

Proposta de um Modelo de Criação e Priorização de Soluções Inovadoras em Ambientes de Melhoria Contínua

Vasco F. da C. V. Soares

vascoventurasoares@gmail.com

Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial,
NOVA School of Science and Technology (FCT NOVA), Universidade NOVA de Lisboa

Helena V. G. Navas

hvgn@fct.unl.pt

UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial,
NOVA School of Science and Technology (FCT NOVA), Universidade NOVA de Lisboa

Resumo:

Devido à crescente concorrência nos mercados globais, as empresas procuram evoluir a partir da implementação de metodologias de apoio à gestão que possam melhorar a eficácia e eficiência das suas atividades, assim como ganhar cada vez mais a confiança dos clientes. A filosofia *Lean*, a metodologia FMEA e a metodologia TRIZ podem ajudar as empresas a atingir estes objetivos.

O presente estudo centrou-se no desenvolvimento de um modelo de aplicação conjunta de metodologias e ferramentas que, combinadas, contribuem para a criação e priorização de soluções inovadoras, promovendo uma aliança forte entre as áreas de melhoria contínua e inovação. A FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) incide na análise e priorização de problemas consoante o risco adjacente, a matriz das contradições da TRIZ (Teoria da Resolução Inventiva de Problemas) permite criar soluções diferenciadoras a partir do estabelecimento de contradições técnicas, a matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) ajuda na priorização de soluções, o *Brainstorming* contribui para a triagem de soluções a partir do *feedback* de trabalhadores e a filosofia *Lean* serve como fio condutor de todo o modelo.

A validação deste modelo foi feita a partir da aplicação do mesmo a um estudo de caso numa empresa do Grupo Salvador Caetano. As conclusões deste estudo de caso apontaram para uma melhoria significativa de 8 dos 10 KPIs em análise, o que provou a viabilidade prática do novo modelo. Soluções como o Quadro *Kanban* Digital e o Programa 5S são exemplos de soluções provenientes do novo modelo.

Palavras-chave: *Lean*, FMEA, TRIZ, 5W1H, matriz GUT, *Brainstorming*

Abstract:

Due to growing competition in global markets companies try to evolve through the implementation of management support methodologies which help them improve their activities' effectiveness and efficiency as well as gaining more and more the trust of many customers. The Lean philosophy, the FMEA methodology and the TRIZ methodology can help companies to achieve these goals.

This study is focused on the development of an integrated tool application model which contributes to the creation and prioritization of innovative solutions. It promotes a strong alliance between the areas of continuous improvement and innovation. The FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) focuses on the analysis and prioritization of problems depending on the underlying risk, the TRIZ (Inventive Problem-Solving Theory) contradiction matrix allows the creation of differentiating solutions from the establishment of technical contradictions, the GUT matrix (Severity, Urgency and Trend) helps in prioritizing solutions, the Brainstorming focuses on screening solutions through feedback gathered from workers' point of view and the Lean philosophy works as the conducting wire of the entire model.

The model validation was made from its application in a real case study in a company of Grupo Salvador Caetano. Conclusions showed a significant improvement of 8 out of 10 KPIs which proved the practical viability of the new model. Digital *Kanban* Board and 5S program solutions are examples of solutions from the new model.

Keywords: Lean, FMEA, TRIZ, 5W1H, GUT matrix, Brainstorming

1. Introdução

Hoje em dia, o fator de competitividade entre empresas/organizações é algo dinâmico sendo fundamental ao seu desenvolvimento e crescimento estratégicos. Este dinamismo provém da disputa pela liderança em termos da criação de valor através de fatores críticos de sucesso (FCS) como custo, tecnologia inovadora e customização (Holweg, 2008).

No início do século XX, a produção artesanal dominava até que a sua transição para produção em massa foi impulsionada pelo engenheiro americano Henry Ford que visou a inovação do referido setor pela combinação do “Taylorismo” com avanços tecnológicos (Chiarini, 2013a; Clarke, 2005). Apesar da forte influência do “Fordismo”, muitos dos sistemas de produção artesanal persistiriam até que o *Toyota Production System* (TPS), liderado por Kiichiro Toyoda, viria a surgir no Japão como um novo sistema de produção. E assim surge o conceito de *Lean Manufacturing* (LM) (Chiarini, 2013)

No final do século XX, o mercado japonês sofreu uma fase de persistente recessão económica contribuindo para que alguns fabricantes europeus (Renault, Fiat, Volkswagen, etc.) bem como americanos pudessem voltar à liderança no setor (Clarke, 2005). Historicamente, apenas 6 fabricantes conquistaram a maior parte da quota de mercado da Europa Ocidental: Fiat, Ford, General Motors, Citroën-Peugeot, Renault e Volkswagen (Schito, 2021)

No século XXI, existem várias evidências de sucesso da filosofia *Lean* com destaques nos Estados Unidos da América (EUA) e na Alemanha (Clarke, 2005). No entanto, o efeito do surto mundial de SARS-CoV-2, a partir de 2020, agravou negativamente o desempenho do setor

automóvel já para não falar das implicações ambientais (poluição do ar), guerras comerciais (Estados Unidos-China) e aumento de impostos inerentes ao setor. Apesar destes constrangimentos, esta indústria tem vindo a adaptar-se com recurso a novas tecnologias (Indústria 4.0) e metodologias de melhoria contínua (Clarke, 2005; Kaitwade, 2020).

Após este enquadramento histórico, é seguro afirmar que o *Lean* é uma filosofia de melhoria contínua imprescindível na criação de valor de qualquer empresa. Não obstante o LM ser utilizado fortemente em meio fabril, o conceito de *Lean Services* (LS) tem vindo a ser cada vez mais aplicado desde o início do século XXI. Aliás, o LM tem gradualmente passando de linhas de produção para envolventes do setor terciário sendo que os serviços se tornaram o motor essencial do crescimento económico europeu nos últimos 30 anos, envolvendo 70% PIB da Europa e 80% PIB nos EUA (Andrés-López *et al.*, 2015)

A criação de valor por meio da remoção de desperdício, melhoria de desempenho e aumento da satisfação do cliente, são, pois, pilares cruciais no LS. No entanto, a profunda mudança de mentalidade operacional necessária para a aplicação de *Lean Thinking* nos serviços tem representado um grande desafio e alguma resistência à mudança (Andrés-López *et al.*, 2015).

Tendo em conta oportunidades de melhoria com potencial aplicação da filosofia *Lean*, a motivação do estudo assenta na proposta de um novo modelo de criação e priorização de soluções inovadoras em ambientes de melhoria contínua que ultrapasse muitas das lacunas e limitações existentes nos modelos da literatura científica atuais. Estas estão geralmente associados à resistência à mudança e falta de *know-how* que muitas das organizações aparentam ter aquando da sua aplicação prática deste tipo de modelos em contexto real.

2. Metodologias de apoio à melhoria de processos

2.1. Filosofia *Lean*

O TPS constitui a base paradigmática do *Lean* desde a formação da Toyota Motor Company. O sucesso do *Lean Thinking* tem sido notório dado os ganhos de produtividade, fiabilidade e rentabilidade (Shang & Low, 2014).

Sendo que o TPS cedo se destacou como um sistema de produção de referência tornou-se importante definir vários modelos representativos dos conceitos adjacentes ao *Lean* de modo a facilitar e incentivar a sua aprendizagem e aplicação nas empresas/organizações. Desses modelos destacam-se dois: a “casa” TPS e a *Toyota Way*. Estes modelos, de forma complementar, fundamentam a cultura *Lean* uma vez que, respetivamente, contribuem para uma melhor qualidade, custo, entrega, segurança e moral com recurso a processos estáveis, *pull*

e padronizados e valorizam muito o papel das pessoas na melhoria contínua, ou seja, as pessoas são um elemento preponderante na melhoria do desempenho operacional, mais ainda que as próprias técnicas de melhoria e de eficiência produtiva (Liker, 2004; Liker & Morgan, 2006).

Os *mudas* (traduzido à letra, “desperdício”) dizem respeito a todo o tipo de atividade que consome recursos e aumenta o *Lead Time* sem acrescentar valor, ou seja, são desperdícios operacionais. Segundo Ohno existem 7 tipos de *muda* (Liker, 2004; Womack & Jones, 1996): Sobreprodução; Espera; Transporte; Movimento; Sobre processamento e *Stock*. Adicionalmente, alguns autores têm considerado tanto os bens/serviços que não atendem às necessidades do cliente como a subutilização de pessoas com base no desaproveitamento das suas capacidades como um oitavo *muda* (Liker, 2004; Womack & Jones, 1996). Aqui entra o *Lean Thinking*, não só como antídoto ao desperdício como uma linha de pensamento valiosa que pode ser dividida em 5 princípios (Womack & Jones, 1996): Valor; Fluxo de Valor; Fluxo Contínuo; *Pull* e Perfeição. Os *muda* podem ser caracterizados nas perspectivas do conceito de *Lean Manufacturing* (Produção *Lean*) e do conceito de *Lean Services* (*Lean* em Serviços), segundo a Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos *muda* no *Lean* em Serviços

<i>Muda</i> no setor dos Serviços	Analogia no LM	Exemplo	Causa	Ação Corretiva
Sobreprodução	Sobreprodução	Processamento antes do tempo	Planeamento pobre	Nivelamento
Atrasos	Espera	Pedidos pendentes	Coordenação pobre	Fluxo Contínuo
Transporte/Movimento	Transporte Movimento	Procura de informação	Limpeza pobre	Mudança de <i>layout</i>
Duplicação	Sobre processamento	Detalhes repetidos	Burocracia excessiva	Digitalização
Falta de estandardização	Stock	<i>Lead Time</i> flutuante	Flutuações da procura	Controlo Visual
Falta de foco no cliente	Defeitos	Pouca atenção ao cliente	Falta de motivação	Pausas planeadas
Obsolescência	Defeitos	Erro ou trabalho incompleto	Desordem	5S
Falta de comunicação	Defeitos	Ausência de transparência	Falta de laços entre trabalhadores	Estandardização
Recursos subutilizados	Recursos subutilizados	Responsabilidade da gestão de topo limitada	Má gestão	Aposta nos <i>skills</i> dos trabalhadores
Failure Demand	Bens/serviços ineficientes	Serviços ineficientes	Falta de formação	Formação de trabalhadores
Resistência à mudança	Bens/serviços ineficientes	Sugestões rejeitadas	Falta de motivação	Recompensas a trabalhadores

Fonte: (Andrés-López *et al.*, 2015)

A filosofia *Lean* engloba diversas ferramentas de melhoria contínua tais como o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), o VSM (*Value Stream Mapping*), o *Kanban*, o *Mizusumashi*, etc.

2.2. Inovação

Embora não exista uma definição única para o conceito de inovação, esse conceito está sempre associado à criação de algo novo e diferente. Segundo Tohidi & Jabbari (2012), a inovação surge como uma forma de introduzir novos produtos/serviços no mercado atual, bem como novos processos produtivos, novas fontes de abastecimento ou mesmo mudanças radicais em determinado ambiente industrial.

Os principais objetivos da inovação assentam no desenvolvimento de tecnologias novas e disruptivas que contribuam para a melhoria da flexibilidade de processos, qualidade e desempenho ambiental. A redução do consumo de energia e de matéria-prima é também uma meta (Livotov *et al.*, 2019; Tohidi & Jabbari, 2012).

O sucesso na implementação dessas novas tecnologias inovadoras depende do potencial da capacidade de resolução de contradições entre os diversos fatores que se encontram em conflito. A metodologia TRIZ (*Inventive Problem Solving Theory*) surge como uma das melhores formas de resolver este tipo de problemas da forma mais eficaz e eficiente. Desde que foi estabelecida por Altshuller, a aplicação prática desta metodologia provou ser a metodologia de invenção e pensamento criativo mais organizada e adequada para a chamada *Knowledge-Based Innovation* (KBI). Ferramentas TRIZ como o algoritmo inventivo ARIZ, a matriz de contradição TRIZ (MC) e as 76 soluções padrão permitem gerar mais facilmente soluções inovadoras que resolvam os problemas associados (Livotov *et al.*, 2019).

A aplicação da MC ocorre primeiramente através da seleção de um atributo a melhorar e de outro a piorar. Através da interseção entre a linha do parâmetro a melhorar e a coluna do parâmetro a piorar, obtêm-se os princípios inventivos mais capazes de resolver as contradições (Navas, 2014c; Navas, 2013). Segundo o exemplo da Figura 1, o parâmetro a melhorar é a Área (objeto móvel) e o parâmetro a piorar é a Força. Assim, os princípios inventivos mais adequados são: 19 (Ação Periódica), o 30 (Membranas Flexíveis ou Películas Finas), o 35 (Transformação do estado físico ou químico) e o 2 (Extração). Dependendo do problema e do sentido dos princípios inventivos a que se chegaram, propõem-se diferentes soluções de melhoria. Podem sempre haver tantas soluções consoante o número de princípios inventivos aplicáveis ao problema.

Para além da MC, a Análise Substância-Campo constitui uma das ferramentas mais conhecidas da TRIZ. Esta ferramenta destina-se à construção de modelos funcionais, em forma de triângulo, intervenientes na resolução de problemas relacionados com sistemas tecnológicos, sejam eles sistemas novos ou já existentes (Navas, 2014d).

Figura 1 – Exemplo de aplicação da MC da TRIZ

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Peso (objeto móvel)	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40
2	Peso (objeto imóvel)		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14
3	Comprimento (objeto móvel)	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29
4	Comprimento (objeto imóvel)		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7
5	Área (objeto móvel)	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4
6	Área (objeto imóvel)		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+				1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	

Os vértices do triângulo representam “substâncias” (componentes, materiais ou pessoas) e “campos” (ações ou interações de origem mecânica, térmica ou química, por exemplo).

Para a resolução do tipo de problemas evidenciados segundo esta ferramenta, existem várias soluções-padrão. Estas pertencem ao grande conjunto já referido de 76 soluções-padrão.

Estas soluções são utilizadas para corrigir interações indesejadas entre as diversas partes de um sistema (Navas, 2014d).

A ARIZ é outra das ferramentas analíticas mais importantes da TRIZ. Este tipo de algoritmo baseia-se em dados recolhidos de Análises Substância-Campo e da análise de contradições. O desenvolvimento de soluções inovadoras segue 9 etapas inseridas em 3 grandes partes: reestruturação do problema original; eliminação de contradições físicas e análise de soluções (Ekmekci & Koksall, 2015).

Assim, juntamente com as metodologias de melhoria contínua, a inovação tem um grande papel no desenvolvimento, crescimento e sucesso de qualquer organização.

2.3. Outras ferramentas e metodologias de apoio

Existem várias ferramentas, técnicas e metodologias de apoio às ferramentas *Lean* e de inovação descritas atrás, que são uma mais-valia na tomada de decisão para a melhoria contínua de processos.

Uma delas diz respeito ao 5W2H, que se divide da seguinte forma (Lisbôa & Godoy, 2012):

1. *What*: O quê – objetivo, meta, ação ou problema;
2. *Why*: Porquê – motivo, benefício, explicação;
3. *Who*: Quem – responsável, equipa
4. *Where*: Onde – local, departamento, pessoa;
5. *When*: Quando – data, cronograma, prazo;
6. *How*: Como – atividades, processo, etapas, procedimentos;
7. *How much*: Quanto – custo, quantidade.

É evidente que o 5W2H apenas é bem aplicado se se conseguirem detalhar bem as informações em cada uma das 7 vertentes. Para além do 5W2H existem várias variantes desta ferramenta que podem ser aplicadas na definição de planos de ação como são o caso das ferramentas 5W1H e 3W1H. O 5W1H tem um funcionamento praticamente igual ao do 5W2H com a única diferença de que não considera a vertente do “How Much”. Já o 3W1H não só não considera o “How Much” como também não inclui 2 das vertentes do restante leque de opções: o “Why” e o “Where” (Silva *et al.*, 2013)

A FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) ou AMFE (Análise Modal de Falhas e Efeitos) é uma metodologia de gestão da qualidade inserida no contexto da análise de problemas de confiabilidade e de falhas críticas nos processos para as quais são possíveis tomar, se necessário, ações de prevenção e/ou correção (Pallawi *et al.*, 2020). Esta metodologia consiste na mistura das diferentes ferramentas e princípios de ambas as vertentes contribuindo para maximizar o valor dos *stakeholders* em causa, aumentar a eficiência operacional, melhorar a satisfação dos clientes e a qualidade e minimizar os custos e capital investido (Akkucuk, 2014; Tenera & Pinto, 2014).

Sendo que a FMEA se predispõe a minimizar riscos de processos antes dos mesmos ocorrerem ao mesmo tempo que prioriza e minimiza efeitos de falhas, esta ferramenta tem sido aplicada em várias indústrias com destaque na indústria automóvel (Yücenur *et al.*, 2019).

Embora possam existir diferentes tipos de FMEA, existem 3 tipos mais conhecidos: o *System FMEA* (SFMEA), o *Design FMEA* (DFMEA) e o *Process FMEA* (PFMEA). Enquanto o DFMEA é aplicado na fase de conceção de novos produtos, a PFMEA é aplicada no desenvolvimento do processo de produção. A SFMEA foca-se mais na análise das funções gerais de sistemas implementados na empresa (Schneider, 1996). Mais recentemente, surgiu o *Service FMEA* com diretrizes genéricas associadas ao setor dos serviços (Geum *et al.*, 2011).

Resumidamente, a FMEA é capaz de identificar causas de falhas, detetar potenciais falhas mais críticas e especificar prioridades para análises futuras. A avaliação de riscos sob a

perspetiva do cliente e a formulação de soluções que minimizem tal risco são também conseguidas (Meran *et al.*, 2013). O Número de Prioridade de Risco (NPR) constitui o indicador resultante desta metodologia, o qual é o calculado a partir do produto entre os índices de gravidade (G), de ocorrência (O) e de deteção (D) do modo de falha associado.

A matriz GUT surge como uma ferramenta de gestão de risco de ajuda à tomada de decisão muito importante na priorização de problemas, riscos ou soluções por ordem de importância/prioridade. Esta ferramenta segue um conjunto de critérios que atentam à Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) do problema/solução. Para a quantificação destes índices, a matriz GUT faz uso de coeficientes especificamente definidos para avaliar a criticidade dos problemas de forma comparativa, de acordo com G, U e T (Neto *et al.*, 2018).

A técnica *Brainstorming* corresponde a uma das técnicas de gestão mais comuns numa organização. Esta técnica promove a criação de ideias, o desenvolvimento de conceitos e a partilha de pensamentos entre várias pessoas por forma a se espontaneamente chegar a soluções práticas. Sessões de *Brainstorming* acabam por ser responsáveis por estimular a criatividade e apelar à inovação dos colaboradores aquando da geração de ideias em grupo (Al-Samarraie & Hurmuzan, 2018)

3. Proposta de Novo Modelo

A presente secção destina-se a ilustrar a criação de um novo modelo destinado à geração de soluções inovadoras, com respetivo plano de ação, mediante priorização de problemas e soluções e envolvimento dos trabalhadores nas soluções de melhoria para a empresa.

Sendo que o novo modelo tanto incide sobre a fase de análise de problemas e planeamento de soluções de melhoria (*Plan*), no desenvolvimento de planos de ação para melhorias e implementação das mesmas (*Do*), na monitorização e análise de resultados finais obtidos (*Check*) e serve de ponto de partida para a discussão de resultados e seguimento de ações futuras (*Act*), pode ser considerado que este modelo se enquadra num ciclo PDCA.

3.1 Caraterização de modelos existentes

Nos dias de hoje existe uma grande quantidade de modelos e/ou metodologias que integram diversos tipos de ferramentas dentro das áreas da melhoria contínua e da inovação. Estes modelos destinam-se a aproveitar a complementaridade das características de cada uma das diferentes ferramentas aplicadas em conjunto (Bariani *et al.*, 2004; Toivonen, 2015). O objetivo desta combinação de ferramentas neste tipo de modelos prende-se na proposta de soluções

inovadoras em ambientes de melhoria contínua que possam resolver problemas reais num curto espaço de tempo e que possam prevenir potenciais falhas em cenários futuros (Daniel & Draghici, 2015; Toivonen, 2015). A filosofia *Lean Six Sigma* e a perspetiva ecológica podem e devem também ser consideradas na melhoria dos processos para os quais estes modelos se predispõem a resolver problemas internos nas organizações (Wang & Chen, 2010; Yen & Chen, 2005). Dessas metodologias, ferramentas e técnicas existem várias que se evidenciaram: a metodologia FMEA, a metodologia FMECA (*Failure Mode, Effects & Criticality Analysis*), a técnica *Brainstorming*, o ciclo PDCA, a técnica 5Whys (5W), o Diagrama de Pareto, a matriz GUT, o Diagrama de Ishikawa (DI), o QFD (*Quality Function Deployment*), a FTA (*Fault Tree Analysis*), o Modelo de Kano e outras ferramentas da gestão da qualidade tais como cartas de controlo ou diagramas de dispersão (Costa, 2019; Dias *et al.*, 2019; Ng *et al.*, 2017). A metodologia FMEA é aquela que se destacou mais. Tendo em conta a diversidade de características que estas ferramentas apresentam, a sua aplicação conjunta tem um potencial enorme na melhoria, gestão e tomada de decisão em qualquer processo.

A aliança entre a metodologia FMEA e a metodologia TRIZ constitui a combinação mais frequente na tentativa de criar soluções diferenciadoras no ambiente de trabalho em que se inserem. Existem vários exemplos que provam a sua eficácia. Segundo Daniel & Draghici (2015), a aplicação da MC da TRIZ na validação e controlo de ações corretivas de prevenção e de deteção de falhas ocorreu de forma positiva nos problemas triados segundo os NPRs mais importantes. Por exemplo, na característica “cumprir requisitos ambientais” considerou-se a temperatura como parâmetro técnico a melhorar e a confiabilidade como parâmetro técnico que se sacrifica para piorar. Aqui, a contradição técnica evidenciada permitiu chegar a determinados princípios inventivos (ação periódica, transformação do estado físico ou químico e ação prévia, neste caso) imprescindíveis ao raciocínio criativo na conceção das ações de prevenção e de deteção de falha referidas. A aplicação da MC na pesquisa por soluções relativas a modos de falha ambientalmente não sustentáveis também demonstrou ter sido proveitosa na criação de outro modelo que integra a FMEA com a TRIZ (Yen & Chen, 2005). Existem outros modelos que interligam as metodologias FMEA e TRIZ sendo que as ferramentas TRIZ aqui usadas variam consoante o critério do utilizador do modelo, ou seja, o utilizador tanto pode escolher obter soluções inovadoras via MC ou através do algoritmo substância-campo ou das 76 soluções-padrão, por exemplo (Awad & Yusof, 2012; Thurnes *et al.*, 2015). No caso de Vysotskaya & Dmitriev (2021), os requisitos e parâmetros básicos dos processos em estudo começam por ser identificados e analisados ora pela FMEA ora pelo QFD sendo que posteriormente as ferramentas TRIZ surgem como soluções para as contradições técnicas

evidenciadas antes. A integração da FMEA ou da FMECA com o DI e/ou com a técnica 5W são também combinações frutíferas visto que, respetivamente, os modos de falha são esmiuçados até se chegar às causas-raiz assim como os modos e efeitos de falha são alvo de *Brainstorming* verbal por forma a se extrair possíveis causas de problemas em grupo (Ding *et al.*, 2013; El-Dogdog *et al.*, 2016). A aplicação da técnica 5W2H no mapeamento de processos e da matriz GUT na classificação de riscos (NPRs da FMEA) por prioridade também permitiram atingir resultados satisfatórios num exemplo do setor terciário (Costa, 2019). A aliança das áreas de melhoria contínua e inovação também é muito importante na melhoria operacional de uma organização. Segundo a abordagem de Wang & Chen (2010), a integração da filosofia *Lean Six Sigma* com a metodologia TRIZ traduziu-se numa melhoria dos processos no setor dos serviços bancários. A partir de um ciclo DMAIC, os processos mapeados por meio de um VSM e de uma SIPOC foram analisados por forma a se determinar os problemas adjacentes. Antes de se aplicar a FMEA, uma Matriz Causa-Efeito e um Diagrama de Pareto permitiram evidenciar as causas-raiz dos problemas referidos. Segue-se a aplicação da metodologia TRIZ no desenvolvimento de soluções, principalmente através da MC.

Existe também um outro modelo híbrido que se alicerça na premissa de criar soluções a partir de ferramentas TRIZ sobre rotinas *Kata*, ou seja, padrões especificamente estruturados para o desenvolvimento de pessoas (Toivonen, 2015). A combinação da filosofia *Lean* com a TRIZ pode também ser observada com sucesso segundo a criação de um modelo de melhoria contínua especialmente criado para criar soluções ideais numa empresa portuguesa da indústria alimentar. Aqui várias ferramentas *Lean* e de gestão foram utilizadas tais como, o *Brainstorming*, a técnica 5W, o ciclo PDCA e o modelo de Kano. Dependendo da natureza e complexidade do problema detetado, a aplicação de ferramentas da TRIZ de resolução de problemas poderia ser proveitosa, como por exemplo através dos 40 princípios inventivos, da aplicação da MC ou da Análise Substância-Campo. O 5S e o balanceamento de linhas também podem ser utilizados como soluções (Dias *et al.*, 2019)

3.2 Lacunas e limitações de modelos existentes

Como foi observado no subcapítulo anterior, existe uma imensidão de modelos que interliguem várias ferramentas e que delas tirem proveitos complementares. A maioria deles apresenta algumas lacunas. Neste sentido, muitos dos modelos e/ou metodologias da literatura são limitados. Os principais *gaps* verificados nos modelos anteriores são os 6 seguintes: dificuldade no mapeamento de processos, ineficiência na análise de falhas e riscos, inércia

psicológica, negligência face às perspectivas dos clientes, proposta de soluções de melhoria dispendiosas, contradições técnicas frequentemente sem resolução eficaz (Ng *et al.*, 2017; Sutrisno & Lee, 2012; Toivonen, 2015). Embora muitos dos modelos referidos atrás consigam superar alguns destes *gaps*, não existe um único modelo que tenha a capacidade conjunta de superar todas essas limitações. Considerando, por exemplo, a metodologia de Dias *et al* (2020), esta consegue proporcionar uma integração de ferramentas *Lean* (ex: 5S) com ferramentas de gestão (ex: 5W) e de inovação (TRIZ). Neste sentido, esta metodologia ultrapassa os *gaps* de dificuldade no mapeamento de processos, de inércia psicológica, de negligência face às perspectivas dos clientes e de contradições técnicas frequentemente sem resolução eficaz. No entanto, a ineficiência na análise de falhas e riscos e a proposta de soluções de melhoria dispendiosas surgem como as maiores limitações da metodologia. A aplicação da metodologia FMEA e da técnica 5W1H tornaria, por hipótese, esta metodologia ainda mais rica na sua essência. Considerando agora a perspectiva de Costa (2018), o modelo incorpora a metodologia FMEA, a técnica 5W2H e a matriz GUT o que reforça a análise detalhada e priorizada de falhas e riscos e o mapeamento de processos. Não obstante esta análise detalhada, o processo de geração de soluções não segue nenhum padrão ou algoritmo de criação de soluções inovadoras assim como o *feedback* dos clientes internos e/ou externos não é tido em conta.

Logo, torna-se imprescindível criar um modelo que derrube mais eficazmente os *gaps* referidos e que fortaleça a aliança entre as áreas de melhoria contínua e de inovação.

3.3 Estrutura do novo modelo

Com o objetivo de criar soluções inovadoras e diferenciadoras que envolvam diretamente os colaboradores da empresa, foi desenvolvido um novo modelo designado por CI-IMIM. Este combina um *mix* de ferramentas que, combinadas, fornecem uma linha de raciocínio intuitivo e diferenciador integrando simultaneamente as vertentes da melhoria contínua e da inovação. Este modelo vai ser proposto para a resolução de qualquer estudo de caso cujo objetivo se prenda na tomada de decisão de forma criativa e priorizada. Cada uma das ferramentas utilizadas no novo modelo encontra-se alocada à sua área de intervenção conceptual (tópico) e parte do modelo, segundo a Tabela 2.

Assim, torna-se possível criar soluções com planos de ação associados à sua implementação de forma eficiente e inovadora. Adicionalmente, os *gaps* evidenciados no subcapítulo anterior deixam de existir à partida.

Tabela 2 – Descrição de Partes do Novo Modelo

Parte do Novo Modelo	Tópico	Ferramenta/Metodologia
I	Priorização numérica de problemas	FMEA (Parte Inicial da carta FMEA)
II	Proposta de soluções de melhoria	TRIZ
	Triagem e priorização de soluções de melhoria propostas	GUT
III	Planos de ação para as soluções de melhoria	5W1H
	<i>Feedback</i> dos trabalhadores	<i>Brainstorming</i>
IV	Análise dos resultados das ações tomadas	FMEA (Parte Final da carta FMEA)

As características da metodologia FMEA só por si intervêm na resolução do *gap* de ineficiência da análise de falhas e riscos ao fornecer uma linha de raciocínio essencial à caracterização detalhada de problemas a fim de calcular o risco associado dos mesmos e a priorizá-los numericamente. Para além disso a dificuldade no mapeamento de processos e o desconhecimento das necessidades dos clientes são ultrapassados ao se tirar proveito da estrutura da FMEA que inclui um conhecimento mais minucioso dos processos e dos requisitos dos clientes. Já a metodologia TRIZ possibilita ultrapassar contradições técnicas de não frequente resolução eficaz ao providenciar ferramentas inovadoras que resolvam os conflitos existentes dos parâmetros do modo de falha em questão. A matriz GUT auxilia no processo de tomada de decisão através da priorização de problemas ajudando na questão da inércia psicológica. A técnica *Brainstorming* também ajuda a resolver este *gap* ao incluir o impacto potencial dessas soluções nas pessoas envolvidas e assim se perceber a sua adesão às mesmas e se ter um poder de decisão mais facilitado relativamente às soluções efetivamente a se implementar. A técnica 5W1H acerca-se sobre o desenvolvimento de um planeamento detalhado para as soluções em estudo desde que as mesmas sejam consideradas o mais *Lean* e económicas possível. Desta forma, o fator custo característico da técnica 5W2H é considerado nulo para o modelo CI-IMIM no planeamento da implementação das referidas soluções.

A aplicação do DI e os 5W constituem sugestões de ferramentas que combinam bem com o CI-IMIM aquando da identificação das causas-raiz dos problemas em análise.

Embora o modelo não possua na sua estrutura qualquer ferramenta *Lean* de origem, a cultura do modelo CI-IMIM reside no chamado *Lean Thinking*. Neste sentido, a cultura de redução de desperdícios está implícita no modelo nomeadamente aquando do processo de geração de ideias

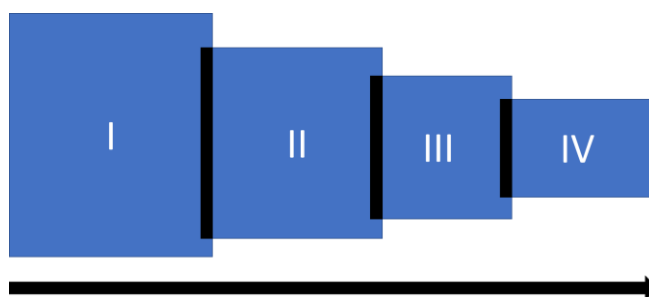
inovadoras via metodologia TRIZ. Consequentemente, as soluções geradas podem estar associadas a ferramentas analíticas *Lean*.

A área da melhoria contínua também pode estar associada à implementação do novo modelo caso o mesmo possa ser implementado em organizações que valorizem ou que pretendam valorizar daí em diante a melhoria contínua. Assim, a aplicação de ferramentas *Lean* (ex: VSM) pode fornecer características complementares ao modelo CI-IMIM tornando-o mais eficaz e eficiente, neste caso, no mapeamento de processos.

3.4 Fundamentos do modelo

No presente subcapítulo, a explicação propriamente dita do CI-IMIM vai ser aqui ilustrada de forma sequencial no decorrer de 4 partes, tal como pode ser observado na representação esquemática da Figura 2.

Figura 2 – Sequência de partes do Novo Modelo



Cada uma das partes é caracterizada por uma tabela de indicadores característicos sendo que a(s) última(s) coluna(s) da tabela de cada parte corresponde à(s) primeira(s) coluna(s) da tabela da parte seguinte. Por exemplo, as últimas 2 colunas da tabela da Parte I (Tabela 3) correspondem às primeiras 2 colunas da tabela da Parte II (Tabela 4). Esta relação entre Partes do novo modelo favorece a sua utilização na prática. Como só existem 4 Partes, a(s) última(s) coluna(s) da tabela da Parte IV (Tabela 6) não têm continuidade a seguir.

3.4.1 Parte I

O modelo CI-IMIM é inicializado a partir da imputação de problemas/modos de falha (inputs) associados às respectivas causas-raiz. Esses problemas são caracterizados relativamente à etapa de serviço e departamento em que se inserem e ainda ao tipo de agentes da empresa que estão envolvidos na ocorrência desse problema na respectiva etapa de serviço.

A partir daí, os problemas associados às causas-raiz vão sendo priorizados numericamente através do cálculo do NPR associado. Este cálculo segue os ideais da carta FMEA e os critérios de Geum *et al* (2011) expostos e adaptados na Tabela 3. Como referido anteriormente, o índice G mede a gravidade do efeito de falha provocado pelo modo de falha associado, o índice O mede a probabilidade de a causa-raiz provocar o modo de falha associado e o índice D mede a probabilidade de os meios de controlo implementados detetarem a causa-raiz ou o efeito do modo de falha associado antes deste chegar ao cliente. De acordo com a classificação do NPR, os problemas com NPR maior ou igual a 200 são, por convenção, considerados problemas prioritários. A única exceção prende-se em problemas cujo NPR é inferior a 200, mas em que o índice G é máximo (G=9) pelo que o problema associado também passa à parte seguinte (Parte II). Nesta parte específica foi utilizado o seguinte código de cores: quanto mais prioritário for o problema, mais avermelhado é o seu tom na coluna do NPR. Assim considera-se que os problemas mais prioritários tenham cores vermelha (muito prioritários) e laranja (prioritários). A amarelo aparecem os NPRs dos problemas que não passam à Parte II (não prioritários). Em caso de empate de NPRs, a ordem de classificação é arbitrária sendo que é usual seguir a ordem pela qual os problemas foram apresentados a priori.

A Parte I encontra-se visualmente descrita a partir da Tabela 3.

Tabela 3 – Parte I do Novo Modelo (TEORIA)

Etapa de Serviço	Departamento(s)	Agente(s)	Modo de Falha	Efeito de Falha	G	Causa de Falha	O	Medidas de Controlo Atuais	D	NPR	
										Índice	Classificação
Tipo de serviço do trabalhador	Departamentos (nível macro) nos quais decorre o problema da etapa de serviço associada	Elementos da empresa envolvidos na ocorrência do problema na respetiva etapa de serviço	Modo como se produz a falha no serviço	Resultado consequente da ocorrência do modo de falha	Gravidade do efeito de falha provocado pelo modo de falha associado	Deficiência do sistema que provoca um certo modo de falha	Probabilidade da causa-raiz provocar o modo de falha associado	Forma de deteção de falha atuais no sistema ou serviço	Probabilidade de os meios de controlo implementados detetarem a causa-raiz ou o efeito do modo de falha associado antes deste chegar ao cliente	Número de Prioridade de Risco resultante do produto entre G, O e D	Ordem de prioridade de problemas

Esta Parte (Parte I) pode ser observada na Tabela acima (Tabela 3) com os indicadores “Etapa de Serviço”, “Departamento(s)”, “Agente(s)”, “Modo de Falha”, “Efeito de Falha”, “G”, “Causa de Falha”, “O”, “Medidas de Controlo Atuais”, “D” e “NPR”.

3.4.2 Parte II

Tendo sido calculados todos os NPRs, os problemas com NPR maior que 200 são os problemas que continuam em análise dado serem os mais prioritários.

Em seguida, a fase de proposta de ações de melhoria toma lugar no CI-IMIM. Esta fase diz respeito à criação de soluções inovadoras via utilização da MC, uma das principais ferramentas de inovação da metodologia TRIZ. Esta ferramenta permite a criação de soluções inovadoras de acordo com Princípios Inventivos definidos de acordo com determinados Parâmetros de Engenharia da metodologia referida. Estes são definidos a partir da identificação de contradições entre parâmetros, ou seja, a partir da identificação de um parâmetro que se pretende melhorar e de outro que, em contrapartida, terá de piorar, contradizendo o efeito potencial do outro. Dessa forma, esta fase do novo modelo incide na criação de ações corretivas recomendadas de acordo com a metodologia TRIZ.

Posteriormente à proposta de soluções de melhoria, estas são triadas e priorizadas com a ajuda da matriz GUT. Sendo que esta afere a gravidade do impacto que o projeto poderá causar na empresa caso não seja realizado logo (G), a urgência de realizar o projeto com prazo temporal (U) e a tendência do problema em piorar com o tempo caso a solução não seja implementada (T), esta ferramenta de apoio à tomada de decisão encaixa-se bem na triagem e priorização de ações de melhoria. O critério utilizado, por convenção, na triagem de soluções de melhoria foi o de considerar as propostas com índice GUT maior ou igual a 45. Depois, estas são classificadas por ordem de prioridade. À semelhança do que ocorreu na Parte I, o código de cores mantém-se para a coluna dos índices GUT sendo que as soluções mais prioritárias aparecem a vermelho, as prioritárias surgem a laranja e as não prioritárias a amarelo. Estas últimas não passam à Parte III.

A Parte II encontra-se visualmente descrita a partir da Tabela 4.

Tabela 4 – Parte II do Novo Modelo (TEORIA)

NPR									GUT	
Índice	Classificação	Parâmetros de Engenharia TRIZ	Princípios Inventivos TRIZ	Princípios TRIZ escolhidos	Ações Corretivas Recomendadas	G	U	T	Índice	Classificação
Número de Prioridade de Risco resultante do produto entre G, O e D	Ordem de prioridade de problemas	Definição de 2 parâmetros de engenharia da metodologia TRIZ: um para melhorar e outro para piorar, dependendo do tipo de problema	Definição dos princípios inventivos TRIZ associados aos parâmetros de engenharia considerados; feito a partida interseção deste parâmetros na matriz das contradições	Escolha do(s) princípio(s) inventivo(s) TRIZ mais indicado(s) (com sentido) para resolver o problema	Conceção de soluções de melhoria consoante o(s) princípio(s) inventivo(s) TRIZ respetivo	Gravidade do impacto que a solução poderá causar na empresa caso não seja realizada logo	Urgência de realizar a solução tendo em conta o fator tempo	Tendência do problema em priorar com o tempo caso a solução não seja implementada	Resultado do produto entre G, U e T	Ordem de prioridade das soluções de melhoria

Esta Parte (Parte II) pode ser observada na Tabela acima (Tabela 4) com os indicadores “NPR”, “Parâmetros de Engenharia TRIZ”, “Princípios TRIZ escolhidos”, “Ações Corretivas Recomendadas”, “G”, “U”, “T” e “GUT” (engloba “Índice” e “Classificação”).

3.4.3 Parte III

As referidas ações de melhoria triadas são seguidamente sujeitas a planos de ação que definem a descrição do que é a solução (“O quê?”), a sua razão de ser (“Porquê?”), em que departamento ou colaborador atua (“Onde?”), em que altura atua (“Quando?”), quem está envolvido (“Quem?”) e como executar a ação na prática (“Como?”). Aqui vai ser utilizada a ferramenta de gestão 5W1H ao invés da técnica 5W2H visto que o objetivo é criar soluções *Lean* via eliminação do fator custo. Logo, este é considerado nulo, por convenção.

Antes da implementação das soluções, estas vão ser alvo de comentário por parte de alguns dos trabalhadores da empresa que vão dar o seu *feedback*. Envolver as pessoas é, portanto, um elemento crítico na aceitação das soluções do projeto. Neste sentido, a técnica *Brainstorming* e reuniões *Kaizen* destinadas a aferir a aceitação dos trabalhadores da empresa envolvidos nas soluções até aqui descritas são recomendadas. Consequentemente, as soluções com *feedback* positivo passam à Parte seguinte, ou seja, à implementação propriamente dita (com símbolo “cara alegre” a verde ao invés de “cara triste” a vermelho).

As soluções que possam ser consideradas a longo prazo proveitosas não passam à parte seguinte do novo modelo (Parte IV) visto que, para efeitos da dissertação, as soluções a implementar apenas dizem respeito às ações de melhoria a curto prazo.

A Parte III encontra-se descrita visualmente a partir da Tabela 5.

Tabela 5 – Parte III do Novo Modelo (Parte III)

GUT		Ações Corretivas Triadas						Feedback	
Índice	Classificação	O quê?	Porquê?	Onde?	Como?	Quem?	Quando?	Aprovação	Decisão
Resultado do produto entre G, U e T	Ordem de prioridade das soluções de melhoria	Descrição do que é a solução	A razão de ser da solução	Departamento ou colaborador onde atua a solução	Maneira de executar a ação na prática	Responsáveis envolvidos na melhoria	Prazo temporal da melhoria	Opinião dos trabalhadores face às soluções	Aprovação da solução (😊/😞)

Esta Parte (Parte III) pode ser observada na Tabela acima (Tabela 5) com os seguintes indicadores: “GUT” (engloba “Índice” e “Classificação”); “Ações Corretivas Triadas” (incorpora “O quê?”, “Porquê?”, “Onde?”, “Quando?”, “Quem?”, “Como?” e “Quanto custa?”) e “Feedback” (engloba “Aprovação” e “Decisão”).

3.4.4 Parte IV

Após se terem decidido as soluções efetivamente a ser implementadas, os resultados provenientes das mesmas são medidos. Para isso, é necessário relembrar quais os modos, efeitos

e causas de falha que justificam a implementação de tais soluções de melhoria. As medidas de controlo atualizadas são também aqui ilustradas.

Por fim, as ações implementadas vão ser (tal como na Parte I) novamente sujeitas a uma avaliação numérica por meio do cálculo de um novo NPR (NPR'). Os critérios utilizados para o cálculo dos índices G', O' e D' aqui na Parte IV são idênticos aos da Parte I. O NPR' vai ser comparado com o NPR anterior por forma a verificar o impacto positivo ou negativo da ação tomada para resolver o problema associado. Esta fase diz respeito à parte final do que costuma estar presente na carta FMEA. Adicionalmente, existe uma última coluna com o valor correspondente à diferença entre o NPR anterior e o NPR' (junto com uma seta consoante o NPR tenha subido ou descido).

No caso de as ações de melhoria tomadas serem prova de resultados positivos, ou seja, quando a diferença numérica está associada a uma seta com sentido descendente, os valores surgem a verde, caso contrário, surgem a vermelho.

A Parte IV encontra-se descrita visualmente a partir da Tabela 6.

Tabela 6 – Parte IV do Novo Modelo (TEORIA)

Feedback		Solução implementada	Modo de Falha Associado	Efeito de Falha Associado	Causa de Falha associada	Medidas de Controlo atualizadas	Resultado das Ações Tomadas				
Aprovação	Decisão						G'	O'	D'	NPR'	Comparação com NPR anterior
Opinião dos trabalhadores face às soluções	Aprovação da solução (☺/☹)	Solução proposta que é implementada e que é valorizada pelos trabalhadores	Modo como se produz a falha no serviço	Resultado consequente da ocorrência do modo de falha	Deficiência do sistema que provoca um certo modo de falha	Forma de deteção de falha atualizadas no sistema ou serviço	Gravidade do efeito de falha provocado pelo modo de falha associado após solução	Probabilidade da causa-raiz provocar o modo de falha associado após solução	Probabilidade de os meios de controlo implementados detetarem a causa-raiz ou o efeito do modo de falha associado antes deste chegar ao cliente após solução	Número de Prioridade de Risco resultante do produto entre G, O e D	Comparação dos Números de Prioridade de Risco antes e depois das soluções implementadas (↑/↓)

Esta Parte (Parte IV) pode ser observada na Tabela acima (Tabela 6) com os seguintes indicadores: “GUT” e “Resultado das Ações Tomadas” (inclui “G'”, “O'”, “D'”, “NPR'” e “Comparação com NPR anterior”).

3.5 Exemplo de aplicação genérica

Antes da aplicação real do novo modelo, a demonstração prática do mesmo pode ser exemplificada para a situação mais genérica possível.

Este exemplo genérico vai permitir demonstrar a aplicação dos pressupostos referidos do modelo, sendo que os índices NPR (Parte I), GUT (Parte II) e NPR' (Parte IV) vão ser dados

de forma aleatória, a título de exemplo. A decisão positiva/negativa relativamente às soluções de melhoria (Parte III) segue o mesmo critério aleatório.

A aplicação do novo modelo começa com a Parte I (Tabela 7). Para a situação genérica consideram-se 6 etapas (etapas 1 a 6) decorrentes em 3 departamentos diferentes (departamentos 1 a 3). Nestes, 4 agentes encontram-se envolvidos nas etapas onde os problemas ocorrem.

Em seguida, cada um dos modos de falha é caracterizado pelo correspondente efeito de falha, causa de falha e medidas de controlo atuais, a partir dos índices G, O e D. Existem 8 modos de falha para 6 etapas de serviço.

Após o cálculo dos NPRs de cada um dos problemas, estes são priorizados quantitativamente.

Dos 8 modos de falha, apenas 4 se encontram acima de NPR igual a 200, logo, estes 4 problemas passam à parte seguinte (Parte II).

Embora o problema da etapa 4 tenha obtido uma classificação insuficiente (NPR=144), o índice G correspondente é máximo (G=9).

Assim, este problema também passa à Parte II. Consequentemente, existem 5 problemas na Parte II.

Tabela 7 – Demonstração genérica da Parte I do modelo CI-IMIM

Etapa de Serviço	Departamento(s)	Agente(s)	Modo de Falha	Efeito de Falha	G	Causa de Falha	O	Medidas de Controlo Atuais	D	NPR	
										Índice	Classificação
Etapa 1	Departamento 1	Agente 1	Modo de falha 1	Efeito 1	6	Causa 1	7	Medida 1	9	378	3
		Agentes 1, 2 e 3	Modo de falha 2	Efeito 2	6	Causa 2	8	Medida 2	9	432	2
				Efeito 3	5	Causa 2	6	Medida 3	9	270	4
Etapa 2	Departamento 2	Agente 3	Modo de falha 3	Efeito 4	4	Causa 3	3	Medida 4	9	108	7
Etapa 3	Departamento 1	Agente 2	Modo de falha 4	Efeito 5	6	Causa 3	9	Medida 5	9	486	1
		Agente 1	Modo de falha 5			Causa 4	6	Medida 6	3	108	18
Etapa 4	Departamento 3	Agente 1	Modo de falha 6	Efeito 6	9	Causa 5	4	Medida 7	4	144	6*
Etapa 5	Departamento 1	Agentes 2 e 3	Modo de falha 7	Efeito 7	6	Causa 2	5	Medida 8	5	150	5
Etapa 6	Departamento 2	Agente 4	Modo de falha 8	Efeito 8	4	Causa 3	3	Medida 9	2	24	8

Na Parte II (Tabela 8), os 5 problemas referidos são sujeitos à MC da TRIZ, onde se dá a combinação de um parâmetro de engenharia a melhorar e de outro a piorar. Daqui surgem os princípios inventivos adequados a resolver cada um dos problemas associados. Dos 5 problemas surgem 7 ações de melhoria, triadas a partir da matriz GUT.

Tabela 8 – Demonstração genérica da Parte II do modelo CI-IMIM

NPR									GUT	
Índice	Classificação	Parâmetros de Engenharia TRIZ	Princípios Inventivos TRIZ	Princípios TRIZ escolhidos	Ações Corretivas Recomendadas	G	U	T	Índice	Classificação
486	1	Melhorar parâmetro 1; Piorar parâmetro 2	X, W, Y e Z	W	Ação Corretiva 1	4	5	3	60	5
				Z	Ação Corretiva 2	4	3	3	36	9
432	2	Melhorar parâmetro 15; Piorar parâmetro 3	X, Y, T e Z	X	Ação Corretiva 3	4	2	2	16	12
				Y	Ação Corretiva 4	5	4	4	80	2
				T	Ação Corretiva 5	4	4	4	64	3
				Z	Ação Corretiva 6	5	4	4	64	4
378	3	Melhorar parâmetro 12; Piorar parâmetro 1	A, D, R e T	A	Ação Corretiva 7	4	5	2	40	8
				T	Ação Corretiva 8	5	5	4	100	1
270	4	Melhorar parâmetro 31; Piorar parâmetro 2	B, D, X e R	B	Ação Corretiva 9	3	5	4	60	6
				D	Ação Corretiva 10	2	3	2	12	13
				X	Ação Corretiva 11	3	3	2	18	11
				R	Ação Corretiva 12	2	2	2	8	14
144	6*	Melhorar parâmetro 8; Piorar parâmetro 5	T, R, W, U	T	Ação Corretiva 13	4	4	3	48	7
				R	Ação Corretiva 14	4	3	2	24	10

Em seguida, a Parte III (Tabela 9) é caracterizada por 7 ações de melhoria derivadas do 5W1H. Estas acabam por ser efetivamente 5 soluções visto que 3 das ações de melhoria conduzem ao mesmo plano de ação. A título de exemplo, apenas 1 das soluções não tem *feedback* positivo. Desta forma, passam 4 soluções de melhoria à Parte IV.

Tabela 9 – Demonstração genérica da Parte III do modelo CI-IMIM

GUT		Ações Corretivas Triadas						Feedback	
Índice	Classificação	O quê?	Porquê?	Onde?	Como?	Quem?	Quando?	Aprovação	Decisão
100	1	Ação 1	Razão 1	Local 1	Mecanismo 1	Responsável 1	Prazo 1	Feedback 1	
80	2	Ação 2							
60	5	Ação 3							
64	3	Ação 4	Razão 2	Local 2	Mecanismo 2	Responsável 2	Prazo 1	Feedback 2	
64	4	Ação 5	Razão 3	Colaborador 1	Mecanismo 3	Responsável 3	Prazo 2	Feedback 3	
60	6	Ação 6	Razão 4	Colaboradores 1 e 2	Mecanismo 4	Responsável 2	Prazo 3	Feedback 4	
48	7	Ação 7	Razão 5	Local 3	Mecanismo 5	Responsável 1	Prazo 5	Feedback 5	

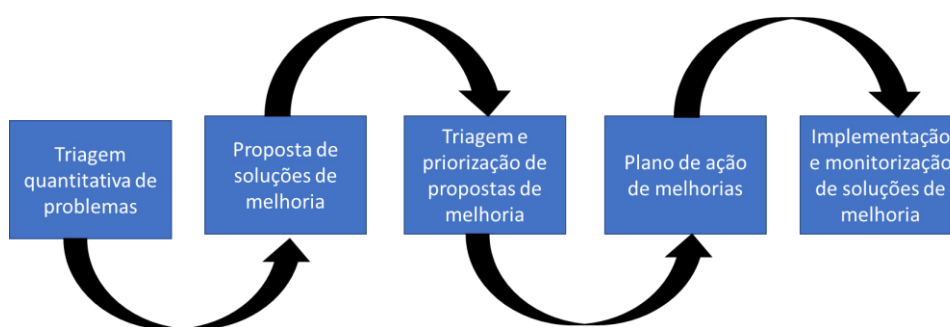
Por fim, a Parte IV (Tabela 10) diz respeito ao cálculo dos novos valores de NPR (NPR'). As 5 soluções de melhoria apuradas estão associadas a 6 modos de falha diferentes, ou seja, 6 problemas. Todos eles obtiveram evoluções muito positivas, principalmente os modos de falha 2 e 4. Assim, as soluções 1 e 2 são as que mais se destacaram pela positiva.

Tabela 10 – Demonstração genérica da Parte IV do modelo CI-IMIM

Feedback		Solução implementada	Modo de Falha Associado	Efeito de Falha Associado	Causa de Falha Associada	Medidas de Controlo atualizadas	Resultado das Ações Tomadas				
Aprovação	Decisão						G'	O'	D'	NPR'	Comparação com NPR anterior
Feedback 1	😊	Solução 1	Modo de falha 4	Efeito 5	Causa 3	Medida 1	6	5	4	120	↓ 366 (120 < 486)
			Modo de falha 2	Efeito 2	Causa 2	Medida 2	6	5	3	90	↓ 342 (90 < 432)
			Modo de falha 1	Efeito 1	Causa 1	Medida 3	5	4	3	60	↓ 318 (60 < 378)
Feedback 3	😊	Solução 2	Modo de falha 2	Efeito 2	Causa 2	Medida 4	5	5	3	75	↓ 357 (75 < 432)
Feedback 4	😊	Solução 3	Modo de falha 2	Efeito 3	Causa 2	Medida 5	6	5	3	90	↓ 342 (90 < 270)
Feedback 5	😊	Solução 4	Modo de falha 6	Efeito 6	Causa 5	Medida 5	9	2	3	54	↓ 90 (54 < 144)

3.6 Instrução de aplicação prática do modelo

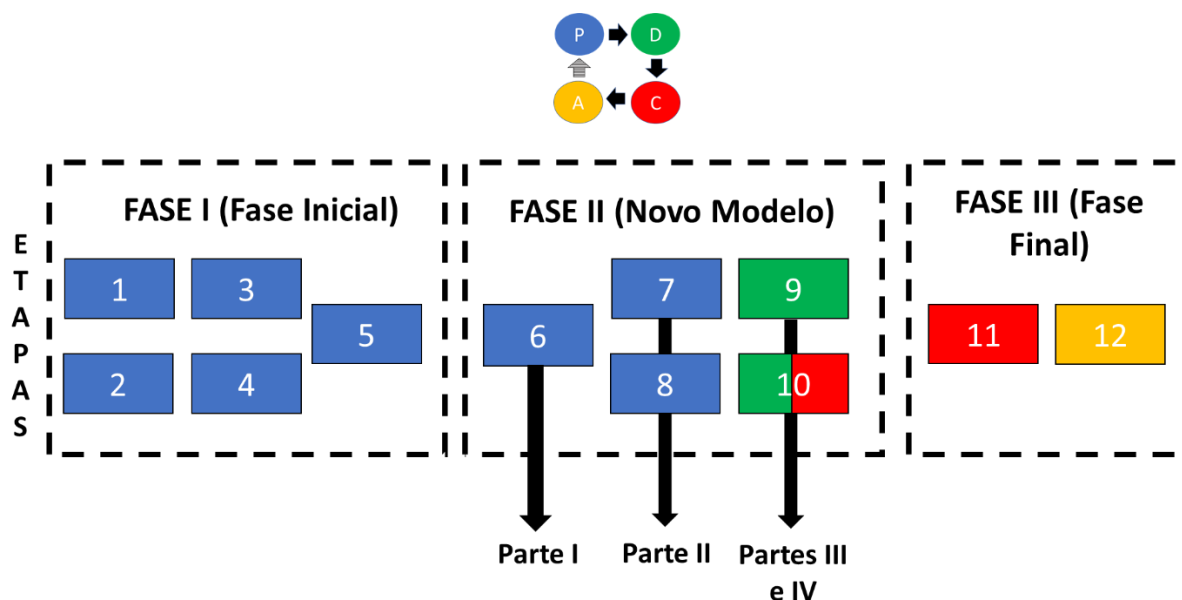
Em contexto real, o novo modelo deve ser incorporado em qualquer momento em que a empresa/organização deseja estudar os seus problemas e criar e priorizar soluções de melhoria para os resolver. Tal como referido anteriormente, o novo modelo possibilita a análise numérica de problemas tendo em conta o fator risco para a empresa. Para além disso, este modelo ajuda na proposta detalhada de soluções de melhoria inovadoras que, simultaneamente, são eficazes e eficientes na resolução dos referidos problemas. Desta forma, a análise de problemas quantitativa, a proposta de soluções de melhoria, a triagem e priorização destas soluções e a implementação e monitorização das mesmas são 5 etapas que se distinguem nas características das 4 partes do modelo CI-IMIM, como se pode ver na Figura 3.

Figura 3 – Etapas conceptuais do novo modelo

Tendo em conta as características referidas, a integração do modelo CI-IMIM em estudos de caso visa auxiliar as empresas/organizações na tomada de decisão relativamente a soluções inovadoras em ambientes de melhoria contínua, que permitem resolver um determinado número de problemas da empresa em questão. Além disso, é também importante antes perceber o caminho para essa identificação de problemas assim como é essencial perceber o caminho após

descobrir as referidas soluções de melhoria. Desta forma, a instrução de aplicação prática do referido modelo pode facilmente ser demonstrada através do desenvolvimento de uma metodologia genérica para qualquer estudo de caso. Esta encontra-se na Figura 4.

Figura 4 – Metodologia genérica de instrução prática



Como se pode observar, esta metodologia genérica segue uma abordagem constituída, na sua totalidade, por 3 Fases (I, II e III) com 12 Etapas (1 a 12) na sua totalidade. As Partes (I, II, III e IV) são partes do CI-IMIM inseridas nas etapas da Fase II.

É necessário dar ênfase ao facto que estas etapas terem sido estruturadas à luz do ciclo PDCA, ou seja, todas as etapas envolvidas na melhoria dos processos internos da empresa seguem uma lógica encaixada nos 4 passos (*Plan*, *Do*, *Check* e *Act*) desta ferramenta *Lean*.

Como é possível observar, o *Plan* engloba as 8 primeiras etapas enquanto que o *Do* engloba outras 2 etapas (9 e 10), o *Check* diz respeito à 11ª etapa e o *Act* corresponde à etapa 12. É ainda importante referir que a fase *Check* é também feita em simultâneo com a fase *Do* na etapa 10.

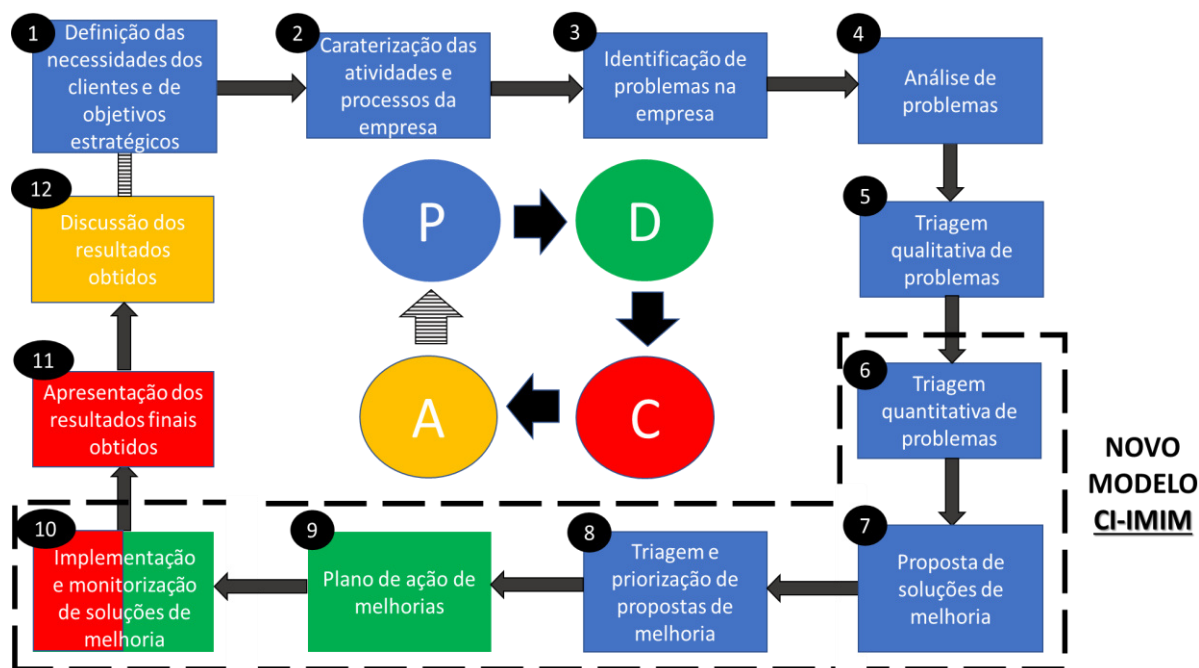
A Fase I corresponde à Fase Inicial do presente estudo de caso (etapas 1 a 6). Segundo a figura abaixo (Figura 5), estas etapas começam por incluir a definição das necessidades do cliente e de objetivos estratégicos (etapa 1).

Em seguida, a caracterização das atividades e processos da empresa ocorre de forma detalhada com recurso a fluxogramas de processo, por exemplo (etapa 3).

A etapa seguinte (etapa 4) diz respeito à identificação de problemas na empresa, na qual podem ser aplicadas ferramentas *Lean* tais como VSM, Diagrama de Esparguete e 5S. Depois, segue-se a etapa de análise dos problemas (etapa 4) na qual DI's e a técnica 5W são proveitosos

para se apurar causas-raiz. Estas são depois triadas qualitativamente (etapa 5) e quantitativamente (etapa 6).

Figura 5 – Descrição das etapas à luz de um ciclo PDCA



A Fase II diz respeito à fase na qual o modelo CI-IMIM é parte integrante. Esta fase abrange as etapas 6 a 10. Aqui surgem as 5 etapas deduzidas da Figura 3: a triagem qualitativa de problemas, a proposta de soluções de melhoria, a triagem e priorização das mesmas, o estabelecimento de planos de ação para as mesmas soluções e a respetiva implementação e monitorização. Por fim, segue-se a Fase III que equivale justamente à etapa de apresentação de resultados finais (etapa 11) e de discussão dos mesmos juntamente com seguimento de ações (etapa 12). A utilização de uma folha A3 de acompanhamento do projeto é recomendada ao longo das 12 etapas da metodologia genérica referida.

4. Resultados práticos

A validação deste modelo foi feita a partir da aplicação do mesmo a um estudo de caso numa empresa do Grupo Salvador Caetano. Sendo que esta valoriza a melhoria contínua dos seus processos internos, o novo modelo foi aqui aplicado no contexto do objetivo estratégico da melhoria da comunicação interdepartamental no Após-Venda da empresa.

O referido estudo de caso demonstrou ser prova viva de sucesso da aplicação prática do modelo CI-IMIM. Dos 22 problemas existentes, houve 13 que passaram da Parte I para a Parte II. Destes 13 surgiram 30 soluções de melhoria das quais 14 passaram da Parte II para a Parte

III e destas 14 foram triadas 7 soluções a implementar na empresa. É de referir que todas as 7 soluções implementadas permitiram reduzir o risco de 9 dos 22 problemas iniciais (Parte IV). O resultado final do modelo CI-IMIM pode ser observado na Parte IV (Tabela 11).

Tabela 11 – Resultados finais do modelo CI-IMIM

Feedback		Solução implementada	Modo de Falha Associado	Efeito de Falha Associado	Causa de Falha Associada	Medidas de Controlo atualizadas	Resultado das Ações Tomadas				Comparação com NPR anterior
Aprovação	Decisão						G'	O'	D'	NPR'	
Mais-valia geral	😊	Quadro Kanban Virtual de controlo de viaturas com dashboard	Timing errado na chamada telefónica a cliente para entrega de viatura	Elevado tempo de espera para levantar a viatura após indicação da Receção de viatura pronta	Inexistência de mecanismo de comunicação entre Receção, Oficina e Lavagem	Sim (cliente ficar muito tempo na fila de espera)	6	5	4	120	258 ↓ (120 < 378)
			Desconhecimento do estado de reparação/lavagem e da localização da viatura	Grandes distâncias percorridas pelos trabalhadores na entrega da viatura	Inexistência de mecanismo de comunicação entre Receção, Oficina e Lavagem	Sim (separadores "Estado" e "Local de Estacionamento" no Quadro Kanban em Excel)	6	5	3	90	342 ↓ (90 << 432)
				Má colocação das chaves no chaveiro	Falta de cumprimento de procedimento	Sim (separadores "Estado" e "Local de Estacionamento" no Quadro Kanban em Excel)	5	4	3	60	210 ↓ (60 << 270)
Este tipo de controlo previne futuros problemas	😊	Ponto de situação das viaturas em Oficina	Chefe de Oficina depende dos Rececionistas	Interrupções frequentes do Chefe de Oficina aos rececionistas	Gestão de prioridades e tarefas errada por parte do Chefe de Oficina	Sim (separador "ponto de situação Chefe de Oficina" no Quadro Kanban em Excel)	5	5	3	75	240 ↓ (75 << 315)
Prática necessária e que segue procedimento	😊	Motivar trabalhadores a usar separador "Lavagem"	Desconhecimento do estado de reparação/lavagem e da localização da viatura	Grandes distâncias percorridas pelos trabalhadores na entrega da viatura	Inexistência de mecanismo de comunicação entre Receção, Oficina e Lavagem	Sim (verificar or observação visual se os mecânicos usam separador "Lavagem")	6	5	3	90	342 ↓ (90 << 432)
Mais prático	😊	Direcionar OR's diretamente da Oficina para os rececionistas	Aprovação desnecessária de OR por parte do Chefe de Oficina	Atrasos no processamento das obras	Procedimento Inadequado	Não	6	5	9	270	216 ↓ (270 < 486)
Acompanhamento das OR's é mais eficiente	😊	Folha de gestão visual relativa às OR's em curso	Alocação pouco ágil do momento de entrega da viatura	Má alocação das horas de restituição da viatura	Falta de cumprimento de procedimento	Sim (Gestão Visual em Excel das OR's em curso permite controlar as informações de todas as viaturas em aberto)	5	4	3	60	210 ↓ (60 << 270)
É um procedimento mais lógico	😊	Desinfecção logo após inspeção no atendimento ao cliente	Desinfecção feita no final da receção ao cliente ao invés de ser seguida à inspeção	Falta de foco em clientes recém chegados	Falta de cumprimento de procedimento	Sim (controlo visual)	4	2	2	16	272 ↓ (16 << 288)
Organização e brio são valorizados logo deve-se incentivar o 5S	😊	Auditorias Internas semanais 5S	Desorganização e desarrumação do ambiente de trabalho	Perdas de informação e/ou falta de brio	Resistência à mudança	Sim (Auditorias periódicas)	5	6	3	90	150 ↓ (90 < 240)

O “Quadro Kanban Digital de controlo de viaturas com dashboard” e “Motivar trabalhadores a usar separador Lavagem” foram as soluções dotadas de maior sucesso dado maior efeito redutor no que consta o índice NPR (reduções até 342 valores).

Graças aos resultados do novo modelo, 8 dos 10 KPIs em estudo evoluíram positivamente no período em análise. A aplicação do modelo CI-IMIM no concessionário automóvel em análise foi assim validada. Os resultados finais do novo modelo falam por si já que os KPIs dos Processos Internos foram os que mais se destacaram pela positiva: a *Process Cycle Efficiency* melhorou 2,2%, os *muda* na Receção baixaram 14,1%, a distância percorrida pelo rececionista reduziu 44 metros e o tempo de interrupções no processamento de documentos cliente foi reduzido em 1,4 minutos. Adicionalmente, deu-se uma redução do tempo de espera inicial do cliente de 3 minutos e do tempo de espera do cliente entre a chegada do mesmo para receber a viatura e a entrega efetiva da mesma de 12,2 minutos. No entanto, os indicadores NPS e CSI

evoluíram negativamente fruto do contexto pandémico e da necessidade de um período de adaptação que permita que as novas soluções sejam bem assimiladas pela empresa.

5. Conclusões Finais

O presente artigo centrou-se no desenvolvimento de uma proposta de um modelo focado na criação e priorização de soluções de melhoria inovadoras em ambientes de melhoria contínua. Este é chamado de CI-IMIM.

O modelo proposto constitui uma metodologia de aplicação conjunta de um vasto leque de ferramentas de metodologias que, integradas, permitem conciliar a gestão do risco, com a criação, priorização e planeamento minucioso de soluções inovadoras. A recolha do *feedback* dos trabalhadores sobre estas soluções constitui peça chave no modelo visto que garante a sua implementação sob plena aceitação dos trabalhadores do meio em que se inserem. A utilização combinada da FMEA, da MC da TRIZ, da matriz GUT, da técnica 5W1H, do *Brainstorming* e novamente da FMEA surge como uma combinação sequencial única na resolução de problemas de qualquer empresa/organização. É de referir que a aplicação do modelo em ambientes *Lean* ajuda na tomada de decisão de soluções nas quais se pretendam reduzir desperdícios operacionais. Desta forma, o novo modelo corrobora a aliança entre as áreas da melhoria contínua e da inovação.

Tendo por base um estudo de caso realizado numa empresa do Grupo Salvador Caetano, a viabilidade prática do novo modelo em concessionários automóveis foi testada e validada. As conclusões deste estudo de caso apontaram para uma melhoria significativa de 8 dos 10 KPIs em análise com destaque para o contributo dado por soluções como o Quadro *Kanban* Digital e o Programa 5S.

Para trabalhos futuros, é recomendado que o modelo CI-IMIM seja testado em novos ambientes de diferentes indústrias especialmente aquelas que valorizem a melhoria contínua e a inovação. A combinação do novo modelo com a técnica 5W2H, ao invés da técnica 5W1H, é também aconselhada para empresas que pretendam integrar o fator custo no planeamento detalhado de soluções a implementar. Adicionalmente, a complementaridade do novo modelo com a filosofia *Lean Six Sigma* e/ou com outro tipo de ferramentas como o Diagrama de Pareto, cartas de controlo e a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*) são exemplos de hipóteses por testar e validar.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT-MCTES) pelo apoio dado ao trabalho de investigação através do Projeto UIDB/00667/2020 (UNIDEMI).

Referência

- Akkucuk, U. (2014). Application of Lean Six Sigma Methodology in Design and Improvement of Financial Services. Em H. Dincer & Ü. Hacıoglu (Eds.), *Globalization of Financial Institutions: A Competitive Approach to Finance and Banking*, 151–164. Springer, Cham, Switzerland.
- Al-Samarraie, H., & Hurmuzan, S. (2018). A review of brainstorming techniques in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 78–91.
- Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). Lean Service: Reassessment of Lean Manufacturing for Service Activities. *Procedia Engineering*, 132, 23–30.
- Awad, A., & Yusof, S. (2012). A Methodology for Integrating Web Based FMEA and TRIZ. *International Journal of Systematic Innovation*, 2(1), 33–45.
- Bariani, P., Berti, G., & Lucchetta, G. (2004). A Combined DFMA and TRIZ approach to the simplification of product structure. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 218(8), 1023–1027.
- Chiarini, A. (2013). From Mass Production to the Lean Six Sigma. Em A. Chiarini (Ed.), *Lean Organization: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, 1–13. Springer, Milan, Italy.
- Clarke, C. (Ed.). (2005). The history of production systems in the automotive industry. Em *Automotive Production Systems and Standardisation: From Ford to the Case of Mercedes-Benz*, 71–125. Physica-Verlag HD.
- Costa, A. (2019). *Mapeamento de riscos e controles no terceiro setor por meio de Ferramentas de gerenciamento de riscos*. Dissertação em MBA, Universidade Federal do Paraná, Brasil.
- Daniel, T., & Draghici, G. (2015). TRIZ Methodology applied in D-FMEA prevention and detection actions. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 13, 55.
- Dias, A., Navas, H., & Abreu, A. (2020). Design of a Continuous Improvement Model in a Portuguese Food Industry Company – A Case Study. *KnE Engineering*, 195–208.
- Ding, S., Muhammad, N., Zulkurnaini, N., Khaider, A., & Kamaruddin, S. (2013). Production System Improvement by Integration of FMEA with 5-Whys Analysis. *Advanced Materials Research*, 748, 1203–1207.
- Ekmekci, I., & Koksall, M. (2015). Triz Methodology and an Application Example for Product Development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2689–2698.
- El-Dogdog, T., El-Assal, A., Afefy, I., El-Betar, A., & Student, P. (2016). Implementation of FMECA and Fishbone Techniques in Reliability Centred Maintenance Planning. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3297, 18801.
- Geum, Y., Cho, Y., & Park, Y. (2011). A systematic approach for diagnosing service failure: Service-specific FMEA and grey relational analysis approach. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(11), 3126–3142.

- Holweg, M. (2008). The Evolution of Competition in the Automotive Industry. Em G. Parry & A. Graves (Eds.), *Build To Order: The Road to the 5-Day Car*, 13–34. Springer, London, UK.
- Kaitwade, N. (2020). COVID-19 shatters global automotive industry; sales of metal powder take a nosedive amid wavering demand. *Metal Powder Report*, 76, 137-139.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (1st edition). McGraw-Hill Education, New York, USA.
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20.
- Lisbôa, M., & Godoy, L. (2012). Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: A joia. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 4(7), 32–47.
- Livotov, P., Chandra Sekaran, A., Law, R., & Reay, D. (2019). Systematic Innovation in Process Engineering: Linking TRIZ and Process Intensification. Em L. Chechurin & M. Collan (Eds.), *Advances in Systematic Creativity: Creating and Managing Innovations* (pp. 27–44). Springer, Cham, Switzerland.
- Lopes Silva, D., Delai, I., Soares de Castro, M., & Ometto, A. (2013). Quality tools applied to Cleaner Production programs: A first approach toward a new methodology. *Journal of Cleaner Production*, 47, 174–187.
- Meran, R., John, A., Roenpage, O., & Staudter, C. (2013). *Six Sigma+Lean Toolset: Mindset for Successful Implementation of Improvement Projects* (S. Lunau, Ed.; 2.^a ed.). Springer, Berlin, Germany.
- Navas, H. (2014a). Fundamentos do TRIZ. Parte VII - Princípios Inventivos ou Técnicas para Vencer Conflitos. *Inovação & Empreendedorismo*, 56, 4.
- Navas, H. (2014b). Fundamentos do TRIZ. Parte VIII - Modelo Substância-Campo. *Inovação & Empreendedorismo*, 57, 3.
- Navas, H. (2013). TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation. *Advances in Industrial Design Engineering*, 75–97.
- Neto, F., Brandão, F., Diogenes, A., Mesquita, E., & Martini, R. (2018). *Application of GUT Matrix in the Inspection of a Heritage Construction in Fortaleza-ce*. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018.
- Ng, W., Teh, S., Low, H., & Teoh, P. (2017). The integration of FMEA with other problem solving tools: A review of enhancement opportunities. *Journal of Physics: Conference Series*, 890(1), Article 012139.
- Pallawi, B., Sangode, P., Roy, A., Balbudhe, N., & Prasad, R. (2020). Automotive Supply Chain Risk Model driven by Interpretive Structural Modelling with FMEA. *Chemistry of Material*, 10(3), 4557-4574.
- Schito, M. (2021). A Sectoral Approach to the Politics of State Aid in the European Union: An Analysis of the European Automotive Industry. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 21(1), 1–31.
- Schneider, H. (1996). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution. *Technometrics*, 38(1), 80–80.
- Shang, G., & Low, S. (2014). Lean construction management: The Toyota way, 390.

- Sutrisno, A., & Lee, T.-R. (2012). Service reliability assessment using failure mode and effect analysis (FMEA): Survey and opportunity roadmap. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 3(7), 25-38.
- Tenera, A., & Pinto, L. (2014). A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 912–920.
- Thurnes, C., Zeihsel, F., Visnepolschi, S., & Hallfell, F. (2015). Using TRIZ to Invent Failures – Concept and Application to go Beyond Traditional FMEA. *Procedia Engineering*, 131, 426–450.
- Tohidi, H., & Jabbari, M. (2012). The important of Innovation and its Crucial Role in Growth, Survival and Success of Organizations. *Procedia Technology*, 1, 535–538.
- Toivonen, T. (2015). Continuous Innovation – Combining Toyota Kata and TRIZ for Sustained Innovation. *Procedia Engineering*, 131, 963–974.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. *Em Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148-1148.
- Yen, S.-B., & Chen, L. (2005). An Eco-Innovative Tool by Integrating FMEA and TRIZ Methods. *2005 4th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, 678–683.
- Yücenur, G., Atay, I., Argon, S., & Gül, F. (2019). Integrating Fuzzy Prioritization Method and FMEA in the Operational Processes of an Automotive Company. *Int. J. Knowl. Based Organ*, 9(3), 14-32

Authors Profiles

Vasco Ventura Soares has received a master's degree in Industrial Engineering and Management from the NOVA School of Science and Technology – Universidade NOVA de Lisboa – Portugal. His research interests are in the areas of management and industrial strategy, innovation, and continuous improvement.

Helena Guitiss Navas has received a PhD from the NOVA School of Science and Technology – Universidade NOVA de Lisboa – Portugal. She is currently Assistant Professor at the Department of Mechanical and Industrial Engineering of the NOVA School of Science and Technology - Portugal and researcher at UNIDEMI. Her research interests are in the areas of innovation, continuous improvement, quality, and process management.