

**PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS PARA O SERVIÇO PÚBLICO  
ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO ENTRE QUALITY FUNCTION  
DEPLOYMENT (QFD) COM A TEÓRIA RECHÊNIA  
IZOBRETÁTELSKIH ZADÁTCHI (TRIZ)**

**MOURA, Thaysa Maria de Farias<sup>1</sup>; COSTA, Larissa Vasconcelos<sup>2</sup>; LISBOA, Ainã  
Pinheiro<sup>3</sup>; VASCONCELOS, Cleiton Rodrigues<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, thaysamoura08@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, larissavasconcelosc@hotmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, a.lisboa16@gmail.com

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, cleitongv@yahoo.com.br

**Resumo:** Diante da diversidade dos serviços governamentais e dos requisitos propostos pela Lei nº 8.987/95 que regulamenta a oferta dos serviços públicos (Permanência, Generalidade, Eficiência, Modicidade e Cortesia), este estudo propõe um modelo empírico, onde primeiramente se estabelecem os requisitos e direitos dos usuários com base na Matriz QFD e posteriormente se elabora uma correlação entre os requisitos e os 40 Princípios Inventivos da Teoria TRIZ. Por fim, o trabalho propôs uma relação da TRIZ (Teoria da Solução de Problemas Inventivos) ao QFD (Quality Function Deployment), envolvendo os 40 princípios Inventivos e os requisitos e direitos dos usuários. A partir dessa relação, podem ser formuladas inconsistências através da matriz de contradições, e a partir delas é possível encontrar uma solução típica. Esta solução típica, por fim, é transformada, numa solução específica para o problema proposto.

**Palavras-chave:** Serviço Público; TRIZ; QFD; Qualidade em serviços.

**PROPOSITION OF IMPROVEMENTS FOR THE PUBLIC SERVICE  
THROUGH INTEGRATION BETWEEN QUALITY FUCTION  
DEPLOYMENT (QFD) AND THEORY RECHÊNIA  
IZOBRETÁTELSKIH ZADÁTCHI (TRIZ)**

**Abstract:** Against of the diversity of governmentals services and requirements proposed by the law nº 8.987/95 that regulate the services public offer (Permanence, Generality, Efficiency, Modicity and Courtesy), this study propose an empiric model, where first the requiriments and the users right are stabilished based on Matriz QFD and after is elaborate a correlation

*between the requirements and the 40 Inventive Principles of TIPS . Lastly, this work proposed a relation between TIPS (Theory of Inventive Problem Solving) and QFD (Quality Function Deployment), involving the 40 Inventive Principles and requirements and the users right. From this relationship, inconsistencies can be formulated through contradiction matrix, and from these is possible find a typical solution. Lastly, this typical solution is transformed in a specific solution for the proposed problem.*

**Keywords:** Public Service; TRIZ; QFD; Quality in services.

## **1 Introdução**

Na atual conjuntura econômica, ofertar serviços de qualidade é uma preocupação constante das organizações, sejam elas públicas ou privadas, pois o cliente além de mais exigente está cada vez mais consciente dos seus direitos enquanto cidadão e usuário, devendo assim as empresas direcionar seus esforços as características que de fato promovam uma maior satisfação.

Os sistemas de gestão devem estar orientados a práticas que aliem às expectativas do cliente a qualidade do serviço prestado, sendo comum o uso de ferramentas e metodologias científicas para auxiliar na tradução dessas características relevantes para a estruturação dos serviços.

A Matriz QFD – Quality Function Deployment, ou Desdobramento da Função Qualidade, é uma metodologia amplamente empregada para avaliação de vários produtos e serviços, buscando integrar as características relacionadas as necessidades dos usuários com a melhoria do serviço ou produto oferecido, traduzindo a determinação da voz do cliente em parâmetros que gerem benefícios aos serviços avaliados.

A TRIZ - Teória Rechénia Izobretátelskih Zadátchi, ou Teoria da Resolução de Problemas Inventivos, é uma metodologia que possui um reúne várias ferramentas com um grande conhecimento em diversas patentes já concedidas, proporcionando o surgimento de novas ideias e soluções para resolução de problemas.

O objetivo desse trabalho foi propor a utilização da matriz QDF para avaliar as características essenciais ao serviço público oferecido ao cliente associado a Teoria TRIZ para apoiar a resolução de problemas com base em soluções inovadoras.

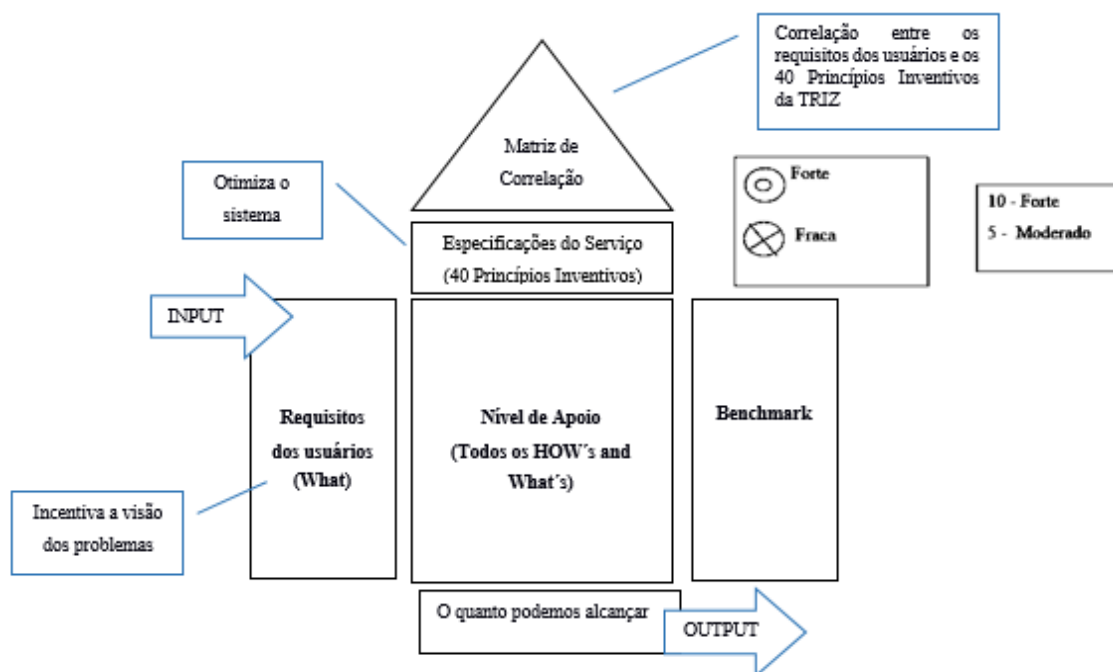
Para isso, adotou-se uma abordagem descritiva e exploratória com foco nas especificações do setor público de modo geral, para em seguida apresentar a aplicação das metodologias QFD e TRIZ e como estas podem contribuir para a resolução de problemas com foco em soluções inovadoras.

## 2 Metodologia

A metodologia desse estudo consistiu em uma investigação preliminar em periódicos, artigos científicos e demais trabalhos relacionados com a temática. Diante da diversidade dos serviços governamentais e aos requisitos propostos pela Lei nº 8.987/95 que regulamenta a oferta dos serviços públicos (Permanência, Generalidade, Eficiência, Modicidade e Cortesia), foi elaborado os requisitos dos usuários com base na Matriz QFD e estabelecido uma correlação com base nos princípios inventivos da Teoria TRIZ para em seguida propor soluções com base em resultados já exploradas por outros serviços públicos ou privados que adotam as melhores práticas.

A Figura 1 ilustra como a matriz QFD pode relacionar-se a Teoria TRIZ, propondo soluções aos requisitos identificados pelos usuários correlacionados as especificações necessárias a oferta de serviços.

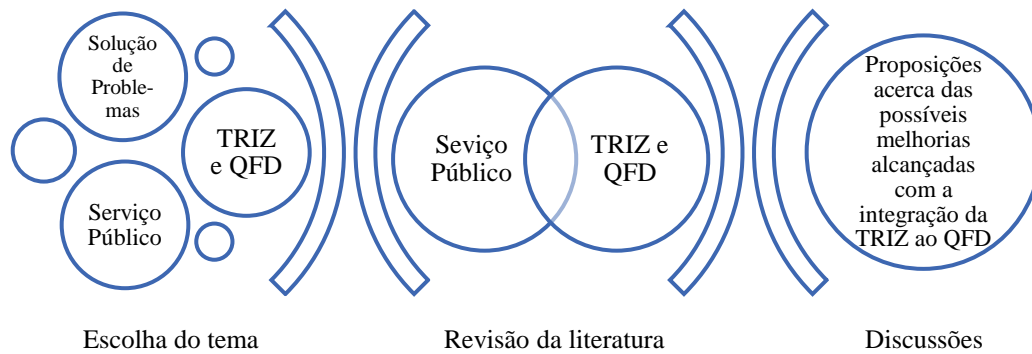
Figura 1 – TRIZ combinado ao QFD



Fonte: Adaptado de Tursch *et. Al* (2015)

A Figura 2 descreve as etapas da construção do trabalho, onde primeiramente passou-se pela etapa de escolha do tema, posteriormente foi feita uma revisão bibliográfica e por fim, foram realizadas discussões com proposições acerca das possíveis melhorias alcançadas a partir da integração da TRIZ ao QFD.

Figura 2 – Estrutura do trabalho



Fonte: Autoria própria (2017)

### 3 Serviços Públicos

De acordo com Di Pietro (2014) serviço público é toda atividade prevista por lei ao Estado que é realizada diretamente por ele ou por meio de terceiros, satisfazendo assim, as necessidades públicas.

De acordo com Diming (1990), para o aperfeiçoamento do serviço público era necessário buscar e aplicar técnicas e ferramentas que pudessem aperfeiçoar suas análises e avaliar seus resultados.

Fowler (2008), aponta aspectos que contribuem diretamente na ineficiência e ineficácia dos serviços público, esses aspectos são: falta de motivação do servidor, falta de padronização no atendimento ao cliente-cidadão, falta de comprometimento da alta administração para inserir um programa de qualidade no setor público.

No Brasil, a lei que rege o Serviço Público é a Lei nº 8.987/95, nela os requisitos e direitos dos usuários do serviço público podem ser sintetizados em cinco princípios, como descritos na Quadro 1.

Quadro 1 – Requisitos e Direitos do Serviço Público com seus respectivos exemplos

Requisitos e Direitos dos usuários	Áreas estratégicas Exemplos
<b>Permanência (continuidade do serviço);</b>	Saúde: acompanhamento às gestantes desde o pré-natal até a fase adulta do indivíduo. Segurança: seguimento do serviço de boletim de ocorrência. Educação: assistência às crianças especiais e garantia do ensino na rede pública.
<b>Generalidade (serviço igual para todos);</b>	Saúde: Atendimento por ordem de chegada, com prioridade a idosos, grávidas, doentes e pessoas com deficiência. Segurança: serviço de segurança pública sem distinção de classe social, situação econômica. Educação: Professores com direitos iguais qualificados em todas as escolas.
<b>Eficiência (serviços atualizados);</b>	Saúde: Rapidez no atendimento. Segurança: Medidas de proteção à segurança. Educação: Salas de aulas com multimídia.
<b>Modicidade (tarifas módicas);</b>	Saúde: Remédios gratuitos para usuários do SUS, pelo menos para os grupos de risco e grupos de doenças negligenciadas. Segurança: Segurança gratuita para toda população. Educação: Distribuição de material didático em escolas da rede pública de ensino.
<b>Cortesia (bom tratamento para o público).</b>	Saúde: Internação domiciliar. Segurança: Criação de aplicativo para boletim de ocorrência e outros serviços de acesso a segurança. Educação: Implantação de aulas interdisciplinares para vestibulandos e maior integração da teoria com a prática no ensino na formação básica do aluno.

Fonte: Autoria Própria (2017)

A preocupação com estratégias de satisfação no setor público é de grande importância, principalmente pela escassez de recursos, a exigência dos usuários diante dos serviços básicos, a crescente judicialização e a adequação do Estado as exigências da Constituição Federal quanto as garantias dos serviços essenciais.

Por essa razão muitas organizações direcionam seus esforços para a melhoria da qualidade de seus serviços, empregando metodologias e implementando diferentes programas de qualidade, como o ciclo PDCA, o diagrama de Ishikawa, diagrama de afinidade, diagrama de inter-relação, gráfico de Pareto, cartas de controle, etc., focando cada vez mais na perspectiva do cliente.

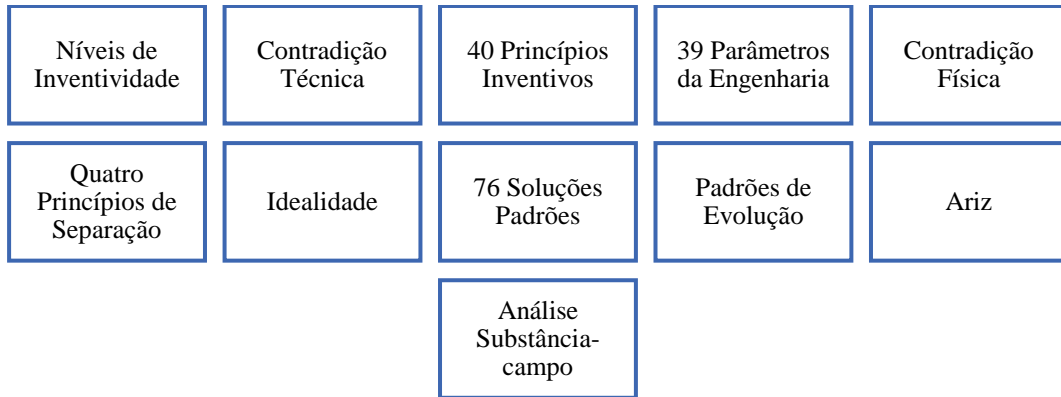
Além das ferramentas também podem ser usados métodos como o “Gestão da Qualidade Total”, *Kaizen* (melhoria contínua), dentre outros, dos quais se destacam o TRIZ e o QFD.

#### 4 Teória *Rechénia Izobretátelskih Zadátchi* (TRIZ)

A metodologia TRIZ foi proposta na antiga União Soviética pelo pesquisador Altshuller (2007) a partir de uma grande base de pesquisas, abrangendo milhares de patentes em diversas áreas para a solução dos mais diversos problemas. Mais tarde, a TRIZ começou a ser explorada em outras partes do mundo, registrando aplicações além do domínio da tecnologia industrial (Liu *et al*, 2017).

A compreensão da Teoria TRIZ é possível a partir das várias ferramentas que a compõe (Figura 3).

Figura 3 – Ferramentas da TRIZ

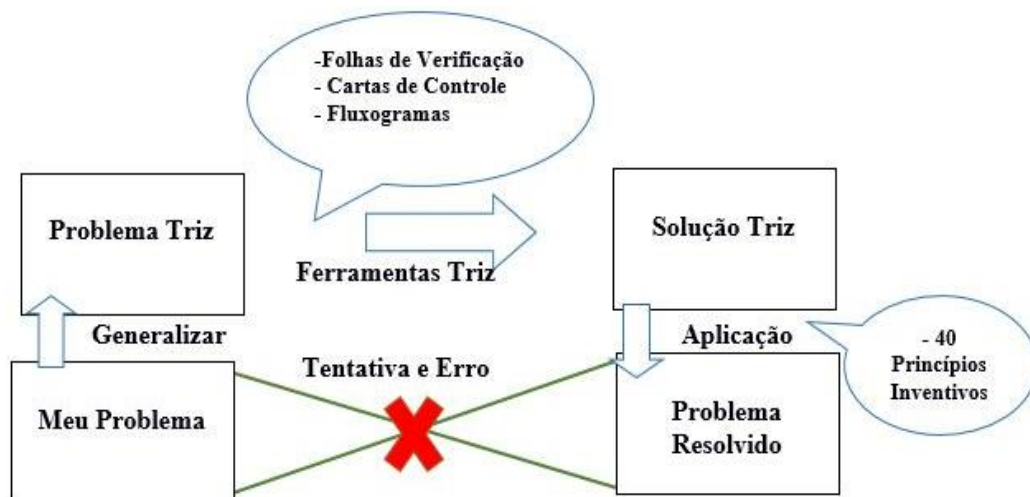


Fonte: Altshuller (1969)

A TRIZ possui um pensamento sistemático e é considerado um tipo de teoria inovadora, que funciona principalmente resolvendo contradições, logo é útil para gerar avanços, ideias, soluções e fazer com que um efeito indesejado seja absorvido por uma nova substância (Sheu & Hou, 2013).

Para a resolução de problemas através da TRIZ é necessário partir de um problema específico até a definição de uma solução específica com base nas ferramentas e técnicas para padronização das soluções como ilustra a Figura 4.

Figura 4 – Resolução de problemas com a metodologia TRIZ



Fonte: Autoria Própria (2017)

A metodologia TRIZ é frequentemente usada na área técnica de engenharia para pesquisas e desenvolvimento de produtos. No entanto, hoje é crescente o uso da metodologia em áreas não técnicas, como a solução de problemas na área de serviços.

Zlotin *et al* (2001), foram os primeiros a utilizarem a TRIZ em casos não técnicos, utilizando uma abordagem que acelerou substancialmente a expansão da TRIZ e proporcionou uma base para resolução de problemas nas áreas:

- Científicas;
- Desenvolvimento de métodos relacionados com a segurança;
- Resolução de negócios e gestão.

As patentes de invenção estudadas por Altshuller (2007) resultaram em 40 Princípios Inventivos, considerados sugestões para a realização de uma ação em busca de melhorias para um sistema (Wang *et al*, 2017). Uma vez que aplicados a componentes ou requisitos de um sistema conseguem resolver problemas e trazer diversas melhorias, pois sua essência são as soluções já utilizadas nas patentes catalogadas.

Cada Princípio da Invenção fornece um modelo de solução abstrata. Quando aplicado a um problema, um modelo de solução força a mente humana a pensar de maneiras incomuns, criando assim ideias incomuns e inovadoras (Beckmann, 2015).

Os 40 princípios inventivos podem ser universalmente aplicáveis em vários campos devido ao seu grau de abstração para descrever um problema (Russo, 2015). A Figura 5 apresenta os 40 Princípios Inventivos propostos em 1969 por Altshuller (2007).

Figura 5 – 40 Princípios inventivos

1 Segmentação	2 Extração	3 Qualidade local	4 Assimetria	5 Combinação	6 Universalização
7 Aninhamento	8 Contra-peso	9 Compensação prévia	10 Ação prévia	11 Proteção prévia	12 Equipotencialidade
13 Inversão	14 Curvatura	15 Dinamização	16 Ação parcial ou excessiva	17 Nova dimensão	18 Ressonância
19 Ação periódica	20 Continuidade de ação útil	21 Aceleração	22 Transformação de prejuízo em lucro	23 Feedback	24 Mediação
25 Auto-serviço	26 Cópia	27 Descartáveis	28 Substituição de meios mecânicos	29 Fluidez	30 Finos e flexíveis
31 Uso de materiais porosos	32 Mudança de cor	33 Homogeneização	34 Descarte e recuperação	35 Mudança de estado	36 Mudança de fase
	37 Expansão/contração	38 Reforçar	39 Reduzir	40 Uso de materiais compostos	

Fonte: Altshuller (2007)

Carvalho e Back (2001) definem duas formas de utilização dos princípios inventivos, a primeira consiste em uma simples análise dos princípios inventivos e uma então tentativa de aplicá-los para a melhoria dos sistemas. A segunda forma consiste na identificação de contradições, na modelagem das mesmas em relação aos parâmetros da engenharia e no uso da matriz de contradições para identificar maior potencial aos princípios inventivos.

Para a oferta de serviços públicos com qualidade e eficiência, alguns princípios destacam-se como: (1) Segmentação ou fragmentação, (5) Consolidação, (6) Universalização, (7) Aninhamento, (8) Contrapeso, (9) Compensação prévia, (13) Inversão, (15) Dinamização, (16) Ação parcial ou excessiva, (17) Transição para nova dimensão, (20) Continuidade da ação útil, (21) Aceleração, (22) Transformação de prejuízo em lucro, (23) Retroalimentação, (28) Substituição de meios mecânicos, (31) Uso de materiais porosos, (40) Uso de materiais compostos.

O Quadro 1 apresenta soluções a partir da correlação entre Requisitos e Princípios.



Quadro 1 – Correlação entre Requisitos e Princípios.

Requisitos	Princípios	Explicações	Resoluções
<b>Permanência</b>	Princípio 1	Divida um objeto ou sistema em partes independentes.	Criação de organograma com todas as atividades relacionadas ao serviço.
	Princípio 5	Aproximar atividades e peças para executarem operações paralelas.	Fazer fluxograma interligando peças e atividades.
	Princípio 6	Faça um sistema que execute múltiplas funções.	Crie um sistema que diminua a dependência de atividades humanas.
	Princípio 15	Projetar as características do objeto ou ambiente externo, para otimizar ou para encontrar uma condição operacional ideal.	Utilize técnicas de layout para obter as melhores posições da atividade. Analise a partir de uma Folha de verificação (coleta de dados) se as condições ambientais estão ergonomicamente favoráveis para realização dos serviços.
	Princípio 16	Usar um pouco “menos” ou “um Pouco mais” da atividade, para alcançar total eficiência do serviço.	Fazer cartas de controle (coletar dados referente à atividade), analisando a quantidade exata para eficiência do serviço.
	Princípio 20	Elimine todas as ações ou trabalhos ociosos.	Fazer folha de verificação, para posteriormente eliminar as ações ociosas.
	Princípio 22	Use fatores prejudiciais para conseguir um efeito positivo.	Transforme “ações corretivas” em “ações preventivas”
<b>Eficiência</b>	Princípio 3	Fazer com que cada parte do sistema funcione em condições mais adequadas para sua operação.	Faça uma FMEA do serviço em questão
	Princípio 8	Para compensar o peso de um funcionário ou sistema, procurar ajuda para que o peso seja diminuído e assim alcance a eficiência necessária.	Caso o serviço esteja sobrecarregado, divida a atividade com outro funcionário, através de contratos ou realocação de funcionários ociosos.
	Princípio 9	Fazer análise preventiva para identificar possíveis pontos de falha na oferta de serviços.	Faça um Diagrama de Ishikawa para descobrir a relação entre os efeitos e as causas, e assim fazer a análise preventiva atacando as causas dos possíveis pontos de falha.
	Princípio 17	Levantamentos multidimensionais de satisfação de clientes.	Fazer folhas de verificação com a expectativa dos usuários quanto ao nível esperado de serviço X Avaliação do usuário quanto ao nível de serviço observado.
	Princípio 21	Conduzir o serviço com agilidade.	Fazer treinamentos com os funcionários, mostrando-lhes a melhor forma para realizarem determinado serviço.
	Princípio 23	Introduza o feedback para melhorar um processo ou uma ação referente ao serviço.	Fazer reuniões com todos os colaboradores responsáveis pelo serviço e mostre os erros observados no feedback, traduzindo a maneira correta de realizar a ação ou o processo.
	Princípio 28	Substituir um meio mecânico por um tecnológico.	Analisar quais atividades mecânicas estão sem eficiência e posteriormente insira um meio tecnológico.
	Princípio 31	Criação de ações que otimizem o serviço.	Veja os serviços que precisam ser otimizados e crie ações para transforma-los em eficientes.
<b>Cortesia</b>	Princípio 7	Coloque um objeto ou sistema dentro de outro.	Criação de serviços extras como entretenimento.
	Princípio 13	Inverter as ações usadas para resolver o problema.	Criação de e-serviços.
	Princípio 40	Mudar de uniforme para materiais compostos.	Adicione elementos tangíveis (brindes) nas ofertas de Serviços.

Fonte: Autoria Própria (2017)

## 5 Quality Function Deployment (QFD)

A Matriz QFD - *Quality Function Deployment*, ou Desdobramento da Função Qualidade, criada no Japão por Yoji Akao (1996) que buscava uma ferramenta voltada para a satisfação do consumidor, transformando assim as demandas em metas. Miguel e Carnevalli (2006) definem QFD como uma técnica eficaz que permite traduzir todas as necessidades e requisitos dos clientes ou usuários em relação as características de um produto ou serviço.

Ribeiro *et al* (2000), definem o QFD como uma ferramenta de planejamento em que os esforços de engenharia são transferidos para a fase de planejamento, solucionando problemas, listando O QUÊ precisa ser feito e COMO pode ser feito.

Para Akao (1996) o QFD oferece suporte para:

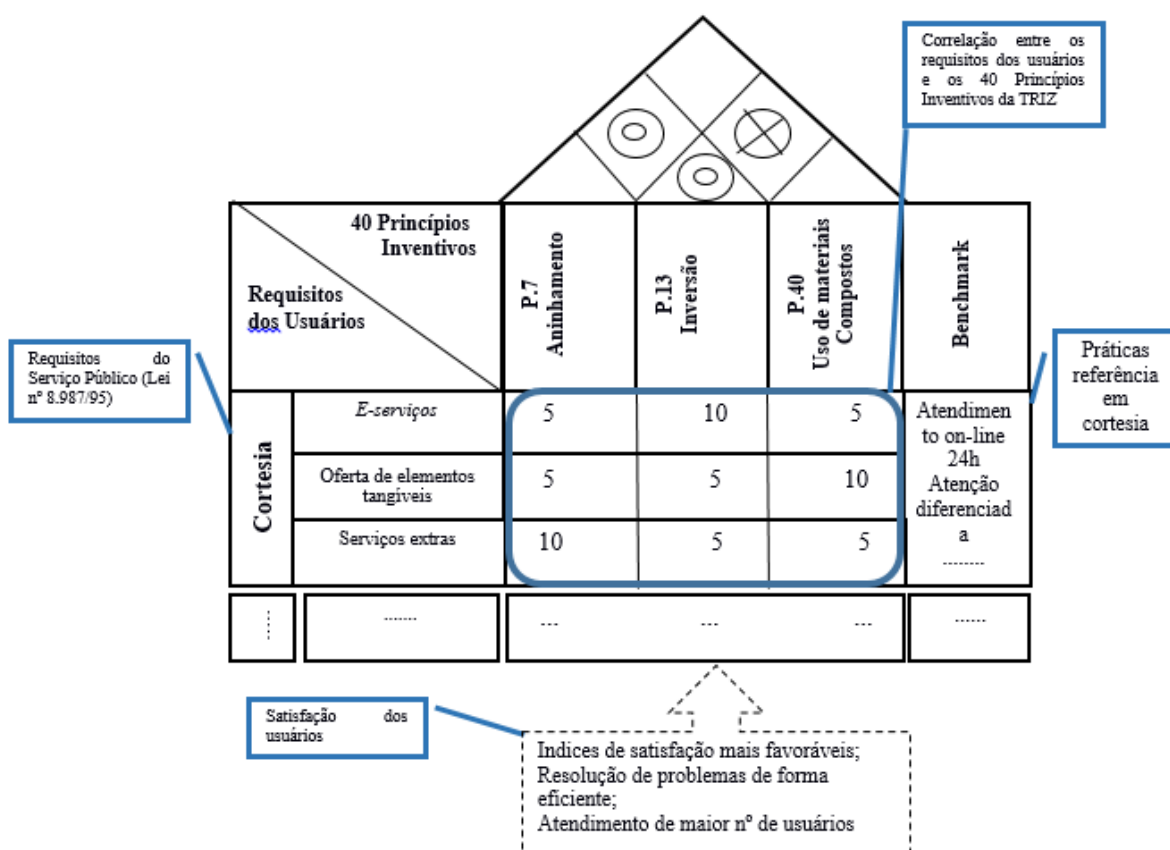
- Compreender todas as necessidades e perspectivas dos consumidores;
- Compreender a importância dos produtos ou serviços do ponto de vista dos clientes;
- Compreender como os clientes ou usuários finais se interessam, escolhem ou são satisfeitos;
- Verificar as reais necessidades dos clientes ou usuários e decidir quais melhores características devem ser incluídas;
- Definir qual o melhor nível de desempenho para entregar o projeto, produto ou serviço;
- Articular da melhor forma as necessidades e requisitos dos clientes ou usuários com o projeto, desenvolvimento, engenharia, fabricação e serviços.

O uso do método QFD com outras ferramentas da qualidade, como TRIZ, faz com que os produtos ou serviços alcancem elevadas sinergias.

## 6 Relação entre a Teoria TRIZ e a Matriz QFD

O método TRIZ oferece uma gama de aplicações tanto nas áreas técnica como não técnica, ampliando as possibilidades se combinado ao QFD. A construção dessa relação entre TRIZ e QFD é baseada pelas contradições que servem de base para uma análise direta da problemática, envolvendo os 40 princípios inovadores e os quatro princípios básicos, que são utilizados junto ao QFD para lidar com as contradições de uma forma muito abrangente e para fornecer soluções inovadoras (Figura 6).

Figura 6 – Exemplo hipotético de integração do TRIZ ao QFD



Fonte: Os autores (2017)

No QFD, todas as informações sobre o problema e suas causas são agrupadas, estruturadas e correlacionadas. O *Benchmark* pode ser utilizado para estender o horizonte de pensamento do serviço, comparando-o com outros, e desta forma inovar e diferenciar sempre. Contradições técnicas e físicas ajudam a formar a justaposição de requisitos do cliente que são resolvidos usando TRIZ. Isso também promove novas ideias.

Usando a ferramenta *2wh*, pode-se traduzir os requisitos do usuário (WHAT) em recursos do produto (HOW). Desta forma, as possíveis tendências e desenvolvimentos tecnológicos podem ser detectados.

As contradições físicas de uma característica da qualidade surgem quando a perspectiva do usuário aponta diferentes direções de otimização ao mesmo tempo, e as correlações entre as características técnicas (HOW) e os valores-alvo associados aos requisitos, além da direção de otimização são mostradas no teto da matriz QFD.

As correlações negativas fornecem orientação em relação às mudanças necessárias ou a necessidade de soluções completamente diferentes. Tradicionalmente, neste momento no QFD são procurados as soluções, porém o objetivo da junção dos dois métodos é resolver de forma

inovadora os problemas, por isso a escolha do TRIZ, ao usar os 40 princípios inventivos no nível de apoio.

Portanto, um problema específico será transformado em um problema típico. Com a ajuda da base dos 40 princípios, as inconsistências serão formuladas através da matriz das contradições, a partir dela é possível encontrar uma solução típica. Esta solução típica seria transformada, com base nos parâmetros, numa solução específica.

## 7 Considerações Finais

A busca pelos serviços públicos a cada ano veem crescendo vertiginosamente e a prestação do serviço com qualidade nem sempre está na mesma proporção. Por esta razão o Estado através dos seus órgãos que operacionalizam os serviços devem focar sua gestão na satisfação das necessidades dos usuários, sendo as ferramentas e metodologias científicas ótimos instrumentos que apoiem o seu planejamento e auxiliem na tomada de decisões.

A relação entre a matriz QFD e a Teoria TRIZ surgem como instrumentos que “traduzem a voz do cliente” em soluções focadas na satisfação de suas necessidades. Na associação proposta, o requisito Cortesia (princípio básico do serviço público com base na Lei nº 8.987/95) teve uma correlação hipotética com os 40 Princípios Inventivos da Teoria TRIZ (7,13,40) e com base nessas medidas será possível definir estratégias que de fato terão um maior impacto na satisfação dos usuários, já que diante da limitação de recursos (financeiros, físicos, humanos, etc.) dos prestadores de serviços públicos a definição de prioridades deve estar baseado em critérios bem elaborados para a tomada de decisões.

Portanto, a relação da TRIZ com o QFD pode gerar um enorme potencial de inovação e é altamente recomendado para um processo de resolução de problema que fuja das soluções triviais e com baixo potencial de sucesso.

## Referências Bibliográficas

ALTSHULLER, G. S. Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. Second Edition Worcester: Technical Innovation Center, 2007 (1a. ed. russa, 1969).

AKAO, Yoji. **Introdução ao desdobramento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.

BECKMANN, Hartmut. Method for Transferring the 40 Inventive Principles to Information Technology and Software. **Procedia Engineering** v.131, p. 993 – 1001, 2015.

DEMING, W. E. **Qualidade: A Revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.P.147

FOWLER, E. M. Investigação sobre a utilização de Programas de Qualidade (GESPÚBLICA) nas Universidades Federais de Ensino Superior. 2008.162 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, 2008.

LIU, Huixin; QU, Huijie; Li, Yage. An analytical framework for the evolution of innovation of niches in Business ecosystems based on TRIZ. **Procedia Engineering** v.174, p. 37 – 44, 2017.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; Carnevalli, José Antonio. **Aplicações não-convencionais do desdobramento da função qualidade**. São Paulo: Artliber, 2006.

RUSSO, Davide; SPREAFICO, Christian. TRIZ 40 Inventive principles classification through FBS ontology. **Procedia Engineering** v131, p. 737 – 746, 2015.

TURSCH, Philipp; Goldmann, Christine; Woll, Ralf. Integration of TRIZ into QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT. **Management and Production Engineering Review** V. 6, p. 56–62.2015.

WANG, Yu-Hui ; LEE, Ching-Hung; TRAPPEY, Amy J.C. Service design blueprint approach incorporating TRIZ and service QFD for a meal ordering system: A case study. **Computers & Industrial Engineering** v. 107, p.388-400, 2017.

ZHANG, Jing; SHANG, Jie. Research on developing environmental protection industry based on TRIZ theory. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 1326-1334, 2010.