CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS

WILLIAM JOHNNY HONORATO

# PROPOSTA DE UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA MELHORIA CONTÍNUA DE PROCESSOS DE TI POR MEIO DO APRENDIZADO DE MÁQUINA

São Paulo
Julho/2022

WILLIAM JOHNNY HONORATO

# PROPOSTA DE UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA MELHORIA CONTÍNUA DE PROCESSOS DE TI POR MEIO DO APRENDIZADO DE MÁQUINA

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. Napoleão Verardi Galegale.

São Paulo
Junho/2022

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA
FATEC-SP / CPS CRB8-8390

Honorato, William Johnny

H774p Proposta de um modelo para avaliação da maturidade da melhoria contínua de processos de TI por meio do aprendizado de máquina / William Johnny Honorato. – São Paulo: CPS, 2022.
128 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Napoleão Verardi Galegale
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2022.

1. Melhoria contínua. 2. Processos de tecnologia da informação. 3. Lean six sigma. 4. Modelo de maturidade. 5. Aprendizado de máquina. I. Galegale, Napoleão Verardi. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

WILLIAM JOHNNY HONORATO

PROPOSTA DE UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA MELHORIA CONTÍNUA DE PROCESSOS DE TI POR MEIO DO APRENDIZADO DE MÁQUINA

Prof. Dr. Napoleão Verardi Galegale
Orientador – CEETEPS

Prof. Dr. Edson L. Ursini
Examinador Externo – Faculdade de Tecnologia da UNICAMP

Prof. Dr. Marcelo Duduchi Feitosa
Examinador Interno - CEETEPS

São Paulo, 27 de junho de 2022

Dedico à minha esposa Priscila, por todo amor, apoio e compreensão. Ao meu filho Benjamin, por toda motivação gerada pelo seu sorriso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor dr. Marcelo Okano pela paciência e ensinamentos sobre o método científico, sempre com foco no valor e orientações pragmáticas.

Aos parceiros de escrita acadêmica, que tanto me ajudaram a compreender a produção cientifica, o doutorando Henry Lobo e o mestrando Alex Viana.

E ao professor dr. Napoleão Galelale, pelos direcionamentos e provocações que só enriqueceram o trabalho.

"Se você não puder descrever o que você está fazendo como processo, você não sabe o que está fazendo."

(Deming, W. Edwards)

# RESUMO

HONORATO, W. J. **Proposta de um modelo para avaliação da maturidade da melhoria contínua de processos de TI por meio do aprendizado de máquina**. 124 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2022.

O objetivo do trabalho foi desenvolver um modelo para avaliação da maturidade das práticas de melhoria contínua de processos em TI, baseado no Lean Six Sigma. A metodologia usada foi a análise de conteúdo das entrevistas de gestores de 10 processos, juntamente com o estudo intra e inter casos, resultou no insumo para a criação de 10 indicadores de avaliação da melhoria contínua de processos. O modelo foi aplicado a 60 processos de TI, gerando um conjunto de dados relacionados a realização da melhoria contínua desses processos, o produto gerado foi validado por meio da análise de fatores e análise de confiabilidade interna. A relação entre as variáveis independentes e a variável dependente foi encapsulada em um software por meio do aprendizado de máquina. O algoritmo de classificação *Naive* Bayes foi selecionado por apresentar as melhores métricas de validação. A utilização do software ocorre com a entrada das respostas para os 10 indicadores construídos, respondidos pelo usuário para um dado processo, é possível prever então três categorias de maturidade, baixa, média e alta. O modelo aplicado a 60 processos de TI, demonstrou que a maturidade da melhoria contínua nos processos foi baixa em 55% das vezes, corroborando com os resultados qualitativos dos 10 casos estudados, onde as práticas identificadas foram: confusão da melhoria contínua com melhoria frequente; falta de controle dos resultados dos processos no tempo; indicadores que medem volumetria e não valor; análise de causa raiz não quantitativa e baixo conhecimento sobre métodos de melhoria de processos. O software foi disponibilizado para aplicação em outros processos de TI, podendo ajudar na avaliação das práticas de melhoria e promovendo a evolução de maneira prática. O trabalho representa uma contribuição original no estudo da melhoria contínua de processos em TI no Brasil, evidenciando comportamentos da gestão de processos de TI além da elaboração de um modelo de maturidade único até o presente momento.



**Palavras-chave:** Melhoria Contínua. Processos de Tecnologia da Informação. Lean Six Sigma. Modelo de Maturidade. Aprendizado de Máquina.

# ABSTRACT

HONORATO, W. J. **Avaliação da maturidade da melhoria contínua de processos de TI com aprendizado de máquina**. 124 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2022.

The objective of this work was to develop a model for assessing the maturity of continuous improvement practices in IT processes, based on Lean Six Sigma. The methodology used was the content analysis of the interviews of managers of 10 processes, together with the intra and inter case study, resulted in the input for the creation of 10 indicators for the evaluation of the continuous improvement of processes. The model was applied to 60 IT processes, generating a set of data related to the continuous improvement of these processes, the generated product was validated through factor analysis and internal reliability analysis. The relationship between the independent variables and the dependent variable was encapsulated in software through machine learning. The Naive Bayes classification algorithm was selected for presenting the best validation metrics. The software use occurs with the input of the answers for the 10 indicators constructed, answered by the user for a given process, it is then possible to predict three categories of maturity, low, medium and high. The model applied to 60 IT processes showed that the maturity of continuous improvement in processes was low in 55% of the time, corroborating the qualitative results of the 10 cases studied, where the practices identified were: confusion of continuous improvement with frequent improvement; lack of control of the results of the processes in time; indicators that measure volume and not value; non-quantitative root cause analysis and low knowledge of process improvement methods. The software was made available for application in other IT processes and can help in the evaluation of improvement practices, promoting evolution in a practical way. The work represents an original contribution in the study of continuous improvement of IT processes in Brazil, showing behaviors of IT process management and the elaboration of a unique maturity model, until the present moment.

**Keywords**: Continuous Improvement. Information Technology Processes. Lean Six Sigma. Maturity Model. Machine Learning.

## LISTA DE QUADROS


Quadro 1: Evolução dos Conceitos da Qualidade ..... 29
Quadro 2: Seções *ISO ANNEX* e Conteúdo *ISO*/*IEC* 20000:2018 ..... 32
Quadro 3: Premissas pesquisa bibliométrica *Lean Six* Sigma e áreas de aplicação ..... 45
Quadro 4: Estrutura sequencial e justificativa do referencial ..... 48
Quadro 5: Termos para busca sobre o tema melhoria contínua ..... 50
Quadro 6: Categorias, domínios e contagens das entrevistas com especialistas ..... 54
Quadro 7: Etapas do estudo de caso ..... 57
Quadro 8: Subcategorias impulsionadoras e contagem de domínios nos pilotos ..... 60
Quadro 9: Projetos de melhoria considerados como casos ..... 64
Quadro 10: Indicadores para avaliação da maturidade da melhoria contínua ..... 65
Quadro 11: Contagem dos domínios observados no caso A ..... 72
Quadro 12: Contagem dos domínios observados no caso B ..... 74
Quadro 13: Contagem dos domínios observados no caso C ..... 76
Quadro 14: Contagem dos domínios observados no caso D ..... 78
Quadro 15: Contagem dos domínios observados no caso E ..... 81
Quadro 16: Contagem dos domínios observados no caso F ..... 83
Quadro 17: Contagem dos domínios observados no caso G ..... 85
Quadro 18: Contagem dos domínios observados no caso H ..... 87
Quadro 19: Contagem dos domínios observados no caso I ..... 89
Quadro 20: Contagem dos domínios observados no caso J ..... 91
Quadro 21: Indicadores para avaliação de realização da melhoria contínua eficaz ..... 92
Quadro 22: Testes para aplicação da análise fatorial ..... 97
Quadro 23: Variação da quantidade de fatores e resultados da análise fatorial ..... 98
Quadro 24: Visualização categorias MMCTI pós *oversampling* com *SMOTE* ..... 105
Quadro 25: Tela de interação Algoritmo *Machine Learning* e usuário ..... 107

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Histograma MMCTI processos avaliados ..... 95
Gráfico 2: Indicadores satisfeitos nos processos avaliados ..... 95
Gráfico 3: Autovalores obtidos na análise fatorial ..... 97
Gráfico 4: Visualização distribuição MMCTI pós categorização ..... 102
Gráfico 5: Visualização categorias MMCTI pós *oversampling* com *SMOTE* ..... 103

## LISTA DE FIGURAS


Figura 1: Construto de pesquisa proposto ..... 18
Figura 2: Componentes do Sistema de Governança COBIT 2019 ..... 23
Figura 3: Escala de maturidade para processos e atividades COBIT 2019 ..... 24
Figura 4: Estrutura SGSTI *ISO/IEC* 20000:2018 ..... 33
Figura 5: Exemplo de carta de controle ..... 37
Figura 6: Limites de advertência no controle de um processo ..... 39
Figura 7: Etapas do procedimento metodológico ..... 43
Figura 8: Teste de Igualdade de variâncias, 505 publicações, de 2008 a 2021 ..... 45
Figura 9: *Box plot* artigos publicados por categorias ..... 46
Figura 10: Teste de Mood para mediana, 505 publicações, de 2008 a 2021 ..... 46
Figura 11: Nuvem de palavras entrevista com especialistas ..... 53
Figura 12: Correlação entre Variáveis Independentes MMCTI ..... 96
Figura 13: Relação de fatores e variáveis ..... 99
Figura 14: Análise de confiabilidade Alfa de Cronbach ..... 100
Figura 15: Estrutura da solução ..... 106
Figura 16: Roteiro para uso do software Metimur ..... 123
Figura 17: Execução de uma célula no programa ..... 124
Figura 18: Execução do programa completo ..... 124
Figura 19: Célula de interface de recebimento de respostas ..... 125
Figura 20: Tela de interação algoritmo e usuário ..... 125
Figura 21: Tela com as 5 primeiras perguntas ..... 126
Figura 22: Tela com as 5 perguntas finais ..... 126
Figura 23: Tela com a previsão da maturidade ..... 127

## LISTA DE SIGLAS

| | |
|---|---|
| *CMMI* | *Capability Maturity Model Integration* |
| *COBIT* | Control Objectives for Information and Related Technologies |
| *CPM* | *COBIT Performance Management* |
| *DMAIC* | *Define Measure Analyze Improve Control* |
| DPMO | Defeitos por Milhão de Oportunidades |
| *FMEA* | *Failure Mode and Effect Analysis* |
| *G R&R* | *Gage Repeatability e Reproducibility* |
| *ITIL* | *Information Technology Infrastructure Library* |
| *ITSMS* | *IT Service Management System* |
| *KDD* | *Knowledge Discovery in Database* |
| *KPI* | *Key Performance Indicator* |
| *LCL* | *Lower Control Limit* |
| *LIE* | Limite Inferior de Especificação |
| *LSE* | Limite Superior de Especificação |
| *LSS* | *Lean Six Sigma* |
| MMCTI | Maturidade da Melhoria Contínua do Processo de TI |
| *MSA* | *Measurement System Analysis* |
| *PDCA* | *Plan, Do, Check, Act* |
| *RPN* | *Risk Priority Number* |
| SGSTI | Sistema de Gerenciamento de Serviços de TI |
| *SIPOC* | *Suppliers Input Process Output Costumers* |
| *SLA* | *Service Level Agreement* |
| *SMART* | *Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Timely* |
| *TQM* | *Total Quality Management* |
| *TSO* | *The Stationery Office* |
| *UCL* | *Upper Control Limit* |
| *5W2H* | *What Why Where When Who How How much* |

**SUMÁRIO**

**INTRODUÇÃO** ..... 16
**1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA** ..... 19
**1.1 Governança de TI e a relação com processos** ..... 20
**1.2 Melhoria contínua de processos** ..... 25
**1.3 Gestão da qualidade** ..... 28
**1.4 Gestão de processos em TI** ..... 30
**1.5 A metodologia *Lean Six* Sigma** ..... 34
*1.5.1 Estabilidade do processo* ..... 36
**1.6 *Machine Learning*** ..... 39
**2 METODOLOGIA** ..... 43
**2.1 Definir *gap*, questão e objetivo** ..... 44
**2.2 Definir conceitual teórico** ..... 47
**2.3 Realizar piloto** ..... 50
**2.4 Estudo de caso** ..... 56
**2.5 Elaborar modelo de maturidade** ..... 58
**2.6 Análise intra-caso** ..... 61
**2.7 Análise inter-casos** ..... 61
**2.8 Validar modelo** ..... 61
**2.9 Conclusões e artefato** ..... 63
**3 RESULTADOS E DISCUSSÃO** ..... 64
**3.1 Modelo de maturidade de gestão da melhoria contínua de processos em TI** ..... 65
**3.2 Resultados da análise intra-caso** ..... 70
*3.2.1 Caso A* ..... 70
*3.2.2 Caso B* ..... 72
*3.2.3 Caso C* ..... 74
*3.2.4 Caso D* ..... 76
*3.2.5 Caso E* ..... 79
*3.2.6 Caso F* ..... 81
*3.2.7 Caso G* ..... 83
*3.2.8 Caso H* ..... 85
*3.2.9 Caso I* ..... 87
*3.2.10 Caso J* ..... 89

**3.3 Resultados da análise inter-casos** ..... 91
*3.3.1 Cenários observados* ..... 93
**3.4 Validação do modelo de maturidade** ..... 94
*3.4.1 Análise de fatores* ..... 96
*3.4.2 Análise de confiabilidade interna* ..... 99
*3.4.3 Modelagem por aprendizado de máquina* ..... 101
**CONCLUSÃO** ..... 107
**REFERÊNCIAS** ..... 111
**APÊNDICES** ..... 117
**APÊNDICE A - Roteiro com perguntas abertas** ..... 117
**APÊNDICE B - Questionário** ..... 119
**APÊNDICE C - Domínios, subcategorias e categorias** ..... 120
**APÊNDICE D - Contagem dos domínios dos casos piloto** ..... 122
**APÊNDICE E - Roteiro de uso do software Metimur** ..... 123
**APÊNDICE F - Comprovação de registro do software Metimur no INPI** ..... 128

# INTRODUÇÃO

O *Lean Six* Sigma (*LSS*) permanece como o estado da arte quando se busca um método para realizar a melhoria contínua de processos, porém, a área de Tecnologia da Informação (TI), não apresenta o mesmo nível de maturidade nas práticas de melhoria de processos, quando comparada a outros setores, indicando que há espaço para evolução das práticas de gestão de processos de TI.

Entre as dez maiores empresas do mundo (INTERBRAND, 2020), cinco declararam utilizar a Metodologia *Lean Six* Sigma (*LSS*). Microsoft, com aplicações nas operações de seus data centers (MICROSOFT, 2015). Samsung, aplicando em sua cadeia de suprimentos (HONG et al., 2007). Coca Cola, aplicando a metodologia em processos logísticos na américa latina (ZULUAGA; HASBUN, 2015). McDonald's, que se inspirou na GE dos anos 90, para criar seu próprio sistema de gestão e melhoria baseado no *LSS*, possui programas de melhoria contínua que utilizam a metodologia *Lean Six* Sigma (HUNG; SUNG, 2011). A Amazon utiliza o *Lean Six* Sigma como guia em seus processos desde 1999, teve um crescimento expressivo, suas receitas multiplicaram 54,2 vezes (PRIYA; 2017).

Hoje, o *LSS* é mais do que um método de quantificação de resultados de processos, tornou-se uma forma de direcionar o negócio, habitualmente, media-se resultados com base em métricas de posição (média e mediana), como resultados de vendas, produção, no entanto, essas métricas se comportam dentro de uma variação ao longo do tempo, o *Six* Sigma se preocupa em avaliar a variação e reduzi-la de forma sistemática e controlando-a de forma perene. Essa abordagem fez com que resultados dos processos antes subjetivos passassem a apresentar ótima previsibilidade, executivos sabiam o que seus processos poderiam entregar realmente e ainda poderiam decidir quais processos deveriam ser melhorados (BORDOLOI et al., 2019). Tal controle de variabilidade pode e deve ser empregado nos processos de TI.

Sopanrao e Deshmukh (2018) mostraram que mais de 4000 trabalhos sobre o *Lean Six* Sigma foram publicados entre 2007 e 2018, em 24 países, abrangendo 25 áreas de pesquisa. O Brasil aparece na 18ª posição entre os principais pesquisadores. As áreas com maior foco identificadas foram saúde, manufatura e indústrias, a aplicação em Tecnologia da Informação apareceu na 9ª posição (SHOKRI, 2017).

O alicerce para a melhoria contínua operacional é estabelecer e medir os processos por meio de *KPIs (Key Performance Indicators)* ou *CTQs (Critical to Quality)*. No entanto, conforme descrito por Berrahal e Marghoubi (2016) a gestão de resultados por métricas não é eficiente em TI, apenas 52% dos sistemas de gestão de serviços de TI são implementados com efetividade, o *ITSMS (Information Technology Service Management System)* é comumente usado para controle de métricas de desempenho de processos de TI.

Jantti e Cater-Steel (2017) destacam que o consumo de TI como um serviço requer que processos não definidos, sejam mapeados, controlados e melhorados, respondendo a indicadores que se relacionam com seus clientes.

Shamsi e Alam (2018) salientam que é necessária uma adequação no modelo padrão do *Lean Six* Sigma, para lidar com a situação em que líderes de projetos *LSS* atuam apenas parte do tempo de trabalho com foco na melhoria de processos, dividindo suas atenções com atividades relacionadas a outras funções, esta é uma realidade de muitos profissionais incumbidos de gerir projetos de melhoria operacional. Existe uma dificuldade recorrente na coleta de dados associados aos *KPIs* de projetos de melhoria de processos em TI, em uma realidade onde o controle de processos não é padronizado, principalmente em função da imaterialidade dos produtos dos serviços de TI. Outra característica marcante é a necessidade de definir o escopo do projeto de forma reduzida, se adequando a metodologias ágeis, com entregas de valor em um menor prazo, respondendo ao ambiente dinâmico inerente às áreas de tecnologia.

Gijo e Antony (2019) destacam a possibilidade de incorporar no controle operacional de TI, métricas de capacidade para serviços de tecnologia, como *call center*, desenvolvimento de software, processos de suporte. Podendo conectar os processos com a satisfação do cliente, já que habitualmente o nível de satisfação dos clientes baseado em critérios de qualidade, não é incorporado nos processos de TI. Mallali, Gopalkrishna e Shiva (2019) complementam, afirmando que existe em TI a oportunidade para definição de limites de especificação nos processos, além de métodos para garantir estabilidade nos acordos de nível de serviço (*SLA*).

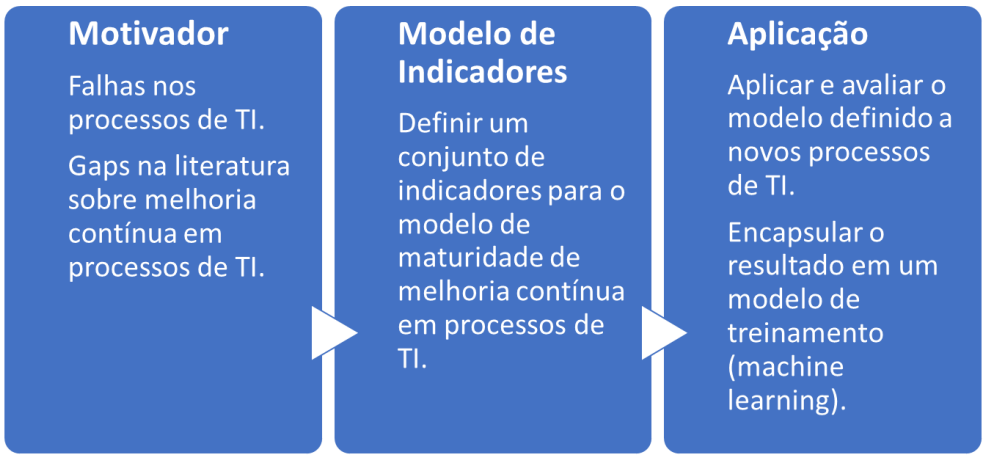
Shamsuzzaman et al. (2018) comentam as particularidades da melhoria de processos em áreas de telecomunicações. Na produção acadêmica são encontradas implementações do *LSS* com foco em ferramentas qualitativas, existindo a oportunidade para inclusão de métodos quantitativos estatísticos. Ressaltam que o modelo padrão de implementação do *LSS* não considera especificidades do setor de telecomunicações, caracterizando uma oportunidade de elaboração de um modelo particular para a realidade de infraestrutura de TI.

Yang et al. (2018) concluem que seguir os princípios do *LSS*, não é uma prática madura nos setores em geral, isso é ainda mais marcante na área de TI.

Com base na discrepância nas formas da gestão da melhoria de processos, percebida entre o setor industrial e de TI, além das fragilidades relacionadas a execução da melhoria contínua de processos em TI, destacadas pelos pesquisadores, surgiu o desejo de elaborar um método de avaliação dos processos de TI que ajude as organizações a evoluírem com base nos setores com maior maturidade. Logo, os motivadores estavam reunidos para realização do estudo sobre o tema com maior profundidade, tentando contribuir não somente com a academia, mas também de forma prática com a gestão operacional da tecnologia da informação.

Foi elaborado um construto visual, visto na Figura 1. O construto pode ser definido como uma abstração conceitual de um fenômeno não definido, são representações especulativas de observações (SERRA, 2019).

Figura 1 – Construto de pesquisa proposto




Fonte: Elaborado pelo autor.

Dado este contexto é estabelecida a seguinte questão de pesquisa:

Quais indicadores podem ser utilizados para avaliar a maturidade das práticas de melhoria contínua nos processos de TI?

O objetivo desta dissertação é desenvolver um modelo de maturidade de gestão da melhoria contínua de processos de TI, composto por indicadores de melhoria contínua, baseados no *Lean Six* Sigma.

Os objetivos específicos são:

1. Estudar os principais critérios de controle de iniciativas de melhoria de processos baseando-se no *Lean Six* Sigma aplicados na área de *TI*, por meio de um estudo intra e inter casos em uma grande empresa do setor financeiro brasileiro;
2. Elaborar os indicadores para avaliar a maturidade das práticas de melhoria de processos de TI;
3. Verificar a consistência dos indicadores por meio de análises estatísticas;
4. Criar um modelo de maturidade baseado em indicadores para classificação da realização da melhoria contínua em processos de TI.

A contribuição deste trabalho está relacionada à construção de um modelo de avaliação da melhoria contínua em TI, podendo ser utilizado em organizações de TI ou como insumo para pesquisas futuras. Pode, portanto, impulsionar a adoção do *Lean Six* Sigma na área de tecnologia da informação, além de provocar uma reflexão quanto a eficiência e eficácia de práticas de melhoria de processos nas áreas e organizações de TI. O trabalho possui as seguintes seções: fundamentação teórica, metodologia, considerações parciais e continuidade do trabalho.

O estudo está ligado a linha de pesquisa Sistemas de Informação e Tecnologias Digitais e ao projeto Gestão da Tecnologia da Informação, do programa de mestrado profissional do Centro Paula Souza. Relacionado especificamente ao tema de gestão e governança de TI, onde o estudo da maturidade da melhoria dos processos se conecta ao uso otimizado de recursos de tecnologia e estes recursos são consumidos pelos processos.

# 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para estudar a melhoria contínua de processos em TI e realizar a construção dos indicadores, é essencial comparar os conceitos teóricos e os elementos extraídos dos casos na seção de resultados, portanto serão abordados os temas governança de TI, melhoria contínua,

gestão da qualidade, gestão de serviços de TI e a metodologia *Lean Six* Sigma. Para validação foram abordados conceitos sobre *machine learning*.

É importante definir uma relação entre os termos operação, serviços, processos e procedimentos.

Um serviço é um meio usado pelas organizações para entregar resultados que os clientes valorizam e desejam. Esses resultados podem ser tangíveis ou intangíveis. Um processo é um conjunto de atividades que estão inter-relacionadas ou que interagem entre si, os processos usam recursos para transformar entradas em saídas, estão interconectados, a saída de um processo torna-se a entrada para outro processo. Um procedimento é uma forma de realizar um processo ou atividade, preferencialmente registrada. A operação está relacionada à hierarquia e interface da estrutura de atividades, contém uma combinação sistemática de processos e o portfólio de serviços, relação com partes externas e acordos de nível de serviço, *SLA* (*ISO*, 2019).

Esta pesquisa vai se concentrar no termo processo, empregando-o de forma generalista, onde um processo pode ser um serviço ou ser parte de um serviço, ou um conjunto de processos e serviços podem compor o escopo de uma operação.

## 1.1 Governança de TI e a relação com processos

Os temas Governança e Gerenciamento de Serviços de TI são de suma importância para a discussão dos métodos de melhoria de processos nas áreas de TI (WEILL; ROSS, 2005). A Governança da tecnologia da informação tem como objetivo otimizar o uso geral dos recursos de tecnologia e gerenciar adequadamente os riscos relacionados às práticas e projetos de TI. O termo Governança de TI é proveniente do termo Governança Coorporativa, que surgiu após uma série de escândalos financeiros que ocorreram em organizações americanas e europeias nas décadas de 1990 e 2000. A Governança de TI é um processo que controla e direciona investimentos, decisões e práticas relacionadas aos recursos da tecnologia da informação em uma organização, para que objetivos de negócio sejam alcançados (ALREEMY et al., 2016).

No que diz respeito às operações de TI e a estratégia de TI, segundo Weill e Ross (2005), o melhor funcionamento dos sistemas de governança de TI está ligado a existência de uma

operação de TI eficiente e altamente padronizada, as empresas que adotam essas práticas aumentam a rentabilidade de seus ativos de TI.

É necessário existir uma conexão da arquitetura de TI com os processos de negócio de forma direta, sendo importante estabelecer uma forma de relação e integração entre os elementos de infraestrutura que respondem aos processos. Os processos e serviços de TI são elemento chave para a arquitetura de TI. As capacidades técnicas de tecnologia que suportam o negócio também devem ser padronizadas para responder a demanda de forma enxuta (WEILL; ROSS, 2005). Métodos que tem como premissa a eficiência no uso de recursos como o Lean, se relacionam com as premissas de arquitetura de TI.

Pensando em investimentos e priorização dos projetos de TI, as mudanças e melhorias nos processos precisam ser analisadas com critério e estratégia, para direcionar os recursos no sentido da entrega dos objetivos coorporativos. Assim a relação entre TI e processos deve ser formalizada com profissionais de TI atuando junto ao gerenciamento de processos, considerando organizações com modelos de governança centralizados focados em resultado financeiro (WEILL; ROSS, 2005).

Weill e Ross (2005) destacam que as empresas podem usar *frameworks* de governança de TI para ajudar a organizar suas estruturas e processos para melhorar o uso da TI. A TI não deve ser apenas fornecer recursos, deve entender que faz parte do fluxo de valor do produto.

Governança de TI é um tema amplo e complexo, por esse motivo existem *frameworks* e guias focados em auxiliar na implementação de processos de governança de TI, dentre eles se destaca o *COBIT* (*Control Objectives for Information and Related Technologies*) 2019, com grande aceitação e muito utilizado como base na auditoria da Governança de TI em diversas empresas pelo mundo (ALREEMY et al., 2016).

Segundo Slack e Leiwis (2017), apesar do controle de processos aparentemente ser uma disciplina puramente operacional e não estratégica, ele é fundamental para estabelecer uma vantagem estratégica. A governança precisa ser munida de informações sobre o controle de processos proveniente da camada operacional. O controle estatístico do processo e o conhecimento de suas capacidades é passado da camada operacional para camadas superiores de gestão, apoiando a construção do plano estratégico. Uma empresa pode desenvolver melhores produtos e serviços com o aumento de seu conhecimento sobre as próprias capacidades operacionais, melhora também a confiança que a gestão e os colaboradores

possuem quanto à competência organizacional existente para entregar resultados. Essa lógica se aplica igualmente para a governança de TI.

Joshi et al. (2018) destacam que as organizações devem focar na construção de processos de TI com maior conexão com o negócio. Com objetivo de avaliar essa relação realizaram um estudo com 124 empresas em 16 setores, onde os dados de seus sistemas de governança de TI foram baseados nas diretrizes presentes no *COBIT*. |Foi feito com intuito de medir e correlacionar, por meio de modelos de regressão, os níveis de maturidade de governança de TI publicados, entre setores e fatores, elementos de maturidade, controle e planejamento de processos de TI. Como resultado, a correlação entre a maturidade dos processos de planejamento e organização com o alinhamento estratégico da TI foi positiva e significativa. Da mesma forma, uma correlação positiva e significativa entre a maturidade no subdomínio dos processos de monitoramento e avaliação com o nível de divulgação da medição do desempenho de TI. Isso implica que as empresas que alcançaram alta maturidade no monitoramento e avaliação de seus processos de TI, mostram maior propensão na sinalização de problemas de desempenho de TI em seu relatório anual, denotando maior transparência e capacidade de reação preditiva em suas operações, maior capacidade dos processos absorverem e reverberarem pela organização diretrizes operacionais estratégicas.

O *COBIT* fornece uma estrutura abrangente que auxilia as empresas a alcançar seus objetivos para a governança e gestão de TI empresarial (*ISACA*, 2018). *COBIT* é um acrônimo para *Control Objectives for Information and related Technology*, criado pela *ISACA* (*Information Systems Audit and Control Association*).

O *COBIT* é dividido entre 6 conceitos chave: Princípios; Objetivos de Governança e Gestão; Desdobramento de Metas; Componentes de um sistema de Governança; Áreas Foco; Fatores de Design (*ISACA*, 2018).

Conforme *ISACA* (2018) os 3 princípios utilizados para a construção do *Framework* de Governança são: Um *framework* de governança deve ser baseado em um modelo conceitual, identificando os principais componentes e relações entre os componentes, para maximizar consistência e permitir automação; um *framework* de governança deve ser aberto e ajustável. Deve permitir a adição de novos conteúdos e a capacidade de abordar novos problemas da maneira flexível, mantendo integridade e consistência; um *framework* de governança deve se alinhar aos principais padrões, *frameworks* e normativas relacionadas.

O segundo conceito chave são os Objetivos de Governança e Gestão. A tecnologia da informação precisa contribuir com as metas coorporativas, um objetivo ou meta deve estar relacionado a um processo e seus componentes, assim um objetivo de governança se relaciona a um processo de governança e um objetivo de gestão deve se relacionar a um processo de gestão. Os objetivos de governança e gestão no *COBIT* 2019 são reunidos em cinco domínios. Os domínios têm nomes que expressam o objetivo principal e as áreas de atividade dos objetivos associados, os Objetivos de Governança são separados dos Objetivos de Gestão (*ISACA*, 2018).

O terceiro conceito chave é o Desdobramento de Metas. Este segue de forma geral o seguinte fluxo, os direcionadores e necessidades de *stakeholders* (partes interessadas no projeto) são desdobrados em metas empresariais, as metas empresariais são desdobradas em metas de alinhamento entre a TI e o negócio, por fim as metas de alinhamento são desdobradas entre objetivos de governança e de gestão. Os objetivos são consolidados, sintetizados, clarificados e atualizados sempre que necessário. Os objetivos não devem ser entendidos como metas relacionadas puramente à área de TI (*ISACA*, 2018).

O quarto conceito chave é o entendimento do Sistema de Governança constituído por componentes, esses componentes podem ser de diferentes tipos e se relacionam entre si, conforme Figura 2.

Figura 2 – Componentes do Sistema de Governança *COBIT* 2019

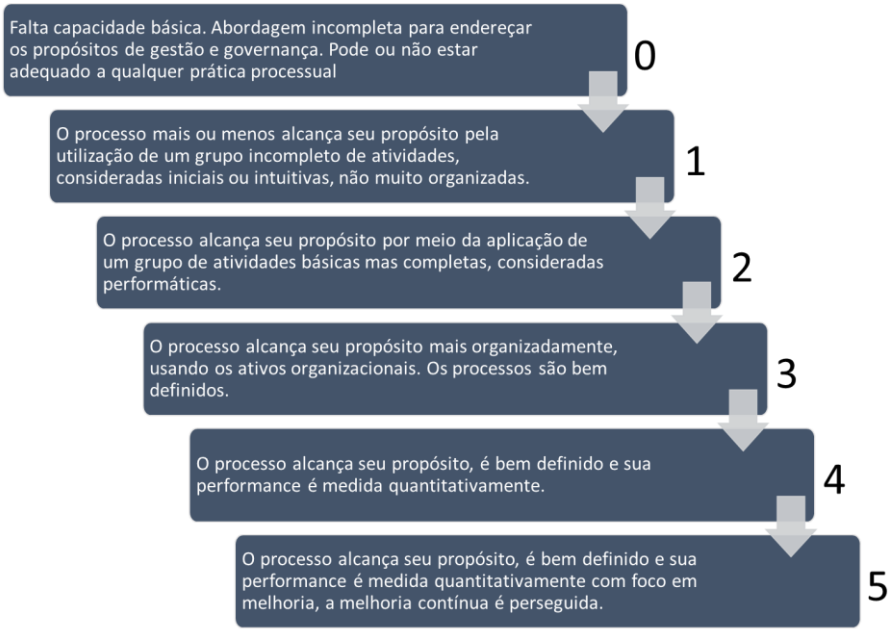
Fonte: *ISACA* (2018)

Os componentes podem ser genéricos, como descritos na Figura 1, ou podem ser variantes específicas desses componentes, adequados à realidade de cada organização. Os componentes variantes são pensados para propósitos e conceitos específicos do negócio de cada empresa, como uma tecnologia empregada ou uma prática de regulamentação de um setor (*ISACA*, 2018).

Além dos conceitos chave, o gerenciamento de desempenho do sistema de governança, chamado de *CPM* (*COBIT Performance Management*) é outro elemento fundamental do *framework*, que faz conexão com a excelência dos processos empregados na organização, refere-se a quão bem o sistema de governança e seus componentes estão funcionando, além de avaliar como podem evoluir, envolvendo conceitos como capacidade e maturidade de processos (*ISACA*, 2018). O *CPM* deve permitir a gestão do desempenho de todos os tipos de componentes do sistema de governança, deve ser possível gerenciar o desempenho dos processos, bem como o desempenho de outros tipos de componentes.

No *COBIT* cada atividade de processo pode possuir um nível de capacidade conforme Figura 3 (*ISACA*, 2018).

Figura 3 – Escala de maturidade para processos e atividades *COBIT* 2019




Fonte: *ISACA* (2018)

Para uma avaliação em alto nível, pode-se aplicar a mesma escala para áreas foco ou componentes do sistema de governança, considerando os níveis de maturidade de 0 a 5 de maneira crescente como incompleto, inicial, gerenciado, definido, quantitativo e otimizado (*ISACA*, 2018).

*COBIT* 2019 se integra ao *CMMI* (*Capability Maturity Model Integration*), os processos são avaliados segundo seus critérios de capacidade e maturidade. Cada processo presente dentro dos objetivos de governança e gestão podem ser classificados em 5 níveis de capacidade, avaliando implementação e o desempenho de processos (*ISACA*, 2018). Vale destacar que o nível de maturidade 4, cobra a existência de gestão por meio de métricas quantitativas ligadas ao objetivo fim do processo, já o nível de maturidade 5 vai além, enfatizando que a medição do processo deve ser insumo para comparação de desempenho dos processos em tempos distintos fomentando sua evolução por meio da comparação com períodos anteriores ou antes de iniciativas de melhoria.

## 1.2 Melhoria contínua de processos

Bhuiyan e Baghel (2005) ressaltam que apesar dos benefícios em se buscar a melhoria contínua nos processos, alcançar esses resultados é muito difícil, envolve aspectos culturais e de estrutura, sobre como a empresa entende qualidade e gestão de problemas operacionais. Existem casos de falta de entendimento sobre a melhoria contínua, a responsabilização de metodologias adotadas como únicas responsáveis pelo sucesso ou insucesso de programas de melhoria contínua.

Diante dessa situação algumas abordagens sobre o conceito da melhoria contínua foram levantadas na literatura.

Segundo Juran e Feo (2010) medidas de desempenho são necessárias para monitorar o processo de melhoria contínua, que é fundamental para as mudanças necessárias para se tornar competitivo. Sem melhoria contínua, as organizações morrem. A melhoria contínua é o resultado de uma abordagem sistemática, não aleatória. O controle é pensado para resultados futuros, é base para melhorias incrementais e contínuas, identificando e eliminando causas especiais. Para atender aos requisitos cada vez maiores do cliente, as operações de processos devem focar na melhoria contínua. O gerenciamento do desempenho deve garantir uma análise

ponta a ponta e um ciclo de feedback para melhoria contínua. Medições de desempenho de processo são usadas para impulsionar melhorias contínuas.

Psomas et al. (2013) ressaltam que a melhoria contínua deve ser entendida como uma cultura. Unzueta (2020) acrescenta, para se manterem competitivas ao longo do tempo, as organizações devem desenvolver uma cultura de melhoria contínua.

Para Ishikawa (1985 apud Svensson, 2006) a melhoria contínua refere-se ao fato de que os níveis de tolerância dos problemas operacionais são ajustados em uma avaliação constante no longo prazo, existe uma busca contínua por níveis mais elevados de qualidade nos processos de negócios corporativos. Limites de qualidade estabelecidos são questionados e se possível se tornam mais rígidos no mesmo ritmo da evolução da maturidade operacional.

Dale (1996) destaca que os meios de melhoria para o desempenho das pessoas e dos processos precisam ser continuamente buscados e monitorados. Manter um processo de melhoria contínua, a perenidade dos ganhos obtidos e o aumento do ritmo da melhoria. Não se deve apenas manter o status quo. "Manter os ganhos" é um termo cunhado por Juran. Manter os ganhos é o teste do compromisso de uma organização com a melhoria contínua. Se os ganhos obtidos por projetos de melhoria não forem mantidos, o esforço de melhoria é em vão.

Cheah (2020) reforça que documentação das práticas operacionais garante que as alterações feitas sejam registradas e fornece detalhes da melhoria que podem ser acessados por qualquer pessoa em momentos de necessidade de análise, como um novo ciclo de melhoria contínua ou registro histórico de procedimentos para construção de um produto.

Bateman e David (2002 apud Cheah, 2020) afirmam que manter os ganhos é o teste do compromisso de uma organização com a melhoria contínua. Manter a sustentabilidade da melhoria é importante para evitar que os resultados obtidos desapareçam e voltem à linha de base anterior.

Hanson (1999), sinaliza que sem uma filosofia de qualidade, é difícil e até impossível, atingir uma meta de conformidade e melhoria contínua.

Fernandes et al. (2014) assinalam que a melhoria contínua de processos fomenta práticas de inovação incremental nos negócios.

Como apresentado por Sahno et al. (2015), os indicadores chave do processo precisam ser melhorados continuamente. A melhoria contínua ajuda a melhorar a satisfação dos clientes e o desempenho financeiro da empresa.

Aleu e Van Aken (2016) descrevem que a melhoria ocorre por uma abordagem sistemática, muitas vezes utilizando de metodologias de projetos para acompanhar as iniciativas. Áreas como gestão da qualidade, engenharia de processos e garantia da qualidade fazem referência à necessidade da execução da melhoria contínua sistemática.

Timans et al. (2016) destacam que as organizações que possuem experiência de longo prazo em melhoria contínua apresentam maior excelência em suas práticas de melhoria. Pois já atravessaram vários níveis de maturidade.

Para Maclean et al. (2017) as iniciativas de melhoria contínua devem colocar em prática elementos que permitam que a organização identifique e implante a melhoria de forma continuada. Iniciativas de melhoria contínua visam criar uma cultura de melhoria contínua. A melhoria contínua deve ser vista como essencial na organização com participação ativa de todos. Se a melhoria contínua for empregada como uma "solução rápida", em vez de ajudar a atingir a cultura de mudança, irá atrapalhar as atividades do dia a dia, uma vez que não será integrada realmente na organização.

Salah et al. (2010) afirmam que a melhoria da qualidade é a redução da variabilidade do processo e do produto. A melhoria contínua é um dos objetivos importantes da qualidade. A melhoria contínua demanda o controle do processo, utilizar o plano de controle e monitoramento contínuo.

Adams et al. (1999) enfatizam que o processo de melhoria contínua precisa contemplar a medição do impacto da melhoria realizada, essa medição é então armazenada para futuras comparações com realidades operacionais futuras. Schweitzer e Aurich (2010) acrescentam que a melhoria contínua busca melhorar continuamente o processo, os benefícios devem ser sustentáveis. A ideia base do *kaizen* é melhorar por meio de ações incrementais. A execução da melhoria contínua exige que existam formas de capturar e reportar os problemas, além da necessidade de registro das oportunidades de melhoria. Chen e Shady (2010) acrescentam que o conceito do *kaizen* está ligado à melhoria contínua dos processos, tendo como foco a identificação e redução dos desperdícios.

Anand (2015) reforça que não existe na literatura especializada sobre o tema, o registro do ponto de vista dos colaboradores que estão fora do espectro de gestão, referente às percepções associadas aos sistemas de melhoria contínua, quando baseado em projetos *LSS* ou sobre o treinamento como líderes *belt*.

Segundo Dombrowski e Mielke (2013) a melhoria contínua precisa de regras formais e de suporte da gestão para funcionar.

## 1.3 Gestão da qualidade

Rodrigues (2014) faz uma reflexão sobre a definição do termo qualidade comparando a visão dos estudiosos clássicos do tema. Para Deming (s.d. apud Rodrigues, 2014) qualidade é a capacidade de satisfazer desejos, para Juran (s.d. apud Rodrigues, 2014) qualidade é a adequação ao uso, para Ishikawa (s.d. apud Rodrigues, 2014) qualidade é satisfazer ao cliente, interno ou externo, atendendo ou excedendo suas expectativas, por meio da melhoria contínua do processo, para Crosby (s.d. apud Rodrigues, 2014) qualidade é ir ao encontro das necessidades do cliente, para Feigenbaum (s.d. apud Rodrigues, 2014) qualidade é um conjunto de características do produto ou serviço em uso, as quais satisfazem às expectativas do cliente, para Taguchi (s.d. apud Rodrigues, 2014) qualidade é minimizar as perdas causadas pelo produto, não apenas ao cliente, mas à sociedade, a longo prazo. Rodrigues (2014) condensa essas perspectivas e define que Qualidade é o que o cliente percebe ou entende por valor, diante do que é socialmente aprendido, do mercado, da sociedade e das tecnologias disponíveis.

Segundo Rodrigues (2014) o entendimento da qualidade veio se modificando ao longo do tempo, se adequando às realidades operacionais, produtivas e formas de organização e interação da sociedade.

Rodrigues (2014) consolida no Quadro 1 a evolução dos conceitos e abordagem da Qualidade nas organizações ao longo do tempo, dividindo em 3 grandes períodos e escolas, a primeira focada em produtividade de Taylor e Ford, a segunda focada na redução e controle de não conformidade de Shewhart, Deming, Juran, Ishikawa, Feigenbaum e a terceira focada na excelência da qualidade de forma integrada na cadeia de valor, com conexão nas diretrizes estratégicas de Jack Welch e Bill Smith.

Quadro 1 – Evolução dos Conceitos da Qualidade.

| Período | Visão | Foco | Base do Desempenho | Técnica Prioritária Base Conceitual | Metodologia | Personalidade |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1900/ 1960 | Visão Setorial e Regional na Produção | Produtividade | *Eficiência* | Inspeção | Administração Científica | Frederick Taylor Henri Ford |
| 1961/ 1990 | Visão Organizacional Global no Negócio | Qualidade (não conformidades) | *Eficácia* | Controle Estatístico e Garantia da Qualidade | *Total Quality Management* (TQM) | Walter Shewhart Edwards Deming Joseph Juran Kaoru Yshikawa Armand Feigenbaum |
| A partir de 1991 | Visão Global Ambiental, Social e Inter-disciplinar | Qualidade Seis Sigma ou Excelência | *Efetividade* | Gerenciamento Estratégico da Qualidade | Seis Sigma | Robert Galvin Bill Smith Jack Welch |

Fonte: Rodrigues (2014).

A norma *ISO* 9001 surgiu no final da década de 80 e se popularizou em todo mundo com a globalização dos sistemas produtivos baseados nas boas práticas da gestão da qualidade, tornando-se requisito para relação de negócios nas indústrias. Possuir uma certificação *ISO* 9001 passa a atestar que a empresa segue as melhores práticas de gestão da qualidade, demonstra que a empresa possui um sistema de gestão de qualidade padrão internacional, baseada em procedimentos, toda prática se relaciona e um procedimento e todo procedimento é seguido (BORDOLOI et al., 2019)

Bordoloi et al. (2019) frisam que a norma *ISO* 9001 não possui orientações relacionadas aos produtos específicos da empresa, as práticas exigidas devem existir adequadas à realidade de cada empresa. Comportamentos gerenciais e de controle são verificados por órgãos acreditadores, esse processo não é responsabilidade da *ISO*, que cuida dos padrões ligados à forma de documentação e como os resultados de desempenho são apurados. A *ISO* 9001 exige que as empresas demonstrem três elementos: Planejamento, todas as atividades relacionadas à qualidade de seus produtos devem ser planejadas e esse planejamento deve ser metodológico, com objetivo de apoiar o negócio; Controle, todas as etapas de trabalho que afetarem a qualidade de produto precisam ser controlados e gerenciados, gerando ações de correção e prevenção, junto com a implementação de planos de ação para correção de desvio; Documentação, todas as tarefas que estão ligadas à qualidade devem ser registradas para atestar o entendimento das formas do trabalho, sendo comprovação de todo o sistema de qualidade.

Segundo Rodrigues (2014) a implementação dos requisitos da norma *ISO* 9001 envolve todos os colaboradores de uma organização, em especial a alta e média liderança, pois são eles que disponibilizam recursos e engajam na direção do objetivo desejado. Inicia-se por um trabalhado de conscientização da importância do Sistema de Gestão da Qualidade. No geral o processo de certificação de uma organização segue os seguintes passos: Estudo do Sistema de Gestão em vigor na organização; Proposta da nova estrutura do sistema de gestão que irá atender os requisitos da *ISO* 9001; Treinamento sobre os princípios da *ISO* 9001; Registro e Documentação de políticas, processos e procedimentos; Realização da auditoria interna; Realização da análise crítica do estado atual e prontidão para certificação; Realização de ações corretivas e preventivas.

## 1.4 Gestão de processos em TI

A norma *ISO* 20000 é um caminho muito utilizado pelas empresas e áreas de TI para implementar de forma metodológica um sistema de gestão de serviços de TI (KUNAS; 2012). Kunas (2012), detalha ainda os benefícios colhidos ao se utilizar um sistema de gestão de serviços de TI para coordenar a entrega dos serviços de TI, dentre eles a melhoria na qualidade final do serviço, aumento na confiança dos clientes, otimização no controle financeiro, melhor entendimento de papéis e responsabilidades de todas as partes interessadas, além de proporcionar uma real integração entre os processos de gerenciamento de serviços com os objetivos do negócio. Como apresentado na *ITIL* (*Information Technology Infrastructure Library*) pelo *The Stationery Office* a entrega de serviços é a principal forma utilizada pelas organizações para criação de valor para seus clientes, descreve ainda que um sistema de gerenciamento de serviços de TI é a composição de elementos de gestão relacionados aos serviços prestados por meio do uso de tecnologia da informação, que se inter-relacionam para estabelecer políticas e objetivos que possibilitam o alcance desses propósitos (*TSO*, 2019).

Os instrumentos normativos contidos na *ISO* 20000 possuem foco no cliente, na padronização, em processos, em certificação organizacional e melhoria contínua. Como requisitos base para implementação da *ISO* 20000 é importante colocar em prática funções de desenho, transição, entrega e melhoria dos serviços de TI, que culminem com a definição e cumprimento do *SLA* (*Service Level Agreement*). A norma pode ser aplicada em empresas

consumidoras de serviços de TI ou provedoras. O provedor pode utilizar a *ISO* 20000 em sua operação para monitorar, medir e revisar continuamente os processos e serviços de TI (NAFIS et al., 2019).

Como descrevem Fernandes e Abreu (2014) a norma *ISO* 20000 (2018) é aplicável às organizações que fornecem serviços de TI, estabelecendo os requisitos mínimos necessários e melhores práticas para a implementação de um sistema de gerenciamento de serviços de TI, essas diretrizes apoiam o provedor de serviços por meio da definição de requisitos necessários para que este seja capaz de planejar, estabelecer, implementar, operar, monitorar, revisar, manter e melhorar um sistema de gerenciamento de serviços de TI.

Ainda é possível, que a área provedora dos serviços seja certificada por um órgão auditor acreditado, que irá atestar se os processos internos atendem a todos os requisitos da norma *ISO* 20000. A adoção às práticas presentes na *ISO* 20000, podem ocorrer de forma gradativa, abrangendo um serviço ou processo específico, ou toda estrutura operacional de uma empresa (FERNANDES; ABREU, 2014).

A norma *ISO* 20000 se divide em duas partes, *ISO*/IEC 20000-1 apresenta os requisitos mínimos e a *ISO*/*IEC* 20000-2 que concentra recomendações adicionais para implementação. Existem 5308 instituições acreditadas pelo mundo, o Brasil está na 12ª posição com 62 acreditações (*ISO*, 2019).

Como padrão nas normatizações *ISO*, a *ISO* 20000 é baseada no ciclo de melhoria contínua *Plan, Do, Check, Act o PDCA*, descrevendo não somente meios de gerenciamento e condução do SGSTI (Sistema de Gerenciamento de Serviços de TI), como também se preocupa em estabelecer meios para garantir sua evolução e resposta a problemas.

A estrutura da norma *ISO/IEC* 20000:2018-1 segue o modelo atual para todas as normas ISO, contido na norma *ISO Annex* SL, contém 10 seções padrão, cujo conteúdo ou cláusulas, variam de acordo com o objetivo da norma *ISO* específica, no caso da *ISO* 20000 se dividem da forma vista na Quadro 2.

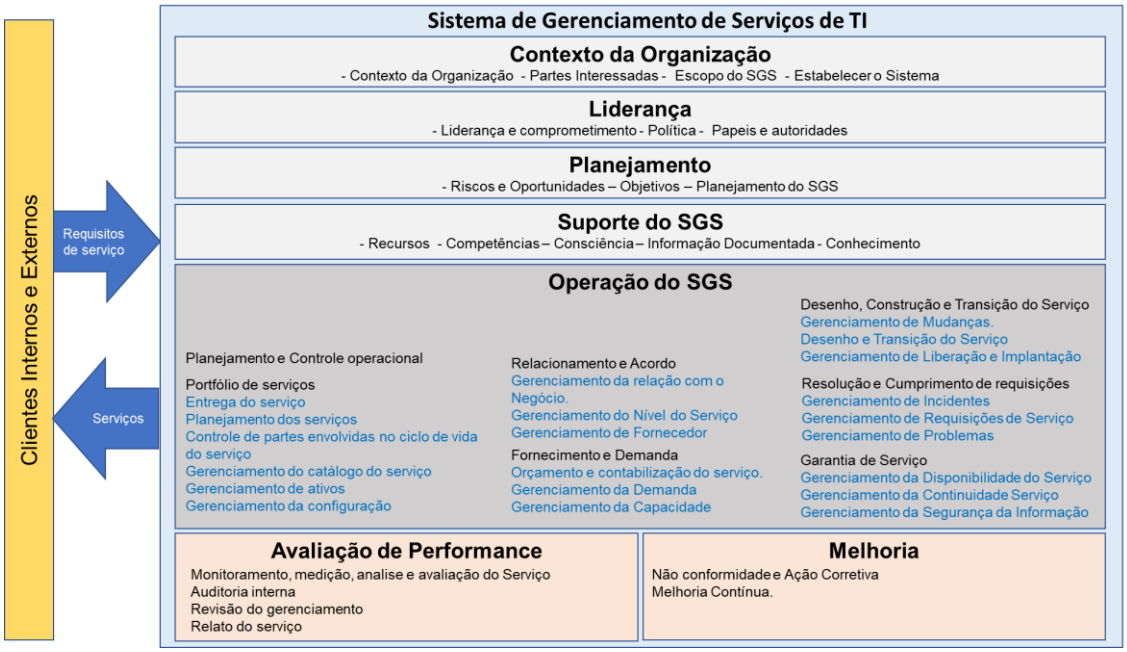
Quadro 2 – Seções *ISO ANNEX* e Conteúdo *ISO/IEC* 20000:2018

| **Seções *ISO ANNEX* SL** | **Conteúdo relacionado ISO/*IEC* 20000:2018** |
|---|---|
| 1. Escopo | Descreve o objetivo geral do SGSTI |
| 2. Referencias Normativas | Descreve quais normas possuem os requisitos do SGSTI. Neste caso *ISO/IEC* 20000:2018-1. |
| 3. Termos e Definições | Descreve os termos e definições presentes no SGSTI avaliado. |
| 4. Contexto da Organização | Apresentação da empresa, principais partes interessadas e escopo abordado pela Norma *ISO/IEC* 20000 na organização avaliada. |
| 5. Liderança | Descreve a liderança e formas de relacionamento com o SGSTI, políticas gerais existentes, papeis e responsabilidades gerais. |
| 6. Planejamento | Descreve diretrizes gerais que devem ser seguidas em todo SGSTI, formas de endereçar riscos e oportunidades relacionados aos serviços abordados pelo SGSTI, objetivos principais do SGSTI. |
| 7. Suporte | Descreve os recursos Humanos ou físicos relacionados à prestação dos serviços contidos no SGSTI, as competências necessárias para execução dos serviços, planos de comunicação entre todos os *stakeholders*, formas de registros de documentos relacionados ao SGSTI, planos de gestão do conhecimento. |
| 8. Operação | Descreve a hierarquia e interface da estrutura de processos, o portfólio de serviços, relacionamentos com partes externas e acordos de nível de serviço, meios de fornecimento e planejamento de demanda, desenho e transição do serviço para a operação, resolução e cumprimento de requisições de serviço, formas de garantia de prestação do serviço, gestão da segurança da informação. |
| 9. Avaliação de Desempenho | Descreve os meios de monitoramento e controle do serviço prestado, as formas de prestação de contas junto aos clientes. |
| 10. Melhoria Contínua | Descreve a metodologia de melhoria contínua utilizada no SGSTI. |

Fonte: Adaptado de *ISO/IEC* 20000:2018 (2018)

A Figura 4 mostra a estrutura geral dos requisitos da norma *ISO/IEC* 20000:2018 que contém os 212 requerimentos para acreditação.

Figura 4 – Estrutura SGSTI *ISO/IEC* 20000:2018




Fonte: Adaptado de *ISO/IEC* 20000:2018 (2018)

Nafis et al. (2019) salientam que a implementação com sucesso da norma *ISO* 20000 depende intimamente do correto desenho e documentação dos processos organizacionais e da forma de comunicação ou interação entre eles. Todos os processos e seus gestores devem participar ativamente da implementação e operação de um *ITSMS*. A definição de processos deve levar em consideração os objetivos e metas da organização e as capacidades de TI, para evitar a implementação de processos não definidos adequadamente, fazendo com que o *ITSMS* cause problemas organizacionais, divergindo totalmente de seu propósito. O registro apropriado dos processos é fundamental para as atividades de garantia e controle operacional, além de ser o principal guia para frentes de auditoria, que em um *ITSMS* que busca acreditação *ISO* 20000, ocorrem de forma mandatória.

O papel de dono do processo para cada um dos processos envolvidos no *ITSMS* é também primordial para o funcionamento efetivo do *ITSMS*, assim essa é uma responsabilidade que deve existir de forma efetiva, os gerentes de processos devem implementar e adequar processos, preparando áreas e empresas para auditorias. As organizações geralmente possuem vários processos, isso demanda sub processos de comunicação para relacionamento dos processos e seus gestores, evitando sobreposição de responsabilidades e objetivos quando a cadeia de valor do serviço é tomada como base (NAFIS et al., 2019). As técnicas e

metodologias de melhoria contínua usufruem e se beneficiam da gestão da rotina, funcionam como uma linha de base para aplicação e estudo dos processos garantindo repetibilidade e potencial de controle (WERKEMA, 2012).

## 1.5 A Metodologia *Lean Six* Sigma

Rodrigues (2014) descreve o *Lean Six* Sigma como uma metodologia para melhorar o desempenho organizacional por meio da eliminação dos desperdícios, encontrando e eliminando as causas da produção de defeitos nos processos, pode ser aplicado em qualquer tipo de processo.

O *Lean Six* Sigma é uma metodologia para alcançar a excelência operacional por meio da melhoria contínua (SHAMSI; ALAM, 2018).

Werkema (2012) define o *Six* Sigma como uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que visa aumentar o desempenho financeiro das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos das empresas, aumentando a satisfação de clientes e consumidores. Outras técnicas não estatísticas, com foco em melhoria de processos foram integradas ao Seis Sigma, como o *Lean Manufacturing*, constituído por ferramentas qualitativas que busca a eliminação de atividades sem valor agregado para o cliente final.

Shamsi e Alam (2018) descrevem o *Lean Six* Sigma como uma metodologia utilizada para aumentar o desempenho de negócios por meio da melhoria de processos, com base no estudo de *KPIs*, com foco em qualidade, melhoria da satisfação dos clientes e maximização do valor. Une o conceito de produção enxuta e redução de desperdícios do *Lean*, da escola japonesa de produção, com o controle quantitativo dos resultados operacionais e análise de causa raiz, contidos no *Six* Sigma, criado na Motorola nos anos 80. As metodologias se juntaram de forma complementar na década de 90 na General Electric nos Estados Unidos.

O *Lean Six* Sigma também pode e deve ser encarado como uma forma de gestão ampla, que considera princípios como: Escala, onde cada processo deve medir sua capacidade de produzir produtos sem defeitos, daí vem o nome seis sigma, relacionado à medição de desvios padrão de um processo em uma distribuição normal dentro dos limites de especificação; Meta, onde o objetivo é reduzir drasticamente o defeito relacionado a um *KPI* de um processo; *Benchmarking*, onde a comparação com processos de excelência é fomentada para gerar ações de melhoria contínua; Estatística, é usada de forma prática para controlar a variabilidade de um

processo, a probabilidade de produção de defeitos e análises de causas raiz para solução de problemas processuais; Filosofia de gestão, deve ser o guia da gestão operacional, as estruturas de trabalho devem ser construídas para buscar o zero defeito, redução da variabilidade e a produção enxuta, fomentando a melhoria contínua; Estratégia, entender o relacionamento na cadeia de valor existente entre projeto, produção, entrega do produto e valor percebido pelo cliente final; Visão, declaração do direcionamento estratégico associado ao objetivo de qualidade, como ser a melhor do seu ramo (WERKEMA, 2012).

Werkema (2012) destaca que o canal de operacionalização do *LSS* é a abordagem sequencial e pragmática do método *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), onde projetos de melhoria contínua são conduzidos seguindo as fases e orientações da abordagem, buscando atender metas estratégicas e operacionais.

Kubiak (2014) resume os principais objetivos de cada uma das fases do *DMAIC*, são as etapas que reúnem as ferramentas e técnicas de forma organizada para aplicação sequencial em um projeto *Lean Six* Sigma: Definir, o objetivo desta fase é fornecer um caso de negócios atraente com escopo apropriado, completo com Metas *SMART* ligadas ao plano estratégico; Medir, o objetivo desta fase é coletar dados de desempenho do processo, métricas primárias e secundárias para obter compreensão das causas raízes e para estabelecer linhas de base de desempenho; Análise, o objetivo desta fase é analisar e estabelecer a configuração de funcionamento ideal do processo, identificando os Xs (entradas ou fatores de influência) que são de fato causas raízes do problema estudado; Melhorar, o objetivo desta fase é identificar e implementar as soluções de melhoria; Controle, o objetivo desta fase é estabelecer e implantar um plano de controle para garantir que os ganhos de desempenho sejam mantidos de forma perene ao longo do tempo (KUBIAK, 2014).

Principais objetivos da etapa *Define* são justificar a importância do projeto para a organização com base na voz do cliente e estratégia organizacional; documentar a descrição do projeto em um contrato de projeto aprovado pela organização, identificando restrições e dificuldades do projeto; definição da equipe do projeto; estabelecer uma forma de acompanhar o projeto ao longo do tempo, avaliando plano versus execução (KUBIAK, BENBOW; 2009).

Os objetivos chave da fase *Measure* são mapear o processo e entendimento do seu fluxo; identificar as saídas do processo Ys e identificação dos Xs potenciais; validação do sistema de medição; coleta de dados detalhada, tipos de dados e formas de coleta; avaliação do comportamento básico do processo com estatísticas descritivas; definição do nível sigma e

DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades) para o estado inicial do processo (KUBIAK, BENBOW; 2009).

Os objetivos da fase *Analyze* são confirmar as causas potenciais encontradas e priorizadas na fase *Measure*, identificando as causas raízes e fontes de variação do tipo *quick win*; realização de testes estatísticos para validação de causa raiz; utilização de ferramentas qualitativas para identificação de causa raiz (KUBIAK, BENBOW; 2009).

Os principais objetivos da fase de *Improve* são definir as ações tomadas para melhoria do processo; implementar as ações de melhoria; avaliar novo nível sigma e novo DPMO; construir o novo mapa do processo; eliminar desperdícios (KUBIAK, BENBOW; 2009).

Os objetivos chave da Fase *Control* são estabelecer ações para garantir que as melhorias serão permanentes; implementar o controle estatístico do processo (KUBIAK, BENBOW; 2009).

### *1.5.1 Estabilidade do processo*

É necessário compreender que um processo qualquer, que produz saídas tangíveis ou intangíveis, possui métricas associadas às saídas que podem indicar o quão bem este processo está funcionando, com base em critérios inerentes ao próprio processo, chamados de limites de controle do processo, e critérios relacionados à percepção de valor dos clientes do processo, chamados de limites de especificação do processo. É importante avaliar constantemente as métricas de um processo, com objetivo de identificar qual a média ou mediana (medidas de posição) relacionadas ao que é produzido por um processo (quantidade, tempo, dimensões, defeitos etc.), juntamente com o desvio padrão ou amplitude (medidas de dispersão) desse mesmo produto. Um processo é dito estável quando há previsibilidade nos resultados, com base na avaliação de repetidas medições de métricas de posição e dispersão das saídas do processo ao longo do tempo (VETTER; MORRICE, 2019).

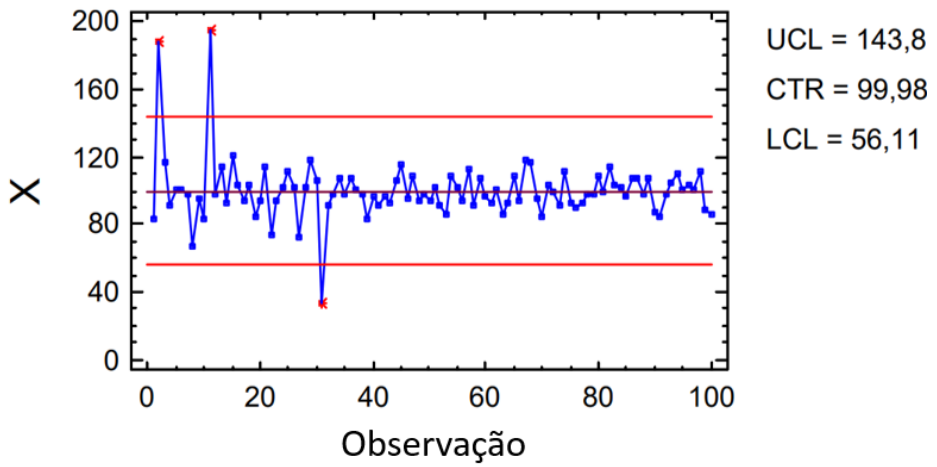
O controle estatístico do processo é uma aplicação prática da estatística que junta métodos de análise sequencial no tempo com a visualização gráfica de métricas dos resultados dos processos. Pode ser utilizado como um controle visual do desempenho de processos. O controle estatístico do processo foi criado por um estatístico da Bell *Laboratories* nos Estados

Unidos na década de 1920, chamado Walter Shewhart. No pós-segunda guerra foi amplamente utilizado no Japão em processos industriais (VETTER; MORRICE, 2019).

Scordaki e Psarakis (2005) exemplificam de forma prática o conceito de estabilidade em um processo usando o método de Shewhart. Para definir que um processo está fora de controle, é necessário avaliar como as medições da saída de um processo se comportam ao longo do tempo, caso existam pontos de medição que estejam além dos limites de controle do processo (*UCL* e *LCL*, *Upper Control Limit e Lower Control Limit*), a Figura 5, mostra métrica de um processo ao longo do tempo, pontos em vermelho, que ultrapassam a linha de controle, onde os limites de controle foram definidos matematicamente, o *UCL* e o *LCL* correspondem a ± 3 desvios padrão da média para a amostra. Um processo em condição de instabilidade não possui saídas previsíveis ao longo do tempo.

A Figura 5, também é chamada de Carta de Controle, apresenta as médias de medidas de comprimento semanais em um processo, com *UCL* e *LCL* (SCORDAKI; PSARAKIS, 2005). A média é de 99,98 cm, as causas que mantêm essa média são causas naturais e regem o comportamento comum do processo. Nas semanas 2, 5 e 30, os resultados foram respectivamente de 190 cm, 195 cm e 30 cm. No *UCL* desvio em dois pontos e desvio no *LCL* em um ponto. As causas especiais são definidas nos pontos de instabilidade do processo, são o critério central para definir um processo como instável, observando o desvio em relação aos limites de controle. Com base nesse critério, o processo pode ser considerado instável já que possui 3 pontos de instabilidade (SCORDAKI; PSARAKIS, 2005).

Figura 5 – Exemplo de carta de controle




Fonte: Scordaki e Psarakis (2005)

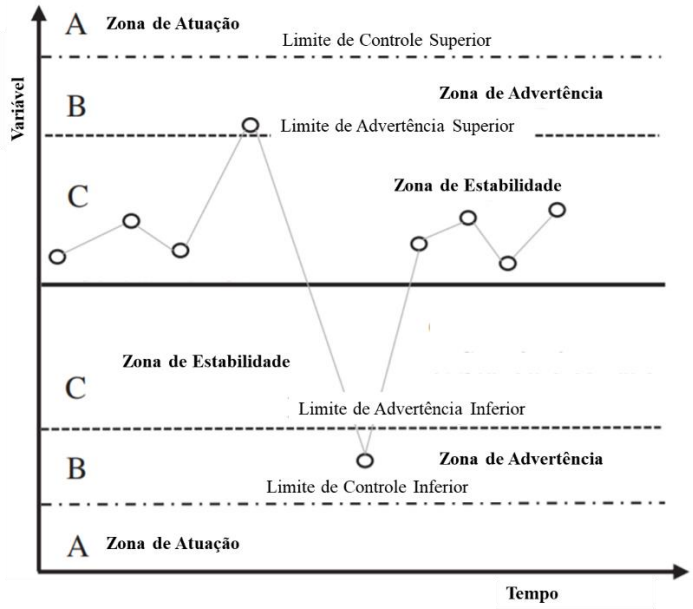
Vetter e Morrice (2019) destacam que é possível definir os tipos de causas relacionadas a variação de um processo, como este apresentado na Figura 5. A Causa comum, que é qualquer tipo de evento que mesmo estando relacionado a uma variação na saída do processo, não faz com que o resultado extrapole os limites de especificação, são variações aceitáveis nas características medidas pois nenhum processo consegue repetir os resultados de forma idêntica. Já a causa especial está relacionada a uma mudança de comportamento abrupta em um gráfico de controle, alterando o comportamento normal do processo, como falta de alimentação elétrica, falta de conhecimento por parte de um funcionário, quebra de um equipamento, falta de padrão. As causas especiais devem ser eliminadas para que o processo retorne para a condição de controle.

O controle estatístico do processo se baseia em testes de hipótese. A hipótese nula está relacionada à situação de estabilidade do processo, em que as causas comuns de variação são estabelecidas com base em uma distribuição de probabilidade. Se a amostra analisada demonstrar uma baixa probabilidade de pertencimento, dentro da distribuição, então a hipótese nula é rejeitada, caracterizando uma causa especial (VETTER; MORRICE, 2019).

Uma iniciativa de melhoria para atuação em causas comuns de um processo, ocorre quando o objetivo organizacional é alterar os valores de medidas de posição ou dispersão na métrica de um resultado de um processo, buscando alterar a média ou desvio padrão. Já uma iniciativa com foco em causas especiais tem por objetivo estabilizar um processo, quer trazer os resultados do processo para dentro dos limites de controle. As duas estratégias demandam a investigação de causa-raiz (VETTER; MORRICE, 2019).

Romdhane et al. (2016), descreve a importância de controlar a estabilidade de um processo durante sua operação. Defende a atuação corretiva imediata mediante o acompanhamento de gráficos de controle, um processo contínuo de fiscalização do controle estatístico do processo. Alertas devem ser estabelecidos, baseando-se nos limites de controle e nos limites de especificação do processo, são criados limites de advertência para o a fiscalização do processo conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Limites de advertência no controle de um processo




Fonte: Romdhane et al. (2016)

## 1.6 *Machine Learning*

Quando dados são analisados para gerar previsões, mesmo quando bem estruturados, apenas os dados não são suficientes. Dados devem ser vistos como diamantes brutos que devem ser adequadamente lapidados para gerar conhecimento (HAN et al., 2011).

Deve-se seguir um processo pré-definido. Este processo, Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados, ou *Knowledge Discovery in Database (KDD)*, pode ser usado para descobrir padrões e conhecimento de grandes bases de dados (HAN et al., 2011). Segundo Han et al (2011) esse processo é dividido entre as seguintes etapas: Limpeza de dados; Integração de dados; Seleção de dados; Transformação de dados; Mineração de dados, Avaliação de padrões e Apresentação do conhecimento.

A mineração de dados é uma etapa do processo do *KDD* que consiste em aplicar algoritmos de análise e descoberta de dados que produzem uma enumeração particular de padrões ou modelos sobre os dados, considerando eficiência computacional e limitações desses algoritmos (FAYYAD et al., 1996).

A mineração busca encontrar padrões mas não possui foco em inferências preditivas, para esse fim surge s técnica de *Machine Learning*. Segundo Han et al (2011) a definição de *machine learning* é aprender e reconhecer automaticamente padrões complexos e tomar decisões inteligentes com base em dados.

O aprendizado de máquina pode ser subdividido em três técnicas principais de aprendizado: aprendizado supervisionado, aprendizado não supervisionado e aprendizado por reforço. Há também uma quarta técnica, o aprendizado semi-supervisionado (BISHOP, 2006). Este trabalho concentra-se no aprendizado supervisionado.

O aprendizado supervisionado é uma forma de aprendizado de máquina em que os dados de entrada e saída são fornecidos, previamente conhecidos. O algoritmo é empregado para determinar uma função que relacione a variável de entrada (x) e a variável de saída (y) (BISHOP, 2006).

O aprendizado supervisionado é dividido em técnicas de classificação (previsão de categorias) e técnicas de regressão (previsão de números) para desenvolver modelos preditivos. (FAYYAD et al., 1996).

Existe um grande número de algoritmos disponíveis, é difícil definir aquele mais adequado ao problema abordado (FAYYAD et al., 1996).

Este trabalhou utilizou 4 algoritmos de classificação comuns para investigação:

- **Regressão Logística**: Se baseia na estimativa de probabilidade de um evento binário ajustado em uma curva sigmoide. O ajuste ocorre maximizando a verossimilhança na sigmoid ou otimizando uma função de perda *logloss.* Para realizar a previsão considera um ponto de corte na curva sigmoide ajustada, no algoritmo do sklearn se $p > 0,5$ então $y = 1$. É um modelo paramétrico, o conhecimento extraído dos dados é o expoente do número de Euler na equação da sigmoide. Possui baixa exigência computacional. Funciona bem quando existem relações lineares entre *features* e *target*. Gera probabilidades de classificação precisas além das previsões, algo incomum em outros modelos que demandam calibração de probabilidades. Não sofre com diferenças de escalas nas variáveis. Sofre com classes desbalanceadas e outliers (GÉRON, 2019).

- ***K Nearest Neighbors (KNN)***: Realiza a classificação com base no cálculo de distância para os k vizinhos próximos da instancia a se classificar, k é definido pelo programador. Baseado em instancias, se calcula a distância para todos os

pontos de treino para encontrar os vizinhos mais próximos. É considerado *lazy* pois calcula todas as distancias no momento de cada previsão, sem criar um modelo. Após o cálculo das distancias entre todos os pontos de treino se ordena de maneira crescente para encontrar os vizinhos mais próximos. A moda da classe mais votada entre os vizinhos mais próximos dita a classificação. O KNN não é paramétrico pode sofrer com *overfitting* pela falta de restrições no momento do ajuste. Consegue capturar bem relações não lineares entre *features* e *target*. Algoritmo sensível a desbalanceamento, outliers e escala das variáveis (GÉRON, 2019).

- ***Naive Bayes***: Se baseia no teorema de Bayes, que calcula a probabilidade de um evento futuro, baseado no conhecimento a priori ligado ao evento. Constrói uma tabela de probabilidades com base na contagem da frequência de ocorrências. É dito ingênuo pois as probabilidades das variáveis de entrada possuem importâncias iguais e são consideradas condicionalmente independentes. Não sofre com *overfitting* e escalas das variáveis. É considerado um algoritmo rápido. O desbalanceamento afeta o resultado do ajuste. A probabilidade das previsões não é precisa, são apenas indicativas, em função das premissas impostas pelo modelo (GÉRON, 2019).
- ***Support Vector Classifier (SVC)***: Se baseia em encontrar o melhor hiperplano para separação de classes binárias, maximizando as margens de separação entre as classes. Na concepção se aplica a classes linearmente separáveis. Para dados não linearmente separáveis utiliza uma técnica chamada de *kernell trick*, onde mapeia os dados de treino na sua dimensão original para uma dimensão elevada, aumentando a probabilidade de separabilidade dos dados em um espaço de mais dimensões, porém sem criar novas *features*. Lida bem com alta dimensionalidade e com fronteiras de decisão não lineares. Impactado por escala das variáveis e desbalanceamento de classes. Considerado um algoritmo de alto custo computacional (GÉRON, 2019).

O procedimento de modelagem do problema por meio da técnica de machine learning seguirá neste trabalho os passos descritos por Géron (2019), excluindo o último passo de monitorar e manter o sistema. Observação do quadro geral do problema; Obtenção dos dados;

Descobrimento e visualização os dados para obter *insights*; Preparação dos dados para os algoritmos de aprendizado de máquina; Selecionar um modelo e treiná-lo; Ajustar o modelo; Apresentar a solução.

Han et al. (2011) descrevem que para avaliar adequadamente se o classificador é capaz de predizer as categorias, é preciso considerar diferentes técnicas de avaliação

A *accuracy* é taxa de acerto. Soma das previsões corretas (Verdadeiro Positivo + Verdadeiro Negativo) dividido pela soma de todas as previsões (Verdadeiro Positivo + Verdadeiro Negativo Falso Positivo + Falso Negativo). Não indicada para classes desbalanceadas, tende a prever a classe mais presente (GÉRON, 2019).

*Precision* mostra a taxa de acerto dentre tudo que foi previsto como positivo, Verdadeiro Positivo dividido pela soma das previsões positivas (Verdadeiro positivo + Falso Positivo). Usar quando se aceita Falso Negativo (GÉRON, 2019).

*Recall* mostra a taxa de acerto dentre tudo que foi previsto como positivo e era realmente positivo, Verdadeiro Positivo dividido pela soma das previsões que realmente são positivas (Verdadeiro positivo + Falso Negativo). Usar quando se aceita Falso Positivo (GÉRON, 2019).

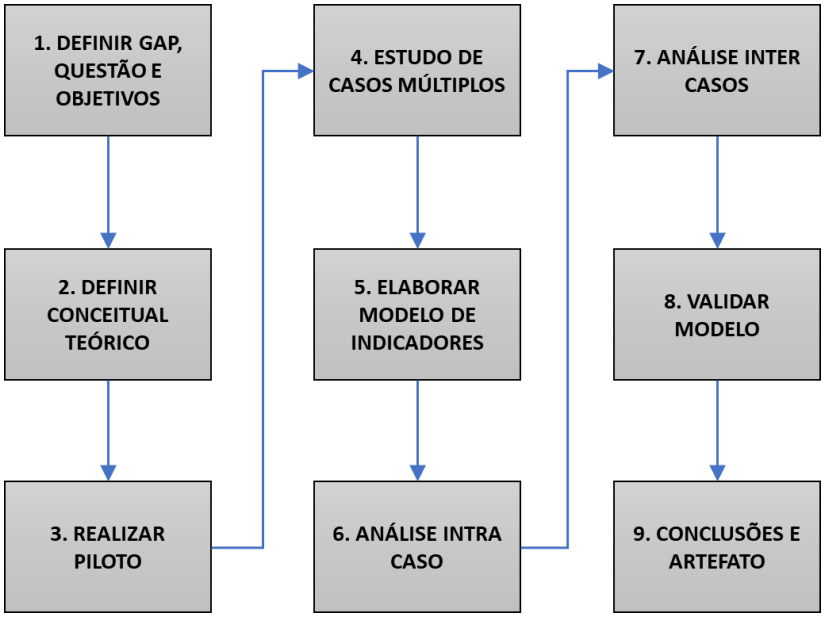
F1 é a média harmônica entre *precision* e *recall*, representa um equilíbrio entre essas métricas. Uma discrepância entre *precision* e *recall* penaliza f1 (GÉRON, 2019).

# 2 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão na literatura relacionando os temas *Lean Six* Sigma com a Tecnologia da Informação para validar os objetivos da pesquisa. A fundamentação teórica teve como alvo reunir os principais temas que contribuem com o desenvolvimento do trabalho, além da metodologia *Lean Six* Sigma; Governança de TI, Qualidade e *ISO* 20000 foram abordados.

O procedimento de pesquisa foi do tipo qualitativo e quantitativo, de cunho exploratório, o instrumento de pesquisa foi um questionário aplicado a profissionais com atuação em processos de TI, as fontes de evidências foram documentos operacionais, indicadores de resultados e artefatos relacionados aos casos estudados, a investigação ocorreu por meio de uma análise de conteúdo dos casos, comparando a teoria com os resultados empíricos, além da leitura sistemática de artigos e produções acadêmicas associadas aos temas presentes na fundamentação teórica. As etapas do procedimento metodológico são listadas na Figura 7.

Figura 7 – Etapas do procedimento metodológico




Fonte: Baseado em Bardin (2011), Huberman et al. (2014) e Eisenhardt (1987)

O estudo de caso foi aplicado na dissertação final para avaliação de projetos de melhoria contínua de processos na área de TI de uma empresa brasileira do setor financeiro. Observando

desde a seleção de projetos, formas de acompanhamento, métricas de controle, problemas e condições de sucesso.

Segundo Cauchick (2007) uma pesquisa exploratória é adequada quando não existe relação causal prevista entre as variáveis estudadas. A exploração deve ocorrer quando o pesquisador domina a teoria relacionada ao objetivo de pesquisa, já que o objetivo está relacionado a complementar ou aprofundar a teoria explorada.

Para realização da exploração dos casos práticos, foram escolhidos o método de análise de conteúdo conforme o modelo de Bardin (2011). A análise contém o estudo intra e inter casos, seguindo os procedimentos descritos por Eisenhardt (1987).

As etapas de pesquisa do procedimento metodológico são detalhadas nas seções a seguir.

## 2.1 Definir *gap*, questão e objetivo

Esta etapa buscou delimitar o tema e investigar, por meio de um levantamento bibliométrico, se a proposição estava alinhada à realidade presente nas publicações acadêmicas e com isso definir os objetivos. O levantamento bibliométrico é um instrumento quantitativo, que busca minimizar a subjetividade na pesquisa e apoio na consolidação de informações, produzindo conhecimento e contribuindo com a tomada de decisão. É uma ferramenta estatística que permite levantar diferentes indicadores de tratamento do conhecimento (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

Um levantamento bibliográfico foi realizado, considerando os anos de 2008 a 2021, nas bases Scopus, *Microsoft Academic e WoS*, para avaliar a diferença de publicações relacionadas ao *LSS*, com 5 áreas de aplicação, serviços financeiros, saúde, engenharia industrial, manufatura e tecnologia da informação. O resultado mostrou que existe diferença entre a quantidade de publicações por setor, a área de tecnologia da informação se destaca pela baixa volumetria, conforme Quadro 3, reforçando a suposição de que a realização da melhoria contínua e suas práticas apresenta menores níveis de maturidade na área de TI, representando uma oportunidade de investigação acadêmica.

Quadro 3 – Premissas pesquisa bibliométrica *Lean Six* Sigma e áreas de aplicação

| Bases | *Strings* de Pesquisa | Quantidade | Filtros |
|---|---|---|---|
| *MA*, Scopus, *WoS* | *Lean Six* Sigma e *Information Technology* | 20 | Tipo: *Journal*, *conference*.<br>Campos: título, abstract, palavras-chave.<br>Período: 2008-2021.<br>Idioma: inglês e português.<br>Seleção por leitura de títulos, resumos e retirada de documentos repetidos. |
| *MA*, Scopus, *WoS* | *Lean Six* Sigma e *Financial Services* | 18 | |
| *MA*, Scopus, *WoS* | *Lean Six* Sigma e *Health Care* | 258 | |
| *MA*, Scopus, *WoS* | *Lean Six* Sigma e *Manufacturing* | 174 | |
| *MA*, Scopus, *WoS* | *Lean Six* Sigma e *Industrial Engineering* | 53 | |

Fonte: Elaborado pelo autor

Foram realizados testes para verificar se a quantidade de publicações de artigos possui diferenças significativas entre as áreas de aplicação. As publicações relacionadas à área de serviços financeiros foram retiradas das análises pois não atingiram a quantidade mínima de 20 elementos necessários para que os resultados dos testes fossem válidos.

O teste de variâncias de Levene foi escolhido por ser robusto a distribuições não normais, adequado já que as distribuições para as categorias que não são gaussianas. O teste de Levene apresentou p-valor < 0,05 rejeitando a hipótese nula de igualdade de variâncias, não seria possível utilizar um teste de hipótese paramétrico, conforme Figura 8.

Figura 8 – Teste de Igualdade de variâncias, 505 publicações, de 2008 a 2021

**Teste de igualdade de variâncias: Artigos versus Área**

**Método**

| | |
|---|---|
| Hipótese nula | Todas as variâncias são iguais |
| Hipótese alternativa | No mínimo uma variância é diferente |
| Nível de significância | α = 0,05 |

**Intervalos de 95% de Confiança Bonferroni para os Desvios Padrão**

| Área | N | DesvPad | IC |
|---|---|---|---|
| LSS Health Care | 21 | 4,26782 | (2,55698; 8,0850) |
| LSS Idustrial Engineering | 21 | 0,98077 | (0,61367; 1,7790) |
| LSS Information Technology | 21 | 1,16087 | (0,48110; 3,1792) |
| LSS Manufaturing | 21 | 3,21159 | (1,05706; 11,0747) |

*Nível de confiança individual = 98,75%*

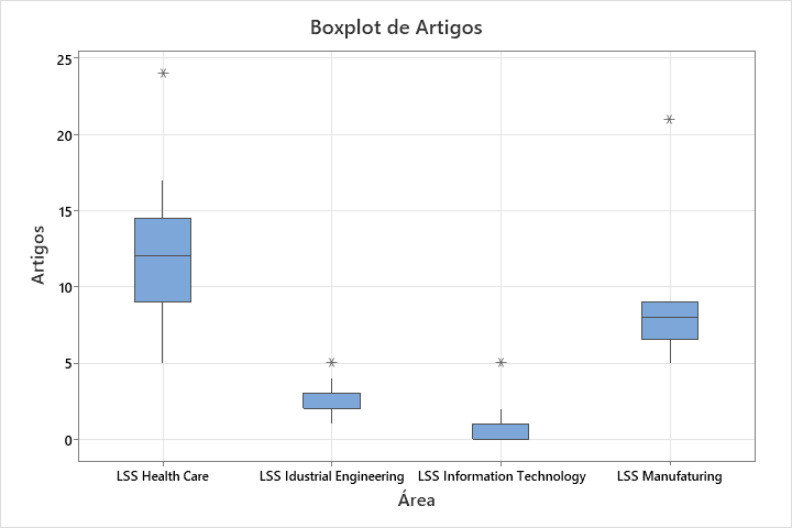
**Testes**

| Método | Estatística de teste | Valor-p |
|---|---|---|
| Comparações múltiplas | — | 0,000 |
| Levene | 5,75 | 0,001 |

Fonte: Teste realizado pelo autor software Minitab 17

A Figura 9 apresenta o comportamento da dispersão de publicações para cada área.

Figura 9 – *Box plot* artigos publicados por categorias




Fonte: Teste realizado pelo autor software Minitab 17

Foi aplicado então o teste de Mood para avaliar a diferença de medianas, apresentou p-valor < 0,05, rejeitando a hipótese nula de igualdade de medianas, como visto na Figura 10. Evidencia-se a oportunidade de investigação, tomando como base o indicativo de lacuna associado à baixa publicação histórica em TI, quando comparado com setores mais maduros.

Figura 10 – Teste de Mood para mediana, 505 publicações, de 2008 a 2021

**Teste de Mood para a Mediana: Artigos versus Área**

**Estatísticas Descritivas**

| Área | Mediana | Média geral N <= | Média geral N > | Q3 – Q1 | IC de 95% da mediana |
|---|---|---|---|---|---|
| LSS Health Care | 12 | 1 | 20 | 5,5 | (10,3470; 14) |
| LSS Idustrial Engineering | 2 | 21 | 0 | 1,0 | (2; 3) |
| LSS Information Technology | 1 | 21 | 0 | 1,0 | (0; 1) |
| LSS Manufaturing | 8 | 2 | 19 | 2,5 | (7; 9) |
| Global | 5 | | | | |

**Teste**

Hipótese nula $H_0$: as medianas da população são todas iguais
Hipótese alternativa $H_1$: as medianas da população não são todas iguais

| GL | Qui-Quadrado | Valor-p |
|---|---|---|
| 3 | 72,90 | 0,000 |

Fonte: Teste realizado pelo autor software Minitab 17

Os números do estudo indicam que apesar de várias empresas já adotarem práticas de melhoria contínua com resultados expressivos (INTERBRAND, 2020; MICROSOFT, 2015; HONG et al., 2007; ZULUAGA e HASBUN, 2015; HUNG e SUNG, 2011; PRIYA, 2017) a quantidade de publicações sobre métodos e práticas de melhoria nos processos de TI ainda são marginais. Shokri (2017) corrobora essa suposição demonstrando que a área de TI é apenas a 9ª área em publicações. A natureza dos serviços de TI demanda que os produtos sejam adequados aos desejos dos clientes por meio de indicadores (JANTTI; CATER-STEEL, 2017). Para responder essa necessidade Gijo e Antony (2019) destacam a possibilidade de incorporar o *LSS* no controle operacional de TI. Mallali, Gopalkrishna e Shiva (2019) afirmam que existe em TI a oportunidade para evolução das práticas de controle de processos e melhoria.

Esses elementos são insumos para a definição da questão de pesquisa, que busca entender a maturidade das práticas de melhoria de processos em TI:

Quais indicadores podem ser utilizados para avaliar a maturidade das práticas de melhoria contínua nos processos de TI?

Deste modo foi possível definir o objetivo que materializa a resposta do questionamento de pesquisa, tendo como premissa a criação de um artefato com usabilidade prática por outras organizações e áreas de TI, que estejam dispostas a entender ou aprimorar a execução da melhoria de processos.

O objetivo desta dissertação é desenvolver um modelo de maturidade de gestão da melhoria contínua de processos de TI, composto por indicadores de melhoria contínua, baseados no *Lean Six* Sigma.

## 2.2 Definir conceitual teórico

O referencial foi estabelecido com base na relação com o tema melhoria contínua e gestão de processos em TI, os temas são detalhados na seção de fundamentação teórica. O Quadro 4 apresenta todos os assuntos da estrutura conceitual na ordem em que são apresentados com as respectivas justificativas.

Quadro 4 – Estrutura sequencial e justificativa do referencial

| Ano | Autor(es) | Assunto e Justificativas |
|---|---|---|
| 2005 | WEILL; ROSS | **Assunto**: Governança de TI e processos<br>**Justificativa**: A governança de TI cobra e incentiva ações de melhoria operacional. A utilização eficiente dos recursos de TI depende de processos otimizados. |
| 2018 | JOSHI et al. | **Assunto**: Governança de TI e processos<br>**Justificativa**: Empresas com maior capacidade de monitoramento e maturidade de processos possuem maior propensão em identificar problemas de TI. |
| 2018 | *ISACA* | **Assunto**: Governança de TI e processos<br>**Justificativa**: Processos são um dos componentes de um sistema de Governança de TI. *CPM* e *CMMI* fazem parte do *COBIT* demonstrando importância da maturidade operacional para Governança de TI. |
| 2014 | RODRIGUES | **Assunto**: Gestão da Qualidade<br>**Justificativa**: A Qualidade tem como foco a busca do valor percebido pelo cliente, o objetivo dos processos é entregar valor. |
| 2019 | BORDOLOI | **Assunto**: Gestão da Qualidade<br>**Justificativa**: A gestão da rotina atestada por certificações *ISO* garante que a empresa possui as melhores práticas de gestão da qualidade, o que é alcançado por meio de uma estrutura de processos e padronização do trabalho. |
| 2019 | NAFIS et al. | **Assunto**: Gestão da Qualidade<br>**Justificativa**: A norma *ISO* 20000 possui foco em padronização dos processos e serviços de TI, se baseado na *ITIL* e fomentando que a gestão da rotina é condição para a melhoria contínua de processos. |
| 2014 | FERNANDES; ABREU | |
| 2014 | RODRIGUES | **Assunto**: Melhoria Contínua e *Lean Six* Sigma<br>**Justificativa**: *Lean Six* Sigma é uma metodologia para melhorar o desempenho organizacional por meio da eliminação dos desperdícios, eliminação das causas de defeitos e da variação nos processos, aplicável qualquer área. |
| 2012 | WERKEMA | |
| 2019 | VETTER; MORRICE | **Assunto**: Estabilidade Estatística do processo<br>**Justificativa**: Um processo só pode ser melhorado continuamente se existe controle da estabilidade estatística do processo (desvio padrão da saída no tempo). |
| 2005 | SCORDAKI; PSARAKIS | |
| 2016 | ROMDHANE et al. | |

Continua

Continuação Quadro 4

| Ano | Autor(es) | Assunto e Justificativas |
|---|---|---|
| 2014 | VOEHL | **Assunto**: Fase *Define* de um Projeto *LSS*<br>**Justificativa**: Descreve técnicas de seleção de iniciativas e definição de *KPI*s para a correta condução da melhoria de um processo. |
| 2012 | WERKEMA | |
| 2009 | KUBIAK; BENBOW | |
| 2014 | VOEHL | **Assunto**: Fase *Measure* de um Projeto *LSS*<br>**Justificativa**: Descreve técnicas e conceitos (*MSA*, Capacidade e Desempenho, Mapeamento, Levantamento e priorização de Causas Potenciais) essenciais para a medição de um processo a ser melhorado. |
| 2012 | WERKEMA | |
| 2009 | KUBIAK; BENBOW | |
| 2013 | KHAN | |
| 2014 | VOEHL | **Assunto**: Fase *Analyze* de um Projeto *LSS*<br>**Justificativa**: Descreve técnicas e conceitos (técnicas quantitativas e qualitativas de RCA, testes de hipóteses) essenciais para a definição da causa raiz de um problema em um processo a ser melhorado. |
| 2012 | WERKEMA | |
| 2009 | KUBIAK; BENBOW | |
| 2012 | VIEIRA | |
| 2014 | BARSALOU | |
| 2014 | VOEHL | **Assunto**: Fase *Improve* de um Projeto *LSS*<br>**Justificativa**: Descreve técnicas e conceitos (plano de ação, confirmação de nova capacidade e estabilidade) essenciais para a implantação de melhorias em um processo a ser melhorado. |
| 2012 | WERKEMA | |
| 2009 | KUBIAK; BENBOW | |
| 2019 | VETTER; MORRICE | **Assunto**: Fase *Control* de um Projeto *LSS*<br>**Justificativa**: Descreve técnicas e conceitos (Plano de controle, CEP) essenciais para o controle da perenidade de *KPI*s de um problema em um processo que foi melhorado. |
| 2012 | WERKEMA | |
| 2009 | KUBIAK; BENBOW | |

Fonte: Elaborado pelo autor

Um levantamento complementar foi realizado como subsídio complementar, focado especificamente no tema melhoria contínua, o resultado foi base para a criação das categorias nas análises de conteúdo e apoio para interpretação de comportamentos e práticas observados no estudo de casos, os parâmetros de pesquisa são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Termos para busca sobre o tema melhoria contínua

| Bases | *Strings* de Pesquisa | Quantidade | Filtros |
|---|---|---|---|
| Scopus, *WoS, MA* | ( "contin* improvement" AND "lean six sigma" ) | 243 | Tipo: *Journal*, *conference.*<br>Campos: título, abstract, palavras-chave.<br>Período: sem restrição<br>Idioma: inglês e português.<br>Seleção por leitura de títulos, resumos e retirada de documentos repetidos.<br>Com pelo menos 30 citações |
| Scopus, *WoS, MA* | ( "process contin* improvement" OR "contin i* improvement definition" OR " contin* improvement process" ) | 908 | |

Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.3 Realizar piloto

A etapa de piloto foi constituída de entrevistas com especialistas e realização da análise de conteúdo dessas entrevistas, sendo dividida em duas fases. A primeira fase foi relacionada ao levantamento de informações e comportamentos da melhoria contínua em quatro processos de tecnologia por meio de entrevistas com seus respectivos responsáveis. A segunda etapa teve caráter mais amplo, tendo como alvo o entendimento das práticas de melhoria contínua percebidas por outros quatro especialistas externos, sem proximidade com as quatro entrevistas iniciais. O objetivo foi poder contrapor qualitativamente os resultados das duas fases, e os conceitos teóricos para apoiar no desenvolvimento do instrumento final de pesquisa, que vai evoluir para o modelo de maturidade, objetivo deste trabalho. Para a realização das entrevistas foi utilizado um roteiro com perguntas abertas, contido no Apêndice A.

Como etapa piloto, para levantamento preliminar de comportamentos dos processos com relação à melhoria contínua e possibilitar a evolução do estudo, foi realizada uma análise de conteúdo das entrevistas de quatro líderes de projetos de melhoria e nos registros de quatro casos piloto A, B, C e D. Foram consideradas como fontes de evidências transcrições de entrevistas abertas com os quatro responsáveis pelos casos, observações diretas, contratos dos projetos, cronogramas, evidências de análises de dados dos processos, planos de ação e planos de controle. Abaixo estão listados os perfis dos entrevistados na primeira fase do piloto:

1. Entrevistado caso A: Analista de Operações sênior, com nove anos de experiência, certificado em métodos de melhoria contínua;

2. Entrevistado caso B: Engenheiro de Operações sênior, com sete anos de experiência, com certificação em métodos de melhoria contínua;
3. Entrevistado caso C: Analista de Projetos pleno, com quatro anos de experiência, com certificação em métodos de melhoria contínua;
4. Entrevistado caso D: Engenheiro de Telecomunicações sênior, com oito anos de experiência, sem conhecimentos específicos sobre métodos de melhoria contínua.

A análise de conteúdo foi escolhida como método qualitativo para explorar as entrevistas e artefatos de quatro casos piloto, e das entrevistas posteriores com especialistas.

Segundo Bardin (2011) a análise de conteúdo é um conjunto de instrumentos metodológicos que se aplicam a discursos de diversas formas e tem como características principais, o foco na mensagem comunicada e a abordagem característica por categorias e temas, tendo como objetivo a manipulação da mensagem para inferir sobre seu conteúdo. A análise de conteúdo é realizada por meio de procedimentos seguindo três etapas principais:

- Pré-análise: é desenvolvida para levantar as ideias iniciais com base no referencial teórico e criar métricas para a interpretação. Envolve a organização e leitura geral do material;
- Exploração e tratamento: foca na construção da codificação, elaborando recortes dos textos em unidades de registros, regras de contagem e a classificação e agregação das informações em categorias. A codificação se dá por meio do recorte, agregação e enumeração, com base em regras sobre as informações textuais. As unidades de registro, são os parágrafos das entrevistas, os textos de documentos ou anotações de campo;
- Interpretação: consiste em capturar os conteúdos presentes em todo o material coletado, sejam entrevistas, documentos ou observações. A comparação é realizada por meio da análise das categorias, realizando inferências sobre os elementos esperados como semelhantes ou como diferentes.

O referencial teórico sobre *Lean Six* Sigma e os conceitos de melhoria contínua foram a base para a definição das categorias e subcategorias, onde as categorias foram definidas como as etapas do *DMAIC*, dada a importância da abordagem metodológica baseada em projetos para a melhoria contínua (ALEU; VAN AKEN, 2016). As evidências dos quatro casos foram

insumos para a codificação dos domínios observados em todos os casos. O Apêndice C apresenta as cinco categorias, 54 subcategorias e os domínios observados nos pilotos A, B, C e D, levantados por meio da pré-análise, exploração e tratamento, e interpretação das fontes de evidências dos casos.

O Apêndice D apresenta um resumo das contagens de domínios e seus agrupamentos observados nos casos piloto estudados. Cada caso possui em destaque as práticas que foram identificadas durante a execução dos projetos na cor “cinza”.

De acordo com as informações resultantes apresentadas no Apêndice C e no Apêndice D, foi possível comparar a situação prática ocorrida em cada um dos quatro casos piloto estudados, com as etapas do *DMAIC* apresentadas na seção teórica, possibilitando a análise da realização da melhoria contínua por meio dos projetos.

Na segunda fase do piloto, foram realizadas novas entrevistas com quatro especialistas externos em melhoria contínua, por meio de perguntas abertas, tendo como direcionador o roteiro apresentado no Apêndice A. O objetivo foi avaliar se os elementos levantados nos casos piloto A, B, C e D e o questionamento de pesquisa, refletem o conhecimento prático dos entrevistados, assim como direcionar o refinamento do instrumento de pesquisa que foi aplicado nos demais estudos de caso. Segundo Yin (2018) a entrevista permite que o entrevistador pergunte ao entrevistado sobre circunstâncias nos cenários pesquisados, ou pergunte sobre acontecimentos singulares.

Os perfis dos especialistas externos entrevistados na segunda fase do piloto são:

1. Coordenador Especialista em melhoria contínua *Black Belt*, sete anos de experiência atuando em indústrias, área de tecnologia e operações de negócios.
2. Engenheiro Especialista em melhoria contínua *Black Belt*, quatro anos de experiência atuando em indústrias e tecnologia.
3. Especialista em processos de TI *ITIL* Expert, 15 anos de experiência em diversos setores de tecnologia da informação.
4. Gestor de operações especialista *Master Black Belt*, 12 anos de experiência em área de qualidade, operações de negócios e projetos.

As entrevistas da segunda fase foram transcritas e nuvem de palavras foi gerada, conforme apresentado na Figura 11. Quanto maior a frequência das palavras citadas mais no centro da figura elas se posicionam, após a retirada de palavras sem conexão estrita com a

investigação, como preposições e conjunções, as palavras com maiores frequências são: melhoria, projeto, processo, existe, área, forma, indicadores e tempo, com pelo menos 14 repetições.

Figura 11 – Nuvem de palavras entrevista com especialistas

Fonte: Elaborado pelo autor

As categorias e subcategorias relacionadas ao *DMAIC*, os domínios observados nos casos A, B, C e D, juntamente com direcionamentos colhidos nas entrevistas piloto, foram a base para elaboração do instrumento de pesquisa em forma de questionário que foi aplicado na pesquisa de campo. O instrumento é apresentado no Apêndice B.

Com base nas respostas das entrevistas foi possível perceber que a categorização inicial apresentada no Apêndice D, considerando todas as etapas do *DMAIC*, foi muito abrangente para o objetivo desta pesquisa, pois apesar da metodologia apresentar um guia completo para condução dos projetos de melhoria, vários dos elementos presentes não garantem realização da melhoria contínua, apenas apoiam a execução do projeto em si.

Algumas respostas dos especialistas externos focaram em entender os modos de falha dos projetos, mas como esses elementos não estão diretamente ligados ao objetivo de pesquisa, que é criar um modelo de maturidade baseado em indicadores que meça o nível de maturidade da execução da melhoria contínua, esses elementos foram desconsiderados da análise, direcionando o foco no “o quê” medir e menos no “por quê” os projetos falham ou funcionam.

Portanto as subcategorias foram consolidadas em três principais categorias observadas nas transcrições, apesentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Categorias, domínios e contagens das entrevistas com especialistas

| Categoria | Domínios | Contagem |
|---|---|---|
| Indicadores | Indicador, meta, KPI, capacidade, nível | 46 |
| Controle do processo | Processo, metodologia, controle | 45 |
| Gestão | Líder, gestão, valor, gestor, acompanhamento | 42 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Os conceitos encontrados nas entrevistas com especialistas externos se relacionam com as observações colhidas nos casos piloto, principalmente se avaliarmos as contagens dos domínios no Apêndice D, focando nas categorias que tiveram pouca ou nenhuma contagem.

Para os entrevistados, na categoria Indicadores, existem falhas na utilização de *KPIs* do processo para a gestão continuada, os indicadores existem, mas comumente apenas dentro do projeto.

Segundo o especialista externo 1:

> [...não existem *KPI*s que avaliem o comportamento dos produtos operacionalmente, isso faz com que os dados não existam no dia a dia. Geralmente existe uma avaliação do sentido da operação para o produto sem considerar as características de qualidade do produto...]
>
> [...não é comum avaliar sistemas de medição de *KPI*s em TI.]

Segundo o especialista externo 2:

> [...a maioria dos indicadores são provenientes de softwares que registram a operação dos processos e parte-se do pressuposto que são fidedignos...]

Segundo o especialista externo 3:

> [...os processos são medidos, mas os indicadores são de difícil acesso....]
>
> [...a forma de medição dos indicadores não é validada com muita frequência, são estáticas...]

Segundo o especialista externo 4:

> [...os dados para acompanhamento dos indicadores nem sempre são de fácil acesso. Esse pode ser considerado inclusive um fator de insucesso.]

> [...nos processos de TI não é comum ser necessário avaliar um sistema de medição de indicadores....]

Na categoria Controle do processo, os entrevistados demonstram que a variabilidade dos resultados dos processos geralmente é avaliada em iniciativas *Lean Six* Sigma, mas não fazem parte natural da gestão operacional de TI. Abordam também a falta de seguimento dos registros das atividades e processos.

Segundo o especialista externo 1:

> [...não é comum avaliar a variabilidade dos indicadores, como desvio padrão....]
> [Muitas vezes o processo possui registro. É mais comum em áreas de operação de negócios e/ou que sofrem auditoria externa...]
> [...não utilizam plano de controle, ou apoio para monitorar modos de falha ou desempenho. Não é utilizado o controle estatístico do processo para monitorar a estabilidade....]

Segundo o especialista externo 2:

> [... em projetos *Lean Six* Sigma é utilizado desvio padrão e visões ao longo do tempo, gráfico de séries temporais e cartas de controle. Para iniciativas de melhoria mais simples é comum verificar com frequência a presença da visão histórica. Nesses casos a variabilidade é avaliada de maneira intencional, quem lidera a iniciativa não tem necessariamente a intenção de mostrar e discorrer sobre a variabilidade do processo; somente quer mostrar como foi no período anterior...]
> [...quase nunca há documentação sobre os processos, nos casos em que há alguma espécie de documentação, é somente um esboço que raramente representa a realidade que a iniciativa de melhoria vai lidar...]

Segundo o especialista externo 3:

> [... não se avalia a variação do processo, só reativamente...]
> [...a maioria dos processos são registrados, mas não são muito consultados na prática....]

Segundo o especialista externo 4:

> [...A variabilidade é acompanhada em projetos *Six* Sigma...]
> [...tentamos colocar o registro dos processos em prática. E por certo tempo conseguimos criar um padrão, mas ao longo do tempo sem a governança adequada isso se perdeu....]

Na categoria Gestão, a falta de acompanhamento operacional com foco nos resultados não é realizada ou só ocorre de forma pontual.

Segundo o especialista externo 1:

> [...é o dono do processo que inicia uma melhoria, quando é uma área externa o dono do processo pode ser uma barreira. Não é uma cultura registrar melhoria em documentos, mas pode ser observado em segmentos específicos....]

Segundo o especialista externo 2:

> [...Apesar de muitas vezes o processo melhorado estar desenhado através de um fluxograma, este não é oficializado em nenhum local, se perdendo assim que o projeto é finalizado. Não há procedimento para passar os controles para o gestor do processo. A responsabilidade fica implícita quando a iniciativa é finalizada...]

Segundo o especialista externo 3:

> [...Não existe uma passagem de responsabilidade do projeto de melhoria para o gestor do processo que seja seguida oficialmente, depende muito do gestor...]
> [...Há um desejo nítido de melhoria nas organizações de TI, mas a gestão não tem clareza de como operacionalizar. Adicionalmente a cultura de "apagar incêndios" sufoca as iniciativas de melhoria e não raramente, a estrutura responsável é vista como dispensável...]

Segundo o especialista externo 4:

> [...Dificilmente existe uma passagem de bastão para o líder operacional dos elementos que devem ser controlados no momento pós melhoria...]
> [...manter os resultados alcançados pelos projetos de melhoria, na minha opinião é muito mais uma visão de governança. A perenidade precisa ser acompanhada através de indicadores de desempenho para identificar as variações. O grande desafio é manter essa governança para controlar o processo...]

Em função das respostas das entrevistas com especialistas externos, utilizadas para contrapor os resultados observados na primeira fase do piloto, foi criado um instrumento de pesquisa, apresentado no Apêndice B. Trata-se de um questionário, proveniente do roteiro de entrevistas inicial mostrado no Apêndice A, porém agora com abordagem diretiva e próxima dos indicadores aplicados nos estudos de caso na etapa de Resultados e Discussões, o instrumento possui enfoque nas questões pertinentes à medição da melhoria contínua em processos no contexto de TI.

## 2.4 Estudo de caso

O estudo de caso foi definido como método para avaliar os dez casos práticos na dissertação final, objetivando uma maior generalização dos resultados (CAUCHICK, 2007).

O estudo de casos irá ocorrer de maneira exploratória, tendo foco principal a descrição da situação (YIN, 2018). O estudo de caso é indicado para cenários de pesquisa que tenham por objetivo responder questões do tipo “como” e “por que”, com baixa possibilidade de controle sobre o evento observado pelo pesquisador (YIN, 2018). Segundo Yin (2018) o estudo de caso é a investigação de um fenômeno de maneira empírica, em um contexto prático onde o fenômeno não é facilmente separado do contexto.

O estudo de casos múltiplos é um experimento discreto que funciona como replicações, contrastes e extensões de uma teoria emergente. Tipicamente os estudos de caso múltiplos proporcionam uma base teórica forte para a construção de uma teoria (YIN, 2018). Vários casos permitem comparações que esclarecem se um achado é simplesmente peculiar em seu contexto para um único caso ou se pode ser replicado sistematicamente por vários casos. Múltiplos casos também criam uma teoria mais robusta porque as proposições são mais profundas, fundamentado em evidências empíricas variadas. Construtos e relacionamentos são delineados de maneira mais precisa é mais fácil definir níveis apropriados de abstração em múltiplos casos (EISENHARDT; GRAEBNER, 2007)

Segundo Einsenhardt e Graebner (2007) a abordagem por estudos de casos apresentam desafios que são mitigados por meio de linguagem precisa, *design* de pesquisa cuidadoso, justificativa bem fundamentada, amostragem de casos, entrevistas que limitam o preconceito, riqueza de evidências e ligação clara com a teoria. Os estudos de caso seguiram as etapas descritas por Einsenhardt apresentadas no Quadro 7 (EISENHARDT, 1989).

Quadro 7 – Etapas do estudo de caso

| Etapa | Atividade |
|---|---|
| Início | Definição da questão e proposição de pesquisa. Considerar a flexibilidade teórica e de hipóteses no momento. |
| Seleção de casos | Especificação da população e amostragem teórica. |
| Construção de Instrumentos e protocolos | Múltiplas fontes de dados. Considerar a combinação de dados quantitativos e qualitativos. |
| Pesquisa de campo | Coleta de dados iterativa em campo. Métodos de coleta oportunistas e flexíveis. |
| Analisando os dados | Análise intra-caso. Análise inter-casos, buscando padrões de forma cruzada. |
| Modelando hipóteses | Tabulação iterativa de evidências em cada caso. Usar a lógica de replicação, não amostras, para todos os casos. Buscar evidências sobre o porquê das relações entre os casos. |
| Comparação com a literatura | Comparação com a literatura conflitante e literatura similar |
| Fechamento | Busca se possível saturar os conceitos teóricos relacionados. |

Fonte: Adaptado de Einsenhardt (1989)

A exploração dos casos foi feita na dissertação final, por meio do estudo intra e inter casos. Conforme apresentado por Eisenhardt (1989), a análise intra-caso possibilita o entendimento preliminar e o levantamento mais rico de dados, já análise inter-casos permite uma visão comparativa por meio de diferentes perspectivas (HUBERMAN et al., 2014).

Segundo Huberman et al. (2014) o principal objetivo da análise intra-caso será descrever, compreender e explicar o que ocorreu em um único contexto limitado ou local. Já a abordagem inter-casos proporcionará maior generalização do que será deduzido, colocando em prova eventos observados que poderiam ser considerados como exclusivos ou únicos, investigando se os resultados colhidos localmente possuem explicações mais profundas. A análise inter-casos depende da execução coerente das analises intra-caso.

Por questão de confidencialidade a empresa onde os 10 casos foram acompanhados será mantida em sigilo, trata-se de uma multinacional do setor financeira.

## 2.5 Elaborar modelo de maturidade

A realização dos pilotos e entrevistas com especialistas permitiram a verificação sobre como são planejadas, implementadas e conduzidas as iniciativas de melhoria em processos de TI, possibilitando a comparação com a teoria de melhoria contínua. Foram identificados fatores que impactam a melhoria contínua, sendo insumo para a proposição de um modelo de maturidade de gestão da melhoria de processos, baseado em indicadores, que serve de para avaliação da eficácia das práticas de melhoria de processos na Tecnologia da Informação.

As principais interpretações sobre o conceito de melhoria contínua foram extraídas do levantamento bibliométrico, na seção 1.1.2 Melhoria Contínua, destacam-se como práticas mais citadas pelos autores:

- Existência de uma cultura de melhoria contínua;
- Existência de controle dos processos por indicadores;
- Existência de maneiras de garantir a sustentabilidade e perenidade dos resultados obtidos em projetos de melhoria contínua;
- Abordagem da melhoria de processos de forma sistemática;

- Práticas de identificação e eliminação da causa raiz dos problemas operacionais;
- Práticas de identificação e diminuição de variabilidade associada aos indicadores de produtos e processos;
- Práticas de medição e comprovação do impacto das melhorias executadas;
- Presença de formas de capturar e reportar problemas operacionais para tratativa.
- Suporte da gestão as práticas e programas de melhoria.

As entrevistas com especialistas, abordadas na Seção 2.3, foram realizadas por meio de perguntas abertas, buscou identificar os principais elementos que são percebidos de forma prática em projetos de melhoria de processos bem-sucedidos em TI, as principais categorias extraídas da transcrição e análise de conteúdo das respostas foram, a existência de indicadores de desempenho dos processos, realização sistemática do controle operacional e o apoio da gestão na execução da melhoria contínua.

Essas diretrizes foram usadas para selecionar na teoria da metodologia *Lean Six* Sigma e nas informações dos pilotos estudados, quais práticas deveriam existir para garantir a execução da melhoria contínua em um processo.

A partir da análise de conteúdo realizada nos registros dos pilotos A, B, C e D, foram gerados os domínios, agrupados em subcategorias, que por sua vez são inseridas nas categorias. As categorias foram definidas com base na metodologia *Lean Six* Sigma, cada uma foi uma fase da metodologia: *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*. As subcategorias foram práticas, ferramentas e artefatos, que segundo a teoria estão relacionados a cada uma das categorias definidas e deveriam existir em iniciativas de melhoria contínua.

Os domínios foram extraídos dos casos piloto, as evidências coletadas, foram documentos, apresentações, relatórios e artefatos, foram transcritas, termos e frases foram codificadas em domínios, contabilizadas segundo frequência, gerando indicações de maior ou menor presença das subcategorias e categorias. O Apêndice C, apresenta as 5 categorias, 54 subcategorias e os domínios resultado da observação e análise dos casos piloto estudados.

O Quadro 8 apresenta as contagens de domínios nos pilotos destacados na cor “cinza”. Estão em “azul” as subcategorias que segundo a teoria estão relacionadas à melhoria contínua e em “verde” as subcategorias apontadas pelos especialistas. A análise cruzada, entre teoria, resultado das entrevistas e domínios observados permitiu a criação do modelo preliminar.

Quadro 8 – Subcategorias impulsionadoras e contagem de domínios nos pilotos

| Categoria | Teoria | Especialistas | n° | Subcategorias | Domínios A | Domínios B | Domínios C | Domínios D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Define* | | | *1* | Contrato do projeto | 7 | 8 | 2 | 0 |
| | | | *2* | Meta | 9 | 10 | 4 | 0 |
| | | | *3* | Limites de especificação | 8 | 4 | 4 | 0 |
| | | | *4* | Carta de Controle As IS | 2 | 4 | 2 | 0 |
| | | | *5* | Gráfico sequencial KPI | 4 | 2 | 2 | 0 |
| | | | *6* | Análise Econômica | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *7* | VOC | 0 | 0 | 0 | 2 |
| *Measure* | | | *8* | SIPOC | 0 | 2 | 2 | 1 |
| | | | *9* | Mapa do Processo AS IS | 5 | 2 | 4 | 1 |
| | | | *10* | VSM | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *11* | MSA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *12* | Estatísticas descritivas | 2 | 4 | 4 | 0 |
| | | | *13* | Análise tipo de dados | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *14* | Estratificação | 4 | 0 | 4 | 0 |
| | | | *15* | Análise de outliers | 0 | 3 | 2 | 0 |
| | | | *16* | Amostragem | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | | *17* | Teste normalidade | 0 | 4 | 2 | 0 |
| | | | *18* | Transformação de dados | 0 | 3 | 2 | 0 |
| | | | *19* | Gráfico de Pareto | 4 | 2 | 1 | 0 |
| | | | *20* | Histograma | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | | | *21* | Box Plot | 0 | 6 | 0 | 0 |
| | | | *22* | Diagrama de dispersão | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | | | *23* | Capacidade as is | 4 | 3 | 2 | 0 |
| | | | *24* | Brainstorm | 0 | 4 | 0 | 4 |
| | | | *25* | Diagrama de Ishikawa | 3 | 2 | 2 | 0 |
| | | | *26* | Diag. de causa e efeito | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *27* | Matriz esforço e impacto | 4 | 2 | 0 | 0 |
| | | | *28* | Ações Quick Win | 0 | 10 | 0 | 4 |
| | | | *29* | Evento Kaizen | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Analyze* | | | *30* | FMEA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *31* | FTA | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *32* | Análise de regressão | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | | | *33* | Hipótese de verificação | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | | | *34* | DOE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *35* | Regressão logística | 0 | 0 | 4 | 0 |
| | | | *36* | Desperdícios lean | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | *37* | Teste chi² | 0 | 0 | 5 | 0 |
| *Improve* | | | *38* | Simulação e Piloto | 0 | 0 | 0 | 5 |
| | | | *39* | 5S | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *40* | Kanban | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *41* | Poka yoke | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | | | *42* | Gestão visual | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | *43* | 5W2H | 7 | 9 | 6 | 4 |
| | | | *44* | Hipótese validação | 0 | 4 | 2 | 0 |
| | | | *45* | Validação Gráfica | 4 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *46* | Diagrama de Gantt | 0 | 0 | 1 | 0 |
| *Control* | | | *47* | Carta de controle to be | 2 | 4 | 2 | 0 |
| | | | *48* | Capacidade to be | 2 | 2 | 0 | 0 |
| | | | *49* | Procedimento padrão | 0 | 0 | 3 | 1 |
| | | | *50* | Plano de controle | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *51* | Treinamentos | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | *52* | Auditorias | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *53* | CEP | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | *54* | OCAP | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelo autor

As práticas que foram definidas como apoio a realização efetiva da melhoria contínua, precisam contribuir e se relacionar com algum dos itens abaixo:

1. Gestão da rotina, operação sistemática dos processos, ou padronização das práticas e processos;
2. Controle contínuo do processo;
3. Sustentabilidade de resultados de projetos de melhoria anteriores;
4. Metas que questionem o status quo operacional;
5. Método de reação em caso de descontrole do processo;
6. Ações que apoiam na construção da cultura da melhoria contínua no longo prazo.

## 2.6 Análise intra-caso

Na seção de resultados as análises intra-caso dos 10 casos são apresentadas. Tomando como base as categorias e subcategorias definidas na análise de conteúdo realizada na fase de entrevistas piloto. Utilizando como instrumento de pesquisa o questionário presente no Apêndice B, observações e avaliação de documentos individuais de cada caso. O modelo de maturidade foi aplicado individualmente a cada caso, para colher comportamentos específicos, e servir de entrada para o refinamento posterior do modelo final.

## 2.7 Análise inter-casos

A análise inter-casos foi usada para avaliar quais elementos identificados individualmente na análise intra-caso são similares e quais se destacam por serem exclusivos. As verificações cruzadas de todos os casos estudados formaram o principal construto de inferências usado para refinar o modelo de maturidade, com objetivo de alcançar maior capacidade de generalização do artefato proposto.

## 2.8 Validar modelo

A validação do modelo foi feita por meio do levantamento de dados externos aos casos utilizados como base para sua elaboração. O modelo foi aplicado em novos processos de TI, além dos 10 casos, para avaliar o comportamento dos indicadores em processos de TI distintos. Esses novos dados foram utilizados na validação do modelo oriundo da análise inter-casos.

A aplicação do modelo em mais processos de TI distintos, gerou um novo conjunto de dados. Os dados foram validados quantitativamente por meio da análise fatorial exploratória, para verificar se o conjunto de fatores que representa e agrupa as variáveis originais, subsídio para comparação com as categorias que deram origem aos indicadores, a análise de fatores é uma técnica estatística que estuda correlações entre um grupo de variáveis, encontrando os

fatores correspondentes. Permite a redução de dados, encontrando as variáveis independentes mais relevantes ou criando variáveis (HAIR et al., 2005).

Segundo Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010) a produção de conhecimento vem da operacionalização de variáveis observadas de forma empírica, a análise fatorial pode ser uma alternativa para estudar a validade das variáveis levantadas. A principal função da análise fatorial é reduzir a quantidade de variáveis observadas em um número reduzido de fatores. Hair et al. (2005) definem o fator como a variável resultante do agrupamento das variáveis iniciais, é a combinação linear das variáveis originais.

Foi realizado ainda um teste de confiabilidade no resultado da aplicação dos indicadores em novos processos. A confiabilidade dos dados coletados foi avaliada por meio do teste do alfa de Cronbach, calculado para testar a consistência interna entre os vários indicadores incluídos no modelo (NUNNALLY; BERNSTEIN, 1994). Se um instrumento de medição apresenta repetibilidade de resultados quando aplicado a casos semelhantes, pode-se confiar na medição realizada.

O resultado dos testes foi utilizado para uma nova iteração do modelo, apoiando na decisão de entrada ou saída de indicadores.

O modelo de maturidade foi construído computacionalmente, com técnicas que são capazes de criar por si próprias, uma hipótese ou uma função a partir de dados passados. Esse é o aprendizado de máquina ou *machine learning* (aprendizado de máquina), o processo de descoberta de uma hipótese em forma de uma regra ou conjunto de regras, para prever uma variável dependente categórica ou contínua, utilizando dados históricos das variáveis independentes, utilizando um processo de indução de hipótese ou aproximação de uma função a partir de dados passados (LORENA et al., 2000).

As técnicas comuns de aprendizado de máquina são classificação, regressão e agrupamento. Problemas de classificação tem por objetivo prever dados categóricos conhecendo a variável dependente no passado (supervisionado), problemas de regressão buscam prever dados contínuos igualmente de forma supervisionada, problemas de grupamento são usados para descobrir padrões ocultos em forma de agrupamento, onde não se conhece a variável dependente (não supervisionado) (RASCHKA; MIRJALILI, 2017).

O modelo de maturidade é composto de variáveis independentes (indicadores) e uma variável dependente, que representar o nível de maturidade de melhoria contínua em processos de TI. Foi possível extrair informação da relação das variáveis independentes com a variável

dependente, por meio de uma função que capturou as relações de correlação e significância. A modelagem matemática que descreve a relação entre as variáveis foi executada por meio de técnicas de *machine learning*, especificamente aprendizado supervisionado. Para tanto foram empregados algoritmos presentes na biblioteca Scikit-*Learn* implementando por meio da linguagem de programação Python.

Segundo Pedregosa et al. (2011) o Scikit-Learn é uma biblioteca de aprendizado de máquina em código aberto, que possui suporte ao aprendizado supervisionado (quando se conhece previamente os valores das variáveis dependentes na base de dados de treino) e ao aprendizado não supervisionado (quando não se conhece os valores das variáveis dependentes na base de dados de treino). Inclui ainda instrumentos de ajuste de modelos, preparação de dados, avaliação dos modelos, além de outras ferramentas de apoio no processo de modelagem.

O objetivo principal da validação será gerar o modelo final com base nos pilotos, estudos de caso e novos dados obtidos por meio da aplicação do modelo em novos processos de TI. O aprendizado de máquina possibilita o encapsulamento do modelo de maturidade, gerando por fim um modelo de classificação para ser aplicado em outros estudos ou organizações.

## 2.9 Conclusões e Artefato

A conclusão, contrapõe os resultados com os objetivos de pesquisa. Consolidando os pontos mais importantes observados e o artefato desenvolvido, definindo também caminhos para continuidade do estudo da maturidade da melhoria contínua em processos de TI. O artefato final é um roteiro para aplicação prática do modelo de maturidade nas organizações, descreve o seu procedimento de utilização, premissas que devem ser observadas, formas de interpretação de resultados de aplicação em outros processos de TI, irá apresentar ainda o meio de acesso a programação na linguagem Python que representa o modelo computacionalmente, para implementação do modelo de maturidade final em outros contextos organizacionais ou estudos acadêmicos.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais contribuições dessa pesquisa estão ligadas as análises individuais dos casos estudados neste trabalho, a comparação inter-casos realizada e a posterior avaliação da aplicação do modelo de maturidade de melhoria de processos de TI, individualmente e em conjunto, observando particularidades da gestão da melhoria contínua nos processos de TI.

O perfil de cada um dos 10 casos é descrito no Quadro 9, todos os casos ocorreram em áreas de TI da empresa estudada, sempre com foco em processos de TI.

Quadro 9 – Projetos de melhoria considerados como casos

| Casos | Serviço ou processo de TI | Objetivo | Times | Tipos de ferramentas | Duração meses | Método de condução | Resultado do projeto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Gestão de incidentes de processamento *batch* | Reduzir em 30% os cancelamentos | 4 | Quantitativas | 8 | *Waterfall* | Redução de 65% em cancelamentos |
| B | Gestão de eventos de infraestrutura Distribuída | Reduzir em 50% os eventos | 3 | Quantitativas Estatísticas | 9 | *Waterfall* | Redução de 62% nos eventos |
| C | Resolução de eventos de ambiente SO | Reduzir em 50% os chamados | 3 | Quantitativas Estatísticas | 14 | *Waterfall* | Redução de 43% nos chamados |
| D | Processo de resposta de incidentes 1º nível | Aumentar a qualidade da comunicação | 4 | Qualitativas | 7 | *Agile* | Redução dos erros de comunicação |
| E | Gestão ambiente de desenvolvimento | Redução de 20% dos cancelamento | 5 | Quantitativas Estatísticas | 6 | *Waterfall* | Redução 53% dos cancelamentos |
| F | Gestão de análise de causa raiz | Redução de reincidências de incidentes | 4 | Qualitativas | 6 | Híbrido | Aumento da qualidade da analise de causa raiz. |
| G | Controle equipamentos microinformática | Reduzir em 50% o tempo de entrega | 3 | Quantitativas Estatísticas | 9 | *Agile* | Redução de 90% no tempo |
| H | Controle de recursos de telecomunicações | Redução de 80% em inconsistências | 2 | Quantitativas Estatísticas | 13 | *Waterfall* | Redução de 80% em inconsistências |
| I | Gestão de ativos nível 2 | Aumento 10% parque controlado | 3 | Quantitativas Estatísticas | 8 | *Waterfall* | Aumento de 14% no nível de controle |
| J | Controle de periféricos | Reduzir em 70% o tempo de resposta | 5 | Quantitativas Estatísticas | 7 | Híbrido | Redução em 62% no tempo de resposta |

Fonte: Elaborado pelo autor

A compreensão de como ocorre a execução das práticas de melhoria contínua foi extraída da análise intra-caso, realizada em dez casos distintos, avaliando individualmente os

comportamentos em todas as fases do *DMAIC*, foi registrado para cada caso, fatores críticos que se relacionam ao objetivo da pesquisa e ao referencial teórico.

Por meio da análise inter-casos foi possível construir relacionamentos e observar pontos em comum entre os casos. Junto com a contraposição teórica, permitiu a elaboração de um modelo de maturidade de melhoria de processos em TI baseado em indicadores.

## 3.1 Modelo de maturidade da gestão da melhoria contínua de processos em TI

A análise de conteúdo feita nos casos deu origem aos domínios relacionados às subcategorias, que se relacionam as categorias, como visto no Apêndice C. O cruzamento da análise de conteúdo com os pontos mais citados no referencial de melhoria contínua, juntamente com os pontos chave das entrevistas com especialistas, visto no Quadro 6, foi a base para definir as subcategorias para compor o modelo final. As subcategorias resultantes dos cruzamentos no Quadro 8 foram consolidadas em dez indicadores para avaliação da melhoria contínua nos processos de TI, os indicadores são apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 – Indicadores para avaliação da maturidade da melhoria contínua

| Ordem aplicação | Indicadores | Relação com subcategorias | Peso Especialistas | Relação com Teoria |
|---|---|---|---|---|
| I1 | Processo registrado, seguido e conhecido pelo time? | 3, 9, 30, 49, 50 | C | 1. Gestão da rotina, operação sistemática, ou padronização das praticas operacionais; |
| I2 | KPI estabelecido para acompanhamento de resultados? | 2, 3, 4, 5. | C | 2. Controle contínuo do processo; |
| I3 | Métodos de Controle do KPI do processo estabelecidos e seguidos? | 3,4, 5, 30, 41, 47, 49, 50, 52, 53, 54 | G | 2. Controle contínuo do processo; |
| I4 | Processo em condição de estabilidade ou Estabilidade Retomada? | 3, 4, 12, 13, 14, 15, 47, 53 | G | 3. Sustentabilidade de resultados de projetos de melhoria anteriores; |
| I5 | Projetos de melhoria realizados no período no processo? | 1, 2 | C | 4. Metas que questionem o status quo operacional; |
| I6 | Análise de causa raiz feita de forma quantitativa, considerando o KPI como variável dependente? | 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 | C | 3. Sustentabilidade de resultados de projetos de melhoria anteriores; |
| I7 | Aumento da capacidade comprovado no processo? | 23, 44, 45, 48 | C | 3. Sustentabilidade de resultados de projetos de melhoria anteriores; |
| I8 | CEP Implementado ou atualizado? | 3, 4, 47, 53 | G | 2. Controle contínuo do processo; |
| I9 | Troubleshooting, Plano de controle, OCAP ou FMEA implementado? | 30, 50, 54 | G | 5. Método de reação em caso de descontrole do processo; |
| I10 | A responsabilidade de monitorar os pontos críticos é passada formalmente para o dono do processo | Apontado pelos especialistas | G | 2. Controle contínuo do processo; |

Fonte: Elaborado pelo autor

Os parágrafos a seguir detalham os conceitos teóricos relacionados a concepção de cada indicador que compõe o modelo de maturidade proposto:

1. O funcionamento da melhoria contínua depende de regras formais para funcionar efetivamente (DOMBROWSKI; MIELKE, 2013). A documentação garante que as alterações feitas sejam registradas e disponibilizando informações que podem ser acessadas (CHEAH; 2020). Essas regras podem ser aplicadas a todas as etapas da melhoria contínua, mas destaca-se a sua aplicação importante ao objeto de estudo da melhoria, que é o processo propriamente dito, se o processo não estiver registrado e não ocorrer a gestão da rotina a melhoria contínua é subjetiva. O registro oficial ocorre por meio da existência e seguimento de regras mesmo que minimalistas, não pela existência de um documento de registro. A constatação de padrões como prática organizacional fomenta o surgimento da cultura em torno da diretriz. Segundo Psomas et al (2013) a melhoria contínua é uma cultura. Desta forma o indicador I1 foi criado, avaliando a existência do registro do processo e o seguimento desse registro pela área operacional.

2. Quanto maior a maturidade das organizações em conduzir programas de melhoria contínua maior a efetividade do processo (TIMANS et al., 2016). Maclean et al (2017) destacam que se a melhoria contínua for tratada como um projeto pontual, acabará atrapalhando a realização da operação e não apoia a construção da cultura de melhoria contínua no futuro. Juran e Feo (2010) demonstram que o monitoramento do desempenho do processo é um insumo para promover as melhorar. Isto posto, é importante existirem artifícios nas operações que possibilitem a medição da evolução dos processos de maneira longitudinal, não basta existirem indicadores, eles precisam ser acompanhados através de períodos, gestões e times ao longo do tempo, assim um indicador definido I2, deve verificar a existência de um KPI estabelecido e acompanhado ao longo de vários períodos.

3. Dale (1996) pontuou que se os ganhos das melhorias não forem mantidos todos os esforços aplicados para melhorar um processo foram em vão. A melhoria da qualidade está ligada a redução da variabilidade e a qualidade é alcançada pela

melhoria contínua, portanto é preciso executar o controle do processo (SALAH et al., 2010). Deste modo um indicador I3 precisa ser criado, para avaliar a existência de métodos de controle da variabilidade do KPI estabelecidos e seguidos.

4. Detalhando o conceito de controle, Juran e Feo (2010) ressaltam que os métodos de controle do processo devem ser elaborados pensando na manutenção da previsibilidade de resultados esperados para o futuro, mantendo o comportamento médio do processo é possível identificar e eliminar causas especiais de forma preventiva, baseando-se em tendencias percebidas nos gráficos de controle. Fundamentado na metodologia Lean Six Sigma é criado o indicador I4, que busca comprovar a implementação do controle estatístico do processo, que é um método pragmático de acompanhamento de estabilidade e identificação das causas especiais de desvios. Dentro desse conceito, caso seja constatado que o método de controle não exista ou não seja seguido em uma operação, um indicador que considere no cálculo da maturidade a criação ou atualização desse método dentro de uma iniciativa de melhoria deveria existir, culminando na criação do indicador I8.

5. Juran e Feo (2010) afirmam que a abordagem de execução da melhoria contínua não pode ser aleatória. Aleu e Van Aken (2016) destacam como uma abordagem sistemática para execução de inciativas de melhoria, por meio de projetos, está ligada a melhoria contínua nas organizações. Esses preceitos foram base também para a criação do indicador I5, para comprovar a realização de projetos de melhoria contínua no período, ou após a verificação das métricas de controle, ou após a revisão dos critérios de qualidade demandados pelos clientes do processo.

6. A melhoria contínua ocorre por meio do conceito do kaizen, que é a identificação e redução de desperdícios do processo (CHEN; SHADY, 2010). Considerando que a identificação dos desperdícios e falhas deve ser feita de maneira pragmática evitando a subjetividade, isso acarreta a sugestão do indicador I6, que averigua se existe um método de verificação quantitativo da causa raiz dos problemas operacionais dentro das iniciativas de melhoria contínua.

7. Adams et al (1999) afirmam que o processo de melhoria contínua deve conter uma forma de atestar o alcance da melhoria planejada no início de um projeto. Ishikawa (1985, apud Svensson, 2006) destaca que para melhorar continuamente

deve-se rejeitar os níveis de tolerância no longo prazo, buscando resultados mais arrojados constantemente. Com base nessa premissa, além da averiguação longitudinal, em tempo de projeto é necessário verificar a melhoria obtida, portanto se estabelece o indicador I7, para atestar o aumento da capacidade do processo.

8. Os benefícios atingidos com os projetos de melhoria devem ser sustentáveis, os problemas solucionados em uma iniciativa não podem ressurgir em outros momentos ou outras gestões (SCHWEITZER; AURICH, 2010). Portanto, métodos de manutenção das melhorias tem que existir nas operações que prezam pela sustentabilidade dessas benfeitorias. Assim o indicador I9 é originado, que verifica se existe algum plano de controle, OCAP ou FMEA para controle do processo de maneira proativa.
9. Os especialistas entrevistados chamaram a atenção para um fenômeno particularmente observado em processos de tecnologia da informação, relacionado ao item 4 dessa listagem, controle e perenidade dos resultados do processo, no entanto, com foco no comportamento do controle dos processos ao longo do tempo por parte da gestão. Evidenciado por meio da observação da incorporação dos métodos de controle, criados durante os projetos de melhoria, que devem fazer parte das práticas de controle deste processo após o projeto. Esse conceito foi base para a criação do indicador I10, que busca atestar a observância dos pontos críticos encontrados após o projeto.

Com base nas entrevistas com especialistas externos os indicadores foram divididos entre indicadores que são condicionantes (C), aqueles que são linha de base para que as ações de melhoria contínua possam ser realizadas, mas não são ações de melhoria propriamente ditas, e indicadores que são garantidores (G), que são evidências de realização de melhoria contínua de processos. A existência das práticas ligadas à G depende da existência das práticas ligadas a C, assim, a aplicação do modelo depende de uma análise crítica para avaliar se as respostas possuem coerência teórica.

As respostas para os indicadores, formulados como perguntas, devem ser do tipo categóricas e binárias, verdadeiro ou falso, zero ou um.

A relação preliminar entre os indicadores e o nível de maturidade foi avaliada por meio da equação (1) elaborada de forma empírica, onde a maturidade da melhoria contínua em processos de TI é a Maturidade da Melhoria Contínua do Processo de TI, será chamada de MMCTI. Os indicadores I1, I2, I5, I6, I7 possuem peso um, pois são práticas condicionantes (C), são base para que seja realizada a melhoria dos processos, já os indicadores I3, I4, I8, I9 e I10 possuem peso 2, pois são elementos definidos como garantidores (G) da realização da melhoria contínua, que demonstram evidências de maior maturidade nas práticas de melhoria e dependem da existência dos elementos condicionantes, portanto sua demonstração é mais complexa e exige maior maturidade da gestão operacional. Por fim, a equação (1) foi normalizada dividindo-se os termos do somatório pelo valor total possível, para gerar uma escala resultante de 0 a 100.

$$\mathrm{MMCTI} = \left(\frac{I1+I2+(2\times I3)+(2\times I4)+I5+I6+I7+(2\times I8)+(2\times I9)+(2\times I10)}{15}\right)\times 100 \quad (1)$$

A partir dos conceitos e práticas de melhoria contínua observados, são definidos três grupos de resultados observados após aplicação do modelo:

- Baixa Maturidade (resultado 0 a 33), processos sem elementos condicionantes em sua totalidade, distantes da comprovação da realização da melhoria contínua, são processos que possuem apenas elementos condicionantes. A existência de elementos garantidores sem a presença dos condicionantes demonstra que os elementos garantidores não são efetivos e devem ser desconsiderados;
- Maturidade em Construção (resultado 34 a 73), processos com elementos condicionantes presentes, mas ainda carecem de controles de variabilidade com foco na perenidade, I4 e/ou I9 geralmente são falsos;
- Com Maturidade (resultado 74 a 100), processos com elementos condicionantes e elementos garantidores da melhoria contínua.

A proposta é que a combinação binária resultante da aplicação dos dez indicadores presentes no modelo represente uma avaliação da maturidade de melhoria contínua de processos.

## 3.2 Resultados da análise intra-caso

Todos os casos foram mapeados por meio da análise intra-caso. Utilizando o DMAIC como como base para as categorias e o Lean Six Sigma como base para as subcategorias esperadas. Foi possível verificar como são executadas cada uma das etapas de um projeto de melhoria, *Define Measure, Analyze, Improve e Control*, inferindo, por meio da frequência dos domínios, quais práticas ocorrem e sua relação com a melhoria contínua do processo abordado no caso.

A seguir serão listados os resultados das análises intra-caso, mantendo as avaliações no espectro generalista dos métodos gestão e evidencias de controle, sem adentrar nos elementos específicos e técnicos dos produtos de cada processo.

### *3.2.1 Caso A*

Os detalhes e pontos avaliados no caso A, segundo as etapas do *DMAIC* são listados a seguir:

1. *Define*:

Os dados históricos de cancelamentos estavam disponíveis com simples acesso, no entanto não eram utilizados para controle do processo. Não existia um acompanhamento da variação de tendencias do indicador no tempo. O contrato foi firmado, com meta clara e objetiva, aprovado pelo *sponsor* responsável, sem conexão com metas operacionais.

2. Measure:

Os processos ligados aos cancelamentos são conhecidos de forma superficial, não existe um registro de etapas e responsabilidades com detalhes de responsabilidade. Foi realizado um levantamento para avaliar o comportamento ao longo do tempo do *KPI*. Uma carta de controle do tipo P foi utilizada para avaliar a estabilidade, usada apenas em tempo de projeto, considerando que os dados são discretos. Estatísticas descritivas foram levantadas sobre os

dados. A capacidade do processo medida em nível sigma, por meio de uma conversão do DPMO apresentou um valor de 6 sigma, demonstrando que o número de defeitos é muito baixo frente ao total de oportunidades, no entanto ainda representava um problema do ponto de vista do cliente.

3. *Analyze*:

Uma análise por meio de um gráfico de Pareto foi realizada para categorizar os tipos de problemas relacionados ao *KPI* do projeto, sendo base para aplicação do diagrama de Ishikawa, 5 *Whys* e priorização de ações em uma matriz esforço impacto. Não foram utilizadas ferramentas estatísticas, apenas uma ferramenta qualitativa e uma ferramenta gráfica.

4. *Improve*:

A fase de melhoria estabeleceu seis plano de ação, utilizando a ferramenta *5W2H*, três desses planos ligados a formas de controle básicos demonstrando uma falta de maturidade no acompanhamento histórico do processo. Foram iniciadas frentes de cobrança para problemas que estavam parados sem solução a meses, no entanto o foco eram soluções sem visão longitudinal do problema. Foram implementadas ações subjetivas, como criação de workshop de tratativa e um fórum para apresentação de problemas, no entanto sem se tornar algo que faça parte de um controle oficial do processo, novamente sem preocupação com controle no futuro desses problemas.

5. *Control*:

Na etapa de controle uma nova carta P foi criada para avaliar o comportamento do *KPI* durante a implementação e após as melhorias, onde é perceptível a redução de cancelamentos em cerca de 65%, mas a carta não foi definida como parte integrante do controle futuro do processo. Na carta P o resultado dicotômico, especial ou não especial, os valores são calculados dividindo a contagem de eventos de resultados especiais pela contagem total de eventos, o P representa proporção. Uma análise de capacidade *to be* foi realizada, porém como esperado não ocorreram alterações pois o processo já tinha um nível de defeitos mínimo, seria importante ações com foco em variabilidade, algo que não foi criado. O fechamento é realizado com um guia contendo uma série de recomendações, mas sem elementos pragmáticos de controle. Assim a redução de defeitos no momento do projeto, apesar de benéfica, foi considerada como maior evidência de melhoria.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso A são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 – Contagem dos domínios observados no caso A

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 7 | SIPOC | 0 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 2 |
| Meta | 8 | Mapa do Processo AS IS | 5 | FTA | 3 | 5S | 0 | Capacidade to be | 2 |
| Limites de especificação | 9 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 0 |
| Carta de Controle As IS | 2 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 0 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 0 |
| Gráfico sequencial KPI | 4 | Estatísticas descritivas | 2 | DOE | 0 | Gestão visual | 0 | Treinamentos | 0 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 2 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 7 | Auditorias | 0 |
| VOC | 0 | Estratificação | 4 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 0 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 0 | Teste chi² | 0 | Validação Gráfica | 4 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 1 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 0 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 0 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 4 | | | | | | |
| | | Histograma | 1 | | | | | | |
| | | Box Plot | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 4 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 3 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 2 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 4 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 0 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.2 Caso B*

Os detalhes e pontos avaliados no caso B, segundo as etapas do *DMAIC* são listados a seguir:

1. *Define*:

Os levantamentos de dados não foi direto e demandou cruzamento de informações dos sistemas de monitoramento, assim não existia forma de controle padrão estabelecida antes do projeto, ou controle de variação. O contrato foi definido com meta bem delimitada, sem ligação com metas.

2. *Measure*:

Os processos de monitoramento são conhecidos pelos colaboradores responsáveis, com certo padrão, alcançado pela repetição de execução, no entanto não formalizado. Um *SIPOC* foi aplicado para mapeamento alto nível do processo e sua relação com fornecedores e clientes. Uma série temporal foi elaborada para realização de uma análise de comportamento do *KPI*. O mapeamento do processo constatou duplicidade nas ferramentas de monitoramento. A matriz

esforço e impacto foi utilizada como ferramenta de abordagem inicial para levantamento de causas, sem levantar as dores pela voz do processo, pode agilizar a criação de ações do tipo *quick win* equivocadamente, acaba priorizando causas enviesadas já existentes nas áreas operacionais. Uma estratificação e categorização dos dados foi realizada, junto com um estudo de correlação entre tipos de eventos para direcionar as análises.

Estatísticas descritivas das amostras foram calculadas e um teste de normalidade que apresentou resultado negativo. Os dados foram normalizados por meio de uma transformação de Johnson, possibilitando o cálculo da capacidade sigma de 2,17 (probabilidade de defeitos de 25%), com base no LSE ligado a meta. Um diagrama de Ishikawa foi criado para levantar mais causas potenciais.

3. *Analyze*:

Um teste estatístico de igual da de variâncias foi realizado para avaliar as diferenças entre eventos por dias de semana, demonstrando com p-valor <0,05 que um dos dias da semana representa maior variabilidade de eventos.

Foi realizada uma categorização por Pareto, evidenciando três grupos com 62% dos problemas, esses grupos passaram por um estudo de outliers, assim as ações foram priorizadas em uma nova matriz esforço impacto. Uma carta I-AM (amplitude móvel individual) foi aplicada para verificar a variabilidade e média do *KPI* em duas das categorias identificadas, ao longo de tempo, mostrando a instabilidade do processo. Assim oito causas raiz foram identificadas.

4. *Improve*:

Vinte e cinco planos de ação foram criados utilizando o *5W2H* como guia, amarados as respectivas causas fase de melhoria estabeleceu seis plano de ação, utilizando a ferramenta 5W2H. Novas cartas de controle foram criadas para cada categoria relacionada aos planos de ação evidenciado a queda de eventos, com foco na redução de ocorrências e não no estudo de variação.

Um novo estudo de normalidade e tranforção nos dados foram efetuados para o cálculo no nível sigma *to be*, que subiu para 3,4, uma redução de 62% dos problemas.

5. *Control*:

Uma nova carta I-AM para o KPI não estratificado foi elaborada contatando a redução e o estado de estabilidade do processo, utilizada apenas em tempo de projeto. Um teste de

hipóteses foi realizado para comprovar a diferença entre as variâncias nos momentos antes versus depois, demonstrando a redução com p-valor<0,05, que rejeita a hipótese nula. Formas de controle foram divulgadas em forma de recomendações, não foram criados procedimentos em torno dos modos de falha do processo.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso B são apresentados no Quadro 12.

Quadro 12 – Contagem dos domínios observados no caso B

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 8 | SIPOC | 2 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 4 |
| Meta | 10 | Mapa do Processo AS IS | 2 | FTA | 0 | 5S | 0 | Capacidade to be | 2 |
| Limites de especificação | 4 | VSM | 0 | Análise de regressão | 2 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 0 |
| Carta de Controle As IS | 4 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 2 | Poka yoke | 1 | Plano de controle | 0 |
| Gráfico sequencial KPI | 2 | Estatísticas descritivas | 4 | DOE | 0 | Gestão visual | 0 | Treinamentos | 0 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 0 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 9 | Auditorias | 0 |
| VOC | 0 | Estratificação | 0 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 4 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 3 | Teste chi² | 0 | Validação Gráfica | 0 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 1 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 4 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 3 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 2 | | | | | | |
| | | Histograma | 0 | | | | | | |
| | | Box Plot | 6 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 3 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 4 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 2 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 0 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 2 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 10 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.3 Caso C*

Os detalhes e pontos avaliados no caso C, segundo as etapas do DMAIC são listados a seguir:

1. *Define*:

O objetivo do projeto foi definido com base em metas organizacionais, com alvo de redução de 50% dos chamados. Não existia controle já estabelecido para ser usado como entrada na definição do projeto. O escopo foi definido de forma bem delimitada com aprovação

superior. O processo não era conhecido em detalhes e foi mapeado superficialmente com fluxos e SIPOC.

2. *Measure*:

Os dados foram apurados no momento do projeto e não faziam parte da gestão da rotina. Uma visão gráfica pelos dias da semana foi criada sem conclusões aparentes. Já os gráficos de Pareto foram importantes para encontrar categorias alvo por nível de criticidade.

Uma avaliação de estatísticas descritivas e teste de outliers foram calculados, um teste de distribuição demonstrou a não normalidade dos dados, que foram transformados por meio da técnica de Johnson, possibilitando o cálculo da capacidade sigma, considerando o LSE definido com base na meta de 50%, apresentou um valor zero, relacionado a falta de controle claro de modos de falha históricos do processo. Um diagrama de espinha de peixe foi aplicado para levantamento de causas potenciais.

Em função dos atrasos e duração do projeto, as medições precisaram ser refeitas utilizando as mesmas técnicas, demonstrando a necessidade de utilização dos dados como fotos do processo que se deterioram com o passar do tempo, e devem ser utilizadas o mais rápido possível nas análises.

3. *Analyze*:

Uma série temporal foi definida para acompanhar os chamados ao longo da execução das melhorias. Os dados foram segmentados com base em critérios de negócios, gráficos de Pareto. Causas especiais foram identificadas com análise de outliers.

Para avaliar a dependência entre a quantidade de chamados e as categorias definidas, testes estatísticos Chi² foram realizados para avaliar relação entre dados categóricos e suas contagens, comprovando com 95% de confiança a dependência dos chamados em função das categorias. Testes de regressão logística ordinal, foram realizados para comparar X contínuos com Y categorizados em níveis ordinais. Novos gráficos de Pareto foram criados para categorias estratificadas, chegando em quatro grandes causas principais para os chamados.

4. *Improve*:

Quatro planos de ação foram elaborados diretamente conectados com cada uma das causas, acompanhados com cronogramas simples. Atrasos nas implementações foram recorrentes, extrapolando as datas limite em mais de 110%.

5. *Control*:

Um teste de normalidade e estatísticas descritivas forma refeitos para analisar a situação dos indicadores pós melhoria, demonstrando a queda na média dos dados e o novo comportamento normal dos dados. Um teste de Mood para medias foi aplicado para comprovar a diferença estatística entre as medianas antes e depois das ações executadas, constatando a diferença pois o p-valor <0,05.

Cartas de controle I-AM foram aplicadas para verificar a variabilidade dos dados no tempo. O novo nível Sigma calculado apresentou um valor de 1,9. Nenhuma ação clara para manutenção dos níveis alcançados foi definida nem recomendada, caracterizando a inciativa com foco no curto prazo.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso C são apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 – Contagem dos domínios observados no caso C

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 2 | SIPOC | 2 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 2 |
| Meta | 4 | Mapa do Processo AS IS | 4 | FTA | 0 | 5S | 0 | Capacidade to be | 1 |
| Limites de especificação | 4 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 0 |
| Carta de Controle As IS | 2 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 0 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 0 |
| Gráfico sequencial KPI | 2 | Estatísticas descritivas | 4 | DOE | 0 | Gestão visual | 0 | Treinamentos | 0 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 0 | Regressão logística | 4 | 5W2H | 6 | Auditorias | 0 |
| VOC | 0 | Estratificação | 4 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 2 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 2 | Teste chi² | 5 | Validação Gráfica | 0 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 0 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 2 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 2 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 1 | | | | | | |
| | | Histograma | 0 | | | | | | |
| | | Box Plot | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 2 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 2 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 0 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 0 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 0 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.4 Caso D*

Os detalhes e pontos avaliados no caso D, segundo as etapas do DMAIC são listados a seguir:

1. *Define*:

O objetivo do projeto não foi definido de forma abrangente, definido como melhorar a qualidade do processo de resposta, sem entendimento claro por parte do sponsor, mesmo que tenha ocorrido apoio na execução da frente de melhoria. Foi observada uma resistência da gestão em definir uma meta baseada em dados pela necessidade de levantar os indicadores ou construir um sistema de medição não existente, o que foi visto como lento e não adequado pelos responsáveis. Apesar de apontado pelos gestores do projeto os líderes não atribuem a mesma importância a essa definição.

2. *Measure*:

As documentações de registros do processo não existiam, o processo foi mapeado de forma superficial com um fluxograma, causas foram levantadas de forma qualitativa por meio de um diagrama de Ishikawa, validando parcialmente o objetivo do projeto, no entanto não aparentava ser o problema principal, como não foram feitas avaliações baseadas em dados não foi possível ajustar a direção do projeto, pois os responsáveis mantiveram o direcionamento baseado em experiências práticas sobre o processo. Ocorreu cobrança para a definição de planos de ação do tipo quick win.

3. *Analyze*:

As análises de causa raiz foram apressadas pela necessidade rápida de resolução do problema. Ferramentas qualitativas como o 5 *Whys* e brainstorm foram aplicadas, mas sempre conectadas as hipóteses de causas definidas no início do projeto sem execução de validações.

4. *Improve*:

Quatro planos de ação foram criados, porém a relação com o objetivo do projeto continuou fraca pela falta de dados, assim não era possível explicar quais os motivos para as ações serem implementadas, a tentativa de solução ponderada de maneira qualitativa foi considerada, equivocadamente, suficiente. Os planos foram acompanhados com cronograma simples. Foram alterados e replanejados muitas vezes, pois não existia uma relação clara entre objetivo, causa e planos de ação.

Algumas alterações nos planos de ação foram encaradas como pilotos e simulações de implementação, no entanto não existia planejamento nesse sentido, se enquadravam mais como mudanças do tipo tentativa e erro.

A melhoria foi constatada de forma qualitativa com base na percepção dos gestores do processo, no entanto não é possível afirmar que a qualidade de execução do processo de fato melhorou de forma significativa além do surgimento de procedimentos e padrões.

5. *Control*:

Não foram estabelecidas formas de controle com foco no longo prazo, pois mesmo que que esse objetivo estivesse na estratégia do projeto, não seria possível sua execução correta já que causas raiz não foram identificadas ou modos de falha. A inciativa foi um exemplo de não compreensão de controle operacional e confusão com abordagem do tipo resolução de incidentes, onde o foco é reestabelecer o nível de desempenho aceito pelo cliente, mas neste caso incorretamente já que critérios relacionados a bons resultados são subjetivos e não padronizados.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso D são apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 – Contagem dos domínios observados no caso D

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 0 | SIPOC | 1 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 5 | Carta de controle to be | 0 |
| Meta | 0 | Mapa do Processo AS IS | 1 | FTA | 0 | 5S | 0 | Capacidade to be | 0 |
| Limites de especificação | 0 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 1 |
| Carta de Controle As IS | 0 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 0 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 0 |
| Gráfico sequencial KPI | 0 | Estatísticas descritivas | 0 | DOE | 0 | Gestão visual | 1 | Treinamentos | 1 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 0 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 4 | Auditorias | 0 |
| VOC | 2 | Estratificação | 0 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 0 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 0 | Teste chi² | 0 | Validação Gráfica | 0 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 0 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 0 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 0 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 0 | | | | | | |
| | | Histograma | 0 | | | | | | |
| | | Box Plot | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 0 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 4 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 0 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 0 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 0 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 4 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.5 Caso E*

Os detalhes e pontos avaliados no caso E, segundo as etapas do *DMAIC* são listados a seguir:

1. *Define*:

A meta do projeto foi definida como redução de 20% dos cancelamentos, sendo um problema crônico da área, o escopo foi delimitado com premissas, motivações e restrições, em função da relação com outros processos. O projeto teve aprovação e acompanhamento do *sponsor*. Um comportamento histórico do KPI foi levantado para apoiar a decisão sobre a meta e o limite de especificação.

2. *Measure*:

A medição se iniciou com o mapeamento macro do processo com a aplicação do SIPOC e na sequência o desenho do fluxo do processo. Não existiam procedimentos ou padrões previamente estabelecidos para realização das atividades operacionais. Uma série temporal foi elaborada para estudo de tendências do indicador em conjunto com estratificações e análise de outliers, por meio de histogramas. Estatísticas descritivas forma geradas para entendimento da amostra. Os dados apresentaram comportamento gaussiano no teste de normalidade.

A capacidade do processo foi calculada utilizando a técnica de DPMO, apresentando uma conversão em nível sigma de 1,1.

3. *Analyze*:

Uma análise de regressão foi feita para estudar o nível de correlação entre uma categoria importante e a variável dependente, indicando correlação média de 50%. O gráfico de Pareto foi utilizado para criação de hipóteses de categorias mais ofensoras. Mais 19 causas potenciais foram levantadas por meio do diagrama de Ishikawa e brainstorm.

Um teste de igualdade de variâncias com p-valor > 0,05, demonstrou que não havia dependência entre cancelamentos os dias da semana. Um novo teste do tipo chi² foi feito para verificar se a contagem de cancelamentos depende de categorias ligadas a questões técnicas do ambiente, apresentando p-valor < 0,05, rejeitando H0, indicando dependência de algumas categorias. As categorias foram investigadas por meio de estratificações mais profundas.

4. *Improve*:

Treze planos de ação foram elaborados de maneira bem delimitada, conectando objetivo, causas validadas e técnica para eliminar a causa raiz. Os planos foram priorizados usando uma matriz de esforço e impacto. Ao final das implementações uma redução de 53% foi observada.

5. *Control*:

Estatísticas descritivas foram levantadas para avaliar a nova média e desvio padrão dos dados, foi calculada a capacidade *to be* que apresentou um valor de 3,4 sigma. Um teste de hipótese de diferença de médias foi utilizado que demonstrou estatisticamente a queda na média do KPI do processo.

Cartas de controle I-AM foram construídas para evidenciar a alteração do indicador ao longo do projeto, em todas as categorias técnicas, consideradas como processos distintos, que demonstrou de forma clara a redução de média e desvio padrão, no entanto, causas de descontrole continuam aparecendo antes e depois da melhoria, as cartas não foram estendidas para utilização na operação pós projeto.

Um painel de controle de cancelamentos foi criado para gestão operacional diária e atuação em caso de desvios. Informes automáticos sobre o desempenho dos ambientes foram construídos para apoiar na atuação ágil nos modos de falha. Foram criadas reuniões de acompanhamento operacional para discussão das ações de contorno.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso E são apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 – Contagem dos domínios observados no caso E

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 2 | SIPOC | 4 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 8 |
| Meta | 3 | Mapa do Processo AS IS | 7 | FTA | 0 | 5S | 0 | Capacidade to be | 3 |
| Limites de especificação | 2 | VSM | 0 | Análise de regressão | 2 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 1 |
| Carta de Controle As IS | 0 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 6 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 2 |
| Gráfico sequencial KPI | 0 | Estatísticas descritivas | 2 | DOE | 0 | Gestão visual | 3 | Treinamentos | 1 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 1 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 4 | Auditorias | 0 |
| VOC | 4 | Estratificação | 3 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 3 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 2 | Teste chi² | 7 | Validação Gráfica | 0 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 0 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 2 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 0 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 0 | | | | | | |
| | | Histograma | 1 | | | | | | |
| | | Box Plot | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 1 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 4 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 1 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 2 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 0 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 4 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 0 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.6 Caso F*

Os detalhes e pontos avaliados no caso F, segundo as etapas do DMAIC são listados a seguir:

1. *Define*:

A meta do projeto foi definida de forma qualitativa, baseada em percepções de critérios de qualidade dos responsáveis pelo processo, ligados a reincidência de incidentes. Apesar do objetivo estar relacionado a um problema crônico, não existia um indicador relacionado nas ferramentas de monitoramento e a área não aceitou realizar a medição para iniciar adequadamente o projeto, então foi estabelecido um objetivo subjetivo de aumento de qualidade. A definição teve participação dos *sponsors* responsáveis com um especialista em melhoria como gestor do projeto.

2. *Measure*:

A etapa de medição consistiu no mapeamento do processo, por meio de um SIPOC e uma fluxograma, apesar de existir um processo registrado, não era atualizado nem representava a atual situação de trabalho. Uma análise de desperdícios e foi conduzida para identificação de gargalos, defeitos e etapas sem valor. Um diagrama de Ishikawa foi aplicado junto com seções de brainstorm para levantamento de causas. Uma matriz de esforço impacto foi utilizada para priorizar ações de aprofundamento e definição de *quick wins*.

3. *Analyze*:

As análises realizadas foram superficiais, em função da falta de dados para estudos de comportamentos, se baseado em ferramentas qualitativas mais básicas, 5 porquês e brainstorm. A superficialidade evidencia a situação de atacar rapidamente causas consideradas raízes, porém são percepções práticas baseadas em experiencia, enfraquecendo o potencial da inciativa.

4. *Improve*:

Sete planos de ação foram definidos para 9 causas com maior pontuação na matriz esforço e impacto. A ferramenta 5W2H foi aplicada para a construção dos planos. O acompanhamento das implantações seguiu um cronograma, vários replanejamentos ocorreram, as definições das ações de solução eram questionadas e revisadas sempre que algum gestor apontava algum ponto de atenção, como os planos não eram bem embasados, estavam muito suscetíveis a questionamentos, onde o valor de suas implementações era abstrato.

5. *Control*:

A completude da iniciativa é determinada com base nas percepções dos envolvidos no processo no aumento de qualidade, sem dados para suporte. A fase de controle é conduzida como uma fase de fechamento, deixando os elementos de controle de lado, buscando simplificar o processo. Um procedimento foi elaborado junto com treinamentos operacionais, porém possuem caráter educacional, sem preso de norma ou política operacional. No entanto isso deixa ainda mais frágil a iniciativa que buscou implementar um projeto de melhoria de maneira menos burocrática, acabou renunciando a conceitos básicos como se basear em dados, realizar a análise de causa raiz e estabelecer formas de controle de desvios no processo.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso F são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 – Contagem dos domínios observados no caso F

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 3 | SIPOC | 4 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 5 | Carta de controle to be | 0 |
| Meta | 0 | Mapa do Processo AS IS | 4 | FTA | 3 | 5S | 0 | Capacidade to be | 0 |
| Limites de especificação | 0 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 2 |
| Carta de Controle As IS | 0 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 0 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 0 |
| Gráfico sequencial KPI | 0 | Estatísticas descritivas | 0 | DOE | 0 | Gestão visual | 1 | Treinamentos | 3 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 0 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 5 | Auditorias | 0 |
| VOC | 6 | Estratificação | 0 | Desperdícios lean | 2 | Hipótese validação | 0 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 0 | Teste chi² | 0 | Validação Gráfica | 0 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 0 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 0 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 0 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 0 | | | | | | |
| | | Histograma | 0 | | | | | | |
| | | Box Plot | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 0 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 4 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 6 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 0 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 6 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 3 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.7 Caso G*

Os detalhes e pontos avaliados no caso G, segundo as etapas do DMAIC são listados a seguir:

1. *Define*:

Com um levantamento superficial dos dados foi definida a meta, como redução de 50% de lead time, atacando uma reclamação dos clientes do processo. Não existia controle de indicadores prévio ao projeto. Foi decidida por uma abordagem ágil para condução do projeto, as fases do DMAIC foram quebradas em sprints. O contrato foi firmado com restrições declaradas no escopo e aprovação do *sponsor* responsável. Um mapeamento básico do processo foi realizado para apoiar o entendimento do projeto.

2. *Measure*:

A medição foi iniciada com o desenho detalhado do processo, não existia processo documentado para servir de base. Estatísticas descritivas foram geradas para entendimento dos

dados, um teste de normalidade mostrou que não a amostra não era normal. Uma análise de outliers foi realizada junto com o entendimento das causas especiais. Várias tentativas de normalização foram realizadas sem sucesso, a amostra foi identificada como uma distribuição logo logística de 3 parâmetros. O cálculo do nível sigma apresentou o valor de -0,8.

Um brainstorm com especialistas gerou categorias para investigação. Um gráfico de Pareto foi criado com base nessas categorias para compreender quais categorias tem maios impacto do tempo. Posteriormente foram agrupadas e expandidas com a utilização de um diagrama espinha de peixe, fechando em algumas hipóteses de Xs potenciais. Ações do tipo *Quick Wins* foram estabelecidas com base na percepção de esforço qualitativa do time.

3. *Analyze*:

Testes não paramétricos foram realizados em função da distribuição não ser normal. Um *box blot* comparando todas as categorias foi criado para avaliar as diferenças entre sub amostras. Teste de hipóteses de diferença de medianas foi emprego para avaliação de dependência de uma categoria relacionada ao tipo de tecnologia, provando duas dependências e descartando uma. Foram aplicadas uma matriz de causa e efeito e uma matriz de esforço impacto para priorização das causas analisadas.

Foi criado um *FMEA* do processo, tendo como modo de falha o *KPI* do projeto, as causas consideradas foi Xs potenciais qualitativos, evidenciando a carência de forma de detecção proativa das causas das falhas listadas. Uma causa qualitativa adicional foi analisada com a ferramenta 5 *Whys*.

4. *Improve*:

Cinco planos de ação finais foram feitos utilizando o *5W2H* como roteiro. Apesar do projeto de melhoria ter sido conduzida de forma ágil, os planos de ação oriundos do projeto foram geridos por meio de cronograma simples.

5. *Control*:

Gráficos de Pareto e *box plot* foram construídos para mostrar a queda no tempo pelas categorias validadas nas fases anteriores. Um teste de diferença de medianas foi empregado para comparar os momentos, antes, durante e depois do projeto de melhoria. Um levantamento das estatísticas descritivas foi utilizado para estudar o novo comportamento dos dados. A amostra dos dados se em quando em uma distribuição logística, a medição de capacidade *to be* apresentou um resultado de 1,5 sigma.

Uma carta de controle foi criada para avaliação da tendencia do *KPI* ao longo do projeto, mas não foi estabelecida como meio de controle operacional futuro. As ações criadas na fase de melhoria já possuem viés de controle, portanto o objetivo de controle existia e pautou as ações, contudo os planos de ação ficaram sob responsabilidade do líder do projeto de melhoria, não aconteceu uma passagem de responsabilidade para a área ou para o gestor operacional.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso G são apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 – Contagem dos domínios observados no caso G

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 4 | SIPOC | 0 | FMEA | 4 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 3 |
| Meta | 3 | Mapa do Processo AS IS | 3 | FTA | 3 | 5S | 0 | Capacidade to be | 5 |
| Limites de especificação | 1 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 2 |
| Carta de Controle As IS | 0 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 5 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 2 |
| Gráfico sequencial KPI | 0 | Estatísticas descritivas | 5 | DOE | 0 | Gestão visual | 0 | Treinamentos | 0 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 6 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 5 | Auditorias | 0 |
| VOC | 4 | Estratificação | 4 | Desperdícios lean | 1 | Hipótese validação | 3 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 3 | Teste chi² | 0 | Validação Gráfica | 4 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 2 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 4 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 6 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 4 | | | | | | |
| | | Histograma | 2 | | | | | | |
| | | Box Plot | 3 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 2 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 3 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 2 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 2 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 2 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 3 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.8 Caso H*

Os detalhes e pontos avaliados no caso H, segundo as etapas do *DMAIC* são listados a seguir:

1. *Define*:

A meta do projeto foi definida de forma detalhada por meio de um estudo detalhados das inconsistências históricas, buscando sua redução em 80%. Já existia o acompanhamento do indicador operacional, sua análise ocorria mensalmente.

2. *Measure*:

Foi feita uma categorização por tipos de inconsistências utilizando um levantamento gráfico. Um *SIPOC* foi construído para avaliar o processo de forma inicial, principal fornecedores e clientes. Um desenho detalhado foi efetuado para entender pontos de desperdício e possível causas potenciais. A capacidade inicial foi calculada na forma de DPMO com uma abordagem para distribuição binomial aplicada a um Y categórico, apresentando um nível sigma de 1,7. Uma carta P de Laney foi criada e demonstrou a estabilidade do processo.

Um diagrama de Ishikawa foi feito para estudar quais seriam a causas mais comuns na visão do time do processo, consultado em uma reunião de brainstorm.

3. *Analyze*:

Um gráfico de Pareto foi elaborado para avaliar subcategorias relacionadas a um X potencial, testes chi² foram feitos para comprovar a hipótese construída graficamente, apoiando a hipótese alternativa com p-valor < 0,05, corroborando com Ha. A ferramenta 5 *Whys* foi utilizada para detalhar a causas iniciais levantadas, que possuem característica qualitativa impossibilitando a medição dos Xs. Uma matriz esforço e impacto foi feita para estudar quais ações seriam priorizadas.

4. *Improve*:

Três planos de ação finais foram elaborados utilizando o *5W2H* como base de criação, foram acompanhados por meio de um cronograma simples. Processos *to be* foram criados para evidenciar as mudanças nas etapas de trabalho demandadas pelos planos de melhoria. A nova capacidade foi calculada pelas mesmas técnicas DPMO binomial, apresentando agora um nível sigma de 3,0

5. *Control*:

Na fase de controle a carta P de Laney foi refeita evidenciando o comportamento do indicador antes, durante e depois da melhoria. Demonstrando a queda expressiva de 80% nos defeitos alvo do projeto. Um plano de controle de inconsistências foi criado para acompanhamento mensal com detalhes de atuação em caso de desvio, entretanto a responsabilidade de execução do controle fica na responsabilidade do líder do projeto e não é

incorporada com parte do processo, demonstrando uma falha na passagem de responsabilidade do projeto de melhoria para a operação.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso H são apresentados no Quadro 18.

Quadro 18 – Contagem dos domínios observados no caso H

| Define | Contagem domínios | Measure | Contagem domínios | Analyze | Contagem domínios | Improve | Contagem domínios | Control | Contagem domínios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 5 | SIPOC | 2 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 5 |
| Meta | 3 | Mapa do Processo AS IS | 4 | FTA | 5 | 5S | 0 | Capacidade to be | 2 |
| Limites de especificação | 2 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 0 |
| Carta de Controle As IS | 5 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 0 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 2 |
| Gráfico sequencial KPI | 3 | Estatísticas descritivas | 1 | DOE | 0 | Gestão visual | 0 | Treinamentos | 0 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 3 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 7 | Auditorias | 0 |
| VOC | 1 | Estratificação | 2 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 0 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 0 | Teste chi² | 6 | Validação Gráfica | 3 | OCAP | 2 |
| | | Amostragem | 3 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 0 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 0 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 0 | | | | | | |
| | | Histograma | 5 | | | | | | |
| | | Box Plot | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 3 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 3 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 5 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 0 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 5 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 0 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.9 Caso I*

Os detalhes e pontos avaliados no caso I, segundo as etapas do DMAIC são listados a seguir:

1. *Define*:

Os objetivos do projeto foram definidos com apoio do *sponsor* da área. Com base em um histórico de controle do *KPI* e um mapeamento sintetizado do processo, feito com a ferramenta *SIPOC*, a meta da inciativa foi estabelecida como aumento de 10% do nível de controle.

2. *Measure*:

Os dados detalhados foram retirados de sistemas distintos de controle com bases divergentes, os dados eram categóricos do tipo binário, defeito e não defeito. O cálculo da capacidade do processo foi feito utilizando o DPMO convertido em 2,5 sigma. Foi possível realizar uma apuração financeira do nível de defeitos. Um diagrama de causa e efeito foi construído para levantamento de possíveis causas que afetam o indicador do projeto, uma matriz de causa e efeito foi utilizada para avaliar a relação de impacto com o Y, no fim a matriz de causa e feito foi aplicada para priorizar as ações com mais retorno. Nenhum tipo de registro do processo ou procedimento existia, tampouco foi criado no projeto

3. *Analyze*:

Um FMEA foi elaborado para estudo das causas qualitativas, buscando priorizar as causas com os métodos de detecção mais deficitários segundo o índice *RPN*, apurado por meio de um brainstorm com os envolvidos no processo colhendo níveis de ocorrência, severidade e detecção dos modos de falha. As outras causas relacionadas a categorias foram contadas e sua relação com a métrica do projeto foi apurada por meios de testes chi².

4. *Improve*:

Quatro planos de ação foram concebidos seguindo as etapas da ferramenta *5W2H*, foram acompanhados por meio de um cronograma simples. Todos os planos foram concluídos com menos de 10% de atraso.

5. *Control*:

O novo nível de capacidade foi calculado, mostrando um valor de 3,3 sigma. Um novo teste chi² foi realizado para comparar a proporção de defeitos entre os momentos antes e depois no projeto, demonstrando com 95% de confiança que o processo tinha um nível de defeitos menor. Uma carta P antes e depois foi criada, apresentando que o processo antes não estável agora demonstrava estabilidade nos resultados, mas as técnicas de controle só foram utilizadas durante o projeto. Nenhum plano de controle ou passagem de responsabilidade de acompanhamento foi firmado com os responsáveis pelo projeto, inciativa teve fim e si própria.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias definidas verificados em cada etapa do caso I são apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 – Contagem dos domínios observados no caso I

| Define | Contagem dominios | Measure | Contagem dominios | Analyze | Contagem dominios | Improve | Contagem dominios | Control | Contagem dominios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 3 | SIPOC | 4 | FMEA | 8 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 3 |
| Meta | 4 | Mapa do Processo AS IS | 0 | FTA | 0 | 5S | 0 | Capacidade to be | 4 |
| Limites de especificação | 2 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 0 |
| Carta de Controle As IS | 0 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 0 | Poka yoke | 0 | Plano de controle | 0 |
| Gráfico sequencial KPI | 0 | Estatísticas descritivas | 0 | DOE | 0 | Gestão visual | 0 | Treinamentos | 0 |
| Análise Econômica | 2 | Análise tipo de dados | 4 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 6 | Auditorias | 0 |
| VOC | 1 | Estratificação | 0 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 5 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 0 | Teste chi² | 7 | Validação Gráfica | 0 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 0 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 0 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 0 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 0 | | | | | | |
| | | Histograma | 0 | | | | | | |
| | | Box Plot | 0 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 6 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 7 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 3 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 3 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 4 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 0 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.2.10 Caso J*

Os detalhes e pontos avaliados no caso J, segundo as etapas do *DMAIC* são listados a seguir:

A. *Define*:

Dados históricos forma levantados para entender a tendencia do tempo de resposta, os pontos básicos do processo forma levantados utilizando o conhecimento das pessoas envolvidas na atuação, insumos utilizados como apoio na definição da meta, dificuldades forma encontradas já que muitas informações de monitoramento dependiam de preenchimento manual.

B. *Measure*:

A medição foi iniciada pela construção de um SIPOC e em seguida o mapeamento detalhado em um fluxograma. Uma análise de outlier foi feita, onde foi constatada informações registradas incorretamente na base. Os dados contínuos não se enquadraram em uma distribuição normal, ocorreram tentativas de transformação dos dados sem sucesso, a amostra

acabou se ajustando a uma distribuição weibull 3 parâmetros. O nível sigma apurado apresentou o valor de 0,9 sigma. Também foi apurada uma capacidade apartada para o segmento do processo excetuado por times terceiros, no entanto o resultado foi semelhante.

Um diagrama de Ishikawa foi construído para levantar junto aos participantes do projeto quais as variáveis que poderiam impactar o KPI do projeto. Um quick win de solução simples foi identificado para alteração do processo de cadastro de ativos.

C. *Analyze*:

Uma matriz causa e efeito foi elaborada para apurar quais causas teriam maior impacto, uma matriz esforço impacto foi utilizada para a priorização final dos pontos a serem atacados. Outras duas ações do tipo *quick win* foram identificadas, as soluções foram do tipo *poka yoke*. Duas causas sem dados, do tipo qualitativas foram detalhadas por meio da ferramenta 5 porquês. Uma relação Y contínuo X discreto foi avaliada por meio da construção de um gráfico de *box plot* e testada por um teste de mediana, constatando a causa raiz.

D. *Improve*:

As causas potenciais foram base para a criação de planos de ação, criados com base na visão dos especialistas do processo, as ações foram acompanhadas por sprints.

E. *Control*:

Uma nova avaliação de outliers foi feita, evidenciando que após a melhoria os outliers foram reduzidos em 50%. Os dados *to be* continuam não se enquadrando em uma curva normal, e se justaram a uma distribuição Weibull. A capacidade do processo foi calculada para o novo cenário e apresentou o valor de 1,74 sigma, melhoria significativa de 63% mesmo não batendo a meta definida de 70%. Um teste de Mood para medianas comparando os valores antes e depois do indicador do projeto, foi empregado, o resultado com p-valor < 0,05, corroborando com a hipótese alternativa, mostrou que o processo se comportava de forma diferente, com valores significativamente menores após as melhorias.

Alguns controles automáticos foram criados por meio dos sistemas de registro, contudo fora a abordagem no projeto não foram estabelecidos planos de controle para acompanhamento pragmático da operação após o projeto. A avaliação da estabilidade não foi realizada.

A contagem dos domínios, correlacionados as categorias e subcategorias verificados em cada etapa do caso J são apresentados no Quadro 20.

Quadro 20 – Contagem dos domínios observados no caso J

| Define | Contagem domínios | Measure | Contagem domínios | Analyze | Contagem domínios | Improve | Contagem domínios | Control | Contagem domínios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Contrato do projeto | 6 | SIPOC | 4 | FMEA | 0 | Simulação e Piloto | 0 | Carta de controle to be | 0 |
| Meta | 6 | Mapa do Processo AS IS | 3 | FTA | 3 | 5S | 0 | Capacidade to be | 4 |
| Limites de especificação | 4 | VSM | 0 | Análise de regressão | 0 | Kanban | 0 | Procedimento padrão | 0 |
| Carta de Controle As IS | 0 | MSA | 0 | Hipótese de verificação | 6 | Poka yoke | 3 | Plano de controle | 0 |
| Gráfico sequencial KPI | 0 | Estatísticas descritivas | 4 | DOE | 0 | Gestão visual | 0 | Treinamentos | 0 |
| Análise Econômica | 0 | Análise tipo de dados | 1 | Regressão logística | 0 | 5W2H | 3 | Auditorias | 0 |
| VOC | 2 | Estratificação | 2 | Desperdícios lean | 0 | Hipótese validação | 4 | CEP | 0 |
| | | Análise de outliers | 6 | Teste chi² | 0 | Validação Gráfica | 3 | OCAP | 0 |
| | | Amostragem | 0 | | | Diagrama de Gantt | 0 | | |
| | | Teste normalidade | 5 | | | | | | |
| | | Transformação de dados | 3 | | | | | | |
| | | Gráfico de Pareto | 0 | | | | | | |
| | | Histograma | 2 | | | | | | |
| | | Box Plot | 5 | | | | | | |
| | | Diagrama de dispersão | 0 | | | | | | |
| | | Capacidade as is | 3 | | | | | | |
| | | Brainstorm | 2 | | | | | | |
| | | Diagrama de Ishikawa | 4 | | | | | | |
| | | Diag. de causa e efeito | 2 | | | | | | |
| | | Matriz esforço e impacto | 3 | | | | | | |
| | | Ações Quick Win | 6 | | | | | | |
| | | Evento Kaizen | 0 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

## 3.3 Resultados da análise inter-casos

A análise inter-casos foi empregada para identificar quais fatores registrados nos casos convergem e quais são exclusivos, tendo o propósito de coletar elementos que apoiam a resposta ao objetivo da pesquisa, materializada posteriormente em um modelo de maturidade baseado em indicadores. As análises foram realizadas por meio da síntese das informações provenientes das entrevistas, observações e documentos retirados dos casos, possibilitando a comparação entre todos os projetos de modo cruzado de maneira exploratória. Foram encontrados pontos de intersecção entre os casos mesmo em situações em que os processos analisados possuíam produtos diametralmente diferentes, sendo uma prática gerencial. Buscou-se realizar uma inferência integral e ampla dos aspectos examinados, por meio de uma visão unificada dos comportamentos de casos. O modelo de maturidade da melhoria contínua de processos de TI é o canal para construção dessa visão unificada.

A visão unificada da maturidade da gestão da melhoria contínua nos processos de TI estudados foi construída por meio da aplicação do modelo MMCTI. Para que a confrontação

dos casos fosse realizada era necessário definir os pilares que atestam a execução efetiva da melhoria contínua, que podem ser observados em projetos conduzidos seguindo o DMAIC, esses pilares são os indicadores que compõem o modelo proposto.

A Quadro 21 mostra o MMCTI resultante da aplicação do modelo, para todos os casos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J.

Quadro 21 – Indicadores para avaliação de realização da melhoria contínua eficaz

| Processos de TI | **I1** - Processo registrado, seguido e conhecido pelo time? | **I2** - KPI estabelecido para acompanhamento de resultados? | **I3** - Métodos de Controle do KPI do processo estabelecidos e seguidos? | **I4** - Processo em condição de estabilidade ou Estabilidade Retomada? | **I5** - Projetos de melhoria realizados no período no processo? | **I6** - Análise de causa raiz feita de forma quantitativa, considerando o KPI como variável dependente? | **I7** - Aumento da capacidade comprovado no processo? | **I8** - CEP Implementado ou atualizado? | **I9** - Plano de controle, OCAP ou FMEA implementado? | **I10** - Responsabilidade de monitorar os pontos críticos é passada formalmente para o gestor | MMCTI: Maturidade da melhoria contínua para o processo ( 0 à 100) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| B | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 73 |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 33 |
| D | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| E | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 67 |
| F | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| G | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 87 |
| H | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 33 |
| I | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| J | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 33 |

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo de maturidade aplicado aos 10 casos apresentou uma maturidade média (MMCTI) de 42 em uma escala de 0 a 100, indicando que as práticas de melhoria contínua se encontram em um estado de construção da maturidade, 74% dos indicadores satisfeitos são do tipo condicionante, mostrando que os métodos de melhoria de processos em TI possuem oportunidade para evolução de maturidade.

### *3.3.1 Cenários observados*

As interpretações dos resultados da análise inter-casos resultaram na percepção de situações particulares sobre as práticas de execução da melhoria contínua em processos de TI observadas nos casos:

1. Confusão do conceito de "melhoria contínua" com "melhoria frequente". A execução de ações de melhoria de forma serial em um processo é percebida como melhoria contínua, pela falta de um acompanhamento comparativo entre projetos aplicados ao mesmo processo na linha do tempo. Cenário observado em todos os casos estudados, não existia um controle estabelecido com base em projetos de melhoria anteriores nos processos.
2. A etapa *Control* do *DMAIC* tem como principal objetivo estabelecer controles para serem operacionalizados, não apenas garantir que o processo está sob controle no momento do projeto de melhoria. No entanto práticas pensadas na perenidade dos resultados não são instituídas de forma efetiva. Esse cenário foi observado nos casos A, C, D, F, H, I, J.
3. Não existem métricas de controle para análise da desempenho no início dos projetos de melhoria, evidenciando que não há controle prévio, a linha de base de estudo é criada no início de cada novo projeto de melhoria de processos. Essa situação foi vista nos casos A, C, D, H, I, J.
4. Os gestores de projeto não possuem conhecimento técnico sobre a metodologia DMAIC ou outras técnicas de melhoria de processos. São realizados planejamentos empíricos que usam o PDCA como guia superficial, e mesmo o PDCA é aplicado equivocadamente. Cenário observado em todos os casos.
5. Não existe autonomia ou poder delegado aos gestores de projetos de melhoria de processos. São no geral executores de demandas, baseados em hipoteses dos gestores operacionais sobre os problemas processuais. Isso limita a capacidade de propor soluções inovadoras oriundas das métricas dos processos. Cenário observado em todos os casos.
6. Gestão operacional não é orientada por dados. Existem indicadores, porém sem relação com o valor do produto de cada processo, ou alguma prática de controle operacional, causando confusão ou não utilização dos indicadores, sem relação

direta com o desempenho do processo. Os indicadores estão relacionados a uma compreensão subjetiva do que representa valor para o processo em questão, ou a necessidade de apresentar a volumetria de serviços para a gestão superior, o que não representa valor para o cliente. Os casos B e G não se enquadraram nesse problema.

7. Os meios de controle utilizados durante os projetos de melhoria não são operacionalizados de forma correta. Encarados como ferramentas que fazem parte apenas da iniciativa de melhoria, não são absorvidos no dia a dia do controle operacional. Naturalmente, como os indicadores não são conectados com o valor para o cliente, acaba não sendo necessário controlar esses indicadores, que são levantados apenas no momento da emissão de relatórios de prestação de contas. Os casos A, D, F, H, I se enquadraram nesse cenário.

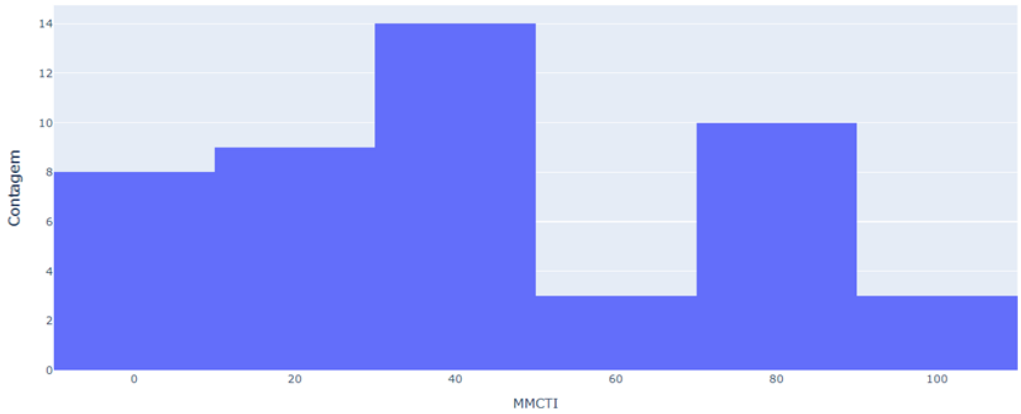
8. Confusão quanto a necessidade de execução dos projetos por métodos ágeis, com velocidade de término dos projetos de melhoria, acelerando as fases de planejamento, *Define*, *Measure*, *Analyze*, dando atenção para a fase *Improve*. Cenário observado em todos os casos.

9. A investigação de causa raiz é feita sem métodos quantitativos, ocasionando na criação de planos de ação de forma empírica com pouca ou nenhuma comprovação por dados, criando ações do tipo "tentativa e erro". Os problemas em processos de TI são encarados sob a perspectiva de sua tecnologia, não do ponto de vista do processo, assim, especialistas na tecnologia relacionada ao processo, emitem opiniões que são decididas por ponderação, não por análise de dados ou técnicas de gerenciamento de processos. É possível identificar técnicas quantitativas em quase todos os casos, menos casos D e F, no entanto, a aplicação é feita para validar pressupostos levantados de maneira qualitativa com base na opinião de especialistas.

## 3.4 Validação do modelo de maturidade

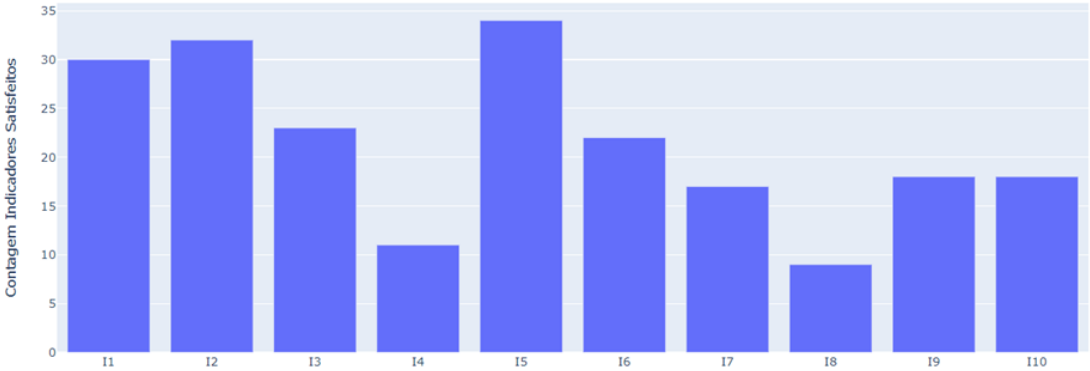
O modelo foi utilizado para aplicação em mais 50 processos de TI além dos 10 casos iniciais, o resultado da aplicação foi insumo para validação do modelo, os resultados do MMCTI para os 60 processos são vistos no histograma do Gráfico 1. Os resultados apresentaram média de 43,54 e desvio padrão de 30,70, enquadrando a maioria dos processos de TI estudados, no patamar de construção inicial da maturidade da melhoria de processos. O Gráfico 2 mostra a frequência dos indicadores satisfeitos nos processos avaliados, os indicadores do tipo Garantidores, I3, I4, I8, I9 e I10 ocorrem com menor frequência, em 39% das vezes, enquanto Condicionantes ocorreram em 61% das vezes.

Gráfico 1 – Histograma MMCTI processos avaliados




Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2 – Indicadores satisfeitos nos processos avaliados

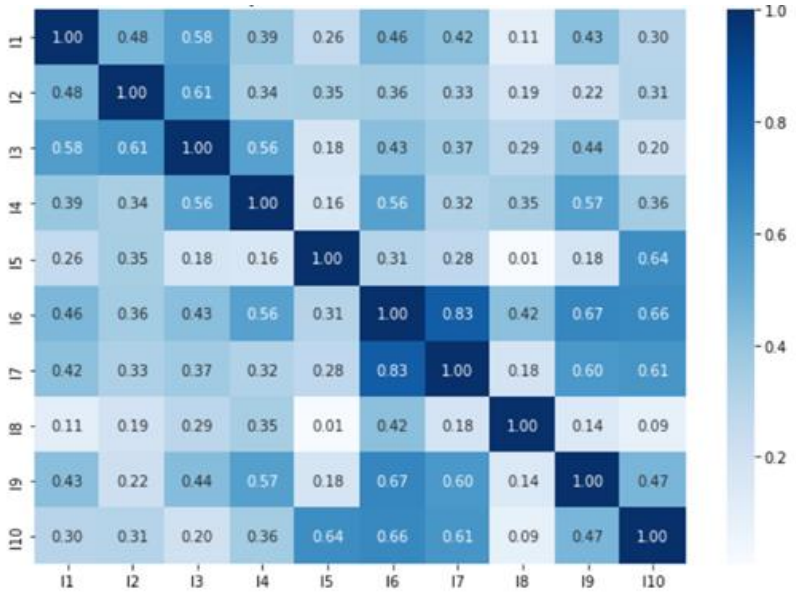



Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.4.1 Análise de fatores*

O modelo foi avaliado por meio da técnica de análise de fatores, utilizando a linguagem de programação Python e a biblioteca FactorAnalyzer, no ambiente Google Colab. Inicialmente foi verificada a existência de correlação significativa entre as variáveis, com 6 ocorrências na faixa de 0,6 a 0,83, indicando possibilidade de fatoração do modelo como na Figura 12.

Figura 12 – Correlação entre Variáveis Independentes MMCTI




Fonte: Elaborado pelo autor

Uma análise de possibilidade de fatoração foi realizada para garantir que os dados coletados podem ser agrupados em fatores. O Teste da esfericidade de Bartlett verifica se as variáveis estão correlacionadas entre si, comparando a matriz de correlação com a matriz identidade, que representaria variáveis completamente não correlacionadas.

O Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), é um teste de hipótese e avalia se o modelo é adequado para a análise fatorial. Realizando um teste para cada variável e para o conjunto completo de variáveis. O resultado representa o grau em que cada variável pode ser predita, pelas demais variáveis no conjunto. Os resultados dos testes são apresentados na Quadro 22.

Quadro 22 – Testes para aplicação da análise fatorial

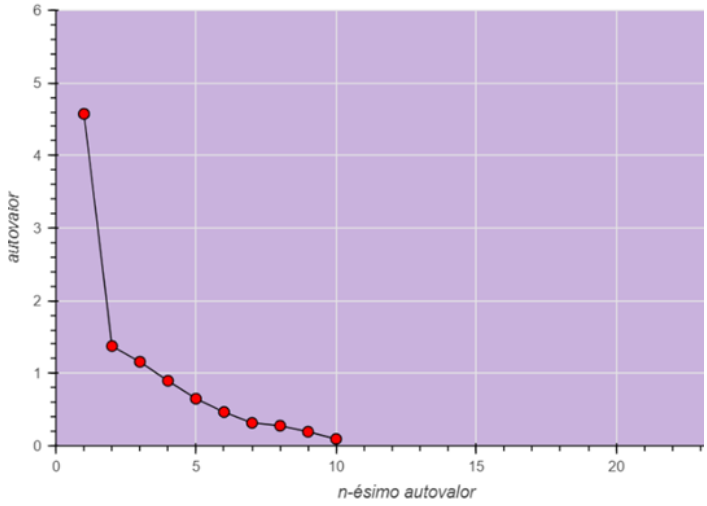
| Teste | Resultados | Interpretação |
|---|---|---|
| Esfericidade de Bartlett | P-value = 0 | Rejeita Ho.<br><br>Existe condição de fatorabilidade.<br><br>Matriz de correlação dos dados não é a matriz identidade. |
| KMO | Valores de kmo_all = [0.87952895 0.80411546 0.74804858 0.76369907 0.65336281 0.7222984 0.72516337 0.51252968 0.86695516 0.75158748]<br><br>KMO = 0.7520848934075599 | Valores de KMO podem estar entre 0 e 1 e valores abaixo de 0.6 são considerados inadequados<br>.<br>KMO = 0,75 Análise Fatorial é aceitavel. |

Fonte: Elaborado pelo autor

Após os testes de elegibilidade para análise fatorial a biblioteca *Factor Analyzer* foi usada para inferir graficamente a quantidade de fatores do modelo. Conforme observado no Gráfico 3.

.

Gráfico 3 – Autovalores obtidos na análise fatorial




Fonte: Elaborado pelo autor

Utilizando o critério de Kaiser-Guttman selecionando autovalores > 1, temos 3 fatores que devem ser utilizados como número inicial dos fatores que descrevem o modelo.

Foi possível observar que uma melhor explicação das variáveis pelo modelo fatorial é alcançada pela utilização de 5 fatores, a comparação é mostarda na Quadro 23. Apesar do amplo

uso do critério Kaiser-Guttman, existe indicação na literatura de que seus resultados são imprecisos, superestimando a quantidade de fatores, inferindo quantidades menores do que deveriam ser, principalmente quando as amostras são baixas (DAMÁSIO; 2012). Outro método é o teste de Cattel, onde o procedimento consiste na observação do gráfico dos autovalores. Por meio da análise do gráfico, é possível observar quais fatores apresentam maiores autovalores, responsáveis por uma maior variância explicada. O objetivo é encontrar o ponto chamado de cotovelo, onde os autovalores apresentam tendência descente linear. Muitas vezes essa identificação é subjetiva, mas funciona relativamente bem para fatores bem definidos (DAMÁSIO; 2012).

Quadro 23 – Variação da quantidade de fatores e resultados da análise fatorial

| Número de fatores | Resultados | **Interpretação** |
|---|---|---|
| **2** | Comunalidade total é de 5,18<br>Todos 2 fatores possuem cargas<br>6 variáveis comunalidade < 0,6 | 10 variáveis indica uma média de 0.518 para o modelo.<br>Eficiência média de 51,8% do modelo em explicar a variação de cada variável do teste. |
| 3 | Comunalidade total é de 6,10<br>Todos 3 fatores possuem cargas<br>5 variáveis comunalidade < 0,6 | 10 variáveis indica uma média de 0.610 para o modelo.<br>Eficiência média de 61,0% do modelo em explicar a variação de cada variável do teste. |
| 4 | Comunalidade total é de 7,03<br>Todos 4 fatores possuem cargas<br>3 variáveis comunalidade < 0,6 | 10 variáveis indica uma média de 0.703 para o modelo.<br>Eficiência média de 70,3% do modelo em explicar a variação de cada variável do teste. |
| **5** | Comunalidade total é de 7,20<br>Todos 5 fatores possuem cargas<br>3 variáveis comunalidade < 0,6 | 10 variáveis indica uma média de 0.720 para o modelo.<br>Eficiência média de 72,3% do modelo em explicar a variação de cada variável do teste. |
| **6** | O fator 6 não possui cargas | Indica que um modelo com menos fatores seria melhor. |

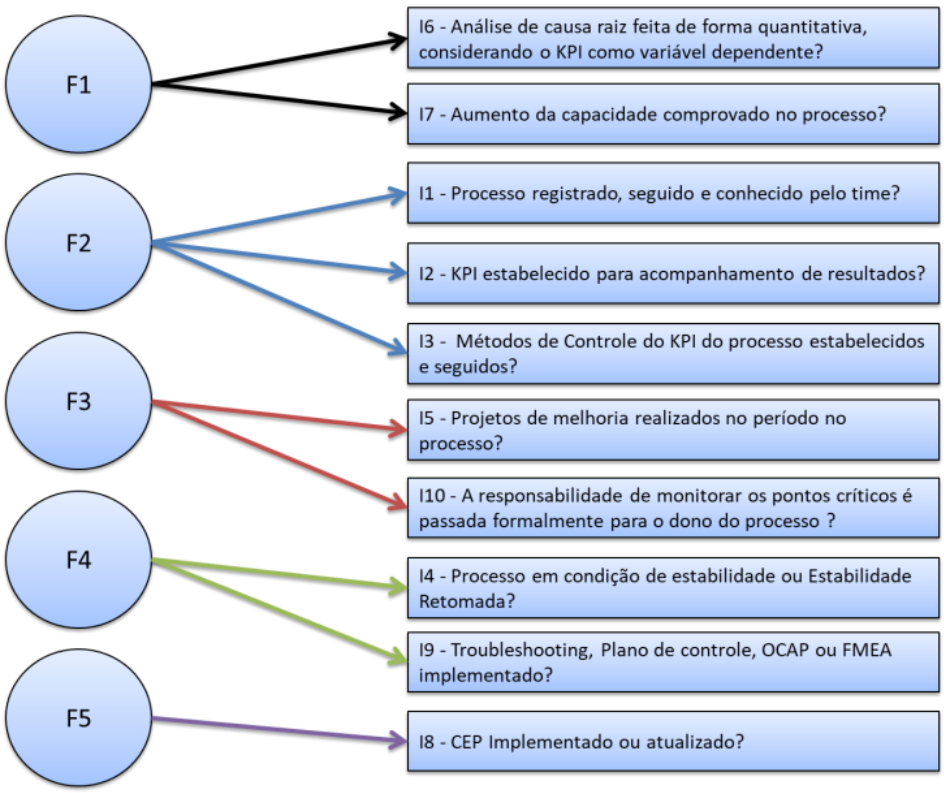
Fonte: Elaborado pelo autor

A composição com 5 fatores representa aproximadamente o agrupamento de variáveis mostrado na Figura 13, sendo as correspondências dos fatores com os indicadores no modelo de maturidade, o Fator1: I6 e I7; Fator2: I1, I2 e I3; Fator3: I5 e I10; Fator4: I4 e I9; Fator5: I8. Isso demonstra que a inferência teórica mostrada na tabela 8, que agrupa os indicadores em 5

conceitos teóricos é apoiada pela análise fatorial, no entanto as variáveis são agrupadas de forma diferente na análise de fatores.

A análise foi realizada apenas com objetivo confirmatório, como existe perda de capacidade interpretativa das variáveis independentes após agrupamento em fatores, o modelo não foi reduzido, mantendo a possibilidade de aplicação de cada um dos indicadores individualmente ao processo avaliado, pois é importante realizar a interpretação do estado do processo com base na combinação dos indicadores satisfeitos em cada aplicação.

Figura 13 – Relação de fatores e variáveis




Fonte: Elaborado pelo autor

### *3.4.2 Análise de confiabilidade interna*

Foi realizado ainda um teste de confiabilidade, teste do alfa de Cronbach, no resultado da aplicação do modelo em 60 processos, que avalia consistência interna entre as variáveis independentes presentes no modelo (NUNNALLY; BERNSTEIN, 1994). Caso exista repetibilidade de resultados quando um instrumento é aplicado a casos semelhantes, a medição é confiável. A confiabilidade é uma estimativa, com maior ou menor grau de certeza (MAROCO; GARCIA-MARQUES, 2006).

A análise de confiabilidade interna foi realizada por meio do teste do alfa de Cronbach, utilizando a linguagem Python, biblioteca Psython, no ambiente de desenvolvimento Google Colab, considerando os 10 indicadores do modelo de maturidade com 60 amostras. O Alfa de Cronbach apresentou um valor geral de 0,84 variando de 0,774 a 0,895 com 95% de confiança, para fatores individuais. De acordo com Nunnally e Bernstein (1994) o coeficiente precisa ser maior que 0,7, assim os valores estão em uma faixa aceitável, sugerindo que as variáveis possuem consistência interna.

Figura 14 – Análise de confiabilidade Alfa de Cronbach

```
[(0.8410917320540445, array([0.774, 0.895])),
   Item  ...  Cronbach's Alpha if Item Deleted
 0   I1  ...                          0.832702
 1   I2  ...                          0.821339
 2   I3  ...                          0.822306
 3   I4  ...                          0.825599
 4   I5  ...                          0.852947
 5   I6  ...                          0.813910
 6   I7  ...                          0.824635
 7   I8  ...                          0.836929
 8   I9  ...                          0.817008
 9  I10  ...                          0.812385
```

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo elaborado, MMCTI, apresenta possibilidades promissoras, no entanto, o resultado da aplicação a processos de TI deve ser encarado de forma norteadora e pode ajudar o gestor do processo ou o pesquisador a entender quais práticas podem ser revisadas para evoluir buscando maior maturidade na gestão das práticas de melhoria de processos. O modelo não foi elaborado para aplicação isolada, é importante que um especialista em melhoria de processos, avalie quais as deficiências específicas apontadas para cada processo

individualmente, estudando a combinação de respostas dos 10 indicadores presentes no modelo, essa combinação é o estado da maturidade da gestão da melhoria do processo avaliado.

### *3.4.3 Modelagem por aprendizado de máquina*

A modelagem seguiu as etapas descritas por Géron (2019), excluindo a etapa 8, voltada para o controle de modelos em ambiente de produção, fora do escopo dessa pesquisa.

1. Observação do quadro geral do problema.

Trata-se de um problema predição do tipo supervisionado e de classificação, a variável dependente é do tipo categórica, segundo as classificações do nível de maturidade da melhoria contínua definidos nas seções anteriores. O objetivo foi criar um modelo para prever o MMCTI, com base nas repostas categóricas para os 10 indicadores definidos.

2. Obtenção dos dados.

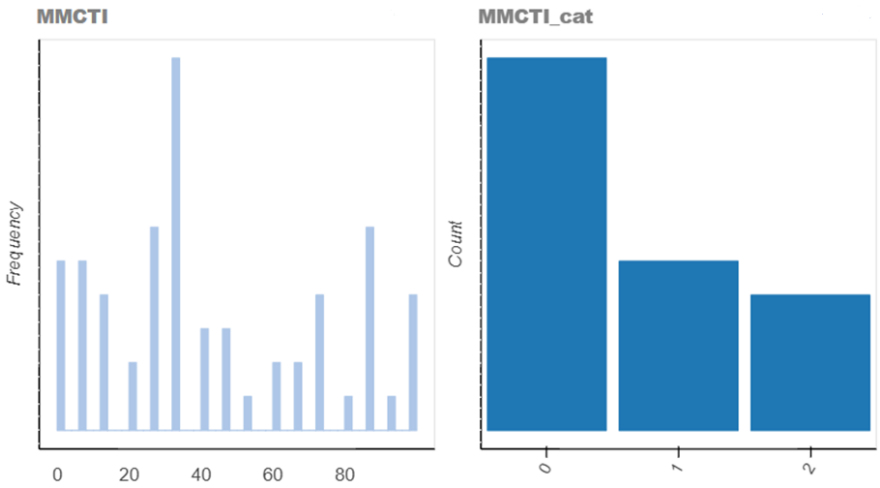
Os dados são o resultado da aplicação do questionário de pesquisa. As amostras foram agrupadas segundo o nível de maturidade associado ao indicador MMCTI, baixa maturidade correspondendo a um valor menor que 33, média maturidade correspondendo a um valor maior que 33 e menor ou igual que 73 e alta maturidade correspondendo a um valor maior que 73.

3. Descobrimento e visualização dos dados para obter *insights*.

Visualizações foram criadas para ajudar a definir a técnica de modelagem. O Gráfico 4 demonstra o comportamento da MMCTI após a categorização, onde 0 é baixa maturidade, 1 é média maturidade e 2 é alta maturidade. Temos um total de 60 instancias na base de dados, sendo 55% baixa maturidade, 25% média maturidade, 20% alta maturidade. Demostrando que após a categorização os processos de TI se encontram no estado de baixa maturidade das práticas de melhoria contínua, assim como apurado nas avaliações qualitativas dos 10 casos estudados, carecem de elementos de controle no tempo, controle de variabilidade dos resultados, análise quantitativa da causa raiz dos problemas remediados e validação da melhoria

dos resultados do processo, quando um projeto de melhoria operacional é considerado bem-sucedido pela organização.

Gráfico 4 – Visualização distribuição MMCTI pós categorização




Fonte: Elaborado pelo autor

4. Preparação dos dados para os algoritmos de aprendizado de máquina.

Como os dados são provenientes do instrumento de pesquisa, não existem dados faltantes em nenhuma variável ou outliers, as perguntas foram pensadas para gerar respostas categóricas e binárias. Os dados foram separados entre treino e teste, a porção de treino foi definida como 30% da base. Esse é um percentual comumente utilizado na técnica de *holdout validation* (GÉRON, 2019). Outras técnicas mais avançadas de separação são recomendadas, como a validação cruzada ou validação cruzada estratificada, no entanto como temos 60 instancias isso poderia ocasionar problemas no treinamento como o *overfitting.*

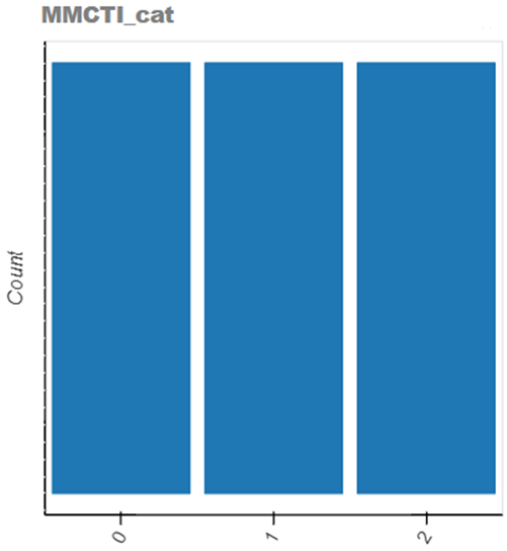
Como a modelagem se baseou nos algoritmos presentes na biblioteca scikit learn, precisamos garantir que todas as variáveis sejam numéricas como premissa, no nosso caso as variáveis tinham respostas do tipo Sim e Não, portanto foi utilizada uma técnica de *encoding* chamada *one hot encoding*. Técnica adequada para quando não existe relacionamento ordinal, uma técnica ordinal poderia gerar uma ordem de importância entre as categorias. No *one hot encoding* a variável codificada é removida e uma nova variável binária é adicionada para cada valor inteiro exclusivo na variável, no nosso caso não temos muitas variáveis, e também apenas

duas categorias por variável, assim a alta dimensionalidade não é um problema mesmo usando *one hot encoding*.

Conforme observado no Gráfico 4, existe desbalanceamento entre as proporções das categorias presentes na variável dependente. O desbalanceamento de classes é um problema para muitos algoritmos de classificação, prejudicando a capacidade de aprendizado. Foi utilizada uma técnica de *oversampling*, que consiste em criar amostras para aumentar a classe minoritária e reduzir o desequilíbrio (ZHU; LIN; LIU, 2017). Para lidar com esse problema foi utilizada a técnica *SMOTE*. O *SMOTE* (*Synthetic Minority Oversampling TEchnique*) cria instancias sintéticas para a classe minoritária, com considerando as instancias existentes. Ele escolhe aleatoriamente um elemento da classe minoritária e calcula os vizinhos mais próximos. Os pontos sintéticos são inseridos entre o ponto escolhido e seus vizinhos.

O Gráfico 5 mostra a nova relação de proporções entre as categorias presentes na variável dependente para o grupo de treino, agora todas as três classes possuem 25 instancias, cada uma representando cerca de 33% da base de dados.

Gráfico 5 – Visualização categorias MMCTI pós *oversampling* com *SMOTE*




Fonte: Elaborado pelo autor

5. Selecionar um modelo e treiná-lo.

Foram selecionados quatro algoritmos de *Machine Learning* para problemas supervisionados de classificação:

- Regressão Logística;
- *K Nearest Neighbors (KNN);*
- *Naive Bayes*;
- *Support Vector Classifier (SVC)*.

6. Ajustar o modelo.

Todos os algoritmos foram instanciados e ajustados aos dados de treino, que foram previamente preparados com *enconding* e *oversamplig*. Foram quatro treinamentos, um para cada algoritmo, possibilitando a posterior comparação de desempenho.

A regressão logística foi parametrizada com *solver = 'liblinear'* que é indicado para bases de dados pequenas. Também recebeu o parâmetro *multiclass = 'ovr'*, criando um classificador binário para cada classe, comparando a classe base com o restante dos dados, isso permitiu uma classificação multi-classe, necessário pois nosso problema possuía três classes e a regressão logística é originalmente desenvolvida para problemas de classes binárias.

O *KNN* foi parametrizado com k = 5 onde serão considerados os 5 vizinhos mais próximos para cada classificação a ser realizada. O hiper parâmetro *weights = 'distance'*, com isso é feita uma ponderação no impacto da votação dos vizinhos mais próximos pela distância, os vizinhos mais próximos de um ponto a se prever terão uma influência maior. Para que a métrica de distância utilizada na modelagem seja euclidiana foi utilizado p = 2.

Foi utilizada uma variação do *Naive Bayes*, o *Multinomial Naive Bayes*, já preparado para lidar com problemas multiclasse. O único hiper parâmetro utilizado foi *aplha = 1*, habilitando a suavização de Laplace, utilizada para lidar com a contagem zero de uma variável de entrada, quando presente causa um erro pois o cálculo de probabilidades com as premissas ingênuas é um produto. A correção Laplaceana soma 1 unidade em todos os Xs no treino para viabilizar o cálculo.

O *SVC* recebeu o hiper parâmetro *decision_function_shape = 'ovr'*, assim como a regressão logística o *SVC* é um classificador binário, foi necessário habilitar a estratégia multiclasse *one versus rest.* O hiper parâmetro *kernel = 'rbf'*, assim a função de kernel foi a *radial basis function*, que é a função de kernel padrão utilizada no SVC para uma fronteira de decisão não linear. O Quadro 24 mostra as métricas de avaliação para os modelos de classificação treinados, todas variam de 0 a 100, sendo 100 o melhor resultado.

Quadro 24 – Visualização categorias MMCTI pós *oversampling* com *SMOTE*

| | Treino | | | | Teste | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Algoritmo** | ***accuracy*** | ***precision*** | ***recall*** | ***f1*** | ***accuracy*** | ***precision*** | ***recall*** | ***f1*** |
| Regressão Logística | 95,94 | 95,59 | 95,24 | 95,15 | 94,44 | 94,87 | 94,44 | 93,63 |
| *KNN* | 100 | 100 | 100 | 100 | 88,89 | 88,89 | 88,89 | 88.89 |
| *Naive Bayes* | 88,89 | 89,92 | 88,89 | 88,56 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| *SVC* | 100 | 100 | 100 | 100 | 83,33 | 87,04 | 83,33 | 84,60 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Dentre os algoritmos testados, *KNN* e *SVC* apresentaram 100% nas métricas de treino, apresentando super ajuste, o que é confirmado nas métricas de teste, que passam a apresentar valores inferiores a regressão logística e ao *Naive Bayes* no teste. Regressão Logística e *Naive Bayes* mostraram bons resultados no treino, considerando principalmente *accuracy e f1*, pois o desbalanceamento de classes foi tratado no treino e buscava-se o resultado mais equilibrado entre falsos negativos e falsos positivos. Avaliando as métricas de teste, comparando a Regressão Logística e *Naive* Bayes temos resultados elevados nas duas opções, o resultado de 100 em todas as métricas do *Naive* Bayes, assim o algoritmo *Naive* Bayes foi selecionado como o classificador a ser utilizado.

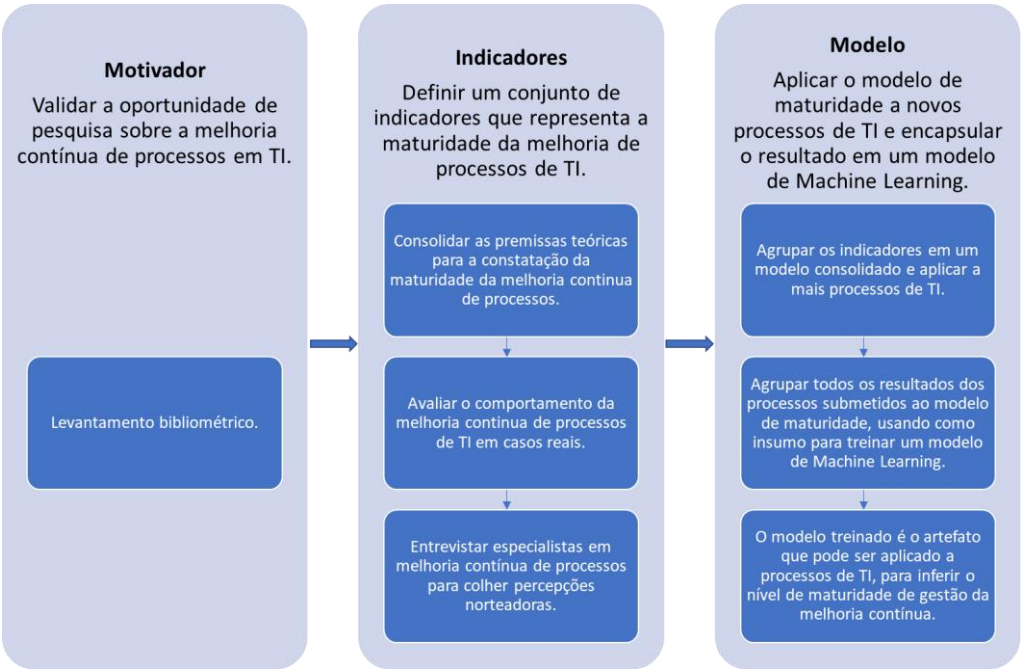
7. Apresentar a solução.

Como resultado foi desenvolvida uma interface para interação do usuário com aplicação. A solução final é um modelo de *Machine Learning* que contém os indicadores resultantes da aplicação dos procedimentos metodológicos e os comportamentos dos processos estudados neste trabalho, na forma do aprendizado obtido no treinamento, o objetivo do modelo é prever a MMCTI com base em dados de comportamentos de um processo informados pelo usuário, respondendo aos indicadores de melhoria contínua definidos na pesquisa, estruturados nesta aplicação como um questionário sequencial. A solução geral é mostrada na Figura 15.

O software foi batizado de Metimur, palavra medição em latim, relacionada ao desejo de possibilitar a medição da maturidade da melhoria contínua de processos em TI, trata-se de

um artefato de software que reúne os produtos da pesquisa para entregar a previsão da maturidade da melhoria contínua de processos de TI.

Figura 15 – Estrutura da solução




Fonte: Elaborado pelo autor

O roteiro para utilização prática do artefato é apresentado no Apêndice E.

Foram testadas várias combinações de respostas no programa e as previsões foram assertivas em 100% das vezes. O Quadro 25 mostra todas as repostas do grupo de teste, onde cada linha representa o comportamento de um processo, a coluna previsão é a maturidade estimada pelo algoritmo treinado e ytest é a categoria real usada para comparação com a previsão.

Quadro 25 – Tela de interação Algoritmo *Machine Learning* e usuário

| | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 | I7 | I8 | I9 | I10 | ytest | previsao |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | S | S | S | N | S | S | N | N | S | S | 1 | 1 |
| **5** | N | S | S | N | S | N | N | N | N | N | 0 | 0 |
| **36** | S | N | N | S | N | N | N | N | N | N | 0 | 0 |
| **13** | S | N | N | N | N | N | N | N | S | N | 0 | 0 |
| **2** | N | N | N | N | S | S | S | N | S | N | 0 | 0 |
| **30** | S | S | S | S | S | S | S | N | S | S | 2 | 2 |
| **8** | S | S | N | N | S | S | N | N | N | N | 0 | 0 |
| **3** | N | N | N | N | S | N | N | N | N | N | 0 | 0 |
| **32** | S | S | S | S | S | S | N | S | N | S | 2 | 2 |
| **57** | S | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 0 |
| **43** | S | S | S | S | N | S | S | S | S | S | 2 | 2 |
| **7** | N | N | N | N | S | S | S | S | N | N | 0 | 0 |
| **41** | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 0 |
| **53** | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 2 | 2 |
| **0** | S | S | N | N | S | S | S | N | N | N | 0 | 0 |
| **21** | S | N | N | N | S | N | N | N | N | S | 0 | 0 |
| **22** | N | N | N | N | S | N | N | N | N | N | 0 | 0 |
| **48** | S | S | S | N | N | S | S | N | N | N | 1 | 1 |

Fonte: Elaborado pelo autor

O software Metimur foi registrado no Instituto de Propriedade Intelectual, processo BR 51 2022 001317-74, o certificado é apresentado no Apêndice F.

## CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que as práticas de gestão da melhoria de processos em TI apresentam um baixo nível de maturidade em 55% dos casos, isso está diretamente relacionado a incógnita que é a medição da eficiência de utilização dos recursos de tecnologia, não se pode afirmar que o mínimo recurso é utilizado para o máximo resultado, existe uma subjetividade na

apresentação dos resultados de eficiência de processos que é justificada, inadequadamente, pela intangibilidade dos produtos de tecnologia, fazendo surgir uma nova questão, podemos confiar nos indicadores de eficiência operacional de TI, visto que não temos indícios de que a forma como os recursos de tecnologia são arranjados e empregados entregam o máximo valor?

Os objetivos de pesquisa foram respondidos de forma satisfatória, por meio da elaboração de um modelo de avaliação da maturidade da gestão da melhoria contínua em processos de TI, constituído por 10 indicadores, baseado na análise de conceitos teóricos sintetizados, cruzados com informações provenientes da análise de 10 casos estudados na área de tecnologia de uma grande empresa brasileira. Esse grupo de indicadores foi posteriormente aplicado a 50 processos adicionais, em forma de questionário, a base de dados resultante foi a entrada para uma análise fatorial e uma análise de confiabilidade, que apresentaram resultados confiáveis.

Após a validação os dados foram utilizados como entrada no treinamento de 4 algoritmos de *Machine Learning*, para aprender a relação entre as variáveis independentes (os indicadores definidos) e a variável dependente (o índice de maturidade MMCTI), o algoritmo *Naive* Bayes foi selecionado por selecionado por apresentar os melhores resultados na etapa de validação. O modelo pode ser usado para previsão da maturidade de gestão da melhoria contínua de processos de TI, em forma de 3 níveis de maturidade. A modelagem apresentou resultados satisfatórios para previsão da Maturidade da Melhoria Contínua do Processo de TI (MMCTI). O artefato, materializado por meio do algoritmo criado, o software batizado de Metimur (medida em latim), encapsula todos os achados teóricos e práticos em um instrumento de avaliação, possibilita a aplicação do modelo em mais processos de TI, tendo utilidade tanto para uso prático e a melhoria de processos em organizações, como também para a evolução da pesquisa sobre o tema, seja aprofundando o modelo ou aumentando a base de dados utilizada como insumo no processo de treinamento do algoritmo.

Entre as principais observações dos casos estudados destaca-se o fato de que o conceito de continuidade da melhoria é incompreendido. Foi percebido um desentendimento na gestão operacional, quanto ao significado de se realizar a melhoria contínua e comprovar sua ocorrência de forma eficaz. Logo, é importante definir que melhorar de maneira contínua um processo é diferente de realizar várias iniciativas de melhoria de forma contígua em um processo. Mesmo que os objetivos individuais dos projetos de melhoria tenham sido alcançados no momento avaliado.

Para a ocorrência da melhoria contínua, se faz essencial a existência de métodos de comparação de desempenho no início e no fim dos projetos de melhoria de processos, juntamente com o estabelecimento de formas de avaliação da perenidade dos resultados operacionais, conectando projetos passados com projetos futuros, relacionados a um mesmo processo, cujos resultados são acompanhados no tempo. Devem ser estabelecidos métodos de controle de desvios dos pontos críticos do processo, para a manutenção das melhorias implementadas, fora do tempo de projeto, servindo de insumo para iniciativas futuras de melhoria, estabelecendo que a continuidade se dá por meio do acompanhamento do comportamento de um *KPI* ao longo de vários períodos operacionais no tempo.

Os líderes de processo em TI não possuem conhecimento sobre práticas de gestão de processos e melhoria contínua, focam majoritariamente no conhecimento técnico inerente a tecnologia de sua responsabilidade, isso acaba afetando o entendimento da importância da utilização de técnicas e métodos de melhoria adequados, a não priorização desse tipo de iniciativa e o baixo esforço que é empregado nas fases de planejamento e investigação dos problemas operacionais. Projetos de melhoria são considerados inferiores quando comparados a projetos de implementação ou manutenção de tecnologias.

A gestão por indicadores é observada, mas quando avaliada com maior critério se constata que os indicadores são definidos sem relação com valor para o cliente ou com a cadeia de valor do produto, são geralmente relacionados a contagem da volumetria de entregas e execuções da área funcional relacionada ao processo. O que se mede não representa objetivo principal do processo, propiciando que processos que são desperdício puro coexistam com a entrega de valor real. Esse problema se relaciona a outro, a falta de investigação pautada em dados, mesmo quando existem, não são a principal fonte de tomada de decisão quando se investida um problema em um processo, a experiencia e conhecimento sobre a tecnologia continuam sendo a fonte de criação de hipoteses que logo viram planos de ação de melhoria, que por sua vez são implementados sem comprovação estatística, cujos resultados são igualmente não validados, causando desperdício de recursos operacionais e uma falsa sensação da realização de projetos de melhoria.

O modelo de maturidade aplicado a 60 processos de TI apresentou uma maturidade baixa em 55% dos processos avaliados, indicando que as práticas de melhoria contínua se encontram em um estado de construção da maturidade, a maioria dos indicadores satisfeitos são do tipo condicionante, ocorrendo 69% das vezes, evidenciando a oportunidade de evolução nos métodos de gestão da melhoria de processos em TI. Os indicadores condicionantes estão

relacionados a elementos importantes para execução da melhoria contínua, no entanto são requisitos do tipo base, ligados a gestão da rotina, definição dos processos e padronização.

Como limitação do trabalho, se destaca o fato de que os 10 casos estudados ocorreram em uma mesma organização. É importante ressaltar que mesmo aplicando o modelo a 60 processos e usando os dados na modelagem, essa quantidade de instancias é considerada pequena no aprendizado de máquina, mesmo que cuidados com desbalanceamento de classes tenham sido empregados, o ideal é que o construto evolua com mais treinamentos do algoritmo utilizando novos processos. Outro caminho de evolução seria o estudo de métodos de remediação, específicos para cada um dos 3 níveis de maturidade apurados após aplicação do modelo pelo usuário.

# REFERÊNCIAS


ADAMS, Mel et al. ***Simulation as a tool for continuous process improvement. In: Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: Simulation***---a bridge to the future-Volume 1. 1999. p. 766-773.

ALEU, Fernando Gonzalez; VAN AKEN, Eileen M. ***Systematic literature review of critical success factors for continuous improvement projects***. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2016.

ALREEMY, Z., CHANG, V., WALTERS, R., WILLS, G. ***Critical success factors (CSFs) for information technology governance (ITG)***. *International Journal of Information Management*, 36(6), 907–916. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.017. 2016.

ANAND, K. ***Critical Analysis Of The Success Factors For Implementing Six Sigma In It Industry***. *IOSR Journal of Business and Management*. 2015.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Primeira Edição. São Paulo: Almedina, 2011. 280 p.

BARSALOU, M. A.. ***The ASQ Pocket Guide To Statistics For Six Sigma Black Belts***. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2014. 198 p.

BERRAHAL, W.; MARGHOUBI, R. ***Lean continuous improvement to information technology service management implementation: Projection of ITIL framework***. *International Conference on Information Technology for Organizations Development*. 2016.

BHUIYAN, Nadia; BAGHEL, Amit. ***An overview of continuous improvement: from the past to the present***. *Management decision*, 2005.

BISHOP, Christopher M.; NASRABADI, Nasser M. ***Pattern recognition and machine learning***. New York: springer, 2006.

BJORN, A.; FAGERHAUG, T. ***The ASQ Pocket Guide to Root Cause Analysis***. *ASQ Quality Press*. 2014. 137 p.

BORDOLOI, S.; FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J.. ***Service Management Operations, Strategy, Information Technology***. *Ninth Edition. New York: McGraw-Hill Education*, 2019. 545 p.

CAUCHICK, Miguel. **Estudo de caso na engenharia de produção**: estruturação e recomendações para sua condução. Production, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

CHEN, Joseph C.; LI, Ye; SHADY, Brett D. ***From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study***. International Journal of Production Research, v. 48, n. 4, p. 1069-1086, 2010.

DOMBROWSKI, Uwe; MIELKE, T. J. P. C. ***Lean leadership–fundamental principles and their application***. Procedia cirp, v. 7, p. 569-574, 2013.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Uma análise distintiva entre o estudo de caso, a pesquisa-ação e a *design science research***. Revista Brasileira de Gestão de Negócios, v. 17, n. 56, p. 1116-1133, 2015.

EISENHARDT, Kathleen M. ***Building theories from case study research***. *Academy of management review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

EISENHARDT, Kathleen M.; GRAEBNER, Melissa E. ***Theory building from cases**: Opportunities and challenges. Academy of management journal*, v. 50, n. 1, p. 25-32, 2007.

FAYYAD, Usama; PIATETSKY-SHAPIRO, Gregory; SMYTH, Padhraic. ***From data mining to knowledge discovery in databases***. *AI magazine*, v. 17, n. 3, p. 37-37, 1996.

FERNANDES, A. A.; ABREU, V. F. **Implantando a governança de TI, da estratégia à gestão dos processos e serviços**, 4ª ed. Brasport, 2014.

FERNANDES, António Augusto Cabral Marques; LOURENÇO, Luís António Nunes; SILVA, Maria José Aguilar Madeira. ***Influence of quality management on the innovative performance***. Revista Brasileira de Gestão de Negócios-RBGN, v. 16, n. 53, p. 575-593, 2014.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. **Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial**. Opinião pública, v. 16, p. 160-185, 2010.

GÉRON, Aurélien. ***Hands-on machine learning with Scikit-Learn*, Keras, and TensorFlow: *Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems***. O'Reilly Media, 2019.

GIJO, E.V; ANTONY, J. ***Application of Lean Six Sigma in IT support services – a case study***. *The TQM Journal*. 2019.

GUEDES, Vânia LS; BORSCHIVER, Suzana. **Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica**. Encontro Nacional de Ciência da Informação, v. 6, n. 1, p. 18, 2005.

HAIR, J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. A. S. Sant'Anna & A. C. Neto (Trad.). Porto Alegre: Bookman. 2005.

HAN, Jiawei; PEI, Jian; TONG, Hanghang. ***Data mining: concepts and techniques***. Morgan kaufmann, 2011.

HONG, M. Y.; CHOI, B. S.; PARK, H. F.; SUH, M. S.; CHAE, B.. ***Supply chain management six sigma: a management innovation methodology at the Samsung Group***. *Supply Chain Management: An International Journal.* 2007.

HUNG, H. C.; SUNG, M. H.. ***Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost***. *Scientific Research and Essays Vol*. 6(3). 2011.

INTERBRAND. ***Best Global Brand***. 2020. Disponível em: https://learn.interbrand.com/hubfs/INTERBRAND/Interbrand_Best_Global_Brands%202020.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.

*ISACA* (*INFORMATION SYSTEMS AUDIT AND CONTROL ASSOCIATION*). ***COBIT 2019***

***Framework: Introduction & Methodology***. 1. Ed. Illinois USA. *ISACA*, 2018. 64p.

*ISO*. *ISO/IEC* 20000-1:2018. ***Information technology - Service management - Part 1: Service management system requirements***. 3ª ed. [S. L.]: *International Organization for Standardization*. 31 p. 2018.

*ISO*. *The International Organization for Standardization.* ***The ISO survey of management system standard certifications – 2018 Explanatory note***. 2019. Disponível em: <https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1>. Acesso em: 01 de agosto de 2020.

JANTTI, Marko; CATER-STEEL, Aileen. ***Proactive Management of IT Operations to Improve IT Services***. JISTEM J.Inf.Syst. Técnol.. Manag., São Paulo, v. 14, n. 2, p. 191-218, Aug. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-17752017000200191&lng=en&nrm=iso>. Acesso 29 de Agosto de 2020.

JOSHI, A.; BOLLEN, L.; HASSINK, H.; DE HAES, S.; GREMBERGER, W. M. ***Explaining IT governance disclosure through the constructs of IT governance maturity and IT strategic role***. *Information & Management*, v. 55, n. 3, p. 368-380, 2018.

KHAN, Rehman M. ***Problem solving and data analysis using Minitab: a clear and easy guide to six sigma methodology***. West Sussex: Wiley, 2013. 479 p.

KUBIAK, T. M.. **The ASQ *Pocket Guide for the Certified Six Sigma Black Belt***. Milwaukee: *ASQ Quality Press*, 2014. 313 p.

KUBIAK, T. M.; BENBOW, D. W.. ***The certified six sigma blackbelt handbook***. *Second Edition*. Milwaukee: *ASQ Quality Press*, 2009. 683 p.

LORENA, Ana Carolina; GAMA, João; FACELI, Katti. **Inteligência Artificial: Uma abordagem de aprendizado de máquina**. Grupo Gen-LTC, 2000.

MALLALI, PD; GOPALKRISHNA, B; SHIVA, P HC. ***Six sigma approach for reducing the sla's resolution time: a case in it services enabled industry***. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2019.

MAROCO, João; GARCIA-MARQUES, Teresa. ***Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas?.*** *Laboratório de psicologia*, v. 4, n. 1, p. 65-90, 2006.

MCLEAN, Richard S.; ANTONY, Jiju; DAHLGAARD, Jens J. ***Failure of Continuous Improvement initiatives in manufacturing environments: a systematic review of the evidence***. *Total Quality Management & Business Excellence*, v. 28, n. 3-4, p. 219-237, 2017.

MICROSOFT. (*United States*). ***Six Sigma In The Datacenter Drives A Zero Defects Culture.*** 2015. Disponível em: https://www.microsoft.com/en-us/itshowcase/six-sigma-in-the-datacenter-drives-a-zero-defects-culture#printpdf. Acesso em: 15 jan. 2021

MILES, Matthew B.; HUBERMAN, A. Michael.; SALDAÑA, J. ***Qualitative data analysis: An expanded sourcebook***. *Third Edition.Arizona: Sage Publications*, 2014.

MINITAB 17. Versão 17.1.0 [S. l.]: LEAD *Technologies*, 2017. 1 CD. Disponível em: < https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/>. Acesso em: 23 agosto 2018.

MOHER, D.; SHAMSEER, L.; , CLARKE, M.; GHERSI, D.; LIBERATI, A.; PETTICREW, M.; SHEKELLE, P.; STEWART, L. A.. ***Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement***. *Systematic Reviews Journal*. 2015.

NAFIS, A.; GOLAM, R.; MITHUN, S. A. ***Organizational and human factors related challenges to ISO 20000: Implications for environmental sustainability and circular economy***. *International Journal of Manpower*. 2020.

NUNNALLY, J.C; BERNSTEIN, I.H. ***Psychometric Theory***, McGraw-Hill, *New York, NY*. 1994.

PEDREGOSA, Fabian et al. ***Scikit-learn: Machine learning in Python***. *The Journal of machine Learning research*, v. 12, p. 2825-2830, 2011.

PRIYA, S.. ***Six Sigma-A Case Study of Amazon.com***. *International Journal of Research in Management*. 2017.

RASCHKA, Sebastian; MIRJALILI, Vahid. ***Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python. Scikit-Learn, and TensorFlow***. *Second edition*, 2017.

RODRIGUES, M. V.. **Ações para a Qualidade**. 5 ª Edição. São Paulo: Elsevier, 2014. 361 p.

ROMDHANE, T.; BADREDDINE, A.; SANSA, M.. A new model to implement Six Sigma in small- and medium-sized enterprises. International Journal of Production Research. 2016.

SAHNO, J., SHEVTSHENKO, E., KARAULOVA, T., TAHERA, K. **Framework for continuous improvement of production processes. Engineering Economics**, v. 26, n. 2, p. 169-180, 2015.

SALAH, Souraj; RAHIM, Abdur; CARRETERO, Juan A. ***The integration of Six Sigma and lean management. International Journal of Lean Six Sigma***, 2010.

SCHWEITZER, Eric; AURICH, Jan C. ***Continuous improvement of industrial product-service systems***. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, v. 3, n. 2, p. 158-164, 2010.

SCORDAKI, A.; PSARAKIS, S. ***Statistical Process Control In Service Industry An Application With Real Data In A Commercial Company***. *7th Hellenic European Conference on Computer Mathematics and Its Applications*. 2005.

SERRA, F. R. **Construtos na pesquisa em estratégia: definição e clareza**. *Iberoamerican Journal of Strategic Management*. 2019.

SETA DG. **Guia Rápido de Referência *Lean* Seis Sigma: Ferramentas e estatística básica para melhoria de processos**. Treinamento *Lean Six* Sigma Black Belt. 2. ed. Campinas: SETA DG, 2017.

SHAMSI, M. A., ALAM, A. ***Exploring Lean Six Sigma Implementation Barriers In Information Technology Industry***. *International Journal of Lean Six Sigma*. 2018.

SHOKRI, A. ***Quantitative Analysis of Six Sigma, Lean And Lean Six Sigma Research Publications In Last Two Decades***. *International Journal of Quality & Reliability*

*Management*. 2017.

SHAMSUZZAMAN, M; ALZERAIF, M; ALSYOUF, I; KHOO, M. B. C. ***Using Lean Six Sigma To Improve Mobile Order Fulfilment Process In A Telecom Service Sector***. *Production Planning & Control*, 29(4), 301–314. 2018.

SLACK, N.; LEWIS, M.. ***Operations strategy***. Fifth Edition. Harlow, England Pearson Mission, 2017. 517 p.

SOPANRAO, S Datta; DESHMUKH, Rahul K. ***Analyses On The "Six Sigma" Methodological Approaches Tram In Web Of Science Database During* 2007-2018**. 2018.

THEEB, N. A. A.; HAYAJNEH, M. T. ***Six Sigma Framework Methodology For Deep Drawing Process Improvement***. *International Journal of Productivity and Quality Management*. 2018.

TIMANS, W., AHAUS, K., VAN SOLINGEN, R., KUMAR, M., ANTONY, J.. ***Implementation of continuous improvement based on Lean Six Sigma in small-and medium-sized enterprises***. *Total Quality Management & Business Excellence*, v. 27, n. 3-4, p. 309-324, 2016.

*TSO*. ***ITIL* Foundation**. 2019. 4ª ed. [S. L.]: *The Stationery Office*, 2019. 212 p.

VETTER, T.R., MORRICE, D. **Statistical process control: no hits, no runs, no errors?** *International Anesthesia Research Society*. 2019.

VIEIRA, S.. **Estatística para a Qualidade**. Segunda Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 249 p.

VOEHL, Frank; HARRINGTON, H. James; MIGNOSA, Chuck; CHARRON, Rich. ***The lean six sigma black belt handbook*:** tools and methods for process acceleration. Boca Raton: Crc Press, 2014. 596 p.

YANG, X; GAO, S; HE, Z; ZHANG, M. ***Application of design for six sigma tools in telecom service improvement***. *Production Planning & Control*, 1–13. 2018.

YIN, Robert K. ***Case Study Research and Applications: Design and Methods***. *Sixth Edition. California*: Sage, 2018.

ZHU, Tuanfei; LIN, Yaping; LIU, Yonghe. ***Synthetic minority oversampling technique for multiclass imbalance problems***. Pattern Recognition, v. 72, p. 327-340, 2017.

ZULUAGA, Esteban Cardona; HASBUN, Ricardo Manzur. ***Aplicación De La Metodología Seis Sigma Para La Disminución Del Indicador De La Merma De Envase Retornable En La Planta De Coca-Cola Femsa Nodo Medellín***. 2015. 53 f. TCC (Graduação) - *Curso de Engenharia Industrial, Escuela de Ingeniería de Antioquia Ingeniería Industrial, Universidad EIA, Envigado*, 2015. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/232126584.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.

ZULUAGA, E. C.; HASBUN, R. M.. ***Aplicación de la metodología seis sigma para la disminución del indicador de la merma de envase retornable en la planta de coca-cola femsa nodo medellín***. *Escuela de ingeniería de antioquia ingeniería industrial*. 2017.

WEILL, Peter; ROSS, Jeanne. ***A matrixed approach to designing IT governance***. *MIT Sloan management review*, v. 46, n. 2, p. 26, 2005.

WERKEMA, Cristina. ***Lean* Seis Sigma: Introdução das Ferramentas do Lean Manufacturing**. 2 ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 111 p.

WERKEMA, Cristina. **Perguntas e respostas sobre o *Lean* Seis Sigma**. 2 ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 220 p.

# APÊNDICES

## Apêndice A – Roteiro com perguntas abertas

| Nº | Pergunta |
|---|---|
| 1 | Você já participou de iniciativas de melhoria de operações ou processos na área da tecnologia da informação, pode comentar sobre especificidades observadas? |
| 2 | Você acredita que as metodologias e ferramentas de melhoria operacional precisam de adaptações para se adequar à realidade da tecnologia da informação? |
| *3* | Quais metodologias você utiliza ou já utilizou para conduzir iniciativas de melhoria operacional EM TI, pode comentar sobre as experiências? |
| 4 | Qual o perfil de quem geralmente conduz um projeto de melhoria contínua nas organizações e áreas em que atuou? |
| 5 | Qual a relação entre o Gestor do projeto de melhoria e a área funcional onde o processo ocorre? |
| 6 | Quais são os fatores críticos de SUCESSO para projetos de melhoria operacional em TI, de acordo com sua experiência? |
| 7 | Quais são os fatores críticos de INSUCESSO para projetos de melhoria operacional em TI, de acordo com sua experiência? |
| 8 | Qual é o método para seleção dos projetos de melhoria operacional em TI, de acordo com sua experiência? |
| 9 | Os projetos de melhoria selecionados possuem conexão com metas estratégicas ou operacionais, de acordo com sua experiência? |
| 10 | Como o impacto do projeto de melhoria na meta organizacional é apurado? |
| 11 | Os projetos aprovados e realizados possuem acompanhamento do Sponsor em qual nível hierárquico? |
| 12 | Com base em suas experiências, os projetos de melhoria operacional em TI possuem um KPI para acompanhamento do seu resultado? |
| 13 | Com base em suas experiências, existem dados disponíveis e de fácil acesso, para avaliar o comportamento do KPI do processo ao longo do projeto de melhoria? |
| 14 | Existe um método para validar o sistema de medição de KPIs e Indicadores operacionais? |
| 15 | É utilizado algum método ou processo estatístico para avaliar a PROBABILIDADE de ocorrência de defeitos no início do projeto? |
| 16 | É utilizado algum método ou processo estatístico para avaliar a VARIABILIDADE dos resultados do processo alvo da iniciativa de melhoria (momento “As Is”)? |
| 17 | O processo alvo da iniciativa de melhoria possui registro oficial na organização seguido pelos colaboradores? (Procedimento/Fluxograma/Plano de Controle) |
| 18 | Com base em suas experiências, nos projetos de melhoria em TI, existe tendência de execução dos planos de solução antes da análise de causa raiz do problema? |
| 19 | É utilizado algum método para identificação de ações do tipo “Ver e Agir” (Quick Wins) nos projetos de melhoria operacional em TI, de acordo com sua experiência? |
| 20 | Existe um processo ou método para Análise da Causa Raiz do problema operacional abordado no projeto de melhoria? |

Continua

Continuação Apêndice A

| | |
|---|---|
| 21 | Classifique o tipo de técnica de análise de causa raiz mais utilizada com base em sua experiência. |
| 22 | Qual método ou ferramenta é utilizado para acompanhar a implantação dos planos de ação? |
| 23 | Após a implantação dos planos de ação, existe um método para validar o impacto no KPI do processo melhorado? |
| 24 | Após a implantação dos planos de ação, existe um método ou processo para validar se o KPI após a melhoria é diferente do KPI antes da melhoria? |
| 25 | Os controles, procedimentos e fluxogramas dos processos avaliados são alterados formalmente após a implantação das ações de melhoria? |
| 26 | Existe algum processo para passar formalmente para o dono do processo a responsabilidade de monitorar o comportamento do processo ao longo do tempo? |
| 27 | Quais ações são tomadas para manter o controle do processo e a perenidade do que foi alcançado em um projeto de melhoria em TI? |
| 28 | Como as organizações ou áreas em que atuou garantem que realizam a melhoria contínua, existe um método ou procedimento de monitoramento e auditoria adotado? |
| 29 | As organizações ou áreas em que atuou, utilizam de controles (plano de controle ou FMEA) para monitorar o desempenho dos processos. |
| 30 | As organizações ou áreas em que atuou, utilizam da Técnica de Plano de Ação em caso de Descontrole ou desvio (OCAP)? |
| 31 | As organizações ou áreas em que atuou, utilizam do Controle Estatístico do Processo e o conceito de “Estabilidade do Processo” para gerenciar suas operações? |
| 32 | Existe alguma informação, situação, experiência ou percepção, relacionados a melhoria operacional em TI que queira registar e não teve a oportunidade de abordar nas questões anteriores? |

# Apêndice B – Questionário

| Nº | Pergunta |
|---|---|
| 1 | Os processos possuem registro oficial na organização, conhecido e seguido pelos colaboradores? (Exemplo: Procedimento/Plano de Controle)?<br>( ) não ( ) sim |
| 2 | Existe KPI estabelecido para acompanhamento dos resultados do processo, com dados disponíveis e acessíveis?<br>( ) não ( ) sim |
| *3* | Existe a prática de controle periódico dos KPIs do processo?<br>( ) não ( ) sim |
| 4 | Existe algum método para avaliar ou retomar a condição de estabilidade do processo (variação do desvio padrão, amplitude, tendências)?<br>( ) não ( ) sim |
| 5 | São conduzidos projetos para melhoria do processo de forma iterativa ao longo do tempo?<br>( ) não ( ) sim |
| 6 | É realizada a análise de causa raiz feita de maneira quantitativa, considerando o KPI como variável dependente?<br>( ) não ( ) sim |
| 7 | Após a implantação de uma melhoria no processo, é utilizado algum um método para avaliar se o KPI após a melhoria é diferente do KPI antes da melhoria, comprovando o aumento de capacidade?<br>( ) não ( ) sim |
| 8 | O CEP é utilizado para acompanhar a estabilidade dos resultados dos processos fora do projeto de melhoria?<br>( ) não ( ) sim |
| 9 | São utilizados métodos para manter a perenidade do que foi alcançado no projeto de melhoria (Plano de Controle, OCAP, FMEA)?<br>( ) não ( ) sim |
| 10 | A responsabilidade de monitorar os pontos críticos do processo é passada formalmente para o dono do processo ao fim do projeto de melhoria?<br>( ) não ( ) sim |

# Apêndice C – Domínios, subcategorias e categorias

Categorias, subcategorias e domínios extraídos dos casos

| Categoria | | Subcategoria | Domínios |
|---|---|---|---|
| *Define* | *1* | Contrato do projeto | acordo firmado, formalização, contrato, escopo validado pela gestão. |
| | *2* | Meta | objetivo, OKR. alvo do projeto, diretriz estratégica. |
| | *3* | Limites de especificação | especificação, faixa aceitável, especificação do cliente, valor alvo, limiar de aceitação. |
| | *4* | Carta de Controle As IS | carta de controle antes da melhoria, estabilidade no inicio do projeto, avaliação do controle estatístico antes da melhoria, variação naturais, variações especiais, gráfico com limites de controle, controle de estabilidade de uma variável ao longo do tempo. |
| | *5* | Gráfico sequencial KPI | diagrama de resultados no tempo, gráfico de tendência, valores em função do tempo. |
| | *6* | Análise Econômica | |
| | *7* | VOC | visão do cliente, pedido do cliente, desejo do cliente, necessidade do cliente, expectativa do cliente. |
| *Measure* | *8* | SIPOC | macro etapas do processo, visão marco do processo, entradas e saídas do processo, mapeamento superficial. |
| | *9* | Mapa do Processo AS IS | fluxograma, mapeamento das etapas do processo, fluxo de trabalho, processo documentado. |
| | *10* | VSM | |
| | *11* | MSA | |
| | *12* | Estatísticas descritivas | sumário gráfico estatístico, medidas de dispersão, medidas de posição, média, mediana, desvio padrão, amplitude. |
| | *13* | Análise tipo de dados | avaliação do tipo de dados, dados contínuos, dados discretos. |
| | *14* | Estratificação | categorização dos dados, agrupamento dos dados, classificação dos dados, analise de dados sob pontos de vista distintos. |
| | *15* | Análise de outliers | pontos extremos, pontos discrepantes, pontos únicos, valor muito pequeno, valor muito grande. |
| | *16* | Amostragem | coleta de dados, recorte de dados, amostra representativa, grupo representativo de dados. |
| | *17* | Teste normalidade | distribuição normal, distribuição gaussiana, curva do sino, verificação dados normais. |
| | *18* | Transformação de dados | normalizar, transformar dados não normais, transformação box cox, transformação Johnson. |
| | *19* | Gráfico de Pareto | diagrama de pareto, categorização em função da frequência, categorização percentual, gráfico 80/20, priorização percentual gráfica dos problemas, gráficos de barras verticais agrupados percentualmente. |
| | *20* | Histograma | gráfico de barras da frequência em função da métrica avaliada, visualização do comportamento da distribuição do conjunto de dados, comportamento visual da distribuição versus limites de especificação. |
| | *21* | Box Plot | gráfico de dados contínuos em função de dados discretos, diagrama de caixas. |
| | *22* | Diagrama de dispersão | gráfico de relação entre duas variáveis, gráfico de dispersão, gráfico de pontos. |
| | *23* | Capacidade as is | capacidade do processo, capabilidade do processo, avaliar se um processo é capaz de atender as especificações, capaz de atender a meta, nível sigma, Cp, Cpk, DPMO, escala sigma. |
| | *24* | Brainstorming | levantamentos de ideias, reunião de ideação, gerar ideias abertamente. |
| | *25* | Diagrama de Ishikawa | diagrama de causa e efeito, diagrama espinha de peixe, levantar causas de um problema, levantamento de causas potencias do problema. |
| | *26* | Matriz de causa e efeito | matriz de priorização de causas, matriz de correlação, priorizar quantitativamente as causas, avaliar o impacto de cada causa no KPI. |
| | *27* | Matriz esforço e impacto | priorizar causas com base no esforço e impacto, avaliar esforço de implementação, avaliar esforço de análise, priorizar planos de ação com base no esforço e impacto. |
| | *28* | Ações Quick Win | ações rápidas, ações ágeis, plano de ação de baixa complexidade, ações de baixo esforço e alto impacto. |
| | *29* | Evento Kaizen | |

Continua

Continuação Apêndice C

| Categoria | | Subcategoria | Domínios |
|---|---|---|---|
| *Analyze* | *30* | FMEA | |
| | *31* | FTA | análise da arvore de falhas, análise do desdobramento de falhas, investigação de causas primárias, relação booleana entre os desdobramentos das causas. |
| | *32* | Análise de regressão | estudo da influencia de uma variável em outra, modelo de previsão por regressão, regressão simples, teste de correlação estatística, regressão múltipla. |
| | *33* | Hipótese de verificação | testes de desigualdade de parâmetros de uma distribuição, teste de diferença de médias, teste de diferença de medianas, teste de diferença de desvio padrão, teste de diferença de variância, teste F, teste Leneve, Teste Barlett, 1 sample t, 2 sample t, teste de Mood, ANOVA. |
| | *34* | DOE | |
| | *35* | Regressão logística | análise de relação entre x contínuo e y discreto, regressão binária, regressão ordinal, regressão nominal. |
| | *36* | Desperdícios lean | defeitos, excesso de produção, estoque, processamento desnecessário, movimento desnecessário, transporte desnecessário, espera. |
| | *37* | Teste chi² | análise de dependência entre variáveis discretas, teste de influencia de causa discreta em resposta discreta, tabela de analise de contingencia. |
| *Improve* | *38* | Simulação e piloto | simulação de uma alteração processual, simular um comportamento de uma alteração, teste piloto, teste escopo reduzido, teste controlado, teste em pequena escala. |
| | *39* | 5S | |
| | *40* | Kanban | |
| | *41* | Poka yoke | dispositivo a prova de falhas, campo que bloqueia erros, regra automática para evitar desvios, método pra detecção de erros e defeitos no processo. |
| | *42* | Gestão visual | dashboard, painel de gráficos, quadro de indicadores, quadro gestão à vista, quadro de gestão operacional, cockpit. |
| | *43* | 5W2H | plano de ação estruturado, definição das ações de melhoria, detalhamento das atividades de melhoria. |
| | *44* | Hipótese validação | testes de desigualdade de parâmetros de uma distribuição, teste de diferença de médias, teste de diferença de medianas, teste de diferença de desvio padrão, teste de diferença de variância, teste F, teste Leneve, Teste Barlett, 1 sample t, 2 sample t, teste de Mood, ANOVA. Aplicados na validação da melhoria implementada. |
| | *45* | Validação Gráfica | comprovação gráfica, validação antes e depois por meio de gráficos, comprovação por gráfico de pareto, comprovação por gráfico sequencial, validação por linha de tendencia. |
| | *46* | Diagrama de Gantt | cronograma de execução, cronograma dos planos de ação, gráfico de gantt, gráfico de controle de atividades *waterfall*. |
| *Control* | *47* | Carta de controle to be | carta de controle depois da melhoria, estabilidade no fim do projeto, avaliação do controle estatístico depois da melhoria, variação naturais, variações especiais, gráfico com limites de controle, controle de estabilidade de uma variável ao longo do tempo. |
| | *48* | Capacidade to be | capacidade do processo, capabilidade do processo, avaliar se um processo é capaz de atender as especificações após melhoria, capaz de atender a meta após melhoria, nível sigma, Cp, Cpk, DPMO, escala sigma. |
| | *49* | Procedimento padrão | procedimento operacional padrão, POP, instrução detalhada, procedimento de trabalho padronizado, procedimento técnico, manuais de operação, guia detalhado de operação, manual técnico. |
| | *50* | Plano de controle | |
| | *51* | Treinamentos | manual de treinamento, palestra, reunião de treinamento, cursos de aprendizado, workshop de aprendizado, vídeos de treinamento, treinamento EAD. |
| | *52* | Auditorias | |
| | *53* | CEP | |
| | *54* | OCAP | |

Fonte: Elaborado pelo autor

## Apêndice D – Contagem dos domínios dos casos piloto

Categorias, subcategorias e domínios extraídos dos casos

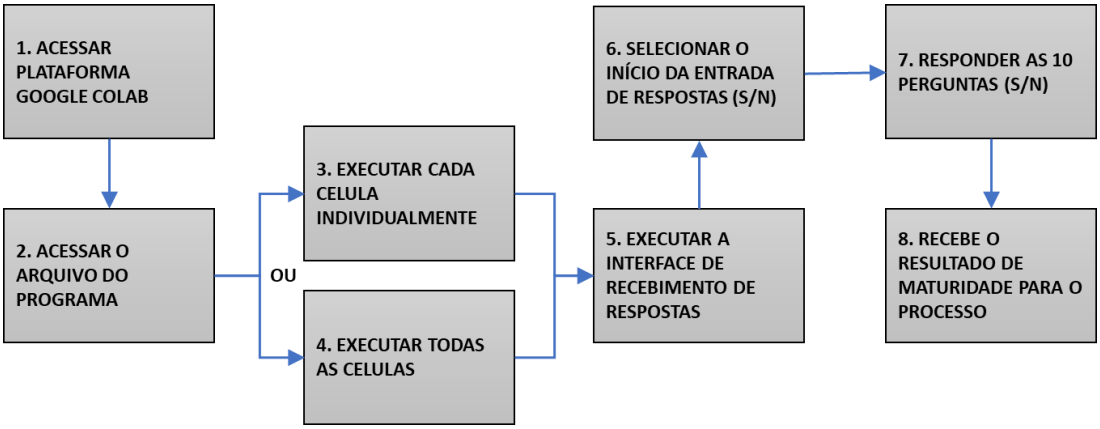
| Categoria | nº | Subcategorias | Dominios Caso A | Dominios Caso B | Dominios Caso C | Dominios Caso D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Define* | *1* | Contrato do projeto | 7 | 8 | 2 | 0 |
| | *2* | Meta | 9 | 10 | 4 | 0 |
| | *3* | Limites de especificação | 8 | 4 | 4 | 0 |
| | *4* | Carta de Controle As IS | 2 | 4 | 2 | 0 |
| | *5* | Gráfico sequencial KPI | 4 | 2 | 2 | 0 |
| | *6* | Análise Econômica | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *7* | VOC | 0 | 0 | 0 | 2 |
| *Measure* | *8* | SIPOC | 0 | 2 | 2 | 1 |
| | *9* | Mapa do Processo AS IS | 5 | 2 | 4 | 1 |
| | *10* | VSM | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *11* | MSA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *12* | Estatísticas descritivas | 2 | 4 | 4 | 0 |
| | *13* | Análise tipo de dados | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | *14* | Estratificação | 4 | 0 | 4 | 0 |
| | *15* | Análise de outliers | 0 | 3 | 2 | 0 |
| | *16* | Amostragem | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | *17* | Teste normalidade | 0 | 4 | 2 | 0 |
| | *18* | Transformação de dados | 0 | 3 | 2 | 0 |
| | *19* | Gráfico de Pareto | 4 | 2 | 1 | 0 |
| | *20* | Histograma | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | *21* | Box Plot | 0 | 6 | 0 | 0 |
| | *22* | Diagrama de dispersão | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | *23* | Capacidade as is | 4 | 3 | 2 | 0 |
| | *24* | Brainstorm | 0 | 4 | 0 | 4 |
| | *25* | Diagrama de Ishikawa | 3 | 2 | 2 | 0 |
| | *26* | Diag. de causa e efeito | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | *27* | Matriz esforço e impacto | 4 | 2 | 0 | 0 |
| | *28* | Ações Quick Win | 0 | 10 | 0 | 4 |
| | *29* | Evento Kaizen | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Analyze* | *30* | FMEA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *31* | FTA | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | *32* | Análise de regressão | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | *33* | Hipótese de verificação | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | *34* | DOE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *35* | Regressão logística | 0 | 0 | 4 | 0 |
| | *36* | Desperdícios lean | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | *37* | Teste chi² | 0 | 0 | 5 | 0 |
| *Improve* | *38* | Simulação e Piloto | 0 | 0 | 0 | 5 |
| | *39* | 5S | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *40* | Kanban | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *41* | Poka yoke | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | *42* | Gestão visual | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | *43* | 5W2H | 7 | 9 | 6 | 4 |
| | *44* | Hipótese validação | 0 | 4 | 2 | 0 |
| | *45* | Validação Gráfica | 4 | 0 | 0 | 0 |
| | *46* | Diagrama de Gantt | 0 | 0 | 1 | 0 |
| *Control* | *47* | Carta de controle to be | 2 | 4 | 2 | 0 |
| | *48* | Capacidade to be | 2 | 2 | 0 | 0 |
| | *49* | Procedimento padrão | 0 | 0 | 3 | 1 |
| | *50* | Plano de controle | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *51* | Treinamentos | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | *52* | Auditorias | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *53* | CEP | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *54* | OCAP | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelo autor

## Apêndice E – Roteiro de uso do software Metimur

Para o uso do software Metimur o usuário deve seguir as etapas da Figura 16.

Figura 16 – Roteiro para uso do software Metimur




Fonte: Elaborado pelo autor

1. O software batizado de Metimur foi disponibilizado para uso na plataforma Colab da Google, assim é necessário que o usuário garanta que tenha acesso ao ambiente de forma previa por meio do endereço eletrônico: *https://colab.research.google.com/*
    a. O Google Colabe é um ambiente de desenvolvimento em nuvem, permite a execução do software além da visualização da programação desenvolvida.
2. Uma vez garantido o acesso ao Colab, o usuário deve acessar o arquivo compartilhado .ipynb contendo o programa Metimur, por meio do endereço: https://colab.research.google.com/drive/1y-8zWgbSMc2-EJLwRi8z7VXICdBAPxwH?usp=sharing
3. Com o arquivo carregado na plataforma, o usuário pode executar cada célula do programa individualmente de forma sequencial, para avaliar a lógica de programaço. Para execução basta posicionar o cursor na primeira célula e pressionar Ctrl + *Enter*, um símbolo *check* na cor verde confirmará a execução, mostrado na Figura 17 o processo deve ser repetido para todas as células.

Figura 17 – Execução de uma célula no programa

```
# importar bibliotecas
import pandas as pd
import numpy as np

import warnings
warnings.filterwarnings("ignore")
```

Fonte: Elaborado pelo autor

4. De maneira mais simples é possível executar o programa completo pelo caminho “Ambiente de execução” > “Executar tudo” ou com o comando Ctrl + F9, mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Execução do programa completo

Fonte: Elaborado pelo autor

5. Qualquer um dos caminhos anteriores vai levar até a última célula que contém a interface de recebimento das respostas que devem ser informadas pelo usuário, relacionadas a um processo de TI cuja maturidade de execução da melhoria contínua queira ser avaliada, conforme Figura 19.

Figura 19 – Célula de interface de recebimento de respostas

```
# interface de recebimento das respostas
recebe_respostas()

MMCTI - Maturidade de Melhoria Contínua em TI

Para estimar o MMCTI do processo de TI, responda as questões a seguir.

Iniciar avaliação?
[S] SIM
[N] NÃO
```

Fonte: Elaborado pelo autor

6. A Figura 20 mostra a tela apresentada ao usuário para iniciar o processo de entrada de dados, inserindo o caractere ‘S” para sim ou “N” para não.

Figura 20 – Tela de interação algoritmo e usuário

```
MMCTI - Maturidade de Melhoria Contínua em TI

Para estimar o MMCTI do processo de TI, responda as questões a seguir.

Iniciar avaliação?
[S] SIM
[N] NÃO
```

Fonte: Elaborado pelo autor

7. A Figura 21 mostra as primeiras cinco perguntas apresentadas ao usuário, já a Figura 22 mostra as cinco perguntas finais. O conjunto de respostas as dez perguntas é a informação do processo que deve ser passada ao modelo treinado, novamente na forma de caracteres ‘S” para sim ou “N” para não.

Figura 21 – Tela com as 5 primeiras perguntas

```
I1 - Processo registrado, seguido e conhecido pelo time?
[S] SIM
[N] NÃO

S
I2 - Existe KPI estabelecido para acompanhamento dos resultados do processo, com dados disponíveis e acessíveis?
[S] SIM
[N] NÃO

S
I3 - Existe Método de Controle do KPI do processo estabelecido e seguidos?
[S] SIM
[N] NÃO

S
I4 - Existe método para avaliar ou retomar a condição de estabilidade do processo (variação do desvio padrão, amplitude, tendências)?
[S] SIM
[N] NÃO

S
I5 - Projetos de melhoria realizados no período no processo1?
[S] SIM
[N] NÃO
```

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 22 – Tela com as 5 perguntas finais

```
I6 - Análise de causa raiz de problemas feita de forma quantitativa, tendo o KPI como variavel dependente?
[S] SIM
[N] NÃO

S
I7 - Aumento da capacidade comprovada no processo?
[S] SIM
[N] NÃO

S
I8 - O CEP é utilizado para acompanhar a estabilidade dos resultados dos processos fora do projeto de melhoria?
[S] SIM
[N] NÃO


I9 - São utilizados métodos para manter a perenidade do que foi alcançado no projeto de melhoria (Plano de Controle, OCAP, FMEA)?
[S] SIM
[N] NÃO

S
I10 - A responsabilidade de monitorar os pontos críticos é passada formalmente para o dono do processo ao fim do projeto de melhoria?
[S] SIM
[N] NÃO
```

Fonte: Elaborado pelo autor

8. A Figura 23 mostra a previsão final realizada que será apresentada ao usuário, com base no algoritmo de *Machine Learning* ajustado aos dados provenientes dos processos avaliados com casos de uso e da aplicação do instrumento de pesquisa em processos externos.

Figura 23 – Tela com a previsão da maturidade

```
Avaliação do MMCTI para o processo é:

[2]

MATURIDADE DE MELHORIA CONTÍNUA ALTA. Processo com elementos condicionadores e elementos de garantidores da melhoria contínua.
```

Fonte: Elaborado pelo autor

## Apêndice F – Comprovação de registro do software Metimur no INPI

Certificado de Registro do Software

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

### Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512022001317-7**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1° de janeiro subsequente à data de 23/05/2022, em conformidade com o §2°, art. 2° da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

**Título:** Metimur - Avaliação da maturidade das práticas de melhoria de processos

**Data de publicação:** 23/05/2022

**Data de criação:** 28/04/2022

**Titular(es):** WILLIAM JOHNNY HONORATO

**Autor(es):** NAPOLEÃO VERARDI GALEGALE; WILLIAM JOHNNY HONORATO

**Linguagem:** PYTHON

**Campo de aplicação:** AD-06; IN-02; IN-03

**Tipo de programa:** AP-03; AP-04; AT-06; AV-01; CT-03; IA-01; SM-01

**Algoritmo hash:** SHA-512

**Resumo digital hash:**
fc47c65247cb3d02ebe8c5dfcaa4fa84d2c35f49c1058fbbce8dc66542c93d52a695b3305e3b9341c45ce80d23e048681e2834304bfc1e3856d7e6a43a7087b3

**Expedido em:** 07/06/2022

**Aprovado por:**
Joelson Gomes Pequeno
Chefe Substituto da DIPTO - PORTARIA/INPI/DIRPA Nº 02, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2021

Fonte: Portal base de dados INPI