

Criatividade em Problemas de Projeto e Processo com Auxílio da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) / Inovação Sistemática

Marco Aurélio de Carvalho^a (marcoarelio@utfpr.edu.br); Luís Gustavo de Medeiros Chagas^b (luisgustavomc@hotmail.com); Gustavo Garbuio Brandalize^c (gutomil@gmail.com); Claudinei Garcia Buzinaro^d (cbuzinaro@gmail.com)

^aLaboratório SOMA Inovação Sistemática, UTFPR, PR – BRASIL

^bLaboratório SOMA Inovação Sistemática, UTFPR, PR – BRASIL

^cElectrolux, PR – BRASIL

^dMagneti Marelli, SP – BRASIL

Resumo

A criatividade pode ser sistemática? É comum haver uma reação visceral e negativa a esta questão. Muitos dizem que esta é uma contradição. E de fato, com forte apoio no conceito de contradição, a TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) / Inovação Sistemática (TRIZ/IS) oferece à empresa e à empreendedora individual interessada no desenvolvimento de produtos e processos a possibilidade de sistematizar a geração de ideias. Neste artigo, são apresentados dois exemplos de uso da TRIZ/IS, sendo um no projeto conceitual de uma melhor solução para distribuir amaciante numa máquina de lavar roupas e outro na solução de um problema na soldagem de tubulações. Inicialmente, é estabelecido o objetivo do trabalho. Em seguida, é apresentada a metodologia geral utilizada em ambos os casos. São descritos, então, os dois casos de aplicação da TRIZ/IS na resolução de problemas. Por fim, são derivadas conclusões.

Palavras-chave: Teoria da Solução Inventiva de Problemas; Inovação Sistemática; Desenvolvimento de Produto; Desenvolvimento de Processo; Distribuição de Amaciante; Soldagem de Tubulações.

1 Introdução

Tem ficado claro para muitas empresas e empreendedoras individuais a necessidade de formalizar e incorporar um processo de desenvolvimento de tecnologias e produtos que torne a criação e lançamento de novas soluções para os problemas de seus clientes uma rotina e não uma interrupção na rotina. Mais do que isso, há a necessidade de buscar diferenciação em relação às ofertas dos concorrentes, muitos dos quais já utilizam processos sistemáticos de desenvolvimento. Para tanto, observa-se que as empresas e empreendedoras de sucesso buscam aplicar uma combinação única de abordagens e ferramentas que melhor adapte-se às suas culturas, mercados e objetivos e que possa produzir os melhores resultados.

Embora tenha sido criada há muitos anos na antiga URSS, difundida para o restante do mundo a partir dos anos 90 e vivido uma grande expansão mundial na década de 2000, a experiência dos autores indica que a TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) / Inovação Sistemática (TRIZ/IS) ainda não encontrou seu devido espaço no ferramental de desenvolvimento de tecnologias, produtos e processos de muitas empresas brasileiras. Muitos não conhecem a TRIZ/IS, ou possuem conhecimento muito limitado sobre seus métodos e possibilidades de uso. Um dos motivos é a pouca disponibilidade de materiais em português para quem tem interesse em aprender e utilizar a TRIZ/IS. Pretende-se que este artigo seja uma contribuição no sentido da mitigação deste problema.

O objetivo do presente artigo é apresentar dois casos em que foram utilizados elementos da TRIZ/IS para a compreensão e resolução de problemas em fases distintas do processo de desenvolvimento de produtos. Um deles situa-se no projeto conceitual de uma nova solução para a distribuição de amaciante em lavadoras de roupas. O outro aborda a resolução de um problema no processo de montagem de tubulações.

2 Metodologia

A metodologia adotada na pesquisa referente a este artigo é a do estudo de caso. Nos dois casos relatados, as ferramentas adotadas são as da TRIZ/IS, sucintamente descritas a seguir.

Com uso de heurísticas destiladas a partir da análise de patentes e outras fontes de informação, a TRIZ/IS fomenta a análise sistemática dos problemas e sua solução. Embora o processo possa ser apoiado por ferramentas computacionais, a análise em si ainda é feita de forma não computacional, uma vez que a inteligência artificial ainda não alcançou a flexibilidade, capacidade de análise, criação e abstração que a mente humana possui. Para aplicar adequadamente a TRIZ/IS, é necessário que a solucionadora de problemas vença a chamada inércia psicológica, responsável por impedir a visualização de soluções fora de sua área de atuação e, mesmo, de visualizar novas soluções depois que uma primeira solução promissora foi encontrada.

Nesta seção, são abordados conceitos e ferramentas da TRIZ/IS, as quais foram aplicadas nos estudos de caso relatados neste artigo.

Nos dois casos, foram utilizados o Método dos Princípios Inventivos (MPI) e o Método da Separação (MS). Antes de apresentar e aplicar estes métodos, é preciso descobrir quais são as funções principais e secundárias do sistema, estudar qual o tipo de interação entre os componentes (interações úteis ou prejudiciais) e também definir quais as contradições envolvidas.

Contradições são características conflitantes de um produto ou processo, ou seja, para evolução de um sistema é encontrado um ou mais efeitos negativos. Por exemplo, no caso de computadores, há contradição entre a capacidade de processamento de dados e a portabilidade do produto. Este exemplo descreve uma contradição técnica, onde a melhoria de um parâmetro resulta na piora de outro.

Outro tipo de contradição estudado na TRIZ/IS é a contradição física. As contradições físicas correspondem a valores opostos de uma mesma característica. Um exemplo deste tipo de contradição é o caso da carenagem de um automóvel, que precisa ser resistente para suportar os esforços sofridos no uso normal do veículo e seu próprio peso, ao passo que precisa ser capaz de se deformar ao sofrer um impacto muito elevado (alta tenacidade para não ejetar os passageiros no caso de uma batida). Esta categoria de contradição, normalmente, é a que tende a trazer mais frustração à solucionadora de problemas. A princípio, ela parece impossível de resolver, pois a idéia de que um parâmetro possua características opostas não é aceitável. Paradoxalmente, quanto mais impossível parecer a resolução da contradição, mais próximo o solucionador está da solução (DE CARVALHO e MARTINS, 2010).

O Método dos Princípios Inventivos (MPI) reúne 40 Princípios Inventivos (PIs), que consistem em sugestões genéricas de soluções, encontradas anteriormente. São exemplos de PIs: Extração, Inversão e Uso de Atmosferas Inertes.

O uso mais comum dos princípios inventivos (PIs) é a análise do sistema técnico, seguida pela proposição de soluções baseadas nos PIs (DE CARVALHO e MARTINS, 2010). Outra maneira diferente de utilizar os PIs é com a Matriz de Contradições (MC). Esta matriz reúne 39 Parâmetros de Engenharia (PEs). Estes são parâmetros comuns em problemas, que estão dispostos na primeira coluna (parâmetros a serem melhorados) e primeira linha da matriz (parâmetros piorados), de forma que, ao identificar uma contradição entre dois parâmetros, basta procurar na matriz qual é a interseção da coluna do parâmetro que se deseja melhorar e do parâmetro prejudicado. A interseção irá indicar qual(is) PI(s) é(são) alternativa para a solução da contradição.

Outro método muito utilizado na TRIZ/IS é o Método da Separação. Anteriormente, foi citado um exemplo de contradição física, onde afirmou-se que a carcaça de um automóvel precisa ser rígida e também tenaz. Agora é proposta uma questão: é necessário que a carcaça seja rígida em todos os momentos? A resposta desta questão é não. Em um eventual impacto violento, é desejado que a carenagem do carro absorva boa parte da energia, diminuindo os efeitos indesejados para os passageiros. Esta é a idéia principal do Método da Separação (MS), separar as contradições numa das quatro possibilidades, ou Princípios de Separação: No Tempo, No Espaço, Conforme a Condição e No Sistema.

2.1 Caso 1 – Distribuidor de Amaciante

Neste caso, a TRIZ/IS foi usada na busca por soluções alternativas para a distribuição de amaciante em lavadoras de roupa. As alternativas atualmente encontradas para realizar esta função nas máquinas de lavar roupa disponíveis no mercado são variações em torno da mesma solução tecnológica, que é o uso do efeito sifão.

Esta solução tem muitos problemas, vários deles bem conhecidos pelos usuários do produto. O sistema, por vezes, não distribui amaciante. Outras vezes, o distribui no momento errado. Isso pode acontecer no momento da lavagem, por exemplo, primeiro prejudicando a limpeza, porque o amaciante anula parcialmente o efeito do sabão e, posteriormente, deixando a roupa sem ter sido amaciada, porque a distribuição do amaciante aconteceu no momento errado. Outro problema decorre do acúmulo gradual de amaciante no sistema, com formação de uma borra que acaba, com o tempo, caindo nas roupas e manchando-as. Como visto, os problemas são múltiplos e seus mecanismos de ocorrência e causas não são claros.

Neste caso, inicialmente, foi analisado o sistema atual e desenvolvida uma alternativa na qual o amaciante não deixe de ser aplicado e não seja aplicado em quantidade prejudicial ou no momento errado.

Na análise do sistema, foram pesquisadas todas as informações possíveis sobre o problema e suas vizinhanças. A primeira forma de análise do problema foi realizada com a utilização do Questionário da Situação de Inovação (QSA) (TERNINKO *et al.*, 1998). Um resumo do roteiro do QSI é apresentado na Tabela 1. Esta é uma ferramenta que conduz a uma varredura completa do sistema em questão. Cada um dos passos resumidos é dividido em atividades.

Tabela 1. Resumo do Questionário da Situação da Inovação (QSI)

1 – Informações sobre o sistema a ser melhorado. Levantar dados básicos do problema, como nome, função, estrutura, funcionamento e redondezas.
2 – Recursos disponíveis. Listar os recursos químicos, de campo (energia elétrica, potencial gravitacional), de espaço atual do distribuidor, de tempo, informacionais, funcionais.
3 – Informações sobre a situação do problema. Descobrir a melhoria desejada do sistema ou o problema que se deseja eliminar; mecanismo que causa o problema, se estiver claro; histórico do desenvolvimento do problema; outros problemas a serem resolvidos.
4 – Modificando o sistema. Identificar modificações permissíveis ao sistema; limitações de mudanças no sistema.
5 – Critérios para a seleção dos conceitos de soluções. Identificar características tecnológicas desejáveis; características econômicas desejáveis; necessidades dos clientes; cronograma desejável; grau de inovação esperado.
6 – Histórico de tentativas de soluções para o problema. Realizar uma análise dos produtos existentes no mercado; identificar as soluções tentadas dentro da própria empresa; pesquisar patentes.

Ainda na etapa de formulação do problema, foi construído o diagrama de funcionamento do sistema. Neste diagrama, inicia-se com a função primária e segue-se construindo-o a partir das funções requeridas para o desenvolvimento das funções subsequentes. Seu objetivo é subdividir o problema primário em vários problemas menores, encadeados logicamente, como apresentado na Figura 1.

A partir das informações colhidas com uso do QSI, foram formuladas as seguintes contradições a serem solucionadas:

- Distribuir amaciante sem causar não diluição do amaciante e/ou resíduo de amaciante no compartimento;
- Adicionar água ao compartimento de amaciante para atingir o nível mínimo de escoamento sem causar não diluição do amaciante e/ou transbordamento.

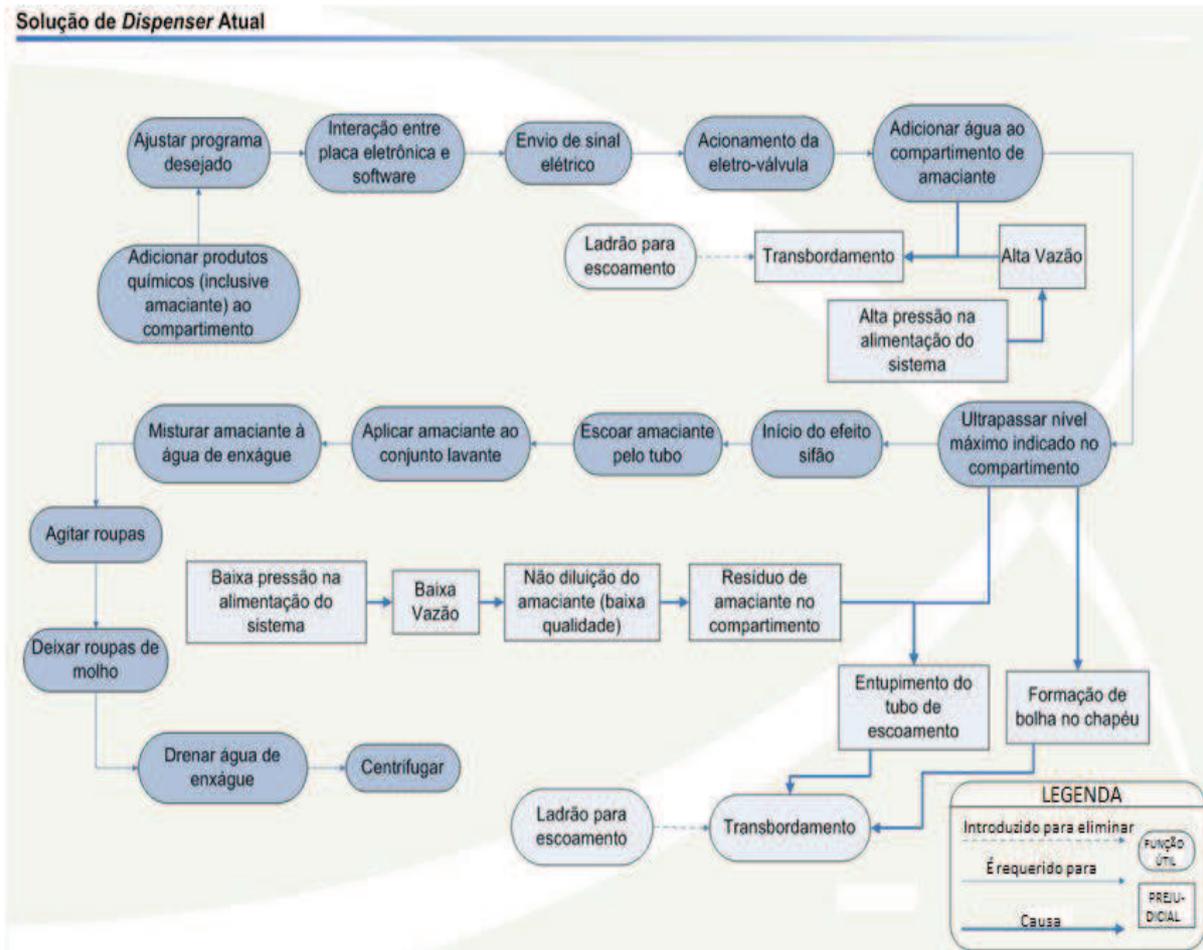


Figura 1. Diagrama de Funcionamento do Distribuidor de Amaciante Atual (BRANDALIZE, 2009)

Com o problema claramente definido, foi utilizado o Método dos Princípios Inventivos (MPI) para gerar idéias que poderiam superar as contradições centrais encontradas. As etapas seguidas no MPI estão agrupadas na Tabela 2.

Tabela 2. Aplicação do Método dos Princípios Inventivos (MPI) (BRANDALIZE, 2009)

Contração como formulada	Contração em termos de parâmetros de engenharia	Princípios inventivos indicados pela matriz de contradições e idéias geradas
Se a aplicação do amaciante é melhorada com a substituição do sistema, então a necessidade do desenvolvimento de um novo sistema piora	Confiabilidade (27) x Conveniência de uso (33)	<p>10 – Ação prévia: O amaciante deve ser diluído antes da utilização do sistema. O sistema deve ser limpo antes de sua utilização.</p> <p>30 – Filmes flexíveis ou membranas finas: Utilizar uma membrana descartável no recipiente. Utilizar pintura ou verniz que facilite a limpeza ou que seja auto-limpante.</p> <p>4 – Assimetria: Utilizar simetria para facilitar o escoamento no reservatório.</p>
Se a aplicação do amaciante é melhorada com a diluição do amaciante, então a necessidade do pré-tratamento piora.	Quantidade de substância (26) x Conveniência de uso (33)	<p>35 – Transformações de estado físico e/ou químico de um objeto: Pré-tratamento do amaciante antes de sua utilização.</p> <p>29 - Uso de uma instalação hidráulica ou pneumática: Utilização de um êmbolo ou pistão para elevação de nível. Utilização de um êmbolo ou pistão para expulsar líquido do recipiente.</p> <p>25 – Auto-serviço: A forma do recipiente e a adição da água devem permitir a diluição do amaciante e a sua limpeza a cada ciclo.</p> <p>10 – Ação prévia: O amaciante deve ser diluído antes da utilização do sistema. O sistema deve ser limpo antes de sua utilização.</p>
Se a limpeza do sistema é melhorada com a diluição do amaciante, então a necessidade do pré-tratamento piora.	Fatores indesejáveis atuando em um objeto (30) x Conveniência de uso (33)	<p>2 – Extração: Remover “veículo” do amaciante, de forma a deixar apenas as substâncias de interesse.</p> <p>25 – Auto-serviço: A forma do recipiente e a adição da água devem permitir a diluição do amaciante e a sua limpeza a cada ciclo.</p> <p>28 - Substituição por um sistema mecânico: Utilização de um sistema semelhante ao monjolo.</p> <p>29 - Uso de uma instalação hidráulica ou pneumática: Utilização de um êmbolo ou pistão para elevação de nível. Utilização de um êmbolo ou pistão para expulsar líquido do recipiente.</p>
Se a formação de resíduos é reduzida, eliminada ou neutralizada com a limpeza do compartimento a cada ciclo, então a pouca praticidade do sistema piora.	Fatores indesejáveis atuando em um objeto (30) x Conveniência de uso (33)	<p>2 – Extração: Remover “veículo” do amaciante, de forma a deixar apenas as substâncias de interesse.</p> <p>25 – Auto-serviço: A forma do recipiente e a adição da água devem permitir a diluição do amaciante e a sua limpeza a cada ciclo.</p> <p>28 - Substituição por um sistema mecânico: Utilização de um sistema semelhante ao monjolo.</p> <p>29 - Uso de uma instalação hidráulica ou pneumática: Utilização de um êmbolo ou pistão para elevação de nível. Utilização de um êmbolo ou pistão para expulsar líquido do recipiente.</p>

Uma Matriz Morfológica foi utilizada para organizar e ampliar a geração de soluções (Tabela 3). As funções e princípios de funcionamento listados foram definidos com base no diagrama de funcionamento apresentado, bem como em soluções identificadas em produtos concorrentes e no banco de patentes, além daquelas obtidas com uso da TRIZ/IS.

Tabela 3. Matriz Morfológica para Novo Sistema de Distribuição de Amaciante (BRANDALIZE, 2009)

Funções		Princípios de Funcionamento			
1	Limpar <i>dispenser</i>	Programa auto-limpante	Geometria do sistema mais simples possível	Sistema removível	
2	Abastecer <i>dispenser</i>	Gaveta	Cavidade na parte superior da máquina	Cavidade no agitador	Cavidade no cesto
3	Acionar eletro-válvula	Sinal elétrico			
4	Adicionar água ao compartimento de amaciante	Jato concentrado de água	Jato único, porém distribuído de água	Vários pontos de aplicação de água	
5	Diluir amaciante	Geometria do recipiente (turbilhonamento)	Vários pontos de aplicação de água	Dispositivo giratório	Modificar as propriedades de forma a permitir o escoamento
6	Ultrapassar nível máximo indicado no compartimento	Iniciar efeito sifão	Transbordamento do conteúdo do recipiente	Tombamento do sistema	Utilização de êmbolo/pistão
7	Elevar nível da mistura dentro do compartimento	Adicionar água ao recipiente			
8	Transformar energia de modo a promover escoamento	Diferença de pressão	Gravidade	Mecanismo	Força centrífuga
9	Escoar fluido	Tubo ligando o reservatório ao tanque	Aplicação entre o tanque e o cesto, sobre a água de enxágue	Aplicação no cesto sobre a roupa	Aplicação no cesto sobre a água de enxágue
10	Limpar <i>dispenser</i> (auto-limpeza)	Programa auto-limpante	Geometria do sistema mais simples possível	Sistema removível	

As principais concepções geradas, após combinação das ideias consideradas de maior potencial, são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Concepções geradas após aplicação do MPI (BRANDALIZE, 2009) - Continua

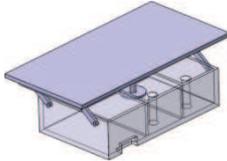
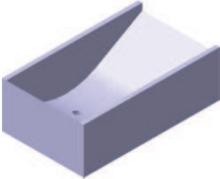
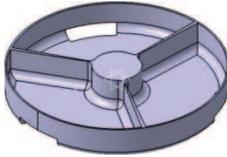
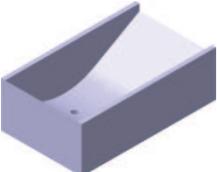
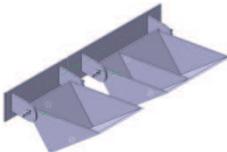
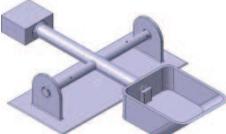
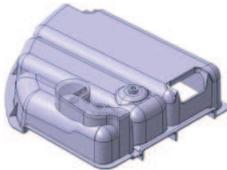
Concepções Geradas			
Concepção 1 – Funil		Concepção 5 – Misturador tipo aspersor	
Concepção 2 – Tensão superficial – Gaveta		Concepção 6 – Bandeja rotativa	

Tabela 4. Concepções geradas após aplicação do MPI (BRANDALIZE, 2009) - Continuação

Concepções Geradas			
Concepção 3 - Tensão superficial – Cavidade na parte superior da máquina		Concepção 7 – Pás basculantes	
Concepção 4 – Monjolo		Concepção 8 – Mini-turbina	

Com o auxílio das informações levantadas com o QSI, as concepções 4 (obtida por meio de pesquisa de patentes) e 8 (gerada com uso da TRIZ/IS) foram escolhidas as melhores e mais viáveis e seguiram para a etapa de prototipagem e testes. No momento, estas soluções estão sendo testadas para possível aplicação em futuras lavadoras de roupa.

2.2 Caso 2 – Soldagem de Tubulações

Neste caso, a TRIZ/IS foi aplicada para solucionar problemas no processo de soldagem de tubulações industriais, na área petroquímica.

Neste ramo, a qualidade da solda é muito importante, pois as tubulações tem expectativa vida de 20 anos. Ao mesmo tempo, alcançar as elevadas exigências é difícil, considerando que existem prazos curtos e as operações são realizadas em campo.

Um grave problema que aparece neste processo é a falta de fusão nas juntas soldadas, o que gera concentração de tensões, e, conseqüentemente, riscos de falha do material. Esta falta de fusão é ocasionada, principalmente, pelo desalinhamento das juntas a serem soldadas. Essas peças já vem do fornecedor com um certo grau de descontinuidade. Assim, é necessário realizar preparação minuciosa, afim de evitar que o desalinhamento entre os tubos a serem soldados possa causar falta de fusão na soldagem. A inspeção desse grau de desalinhamento é feita por um inspetor de soldagem, com o auxílio de um dispositivo de medição chamado Hi-Lo.

Além da inspeção utilizando o Hi-Lo, muitas empresas utilizam um dispositivo chamado acopladeira, também conhecido por aranha, que tem a função de forçar o alinhamento das tubulações, mas em alguns casos não é capaz de corrigir o desalinhamento.

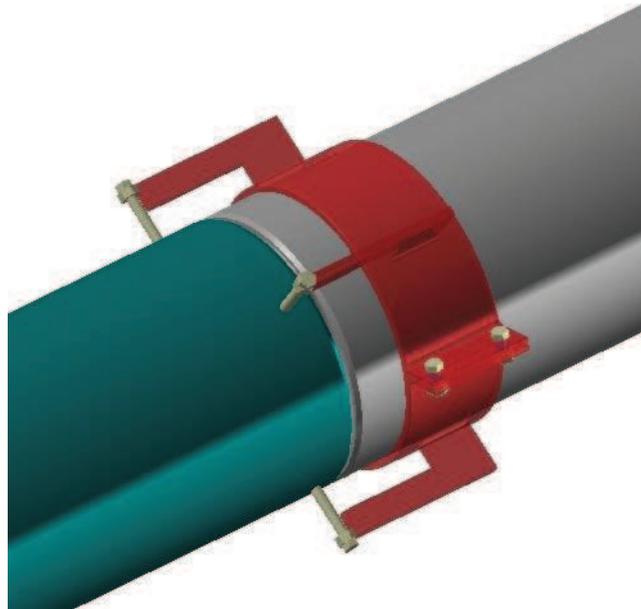


Figura 2. Esquema da Montagem da Acopladeira (Equipamento Vermelho) (BUZINARO, 2009)

É neste cenário que a TRIZ/IS foi aplicada, buscando soluções para que a soldagem seja mais eficiente e as normas cumpridas. A Figura 3 mostra um resumo do método utilizado.

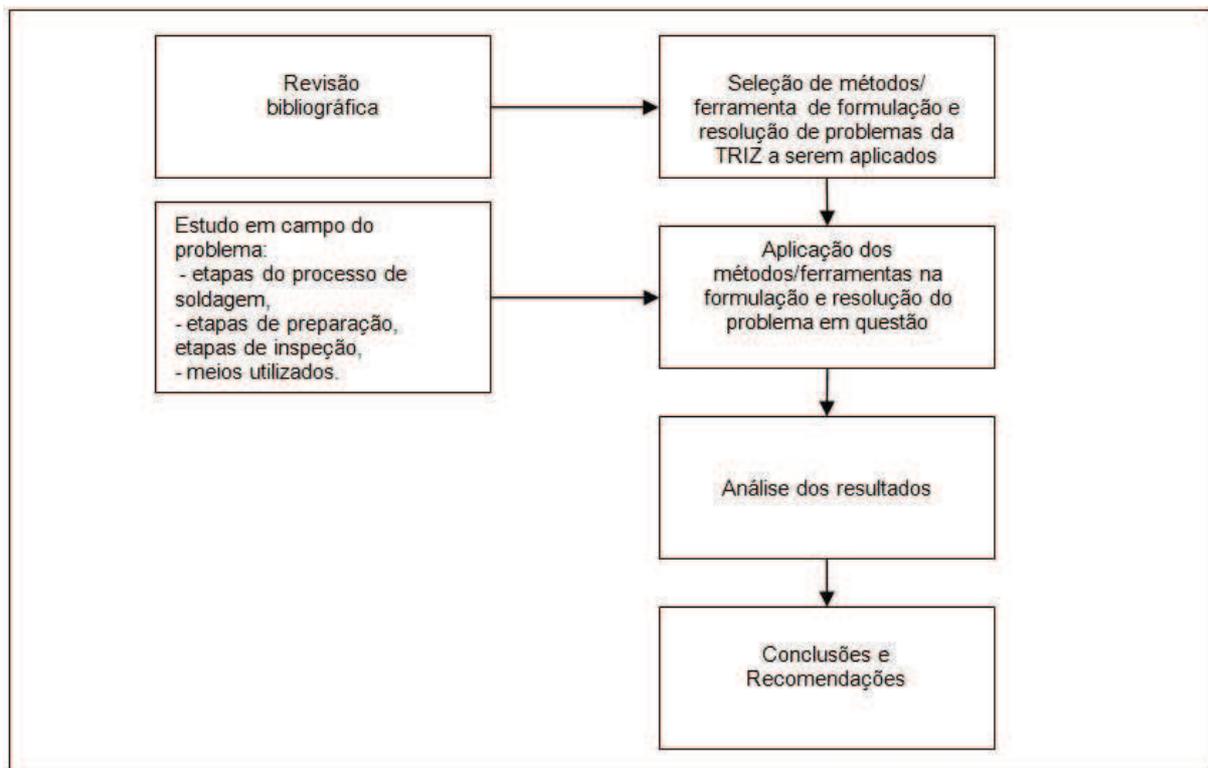


Figura 3. Resumo do Método Utilizado no Caso 2 (BUZINARO, 2009)

Na formulação do problema, foi utilizado um método chamado Análise da Árvore de Falha, que ajudou a determinar os eventos intermediários e primário, em relação à falta de fusão, que é o evento indesejado ocasionado pelo desalinhamento das tubulações.

Em seguida, uma ferramenta da TRIZ/IS, chamada Operador do Sistema (DE CARVALHO, 2008), foi utilizada. Nesta etapa, o sistema técnico foi avaliado em seus três níveis (subsistema, sistema e supersistema), e em três instantes (passado, presente e futuro). Um esquema desta análise é mostrado na Figura 4.

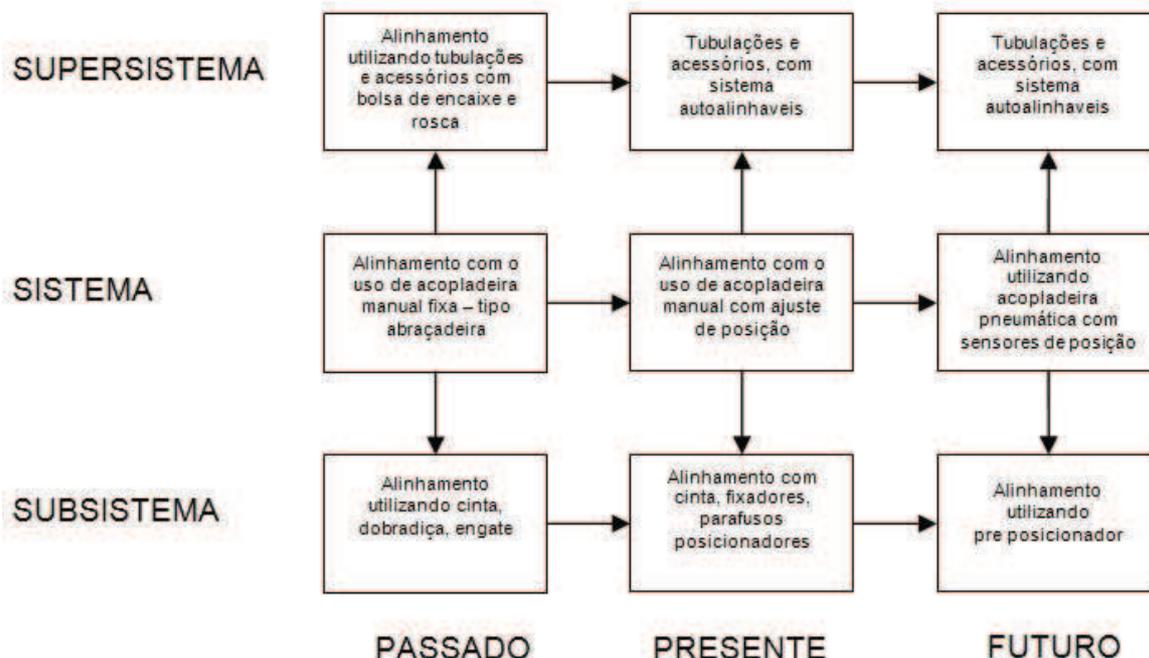


Figura 4. Esquema da Análise Utilizando o Operador do Sistema (BUZINARO, 2009)

Para finalizar a análise do problema, mais uma ferramenta da TRIZ/IS foi usada, o Resultado Final Ideal (RFI) (DE CARVALHO, 2008). Neste caso, foram indagadas questões como: Qual é o objetivo final do sistema? Qual é o Resultado Final Ideal (RFI)? O que impede de alcançar o RFI? Ao verificar as restrições, que impedem o sistema de alcançar o RFI, fica mais fácil partir para a resolução do problema.

Na resolução do problema, o Método dos Princípios Inventivos (MPI) foi a primeira ferramenta escolhida. Nas etapas anteriores foram feitas análises do problema, facilitando a identificação dos parâmetros de engenharia em contradição, para serem aplicados à Matriz de Contradições (MC), como mostra o Quadro 5.

Tabela 5. Aplicação do MPI (BUZINARO, 2009) – Continua

Passo	Descrição
1) Reformulação da contradição técnica identificada em relação aos parâmetros de engenharia	37 – Complexidade de controle vs. 36 – Complexidade do Objeto
2) Identificação dos princípios inventivos a serem aplicados com a utilização da Matriz de Contradições	Para os parâmetros contraditórios 37 e 36, a matriz de contradições sugere os seguintes PI: 15 – Dinamização; 10 – Ação prévia; 28 – Substituição de meios mecânicos; 37 – Expansão térmica

Tabela 5. Aplicação do MPI (BUZINARO, 2009) – Continuação

Passo	Descrição
3) Aplicação dos princípios inventivos para solucionar a contradição	<p>Com a aplicação do PI 15 – Dinamização foi gerada a seguinte idéia: - Inserir na acopladeira a função de biselamento do tubo, de forma o biselamento ocorrer na mesma posição que as partes serão soldadas.</p> <p>Com a aplicação do PI 10 – Ação Prévia foi gerada a seguinte idéia: - Ao preparar o bisel do tubo/acessório o operador faz a verificação de ovalização, alterações de espessura e então faz a montagem de cinta posicionadora no tubo, para montagem posterior da acopladeira.</p> <p>Com a aplicação do PI 28 – Substituição de meios mecânicos foi gerada a seguinte idéia: - Inclusão de sensores de posição, para a verificação do alinhamento e abertura da raiz, diretamente ligados a atuadores automatizados no dispositivo de acoplamento, aumentando a eficácia do posicionamento.</p> <p>Com a aplicação do PI 37 – Expansão térmica foi gerada a seguinte idéia: - a utilização de uma flange com resistores elétricos, fazendo com que a dilatação térmica maior na extremidade do tubo faça a acomodação e correção da ovalização do tubo.</p>

O último método utilizado foi o Método da Separação (MS). A contradição física encontrada neste problema está no fato de que, para o alinhamento das tubulações, a acopladeira deve ser montada internamente e ao mesmo tempo externamente, para permitir sua remoção após a soldagem.

As possíveis separações são listadas na Tabela 6.

Tabela 6. Possíveis Separações Aplicáveis ao Problema (BUZINARO, 2009)

Princípio de separação	Descrição
Separação no espaço	A acopladeira pode ser interna em alguns pontos com algumas garras e externa nas demais posições.
Separação no tempo	As garras podem ficar internas durante o alinhamento e externa após, para posicionar/ajustar a abertura da raiz para o ponteamto das peças.
Separação conforme condição	A acopladeira pode ser interna no início do acoplamento e externa no posicionamento da abertura da raiz e ponteamto.
Separação no sistema	Não aplicável.

A partir das etapas anteriores, foram geradas 7 idéias para a solução do problema, sendo que Buzinaro (2009), em conjunto com outros técnicos especializados da empresa, julgou que as idéias 2 e 6 apresentam o maior potencial de aplicação prática:

1 – Adicionar a função de biselamento no dispositivo de acoplamento, de forma que seja produzido uma simetria em ambos os lados do bisel, reduzindo desalinhamentos ocasionados devido ao perfil do bisel, e que haja redução do tempo de acoplamento.

2 – Realizar uma operação prévia de verificação e correção de ovalização durante o biselamento, efetuando a montagem de uma “cinta” que serviria como base para a montagem da acopladeira e que reduza o tempo de montagem da mesma.

3 – Inclusão de sensores de posição para a verificação do alinhamento e abertura da raiz, diretamente ligados a atuadores automatizados no dispositivo de acoplamento, aumentando a eficácia do posicionamento.

4 – A criação de uma flange, tipo matriz, com resistores elétricos para aquecimento da extremidade do tubo, de forma que a dilatação térmica do tubo exerça uma força para acomodação e correção da ovalização do tubo ou, ainda, com roletes internos para deformação enquanto a peça está aquecida.

5 – A utilização de garras internas, fixadas em uma das extremidades a ser acopladas, como guias para auxiliar no alinhamento durante a aproximação de outro tubo e que possam ser removidas no momento de ajuste da abertura de raiz e solda.

6 – Adicionar à acopladeira garras para fixação interna, porém, que tenham espessura da haste ou diâmetro iguais a abertura da raiz, sendo que na haste tenha também uma escala para a verificação da tolerância do desalinhamento.

7 – Criação de uma acopladeira hidráulica com fixadores externo e com expansores internos para guiar e alinhar a tubulação, corrigindo problemas de ovalização e, quando próximos da posição da abertura, se retraíam de dentro da junta, deixando a fixação somente pela parte externa.

3 Conclusão

Neste artigo, dois casos ilustrando a aplicação da TRIZ/IS foram apresentados, mostrando como a resolução de problemas, tanto no projeto conceitual (caso 1) de desenvolvimento de produto quanto no projeto de processo (caso 2), pode ser guiada por um caminho sistemático e eficiente.

Ao aplicar a TRIZ/IS, o solucionador é capaz de visualizar o problema de forma mais completa e clara, não tentando chegar à solução partindo do problema específico diretamente, mas, por meio de abstração do problema, busca de soluções genéricas contidas no corpo de conhecimento da TRIZ e concretização das mesmas em soluções específicas. No processo, ganha-se pelo aporte de conhecimento à geração de soluções.

Referências

Brandalize, G. G. *Desenvolvimento de Dispenser Automático de Amaciante para Lavadora de Roupa*. 2009. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Industrial Mecânica) – UTFPR, Curitiba, Paraná.

Buzinaro, C. G. *Aplicação da TRIZ na Montagem de Tubulações Industriais*. 2009. Monografia (Especialização em Gestão de Desenvolvimento de Produto) – UTFPR, Curitiba, Paraná.

De Carvalho, M. A.; Martins, E. O. Solving an Automotive Assembly Problem Using TRIZ. *Actas...* 5º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, Dezembro de 2010, México.

De Carvalho, M. A. *Metodologia Ideatriz para Ideação de Novos Produtos*. 2007. Tese (Doutorado – Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Terninko, J., Zusman, A., Zlotin, B. *Systematic Innovation – An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)*. CRC Press: Boca Raton, 1998.