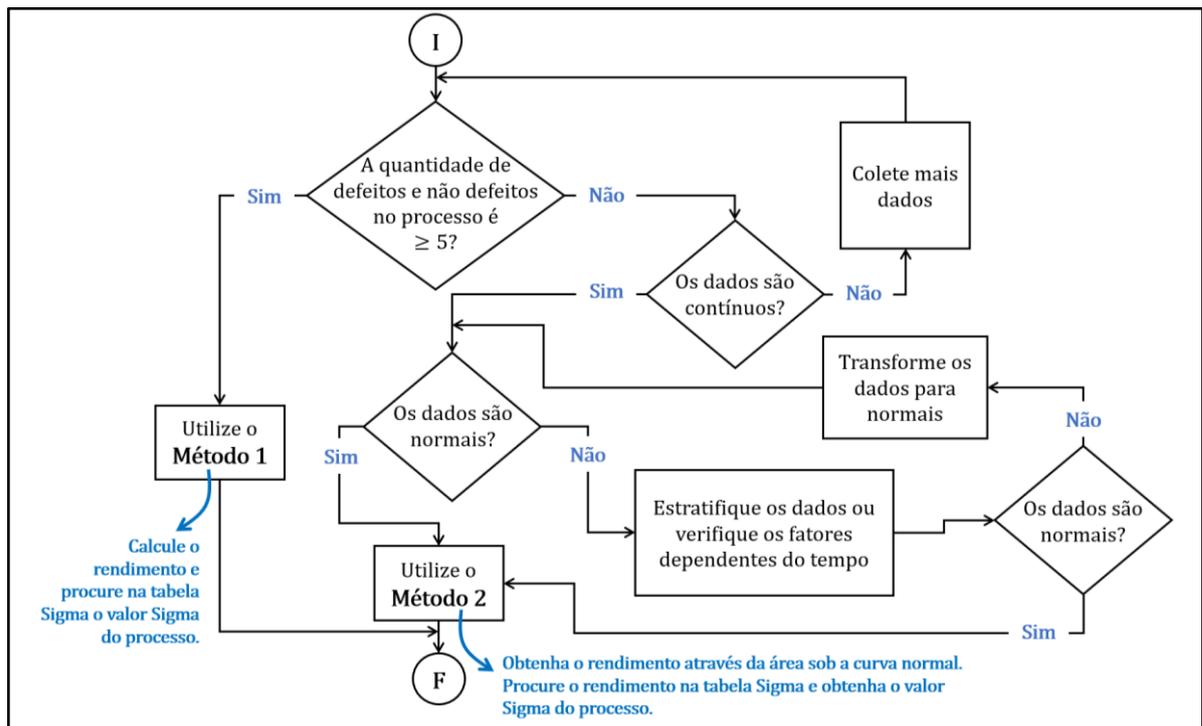
para processos de produção em escala com alto volume. É fácil ter uma ideia intuitiva da diferença entre 93% e 99% de qualidade, mas 99,977% e 99,9997% não parecem tão diferentes – no entanto, ambas as comparações refletem uma diferença de 1 sigma.

Como exemplo pode-se perguntar: um rendimento de 99,9% de qualidade é bom o suficiente? Segundo General Cable Corp. (2016c), através do ponto de vista de defeitos gerados por determinados processos, isso seria equivalente a:

- 20.000 artigos de correspondência perdida por hora;
 - água potável imprópria ao consumo por quase 15 minutos por semana;
 - 5.000 operações cirúrgicas incorretas por semana;
 - 2 pousos curtos ou longos na maioria dos principais aeroportos a cada dia;
 - 200.000 prescrições de medicamentos erradas por ano;
 - falta de eletricidade por quase 7 horas por mês;
 - entre outros.
- b) concentra-se nos defeitos: mesmo um único defeito reflete uma falha aos olhos do cliente;
- c) permite comparar mais facilmente o desempenho de diferentes processos através do uso de uma métrica comum.

Segundo Brassard *et al.* (2002), há dois métodos comumente usados para calcular o processo sigma, chamados de *Método 1* e *Método 2*. O *Método 1* calcula o rendimento real do processo e converte para o sigma correspondente, e o *Método 2* procura uma aproximação normal de rendimento na tabela sigma de processo. Para escolher o método apropriado, deve ser consultado o fluxograma mostrado na Figura 27.

Figura 27 – Escolhendo o método (1 ou 2) para calcular o processo sigma.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em General Cable Corp. (2016c, p. 685, tradução nossa).

Conforme mencionado, as sete ferramentas são úteis para alcançar a estabilidade do processo e melhorar a capacidade por meio da redução da variabilidade. Porém, para garantir que os ganhos obtidos sejam permanentes, um ação importante deve ser executada para que esses se mantenham e não haja retrocesso ou recorrência dos problemas anteriores.

Pyzdek e Keller (2010) citam que todas as organizações têm sistemas projetados para garantir estabilidade e proteção contra mudanças indesejáveis, onde algumas maneiras sugeridas para proteger tais ganhos incluem: *novas políticas, novos padrões, modificar procedimentos, modificar treinamentos, modificar critérios de auditoria*, entre outros.

Logo, estamos nos referindo aqui a dois elementos primordiais ao controle estatístico de qualidade que são a *padronização* e o *controle*, os quais dissertaremos na próxima seção.

2.6. Padronização e controle

Uma vez que o controle estatístico de qualidade busca a redução e controle da variabilidade do produto visando melhorar sua qualidade e a satisfação dos clientes, um elemento fundamental e intrínseco à essa metodologia que não pode ser negligenciado é a *padronização*. O controle estatístico de qualidade nos auxilia em investigar e conhecer o processo para que possamos definir ações corretivas e preventivas para reduzir a variabilidade; porém, para assegurar que a variabilidade reduzida em função da implementação de tais ações seja mantida, é necessário *padronizar e controlar* as melhorias implementadas para evitar a recorrência dos problemas.

Segundo Campos (2004), a padronização é considerada a mais fundamental das ferramentas gerenciais nas empresas modernas do mundo, onde as pessoas que ocupam cargos gerenciais precisam entender que a padronização é o caminho seguro para a produtividade e competitividade em nível internacional, pois é uma das bases onde se assenta o moderno gerenciamento.

Entre os resultados da padronização, Campos (2004, p. 101, negrito do autor, grifo nosso) cita que:

“**b) Registro da técnica da empresa:** o sistema de padronização permite registrar a técnica pessoal como técnica da empresa (e difundir esta técnica por meio da educação e treinamento);”

“**c) Manutenção e melhoria da qualidade:** permite [...] a melhoria e garantia da confiabilidade; a fabricação com qualidade uniforme; a eliminação de dificuldades e problemas de processamento; a prevenção da ocorrência de problemas; o estabelecimento de procedimentos padrão de operação;”

Os textos grifados e sublinhados acima são consequências naturais da padronização, os quais comentamos:

- a) registrar a técnica pessoal como técnica da empresa: isso significa que o *know-how* para se produzir tal produto fica registrado no negócio e não apenas *na cabeça* dos colaboradores. Isso elimina o risco de se perder tal conhecimento se tal colaborador se ausentar ou se desligar do negócio;
- b) educação e treinamento: segundo Campos (1992), a educação e treinamento são a base de sustentação do controle de qualidade total e da manutenção da continuidade do processo de melhorias. Enquanto a educação é voltada para a mente das pessoas e para o seu autodesenvolvimento, o treinamento é voltado para as habilidades na tarefa a ser

executada. Portanto, educação e treinamento dos colaboradores são fundamentais para a manutenção da variabilidade do produto;

- c) estabelecimento de procedimentos padrão de operação: no caso específico para produzir um produto é a *receita* de fabricação do mesmo (o *registro do conhecimento da empresa* conforme explicado no item *a*) a qual, através da *educação e treinamento* conforme explicado no item *b*, permitirá aos colaboradores fabricarem os produtos com qualidade uniforme e sem ocorrência de problemas.

Outro ponto importante para ser comentado diz respeito ao termo *controle*: uma vez padronizado, devem-se estabelecer, segundo Campos (1992), *pontos de controle* de tal forma a confirmar que os procedimentos implementados estejam sendo cumpridos e evitem a recorrência de problemas. *Manter sob controle* é saber localizar o problema, analisar o processo, padronizar e estabelecer itens de controle/verificação de tal forma que os problemas nunca mais ocorram.

2.7. Conclusão referencial teórico

Concluimos assim o referencial teórico. Nosso objetivo nessa seção foi o de mostrar a conexão existente entre o tema *qualidade* e *variação*, passando pelos conceitos de *processo* e dos *fatores 6M de manufatura*. Logo, melhorar a *qualidade* é sinônimo direto de *reduzir e controlar a variação*, onde para isso se faz necessário o *uso de dados* e das *ferramentas e técnicas estatísticas*, algumas dessas definidas na Seção 2.5, e com procedimentos e exemplos de construção na Seção 4.

Essas afirmações reforçam duas definições de qualidade citadas por Montgomery (2009, p. 6-7, tradução nossa): “A qualidade é inversamente proporcional à variabilidade”, e “A melhoria da qualidade é a redução da variabilidade de processos e produtos”.

Como iremos trabalhar com *amostras aleatórias de dados* para descrever e tirar conclusões sobre uma determinada *população de dados* estudada, então sempre estaremos à frente de incertezas e/ou erros de julgamento no que se refere a alguma conclusão e, consequen-

temente, na tomada de decisão sobre essa população¹¹. Logo, a Estatística é a ciência adequada para nos auxiliar em tais decisões.

No decorrer das próximas seções utilizaremos algumas ferramentas e métodos estatísticos necessários para cumprir com os objetivos estabelecidos nesse trabalho, onde gostaríamos de salientar que não será apresentada a conduta estatística desses como explicação das fórmulas e procedimentos de cálculo, detalhamento e desenvolvimento dos cálculos, entre outros, uma vez que o foco desse projeto é o de *ler e interpretar os resultados obtidos por esses testes estatísticos* para poder obter as respectivas conclusões. Tais cálculos serão feitos por auxílio de softwares estatísticos apropriados os quais serão referenciados nesse trabalho, onde serão mostrados apenas os resultados finais obtidos por esses. Caso o leitor deseje mais detalhes sobre as ferramentas e métodos estatísticos utilizados, deverá consultar a bibliografia pertinente.

¹¹ Segundo Minitab, LLC (2021b) isso é chamado de *Estatística Inferencial*, ou seja, usar uma amostra aleatória dos dados coletados de uma população para descrever e fazer inferências sobre a população. As estatísticas inferenciais são valiosas quando não é conveniente ou possível examinar cada membro de uma população inteira. A título de informação há também a *Estatística Descritiva*, onde essa fornece um resumo conciso dos dados que podem ser resumidos de forma numérica ou gráfica.

3. PERFIL DAS MPE DO SETOR DE ALIMENTAÇÃO DE POÇOS DE CALDAS–MG

Iniciamos essa seção formulando o problema e construindo as hipóteses, conforme pode ser visto a seguir:

3.1. Formulação do problema e construção de hipóteses

Segundo Gil (2002) toda pesquisa se inicia com algum tipo de problema ou indagação, sendo que um problema é dito de natureza científica quando envolve variáveis que podem ser tidas como testáveis. Logo, para iniciar o perfil das MPE proposto, começamos formulando o problema através da seguinte pergunta:

Supondo que as MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG não mantenham uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) de seus produtos de maior venda (os produtos carro-chefe), que fatores então contribuem para que isso ocorra?

Formulamos o problema na forma de suposição uma vez que não temos ainda o perfil das MPE do setor de alimentação da Poços de Caldas para poder confirmar isso. E caso se confirme tal suposição, construímos a seguinte hipótese:

Os negócios que têm a Estatística (conceitos, ferramentas) inseridas em seus processos conseguem obter uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) em seus produtos.

Baseado nessa informação definiremos que dados deverão ser coletados na pesquisa de forma a poder verificar em que nível o controle estatístico de qualidade está inserido nas micro e pequenas empresas (MPE) do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG, conforme pode ser visto na próxima seção.

3.2. Operacionalização dos conceitos e variáveis

Conforme dissertado na Seção 2.4, as variações existentes nas 6M (Mão-de-Obra, Matéria-Prima, Máquina, Método, Medição e Meio-Ambiente) nas entradas e nos processos irão produzir a variação no produto final. Dessa forma, para avaliar o nível de implementação do controle estatístico de qualidade nas MPE iremos avaliar a priori, nessa pesquisa, como está o nível de padronização e controle dos fatores 6M implementado nos processos produtivos das

MPE, e conseqüentemente como está a variabilidade dos produtos de maior venda (os produtos *carro-chefe*) através do *nível de reclamação dos seus clientes*.

Adicionalmente, iremos avaliar também como está o *nível de melhoria contínua* implementado nas MPE, processo esse utilizado para continuamente rever e melhorar o processo produtivo e atualizar a padronização e controle das 6M a cada vez que ocorre uma nova reclamação do cliente.

Assim, iremos coletar dados das MPE que nos permitam avaliar as seguintes variáveis:

- a) nível de padronização e controle das 6M;
- b) nível de reclamação dos clientes;
- c) nível de implementação de melhoria contínua.

Planejamos verificar a existência de associações de algumas dessas variáveis com as seguintes que serão também coletadas:

- a) tipo de negócio da MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas;
- b) tempo de atuação da MPE no mercado;
- c) idade do responsável da MPE;
- d) escolaridade do responsável da MPE.

Assim, com essas variáveis e associações esperamos ter alguma informação com respeito ao problema e a hipótese definidos na Seção 3.1.: verificar o quão crítico está o problema formulado para esses negócios (o que permitirá avaliar o nível de implementação do controle estatístico de qualidade nas MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG), e poder tirar conclusões sobre a hipótese de solução definida.

Na próxima seção descreveremos sobre o instrumento de coleta de dados que permitirá coletar dita informação.

3.3. Elaboração do instrumento de coleta de dados

O instrumento para a coleta de dados será feito por intermédio de um questionário de duas páginas contendo um total de 22 perguntas, sendo 21 perguntas de múltipla escolha e 1 pergunta dissertativa, cuja cópia do questionário final pode ser vista no Apêndice C. As perguntas de múltipla escolha conterão uma lista de opções de resposta, e ao entrevistado será permitido escolher apenas uma opção.

O questionário é iniciado com uma seção de introdução, informando ao(à) entrevistado(a) um resumo do projeto, contatos do pesquisador e da orientadora, além de reforçar que o mesmo é anônimo e que as respostas informadas serão utilizadas apenas para o fim a que se destina a pesquisa, não tendo o objetivo de auditar, avaliar ou pré-julgar os negócios entrevistados.

Para preencher o questionário, além do preenchimento escrito, foi desenvolvido também para a versão final uma opção alternativa de preenchimento por computador ou celular através da aplicação web Google Forms[®]. Essa aplicação tem alguns recursos especiais, como:

- a) assegurar que todas as respostas do questionário sejam preenchidas e com apenas uma única opção de resposta;
- b) baixar arquivos informativos ao(à) entrevistado(a) relevantes à pesquisa, arquivos esses disponibilizados pelo pesquisador;
- c) armazenar os dados coletados na nuvem através do serviço de armazenamento e sincronização de arquivos Google Drive[®];
- d) fornecer gráficos em tempo real sobre as respostas inseridas do questionário;
- e) enviar e-mail ao pesquisador informando se novos dados foram inseridos na nuvem;
- f) entre outros.

A seguir pode ser visto o teor das perguntas formuladas no questionário, as quais estão conectadas com as variáveis definidas na Seção 3.2:

- a) perguntas 1 a 6: perguntas gerais sobre o negócio que incluem: se o entrevistado é o próprio responsável pelo negócio, qual o segmento alimentício principal, qual o tempo de atuação do negócio no mercado local, qual a idade e escolaridade do responsável, e qual o produto de maior venda (o produto *carro-chefe*). A resposta de tais perguntas permitirão verificar a existência de associações com as respostas das perguntas 7 a 21 do questionário;
- b) perguntas 7 a 19: afirmações relativas à padronização e ao controle das 6M do processo produtivo do negócio. O entrevistado deverá confirmar tal afirmação respondendo a apenas uma das seguintes opções de resposta para cada pergunta: *Concordo totalmente*, *Concordo*, *Em parte*, *Discordo* ou *Discordo totalmente*.

A conexão de cada *M* das 6M, com cada pergunta, são:

- Material/Matéria-Prima: perguntas 7, 8, 9;
- Mão de Obra: perguntas 11, 12, 13, 14;

- Método: perguntas 10, 17;
 - Medição: perguntas 15, 16;
 - Máquina: pergunta 18;
 - Meio Ambiente: pergunta 19;
- c) pergunta 20: afirmação relativa à existência de reclamação dos clientes quanto à variação na qualidade do produto, para que o entrevistado confirme tal afirmação respondendo uma das opções de resposta conforme descrito no item *b*;
- d) pergunta 21: afirmação relativa à existência de um processo de melhoria contínua toda vez que ocorrer uma reclamação do cliente, para que o entrevistado confirme tal afirmação respondendo uma das opções de resposta conforme descrito no item *b*;
- e) pergunta 22: convite ao entrevistado em incluir seu negócio na participação de um eventual experimento, caso venha a ser feito, visando buscar a fabricação do produto *carro-chefe* com menor variação de qualidade possível. As opções de resposta à essa questão são *Sim* ou *Não*.

Podemos notar que há mais perguntas relativas à padronização e ao controle das 6M (total 13 perguntas) quanto às perguntas relativas à existência de reclamação dos clientes e à existência de um processo de melhoria contínua implementado (total 2 perguntas, com 1 pergunta para cada caso). A justificativa para isso deve-se às várias condições necessárias para poder avaliar se as 6M estão ou não padronizadas em sua totalidade, por isso a maior quantidade de questões; e para avaliar se existe ou não reclamação dos clientes e um processo de melhoria contínua, uma pergunta apenas para cada caso já seria suficiente.

Mais detalhes sobre o conteúdo das perguntas e das opções de resposta podem ser vistos no Apêndice C.

3.4. Pré-teste dos instrumentos

No período de 7 a 15/10/2020 o questionário foi submetido a um teste piloto com doze MPE de alimentação escolhidos aleatoriamente em Poços de Caldas–MG, para avaliar o entendimento das perguntas pelos entrevistados e também obter alguma sugestão adicional. Esse teste foi feito segundo o planejamento a seguir:

- a) imprimir as cópias do questionário (o questionário ocupou frente e verso de uma folha de papel);
- b) visitar pessoalmente cada negócio selecionado, apresentar-se ao responsável pelo negócio mostrando a identificação da universidade (USP), explicar o propósito da pesquisa, e perguntar ao responsável o desejo de participar da mesma;
- c) reforçar que o questionário é anônimo e que as respostas informadas serão utilizadas apenas para o fim a que se destina a pesquisa, não tendo o objetivo de auditar, avaliar ou pré-julgar os negócios entrevistados; e em caso de dúvidas, os contatos do pesquisador e da orientadora poderiam ser buscados na Seção *Introdução* do questionário para alguma eventual consulta;
- d) tendo resposta afirmativa em participar da pesquisa, deixar uma cópia do questionário com o(a) responsável, e em seguida solicitar ao mesmo sobre qual melhor data/hora para retornar e coletar o questionário preenchido (*);
- e) ao coletar o questionário preenchido, perguntar ao(à) responsável se ele(a) tem alguma opinião sobre as perguntas, se houve alguma dificuldade ao interpretar as mesmas, e se sugeriria alguma alteração ou inclusão (**).

Notas:

- (*) no geral, os entrevistados não tiveram tempo disponível para responder o questionário localmente, junto com o pesquisador, em função do horário de trabalho. Assim, foi deixado o questionário para que eles pudessem preencher calmamente num horário disponível. Como na Seção *Introdução* do questionário tem disponível os contatos do pesquisador, foi sugerido a eles que entrassem em contato caso tivessem alguma dúvida de interpretação em alguma pergunta;
- (**) não houve pelos responsáveis dificuldades de interpretação das perguntas ou preenchimento das respostas, ou sugestões de alterações.

Após avaliarmos os doze questionários respondidos, decidimos ajustar o conteúdo de algumas perguntas do questionário colocando mais informações para deixar as interpretações das perguntas mais precisas, assim como enriquecer mais as informações na introdução inicial, cujo questionário final a ser utilizado na pesquisa pode ser visto no Apêndice C.

Antes de iniciar a pesquisa, os dados do projeto (incluindo o questionário) foram submetidos em 5/2/2021 (comprovante 009697/2021) para análise do Comitê de Ética em

Pesquisa (CEP) da EEFÉ-USP – Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, através da Plataforma Brasil (<https://plataformabrasil.saude.gov.br>). O projeto foi aprovado na reunião CEP 172 de 18/2/2021, através do Parecer Consubstanciado do CEP nº. 4.547.568 (vide cópia no Anexo A).

Após a aprovação do projeto pelo CEP iniciamos os trabalhos de coleta dos dados.

3.5. Seleção da amostra

Para determinar o tamanho da população das MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG, solicitamos em 9/4/2021 à prefeitura local uma listagem da mesma através do site <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/> nas opções *Empresa\ Central Tributária\ Poços Fácil\ Abertura de Processo de Protocolo*, onde foi aberto o protocolo nº. 017755/2021.

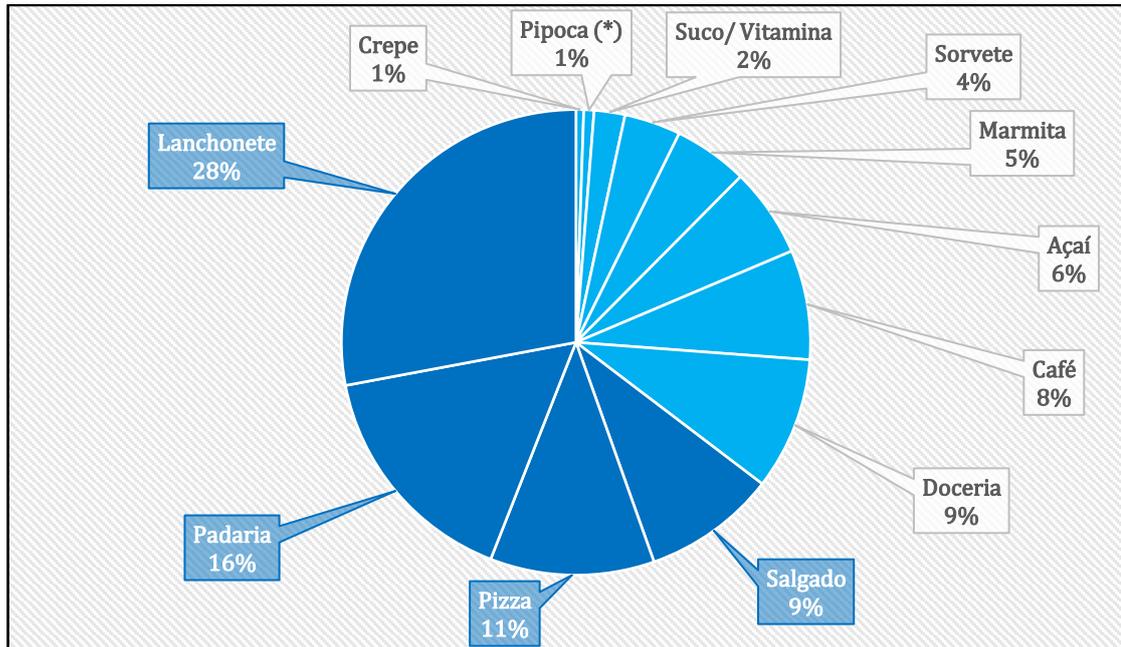
Prontamente foi enviado pela Secretaria Municipal da Fazenda local a referida listagem contendo um total de 1.883 mobiliários jurídicos distintos, porém tal lista não continha apenas as MPE do setor de alimentação. Para filtrar essa informação, cruzamos os CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica) da lista com os sites http://servicos.receita.fazenda.gov.br/Servicos/cnpjreva/Cnpjreva_Comprovante.asp, <https://cnpj.biz/empresas/pocos-de-caldas-mg> e o aplicativo de entrega de comidas iFood® (www.ifood.com.br), e concluímos que Poços de Caldas contém um total de 565 MPE do setor de alimentação, cuja proporção é maior nos negócios de *Lanchonete, Padaria, Pizza e Salgado* (nessa ordem), conforme pode ser visto no gráfico da Figura 28.

Com respeito ao tamanho da amostra Gil (2002) cita que, para que os dados obtidos num levantamento sejam significativos, é necessário que a amostra seja constituída por um número adequado de elementos, sendo que uma razoável estimativa pode ser feita consultando-se a tabela mostrada na Figura 29. Segundo Gil (2002), essa tabela fornece o tamanho da amostra adequada para um nível de confiança de 95% (que em termos estatísticos corresponde a dois desvios padrões) onde as várias colunas, por sua vez, indicam o número de elementos a serem selecionados com as respectivas margens de erro.

Portanto, em função da amplitude da população (565 negócios), e adotando uma margem de erro de $\pm 10\%$, definimos conforme a tabela da Figura 29 que deverá ser coletado um mínimo de 83 amostras.

Para obter uma melhor representatividade da população, planejamos que a amostragem deva obedecer a uma proporção de negócios próxima ao apresentado no gráfico da Figura 28, conforme pode ser visto na Tabela 4. Para os negócios com proporções pequenas, adotamos um

Figura 28 – Proporção das MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas–MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: (*) o negócio *Pipoca* inclui, além de pipoca, outros negócios de *produção e venda ambulante* como pé-de-moleque, churros, entre outros.

mínimo de dois estabelecimentos para serem entrevistados.

Para selecionar esses 83 negócios entre os 565 disponíveis, foi feito um sorteio por cada negócio para promover uma aleatoriedade na amostragem e assim abranger diferentes bairros da cidade. Caso determinado negócio selecionado não fosse possível de ser entrevistado, o mesmo era descartado e outro sorteado para manter a proporção.

Tabela 4 – Quantidade de amostragem planejada por negócio (continua).

Negócio	Tamanho da amostra	Proporção %
Açaí	5	6%
Café	6	7%
Crepe	2	2%
Doceria	8	9%
Lanchonete	23	27%
Marmita	4	5%
Padaria	13	15%

Tabela 4 – Quantidade de amostragem planejada por negócio (conclusão).

Negócio	Tamanho da amostra	Proporção %
Pipoca	2	2%
Pizza	9	11%
Salgado	8	9%
Sorvete	3	4%
Suco/ Vitamina	2	2%
Total	85	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 – Tabela para determinar a amplitude de uma amostra tirada de uma população finita com margens de erro de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% e 10% na hipótese de $p = 0,5\%$ (coeficiente de confiança de 95,5%).

Amplitude da população (universo)	Amplitude da amostra com as margens de erro acima indicadas					
	± 1%	± 2%	± 3%	± 4%	± 5%	± 10%
.....	-	-	-	-	222	83
1 000	-	-	-	385	286	91
1 500	-	-	638	441	316	94
2 000	-	-	714	476	333	95
2 500	-	1 250	769	500	345	96
3 000	-	1 364	811	517	353	97
3 500	-	1 458	843	530	359	97
4 000	-	1 538	870	541	364	98
4 500	-	1 607	891	549	367	98
5 000	-	1 667	909	556	370	98
6 000	-	1 765	938	566	375	98
7 000	-	1 842	949	574	378	99
8 000	-	1 905	976	480	381	99
9 000	-	1 957	989	584	383	99
10 000	5 000	2 000	1 000	488	383	99
15 000	6 000	2 143	1 034	600	390	99
20 000	6 667	2 222	1 053	606	392	100
25 000	7 143	2 273	1 064	610	394	100
50 000	8 333	2 381	1 087	617	397	100
100 000	9 091	2 439	1 099	621	398	100
∞	10 000	2 500	1 111	625	400	100

$p =$ proporção dos elementos portadores do caráter considerado. Se $p < 0,5$, a amostra pedida é menor. Nesse caso, determina-se o tamanho da amostra, multiplicando-se o dado que aparece na tabela por 4 $[p(1-p)]$

Fonte: Arkin, Colton apud Tagliacarne¹² (1976, p. 176 apud GIL, 2002, p. 124).

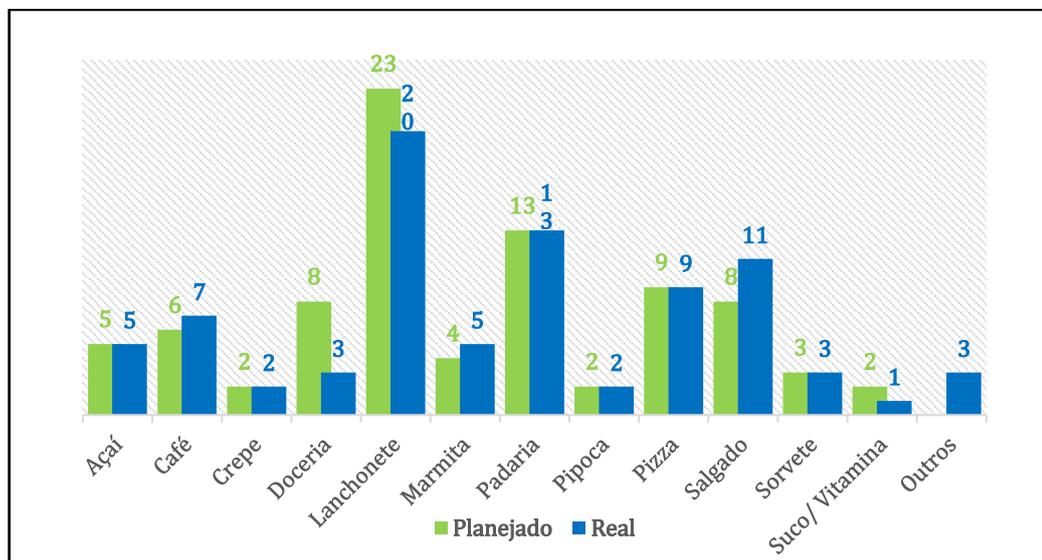
¹² ARKIN, H.; COLTON, R. apud TAGLIACARNE, G. **Pesquisa de mercado**. São Paulo: Atlas, 1976.

3.6. Coleta e verificação dos dados

Foram coletadas 84 amostras no período de 28/4 a 18/5/2021, cuja proporção de negócios amostrados (planejado *versus* real) pode ser vista no gráfico da Figura 30. Os negócios amostrados se localizavam espalhados por toda a cidade de Poços de Caldas, com aproximadamente 60% na região central e 40% nos bairros e regiões mais distantes.

Essa amostragem não incluiu as amostras coletadas no pré-teste dos instrumentos (Seção 3.4).

Figura 30 – Amostragem coletada por negócio (planejado *versus* real).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Variações nessa proporção foi devido às seguintes situações ocorridas com alguns negócios:

- alguns responsáveis optaram por não participar da pesquisa;
- os responsáveis não estavam disponíveis no negócio, ou o negócio estava fechado;
- o negócio havia mudado de endereço, ou o endereço informado estava incorreto;
- o segmento alimentício principal não condizia com o nome do negócio;
- outros negócios não planejados inicialmente e que se enquadravam como MPE foram entrevistados, como petiscaria/espetos, massas (rotisseria) e refeições (pratos executivos, prato feito);

- f) houve responsáveis que não responderam ao questionário entregue, mesmo após cobrar uma ou duas vezes.

A taxa média de resposta foi de 54%, isto é, foi necessário visitar 155 estabelecimentos para serem obtidas as 84 amostras coletadas.

Os questionários foram distribuídos pessoalmente aos negócios selecionados cuja abordagem ao entrevistado foi feita de forma similar ao mostrado na Seção 3.4 e itens *a* a *d*. À escolha do entrevistado, os questionários foram respondidos na forma escrita ou informatizada pelo Google Forms[®], sendo que para esta última opção, foi fornecido para o entrevistado o link de acesso: <https://forms.gle/frabUWph1qr7vfnk6>.

No geral, a grande maioria optou por responder o questionário na forma escrita. E assim, após coletá-lo, era revisado se todas as respostas foram respondidas com uma opção de resposta e corrigido junto com o(a) entrevistado(a) eventual inconsistência. As respostas de tais questionários foram depois digitados e conferidos pelo pesquisador na base de dados do Google Forms[®].

3.7. Análise e interpretação dos dados

Após concluído o número mínimo de amostras desejado, o acesso ao questionário do Google Forms[®] foi encerrado, e o arquivo com os dados tabulados foi baixado no formato MS-Excel[®] para análise.

Referente às perguntas 1 a 5 do questionário (perguntas gerais sobre o negócio), gráficos de setor e informações já puderam ser prontamente obtidos através do Google Forms[®], cujos gráficos ser vistos compilados na Figura 31.

Nesses gráficos podemos ver que as maiores proporções são as seguintes:

- a) 92% dos entrevistados eram os próprios responsáveis pelo negócio;
- b) 33% dos tipos de negócio classificados nessa pesquisa concentram 71% das MPE de alimentação entrevistadas de Poços de Caldas: Lanchonete (sanduíches), Padaria, Salgados, Pizza e Café Expresso;
- c) 63% dos negócios estão há mais de 5 anos atuantes no mercado local, sendo que 46% estão há mais de 10 anos;
- d) em 64% dos negócios a idade dos responsáveis está entre 30 e 50 anos;

Figura 31 – Gráficos de setor das respostas às perguntas 1 a 5 do questionário (continua).

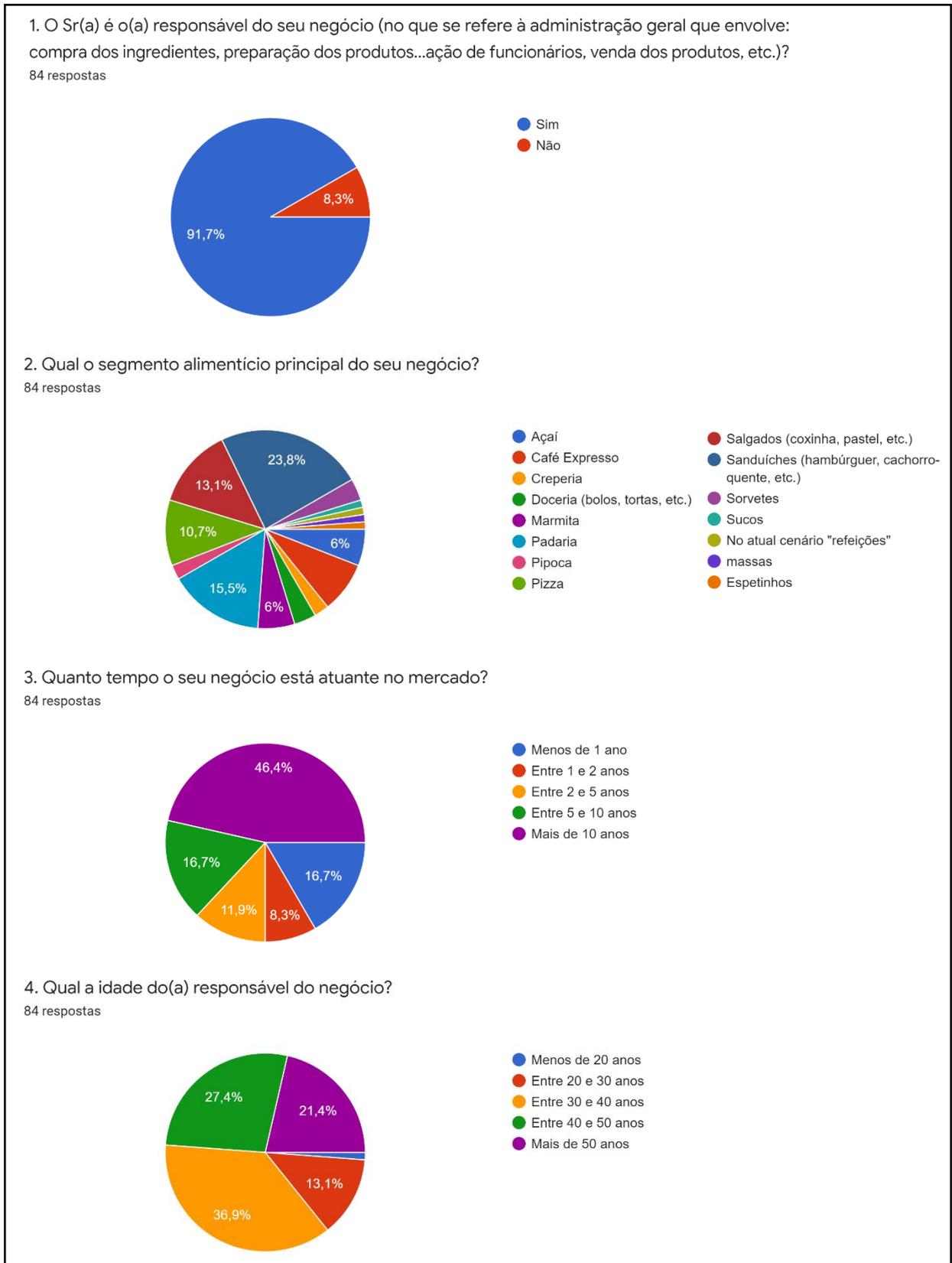
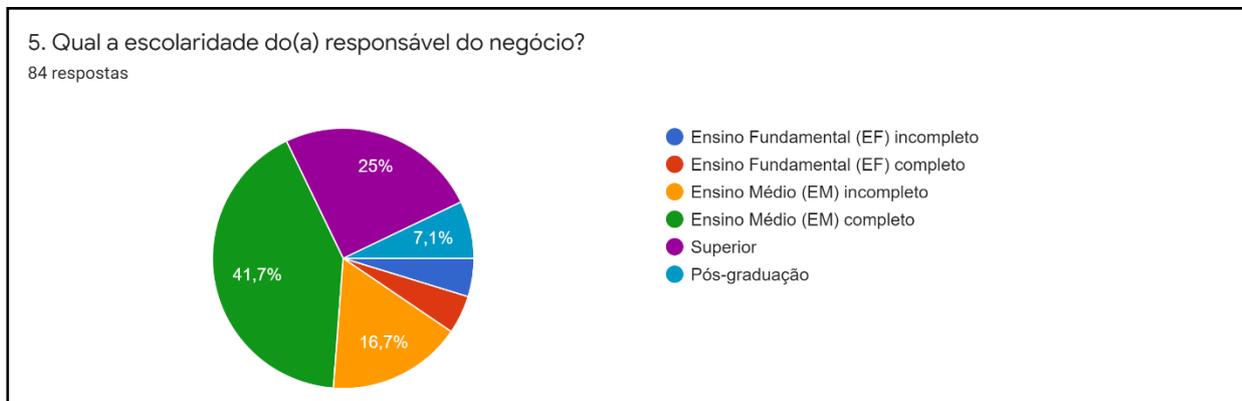


Figura 31 – Gráficos de setor das respostas às perguntas 1 a 5 do questionário (conclusão).



Fonte: Google Forms®.

- e) em 42% dos negócios o responsável tem escolaridade em Ensino Médio (EM) completo, seguido por 25% dos negócios com o responsável tendo escolaridade em Ensino Superior.

Referente à pergunta 6 do questionário (produto *carro-chefe* do negócio), listamos a seguir um resumo dos produtos principais coletados no Google Forms®:

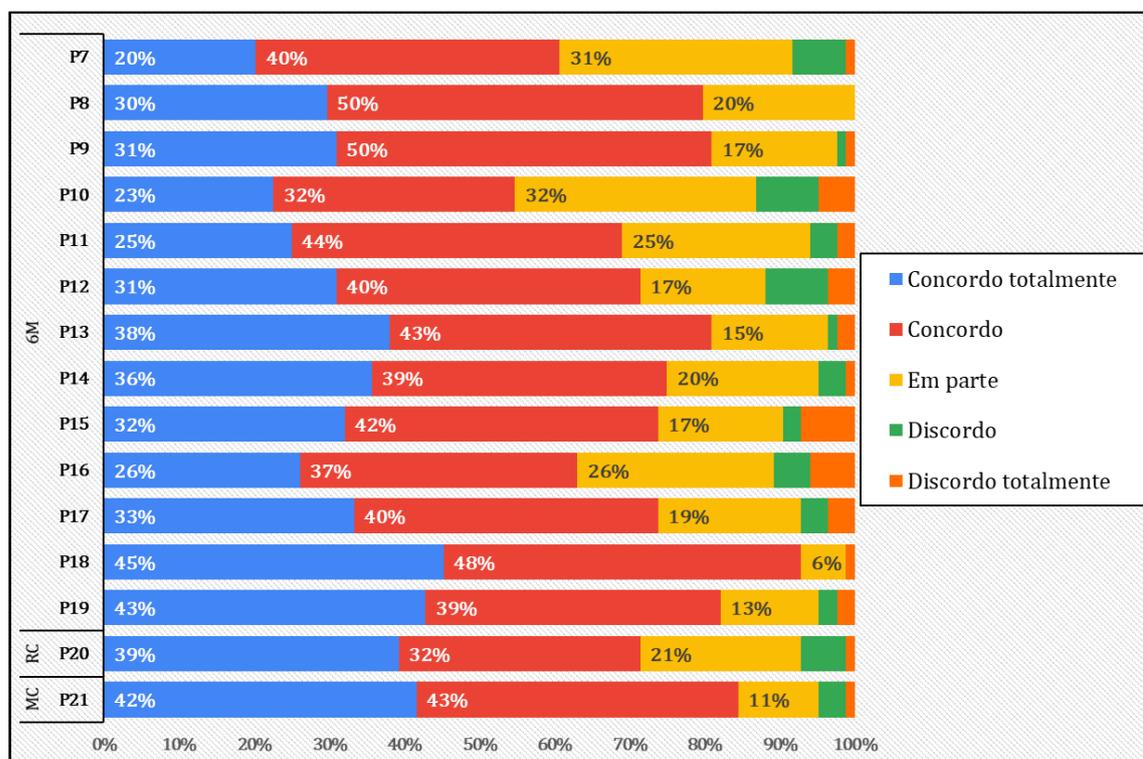
- açai;
- batata (suíça, recheada);
- biscoito, bolacha, cookie;
- bolo, caseirinho, rosca;
- café (expresso, coado);
- churros;
- crepe suíço;
- espetinho;
- nhoque;
- panqueca;
- pão de queijo;
- pão em geral;
- pé de moleque, cocada;
- pizza;
- refeição (executivo, feijoada, marmita, etc.);
- salgado (coxinha, pastel, esfirra, etc.);
- sanduíche (hamburguer, lanche, etc.);
- sorvete (massa, picolé);
- suco, vitamina;
- torta salgada.

Conforme descrito na Seção 3.2, as perguntas 7 a 21 contêm o nível de afirmação relativo a:

- a) perguntas 7 a 19: padronização e controle das 6M no processo produtivo do negócio;
- b) pergunta 20: reclamação dos clientes (RC);
- c) pergunta 21: implementação de melhoria contínua (MC).

As respostas a essas perguntas dos 84 questionários coletados podem ser vistas compiladas no gráfico de barras da Figura 32.

Figura 32 – Gráfico de barras das respostas às perguntas 7 a 21 do questionário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para interpretar tal gráfico vamos usar como exemplo a pergunta 7 (P7) relativo às 6M, cuja afirmação diz: *Para fabricar o produto 'carro-chefe', utilizamos os mesmos ingredientes/materiais selecionados (mesmas marcas, mesmos tipos, mesmos fabricantes, etc.)*, e podemos ver no gráfico da Figura 32 que 20% dos negócios entrevistados *concordam totalmente* com essa afirmação, enquanto 40% *concordam*, 31% *em parte* e 9% *discordam ou discordam totalmente*. E de forma similar pode-se analisar as respostas das perguntas 8 a 19.

Para a pergunta 21 cuja afirmação é relativa à implementação de um processo de melhoria contínua no negócio, 42% dos negócios *concordam totalmente* que há em seus negócios um processo de melhoria contínua implementado, enquanto 43% *concordam* e 11% *em parte*; e para a pergunta 20 que afirma que o negócio não tem reclamação de clientes, 39% dos negócios *concordam totalmente* que não têm reclamações de clientes, 32% *concordam* (ou seja, têm mais reclamações de clientes que os 39% dos negócios anterior) e 21% *em parte* (têm ainda mais reclamações de clientes que os 32% anterior).

Para avaliar as variáveis definidas na Seção 3.2: a) nível de padronização e controle das 6M, b) nível de reclamação dos clientes, e c) nível de implementação de melhoria contínua, seguem as definições para determinar tais variáveis, sendo que para as variáveis dos itens *a* e *c* decidimos mesclar numa única variável:

$$n_{6M+MC} = \frac{\text{Total de respostas} = \text{'Concordo totalmente' entre as perguntas 7 a 19 e 21}}{14} \cdot 100$$

$$n_{RC}: \begin{cases} - \text{ Se a resposta da pergunta 20} = \text{'Concordo totalmente' , então} \\ \quad n_{RC} = \text{Não há reclamação de clientes} \\ - \text{ Caso contrário, } n_{RC} = \text{Há reclamação de clientes} \end{cases}$$

Logo, se o(a) entrevistado(a) respondeu *Concordo totalmente* a todas as perguntas 7 a 21, então o negócio apresenta $n_{6M+MC} = 100\%$ e $n_{RC} = \text{Não há reclamação de clientes}$.

A variável n_{6M+MC} (*nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio*) nos permitirá ter uma ordem de grandeza percentual de quanto o responsável padroniza, controla e melhora continuamente os fatores 6M de seu negócio para permitir uma manutenção da variabilidade de seu produto, e a variável n_{RC} (*nível de reclamação dos clientes do negócio*) nos informará quanto à reclamação de clientes: se a resposta à pergunta 20 for *Concordo totalmente* então $n_{RC} = \text{Não há reclamação de clientes}$, ou seja, estamos admitindo que tal negócio não recebe uma quantidade *significativa* de reclamação de clientes que possa comprometer o seu negócio.

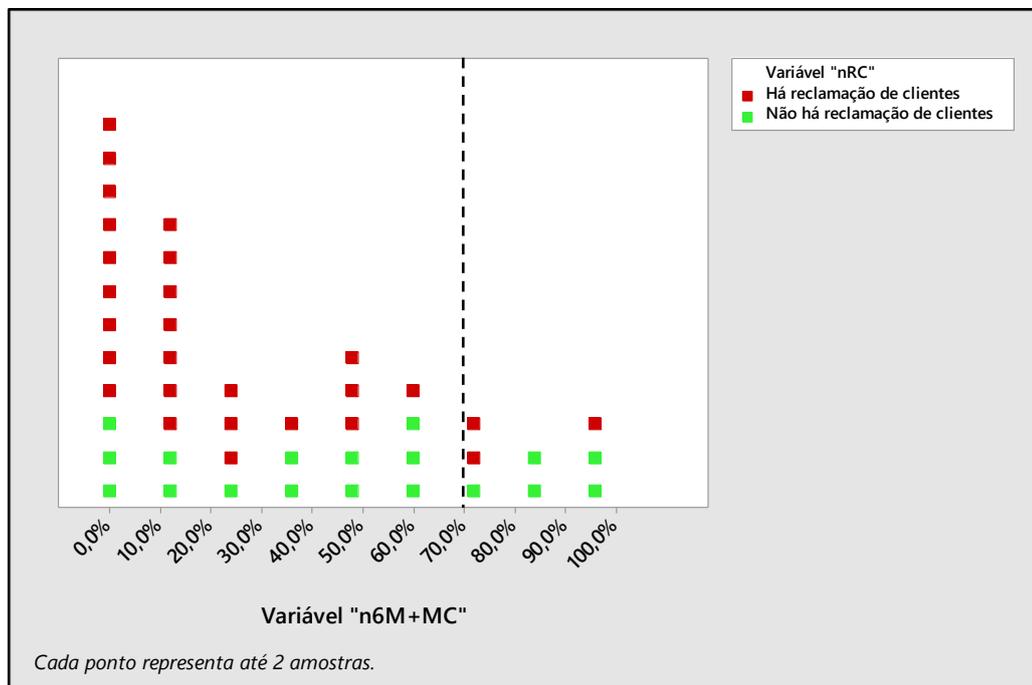
Ao contrário de grandes negócios, um pequeno negócio como uma MPE tem a grande vantagem de conhecer e manter um contato direto com o cliente final, muitas vezes *face-a-face*, permitindo receber desses seus comentários sobre o produto ou serviço fornecido em tempo real. Além disso, pela frequência de movimentação de clientes e consequentemente pelos resultados de seu negócio, é fácil para os negociantes avaliarem prontamente se seus clientes estão satisfeitos ou não. E aliado a isso, para os negócios de alimentação que trabalham com aplicativos de entrega como o iFood® para vender os seus produtos, os negociantes são beneficiados com ferramentas informativas muito úteis para poderem avaliar a satisfação de seus clientes como pontuação por estrelas e comentários.

Pode ser visto na definição das variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} que a primeira corresponde à junção das variáveis dos itens a e c da Seção 3.2, e a segunda corresponde ao item b da mesma seção. Isso porque queremos verificar se existe uma associação entre essas 2 variáveis para:

- testar a hipótese que quanto maior o nível de padronização e controle das 6M e do processo de melhoria contínua implementado (variável n_{6M+MC}) menor será a frequência de clientes reclamando (variável n_{RC}), e isso nos dará suporte para avaliar a hipótese construída na Seção 3.1;
- auxiliar na avaliação da consistência das respostas das perguntas 7 a 21.

No gráfico da Figura 33 agrupamos os dados para poder avaliar se há existência de uma associação entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} , onde incluímos também uma linha tracejada separando os grupos de pontos entre $n_{6M+MC} \leq 70\%$ e $n_{6M+MC} > 70\%$.

Figura 33 – Associação entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua das 6M versus nível de reclamação dos clientes).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pontos verde/vermelho representam os negócios que não têm/têm reclamação de clientes respectivamente. Logo, considerando $n_{6M+MC} > 70\%$ como sendo um nível muito bom de padronização, controle e melhoria contínua implementada dos fatores 6M para um

negócio, podemos observar no gráfico da Figura 33 que todo esse grupo de negócios tem uma proporção de reclamação de clientes menor se comparado com o todo o grupo de negócios com $n_{6M+MC} \leq 70\%$, ou seja, o gráfico *permite suspeitar da* existência de uma associação entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} .

Na Tabela 5 podemos comparar esses grupos através da respectiva contagem das variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} para os negócios, e da proporção/taxa percentual de reclamação de clientes.

Tabela 5 – Contagem dos negócios entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua das 6M *versus* nível de reclamação dos clientes).

Nível de padronização, controle e melhoria contínua das 6M (n_{6M+MC})	Nível de reclamação dos clientes (n_{RC})		Proporção/taxa de reclamação de clientes
	Não há reclamação de clientes	Há reclamação de clientes	
$\leq 70\%$	23	46	67%
$> 70\%$	10	5	33%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para verificar se de fato existe uma associação *estatisticamente significativa* entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} para esses grupos, vamos primeiramente definir nossas hipóteses para poder testá-las. Qualquer um dos 3 pares de hipóteses descritos a seguir são válidos para o nosso teste estatístico, sendo H_0 chamada de *hipótese nula* e H_a de *hipótese alternativa*:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{ não há relação entre as variáveis } n_{6M+MC} \text{ e } n_{RC} \\ H_a: \text{ há relação entre as variáveis } n_{6M+MC} \text{ e } n_{RC} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{ a taxa de reclamação de clientes independe do percentual de padronização, controle e melhoria contínua das 6M} \\ H_a: \text{ a taxa de reclamação de clientes depende do percentual de padronização, controle e melhoria contínua das 6M} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{ a taxa de reclamação de clientes, entre os percentuais de padronização, controle e melhoria contínua das 6M } (n_{6M+MC} \leq 70\% \text{ e } n_{6M+MC} > 70\%), \text{ são iguais} \\ H_a: \text{ a taxa de reclamação de clientes, entre os percentuais de padronização, controle e melhoria contínua das 6M } (n_{6M+MC} \leq 70\% \text{ e } n_{6M+MC} > 70\%), \text{ não são iguais} \end{array} \right.$$

Podemos ver que as variáveis n_{RC} e n_{6M+MC} descritas nas hipóteses são, conforme Pyzdek e Keller (2010), *dados discretos* que contêm um número finito de valores possíveis *baseados em contagem*.

Portanto, para testar as hipóteses descritas, GOAL/QPC e Six Sigma Academy (2002), e General Cable Corp. (2016d), citam que usar uma tabela não é uma análise robusta e não pode testar a significância estatística, sendo que o melhor teste estatístico para esse caso é o teste χ^2 (*qui-quadrado*). O teste χ^2 testa uma hipótese nula (H_0) de que a distribuição de frequência de certos eventos observados em uma amostra é consistente com uma distribuição teórica particular. Os eventos considerados devem ser mutuamente exclusivos e ter probabilidade total igual a 1, e um caso comum para isso é quando cada evento cobre um resultado de uma variável categórica.

Com respeito à esse teste, Pyzdek e Keller (2010) adicionam que:

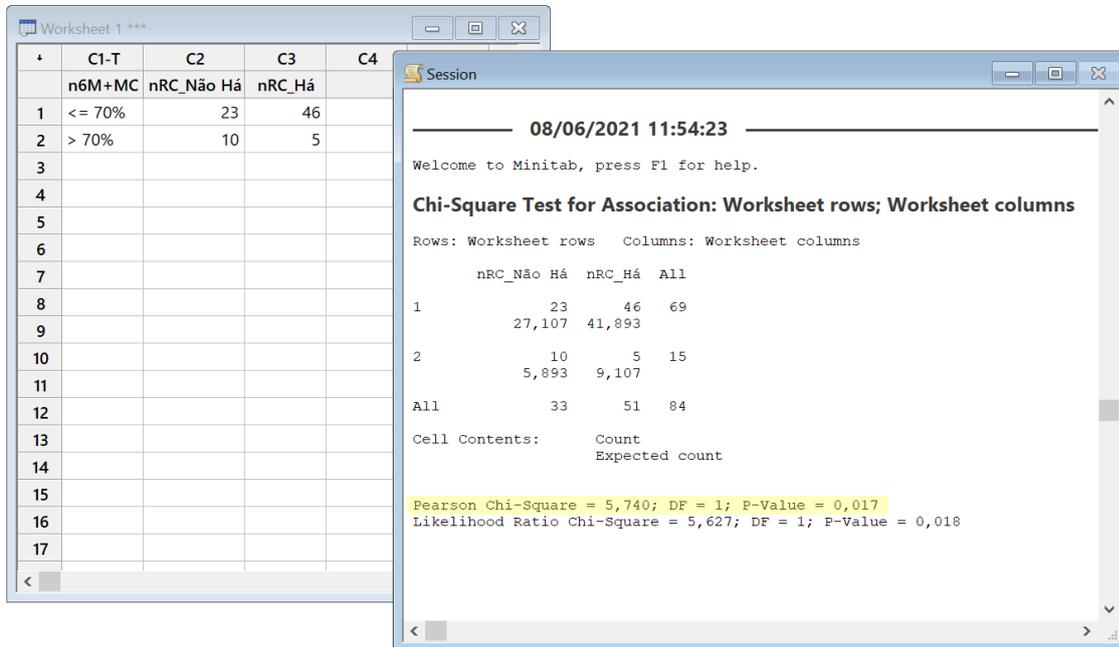
“[...] há muitos casos em que o analista deseja comparar a porcentagem de itens distribuídos entre várias categorias. As coisas podem ser operadores, métodos, materiais ou qualquer outro agrupamento de interesse. De cada um dos grupos, uma amostra é retirada, avaliada e colocada em uma das várias categorias (por exemplo, alta qualidade, qualidade marginal, qualidade rejeitada). Os resultados podem ser apresentados como uma tabela com m linhas representando os grupos de interesse, e k colunas representando as categorias. Essas tabelas podem ser analisadas para responder à pergunta ‘Os grupos *diferem* no que diz respeito à proporção de itens nas categorias?’ A estatística qui-quadrado pode ser usada para esse propósito” (PYZDEK e KELLER, 2010, p. 376, tradução nossa, itálico do autor).

Com auxílio do software Minitab® versão 17.1.0 efetuamos o teste χ^2 através das opções *Stat\ Tables\ Chi-Square Test for Association...*, selecionando em seguida a opção *Summarized data in a two-way table*. Na Figura 34 podemos ver cópia das janelas do Minitab® mostrando os dados testados e o resultado do teste.

O resultado do teste será avaliado pela significância estatística através do cálculo do *P-Value* ou *valor - p*, valor esse que pode ser visto destacado na Figura 34 (*valor - p* = 0,017 ou 1,7%).

Segundo Brassard *et al.* (2002), o *valor - p* é igual à probabilidade de se obter a diferença observada, dado que a diferença *verdadeira* é zero. O *valor - p* pode variar de 0 a 1, ou seja, de uma probabilidade de 0% a uma probabilidade de 100%, sendo que usualmente um *valor - p* $\leq 0,05$ (5%) indica que a diferença é significativa, isto é, podemos concluir que há uma pequena probabilidade de que a diferença verdadeira seja zero.

Figura 34 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua das 6M versus nível de reclamação dos clientes).



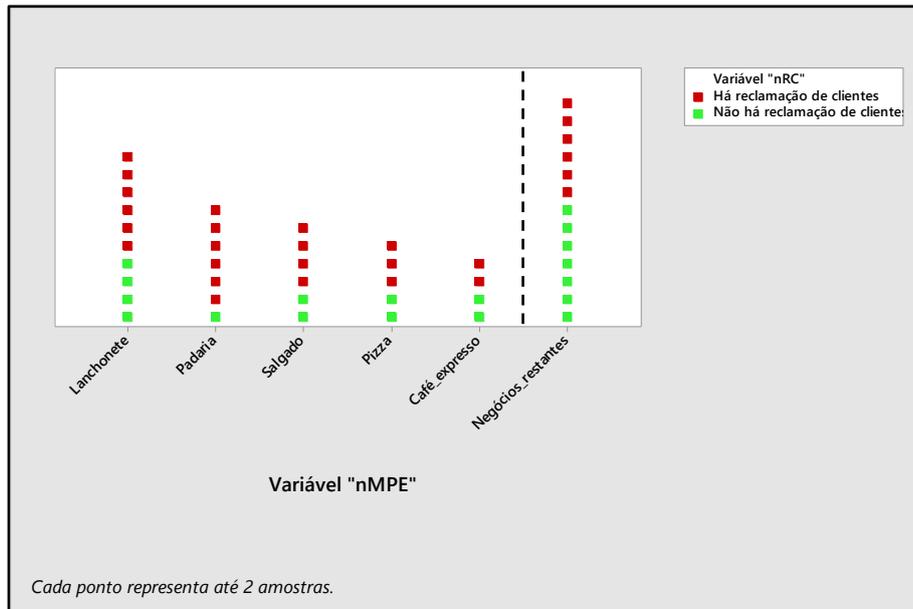
Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto segundo a Figura 34, como $\text{valor} - p = 0,017 < 0,05$, então rejeitamos a hipótese nula H_0 (em que a diferença verdadeira é zero) e aceitamos a hipótese alternativa H_a , ou seja, concluímos que, para os grupos definidos, **há relação** entre as variáveis n_{6M+MC} e n_{RC} , ou que a taxa de reclamação de clientes **depende** do percentual de padronização, controle e melhoria contínua das 6M, ou que a taxa de reclamação de clientes entre os percentuais de padronização, controle e melhoria contínua das 6M ($n_{6M+MC} \leq 70\%$ e $n_{6M+MC} > 70\%$) **não são iguais**, a um nível de significância estatística de 5% (ou 5% de erro na nossa decisão).

De forma similar, efetuamos mais quatro testes para avaliar a relação da variável n_{RC} com as **MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas (n_{MPE})** (Lanchonete, Padaria, Salgado, Pizza e Café Expresso *versus* Negócios restantes, onde o grupo com os cinco primeiros negócios representam juntos 71% das MPE desse setor), o **tempo de atuação do negócio no mercado (n_{TM})** ($n_{TM} \leq 10$ anos *versus* $n_{TM} > 10$ anos), **idade do responsável do negócio (n_{IR})** ($n_{IR} \leq 50$ anos *versus* $n_{IR} > 50$ anos) e **escolaridade do responsável do negócio (n_{ER})** ($n_{ER} =$ Curso superior ou pós-graduação *versus* $n_{ER} =$ Ensino fundamental ou médio). Nas Figuras 35 a 38 podem ser vistos os gráficos para poder avaliar se há existência de uma associação entre essas variáveis com a variável n_{RC} , para os grupos definidos, seguido da

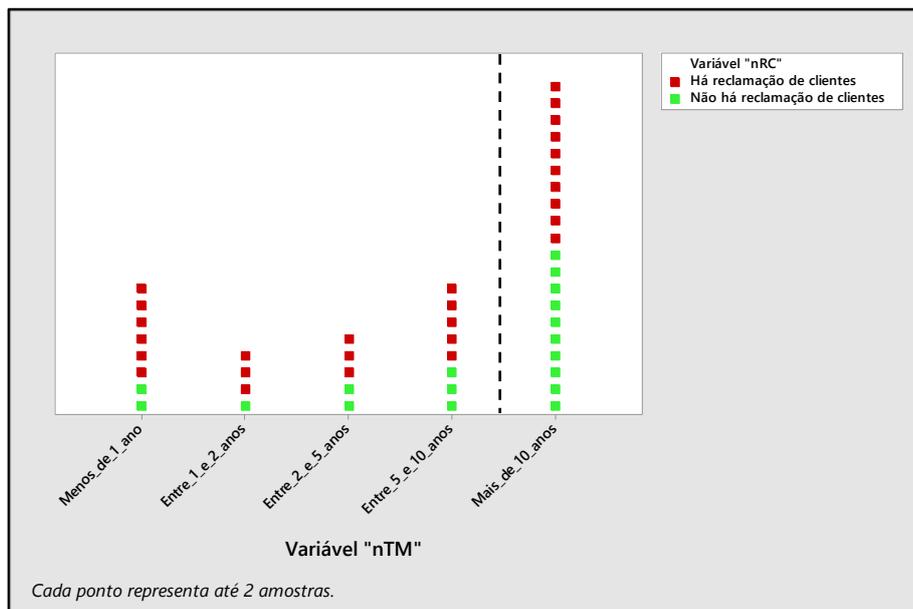
Tabela 6 que contém os dados compilados para os testes, e as respectivas hipóteses definidas para os testes.

Figura 35 – Associação entre as variáveis n_{MPE} e n_{RC} (MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas versus nível de reclamação dos clientes).



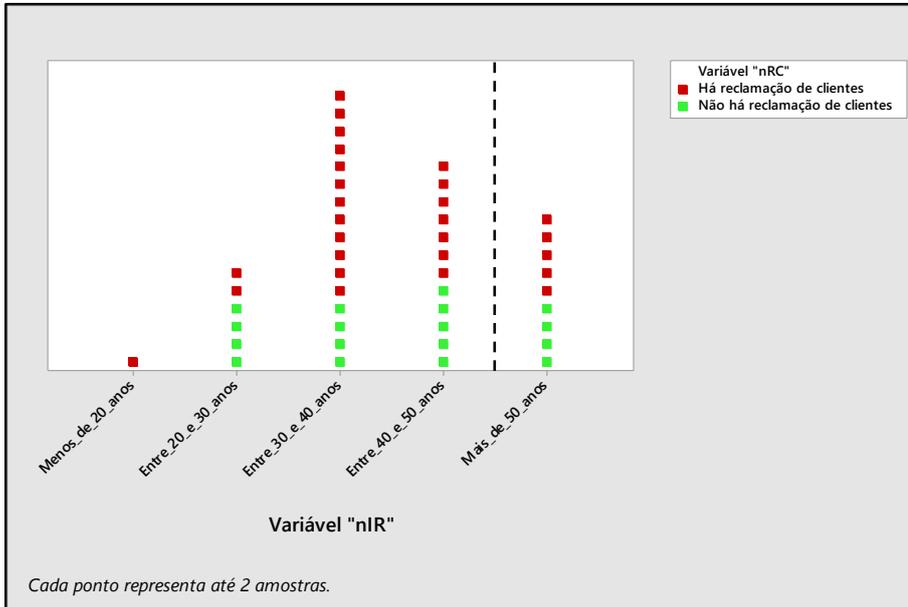
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 36 – Associação entre as variáveis n_{TM} e n_{RC} (tempo de atuação do negócio no mercado versus nível de reclamação dos clientes).



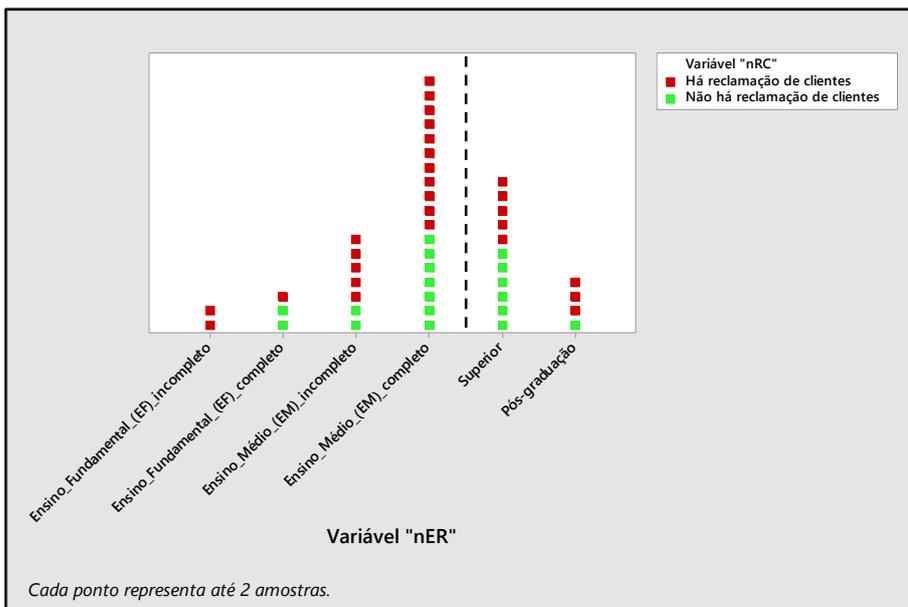
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37 – Associação entre as variáveis n_{IR} e n_{RC} (idade do responsável do negócio versus nível de reclamação dos clientes).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 38 – Associação entre as variáveis n_{ER} e n_{RC} (escolaridade do responsável do negócio versus nível de reclamação dos clientes).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 – Contagem dos negócios entre as variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER} versus a variável n_{RC} .

Variável		Nível de reclamação dos clientes (n_{RC})		Proporção/taxa de reclamação de clientes
		Não há reclamação de clientes	Há reclamação de clientes	
MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas	n_{MPE} = Lanchonete, Padaria, Salgado, Pizza e Café Expresso	20	40	67%
	n_{MPE} = Negócios restantes	13	11	46%
Tempo de atuação do mercado no negócio	$n_{TM} \leq 10$ anos	14	31	69%
	$n_{TM} > 10$ anos	19	20	51%
Idade do responsável do negócio	$n_{IR} \leq 50$ anos	25	41	62%
	$n_{IR} > 50$ anos	8	10	56%
Escolaridade do responsável do negócio	n_{ER} = Ensino fundamental ou médio	21	36	63%
	n_{ER} = Curso superior ou pós-graduação	12	15	56%

Fonte: Elaborado pelo autor.

$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{independe}} \text{ da MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas} \\ H_a: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{depende}} \text{ da MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{independe}} \text{ do tempo de atuação do negócio no mercado} \\ H_a: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{depende}} \text{ do tempo de atuação do negócio no mercado} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{independe}} \text{ da idade do responsável do negócio} \\ H_a: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{depende}} \text{ da idade do responsável do negócio} \end{array} \right.$

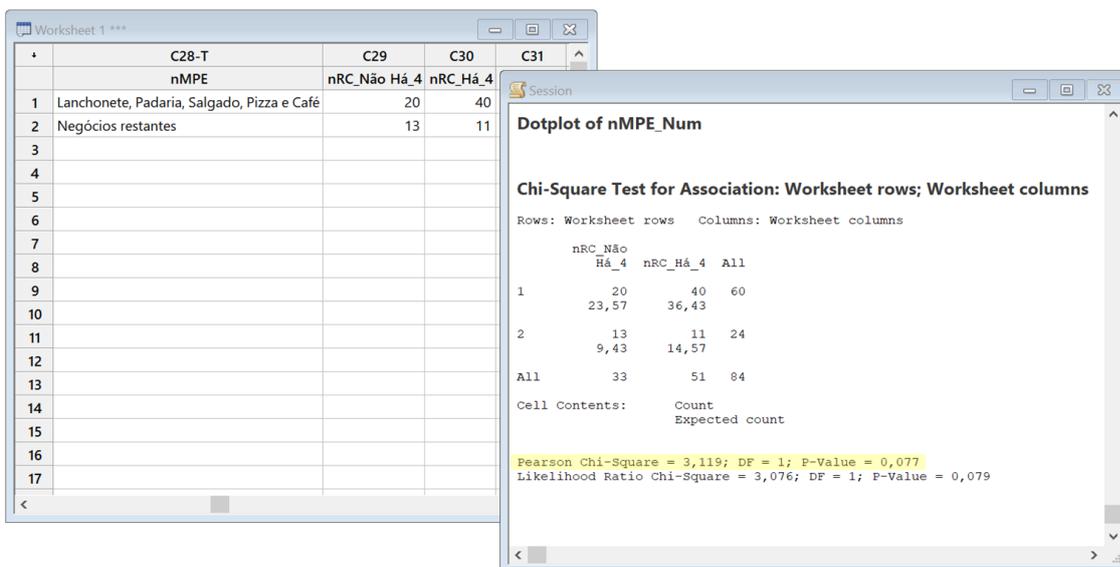
$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{independe}} \text{ da escolaridade do responsável do negócio} \\ H_a: \text{a taxa de reclamação de clientes } \underline{\text{depende}} \text{ da escolaridade do responsável do negócio} \end{array} \right.$

Analisando os gráficos das Figuras 35 a 38, a princípio parece não haver diferença na proporção/taxa de reclamação de clientes entre o total de cada par de grupos, porém essa informação será confirmada com o teste χ^2 auxiliado pelo software Minitab®. Após concluir o teste obtivemos *valores – p* superiores a 0,05 para todos os quatro testes, cujos resultados podem ser vistos nas Figuras 39 a 42. Logo, para os grupos definidos, isso nos permite concluir que não podemos rejeitar a hipótese H_0 , ou seja, a taxa de reclamação de clientes **independe** do tipo de negócio da MPE, do tempo de atuação do negócio no mercado, da idade e da escolaridade do responsável do negócio, a um nível de significância estatística de 5%.

Finalmente queremos avaliar o comportamento da variável n_{6M+MC} em relação aos grupos das variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER} . Queremos verificar se algum desses grupos destaca-se por um alto valor da variável n_{6M+MC} onde, através dos gráficos *box plot* das Figuras 43 a 46 podemos fazer uma comparação dos valores médios e medianos da variável n_{6M+MC} para esses diferentes grupos.

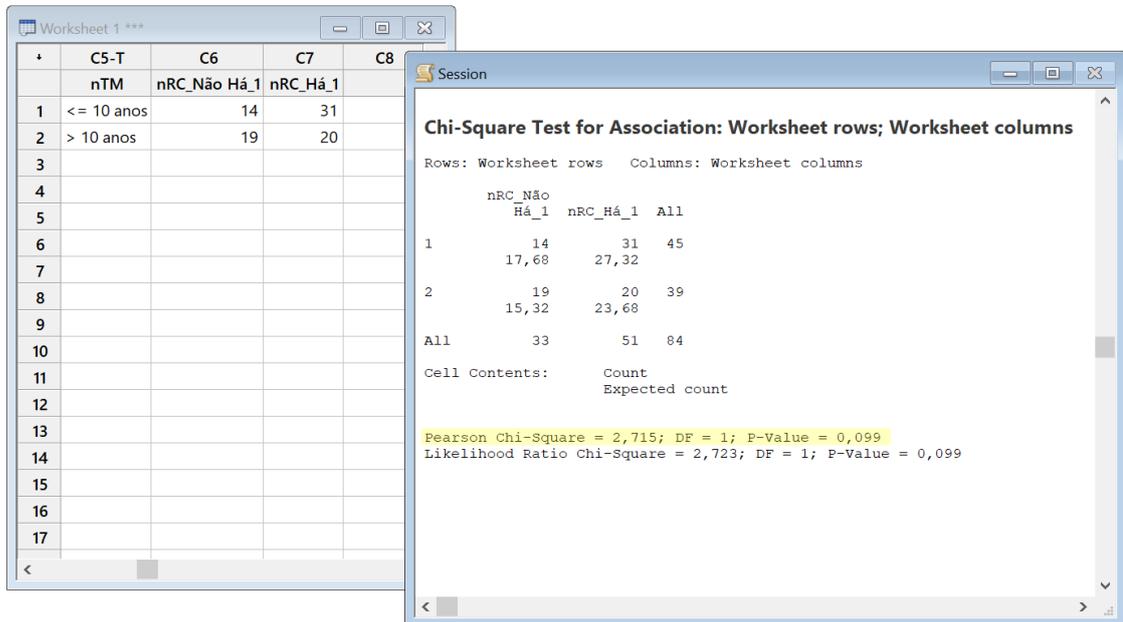
O gráfico *box plot* é particularmente útil para mostrar a distribuição dos dados. Segundo Montgomery (2009), esse gráfico exhibe simultaneamente várias características importantes de um conjunto de dados, como localização ou tendência central, variabilidade, desvio da simetria, e a identificação de valores discrepantes/atípicos que estão excepcionalmente longe da maioria dos dados (esses valores ou observações são frequentemente chamados de *outliers* ou *pontos*

Figura 39 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{MPE} e n_{RC} (MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas versus nível de reclamação dos clientes).



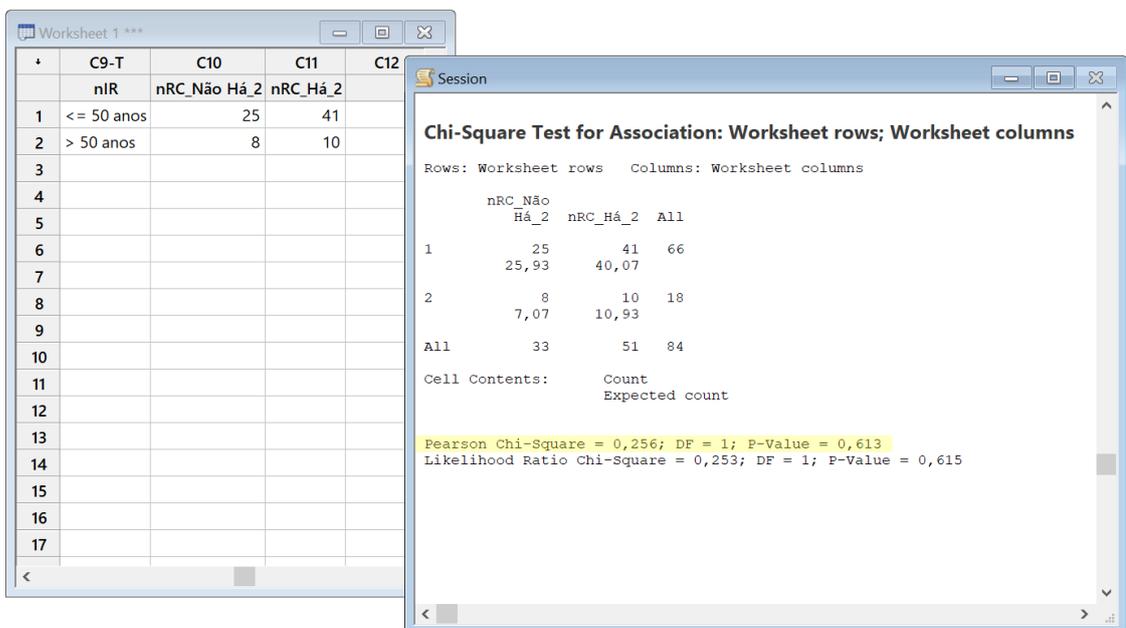
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 40 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{TM} e n_{RC} (tempo de atuação do negócio no mercado *versus* nível de reclamação dos clientes).



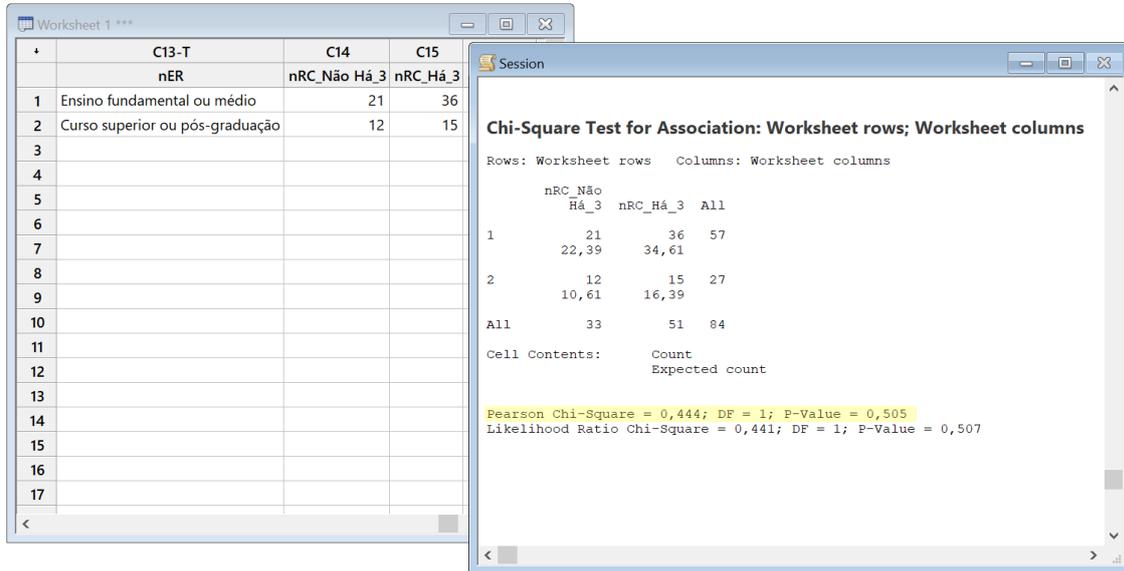
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 41 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{IR} e n_{RC} (idade do responsável do negócio *versus* nível de reclamação dos clientes).



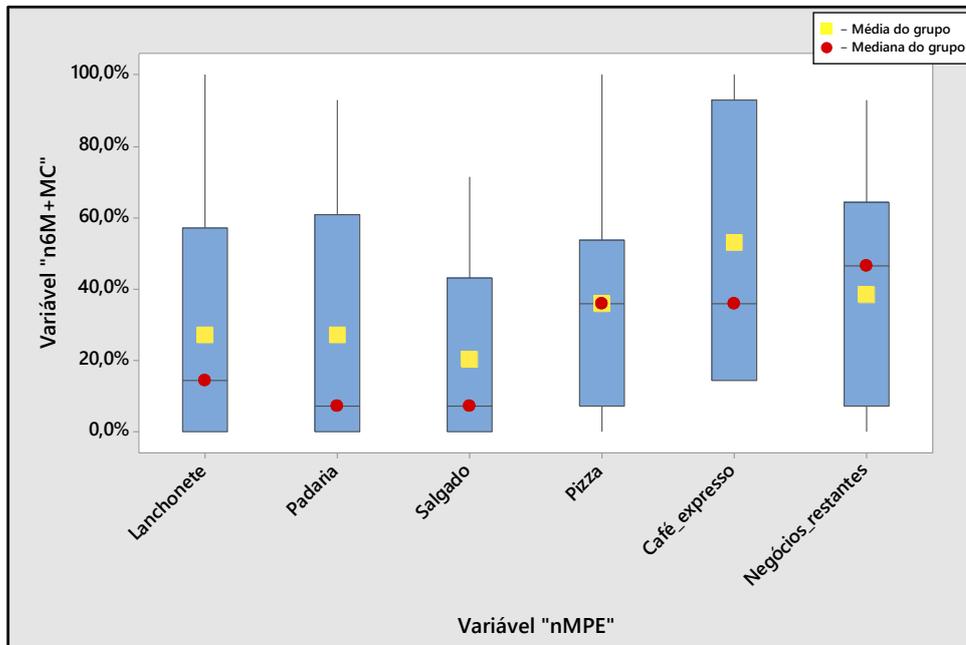
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 42 – Teste χ^2 entre as variáveis n_{ER} e n_{RC} (escolaridade do responsável do negócio versus nível de reclamação dos clientes).



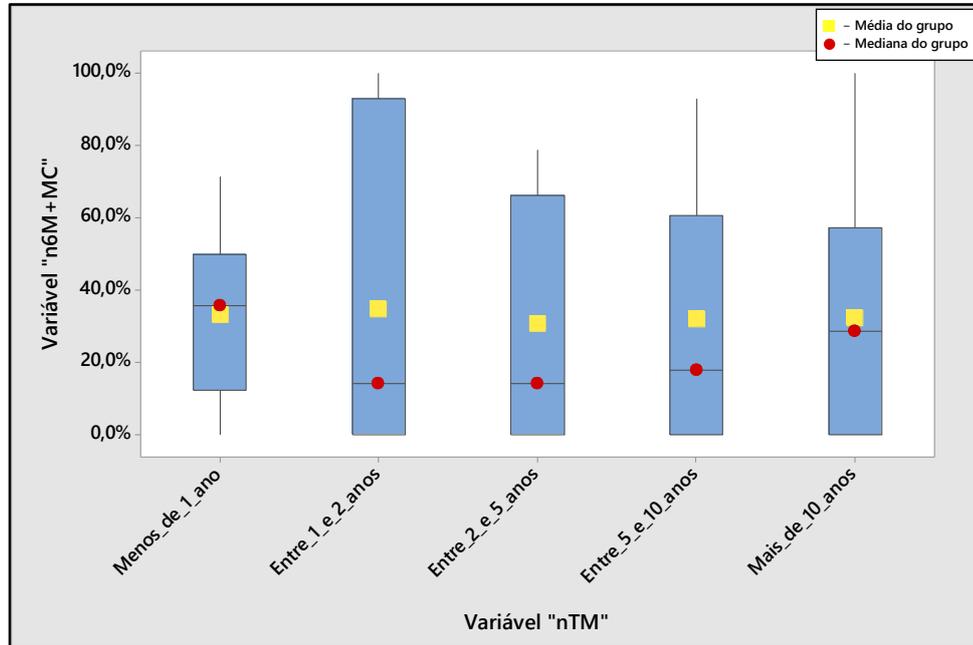
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 43 – Gráfico *box plot* entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) versus grupos da variável n_{MPE} (MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas).



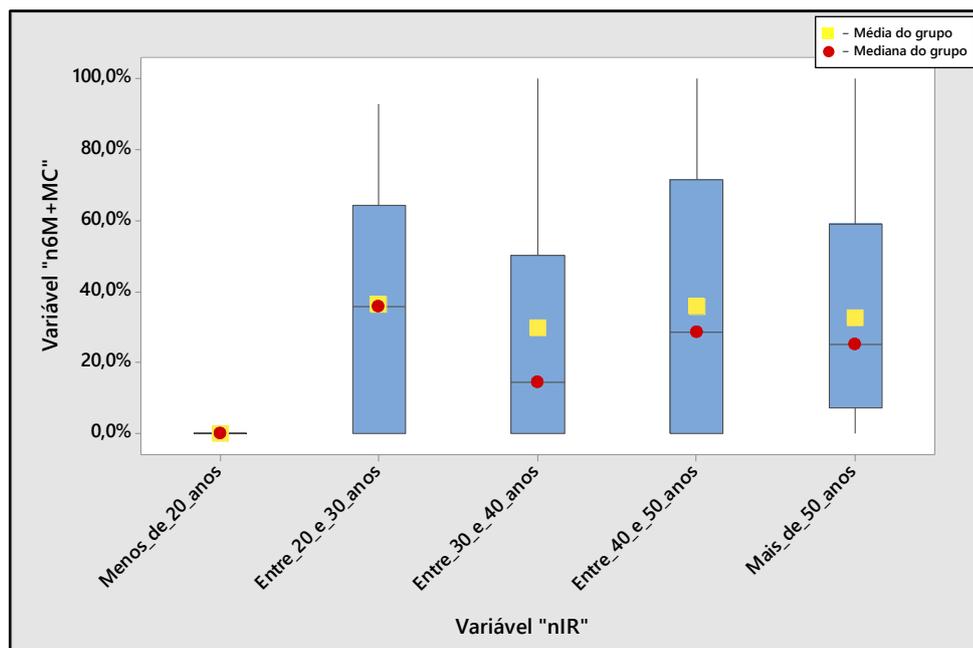
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 44 – Gráfico *box plot* entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) *versus* grupos da variável n_{TM} (tempo de atuação do negócio no mercado).



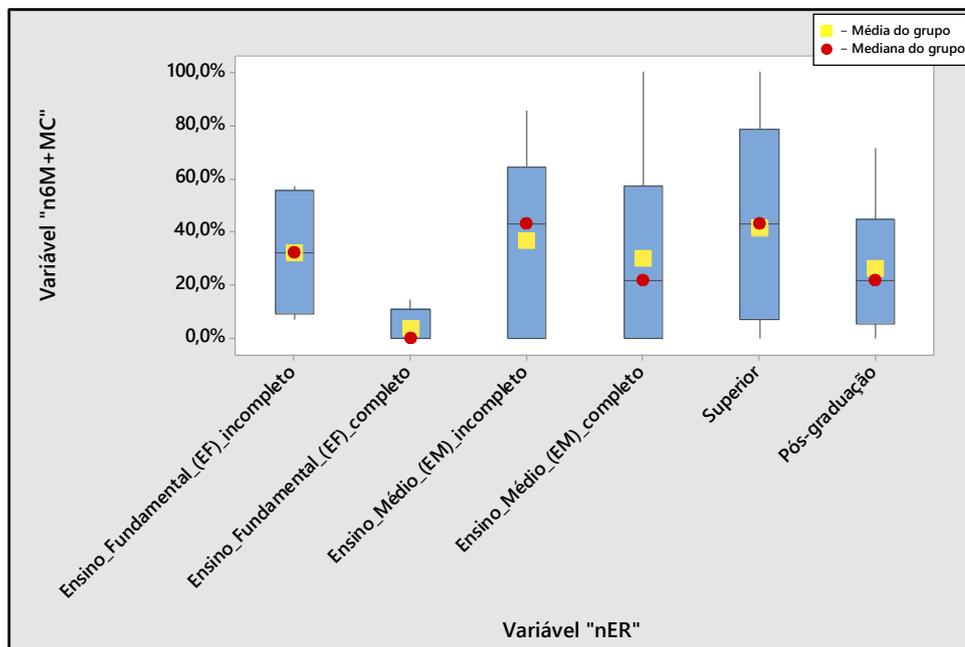
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 45 – Gráfico *box plot* entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) *versus* grupos da variável n_{IR} (idade do responsável do negócio).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 46 – Gráfico *box plot* entre as variáveis n_{6M+MC} (nível de padronização, controle e melhoria contínua dos fatores 6M do negócio) versus grupos da variável n_{ER} (escolaridade do responsável do negócio).



Fonte: Elaborado pelo autor.

fora da curva). Com um gráfico contendo vários *box plots* é possível comparar a variabilidade e tendência central (mediana e média) de diferentes grupos.

Nos gráficos das Figuras 43 a 46, as extremidades inferior e superior das caixas azuis representam o primeiro e terceiro quartil respectivamente, e a linha dentro da caixa com um ponto vermelho representa o segundo quartil ou a mediana dos dados, ou seja, a caixa azul representa a concentração de 50% dos dados centrais do grupo separados em 2 grupos de 25% pela mediana. O quadrado amarelo representa o ponto médio dos dados.

Para avaliar se as médias entre os grupos de dados são iguais a um determinado nível de significância estatística, usaremos uma ferramenta estatística chamada *análise de variância* (ANOVA). Segundo Montgomery (2009), a análise de variância é um teste de hipóteses utilizado para comparar as médias de n níveis ou grupos de amostras de dados de um único fator, com $n \geq 2$, sendo que a hipótese nula para esse teste estabelece que a média dos grupos de amostras são as mesmas (H_0 : média do grupo a = média do grupo b = ... = média do grupo n), e a hipótese alternativa estabelece que *pelo menos uma* média é diferente (H_a : pelo menos uma média entre os grupos é diferente).

Para usar essa ferramenta estatística há algumas considerações: segundo Montgomery (2009), a análise de variância assume que os erros do modelo (e, como resultado, as observações) são *normalmente e independentemente distribuídos* e com a *mesma variância em cada nível ou grupo do fator*. Essas suposições podem ser verificadas examinando os *resíduos*, calculados pela diferença entre uma observação e o correspondente valor médio de cada nível ou grupo do fator. Portanto, *teste de normalidade* e *teste de igualdade de variâncias* deverão ser previamente aplicados em cada grupo de resíduos para validar estas suposições, sendo que os resíduos devem ser aprovados em ambos os testes para poder, assim, efetuar o teste ANOVA.

Ao testar a normalidade nos resíduos estaremos de fato testando as hipóteses a seguir:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{os resíduos dos grupos } \underline{\text{seguem}} \text{ uma distribuição normal} \\ H_a: \text{os resíduos dos grupos } \underline{\text{não seguem}} \text{ uma distribuição normal} \end{array} \right.$$

Para o teste de normalidade usaremos o teste de Shapiro-Wilk conforme descrito em Razali e Wah (2011), onde os autores concluem que esse teste de normalidade é o mais poderoso para todos os tipos de distribuição e tamanhos de amostra. Adicionalmente, Nunes e De Mattos (2018) destacam que, em amostras geradas com distribuição diferente da normal, o teste de Shapiro-Wilk apresenta o melhor desempenho, principalmente em amostras menores.

Aplicaremos o teste de Shapiro-Wilk com auxílio do software MS-Excel[®]. Como esse software não dispõe de uma função nativa para isso, utilizaremos suplementos grátis que contêm pacote de recursos estatísticos que podem ser baixados e instalados no MS-Excel[®]. Um deles é o *Real Statistics[®] Resource Pack for Excel[®] 2010, 2013, 2016, 2019 or 365 for Windows* o qual pode ser baixado através do seguinte link de acesso: <https://www.real-statistics.com/free-download/real-statistics-resource-pack/>.

Uma vez baixado e instalado esse suplemento no MS-Excel[®], selecione os comandos: *Suplementos\ Real Statistics\ Data Analysis Tools*, e na guia *Desc* selecione a opção *Descriptive Statistics and Normality* e clique *OK*. Em *Input Range* insira o endereço do intervalo de células que contém os dados, em *Output Range* insira o endereço da célula de início de saída dos dados, e clique *OK*.

Esse suplemento calcula o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e também o de d'Agostino-Pearson, porém iremos nos referir apenas aos resultados de Shapiro-Wilk. Na Tabela 7 podem ser vistos sumarizados os *valores – p* calculados para cada grupo de resíduos.

Conforme pode ser visto na Tabela 7, para cada variável n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER} há grupos de resíduos que não seguem uma distribuição normal, pois *valor – p* < 0,05 e a hipótese H_0

Tabela 7 – Valores $-p$ do teste de normalidade Shapiro-Wilk nos resíduos da variável n_{6M+MC} nos grupos das variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER} .

Variável	Grupo da variável (n_{6M+MC} versus)	valor – p	Conclusão
n_{MPE}	Lanchonete	< 0,005	Rejeita H_0
	Padaria	< 0,005	Rejeita H_0
	Salgado	0,011	Rejeita H_0
	Pizza	0,467	Não rejeita H_0
	Café Expresso	0,080	Não rejeita H_0
	Negócios restantes	0,022	Rejeita H_0
n_{TM}	Menos de 1 ano	0,469	Não rejeita H_0
	Entre 1 e 2 anos	0,026	Rejeita H_0
	Entre 2 e 5 anos	0,008	Rejeita H_0
	Entre 5 e 10 anos	0,033	Rejeita H_0
	Mais de 10 anos	< 0,005	Rejeita H_0
n_{IR}	Menos de 20 anos	-	Não há dados suficientes
	Entre 20 e 30 anos	0,077	Não rejeita H_0
	Entre 30 e 40 anos	< 0,005	Rejeita H_0
	Entre 40 e 50 anos	0,009	Rejeita H_0
	Mais de 50 anos	0,048	Rejeita H_0
n_{ER}	Ensino Fundamental (EF) incompleto	0,269	Não rejeita H_0
	Ensino Fundamental (EF) completo	< 0,005	Rejeita H_0
	Ensino Médio (EM) incompleto	0,071	Não rejeita H_0
	Ensino Médio (EM) completo	< 0,005	Rejeita H_0
	Superior	0,008	Rejeita H_0
	Pós-graduação	0,466	Não rejeita H_0

Fonte: Elaborado pelo autor.

foi rejeitada. Portanto, o resultado desse teste já reprovava o uso do teste ANOVA para avaliar a igualdade das médias da variável n_{6M+MC} entre os grupos.

Dessa forma, para podermos testar se há uma diferença estatisticamente significativa entre os valores centrais da variável n_{6M+MC} para os diferentes grupos definidos, usaremos um teste de hipóteses não-paramétrico conhecido como *teste da mediana de Mood*. Segundo

Pyzdek e Keller (2010) esse teste, conhecido também como *teste de mediana* ou *teste de pontuação de sinais*, tem as seguintes premissas:

- a) executa um teste de hipótese da igualdade das medianas da população em um design unilateral;
- b) é robusto contra *outliers* e erros nos dados, e é particularmente apropriado nos estágios preliminares de análise;
- c) é menos poderoso (o intervalo de confiança é, em média, mais amplo) para analisar dados de muitas distribuições, incluindo dados de uma distribuição normal.

O teste da mediana de Mood é um teste não-paramétrico, onde Pyzdek e Keller (2010) citam que:

“Os testes estatísticos mais comumente usados (testes t, testes Z, ANOVA, etc.) são [testes paramétricos] baseados numa série de suposições [...]. Os testes não paramétricos, embora não sejam isentos de suposições, não fazem suposições de uma *distribuição* específica para a população. Os qualificadores (assume-se) para testes não paramétricos são sempre muito menos restritivos do que para suas contrapartes paramétricas” (PYZDEK e KELLER, 2010, p. 389, tradução nossa, itálico do autor).

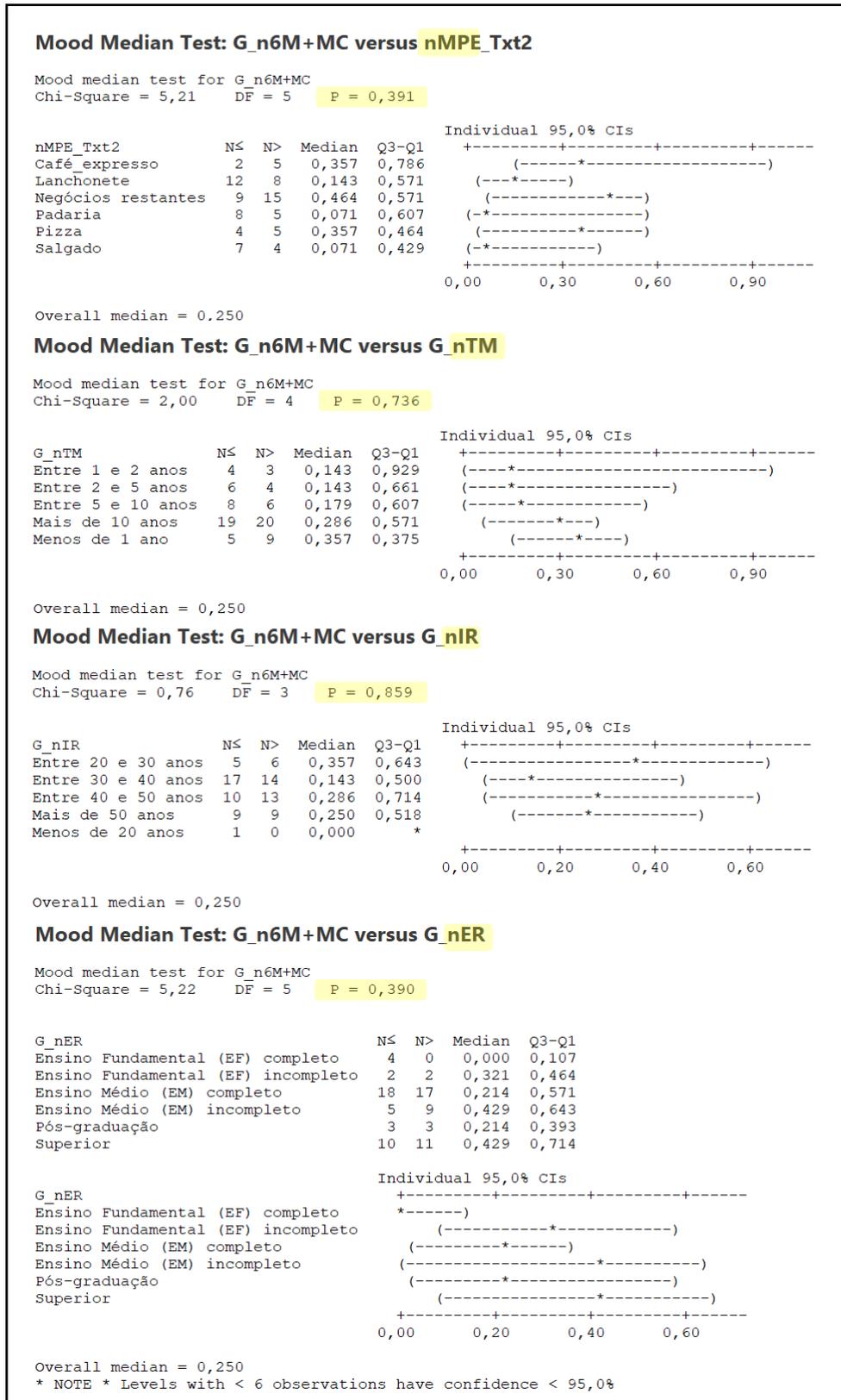
As hipóteses para o teste são definidas conforme segue:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{as medianas entre os grupos } \underline{\text{são}} \text{ iguais} \\ H_a: \text{pelo menos uma das medianas entre os grupos } \underline{\text{é diferente}} \end{array} \right.$$

Com auxílio do software Minitab[®] versão 17.1.0, efetuamos o Teste da Mediana de Mood em cada um dos quatro conjuntos de grupo de dados por cada variável (n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER}), através das opções *Stat\ Nonparametrics\ Mood's Median Test...*, e obtivemos os seguintes *valores – p* cujos resultados dos testes podem ser vistos sumarizados na Figura 47.

Uma vez que os *valores – p* obtidos são todos maiores do que 0,05, concluímos que não há evidência suficiente para rejeitar a hipótese H_0 , isto é, não há diferença entre as medianas dos 4 grupos testados. Portanto, não há associação entre as variáveis n_{6M+MC} e os diferentes grupos das variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER} , a um nível de significância de 5%.

Figura 47 – Teste de mediana de Mood da variável n_{6M+MC} nos grupos das variáveis n_{MPE} , n_{TM} , n_{IR} e n_{ER} .



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.8. Apresentação dos resultados

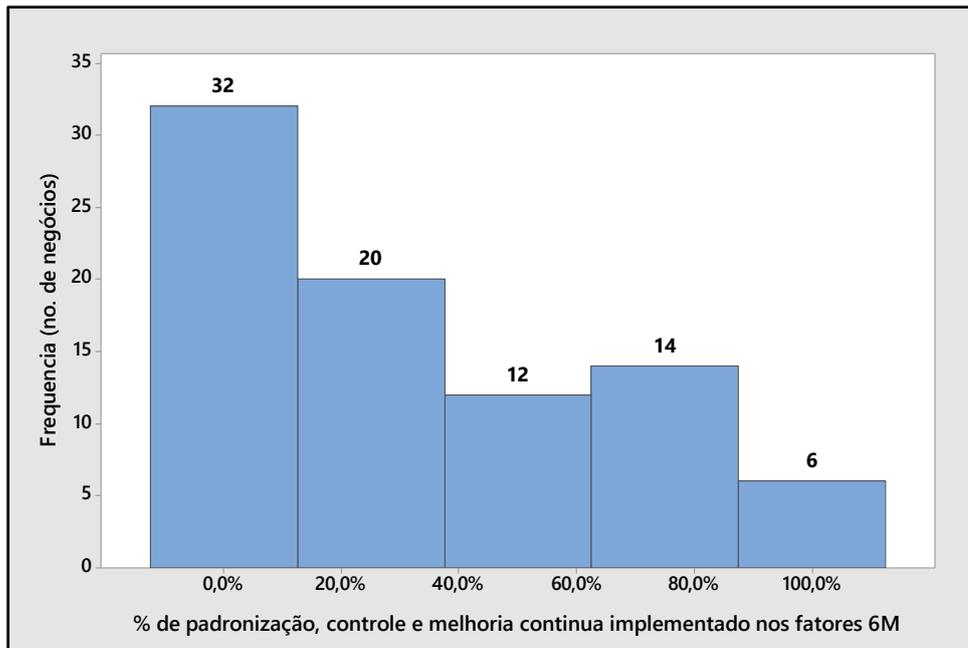
Resumindo as informações da seção anterior, temos que o perfil das MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG tem as seguintes características:

- a) os negócios *Lanchonete, Padaria, Salgado, Pizza e Café Expresso* (33% dos tipos de negócios classificados nessa pesquisa) representam juntos 71% das MPE do setor de alimentação entrevistadas na cidade, igual também à mesma proporção das MPE do setor de alimentação da cidade;
- b) 63% dos negócios desse setor estão há mais de 5 anos atuantes no mercado local, sendo que 46% estão há mais de 10 anos;
- c) em 64% dos negócios, a idade dos responsáveis está entre 30 e 50 anos;
- d) em 42% dos negócios o responsável tem escolaridade de Ensino Médio (EM) completo, seguido por 25% dos negócios com o responsável tendo escolaridade de Ensino Superior;
- e) os produtos *carro-chefe* fornecidos por essas MPE são listados a seguir:

<ul style="list-style-type: none"> - açai; - batata (suíça, recheada); - biscoito, bolacha, cookie; - bolo, caseirinho, rosca; - café (expresso, coado); - churros; - crepe suíço; - espetinho; - nhoque; - panqueca; 	<ul style="list-style-type: none"> - pão de queijo; - pão em geral; - pé de moleque, cocada; - pizza; - refeição (executivo, feijoada, marmita, etc.); - salgado (coxinha, pastel, esfirra, etc.); - sanduíche (hamburger, lanche, etc.); - sorvete (massa, picolé); - suco, vitamina; - torta salgada.
---	---
- f) 15 negócios, ou 18% do total das MPE entrevistadas, têm seu percentual de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M de seus processos produtivos superior a 70%. Quanto maior esse percentual maior é o controle da variabilidade de seu produto *carro-chefe*, o que impacta em menor quantidade de reclamação dos clientes.
No gráfico da Figura 48 pode ser visto, em geral, que a quantidade de negócios tende a aumentar à medida que decresce esse valor percentual.
- g) os negócios que apresentam percentual de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M superior a 70% têm menor taxa de reclamação de clientes

que os demais, conclusão essa baseada num nível de significância estatística de 5%: para os 15 negócios que atendem a essa condição, 5 ou 33% têm reclamações de clientes; para os 69 negócios restantes, essa taxa sobe para 67%;

Figura 48 – % de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M dos processos produtivos dos negócios.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- h) a taxa de reclamação de clientes (a um nível de significância estatística de 5%) não têm relação com:
- as MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas (Lanchonete, Padaria, Salgado, Pizza e Café Expresso *versus* Negócios restantes), sendo que esse primeiro grupo representa 71% das MPE desse setor;
 - o tempo de atuação do negócio no mercado (menor do que ou igual a 10 anos *versus* maior do que 10 anos);
 - a idade do responsável do negócio (menor do que ou igual a 50 anos *versus* maior do que 50 anos);
 - a escolaridade do responsável do negócio (Curso superior ou pós-graduação *versus* Ensino fundamental ou médio);

- i) o percentual de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M dos processos produtivos dos negócios, a um nível de significância estatística de 5%, também não tem relação com os mesmos grupos descritos no item *h*.

Com respeito ao problema formulado e a hipótese construída na Seção 3.1, comentamos:

- a) das 84 MPE entrevistadas, 51 ou 61% responderam que têm reclamação de clientes, logo isso nos dá uma evidência de que a variabilidade de seus produtos *carro-chefe* não é reduzida ou controlada. E conforme avaliado nos testes estatísticos, o baixo percentual de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M foi apontado como uma das principais prováveis causas que contribui com esse cenário;
- b) a menor taxa de reclamação de clientes foi obtida para os negócios que apresentam percentual de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M maior do que 70%. Dessa forma os resultados obtidos nos testes de hipótese sugerem, de acordo com a percepção dos participantes, que a nossa hipótese construída na Seção 3.2 não pode ser rejeitada: *Os negócios que têm a Estatística (conceitos, ferramentas) inseridas em seus processos conseguem obter uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) em seus produtos.*

Considerando que a padronização dos processos é um elemento básico para controlar a variabilidade de um processo ou produto, e dessa forma um requerimento mínimo necessário para se ter um controle estatístico inserido em qualquer processo, então a conclusão obtida no item *g* reforça que essa hipótese é verdadeira e deve ser o caminho para se ter a variabilidade reduzida e controlada em seus produtos. Adicionalmente, essa conclusão no item *g* nos evidencia também uma consistência das respostas das perguntas 7 a 21 do questionário feitas pelos(as) entrevistados(as), consistência essa reforçada pelo cálculo do *Coefficiente Alfa de Cronbach*.

Segundo Vieira (2015), a consistência interna de um teste ou um questionário é a extensão em que os itens que o compõem medem o mesmo conceito ou construto. Por exemplo, se dez questões foram projetadas para medir o mesmo construto, o respondente deveria ter coerência nas respostas. A consistência interna é, portanto, uma das quatro classes de estimativas de confiabilidade, sendo específica para testes e questionários. Para medir a consistência interna de um teste ou uma escala, Lee J. Cronbach desenvolveu em 1951 o coeficiente alfa, que hoje é a estatística mais usada

para medir a consistência de um questionário, conforme pode ser visto em Cronbach (1951)

As opções de resposta para as perguntas 7 a 21 são escalonadas: *Concordo totalmente*, *Concordo*, *Em parte*, *Discordo* ou *Discordo totalmente*, sendo que para o cálculo do coeficiente alfa tais respostas foram transformadas respectivamente nos escores 5, 4, 3, 2 ou 1. O coeficiente alfa de Cronbach foi calculado com auxílio do Software Minitab® versão 17.1.0 (comandos *Stat\ Multivariate\ Items Analysis...*), definindo como resultado de saída *Cronbach's Alpha*, cujo resultado obtido para as 15 respostas das perguntas 7 a 21, entre os 84 participantes da pesquisa, foi de aproximadamente 0,86, conforme pode ser visto na Figura 49.

Figura 49 – Alfa de Cronbach – respostas das perguntas 7 a 21.

<p>Results for: Alfa de Cronbach - Perguntas 7 a 21</p> <p>Item Analysis of P7; P8; P9; P10; P11; P12; P13; P14; P15; P16; P17; P18; P19; P20; P21</p> <p>Cronbach's alpha = 0,8566</p>

Fonte: Elaborado pelo autor.

A consistência interna das respostas das perguntas 7 a 21 do questionário, segundo o valor de alfa, foi avaliada como *Quase Perfeito*, conforme pode ser visto no Quadro 6.

Quadro 6 – Consistência interna do questionário segundo o valor de alfa.

Valor de alfa	Consistência interna
Maior do que 0,80	Quase Perfeito
De 0,80 a 0,61	Substancial
De 0,60 a 0,41	Moderado
De 0,41 a 0,21	Razoável
Menor do que 0,21	Pequeno

Fonte: Landis e Koch¹³ (1977, apud VIEIRA, 2015).

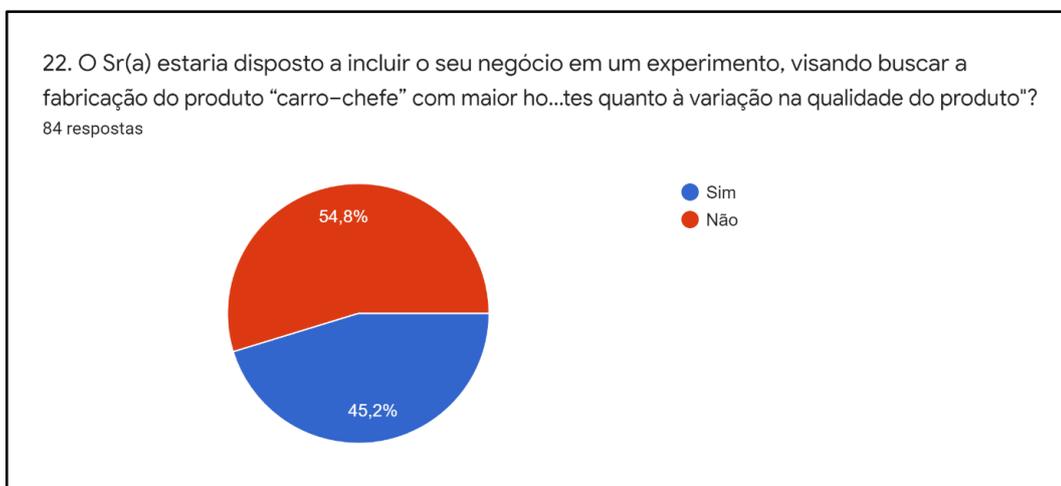
¹³ LANDIS, J. R.; KOCK, G. G. (1977). **The measurement of observer agreement for categorical data.** *Biometrics* 33, 159–174.

- c) As conclusões dos itens *h* e *i* mostram que não há relação da taxa de reclamação de clientes e do percentual de padronização dos fatores 6M com os tipos de negócios das MPE, com o tempo de atuação do negócio no mercado, com a idade ou com a escolaridade do responsável do negócio. Logo, os 15 negócios entrevistados que apresentaram padronização dos fatores 6M superior a 70% e menor taxa de reclamação de clientes são pontos isolados, quer dizer, há alguma característica ou variável nesses negócios que promoveu esses melhores resultados e que não foi possível de avaliar alguma associação com as variáveis disponíveis nessa pesquisa.

As respostas à pergunta 22, conforme podem ser vistas no gráfico da Figura 50, mostram que aproximadamente 45% dos responsáveis entrevistados têm interesse em incluir o seu negócio em um experimento visando buscar a fabricação do produto *carro-chefe* com a maior homogeneidade ou menor variação de qualidade possível, com o objetivo de reduzir a reclamação dos clientes quanto à variação na qualidade do produto. Infelizmente, não teremos recursos financeiros e tempo disponível para fazer tal experimento nesse projeto, o que de fato seria muito útil para poder provar definitivamente a hipótese construída, porém a resposta à essa pergunta nos mostra que há uma significativa parcela que reconhece a existência da variabilidade em seus produtos e que desejam melhorar seus negócios.

Com respeito aos 55% dos entrevistados que não desejam promover experimentos para melhorar a qualidade de seus produtos, não tivemos a oportunidade de perguntar a esses a razão para isso, tampouco se esses entrevistados conhecem as técnicas e metodologias estatísticas.

Figura 50 – Respostas à pergunta 22 do questionário.



Fonte: Google Forms®.

Os baixos percentuais de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M dos processos produtivos dos negócios, conforme dissertado no item *f* e ilustrado no gráfico da Figura 48, nos fazem suspeitar que há uma carência de conhecimento estatístico como ferramenta para solução das reclamações dos clientes nas MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas, conforme dissertado no Apêndice B. Dessa forma, na próxima seção apresentaremos um material para educação e treinamento básico para algumas ferramentas estatísticas elementares que podem ser aplicadas a qualquer processo, com exemplos, as quais permitirão auxiliar na solução de uma grande parte dos problemas de um negócio.

4. MATERIAL PARA EDUCAÇÃO E TREINAMENTO BÁSICO – FERRAMENTAS E METODOLOGIAS ESTATÍSTICAS

As seções a seguir contêm procedimentos detalhados de construção, com exemplos, para cada uma das *sete ferramentas de qualidade* e do *processo sigma* apresentados na Seção 2.5. Nesses exemplos incluiremos orientações para o uso da planilha eletrônica MS–Excel® do Microsoft 365® para construir algumas dessas ferramentas, software esse de grande abrangência na sociedade em todo o mundo, para auxiliar na organização dos dados, cálculos, gráficos, entre outros, uma vez que a ideia é a de deixar a atividade pesada de cálculos e de desenhar gráficos a cargo dos computadores, ficando para os indivíduos a parte crítica que é a de ler e interpretar os dados e tirar conclusões. É necessário que o leitor tenha conhecimento básico do MS–Excel®, como inserir fórmulas e funções, gráficos, formatação dos dados, entre outros, para poder executar os comandos que serão mostrados nos exemplos.

Com o conteúdo dessa seção e dos respectivos apêndices esperamos disponibilizar informações essenciais para que qualquer pessoa possa preparar um material para educação e treinamento básico para o ensino e aplicação dessas ferramentas.

4.1. Gráfico de Pareto

Segundo Brassard *et al.* (2002), o gráfico de Pareto é uma ferramenta que proverá informações para permitir focar nos problemas principais, isto é, para concentrar esforços nos problemas que oferecem o maior potencial de melhoria. Detalhes teóricos dessa ferramenta podem ser vistos na Seção 2.5.1.

Um roteiro resumido para construir essa ferramenta pode ser visto a seguir:

- a) decida qual(is) problema(s) conhecer em detalhes;
- b) escolha a unidade de medida mais significativa, como frequência ou custo;
- c) escolha o período de tempo para o estudo;
- d) reúna os dados necessários em cada categoria de problema, em tempo real ou revisando os dados históricos;
- e) compare a frequência relativa ou custo de cada categoria de problema;
- f) liste as categorias de problemas na linha horizontal (em ordem decrescente de frequência) e as respectivas frequências na linha vertical, e desenhe a linha de porcentagem cumulativa mostrando a parte do total que cada categoria de problema representa;
- g) interprete os resultados.

Seja o exemplo: *Um determinado estabelecimento alimentício A tem recebido muitas reclamações de clientes. Quais problemas os clientes desse estabelecimento têm relatado? Há um ou mais problemas que se sobressaem em relação aos demais?*

O gráfico de Pareto seria a ferramenta ideal para responder à essa questão. Logo, utilizando esse exemplo, o procedimento para construir essa ferramenta pode ser visto a seguir segundo Brassard *et al.* (2002):

a) decidir qual(is) problema(s) conhecer em detalhes:

- **segundo o exemplo**, um determinado estabelecimento alimentício A tem recebido muitas reclamações de clientes. Quais problemas os clientes desse estabelecimento têm relatado?

b) escolha a unidade de medida mais significativa, como frequência ou custo:

- **exemplo**: decidiu-se pela *contagem* dos diferentes tipos de problemas relatados;

c) escolha o período de tempo para o estudo:

Escolha um período de tempo que seja longo o suficiente para representar a situação. Estudos mais longos nem sempre se traduzem em melhores informações. Deve ser observado primeiro o volume e a variedade dos dados, e certificar de que o tempo selecionado seja típico/normal, a fim de levar em consideração a sazonalidade ou até mesmo padrões diferentes em um determinado dia ou semana.

- **exemplo**: serão levantados todos os problemas relatados pelos clientes no *último mês*, em qualquer dia da semana;

d) reúna os dados necessários em cada categoria de problema, em tempo real ou revisando os dados históricos:

Via de regra, deve ser sempre incluído no gráfico final informações que indicam a origem/fonte dos dados, o local e o período de tempo coberto pelo estudo.

- **exemplo**: os problemas serão classificados e contados baseado em *dados históricos* existentes no estabelecimento (formulário de sugestões, críticas) e também a partir dos comentários/notas que os clientes têm fornecido pelo *aplicativo iFood*[®];

e) compare a frequência relativa ou custo de cada categoria de problema:

- **exemplo**: os dados coletados podem ser vistos na Tabela 8.

f) liste as categorias de problemas na linha horizontal (em ordem decrescente de frequência) e as respectivas frequências na linha vertical, e desenhe a linha de porcentagem cumulativa mostrando a parte do total que cada categoria de problema representa:

O gráfico de Pareto será feito com auxílio do software MS- Excel[®] para Microsoft 365[®], cujos passos seguem:

Tabela 8 – Exemplo: dados coletados para o gráfico de Pareto – período de aa/aa/aa a bb/bb/bb – fonte: iFood®.

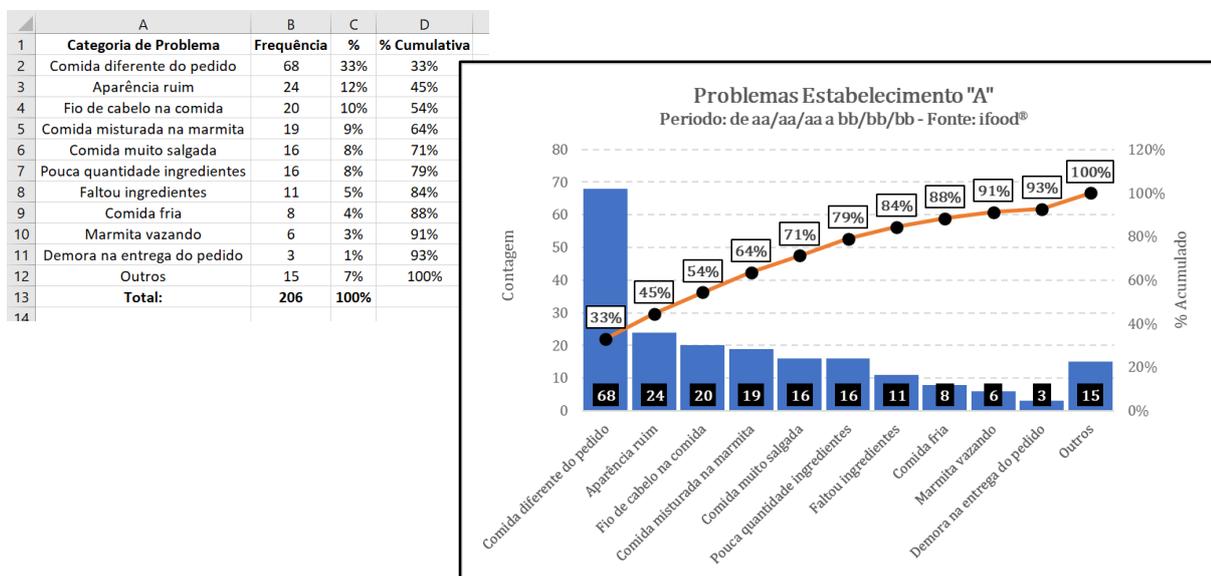
Categoria de problema	Frequência	%
Aparência ruim	24	12%
Comida diferente do pedido	68	33%
Comida fria	8	4%
Comida muito salgada	16	8%
Comida misturada na marmita	19	9%
Demora na entrega do pedido	3	1%
Faltou ingredientes	11	5%
Fio de cabelo na comida	20	10%
Marmita vazando	6	3%
Pouca quantidade ingredientes	16	8%
Outros	15	7%
Total:	206	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

- digite a Tabela 8 em uma planilha do MS-Excel®;
 - através dos comandos *Dados\ Classificar*, marque toda a tabela (exceto as últimas linhas *Outros* e *Total*) e ordene-a pela coluna % em ordem decrescente;
 - insira uma coluna % *Cumulativa*, e adicione uma fórmula para calcular a porcentagem cumulativa da coluna anterior até a respectiva linha/categoria de problema;
 - marque toda a tabela (exceto a coluna % e a última linha *Total*) e selecione os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os Gráficos\ Combinação*. Selecione a linha % *Cumulativa* e defina essa como *Eixo Secundário*;
 - **exemplo:** na Figura 51 pode ser visto a Tabela 8 digitada na planilha do MS-Excel® e o gráfico de Pareto construído, após serem feitas todas as formatações desejadas.
- g) interprete os resultados:

Geralmente as barras mais altas indicam os maiores contribuintes para o problema geral (reclamação dos clientes). Lidar com essa categoria de problemas primeiro, portanto, faz sentido. Porém, o problema mais frequente ou mais oneroso nem sempre é o mais

Figura 51 – Exemplo: gráfico de Pareto construído por intermédio do software MS-Excel® (dados da planilha e gráfico).



Fonte: Elaborado pelo autor.

importante, por isso é necessário sempre avaliar o que tem mais impacto nas metas do negócio do fornecedor e clientes.

- **exemplo:** podemos observar no gráfico de Pareto da Figura 51 que *Comida diferente do pedido* representa 33% dos problemas de reclamação dos clientes, logo trabalhando e resolvendo de forma definitiva esse maior problema o estabelecimento A poderá vir a ter 33% de clientes satisfeitos. Se for trabalhar para resolver os dois maiores problemas, o estabelecimento A poderá vir a ter 45% de clientes satisfeitos, e assim por diante.

Assim, isso mostra como o gráfico de Pareto pode guiar a equipe em onde focar os esforços para alcançar as maiores melhorias, isto é, identifica áreas significantes de oportunidades e estabelece o escopo de trabalho.

4.2. Diagrama de causa e efeito

Segundo General Cable Corp. (2016b), muitas vezes há inúmeras causas possíveis para um problema. Logo, o diagrama de causa e efeito permite identificar várias causas potenciais e criar diagramas de quaisquer relações. Detalhes teóricos dessa ferramenta podem ser vistos na Seção 2.5.2.

Um roteiro resumido para construir essa ferramenta pode ser visto a seguir:

- a) defina o problema e gere as prováveis causas necessárias para construir um diagrama de causa e efeito, utilizando a técnica *tempestade de ideias (brainstorming)* ou baseado em dados;
- b) construa o diagrama de causa e efeito;
- c) entre as prováveis causas definidas, selecione a(s) mais relevante(s) a ser(em) priorizada(s) e defina as prováveis causas raízes, utilizando o *método dos cinco porquês*, organizando a informação num *diagrama de árvore*;
- d) selecione a(s) causa(s) raiz(es) para aplicar as ações corretivas necessárias;
- e) utilize os dados e métodos estatísticos para confirmar se as prováveis causas raízes analisadas foram de fato causas potenciais.

Seja o exemplo: *A comida fornecida por sistema de ‘delivery’ pelo estabelecimento B, com motoqueiro próprio, chega fria no cliente, no período de xx/xx/xx a yy/yy/yy, onde neste período 53% das reclamações de clientes referem-se a esse problema. Por que dito problema ocorre nesse estabelecimento?*

O diagrama de causa e efeito irá auxiliar na busca das prováveis causas que estão impactando nesse problema. Logo, utilizando esse exemplo, o procedimento detalhado para construir esse diagrama pode ser visto a seguir segundo Brassard *et al.* (2002) e General Cable Corp. (2016b):

- a) defina o problema e gere as prováveis causas necessárias para construir um diagrama de causa e efeito:

Certifique-se de que todos da equipe concordam com a definição do problema. Inclua o máximo de informações possíveis sobre o problema como *o quê, quando e quanto*. Use dados para especificar o problema.

Para gerar as prováveis causas que impactam no problema estudado, escolha um dos seguintes métodos, perguntando ***Por que esse problema ocorre?***:

- tempestade de ideias (*brainstorming*)¹⁴ sem prévia preparação;
- baseado em dados obtidos pelos membros da equipe antes da reunião.

¹⁴ Segundo Brassard *et al.* (2002, p. 45, tradução nossa), a metodologia *brainstorming (tempestade de ideias)* estabelece um método comum para uma equipe gerar de forma criativa e eficiente um grande volume de ideias sobre qualquer tópico, criando um processo livre de críticas e julgamentos. Essa técnica encoraja: a) o pensamento aberto quando uma equipe está presa a uma mesma forma de pensamento, b) faz com que todos os membros da equipe se envolvam e se entusiasmem para que alguns não dominem todo o grupo, e c) permite que os membros da equipe desenvolvam a criatividade uns dos outros enquanto se mantêm focados em sua missão conjunta.

- **exemplo:** a equipe escolheu a técnica de *Tempestade de Ideias (Brainstorming)* para definir as prováveis causas que impactam nesse problema, através da pergunta *Por que dito problema ocorre no estabelecimento B?*, onde foram obtidas as seguintes prováveis causas:
 - o pedido é preparado com muita antecedência;
 - a comida não é mantida aquecida enquanto espera o motoqueiro para entregá-la;
 - há demora para entregar o pedido pelo motoqueiro;
 - um único motoqueiro entrega muitos pedidos simultaneamente;
 - a embalagem é inapropriada para manter a temperatura da comida;
 - o auxiliar não se certificou da temperatura da comida ao montar a embalagem;
 - o dia está muito frio;
 - a caixa de transporte do motoqueiro é inapropriada para manter a temperatura da comida;
 - o motoqueiro não entrega apenas comida (faz outras atividades extras simultaneamente durante o trajeto);
 - a rota do motoqueiro não é previamente planejada;
 - o termômetro para medir a temperatura da comida está descalibrado.

Nota: ao definir uma provável causa, é sempre muito útil fazer a verificação do *poderia causar*. Por exemplo, na primeira provável causa listada acima *O pedido é preparado com muita antecedência*, podemos perguntar: *O pedido preparado com muita antecedência poderia causar com que a comida chegasse fria no cliente?* ou então, *Se o pedido não fosse preparado com muita antecedência poderia causar com que a comida não chegasse fria no cliente?* Se a resposta for *Sim* para qualquer uma dessas perguntas então podemos concluir que existe uma provável relação de causa e efeito e a provável causa definida fica mantida na lista, caso contrário tal definição deveria ser revista pela equipe.

b) construa o diagrama de causa e efeito:

Para construir o diagrama, deve ser seguido os seguintes passos baseado em Brassard *et al.* (2002):

- usando uma folha de papel grande (tipo *papel pardo*) ou um quadro branco grande, escreva a definição do problema em um retângulo no lado direito da folha ou quadro;
- trace uma linha horizontal entre a extremidade esquerda da folha de papel ou quadro branco e o retângulo com a definição do problema (essa linha é a *espinha dorsal* do diagrama);
- escreva no papel pardo ou quadro branco as categorias de causas principais (as 6Ms): Mão-de-Obra, Matéria-Prima, Máquina, Método, Medição e Meio-Ambiente, e conecte-as com uma linha à espinha dorsal do diagrama (três categorias acima e três categorias abaixo da espinha dorsal);

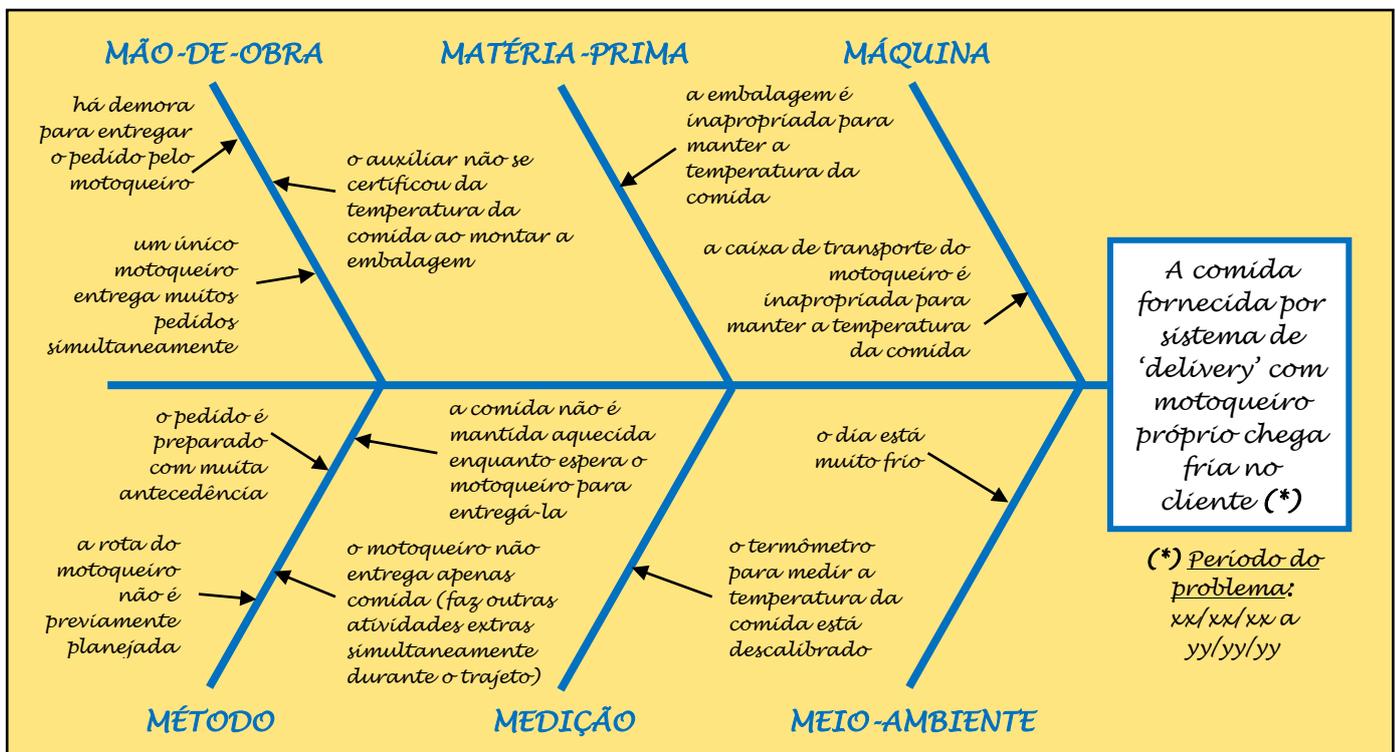
Nota: a equipe deve ser flexível quanto às categorias de causas principais utilizadas. Num processo de produção, as espinhas das categorias de causas principais geralmente são as 6M, porém para um processo de serviços tais categorias poderiam ser: *políticas, procedimentos, pessoas*, entre outras. Não há um conjunto perfeito de número de categorias, logo essas deveriam ser adequadas ao problema analisado.

- vá escrevendo as prováveis causas definidas na categoria mais apropriada do diagrama, conectando o texto a uma seta conectada à espinha da categoria.

Nota: algumas causas podem parecer se enquadrar em mais de uma categoria. Idealmente, cada causa deveria estar em apenas uma categoria, mas algumas das causas relativa às *pessoas* podem pertencer legitimamente a dois lugares. Coloque-as em ambas as categorias e veja como elas funcionam no final.

- **exemplo:** no gráfico da Figura 52 pode ser visto o diagrama de causa e efeito construído com base nas informações obtidas do item *a*.

Figura 52 – Exemplo: diagrama de causa e efeito.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- c) entre as prováveis causas definidas, selecione a(s) mais relevante(s) a ser(em) priorizada(s) e defina as prováveis causas raízes:

Em função dos recursos da equipe tais como quantidade de membros, tempo, dinheiro, entre outros, pode ser viável que a equipe priorize, em consenso, quais prováveis causas comecem a avaliar. Uma vez escolhidas essas causas, a equipe deverá definir as suas respectivas causas raízes.

Causa raiz é a causa potencial ou real de um problema. Segundo Carvalho (2020), a causa raiz é descrita como uma causa subjacente ou fundamental de uma não conformidade, defeito ou falha. O termo *causa raiz* também pode ser referido como o ponto preciso na cadeia causal onde a aplicação de uma ação corretiva ou intervenção impediria a ocorrência da não conformidade. Gano (1999) define causas raízes como “as causas onde as soluções devem ser dirigidas (removendo, alterando ou controlando-as) para que o problema não volte a se repetir” (GANO, 1999, p. 15, tradução nossa).

Para se obter as causas raízes, uma metodologia muito útil e simples de se usar é o *método dos cinco porquês*. Segundo Eckes (2001), os cinco porquês é o método para chegar à causa raiz dos problemas, onde a teoria é que a primeira razão dada para *porque algo não funcionou* é raramente a razão da causa raiz real para a falha.

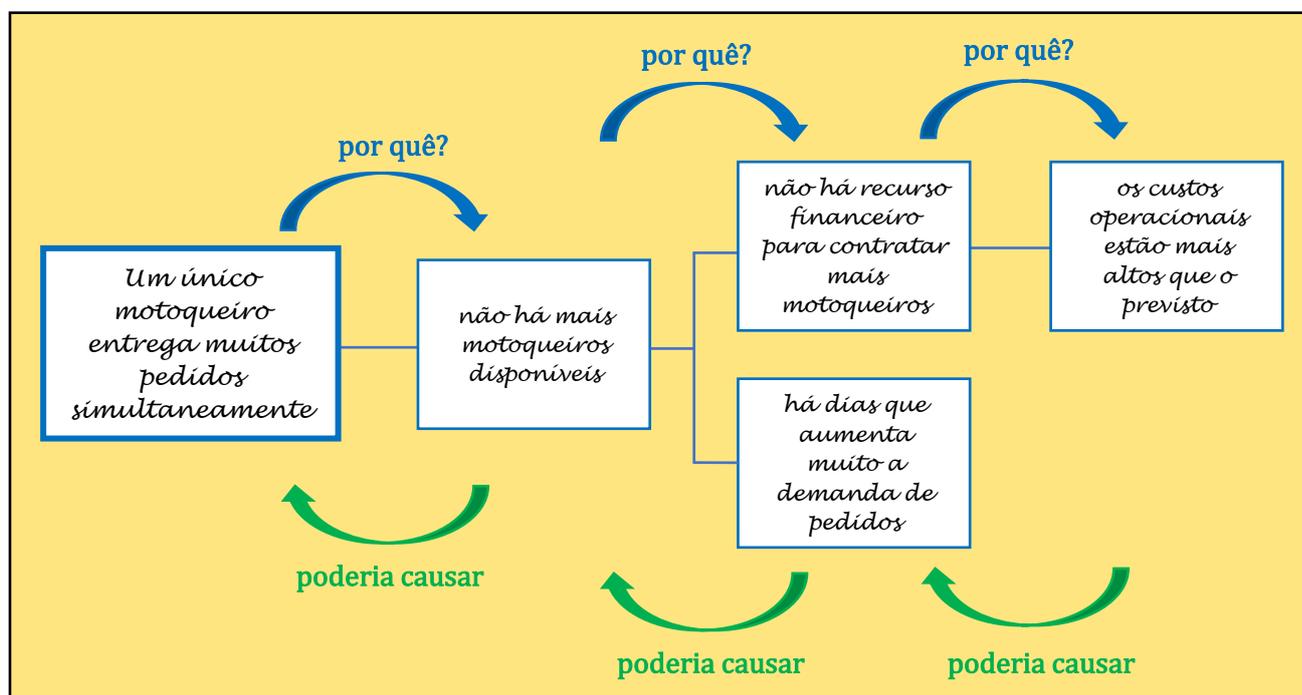
O método dos cinco porquês consiste em, a partir da provável causa inicial, perguntar ***Por que [...]?*** sucessivamente por até cinco vezes, onde na quinta resposta já devemos obter ou estar muito próximo da provável causa raiz.

- **exemplo:** suponhamos que a equipe escolheu a provável causa *Um único motoqueiro entrega muitos pedidos simultaneamente* para identificar a(s) causa(s) raízes utilizando o *método dos cinco porquês*, cujo resultado pode ser visto no *diagrama de árvore* da Figura 53, fazendo uso também da verificação do *poderia causar* para verificar se há uma provável existência de relação de causa e efeito.

O diagrama de árvore, segundo Gano (1999) e General Cable Corp. (2016b), é uma outra técnica gráfica que permite buscar uma estrutura na prováveis relações entre as causas potenciais. É uma ferramenta utilizada para organizar ideias relacionadas em sequência, de um ponto amplo e geral para estreito e específico. No exemplo da Figura 53, temos que:

- o problema *Um único motoqueiro entrega muitos pedidos simultaneamente* aparece na parte extrema esquerda, com as causas potenciais ramificando-se para a direita;
- níveis de ***Por que [...]?*** se refletem conforme se move da esquerda para a direita; consequentemente, os níveis de ***[...] poderia causar [...]?*** se movem da direita para

Figura 53 – Exemplo: método dos cinco porquês em conjunto com o diagrama de árvore.



Fonte: Elaborado pelo autor.

a esquerda;

- as linhas entre os blocos conectam as séries de causas relacionadas;
- as causas mais específicas aparecem na parte extrema direita (as potenciais *causas raízes*).

Logo pelo nosso exemplo, no 2º e 3º porquês chegamos a duas prováveis causas raízes do problema analisado (*os custos operacionais estão mais altos que o previsto* e *há dias que aumenta muito a demanda de pedidos*). Em geral, dependendo do problema, leva-se cinco ou mais porquês para se chegar na causa raiz. Observa-se, porém, que cessa-se o questionamento ***Por que [...]?*** quando se chega a uma causa a qual pode ser aplicada uma ação e/ou que pode ser controlada.

Após aplicar as ações e obter os resultados, pode-se utilizar os dados e métodos estatísticos para confirmar se as prováveis causas raízes analisadas foram de fato causas potenciais.

4.3. Estratificação

Segundo Brassard *et al.* (2002) e General Cable Corp. (2016a), estratificar significa dividir os dados em grupos baseados em *características-chave* ou *fatores*. Uma *característica-chave* é algum aspecto dos dados que poderia ajudar a explicar quando, onde e porque um problema existe. O objetivo da divisão de dados em grupos é detectar um padrão que localiza um problema e guiar análises para explicar porque a frequência ou impacto varia por entre as condições.

Detalhes teóricos dessa técnica podem ser vistos na Seção 2.5.3. Seja o exemplo:

Uma padaria P tem recebido nas últimas semanas reclamações de seus clientes sobre a variação no tamanho do pão francês, onde os clientes alegam que os pães têm variado de tamanho. O dono do estabelecimento supôs, a princípio, que o problema da variação estava entre os padeiros que produziam os pães.

Será que algum padeiro está produzindo pães com maior variabilidade no peso do que os demais? Logo, o roteiro resumido para a técnica de estratificação consiste em:

- a) estratifique os dados, dividindo os mesmos por grupos (nesse caso, por cada padeiro individualmente);
- b) construa gráficos individuais para cada grupo (cada padeiro), com a mesma escala em ambos eixos para permitir compará-los;
- c) analise e compare os gráficos entre cada grupo (cada padeiro), para verificar se há diferenças entre as distribuições dos dados, medidas de posição e medidas de dispersão.

A seguir pode ser visto uma estratificação gráfica de dados utilizando esse exemplo:

Para avaliar o problema da variação no tamanho do pão francês conforme identificado pelos clientes, o dono do estabelecimento presumiu a princípio que o problema da variação estava entre os padeiros que produziam os pães, logo ele decidiu coletar 10 amostras aleatórias diárias do pão francês durante cinco dias consecutivos no período entre *aa/aa/aa* e *bb/bb/bb*, produzidos entre três padeiros que trabalham em diferentes turnos (padeiros *Pad1*, *Pad2* e *Pad3*), totalizando assim 150 amostras com 50 amostras por padeiro, onde os respectivos dados foram digitados numa planilha eletrônica do MS-Excel®, cujos valores podem ser vistos na Tabela 9.

Tabela 9 – Exemplo: amostras de peso de pão francês produzidos entre aa/aa/aa e bb/bb/bb na padaria P.

Padeiro	Amostras de peso de pão francês produzidos (gramas)									
	dia 1		dia 2		dia 3		dia 4		dia 5	
Pad1	51,6	49,4	50,8	50,4	48,9	50,9	50,8	51,1	49,2	50,0
	49,4	51,7	50,8	50,9	49,8	50,9	51,0	48,8	49,4	49,4
	51,2	49,7	49,5	49,8	48,7	49,8	48,3	51,7	49,8	48,4
	49,5	51,3	49,2	51,1	51,1	50,3	49,1	50,2	52,5	49,4
	51,1	49,8	49,8	48,6	50,3	49,8	49,5	49,4	51,0	50,4
Pad2	47,5	47,1	47,5	47,1	48,8	48,4	47,3	47,7	49,3	47,6
	48,1	49,3	48,1	49,3	48,0	48,7	47,6	48,0	47,9	47,0
	46,9	47,5	46,9	47,5	47,3	48,0	47,5	47,8	48,3	47,8
	47,5	47,4	47,5	47,4	47,8	48,6	48,4	47,7	47,8	47,7
	48,4	48,6	48,4	48,6	47,9	47,9	47,9	47,8	47,9	48,8
Pad3	51,6	46,8	46,5	47,8	49,8	47,4	50,6	52,7	46,8	52,9
	49,9	49,2	52,2	44,1	47,4	46,1	52,1	49,4	49,2	49,1
	48,1	48,3	48,2	48,0	46,1	46,4	49,7	49,5	49,9	48,9
	45,6	50,6	49,3	48,4	52,1	48,1	51,1	48,3	51,6	52,6
	50,2	49,4	47,5	47,9	52,4	47,7	45,9	50,8	49,9	48,7

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para analisar os dados decidiu-se construir um histograma, gráfico esse mostrado na Seção 2.4. Como os pesos dos pães francês da Tabela 9 variam numa faixa de 44 a 53 gramas (amplitude total de 9 gramas), definiu-se então por nove classes de frequência¹⁵ de peso e contou-se a quantidade de pães contidos em cada intervalo, cujos resultados podem ser vistos na Tabela 10.

O histograma será desenhado com auxílio do software MS–Excel[®] para Microsoft 365[®], cujos passos seguem:

- digite a Tabela 10 em uma planilha do MS–Excel[®];
- para construir o histograma de todo o conjunto de amostras, marque as colunas *Classe de Frequência (g)* e *Contagem Total dos Pães* (exceto a última linha *Total Amostras*), e selecione os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os*

¹⁵ Segundo Brassard *et al.* (2002), o seguinte critério pode servir como uma guia para dividir as amostras num número de classes razoável para um histograma: a) para um número de dados inferior a 50: 5 a 7 classes; b) Entre 50 e 100 dados: 6 a 10 classes; c) Entre 100 e 250 dados: 7 a 12 classes; d) Acima de 250 dados: 10 a 20 classes.

Tabela 10 – Exemplo: amostras de peso de pão francês produzidos entre aa/aa/aa e bb/bb/bb na padaria P classificados por classes de frequência de peso.

Peso pão francês (g)		Classe de frequência (g)	Contagem total dos pães	Contagem dos pães por padeiro		
de	até			Pad1	Pad2	Pad3
44,00	45,00	[44, 45]	1	-	-	1
45,01	46,00	(45, 46]	2	-	-	2
46,01	47,00	(46, 47]	9	-	3	6
47,01	48,00	(47, 48]	38	-	31	7
48,01	49,00	(48, 49]	27	6	13	8
49,01	50,00	(49, 50]	36	21	3	12
50,01	51,00	(50, 51]	16	12	-	4
51,01	52,00	(51, 52]	13	10	-	3
52,01	53,00	(52, 53]	8	1	-	7
Total Amostras:			150	50	50	50

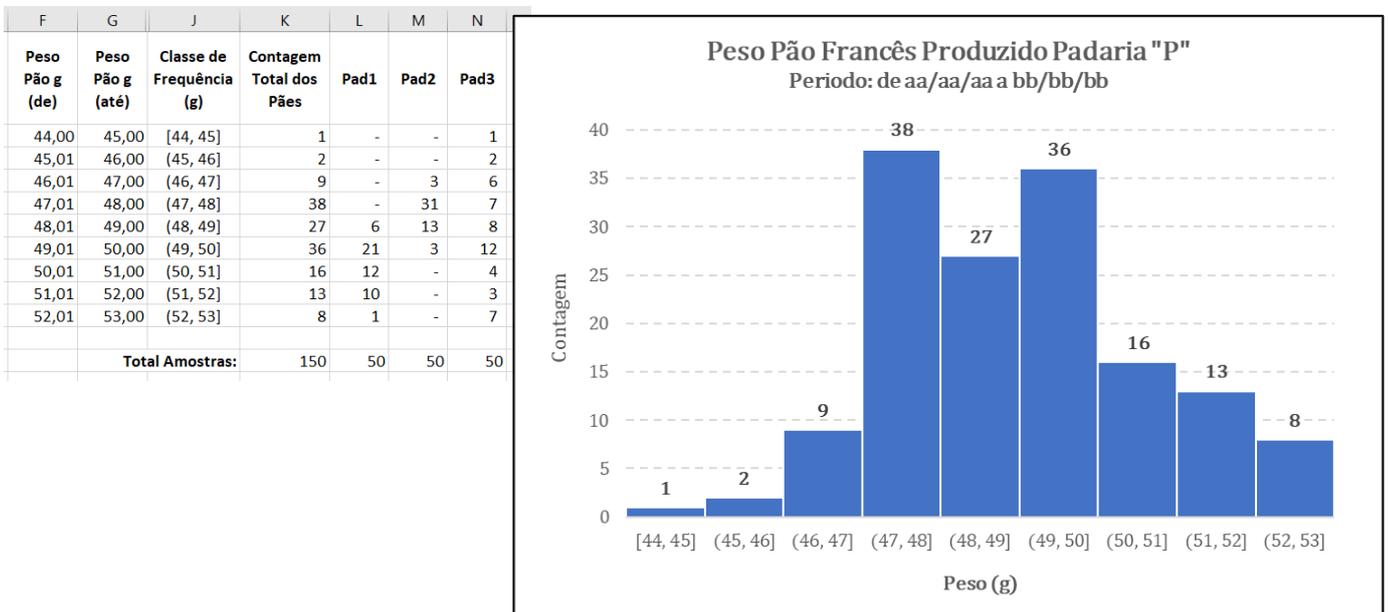
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráficos\ Colunas;

- para construir o histograma para cada conjunto de dados de cada padeiro, marque as colunas *Classe de Frequência (g)* e a coluna *Pad1*, *Pad2* ou *Pad3*, dependendo o gráfico de qual padeiro construir (exceto a última linha *Total Amostras*), e selecione os mesmos comandos mostrados no subitem anterior (observe que o eixo horizontal é o mesmo para todos os gráficos);
- um ponto importante, para permitir a análise comparativa, ambos os eixos horizontal e vertical dos histogramas devem ter as mesmas escalas. Para configurar o eixo vertical, dê um clique duplo no eixo e defina os valores mínimo e máximo do eixo igual ao do histograma de todo o conjunto de amostras;
- nas Figuras 54 e 55 podem ser vistos a Tabela 10 digitada na planilha do MS-Excel® e os histogramas construídos após serem feitas todas as formatações desejadas.

Analisando o histograma de todo o conjunto de amostras da Figura 54 podemos notar que os dados são bimodais, isto é, apresentam duas classes de frequência de dados com maior frequência. Esse cenário evidencia que o processo não é padronizado, ou seja, cada padeiro

Figura 54 – Exemplo: histograma total construído por intermédio do software MS-Excel® (dados da planilha e gráfico).



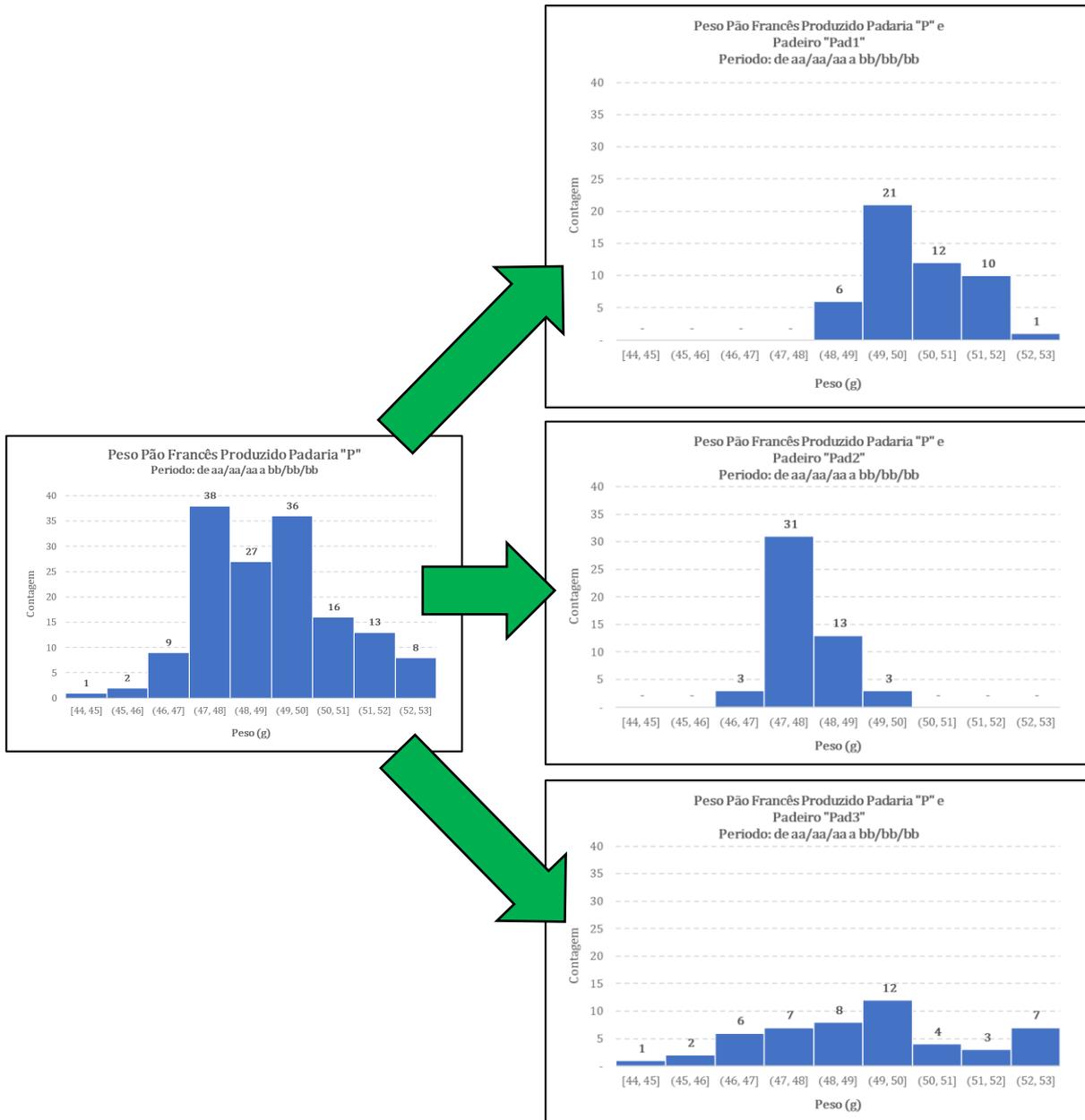
Fonte: Elaborado pelo autor.

deve ter um método próprio para determinar o tamanho do pão francês. Adicionalmente, a amplitude total de 9 gramas (diferença entre o peso máximo e mínimo obtido nas amostras) dá uma ideia da variação do peso dos pães produzidos.

Portanto, para buscar as prováveis causas do problema faz-se necessário estratificar o histograma da Figura 54 por cada padeiro *Pad1*, *Pad2* e *Pad3* conforme pode ser visto na Figura 55. Esses histogramas já mostram um cenário diferente: os padeiros *Pad1* e *Pad2* têm valores centrais e amplitudes próximas, com *Pad1* tendo o valor médio de seu pão produzido no intervalo (50, 51] gramas e variação total de 5 gramas, e *Pad2* com o valor médio de seu pão produzido no intervalo (47, 48] gramas e variação total de 4 gramas. O padeiro *Pad3* tem o valor médio de seu pão semelhante aos praticados por *Pad1* e *Pad2* (no intervalo (49, 50] gramas), porém a variação total de seu pão produzidos é de 9 gramas, ou seja, *Pad3* é o responsável por grande parte da variação do peso dos pães produzidos na padaria *P*.

Assim, a estratificação mostra que o dono do negócio estava certo de sua suposição, onde tais dados servirão como um guia para que ele avalie junto com o padeiro *Pad3* porque essa variação ocorre (a provável causa raiz dessa variação) e juntos tomarem as ações corretivas necessárias.

Figura 55 – Exemplo: histograma total estratificado por padeiro *Pad1*, *Pad2* e *Pad3*, construídos por intermédio do software MS-Excel®.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4. Folha de verificação

Segundo Montgomery (2009) e Grupo Forlogic (2016), a folha de verificação, *checklist* ou *check sheet* é um formulário de múltiplas utilidades utilizado para padronizar e facilitar a coleta de dados. A ferramenta permite uma rápida percepção da realidade e uma breve

interpretação da situação, o que auxilia na redução de erros ou evita que o mesmo volte a ocorrer. Detalhes teóricos dessa ferramenta podem ser vistos na Seção 2.5.4.

Um roteiro resumido para construir essa ferramenta pode ser visto a seguir:

- a) defina o objetivo da coleta de dados (que dados coletar, como analisá-los, como registrá-los, quem irá realizar a coleta, educação e treinamento dos coletadores para as coletas);
- b) monte a folha de verificação com os campos para registros;
- c) inclua instruções para o preenchimento e conscientização para a coleta dos dados;
- d) execute o pré-teste;
- e) faça a coleta dos dados.

Como exemplo, *o estabelecimento A decidiu compilar os problemas de reclamações de clientes recebidos semanalmente no último mês (período de aa/aa/aa a bb/bb/bb)*, sendo que para isso foi decidido preencher uma folha de verificação. Na Seção 2.5.4 pode ser visto a construção dessa ferramenta utilizando esse exemplo.

4.5. Histograma

Segundo Brassard *et al.* (2002), o histograma é um gráfico que mostra o quão frequentemente um evento ocorre, apresentando graficamente sua distribuição de frequência em forma de barras. Detalhes teóricos dessa ferramenta podem ser vistos na Seção 2.5.5.

Um roteiro resumido para construir essa ferramenta pode ser visto a seguir:

- a) defina as classes de frequência dos dados;
- b) efetue a contagem da frequência dos dados para cada classe definida;
- c) digite numa planilha do MS-Excel® 2 colunas: *classe de frequência* e *contagem dos dados*;
- d) para construir o histograma, marque as colunas *classe de frequência* e *contagem dos dados*, e selecione no MS-Excel® os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os Gráficos\ Colunas*.

Na Seção 4.3 pode ser visto um procedimento detalhado para construir um histograma, utilizando como exemplo *a variação no tamanho do pão francês da padaria P* avaliado pelo peso.

4.6. Diagrama *scatter* ou de dispersão

Segundo Brassard *et al.* (2002), Montgomery (2009), e Pyzdek e Keller (2010), o gráfico de dispersão é um gráfico que ajuda a visualizar a relação entre duas variáveis. Essa ferramenta pode ser usada para verificar se uma variável está relacionada a outra variável, e é uma forma eficaz de comunicar a relação que se deseja avaliar. Detalhes teóricos dessa ferramenta podem ser vistos na Seção 2.5.6.

Um roteiro resumido para construir essa ferramenta pode ser visto a seguir:

- a) digite numa planilha do MS–Excel[®] 2 colunas, uma para cada variável (a variável independente X e a variável dependente Y);
- b) para construir o diagrama de dispersão, marque as colunas X e Y , e selecione no MS–Excel[®] os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os Gráficos\ X Y (Dispersão)*;
- c) calcule o coeficiente de correlação r de Pearson no MS–Excel[®] para avaliar a correlação entre o conjunto de dados X e Y ;
- d) Com auxílio da Figura 20 da Seção 2.5.6, defina qual é a força da relação entre X e Y .

Seja o exemplo: *O dono do estabelecimento C tinha a hipótese de que a nota de satisfação do cliente no aplicativo de entrega iFood[®] tinha relação com o tempo de atraso na entrega (medido como tempo real de entrega menos tempo máximo de entrega determinado pelo aplicativo, em minutos). Será que existe uma relação de dependência entre essas variáveis?*

Para avaliar tal relação a ferramenta ideal é o diagrama de dispersão junto com o coeficiente r de correlação. Logo, utilizando esse exemplo, o procedimento detalhado para construir esse diagrama pode ser visto a seguir:

O dono do estabelecimento coletou os dados referentes ao período de $xx/xx/xx$ a $yy/yy/yy$ para provar sua hipótese, conforme pode ser visto na Tabela 11.

Para avaliar a existência de relação entre o tempo de atraso e a nota do cliente foi decidido construir um diagrama de dispersão. Tal gráfico foi desenhado com auxílio do software MS–Excel[®] para Microsoft 365[®], cujos passos seguem:

- digite a Tabela 11 em uma planilha do MS–Excel[®] utilizando duas colunas, uma coluna para cada variável;

Tabela 11 – Exemplo: Tempo de atraso de entrega do pedido *versus* nota de satisfação do cliente ocorrido entre xx/xx/xx a yy/yy/yy no estabelecimento C.

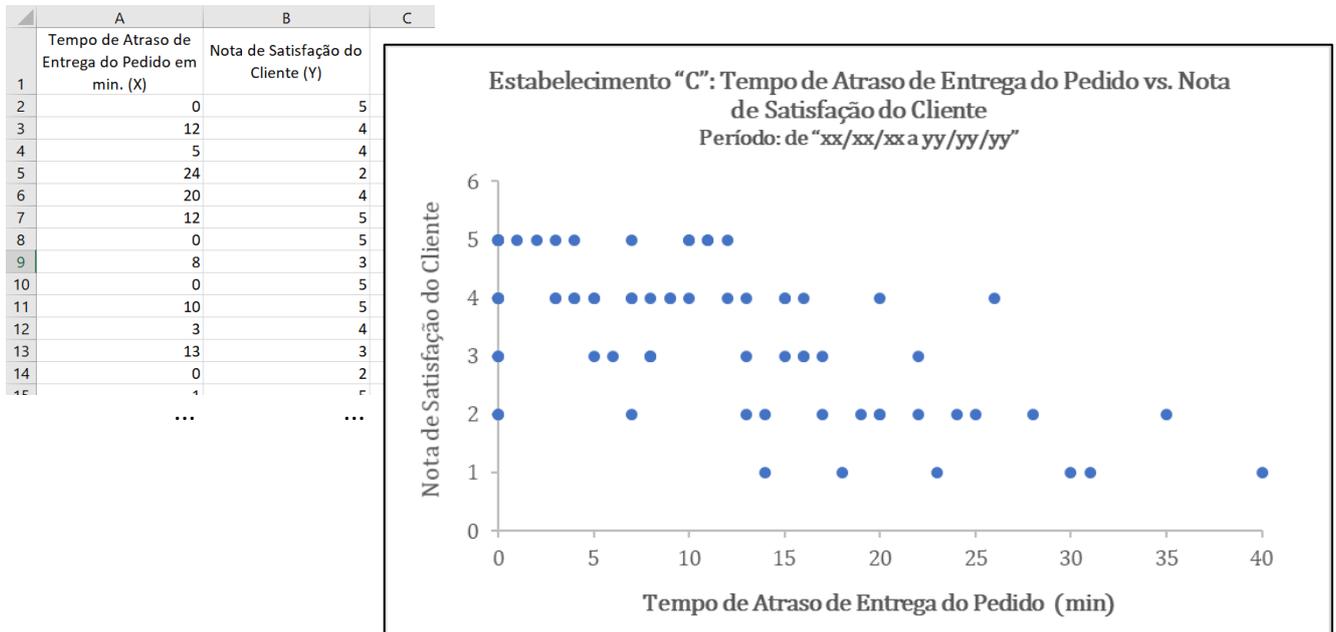
Tempo de atraso de entrega do pedido (*) (min)	Nota de satisfação do cliente (1 a 5)	Tempo de atraso de entrega do pedido (*) (min)	Nota de satisfação do cliente (1 a 5)	Tempo de atraso de entrega do pedido (*) (min)	Nota de satisfação do cliente (1 a 5)
0	5	0	4	4	4
12	4	5	4	8	3
5	4	17	3	30	1
24	2	7	5	18	1
20	4	16	4	28	2
12	5	14	2	25	2
0	5	0	3	0	5
8	3	13	4	0	5
0	5	40	1	19	2
10	5	2	5	8	4
3	4	15	3	11	5
13	3	10	5	11	5
0	2	17	2	22	2
1	5	9	4	0	5
7	4	3	5	13	2
23	1	0	4	20	2
35	2	4	5	15	4
10	4	9	4	0	3
4	4	26	4	31	1
16	3	7	4	0	4
0	4	0	2	14	1
16	3	5	3	8	3
3	4	0	5	7	2
15	4	22	3		
20	2	6	3		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: (*) para pedidos entregues antes do prazo máximo, foi considerado tempo de atraso igual a zero.

- para construir o diagrama de dispersão, marque as colunas *Tempo de Atraso de Entrega do Pedido em min. (X)* e *Nota de Satisfação do Cliente (Y)*, e selecione os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os Gráficos\ X Y (Dispersão)*;
- na Figura 56 pode ser visto parte inicial da Tabela 11 digitada na planilha do MS-Excel®, e o diagrama de dispersão construído após serem feitas todas as formatações desejadas.

Figura 56 – Exemplo: Diagrama de dispersão construído por intermédio do software MS–Excel® (dados da planilha e gráfico).



Fonte: Elaborado pelo autor.

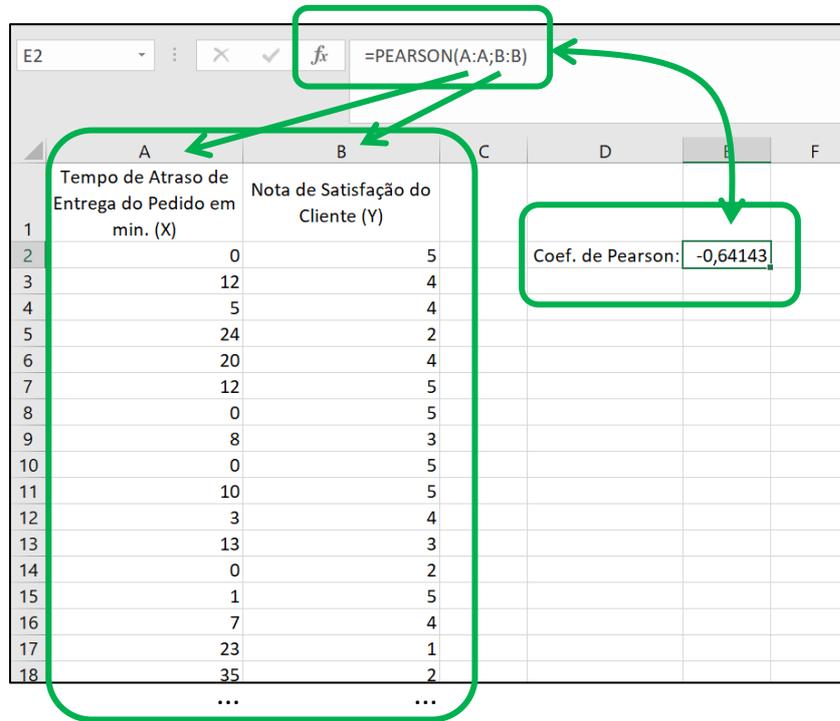
Analisando a dispersão dos dados no gráfico com os padrões mostrados na Figura 19 da Seção 2.5.6, parece haver uma moderada relação negativa entre as variáveis tempo de atraso (X) e nota do cliente (Y). Isso faz sentido, uma vez que é lógico esperar que quanto maior o tempo de atraso menor será a nota de satisfação do cliente.

O fato do gráfico mostrar uma moderada (e não forte) relação indica que deve haver outras variáveis *ocultas* que influenciam na nota de satisfação do cliente, ou seja, o tempo de atraso na entrega do pedido tem seu peso e certamente afeta na decisão do cliente no momento em que ele for pontuar a sua nota, porém há mais fatores envolvidos nessa decisão.

O coeficiente de correlação r de Pearson pode ser calculado no MS–Excel® utilizando uma de suas funções estatísticas nativas chamada $PEARSON(matriz1, matriz2)$, onde $matriz1$, $matriz2$ referem-se aos endereços das matrizes na planilha do MS–Excel® que contêm o conjunto de dados X e Y para avaliar a correlação. No exemplo anterior, escrever em qualquer célula de uma planilha do MS–Excel® a função $=PEARSON(A:A;B:B)$, onde A e B são as colunas da planilha que contêm os dados X e Y (ou vice-versa), e tecla ENTER para obter o coeficiente de correlação r calculado, conforme pode ser visto na Figura 57.

O MS–Excel® retornou o valor de aproximadamente $r = -0,64$ para o coeficiente de correlação r de Pearson onde, pela Figura 20 da Seção 2.5.6, podemos ver que a força da relação

Figura 57 – Cálculo do coeficiente de correlação r de Pearson por intermédio do software MS-Excel®.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

entre as variáveis tempo de atraso (X) e nota do cliente (Y) está próxima de uma moderada correlação negativa, consistente com o que concluímos pela análise gráfica.

4.7. Gráfico e diagrama de controle

Os gráficos ou cartas de controle, segundo Brassard *et al.* (2002), auxiliam a entender um determinado processo informando que tipo de dados existem. Essas ferramentas podem distinguir entre uma causa comum e variação por causa especial, e também a ajudar a identificar o problema. Detalhes teóricos dessa ferramenta podem ser vistos na Seção 2.5.7.

Um roteiro resumido para construir essa ferramenta, em específico uma carta I-MR (Individual e Amplitude Móvel), pode ser visto a seguir:

- digite numa planilha do MS-Excel® 2 colunas, uma contendo um número sequencial da amostra produzida e coletada (1, 2, 3, ..., n), e outra contendo a variável referida a amostra analisada (peso, temperatura, espessura, entre outras);

- b) aplique o teste de normalidade nos dados da coluna da variável utilizando qualquer suplemento estatístico grátis disponível para o MS-Excel®;
- c) avalie o *valor - p* calculado no teste de normalidade. Caso *valor - p* > 0,05, então os dados são normais e a carta I-MR poderá ser feita;
- d) insira uma coluna no MS-Excel® para calcular a amplitude móvel das medições (MR_i);
- e) calcule a média aritmética das amplitudes móveis das medições (\overline{MR});
- f) calcule a média aritmética da variável das amostras produzidas (\bar{X});
- g) calcule os limites inferior e superior de controle de ambas as cartas I (LIC_I e LSC_I) e MR (LIC_{MR} e LSC_{MR});
- h) calcule os valores de $\pm 1\sigma$ e $\pm 2\sigma$ para a carta I;
- i) crie dez colunas na planilha do MS-Excel®, cada uma contendo os valores de $LIC_I, -2\sigma_I, -1\sigma_I, \bar{X}, +1\sigma_I, +2\sigma_I, LSC_I, LIC_{MR}, \overline{MR}$ e LSC_{MR} ;
- j) para construir a carta I, marque as colunas $LIC_I, -2\sigma_I, -1\sigma_I, \bar{X}, +1\sigma_I, +2\sigma_I$ e LSC_I , e selecione no MS-Excel® os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os Gráficos\ Linhas*;
- k) para construir a carta MR, marque as colunas LIC_{MR}, \overline{MR} e LSC_{MR} , e selecione no MS-Excel® os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os Gráficos\ Linhas*;

Seja o exemplo: *A dona do estabelecimento D tem recebido reclamações de seus clientes quanto à variação do tamanho dos seus brigadeiros produzidos. Após melhorar e padronizar esse processo, a dona do estabelecimento resolveu fazer uma produção piloto com três doceiras de seu estabelecimento, para verificar se as mesmas estavam produzindo consistentemente as bolinhas de brigadeiro no tamanho/peso especificado.*

Uma carta de controle individual I-MR poderá avaliar o desempenho de cada doceira nesse novo processo. Logo, utilizando esse exemplo, o procedimento detalhado para construir essa carta pode ser visto a seguir, onde nesse estão também incluídas algumas considerações teóricas específicas à carta I-MR.

As tabelas contendo fórmulas e constantes, necessárias para calcular a linha central e os limites de controle para a carta I-MR (e também para as demais cartas de controle mencionadas na Figura 22 da Seção 2.5.7), podem ser encontradas no Apêndice D.

Após a dona do estabelecimento *D* ter recebido reclamações de seus clientes quanto à variação do tamanho dos seus brigadeiros, ela então decidiu, como ponto de partida, revisar o processo de fabricação dos mesmos. Ela verificou que as doceiras faziam as bolinhas dos brigadeiros utilizando as mãos, sem qualquer procedimento padronizado para poder fazer a bolinha num tamanho homogêneo. Assim, após consultar, discutir e analisar com os seus clientes, a dona do estabelecimento *D* estabeleceu que as bolinhas dos brigadeiros, antes de adicionar os confeitos, deveriam ter um peso de 20 ± 3 g para resultar num tamanho homogêneo para que o brigadeiro fosse considerado aceitável pelos clientes. Logo, estava aqui definido a *especificação do cliente*.

Para permitir que as doceiras conseguissem produzir os brigadeiros nesse peso e faixa de tolerância (ou seja, auxiliar na *padronização* do processo), ela resolveu adquirir e implementar no processo de confecção do brigadeiro uma concha de medida similar ao utilizado em sorveterias para produzir as bolinhas de brigadeiro, com sistema de regulagem para fazer as bolinhas nos mais diferentes tamanhos, conforme pode ser visto na Figura 58. Tal ferramenta é comumente encontrada em lojas que vendem produtos para confeitaria.

Figura 58 – Exemplo: ferramenta para confeccionar bolinhas de brigadeiro.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após aprender como manusear essa ferramenta e definir a regulagem apropriada para produzir as bolinhas de brigadeiro no tamanho desejado, a dona do estabelecimento *D* redigiu e padronizou o procedimento de uso da nova ferramenta, onde posteriormente educou e treinou três de suas doceiras (*Doc1*, *Doc2* e *Doc3*) responsáveis por fabricar os brigadeiros. Quando elas já estavam aptas no uso da ferramenta, a dona do estabelecimento resolveu fazer uma *produção piloto* com as três doceiras para verificar se as mesmas estavam produzindo

consistentemente as bolinhas de brigadeiro no tamanho/peso especificado, onde para isso ela decidiu construir uma carta de controle individual I-MR para cada doceira.

Avaliar a *consistência* de produção das bolinhas de brigadeiro entre as doceiras *Doc1*, *Doc2* e *Doc3* é o mesmo que avaliar se esse processo está *sob controle estatístico*. Para a carta I-MR o tamanho do subgrupo da amostra vale um, quer dizer, o peso obtido de cada bolinha de brigadeiro representará um ponto na carta individual (I).

Segundo Brassard *et al.* (2002) e General Cable Corp. (2016a), para fazer uma carta de controle individual I-MR é necessário ter medidas tomadas uma de cada vez, em sequência, durante um período de tempo. Estas medidas podem ser tomadas num tempo específico (hora-a-hora, diárias ou semanais) e enquanto elas vão ocorrendo, isto é, conforme elas vão sendo produzidas.

Brassard *et al.* (2002) e General Cable Corp. (2016a) adicionam que o resultado da carta I-MR é essencialmente duas cartas em uma:

- a) a carta individual (I) mostra os valores individuais das medições em sequência temporal;
- b) a carta da amplitude móvel (MR) traça o movimento da amplitude (a diferença entre medições consecutivas).

A média da amplitude móvel (\overline{MR}) é usada para calcular os limites de controle da carta I. Brassard *et al.* (2002) e General Cable Corp. (2016a) citam que utiliza-se a amplitude móvel para estimar os limites de controle porque presume-se que os dados têm uma combinação de variação por causa especial e comum, logo usando a fórmula do desvio padrão conforme mostrado no item 2.4 provavelmente fariam com que os limites ficassem muito amplos.

Com respeito as cartas I-MR, Ribeiro e Ten Caten (2012) citam que as cartas dos valores individuais não se beneficiam do Teorema do Limite Central que garante que as médias seguem à distribuição normal. Segundo Ribeiro e Ten Caten (2012), o Teorema do Limite Central indica que a soma (e, por conseguinte, a média) de n variáveis independentes seguirá o modelo normal, independentemente da distribuição das variáveis individuais. Como $n = 1$ para a carta I-MR (uma única medida para cada ponto de medição da carta, e não uma média de n medições), a aproximação melhora a medida em que n aumenta.

Como as cartas de controle que tratam de dados contínuos (a qual inclui a carta I-MR) foram definidas com base numa distribuição normal, então para que possa tirar conclusões consistentes dessa carta é necessário assegurar que os dados atendam a uma distribuição normal.

Logo, após coletar os dados, os mesmo serão antes submetidos a um teste de normalidade¹⁶ para verificar as hipóteses a seguir para poder construir a carta I-MR:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{os dados coletados } \underline{\text{seguem}} \text{ uma distribuição normal} \\ H_a: \text{os dados coletados } \underline{\text{não seguem}} \text{ uma distribuição normal} \end{array} \right.$$

Segundo Ribeiro e Ten Caten (2012), o Teorema do Limite Central é básico para a maioria das aplicações do controle estatístico de qualidade. O controle estatístico do processo, em geral, trabalha com a média das amostras, pois independente da distribuição dos valores individuais, a média desses valores irá seguir aproximadamente a distribuição normal. A distribuição normal é uma teoria básica para o desenvolvimento das cartas de controle e é a principal ferramenta do controle estatístico de processos.

Logo, para construir a carta I-MR a dona do estabelecimento *D* decidiu coletar e registrar a produção em sequência de um lote de 30 brigadeiros de cada doceira *Doc1*, *Doc2* e *Doc3*, produzidos no período de *aa/aa/aa* a *bb/bb/bb*, cujos dados põem ser vistos na Tabela 12.

Tabela 12 – Exemplo: peso das bolinhas de brigadeiro produzidas por *Doc1*, *Doc2* e *Doc3* entre *aa/aa/aa* e *bb/bb/bb* no estabelecimento *D* (continua).

Sequência da bolinha de brigadeiro produzida (Nº.)	Peso das bolinhas de brigadeiro antes de confeitar (g)		
	Doceira <i>Doc1</i>	Doceira <i>Doc2</i>	Doceira <i>Doc3</i>
1	19,2	19,3	19,5
2	21,9	20,1	21,5
3	18,5	18,2	18,6
4	21,5	20,1	20,5
5	20,5	19,4	20,8
6	19,5	20,1	21,2
7	17,8	20,5	20,5
8	17,8	21,2	21,9
9	19,6	22,5	18,9
10	19,5	20,2	18,1
11	19,5	21,7	19,0
12	18,2	19,6	18,1
13	20,4	20,7	21,3
14	19,8	21,7	21,4

¹⁶ Caso os dados não obedeçam a uma distribuição normal, então aconselha-se a trabalhar com a carta $\bar{X} - R$ ou $\bar{X} - S$, pois utilizando subgrupos com $n > 1$ poderá se obter dados normais conforme o *teorema do limite central*. Para o caso da carta I-MR, se os dados não forem normais existem técnicas estatísticas que permitem *transformar* os dados para que esses se tornem normais e assim poder usar a referida carta (a explicação dessas técnicas não foi incluída nessa dissertação).

Tabela 12 – Exemplo: peso das bolinhas de brigadeiro produzidas por *Doc1*, *Doc2* e *Doc3* entre *aa/aa/aa* e *bb/bb/bb* no estabelecimento *D* (conclusão).

Sequência da bolinha de brigadeiro produzida (Nº.)	Peso das bolinhas de brigadeiro antes de confeitar (g)		
	Doceira <i>Doc1</i>	Doceira <i>Doc2</i>	Doceira <i>Doc3</i>
15	20,3	20,4	21,4
16	17,9	20,5	19,5
17	19,2	20,4	21,9
18	18,9	19,7	20,6
19	19,5	20,4	20,9
20	20,8	19,9	21,2
21	21,3	21,1	21,7
22	19,7	21,6	20,6
23	16,7	20,8	20,3
24	20,7	19,8	20,1
25	19,6	19,3	19,3
26	20,2	20,0	18,5
27	19,2	20,4	20,6
28	19,8	21,7	19,2
29	19,2	21,0	20,1
30	19,3	20,7	21,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

A carta I-MR foi construída com auxílio do software MS–Excel[®] para Microsoft 365[®], cujos passos seguem para a carta da doceira *Doc1*.

Nota: para cálculo dos limites de controle para construir a carta I-MR, as fórmulas e respectivas constantes apresentadas nos passos seguintes foram obtidas no Quadro 8 e na Tabela 14 localizadas no apêndice D.

- digite as duas primeiras colunas da Tabela 12 em uma planilha do MS–Excel[®] (Nº. *Sequência* e *Peso das Bolinhas de Brigadeiro Doceira 'Doc1'*);
- aplique o teste de normalidade de Shapiro-Wilk nos dados da coluna *Peso das Bolinhas de Brigadeiro Doceira Doc1 (Pi)*. Como o MS–Excel[®] não dispõem de função nativa para isso, pode ser utilizado o suplemento grátis *Real Statistics[®] Resource Pack for Excel[®] 2010, 2013, 2016, 2019 or 365 for Windows* (na Seção 3.7 pode ser encontrado o link de acesso para baixar esse suplemento, bem como o procedimento de instalação e uso desse no MS–Excel[®]). Logo, caso o *valor – p* calculado seja superior a 0,05, então os dados são normais e a carta I-MR pode ser feita;

- insira uma coluna no MS-Excel[®] para calcular a amplitude móvel das medições. A fórmula é dada por:

$$MR_i = |P_i - P_{i-1}|, \text{ para } i > 1$$

sendo que MR_i é a amplitude móvel da sequência i , P_i é o peso da bolinha de brigadeiro produzido na sequência i , e P_{i-1} é o peso da bolinha de brigadeiro produzido na sequência anterior $i - 1$.

Nota: para $i = 1$ temos que $MR_1 = 0$;

- calcule a média aritmética das amplitudes móveis das medições (\overline{MR}) através da seguinte fórmula, onde n é o tamanho total da amostra ou n.º. total de subgrupos de tamanho um :

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=1}^n MR_i}{n - 1}$$

Por intermédio do MS-Excel[®], esse cálculo pode ser feito utilizando uma de suas funções estatísticas nativas chamada $MÉDIA(núm1, núm2, \dots, núm n)$, onde $núm1$, $núm2$, ..., $núm n$ referem-se aos endereços de célula ou intervalos para os quais deseje-se calcular a média aritmética.

- calcule a média aritmética dos pesos da bolinhas de brigadeiro produzidas (\bar{X}) através da seguinte fórmula, onde n é o tamanho total da amostra ou n.º. total de subgrupos de tamanho um :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Conforme comentado no subitem anterior, utilize a função estatística nativa $MÉDIA(núm1, núm2, \dots, núm n)$ do MS-Excel[®] para fazer esse cálculo;

- calcule os limites inferior e superior de controle de ambas as cartas I (LIC_I e LSC_I) e MR (LIC_{MR} e LSC_{MR}), através das fórmulas a seguir:

$$LIC_I = \bar{X} - E_2 \cdot \overline{MR} \quad \text{e} \quad LSC_I = \bar{X} + E_2 \cdot \overline{MR}$$

$$LIC_{MR} = D_3 \cdot \overline{MR} \quad \text{e} \quad LSC_{MR} = D_4 \cdot \overline{MR}$$

sendo que E_2 , D_3 e D_4 são constantes em função do tipo de carta de controle e do tamanho do subgrupo n . Para a carta I-MR ($n = 1$) tais valores valem respectivamente 2,659, 0 e 3,267. As fórmulas acima podem ser calculadas digitando a respectiva fórmula em qualquer célula de uma planilha do MS-Excel®.

- calcule os valores de $\pm 1\sigma$ e $\pm 2\sigma$ para a carta I através das fórmulas a seguir. Tais fórmulas podem ser calculadas digitando a respectiva fórmula em qualquer célula de uma planilha do MS-Excel®:

$$\pm 1\sigma_I = \bar{X} \pm E_2 \cdot \overline{MR} \cdot \frac{1}{3} \quad \text{e} \quad \pm 2\sigma_I = \bar{X} \pm E_2 \cdot \overline{MR} \cdot \frac{2}{3}$$

- crie dez colunas na planilha do MS-Excel®, cada uma contendo os valores de LIC_I , $-2\sigma_I$, $-1\sigma_I$, \bar{X} , $+1\sigma_I$, $+2\sigma_I$, LSC_I , LIC_{MR} , \overline{MR} e LSC_{MR} .
- para construir a carta I, marque as colunas *Peso das Bolinhas de Brigadeiro Doceira Doc1 (Pi)*, *LIC Carta I*, *-2 Sigma Carta I*, *-1 Sigma Carta I*, *Média \bar{X}* , *+1 Sigma Carta I*, *+2 Sigma Carta I* e *LSC Carta I*, e selecione os comandos *Inserir\ Gráficos Recomendados\ Todos os Gráficos\ Linhas*;
- para construir a carta MR, marque as colunas *Amplitude das Bolinhas de Brigadeiro Doceira Doc1 (MRi)*, *LIC Carta MR*, *Média \overline{MR}* e *LSC Carta MR*, e selecione a mesma sequência de comandos do subitem anterior;
- na Figura 59 pode ser visto parte inicial da Tabela 12 digitada na planilha do MS-Excel®, o resultado dos testes de normalidade, e as cartas I-MR construídas e juntas após serem feitas todas as formatações desejadas.

Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk apresentaram valores de *valor - p* $> 0,05$, o que indica que não há evidência suficiente para rejeitar a hipótese H_0 , concluindo assim que os dados coletados seguem uma distribuição normal a um nível de significância estatística de 5%. Logo, a carta I-MR pôde ser construída.

Logo, aplicando os testes 1 a 8 para causas especiais na carta I e os testes 1 a 4 na carta MR (os dados da carta MR não seguem uma distribuição normal), conforme Quadro 5 da Seção 2.5.7, verifica-se que não há ocorrência de causas especiais em ambas as cartas, concluindo-se assim que o processo de confeccionar as bolinhas de brigadeiro executado pela doceira *Doc1* está *sob controle estatístico*.

Figura 59 – Exemplo: carta I-MR doceira *Doc1* construído por intermédio do software MS-Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	No. Sequência da Bolinha de Brigadeiro Produzida (i)	Peso das Bolinhas de Brigadeiro Doceira Doc1 (Pi)	Amplitude das Bolinhas de Brigadeiro Doceira M1 (MRi)	Variáveis	Valores	LIC Carta I	-2 Sigma Carta I	-1 Sigma Carta I	Média \bar{X}	+1 Sigma Carta I	+2 Sigma Carta I	LSC Carta I	LIC Carta MR	Média \bar{MR}	LSC Carta MR
1	1	19,2	0,0	Média \bar{X} :	19,533	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
2	2	21,9	2,7	Média \bar{MR} :	1,321	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
3	3	18,5	3,4	LSC Carta I:	23,045	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
4	4	21,5	3,0	LIC Carta I:	16,022	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
5	5	20,5	1,0	LSC Carta MR:	4,315	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
6	6	19,5	1,0	LIC Carta MR:	0,000	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
7	7	17,8	1,7	+1 sigma Carta I:	20,704	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
8	8	17,8	0,0	-1 sigma Carta I:	18,363	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
9	9	19,6	1,8		16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315	4,315
10	10	19,5	0,1	+2 sigma Carta I:	21,874	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
11	11	19,5	0,0	-2 sigma Carta I:	17,192	16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315
12	12	18,2	1,3		16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315	4,315
13	13	20,4	2,2		16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315	4,315
14	14	19,8	0,6		16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315	4,315
15	15	20,3	0,5		16,022	17,192	18,363	19,533	20,704	21,874	23,045	0,000	1,321	4,315	4,315
16	...	...	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

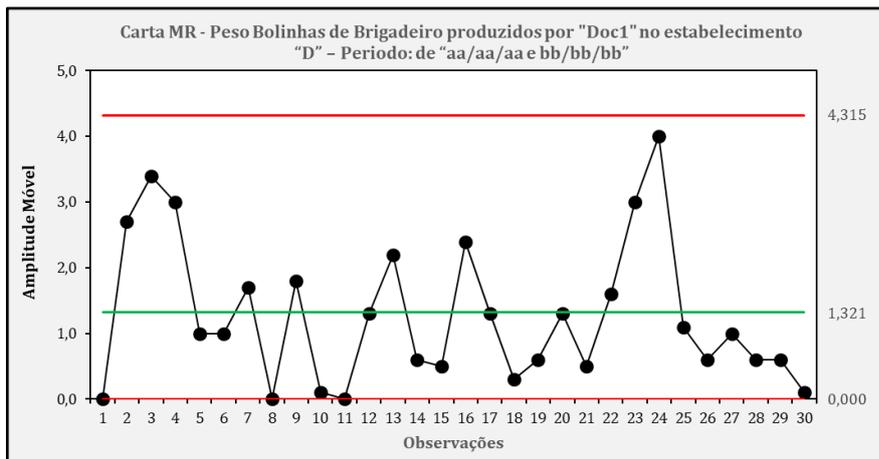
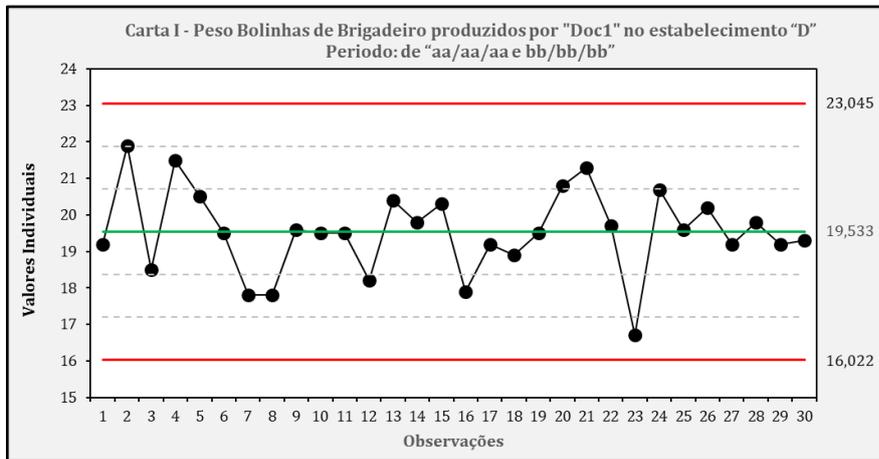
Shapiro-Wilk Test

W-stat 0,975

p-value 0,6831

alpha 0,05

normal yes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo os mesmos passos, obtivemos as cartas I-MR das doceras *Doc2* e *Doc3* cujos resultados podem ser vistos nas Figuras 60 e 61 respectivamente. Observando os testes de

normalidade, podemos ver que ambas as doceras apresentaram dados normais ($valor - p > 0,05$), e analisando as cartas de controle podemos ver que apenas a carta I da doceira *Doc3* apresentou uma causa especial detectado pelo Teste no. 5 (dois de três pontos consecutivos mais do que 2 desvios padrões da linha central (do mesmo lado)). Finalmente, concluímos que o processo de confeccionar as bolinhas de brigadeiro executado pela doceira *Doc2* está *sob controle estatístico*, mas não o processo da doceira *Doc3*, onde o mesmo deverá ser investigado.

Figura 60 – Exemplo: carta I-MR doceira *Doc2* construído por intermédio do software MS-Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos) (continua).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	No. Sequência da Bolinha de Brigadeiro Produzida (i)	Peso das Bolinhas de Brigadeiro Doceira Doc2 (Pi)	Amplitude das Bolinhas de Brigadeiro Doceira M1 (MRI)	Variáveis	Valores	LIC Carta I	-2 Sigma Carta I	-1 Sigma Carta I	Média \bar{X}	+1 Sigma Carta I	+2 Sigma Carta I	LSC Carta I	LIC Carta MR	Média \bar{MR}	LSC Carta MR
1															
2	1	19,3	0,0	Média \bar{X} :	20,433	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
3	2	20,1	0,8	Média \bar{MR} :	0,938	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
4	3	18,2	1,9		17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064	
5	4	20,1	1,9	LSC Carta I:	22,927	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
6	5	19,4	0,7	LIC Carta I:	17,939	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
7	6	20,1	0,7		17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064	
8	7	20,5	0,4	LSC Carta MR:	3,064	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
9	8	21,2	0,7	LIC Carta MR:	0,000	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
10	9	22,5	1,3		17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064	
11	10	20,2	2,3	+1 sigma Carta I:	21,265	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
12	11	21,7	1,5	-1 sigma Carta I:	19,602	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
13	12	19,6	2,1		17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064	
14	13	20,7	1,1	+2 sigma Carta I:	22,096	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
15	14	21,7	1,0	-2 sigma Carta I:	18,771	17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064
16	15	20,4	1,3		17,939	18,771	19,602	20,433	21,265	22,096	22,927	0,000	0,938	3,064	
...

Shapiro-Wilk Test

P_i

W-stat 0,9795

p-value 0,8115

alpha 0,05

normal yes

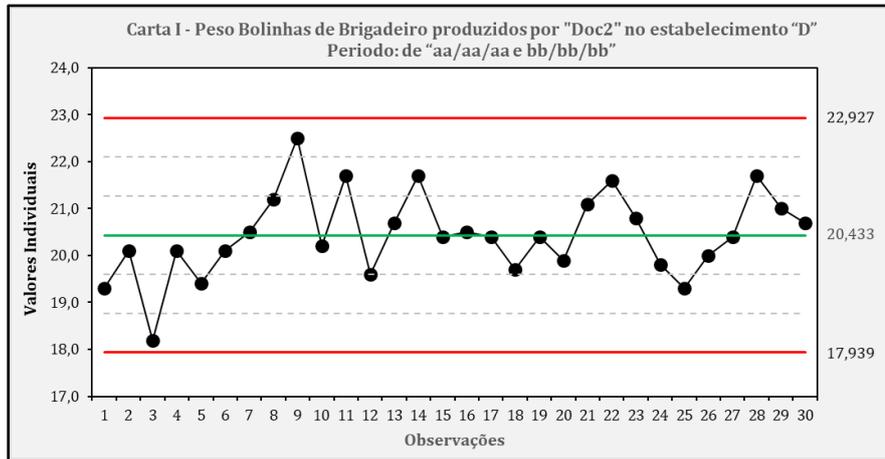
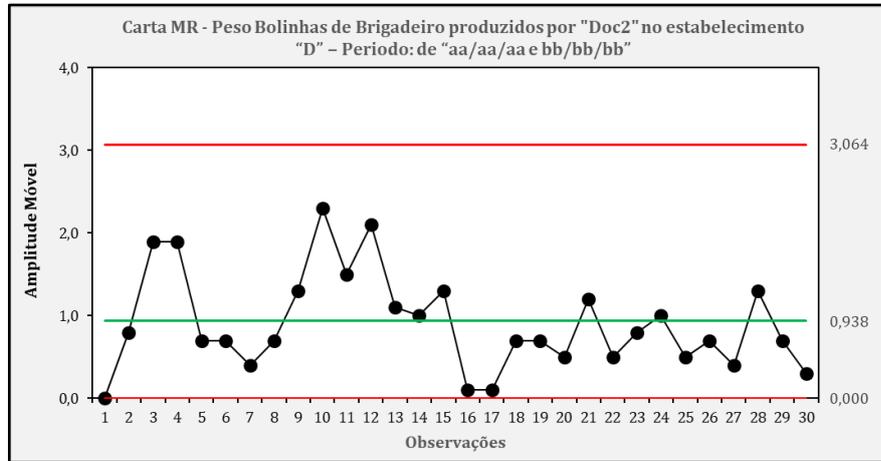


Figura 60 – Exemplo: carta I-MR doceira *Doc2* construído por intermédio do software MS-Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos) (conclusão).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 61 – Exemplo: carta I-MR doceira *Doc3* construído por intermédio do software MS-Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos) (continua).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	No. Sequência da Bolinha de Brigadeiro Produzida (i)	Peso das Bolinhas de Brigadeiro Doceira Doc3 (Pi)	Amplitude das Bolinhas de Brigadeiro Doceira M1 (MRi)	Variáveis	Valores	LIC Carta I	-2 Sigma Carta I	-1 Sigma Carta I	Média \bar{x}	+1 Sigma Carta I	+2 Sigma Carta I	LSC Carta I	LIC Carta MR	Média \bar{MR}	LSC Carta MR
1	1	19,5	0,0	Média \bar{x} :	20,280	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
2	2	21,5	2,0	Média \bar{MR} :	1,169	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
3	3	18,6	2,9	LSC Carta I:	23,388	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
4	4	20,5	1,9	LIC Carta I:	17,172	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
5	5	20,8	0,3	LSC Carta MR:	3,819	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
6	6	21,2	0,4	LIC Carta MR:	0,000	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
7	7	20,5	0,7	+1 sigma Carta I:	21,316	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
8	8	21,9	1,4	-1 sigma Carta I:	19,244	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
9	9	18,9	3,0	+2 sigma Carta I:	22,352	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
10	10	18,1	0,8	-2 sigma Carta I:	18,208	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
11	11	19,0	0,9		17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819	
12	12	18,1	0,9		17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819	
13	13	21,3	3,2		17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819	
14	14	21,4	0,1		18,208	17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819
15	15	21,4	0,0		17,172	18,208	19,244	20,280	21,316	22,352	23,388	0,000	1,169	3,819	
16	...	...	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Shapiro-Wilk Test

P_i

W-stat 0,9351

p-value 0,067

alpha 0,05

normal yes

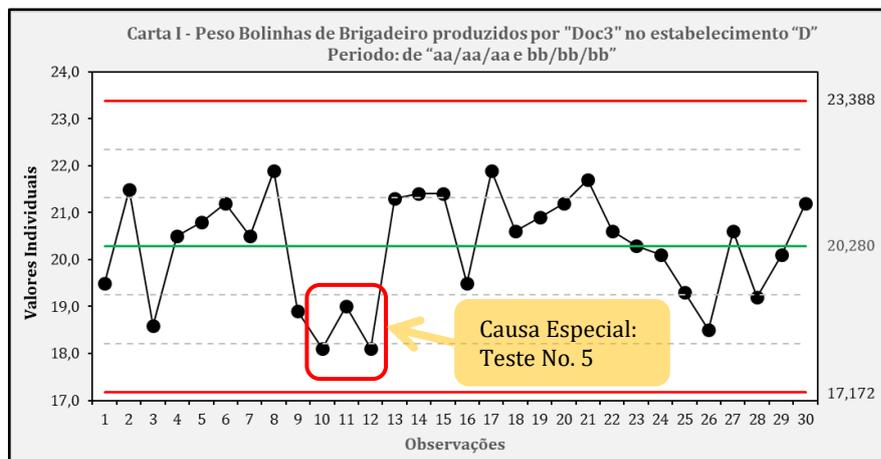
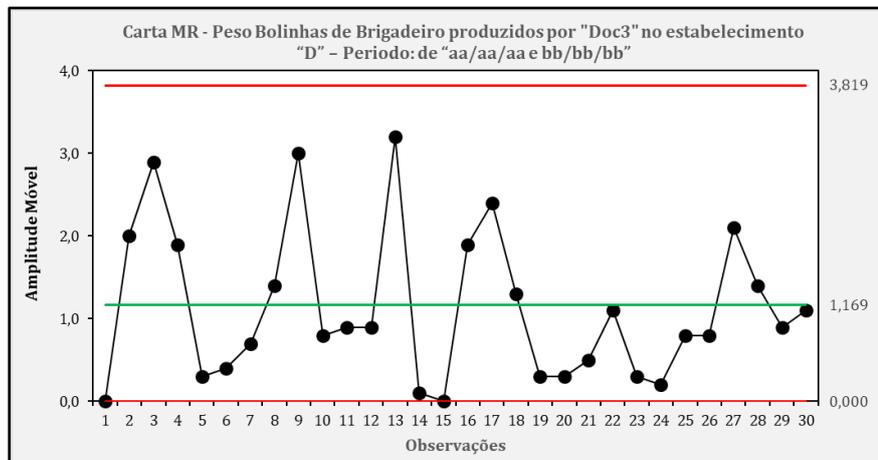


Figura 61 – Exemplo: carta I-MR doceira *Doc3* construído por intermédio do software MS-Excel® (dados da planilha, testes de normalidade e gráficos) (conclusão).



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.8. Processo sigma

Segundo Brassard *et al.* (2002), o processo sigma calcula uma medida de quão bem o processo atual está desempenhando, além de permitir comparar processos não similares. Detalhes teóricos dessa ferramenta podem ser vistos na Seção 2.5.8.

Um roteiro resumido para construir essa ferramenta pode ser visto a seguir:

- escolha o Método (1 ou 2) para calcular o processo sigma, conforme fluxograma da Figura 27 na Seção 2.5.8;
- se selecionado o **método 1**:
 - calcule a quantidade de defeitos por oportunidade (DPO) conforme fórmula a seguir:

$$DPO = \frac{D}{N.O}$$

sendo que, para um determinado lote produzido, D é número total de defeitos detectado, N é o número de unidades processadas, e O o número de oportunidades de defeito por unidade;

- calcule o % de rendimento (Y), dado por:

$$Y = (1 - DPO).100$$

c) se selecionado o **método 2**:

- para esse método, o lote de processo produzido deve conter dados que obedeçam a uma distribuição normal, onde deve ser conhecido a média (\bar{x}) e desvio padrão (s) dos dados, além de pelo menos um dos limites (inferior ou superior) de especificação do cliente (LIE ou LSE respectivamente);
- calcule Z_i e Z_s , dado por:

$$Z_i = \frac{LIE - \bar{x}}{s} \quad \text{e} \quad Z_s = \frac{LSE - \bar{x}}{s}$$

- obtenha as áreas A_i e A_s (áreas sob a curva normal nos intervalos $(-\infty, LIE]$ e $(-\infty, LSE]$ respectivamente), consultando a Tabela 17 do Apêndice E, ou calculando esse valor com auxílio da função nativa *DIST.NORMP.N* do MS-Excel®.
- calcule o % de rendimento (Y), dado por:

$$Y = (A_s - A_i) \cdot 100$$

d) finalmente, procure na Tabela 16 do Apêndice E, na coluna *% Rendimento*, o valor mais próximo de Y calculado (tanto pelo Método 1 quanto 2) e obtenha o valor de *processo sigma* na respectiva coluna.

Seja os exemplos abaixo:

- a) *um determinado processo produziu um lote de 100 unidades, sendo que cada unidade tem 2 oportunidades de defeitos. Ao examinar essas 100 unidades foram detectadas um total de 7 defeitos. Qual o valor do processo sigma desse processo?*
- b) *baseado no exemplo citado na Seção 4.7, qual o valor do processo sigma para o processo de produzir as bolinhas de brigadeiro, para cada doceira do estabelecimento D?*

Para esses exemplos utilizaremos a ferramenta processo sigma. A seguir pode ser visto exemplos de cálculo do processo sigma conforme Método 1 ou 2, para os exemplos *a* e *b* respectivamente, segundo Brassard *et al.* (2002):

a) **exemplo a – método 1:**

Conforme pode ser visto para o exemplo *a*, temos que $D = 7$, $N = 100$ e $O = 2$, logo:

$$DPO = \frac{D}{N \cdot O} = \frac{7}{100 \cdot 2} = \frac{7}{200}$$

$$Y = (1 - DPO) \cdot 100 = \left(1 - \frac{7}{200}\right) \cdot 100 = 96,5\%$$

Consultando a Tabela 16 do Apêndice E, podemos ver que o valor sigma do processo está entre 3,25 e 3,38, ou seja, sigma \sim 3,3 a longo prazo, onde esse tem um DPMO igual $(1 - 0,965) \cdot 1000000 = 35.000$ defeitos por milhão de oportunidades.

b) **exemplo b – método 2:**

Para o exemplo *b*, considerando as docerias *Doc1* e *Doc2* do exemplo mostrado na Seção 4.7, como ambas têm um processo *sob controle estatístico* para produzir as bolinhas de brigadeiro, vamos calcular o *processo sigma* baseado no lote de 30 brigadeiros produzidos por cada doceira (vide dados na Tabela 12 na Seção 4.7) e na especificação do cliente:

– doceira Doc1:

- média do peso das bolinhas de brigadeiro (\bar{x}): 19,533 g (*)
- desvio padrão do peso das bolinhas de brigadeiro (s): 1,158 g (*)
- especificação do cliente: 20 ± 3 g, logo $LIE = 17$ g e $LSE = 23$ g
- $Z_i = \frac{17-19,533}{1,158} \sim -2,19$ e $Z_s = \frac{23-19,533}{1,158} \sim 2,99$
- consultando a Tabela 17 do Apêndice E, temos que $A_i = 0,014262$ e $A_s = 0,998605$
- $Y = (0,998605 - 0,014262) \cdot 100 \sim 98,4\%$ (DPMO = 15.657)
- consultando a Tabela 16 do Apêndice E, temos que o *processo sigma* está entre 3,6 e 3,8 (a longo prazo).

(*) calculados conforme Seção 2.4.

– doceira Doc2:

- média do peso das bolinhas de brigadeiro (\bar{x}): 20,433 g (*)
- desvio padrão do peso das bolinhas de brigadeiro (s): 0,895 g (*)
- especificação do cliente: 20 ± 3 g, logo $LIE = 17$ g e $LSE = 23$ g

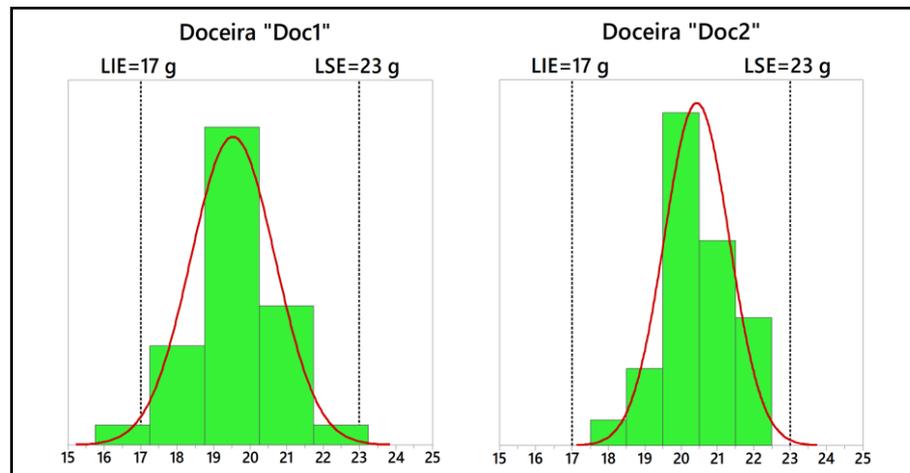
- $Z_i = \frac{17-20,433}{0,895} \sim -3,84$ e $Z_s = \frac{23-20,433}{0,895} \sim 2,87$
- consultando a Tabela 17 do Apêndice E, temos que $A_i = 0,000063 (**)$ e $A_s = 0,997948$
- $Y = (0,997948 - 0,000063) \cdot 100 \sim 99,8\%$ (DPMO = 2.115)
- consultando a Tabela 16 do Apêndice E, temos que o *processo sigma* é igual a 4,4 (a longo prazo).

(*) calculados conforme Seção 2.4.

(**) o valor de $Z_i = -3,84$ não foi encontrado na Tabela 17 na Seção 4.7, logo tal valor foi calculado utilizando a função nativa do MS-Excel® *DIST.NORMP.N(X; VERDADEIRO)*, onde X é o valor de Z_i .

Dessa forma, podemos ver que a doceira *Doc2* tem melhor desempenho que a doceira *Doc1*, conforme pode ser visto no histograma com os limites de especificação mostrado no gráfico da Figura 62 para cada doceira.

Figura 62 – Exemplo: histograma e limites de especificação – peso bolinhas de brigadeiro (g) doces Doc1 e Doc2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 62 observa-se que a doceira *Doc2* apresenta um processo levemente deslocado pra direita em relação ao valor médio central da especificação, com grande parte da curva normal inserida entre os limites de especificação, e com maior probabilidade de defeitos acima do LSE; da mesma forma, a doceira *Doc1* apresenta um processo levemente deslocado

pra esquerda em relação ao valor central da especificação, porém seu processo tem maior variação, aumentando assim a probabilidade de defeitos tanto para abaixo do LIE quanto para acima do LSE, sendo maior para abaixo do LIE. Por essa razão, o valor de processo sigma da doceira *Doc1* é inferior em relação ao valor da doceira *Doc2*.

Logo, cabe agora a dona do estabelecimento *D* rever novamente o processo de confecção das bolinhas de brigadeiro, onde uma ação imediata sugerida seria o de entender e padronizar as melhores práticas adotadas pela doceira *Doc2* (maior valor de processo sigma), solicitando-lhe que replique as suas práticas para as demais doceiras, de forma a obter o brigadeiro com a melhor qualidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa ajudaram e ampliaram nossa compreensão com relação ao problema proposto, além de reforçar que nossa hipótese levantada não pode ser refutada:

- a) Problema: *supondo que as MPE do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG não mantenham uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) de seus produtos de maior venda (os produtos carro-chefe), que fatores então contribuem para que isso ocorra?*
- b) Hipótese: *os negócios que têm a Estatística (conceitos, ferramentas) inseridas em seus processos conseguem obter uma qualidade uniforme (variabilidade reduzida e controlada) em seus produtos.*

Pudemos ver nos resultados apresentados que, para os negócios que não mantêm uma qualidade uniforme em seus produtos fornecidos, por terem reclamações de clientes, o baixo percentual de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M foi identificado como uma das principais causas que ocasionaram tal reclamação, onde isso responde ao problema formulado para a pesquisa. Em contrapartida, as MPE que têm percentual de padronização, controle e melhoria contínua implementado nos fatores 6M de seus processos produtivos superior a 70% têm menor taxa de reclamação de clientes, sugerindo assim, de acordo com a percepção dos participantes, que a hipótese construída não pode ser rejeitada.

Destacamos aqui a limitação de generalização dos resultados a partir da percepção dos participantes da pesquisa. Uma vez que os resultados foram obtidos a partir da percepção deles, o grau de generalização irá necessariamente depender de interpretação.

Os objetivos gerais e específicos planejados para o projeto foram cumpridos, a metodologia utilizada para traçar o perfil das MPE do setor de alimentação de Poços de Caldas-MG foi suficiente para realizar os procedimentos necessários, e toda a bibliografia consultada correspondeu satisfatoriamente às expectativas. Nesse último, é notório que os autores são unânimes nas definições e nas interrelações dos temas envolvendo qualidade, satisfação dos clientes, redução da variação seguido de padronização e controle, uso de metodologias e ferramentas estatísticas para tomada de decisões, e revisão no ensino da Estatística:

- a) Objetivo geral:
 - *traçar um perfil que mostre como o controle estatístico de qualidade está inserido nas micro e pequenas empresas (MPE) do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas–MG;*

- *desenvolver e apresentar um material de educação e treinamento básico sobre o ensino de forma simples referente à aplicação de ferramentas e metodologias estatísticas nos processos das MPE do setor de alimentação dessa cidade.*

b) Objetivos específicos:

- *fazer conexão com o nível teórico;*
- *fazer desenho da pesquisa e teste piloto;*
- *coletar dados para testar a teoria;*
- *analisar e interpretar os dados;*
- *apresentar os dados e gerar relatório;*
- *desenvolver material para educação e treinamento básico, contendo ferramentas e metodologias estatísticas, com exemplos.*

Várias MPE do setor de alimentação pesquisadas reportaram reclamações de clientes em seus negócios, e isso sugere que deva haver principalmente falta de conhecimento estatístico nesses setores para gerirem seus negócios. Se qualquer negócio deseja melhorar sua competitividade, esse deve então buscar sistematicamente a satisfação de seus clientes, fornecendo produtos ou serviços que cumpram com seus requisitos de qualidade. Esse é o caminho, e o meio para isso se dá através do conhecimento e implementação do controle estatístico de qualidade na gestão dos negócios. E para aproximar a sociedade desse conhecimento, sugerimos duas maneiras primordiais:

- a) a curto e médio prazo: prover educação e treinamento básico em metodologias e ferramentas estatísticas simples, especificamente direcionados para esses setores, como a presente nessa dissertação;
- b) a longo prazo: revisar o currículo do ensino de Estatística nos cursos de ensino básico, médio e superior.

Com esse conhecimento a sociedade terá recursos que, se devidamente aplicados, possibilitarão auxiliar as equipes das MPE em ter os fatores 6M constituintes de seus processos de manufatura padronizados e controlados continuamente, o que implicará numa variação reduzida e controlada do produto fornecido, tendo como resultado menos reclamações dos clientes. E para quem não tem conhecimento em métodos e ferramentas estatísticas, esse conhecimento adicional irá certamente agregar valor também na formação de cidadão dos

indivíduos que se beneficiarem desse, o que irá auxiliá-los em decisões perante incertezas tanto em seus ambientes de trabalho como também em suas vidas.

Gostaríamos que esse trabalho servisse de base para outros pesquisadores levarem adiante esse projeto, expandindo essa pesquisa a outros municípios para poderem ampliar a avaliação do nível de conhecimento estatístico em nossa sociedade, e até mesmo aplicando um experimento utilizando os métodos e ferramentas estatísticas propostos em um determinado negócio, para efetivamente confirmar a hipótese levantada nesse projeto.

Para os que desejarem levar adiante esse projeto sugerimos que, ao tratar desses temas com os participantes da pesquisa (os gestores dos negócios), é preciso deixar claro que praticar qualidade não é custo. A má qualidade sim é custo, como mais desperdício, mais insatisfação dos clientes, menos vendas, entre outros, e com um sistema de gestão auxiliado por métodos e ferramentas estatísticas simples, tais cenários poderão ser revertidos.

Devemos persistentemente promover para que a sociedade tenha acesso a esse conhecimento, para que usufruam e se beneficiem da Qualidade e da Estatística; para tanto, oferecemos esse trabalho como um adendo, uma semente adicional, a esse legado.

REFERÊNCIAS

- BASS, I.; LAWTON, B. **Lean Six Sigma Using SigmaXL and Minitab**. USA: The McGraw-Hill, 2009.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. **Statistic for Experimenters - Design, Innovation, and Discovery**. 2nd. ed. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- BRASSARD, M. et al. **The Six Sigma Memory Jogger II - A Pocket Guide of Tools for Six Sigma Improvement Teams**. 1st. ed. Salem, NH, EUA: GOAL/QPC Publishing, 2002.
- BUSATTA, M.; MAGALHÃES, M. N. **Dissertação de Mestrado: Ensino de Estatística Através de Projetos**. São Paulo. 2015.
- CAMPOS, V. F. **TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 3a. ed. Belo Horizonte: Bloch Editores S.A., 1992.
- CAMPOS, V. F. **Qualidade Total - Padronização de Empresas**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- CARVALHO, H. **Análise de Causa Raiz: o que é, e os principais métodos**. Vida de Produto, 2020. Disponível em: <<https://vidadeproduto.com.br/analise-de-causa-raiz/>>. Acesso em: 9 jul. 2021.
- CORDANI, L. K. **Caminhos da Educação Estatística ao Longo do Tempo - Uma Leitura Pessoal**. JIEEM – Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática, 2015. 154-178.
- CRONBACH, L. J. **Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests**. Psychometrika, Illinois, USA, v. 16, No. 3, p. 297-334, set. 1951.
- CYMROT, R. **A Utilização do Programa Excel® no Aprendizado de Técnicas Estatísticas Utilizadas na Metodologia Seis Sigma**. São Paulo. 2006.
- DE BRITO, G. S. **Dissertação de Mestrado: Desenvolvendo o Caráter Crítico e Social da Estatística - Uma Proposta Interdisciplinar para o Ensino Médio**. Maceió. 2019.
- DE MELLO, L. I. P. **Dissertação de Mestrado: O Aprendizado de Conceitos de Estatística Através de um Estudo Sobre os Óbitos dos Escravos do Rio Grande do Sul no Séc. XIX - Uma Experiência Interdisciplinar**. Porto Alegre. 2017.
- DELALIBERA, B. C. D. S.; GOMES, A. R.; OVIGLI, D. F. B. **O Ensino de Estatística e Probabilidade por meio de Jogos e Resolução de Problemas diante dos Desafios do Processo de Formação Docente**. Triângulo - Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, p. 248-264, 2018.
- DEMING, W. E. **Qualidade - A Revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva S.A., 1990.
- DEMING, W. E. **A Nova Economia para a Indústria, o Governo e a Educação**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 1997.
- ECKES, G. **The Six Sigma Revolution - How General Electric and Others Turned Process Into Profits**. USA: [s.n.], 2001.

ESTEVAM, E. J. G.; KALINKE, M. A. **Recursos Tecnológicos e Ensino de Estatística na Educação Básica - Um cenário de Pesquisas Brasileiras**. Revista Brasileira de Informática na Educação, p. 104-117, 2013.

FERNANDES, J. A. **Ensino e Aprendizagem da Estatística - Realidades e Desafios**. Conferência Plenária 3 - Actas do XIXEDEM - Vila Real. Minho - Portugal: Universidade do Minho. 2009. p. 1-12.

FORZA, C. **Survey research in operations management - a process-based perspective**. International Journal of Operations & Production Management, Vincenza, Italy, v. 22, n. 2, p. 152 - 194, 2002.

GANO, D. L. **Apollo Root Cause Analysis - A New Way of Thinking**. 1st. ed. Yakima, WA - USA: Apollonian Publications, 1999.

GENERAL CABLE CORP. **Greenbelt Training Material - Week I**. Highland Heights - KY - USA, p. 447. 2016a.

GENERAL CABLE CORP. **Greenbelt Training Material - Week II**. Highland Heights - KY - USA, p. 394. 2016b.

GENERAL CABLE CORP. **Blackbelt Training Material - Week I**. Highland Heights - KY - USA, p. 762. 2016c.

GENERAL CABLE CORP. **Blackbelt Training Material - Week II**. Highland Heights - KY - USA, p. 644. 2016d.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4a. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIORDANO, C. C. **Dissertação de Mestrado: O Desenvolvimento do Letramento Estatístico por Meio de Projetos: Um Estudo com Alunos do Ensino Médio**. PUC. São Paulo, p. 155. 2016.

GOAL/QPC E SIX SIGMA ACADEMY. **The Black Belt Memory Jogger - A Desktop Guide for Six Sigma Success**. 1st. ed. Salem, NH - USA: GOAL/QPC Publishing, 2002.

GRUPO FORLOGIC. **Folha de Verificação - Ferramentas da Qualidade**. Ferramentas da Qualidade - O Glossário Definitivo sobre as Ferramentas da Qualidade, 2016. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/folha-de-verificacao/>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

IGNÁCIO, S. A. **Importância da Estatística para o Processo de Conhecimento e Tomada de Decisão**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, p. 175-192, 2010.

INSTITUTE, T. W. E. D. **Deming The Man**. The W. Edwards Deming Institute, 2021. Disponível em: <<https://deming.org/deming-the-man/>>. Acesso em: 4 mar. 2021.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total - à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1997.

ISO 9001. **Quality management systems - Requirements**. 5th. ed. Vernier, Geneva, Switzerland: ISO, 2015.

JACOBINI, O. R.; WODEWOTZKI, M. L. L. **A Modelagem Matemática Aplicada no Ensino de Estatística em Cursos de Graduação**. Boletim de Educação Matemática - BOLEMA, 2001.

JURAN, J. M. **Juran na Liderança pela Qualidade - Um Guia para Executivos**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1990.

JURAN, J. M.; DE FEO, J. A. **Juran's Quality Handbook - The Complete Guide to Performance Excellence**. 6th. ed. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da Qualidade - Métodos Estatísticos Clássicos Aplicados à Qualidade**. 4a. ed. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda. e McGraw-Hill Ltda., v. VI, 1993.

LOPES, C. E. **O Ensino da Estatística e da Probabilidade na Educação Básica e a Formação dos Professores**. CEDES - Centro de Estudos Educação e Sociedade, p. 57-73, 2008.

MI DOMENECH. **Defeitos, Defeituoso e Oportunidades** - MI Domenech. MI Domenech, 2020. Disponível em: <<https://www.midomenech.com.br/defeitos-defeituoso-e-oportunidades/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

MINITAB, LLC. **O que são DPU, DPO e DPMO?** - Minitab. Suporte ao Minitab® 20, 2021a. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/capability-metrics/what-are-dpu-dpo-and-dpmo/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

MINITAB, LLC. **O que são estatísticas descritivas e inferenciais?** - Minitab. Suporte ao Minitab® 20, 2021b. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/20/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-are-descriptive-and-inferential-statistics/>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

MIRANDA, M. A.; ARAÚJO, E. S. **Estatística e Matemática no Ensino Fundamental I pela Atividade Orientadora de Ensino**. São Paulo. 2016.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 6th. ed. Jefferson City, MO - USA: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

MÜLLER, D. Â. **Dissertação de Mestrado: Ensino e Aprendizagem de Estatística no Contexto do Ensino Médio Politécnico**. Porto Alegre. 2015.

NEUMANN, D. L.; NEUMANN, M. M.; HOOD, M. **Evaluating Computer-Based Simulations, Multimedia and Animations that Help Integrate Blended Learning with Lectures in First Year Statistics**. Australasian Journal of Educational Technology, 2011. 274-289.

NUNES, G. D. S.; DE MATTOS, V. L. D. **Considerações sobre Testes de Normalidade Utilizados pelo Software Gretl**. Universidade Federal do Pampa. Santana do Livramento, p. 4. 2018.

PEREIRA, F. A.; SOUZA, F. D. S. **O Exame Nacional do Ensino Médio e a Construção do Letramento e Pensamento Estatístico**. Educ. Matem. Pesq., 2016. 1319-1343.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. **The Six Sigma Handbook - A Complete Guide fo Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels**. 3rd. ed. USA: McGraw-Hill, 2010.

RAMOS, D. **Gurus da Qualidade: Walter Shewhart**. Blog da Qualidade, 2017. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade-walter-shewhart/>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

RAMOS, D. **6 Gurus da Qualidade que revolucionaram a história!** Blog da Qualidade, 2019. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade/>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. **Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests**. Journal of Statistical Modeling and Analytics, Shah Alam, Selangor, Malaysia, v. 2, No. 1, p. 21-33, 2011.

RIBEIRO, J. L. ; TEN CATEN, C. S. **Série Monográfica Qualidade - Controle Estatístico do Processo**. FEENG/UFRGS - Escola de Engenharia. Porto Alegre, p. 172. 2012.

ROSETH, C. J.; GARFIELD, J. B.; BEN-ZVI, D. **Collaboration in Learning and Teaching Statistics**. Journal of Statistics Education, 2008.

SCHERKENBACH, W. W. **The Deming Route to Quality and Productivity - Road Maps and Roadblocks**. Rockville, MD - USA: Mercury Press, 1988.

SCHNEIDER, J. C.; ANDREIS, R. F. **Dissertação de Pós-Graduação: Contribuições do Ensino de Estatística na Formação Cidadã do Aluno da Educação Básica**. Chapecó. 2014.

SEBRAE. **Relatório Especial - Os Negócios Promissores em 2018**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae. Brasília/DF, p. 26. 2018.

SEBRAE. **Relatório Especial - Os Negócios Promissores em 2020**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae. Brasília/DF, p. 30. 2020.

SEBRAE. **Estudos e Pesquisas - Perfil dos Pequenos Negócios**. Sebrae, 2021. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/estudos_pesquisas/quem-sao-os-pequenos-negociosdestaque5,7f4613074c0a3410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 2 mar. 2021.

SEBRAE-SP. **Pequenos negócios já representam 30% do PIB**. Sebrae seu negócio, 2020. Disponível em: <<https://sebraeseunegocio.com.br/artigo/pequenos-negocios-ja-representam-30-do-pib/#:~:text=Nas%20C3%BAltimas%20tr%C3%AAs%20d%C3%A9cadas%2C%20as,adicionado%20ao%20PIB%20do%20pa%C3%ADs.>>. Acesso em: 1 mar. 2021.

SHEWHART, W. A.; DEMING, W. E. **Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control**. Lancaster, PA - USA: Lancaster Press Inc., 1939.

SILVA, J. F.; CURTI, E.; SCHIMIGUEL, J. **Um Cenário sobre a Pesquisa em Educação Estatística no Boletim de Educação Matemática** - Bolema, de 2006 até 2015. Bolema, Ago 2017. 679-698.

SMITH, G. **Learning Statistics by Doing Statistics**. Journal of Statistics Education, 1998. 1-12.

SNEE, R. **What's Missing in Statistical Education?** The American Statistician, p. 149-155, 1993.

SOON, T.-W. **The Computer Spreadsheet - A Versatile Tool for the Teaching of Basic Statistical Concepts**. ICOTS - International Conference on Teaching Statistics, 1990. 187-192.

SPOHR, C. et al. **Uma Introdução à Estatística através do Excel® e da Pesquisa de Campo**. Santa Maria. 2011.

TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística Básica**. São Paulo: Atlas S.A., v. 2a., 1995.

VIEIRA, S. **Alfa de Cronbach**. Soniavieira.blogspot.com, 2015. Disponível em: <<http://soniavieira.blogspot.com/2015/10/alfa-de-cronbach.html>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

WALPOLE, R. E. et al. **Probability & Statistics for Engineers & Scientists**. 9th. ed. Boston, MA - USA: Pearson Education, Inc., 2012.

WINQUIST, J. R.; CARLSON, K. A. **Flipped Statistics Class Results Better Performance Than Lecture Over One Year Later**. Journal of Statistics Education, 2014. 1-10.

APÊNDICE A – As micro e pequenas empresas (MPE) no Brasil e a qualidade

As micro e pequenas empresas têm um ponto de destaque na economia brasileira segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), órgão que promove o empreendedorismo no Brasil através do auxílio à essas organizações. De acordo com Sebrae (2021), as MPE são classificadas segundo sua faixa de faturamento anual:

- a) microempreendedor individual (MEI) – até R\$ 81 mil;
- b) microempresa – até R\$ 360 mil;
- c) empresa de pequeno porte – entre R\$ 360 mil e R\$ 4,8 milhões;
- d) pequeno produtor rural – Propriedade com até 4 módulos fiscais ou faturamento anual de até R\$ 4,8 milhões.

Segundo Sebrae-SP (2020), nas últimas três décadas as MPE vêm desempenhando um papel cada vez mais estratégico na economia brasileira, sendo que em 2020 respondiam por 30% do valor adicionado ao Produto Interno Bruto (PIB) do país. Um estudo intitulado *Participação das MPE na economia nacional e regional*, elaborado pelo SEBRAE e Fundação Getúlio Vargas (FGV), confirma um movimento consistente e crescente da importância dos pequenos negócios na geração de empregos e arrecadação de impostos, que vêm desde 1985 quando a participação das MPE naquele ano alcançou 21% do PIB.

Estas organizações incluem os micro e pequenos negócios do setor de alimentação como lanchonetes, marmitarias, confeitarias, sorveterias, pastelarias, entre outros, e um estudo feito pelo Sebrae (2020) mostra que esses setores têm-se mostrado em destaque entre os 50 maiores negócios promissores com potencial de expansão no mercado interno brasileiro em 2020.

A Tabela 13 mostra as atividades de micro e pequenos negócios do setor de alimentação com maior número de MEI em 2019, hierarquizadas por suas respectivas taxas médias de crescimento nos últimos 4 anos (em % a. a.).

Um detalhe curioso pode ser visto num estudo feito pelo Sebrae (2018), onde esses mesmos negócios mostraram-se em destaque entre os 11 maiores negócios promissores com potencial de expansão no mercado interno brasileiro em 2018:

“O crescimento do número deste tipo de empreendimento está mais associado ao crescimento da própria população. Porém, com o retorno do crescimento da economia brasileira, o foco dos consumidores tende a mudar das marcas mais simples, de produtos e serviços mais baratos, de menor valor unitário, que ‘caibam’ nos orçamentos, para aqueles que apresentam uma qualidade um pouco maior. Já que as famílias devem encontrar em 2018 uma folga maior no seu orçamento. Portanto,

dentro desses segmentos, têm maiores chances aqueles produtos e serviços que apresentam diferencial positivo em termos de qualidade, quando comparado à concorrência.” (SEBRAE, 2018, p. 23, grifo nosso).

Tabela 13 – Atividades de MPE do setor de alimentação com maior número de MEI em 2019.

Atividade	Variação % a. a.	
	2015 a 2019	2018 a 2019
Restaurante e similares	19%	40%
Fabricação de produtos de padaria e confeitaria com predominância de produção própria	17%	30%
Serviços ambulantes de alimentação	14%	21%
Lanchonetes, casas de chá, de sucos e similares	11%	20%

Fonte: Sebrae (2020).

Gostaríamos de chamar aqui a atenção para essa última citação: uma vez que as MPE do setor de alimentação têm mostrado potencial de expansão em 2020, e conseqüente impacto significativo na economia brasileira, maiores chances de sucesso irão ter os negócios que apresentarem diferencial positivo em termos de *qualidade* quando comparado a concorrência, ou em outras palavras, os negócios que *satisfazerem as necessidades de seus clientes*. Logo, os gestores desses negócios deverão ter uma atenção e cuidado especial para assegurarem o fornecimento de produtos e serviços de qualidade aos seus consumidores.

APÊNDICE B – O ensino de Estatística nas escolas

Consultamos 23 artigos no período de 1990 a 2019 que tratam do tema relacionado ao ensino de Estatística. No Quadro 7 pode ser visto os artigos consultados.

Quadro 7 – Artigos referentes ao ensino de Estatística (continua).

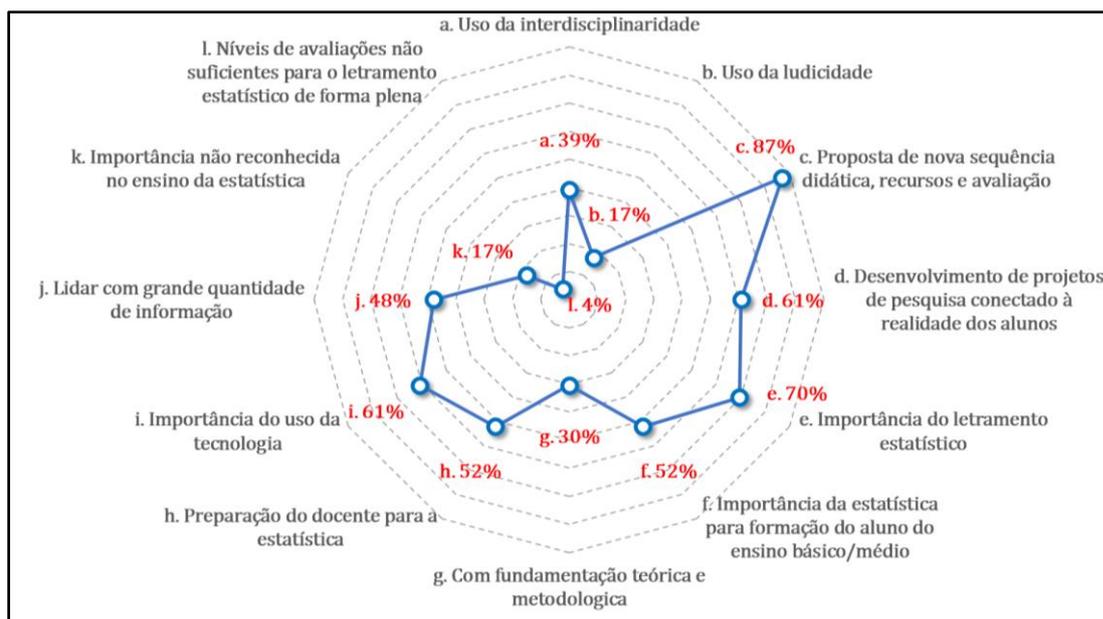
Título	Ano	Instituição	Referência
The Computer Spreadsheet - A Versatile Tool for the Teaching of Basic Statistical Concepts.pdf	1990	ICOTS	Soon (1990)
What's Missing in Statistical Education?	1993	American Statistical Association	Snee (1993)
Learning Statistics by Doing Statistics	1998	Journal of Statistics Education	Smith (1998)
A Modelagem Matemática Aplicada no Ensino de Estatística em Cursos de Graduação	2001	BOLEMA	Jacobini e Wodewotzki (2001)
A Utilização do Programa Excel® no Aprendizado de Técnicas Estatísticas Utilizadas na Metodologia Seis Sigma	2006	WCCSETE	Cymrot (2006)
Collaboration in Learning and Teaching Statistics	2008	Journal of Statistics Education	Roseth, Garfield e Ben-Zvi (2008)
O Ensino da Estatística e da Probabilidade na Educação Básica e a Formação dos Professores	2008	Cedes	Lopes (2008)
Ensino e Aprendizagem da Estatística - Realidades e Desafios	2009	Universidade do Minho	Fernandes (2009)
Importância da Estatística para o Processo de Conhecimento e Tomada de Decisão	2010	Revista Paranaense de Desenvolvimento	Ignácio (2010)
Evaluating Computer-Based Simulations, Multimedia and Animations that Help Integrate Blended Learning with Lectures in First Year Statistics	2011	Australasian Journal of Educational Technology	Neumann, Neumann e Hood (2011)
Uma Introdução à Estatística através do Excel® e da Pesquisa de Campo	2011	Universidade Federal de Santa Maria/RS	Spohr <i>et al.</i> (2011)
Recursos Tecnológicos e Ensino de Estatística na Educação Básica: Um cenário de Pesquisas Brasileiras	2013	Revista Brasileira de Informática na Educação	Estevam e Kalinke (2013)
Contribuições do Ensino de Estatística na Formação Cidadã do Aluno da Educação Básica	2014	Unochapecó	Schneider e Andreis (2014)
Flipped Statistics Class Results Better Performance Than Lecture Over One Year Later	2014	Educational Technology	Winquist e Carlson (2014)
Caminhos da Educação Estatística ao Longo do Tempo - Uma Leitura Pessoal	2015	JIIEM	Cordani (2015)
Ensino de Estatística Através de Projetos	2015	IME-USP	Busatta e Magalhães (2015)
Ensino e Aprendizagem de Estatística no Contexto do Ensino Médio Politécnico	2015	UFRGS	Müller (2015)

Quadro 7 – Artigos referentes ao ensino de Estatística (conclusão).

Título	Ano	Instituição	Referência
Estatística e Matemática no Ensino Fundamental I pela Atividade Orientadora de Ensino	2016	SBEM	Miranda e Araújo (2016)
O Exame Nacional do Ensino Médio e a Construção do Letramento e Pensamento Estatístico	2016	Educ. Matem. Pesq	Pereira e Souza (2016)
O Aprendizado de Conceitos de Estatística Através de um Estudo Sobre os Óbitos dos Escravos do Rio Grande do Sul no Séc. XIX - Uma Experiência Interdisciplinar	2017	UFRGS	De Mello (2017)
Um Cenário sobre a Pesquisa em Educação Estatística no Boletim de Educação Matemática - Bolema, de 2006 até 2015	2017	BOLEMA	Silva, Curi e Schimiguel (2017)
O Ensino de Estatística e Probabilidade por meio de Jogos e Resolução de Problemas diante dos Desafios do Processo de Formação Docente	2018	UFTM	Delalibera, Gomes e Ovigli (2018)
Desenvolvendo o Caráter Crítico e Social da Estatística - Uma Proposta Interdisciplinar para o Ensino Médio	2019	UFAL	De Brito (2019)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após consultar cada artigo, fizemos um gráfico reunindo os tópicos relevantes mais abrangidos pelos mesmos, conforme pode ser visto na Figura 63.

Figura 63 – Tópicos contidos nos artigos sobre ensino de Estatística (% do total de artigos consultados).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir pode ser visto algumas citações diretas de alguns dos artigos consultados sobre os dois tópicos de maior frequência mostrados no gráfico da Figura 63: *Proposta de nova sequência didática, recursos e avaliação e Importância do letramento estatístico*.

a) **Proposta de nova sequência didática, recursos e avaliação (87%)**: como o próprio título diz, uma nova proposta para o ensino de Estatística:

– De Brito (2019) propõe em seu trabalho:

“[...] tratar do ensino de Estatística numa perspectiva interdisciplinar em que a ludicidade esteja presente juntamente com o protagonismo dos estudantes, visando ressaltar a importância do conteúdo e viabilizar uma autonomia do discente” (DE BRITO, 2019, p. 8, grifo nosso).

– Delalibera, Gomes e Ovigli (2018) citam que:

“O ensino de Estatística e Probabilidade de maneira libertadora e investigativa proporciona aos educandos a possibilidade de refletir sobre as informações acessadas pelas tecnologias digitais. Esta reflexão é o que garante a compreensão da realidade e busca de soluções para que o aluno se torne crítico e participativo de sua história, cultura e sociedade” (DELALIBERA, GOMES e OVIGLI, 2018, p. 254, grifo nosso).

– De Mello (2017, p. 19, grifo nosso) comenta:

“No Brasil, pelo fato da Estatística no ensino básico ser abordada na disciplina de Matemática é, na maioria das vezes, tratada com exatidão. Segundo Lopes¹⁷ (2006, p. 177-196 apud DE MELLO, 2017, p. 19, grifo nosso) ‘a Estatística situa-se em erro, aproximação, estimação, ou seja, com a inexactidão’”.

– segundo Cordani (2015), o indiano C. R. Rao, nascido em 1920 e radicado nos EUA, emérito estatístico e autor de vários livros e centenas de artigos, opina que:

“[...] Estatística é intrinsecamente interdisciplinar e deveria ser ensinada tendo problemas reais como referência, o que alargaria a mente do estudante e desenvolveria seu espírito de investigação” (CORDANI, 2015, p. 166, grifo nosso).

– Cordani (2015, p. 168, grifo nosso) também sugere que:

¹⁷ LOPES, Celi Espasandin. **Educação Matemática e Educação Estatística: intersecções na produção científica**. In: ARAÚJO JR., C.F; AMARAL, L. H. (Org.). Ensino de Ciências e Matemática: Tópicos em Ensino e Pesquisa. São Paulo: ANDROSS, 2006, v., p. 177-196.

“Segundo Cockroft¹⁸ (1982 apud CORDANI, 2015, p. 168, grifo nosso) ‘[...] a Estatística deveria ser ensinada a partir de dados coletados pelos próprios estudantes, aproveitando o caráter interdisciplinar que ela favorece, através de aplicações em diferentes disciplinas do próprio currículo dos alunos pois, em caso contrário, o trabalho seria considerado árduo pelo aluno, orientado somente pela técnica, e não seria explicitado o poder e a natureza da própria Estatística’”.

- Lopes (2008, p. 59, grifo nosso) cita:

“No início dos anos de 1980, Mendoza e Swift¹⁹ (1981, p. 90-100 apud LOPES, 2008, p. 59, grifo nosso) destacaram que Estatística e Probabilidade deveriam ser ensinadas para que todos os indivíduos pudessem dominar conhecimentos básicos de Estatística e probabilidade para atuarem na sociedade”.

b) **Importância do letramento estatístico (70%)**: a Estatística/letramento estatístico tem grande importância como instrumento de análise e crítica e social:

- segundo Giordano (2016):

“O letramento estatístico é fundamental para a formação acadêmica, para a vida profissional e, sobretudo, para o exercício da cidadania em nossa sociedade, dada a facilidade de acesso a dados estatísticos por meio de diversos veículos de informação. Ler e interpretar tais dados, bem como expressar ideias neles embasadas, tornaram-se essenciais para cada um de nós” (GIORDANO, 2016, p. 10, grifo nosso).

- Delalibera, Gomes e Ovigli (2018) comentam:

“Atualmente a escola tem o importante papel de dar possibilidade ao aluno de transformar as mensagens disponibilizadas pela mídia em conhecimento. A sociedade está mergulhada em uma gama de informações que são acessadas facilmente pelos leitores, o grande problema é que grande parte desses dados são disponibilizados em forma de gráficos, tabelas e registros numéricos que devem ser interpretados para que não sejam manipulados de acordo com interesses políticos e econômicos” (DELALIBERA, GOMES e OVIGLI, 2018, p. 250, grifo nosso).

“A presença constante da Estatística em revistas, jornais, enfim, informações veiculadas por meio da internet, nos fazem acreditar que o letramento estatístico, definido por Gal^{20,21} (2002 apud MORENO; CAZORLA, 2015, p.108 e DELALIBERA, GOMES e OVIGLI, 2018, p. 250, grifo nosso) como ‘habilidade para

¹⁸ COCKCROFT W.H. (1982). **The Cockcroft Report: Mathematics Counts**. London. <http://www.educationengland.org.uk/documents/cockcroft/cockcroft1982.html> acesso em 15 de fevereiro de 2014.

¹⁹ MENDOZA, L.P.; SWIFT, J. Why teach statistics and probability: a rationale. In: SHULTE, A.P.; SMART, J.R. (Ed.). **Teaching statistics and probability**. Reston: Yearbook National Council of Teachers of Mathematics, 1981. p. 90-100.

²⁰ GAL, I. **Adult’s Statistical Literacy: meanings, components, responsibilities**. International Statistical Review, v. 70, n. 1, p. 1 – 25, 2002.

²¹ MORENO, M. M. A.; CAZORLA, I. M. Utilização do *dotplot* e do *boxplot* na aprendizagem da variabilidade Estatística no Ensino Médio. In: SAMÁ, Suzi; SILVA, Mauren Porciúncula Moreira. (Org.). **Educação Estatística: ações e estratégias pedagógicas no ensino básico e superior**. Curitiba, PR: CRV, 2015.

interpretar e avaliar criticamente informações estatísticas' se faz necessário para que os cidadãos possam tomar decisões. Dessa maneira, podemos considerar que a educação Estatística não pode acontecer por meio de memorização de fórmulas e exercícios descontextualizados".

"Os Parâmetros Curriculares Nacionais segundo Brasil²² (1997, p. 84 apud DELALIBERA, GOMES e OVIGLI, 2018, p. 253, grifo nosso) e Brasil²³ (1998 apud DELALIBERA, GOMES e OVIGLI, 2018, p. 253, grifo nosso) do primeiro e segundo ciclos também mencionam a necessidade de compreensão das informações veiculadas para que os alunos possam tomar decisões que influenciarão suas vidas pessoais e o contexto social no qual estão inseridos. Desta maneira, ainda de acordo com os Parâmetros, estar alfabetizado engloba também saber ler e interpretar dados e, assim, a abordagem dos tópicos de Estatística, Análise Combinatória e Probabilidade devem estar presentes desde os ciclos iniciais".

– segundo Pereira e Souza (2016, p. 1322 e 1324, grifo nosso):

"[...] torna-se necessário trazermos também, a definição proposta por Wallman^{24,25} (1993, p.1 apud ALMEIDA, 2008, p. 3 e PEREIRA e SOUZA, 2016, p. 1322, grifo nosso) acerca do Letramento Estatístico. '[...] habilidade para compreender e avaliar criticamente resultados estatísticos que permeiam nossas vidas diárias junto à habilidade para reconhecer a contribuição que o pensamento estatístico pode trazer para as decisões públicas e privadas, profissionais e pessoais'".

"[...] o uso de ferramentas estatísticas, sejam pelos cálculos das estatísticas e/ou por meio de *softwares livres*, como por exemplo, o R e o Geogebra, podem auxiliar a quantificar e compreender a variação de um conjunto de dados permitindo uma melhor tomada de decisão, que é um dos elementos do Pensamento Estatístico" (PEREIRA e SOUZA, 2016, p. 1324, itálico do autor, grifo nosso).

"Segundo Watson e Callingham²⁶ (2003, p. 4 apud PEREIRA e SOUZA, 2016, p. 1324, grifo nosso) '[...] o Letramento Estatístico tem grande importância na vida do cidadão. [...] é importante não só para a nossa sociedade como um todo; é também relevante para os membros individuais da sociedade, como eles tomam decisões em suas vidas pessoais com base em informações e análise de risco fornecido por outras pessoas da comunidade. Decisões como onde viver, que tipo de emprego que procurar, comprar um carro podem ser influenciadas por dados fornecidos de fora de sua experiência individual'".

²² BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Secretaria de Educação Fundamental – Ensino de 1ª a 4ª série – Brasília: MEC / SEF, vol. 3,1997.

²³ BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Secretaria de Educação Fundamental – Ensino de 5ª a 8ª série – Brasília: MEC / SEF, vol. 3,1998.

²⁴ WALLMAN, K.K. **Enhancing Statistical Literacy: Enriching our Society**. Journal of the American Statistical Association, v. 88, n. 421, p. 1-8, 1993.

²⁵ ALMEIDA, Cátia Cândida de. **Validação de um instrumento de Letramento Estatístico**. Rio Claro, SP, 2008. Disponível em: <http://www2.rc.unesp.br/eventos/matematica/ebiapem2008/upload/150-2-Agt9_almeida_ta.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2015.

²⁶ WATSON, Jane M.; CALLINGHAM, A. Rosemary. **Statistical literacy: a complex hierarchical construct**. Statistical Education Research Journal, New Zealand, v. 2, n. 2, p. 3-46, 2003. Disponível em: < [http://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ2\(2\)_Watson_Callingham.pdf](http://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ2(2)_Watson_Callingham.pdf) >. Acesso em: 25 novembro 2015.

As citações mostradas nessa seção são autoexplicativas, onde as mesmas evidenciam a carência do letramento estatístico na nossa sociedade, e fortemente sugerem que o ensino da Estatística nas escolas necessita de revisão. Pelas datas dos artigos podemos ver que esse problema já dura por algumas décadas. E conforme comentado na Seção 1, isso faz com que as empresas tenham que investir em treinamento com empresas de consultoria especializadas para capacitar seus colaboradores com métodos e ferramentas estatísticas para que esses melhorem os processos das empresas e construam qualidade, para que as mesmas possam sobreviver num mercado tão competitivo.

Além disso, a sociedade necessita contar com o conhecimento estatístico como um adendo a mais na formação de cidadão do indivíduo: da mesma forma que todo indivíduo precisa ser alfabetizado num idioma e em Matemática para que possa viver numa sociedade, também esse deve ser alfabetizado na Estatística para que esse possa ler e interpretar, tirar conclusões e tomar decisões (e não ser manipulado) perante a grande quantidade de informações que nos bombardeiam diariamente pelos mais diversos veículos de comunicação existentes.

APÊNDICE C – Questionário para coleta de dados



<https://www.icmc.usp.br>

Questionário – Projeto de Pesquisa Controle Estatístico da Qualidade em Negócios de Micro e Pequeno Porte do Setor de Alimentação

Data: ___/___/___

Introdução

Caro(a) entrevistado(a):

Meu nome é Francisco Constantino Simão Junior, resido em Poços de Caldas – MG, e sou pós-graduando do curso de mestrado profissional de matemática (PROFMAT) do Instituto de Ciências Matemáticas e Computação da Universidade de São Paulo - USP - São Carlos-SP.

A seguir o(a) Sr.(a) verá um questionário composto por 22 questões. Tal questionário faz parte de meu projeto de pesquisa de mestrado relativo ao ensino de ferramentas estatísticas que aproximam a sociedade do controle estatístico da qualidade. Queremos com esse trabalho avaliar como a estatística (seus conceitos, ferramentas, etc.) está inserida nos negócios de micro e pequeno porte do setor de alimentação, e assim propor melhorias a esse segmento de negócio para melhorar a qualidade dos produtos fornecidos por essas empresas (no que diz respeito à redução da variabilidade de elementos críticos de qualidade percebidos pelos clientes), visando assim uma maior satisfação dos seus clientes.

O questionário é anônimo, e suas informações serão utilizadas apenas para o fim a que se destina a pesquisa, não tendo o objetivo de auditar, avaliar ou pré-julgar as empresas entrevistadas em função das respostas contidas aqui. Solicitamos que todas as questões sejam respondidas.

A orientadora da minha pesquisa é a Profa. Dra. Juliana Cobre, RDIDP, MS-3, do Instituto de Ciências Matemáticas e Computação - USP - São Carlos-SP (jucobre@icmc.usp.br).

Meus contatos são: fcsimaojr@usp.br, celular/WhatsApp: 035-98893-6468.

Qualquer dúvida quanto ao preenchimento do questionário, ou mesmo às informações contidas no mesmo, pode entrar em contato comigo utilizando qualquer um dos contatos acima.

Desde já gostaria de antecipar o meu muito obrigado por sua participação no meu projeto de pesquisa.

Sds, Francisco C. Simão Jr.

1. O Sr(a) é o(a) responsável do seu negócio (no que se refere à administração geral que envolve: compra dos ingredientes, preparação dos produtos, contratação de funcionários, venda dos produtos, etc.)?

Sim Não

2. Qual o segmento alimentício principal do seu negócio?

<input type="radio"/> Açai	<input type="radio"/> Padaria	<input type="radio"/> Sorvetes
<input type="radio"/> Café Expresso	<input type="radio"/> Pipoca	<input type="radio"/> Sucos
<input type="radio"/> Creperia	<input type="radio"/> Pizza	<input type="radio"/> Outro: _____
<input type="radio"/> Doceria (bolos, tortas, etc.)	<input type="radio"/> Salgados (coxinha, pastel, etc.)	
<input type="radio"/> Marmita	<input type="radio"/> Sandwiches (hamburger, hot-dog, etc.)	

3. Quanto tempo o seu negócio está atuante no mercado?

Menos de 1 ano Entre 1 e 2 anos Entre 2 e 5 anos Entre 5 e 10 anos Mais de 10 anos

4. Qual a idade do(a) responsável do negócio?

Menos de 20 anos Entre 20 e 30 anos Entre 30 e 40 anos Entre 40 e 50 anos Mais de 50 anos

5. Qual a escolaridade do(a) responsável do negócio?

Ensino Fundamental (EF) incompleto Ensino Fundamental (EF) completo Ensino Médio (EM) incompleto Ensino Médio (EM) completo Superior Pós-graduação

6. Qual o produto de maior venda do seu negócio (o produto “carro-chefe”)?

R: _____

Os tópicos 7 a 21 referem-se a supostas afirmações relativas ao seu negócio. Por favor assinalar a opção mais adequada:

7. Para fabricar o produto “carro-chefe”, utilizamos os mesmos ingredientes/materiais selecionados (mesmas marcas, mesmos tipos, mesmos fabricantes, etc.)

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

8. Os ingredientes/materiais do produto “carro-chefe” são providos por fornecedores previamente selecionados, avaliados e aprovados para fornecimento, cuja avaliação é revista periodicamente.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

9. Os ingredientes/materiais do produto “carro-chefe” são selecionados prioritariamente por critérios de qualidade, e em segundo lugar por critérios que envolvem custos e/ou prazos de entrega.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

10. Para produzir o produto “carro-chefe” há receita escrita e impressa indicando os ingredientes a serem utilizados (marca, tipo, fabricante, etc.), as respectivas quantidades e medidores utilizados para medir os ingredientes, e o método de preparação.



**Questionário – Projeto de Pesquisa
Controle Estatístico da Qualidade em
Negócios de Micro e Pequeno Porte do Setor de Alimentação**

Data: ___/___/___

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

11. Toda a equipe de cozinheiro(a)s foi devidamente treinada para produzir o produto “carro-chefe” segundo a receita existente (entende-se por “devidamente treinada” quando contém treinamento minucioso e detalhado, registro de treinamento, e reavaliação periódica da execução da tarefa).

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

12. Caso haja alterações na receita para produzir o produto “carro-chefe”, a equipe de cozinheiro(a)s é submetida a uma nova etapa de treinamento.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

13. Todo novo contratado(a) na equipe de cozinheiro(a)s é devidamente treinado(a) para produzir o produto “carro-chefe”.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

14. Todo colaborador(a) remanejado(a) para trabalhar ou ajudar na equipe de cozinheiro(a)s é devidamente treinado(a) para produzir o produto “carro-chefe”.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

15. São utilizados medidores padronizados pré-definidos para medir ou auxiliar no processamento dos ingredientes ao preparar o produto “carro-chefe” (como balança, copo medidor, colheres de medida, termômetros, cronômetros, etc.), com tais medidores descritos na receita do mesmo.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

16. Os medidores de ingredientes do produto “carro-chefe” são calibrados, revistos e substituídos frequentemente quando aplicável (ex.: calibração da balança, medidores com as unidades de medidas desgastadas, etc.)

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

17. A receita consta elementos específicos/críticos de processamento como tempos de cozimento, tamanho da chama, temperaturas, etc. necessários para a correta e precisa preparação do produto “carro-chefe”.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

18. Os equipamentos para produzir o produto “carro-chefe” (fogão, forno, geladeira/frigorífico, eletrodomésticos, exaustores, etc.) são submetidos a manutenção preventiva periódica, sendo reparados ou substituídos quando necessário.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

19. Para preparar o produto “carro-chefe” dispõe-se de um ambiente controlado com controle de temperatura e umidade, controle de higiene do local e da equipe de cozinheiro(a)s, etc.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

20. Os clientes que consomem o produto “carro-chefe”, em geral, não reclamam de variação na qualidade do produto como variação no sabor, variação no aroma, variação na temperatura, variação na aparência, etc.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

21. Quando há reclamação do cliente quanto à qualidade do produto “carro-chefe”, toda a cadeia de processos é prontamente revista pelo(a) responsável do negócio junto com a equipe de colaboradores(as) para identificar as prováveis causas e aplicar as devidas melhorias.

Discordo totalmente Discordo Em parte Concordo Concordo totalmente

22. O Sr(a) estaria disposto a incluir o seu negócio em um experimento, visando buscar a fabricação do produto “carro-chefe” com maior homogeneidade (menor variação) de qualidade possível, com o objetivo de reduzir a reclamação dos clientes quanto à variação na qualidade do produto?

Sim Não

APÊNDICE D – Tabelas para cartas de controle

Quadro 8 – Tamanho de subgrupos, fórmulas linha central e limites de controle (continua).

Tipo de dados	Tipo carta de controle	Tamanho do subgrupo da amostra (n)	Fórmula linha central (*)	Fórmula limites de controle
Contínuo	<i>I – MR</i> (Individual e Amplitude Móvel)	1	<ul style="list-style-type: none"> $\bar{X} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k X_i$ $MR_i = |X_i - X_{i-1}|$ para $i > 1$, sendo $MR_1 = 0$ $\overline{MR} = \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{i=1}^k MR_i$ 	<ul style="list-style-type: none"> $LSC_I = \bar{X} + E_2 \cdot \overline{MR}$ $LIC_I = \bar{X} - E_2 \cdot \overline{MR}$ $LSC_{MR} = D_4 \cdot \overline{MR}$ $LIC_{MR} = D_3 \cdot \overline{MR}$
Contínuo	$\bar{X} - R$ (Média e Amplitude)	< 10, mas usualmente de 3 a 5	<ul style="list-style-type: none"> $\bar{X} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k \bar{X}_i$ $\bar{R} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k R_i$ 	<ul style="list-style-type: none"> $LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$ $LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$ $LSC_R = D_4 \cdot \bar{R}$ $LIC_R = D_3 \cdot \bar{R}$
Contínuo	$\bar{X} - S$ (Média e Desvio Padrão)	Usualmente ≥ 10	<ul style="list-style-type: none"> $\bar{X} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k \bar{X}_i$ $\bar{S} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k S_i$ 	<ul style="list-style-type: none"> $LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_3 \cdot \bar{S}$ $LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_3 \cdot \bar{S}$ $LSC_S = B_4 \cdot \bar{S}$ $LIC_S = B_3 \cdot \bar{S}$
Discreto/Atributo	<i>nP</i> (No. Itens Defeituosos)	Constante, usualmente ≥ 50	<ul style="list-style-type: none"> <u>para cada subgrupo:</u> $nP = \text{no. de itens defeituosos}$ <u>para todos subgrupos:</u> $\bar{nP} = \frac{1}{k} \cdot \sum nP$ 	<ul style="list-style-type: none"> $LSC_{nP} = \bar{nP} + 3 \cdot \sqrt{\bar{nP} \cdot (1 - \bar{P})}$ $LIC_{nP} = \bar{nP} - 3 \cdot \sqrt{\bar{nP} \cdot (1 - \bar{P})}$
Discreto/Atributo	<i>P</i> (Proporção Itens Defeituosos)	Variável, usualmente ≥ 50	<ul style="list-style-type: none"> <u>para cada subgrupo:</u> $P = \frac{nP}{n}$ <u>para todos subgrupos:</u> $\bar{P} = \frac{\sum nP}{\sum n}$ 	<ul style="list-style-type: none"> $LSC_P = \bar{P} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{P} \cdot (1 - \bar{P})}{n}}$ (**) $LIC_P = \bar{P} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{P} \cdot (1 - \bar{P})}{n}}$ (**)
Discreto/Atributo	<i>C</i> (No. de Defeitos)	Constante	<ul style="list-style-type: none"> <u>para cada subgrupo:</u> $C = \text{no. de defeitos}$ <u>para todos subgrupos:</u> $\bar{C} = \frac{1}{k} \cdot \sum C$ 	<ul style="list-style-type: none"> $LSC_C = \bar{C} + 3 \cdot \sqrt{\bar{C}}$ $LIC_C = \bar{C} - 3 \cdot \sqrt{\bar{C}}$

Quadro 8 – Tamanho de subgrupos, fórmulas linha central e limites de controle (conclusão).

Tipo de dados	Tipo carta de controle	Tamanho do subgrupo da amostra (n)	Fórmula linha central (*)	Fórmula limites de controle
Discreto/ Atributo	U (No. de Defeitos por Unidade)	Variável	<ul style="list-style-type: none"> para cada subgrupo: $U = \frac{C}{n}$ para todos subgrupos: $\bar{U} = \frac{\sum C}{\sum n}$ 	<ul style="list-style-type: none"> $LSC_U = \bar{U} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$ (**) $LIC_U = \bar{U} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$ (**)

Fonte: Brassard *et al.* (2002, p. 78-79, tradução nossa).

Notas:

- (*):
 - $k = n^\circ$. de subgrupos;
 - $\bar{X}_i =$ média do subgrupo $i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n X_j$;
 - $\bar{R}_i =$ amplitude do subgrupo $i = R_i \max - R_i \min$;
 - $\bar{S}_i =$ desvio padrão do subgrupo $i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_i)^2}{n-1}}$;
- (**) Esta fórmula cria limites de controle variáveis. Para evitar isso, use tamanhos médios de amostra \bar{n} para aquelas amostras que estão dentro de $\pm 20\%$ do tamanho médio da amostra. Calcule limites individuais para as amostras superiores a $\pm 20\%$.

Tabela 14 – Constantes para as cartas de controle (continua).

Tamanho do subgrupo da amostra (n)	Carta $I - MR$				Carta $\bar{X} - R$			Carta $\bar{X} - S$			
	E_2	D_3	D_4	d_2 (*)	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	c_4 (*)
2	2,659	0	3,267	1,128	1,880	0	3,267	2,659	0	3,267	0,7979
3	1,772	0	2,574	1,693	1,023	0	2,574	1,954	0	2,568	0,8862
4	1,457	0	2,282	2,059	0,729	0	2,282	1,628	0	2,266	0,9213
5	1,290	0	2,114	2,326	0,577	0	2,114	1,427	0	2,089	0,9400
6	1,184	0	2,004	2,534	0,483	0	2,004	1,287	0,030	1,970	0,9515
7	1,109	0,076	1,924	2,704	0,419	0,076	1,924	1,182	0,118	1,882	0,9594

Tabela 14 – Constantes para as cartas de controle (conclusão).

Tamanho do subgrupo da amostra (n)	Carta $I - MR$				Carta $\bar{X} - R$			Carta $\bar{X} - S$			
	E_2	D_3	D_4	d_2 (*)	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	c_4 (*)
8	1,054	0,136	1,864	2,847	0,373	0,136	1,864	1,099	0,185	1,815	0,9650
9	1,010	0,184	1,816	2,970	0,337	0,184	1,816	1,032	0,239	1,761	0,9693
10	0,975	0,223	1,777	3,078	0,308	0,223	1,777	0,975	0,284	1,716	0,9727

Fonte: Brassard *et al.* (2002, p. 81, tradução nossa).

Notas:

- (*) Útil em estimar o desvio padrão (σ) do processo;
- O tamanho mínimo do subgrupo da amostra mostrado na Tabela 14 é $n = 2$ porque a variação na forma de uma amplitude só pode ser calculada em amostras maiores do que um. A carta I-MR cria essas amostras mínimas combinando e calculando a diferença entre medições individuais sequenciais;
- Para a carta I-MR com tamanho do subgrupo da amostra $n = 1$, utilizar os valores de E_2 , D_3 , D_4 e d_2 referente a $n = 2$.

APÊNDICE E – Tabelas para processo sigma

Tabela 15 – Tabela conversão processo sigma → % rendimento & DPMO.

Processo sigma	% rendimento	DPMO	Processo sigma	% rendimento	DPMO
0,1	8,1%	919.243	3,1	94,5%	54.799
0,2	9,7%	903.200	3,2	95,5%	44.565
0,3	11,5%	884.930	3,3	96,4%	35.930
0,4	13,6%	864.334	3,4	97,1%	28.717
0,5	15,9%	841.345	3,5	97,7%	22.750
0,6	18,4%	815.940	3,6	98,2%	17.864
0,7	21,2%	788.145	3,7	98,6%	13.903
0,8	24,2%	758.036	3,8	98,9%	10.724
0,9	27,4%	725.747	3,9	99,18%	8.198
1,0	30,9%	691.462	4,0	99,38%	6.210
1,1	34,5%	655.422	4,1	99,53%	4.661
1,2	38,2%	617.911	4,2	99,65%	3.467
1,3	42,1%	579.260	4,3	99,74%	2.555
1,4	46,0%	539.828	4,4	99,81%	1.866
1,5	50,0%	500.000	4,5	99,87%	1.350
1,6	54,0%	460.172	4,6	99,90%	968
1,7	57,9%	420.740	4,7	99,931%	687
1,8	61,8%	382.089	4,8	99,952%	483
1,9	65,5%	344.578	4,9	99,966%	337
2,0	69,1%	308.538	5,0	99,977%	233
2,1	72,6%	274.253	5,1	99,984%	159
2,2	75,8%	241.964	5,2	99,9892%	108
2,3	78,8%	211.855	5,3	99,9928%	72
2,4	81,6%	184.060	5,4	99,9952%	48
2,5	84,1%	158.655	5,5	99,9968%	32
2,6	86,4%	135.666	5,6	99,9979%	21
2,7	88,5%	115.070	5,7	99,99867%	13
2,8	90,3%	96.800	5,8	99,99915%	8,5
2,9	91,9%	80.757	5,9	99,99946%	5,4
3,0	93,3%	66.807	6,0	99,99966%	3,4

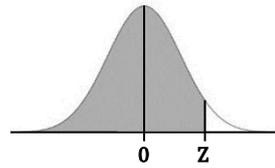
Fonte: Brassard *et al.* (2002, p. 213, tradução nossa).

Tabela 16 – Tabela conversão % rendimento & DPMO → processo sigma.

% rendimento	DPMO	Processo sigma	% rendimento	DPMO	Processo sigma
99,9999%	1	6,25	40%	600.000	1,25
99,9997%	3	6,03	35%	650.000	1,11
99,999%	10	5,76	30%	700.000	0,98
99,99%	100	5,22	25%	750.000	0,83
99,9%	1.000	4,59	20%	800.000	0,66
99,8%	2.000	4,38	15%	850.000	0,46
99,7%	3.000	4,25	10%	900.000	0,22
99,6%	4.000	4,15			
99,5%	5.000	4,08			
99,4%	6.000	4,01			
99,3%	7.000	3,96			
99,2%	8.000	3,91			
99,1%	9.000	3,87			
99%	10.000	3,83			
98%	20.000	3,55			
97%	30.000	3,38			
96%	40.000	3,25			
95%	50.000	3,14			
94%	60.000	3,05			
93%	70.000	2,98			
92%	80.000	2,91			
91%	90.000	2,84			
90%	100.000	2,78			
85%	150.000	2,54			
80%	200.000	2,34			
75%	250.000	2,17			
70%	300.000	2,02			
65%	350.000	1,89			
60%	400.000	1,75			
55%	450.000	1,63			
50%	500.000	1,50			
45%	550.000	1,37			

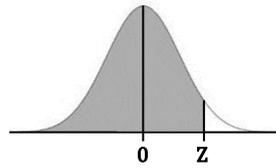
Fonte: Brassard *et al.* (2002, p. 212, tradução nossa).

Tabela 17 – Distribuição normal – proporção da área total $A = f(Z)$ sob a curva normal, de $-\infty$ a $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ (continua).



Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,5	0,000233	0,000224	0,000216	0,000208	0,000200	0,000193	0,000185	0,000178	0,000172	0,000165
-3,4	0,000337	0,000325	0,000313	0,000302	0,000291	0,000280	0,000270	0,000260	0,000251	0,000242
-3,3	0,000483	0,000466	0,000450	0,000434	0,000419	0,000404	0,000390	0,000376	0,000362	0,000349
-3,2	0,000687	0,000664	0,000641	0,000619	0,000598	0,000577	0,000557	0,000538	0,000519	0,000501
-3,1	0,000968	0,000935	0,000904	0,000874	0,000845	0,000816	0,000789	0,000762	0,000736	0,000711
-3,0	0,001350	0,001306	0,001264	0,001223	0,001183	0,001144	0,001107	0,001070	0,001035	0,001001
-2,9	0,001866	0,001807	0,001750	0,001695	0,001641	0,001589	0,001538	0,001489	0,001441	0,001395
-2,8	0,002555	0,002477	0,002401	0,002327	0,002256	0,002186	0,002118	0,002052	0,001988	0,001926
-2,7	0,003467	0,003364	0,003264	0,003167	0,003072	0,002980	0,002890	0,002803	0,002718	0,002635
-2,6	0,004661	0,004527	0,004396	0,004269	0,004145	0,004025	0,003907	0,003793	0,003681	0,003573
-2,5	0,006210	0,006037	0,005868	0,005703	0,005543	0,005386	0,005234	0,005085	0,004940	0,004799
-2,4	0,008198	0,007976	0,007760	0,007549	0,007344	0,007143	0,006947	0,006756	0,006569	0,006387
-2,3	0,010724	0,010444	0,010170	0,009903	0,009642	0,009387	0,009137	0,008894	0,008656	0,008424
-2,2	0,013903	0,013553	0,013209	0,012874	0,012545	0,012224	0,011911	0,011604	0,011304	0,011011
-2,1	0,017864	0,017429	0,017003	0,016586	0,016177	0,015778	0,015386	0,015003	0,014629	0,014262
-2,0	0,022750	0,022216	0,021692	0,021178	0,020675	0,020182	0,019699	0,019226	0,018763	0,018309
-1,9	0,028717	0,028067	0,027429	0,026803	0,026190	0,025588	0,024998	0,024419	0,023852	0,023295
-1,8	0,035930	0,035148	0,034380	0,033625	0,032884	0,032157	0,031443	0,030742	0,030054	0,029379
-1,7	0,044565	0,043633	0,042716	0,041815	0,040930	0,040059	0,039204	0,038364	0,037538	0,036727
-1,6	0,054799	0,053699	0,052616	0,051551	0,050503	0,049471	0,048457	0,047460	0,046479	0,045514
-1,5	0,066807	0,065522	0,064255	0,063008	0,061780	0,060571	0,059380	0,058208	0,057053	0,055917
-1,4	0,080757	0,079270	0,077804	0,076359	0,074934	0,073529	0,072145	0,070781	0,069437	0,068112
-1,3	0,096800	0,095098	0,093418	0,091759	0,090123	0,088508	0,086915	0,085343	0,083793	0,082264
-1,2	0,115070	0,113139	0,111232	0,109349	0,107488	0,105650	0,103835	0,102042	0,100273	0,098525
-1,1	0,135666	0,133500	0,131357	0,129238	0,127143	0,125072	0,123024	0,121000	0,119000	0,117023
-1,0	0,158655	0,156248	0,153864	0,151505	0,149170	0,146859	0,144572	0,142310	0,140071	0,137857
-0,9	0,184060	0,181411	0,178786	0,176186	0,173609	0,171056	0,168528	0,166023	0,163543	0,161087
-0,8	0,211855	0,208970	0,206108	0,203269	0,200454	0,197663	0,194895	0,192150	0,189430	0,186733
-0,7	0,241964	0,238852	0,235762	0,232695	0,229650	0,226627	0,223627	0,220650	0,217695	0,214764
-0,6	0,274253	0,270931	0,267629	0,264347	0,261086	0,257846	0,254627	0,251429	0,248252	0,245097
-0,5	0,308538	0,305026	0,301532	0,298056	0,294599	0,291160	0,287740	0,284339	0,280957	0,277595
-0,4	0,344578	0,340903	0,337243	0,333598	0,329969	0,326355	0,322758	0,319178	0,315614	0,312067
-0,3	0,382089	0,378280	0,374484	0,370700	0,366928	0,363169	0,359424	0,355691	0,351973	0,348268
-0,2	0,420740	0,416834	0,412936	0,409046	0,405165	0,401294	0,397432	0,393580	0,389739	0,385908
-0,1	0,460172	0,456205	0,452242	0,448283	0,444330	0,440382	0,436441	0,432505	0,428576	0,424655
-0,0	0,500000	0,496011	0,492022	0,488034	0,484047	0,480061	0,476078	0,472097	0,468119	0,464144

Tabela 17 – Distribuição normal – proporção da área total $A = f(Z)$ sob a curva normal, de $-\infty$ a $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ (conclusão).



Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,500000	0,503989	0,507978	0,511966	0,515953	0,519939	0,523922	0,527903	0,531881	0,535856
0,1	0,539828	0,543795	0,547758	0,551717	0,555670	0,559618	0,563559	0,567495	0,571424	0,575345
0,2	0,579260	0,583166	0,587064	0,590954	0,594835	0,598706	0,602568	0,606420	0,610261	0,614092
0,3	0,617911	0,621720	0,625516	0,629300	0,633072	0,636831	0,640576	0,644309	0,648027	0,651732
0,4	0,655422	0,659097	0,662757	0,666402	0,670031	0,673645	0,677242	0,680822	0,684386	0,687933
0,5	0,691462	0,694974	0,698468	0,701944	0,705401	0,708840	0,712260	0,715661	0,719043	0,722405
0,6	0,725747	0,729069	0,732371	0,735653	0,738914	0,742154	0,745373	0,748571	0,751748	0,754903
0,7	0,758036	0,761148	0,764238	0,767305	0,770350	0,773373	0,776373	0,779350	0,782305	0,785236
0,8	0,788145	0,791030	0,793892	0,796731	0,799546	0,802337	0,805105	0,807850	0,810570	0,813267
0,9	0,815940	0,818589	0,821214	0,823814	0,826391	0,828944	0,831472	0,833977	0,836457	0,838913
1,0	0,841345	0,843752	0,846136	0,848495	0,850830	0,853141	0,855428	0,857690	0,859929	0,862143
1,1	0,864334	0,866500	0,868643	0,870762	0,872857	0,874928	0,876976	0,879000	0,881000	0,882977
1,2	0,884930	0,886861	0,888768	0,890651	0,892512	0,894350	0,896165	0,897958	0,899727	0,901475
1,3	0,903200	0,904902	0,906582	0,908241	0,909877	0,911492	0,913085	0,914657	0,916207	0,917736
1,4	0,919243	0,920730	0,922196	0,923641	0,925066	0,926471	0,927855	0,929219	0,930563	0,931888
1,5	0,933193	0,934478	0,935745	0,936992	0,938220	0,939429	0,940620	0,941792	0,942947	0,944083
1,6	0,945201	0,946301	0,947384	0,948449	0,949497	0,950529	0,951543	0,952540	0,953521	0,954486
1,7	0,955435	0,956367	0,957284	0,958185	0,959070	0,959941	0,960796	0,961636	0,962462	0,963273
1,8	0,964070	0,964852	0,965620	0,966375	0,967116	0,967843	0,968557	0,969258	0,969946	0,970621
1,9	0,971283	0,971933	0,972571	0,973197	0,973810	0,974412	0,975002	0,975581	0,976148	0,976705
2,0	0,977250	0,977784	0,978308	0,978822	0,979325	0,979818	0,980301	0,980774	0,981237	0,981691
2,1	0,982136	0,982571	0,982997	0,983414	0,983823	0,984222	0,984614	0,984997	0,985371	0,985738
2,2	0,986097	0,986447	0,986791	0,987126	0,987455	0,987776	0,988089	0,988396	0,988696	0,988989
2,3	0,989276	0,989556	0,989830	0,990097	0,990358	0,990613	0,990863	0,991106	0,991344	0,991576
2,4	0,991802	0,992024	0,992240	0,992451	0,992656	0,992857	0,993053	0,993244	0,993431	0,993613
2,5	0,993790	0,993963	0,994132	0,994297	0,994457	0,994614	0,994766	0,994915	0,995060	0,995201
2,6	0,995339	0,995473	0,995604	0,995731	0,995855	0,995975	0,996093	0,996207	0,996319	0,996427
2,7	0,996533	0,996636	0,996736	0,996833	0,996928	0,997020	0,997110	0,997197	0,997282	0,997365
2,8	0,997445	0,997523	0,997599	0,997673	0,997744	0,997814	0,997882	0,997948	0,998012	0,998074
2,9	0,998134	0,998193	0,998250	0,998305	0,998359	0,998411	0,998462	0,998511	0,998559	0,998605
3,0	0,998650	0,998694	0,998736	0,998777	0,998817	0,998856	0,998893	0,998930	0,998965	0,998999
3,1	0,999032	0,999065	0,999096	0,999126	0,999155	0,999184	0,999211	0,999238	0,999264	0,999289
3,2	0,999313	0,999336	0,999359	0,999381	0,999402	0,999423	0,999443	0,999462	0,999481	0,999499
3,3	0,999517	0,999534	0,999550	0,999566	0,999581	0,999596	0,999610	0,999624	0,999638	0,999651
3,4	0,999663	0,999675	0,999687	0,999698	0,999709	0,999720	0,999730	0,999740	0,999749	0,999758
3,5	0,999767	0,999776	0,999784	0,999792	0,999800	0,999807	0,999815	0,999822	0,999828	0,999835

Fonte: Juran e Gryna (1993, p. 426).

ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO / EEFE-USP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Ensino de Ferramentas Estatísticas que Aproximam a Sociedade do Controle Estatístico de Qualidade

Pesquisador: JULIANA COBRE

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 42919421.5.0000.5391

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.547.568

Apresentação do Projeto:

O projeto é destinado à processos de produção corriqueiros da sociedade: micro e pequenas empresa do setor de alimentação (confeitaria, lanchonete, sorveteria, etc.) da cidade de Poços de Caldas-MG, cujos objetivos são: a) Traçar um perfil que mostre como a estatística está inserida nesses negócios; b) Apresentar uma proposta sobre o ensino de forma simples referente a aplicação de ferramentas estatísticas, de forma a permitir que os gestores conheçam a realidade de seus processos e efetuem tomadas de decisões adequadas baseadas em dados, e não por intuição. Os autores pretendem, com o projeto, promover uma primeira aproximação das pessoas da sociedade à estatística, uma vez que essa ciência não é normalmente ensinada aos alunos nas escolas.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Traçar um perfil que mostre como a estatística está inserida nos negócios de micro e pequenas empresas do setor de alimentação da cidade de Poços de Caldas-MG.

Objetivo Secundário:

Desenvolver e apresentar um material de treinamento sobre o ensino de forma simples referente à aplicação de ferramentas estatísticas nos processos desses negócios mencionados, de forma a seus gestores poderem melhorar a qualidade de seus produtos (no que diz respeito à redução da

Endereço: Av. Pro ^{fa} Mello Moraes, 65		
Bairro: Cidade Universitária	CEP: 05.508-030	
UF: SP	Município: SAO PAULO	
Telefone: (11)3091-3097	Fax: (11)3812-4141	E-mail: cep39@usp.br

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO / EEFE-USP



Continuação do Parecer: 4.547.568

variabilidade de elementos críticos de qualidade percebidos pelos clientes), visando assim aumentar a satisfação de seus clientes e melhorar a competitividade de seu negócio.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: A pesquisa será anônima onde a identidade dos negócios e respectivos gestores selecionados na amostra não serão informados no trabalho de pesquisa, logo não haverá o risco que possa levar à exposição e algum eventual constrangimento do negócio e gestor. Os pesquisadores informam a possibilidade de um desconforto ao gestor em usar o seu tempo livre para responder o questionário eletrônico, onde o gestor poderia estar utilizando esse tempo para descansar ou fazendo outras atividades de seu interesse.

Benefícios: O cumprimento dos objetivos primários e secundários da pesquisa definirá o caminho para a manutenção e controle de qualidade de produtos produzidos pelas micro e pequenas empresas do segmento de alimentação de Poços de Caldas-MG, o que permitirá à esses negócios que se mantenham competitivos nesse segmento de negócio, objetivando assim ter um negócio bem sucedido e com mais e mais clientes satisfeitos

ingressando a cada dia. Como consequência, a sociedade terá os seguintes benefícios:> Clientes mais satisfeitos, podendo se servir dos produtos desses negócios com a mesma qualidade (com menor variabilidade possível) a qualquer momento (hora, dia, mês, ...);> Com um provável aumento de clientes, pode-se haver mais receita e possibilidades de mais empregos;> Com mais receita e mais empregos, pode-se haver mais impostos para o município;> Mais receita gerará mais lucros para o negócio, tendo assim empreendedores e investidores mais satisfeitos;> Com mais demanda pode-se haver menores preços praticados no mercado no setor de alimentação, aumentando mais a satisfação dos clientes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa está bem estruturada, com objetivos claros e metodologia consistente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE está bem redigido e apresenta aos participantes todas as informações necessárias, como os riscos e benefícios aos respondentes. Além disso, a pesquisadora responsável escreveu uma carta ao CEP se responsabilizando pela realização completa da pesquisa.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências e/ou lista de inadequações.

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 85
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 Fax: (11)3812-4141 E-mail: cep39@usp.br

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO / EEFÉ-USP



Continuação do Parecer: 4.547.588

Considerações Finais a critério do CEP:
Aprovado na reunião CEP 172 de 18/02/2021

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1661346.pdf	04/02/2021 13:10:03		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	04/02/2021 13:09:05	FRANCISCO CONSTANTINO SIMAO JUNIOR	Aceito
Outros	questionario.pdf	04/02/2021 13:08:01	FRANCISCO CONSTANTINO SIMAO JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle.pdf	04/02/2021 13:06:53	FRANCISCO CONSTANTINO SIMAO JUNIOR	Aceito
Declaração de Pesquisadores	cep.pdf	04/02/2021 13:06:42	FRANCISCO CONSTANTINO SIMAO JUNIOR	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	04/02/2021 13:06:25	FRANCISCO CONSTANTINO SIMAO JUNIOR	Aceito
Folha de Rosto	rosto.pdf	04/02/2021 13:05:09	FRANCISCO CONSTANTINO SIMAO JUNIOR	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SAO PAULO, 19 de Fevereiro de 2021

Assinado por:
Edilamar Menezes de Oliveira
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Profª Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 Fax: (11)3812-4141 E-mail: cep39@usp.br

