



São Paulo - Brazil - May - 22nd to 24th - 2013

R4thport

INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Uso do Método Adaptado TRIZ como Ferramenta de Apoio à Implementação da Produção Mais Limpa

OLIVEIRA, J. M.^a, SOUTO, L. B.^b, TORRES, M. S.^c

a. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, Porto Alegre, joseane.oliveira@senairs.org.br

b. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, Porto Alegre, luciano.souto@senairs.org.br

c. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, Porto Alegre,marcio.torres@senairs.org.br

Resumo

Este trabalho relata a experiência da utilização do método adaptado TRIZ (Teoria da Resolução Inventiva de Problemas) como ferramenta de suporte à implementação do Programa de Produção mais Limpa (PmaisL). O estudo de caso de implementação da PmaisL ocorreu em uma empresa fabricante de brinquedos e componentes industriais. Uma vez que a metodologia de PmaisL não utiliza uma ferramenta específica para a formulação das soluções para os casos priorizados, foi proposta a utilização do método adaptado TRIZ. Esta ferramenta mostrou-se eficaz ao proporcionar a abordagem das oportunidades de melhoria desta organização em um formato não convencional, trazendo maior liberdade para o desenvolvimento de ideias em função de uma avaliação mais ampla da situação problemática.

Palavras-chave: produção mais limpa, TRIZ, solução de problemas, rotomoldagem

1. Introdução

A transferência de metodologia de PmaisL é um formato de assessoria utilizado pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI - CNTL UNIDO/UNEP. Neste modelo de trabalho ocorrem visitas técnicas periódicas, nas quais a equipe do CNTL UNIDO/UNEP orienta e acompanha a evolução das ações necessárias para o estabelecimento da cultura e práticas de PmaisL na organização. Paralelamente às visitas técnicas, ocorrem *workshops* onde o grupo de trabalho da empresa, denominado como ECOTIME, é capacitado nas etapas da metodologia. Este formato de assessoria foi adequado ao longo dos 17 anos de experiência do CNTL UNIDO/UNEP.

Em janeiro de 2012, o CNTL UNIDO/UNEP iniciou o processo de transferência da metodologia de Produção mais Limpa (PmaisL) para uma empresa gaúcha fabricante de brinquedos e componentes industriais. Esta empresa possui uma variedade de processos, contemplando a usinagem de madeira, operações de pintura, processamento de plástico (injeção, rotomoldagem e sopro), além de processos de usinagem e conformação de metais. Em função desta diversidade de processos, a composição do ECOTIME buscou contemplar representantes de todas estas áreas, além da presença de componentes de áreas administrativas, compras, engenharia e almoxarifado.

Com a evolução das etapas de implementação da PmaisL na empresa diversas prioridades foram

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22nd to 24th - 2013

efetuadas, até a identificação de oportunidades de PmaisL específicas que demandam ações de melhoria de desempenho das operações, contextualizada na etapa 3 da metodologia de PmaisL.

O propósito deste artigo é descrever a experiência da combinação da metodologia de PmaisL com o método adaptado da TRIZ e sua aplicação na empresa. Esta fusão de metodologias ocorre na 3ª etapa de implementação da PmaisL, onde são verificadas soluções alternativas para as problemáticas priorizadas. A seção 2 deste artigo abordará cada um dos métodos para uma melhor compreensão de como as etapas da PmaisL estão encadeadas e quais são os princípios do método adaptado TRIZ. Na seção 3 será descrito como foi realizada a inserção do método adaptado TRIZ na implementação da PmaisL na empresa, seguida pela apresentação dos resultados e discussões na seção 4 e as conclusões na seção 5.

2. A Produção mais Limpa e o Método adaptado TRIZ

2.1 Produção mais Limpa (PmaisL)

A Produção mais Limpa (PmaisL) é uma abordagem de processos orientada para o consumo eficiente de recursos por meio da prevenção de desperdícios e da poluição. Consiste em uma metodologia estruturada que realiza uma avaliação técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos proporcionando o aumento de competitividade das organizações (SENAI RS, 2003 a). É importante destacar que um programa de PmaisL é sistêmico e permanente em uma organização, não caracterizando ações isoladas de melhoria.

Segundo SENAI RS (2003 b), a metodologia de PmaisL está estruturada em 5 etapas, conforme apresentado na Fig.1.

- i) **ETAPA 1:** No início da implementação da PmaisL é fundamental um lançamento oficial do programa para todos os colaboradores da empresa, onde a direção e lideranças assumem o comprometimento com o programa, destacando a sua importância para a sustentabilidade da organização. Nesta etapa é composto o ECOTIME, o qual é formado por colaboradores de diversas áreas da empresa, trazendo visões complementares de seus processos e práticas. Uma vez definida a abrangência do programa dentro da organização são iniciadas as reuniões e coletas de dados.
- ii) **ETAPA 2:** A evolução das ações dentro de um programa de PmaisL parte de um panorama mais abrangente da organização, onde é realizado um diagnóstico em nível global. Os processos são colocados em fluxogramas, onde as entradas e saídas de cada etapa são identificadas. Em função de prioridades dos resíduos, avaliando quantidades, custos, toxicidade e legislação aplicada são realizadas prioridades, que são validadas pela direção da empresa, focando as ações em processos e produtos específicos.
- iii) **ETAPA 3:** Uma vez definido o foco de avaliação, os dados são refinados por meio da realização de medições de resultados dos produtos e processos priorizados durante um período de monitoramento. São efetuados balanços de massa nas etapas e é verificado o real comportamento das transformações de matéria-prima em produtos e resíduos. São ainda identificadas as potenciais causas da geração de resíduos, avaliadas as principais perdas e para estas são desenvolvidas opções de PmaisL para a melhoria da eficiência da operação. As opções de PmaisL podem ser desenvolvidas em diferentes níveis, conforme é apresentado na Fig. 2. Uma vez que a PmaisL é uma ferramenta essencialmente preventiva, são priorizadas as ações de redução na fonte.
- iv) **ETAPA 4:** Para as opções de PmaisL que foram desenvolvidas é realizado um estudo para a verificação da viabilidade técnica, econômica e ambiental das alternativas. Neste contexto são verificados e projetados os potenciais benefícios ambientais, investimentos necessários, o tempo de retorno destes investimentos, benefícios econômicos e disponibilidade técnica e tecnológica para operacionalizar a ação.

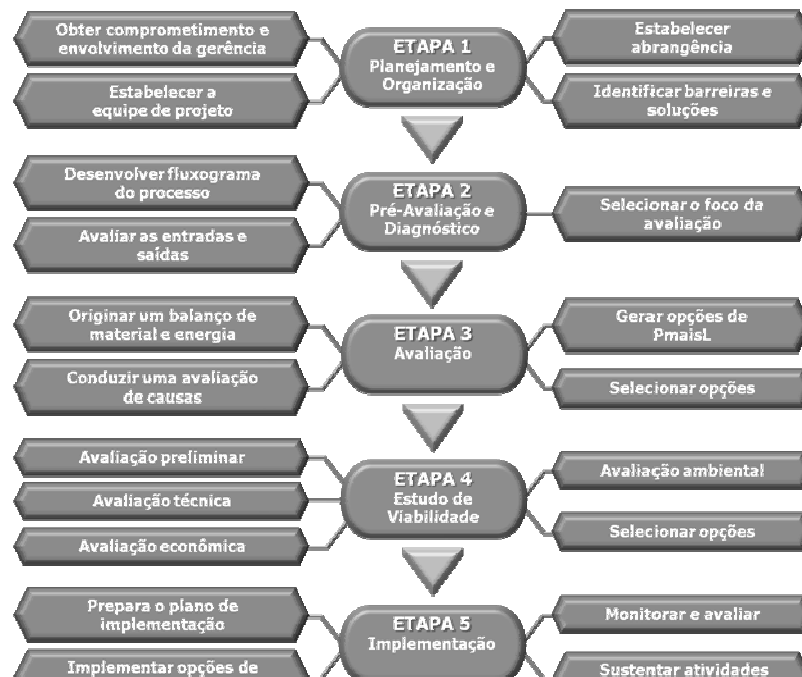


Fig. 1. Etapas da Produção mais Limpa

- v) **ETAPA 5:** Uma vez verificada a viabilidade da ação e aprovada pelas lideranças da organização é desenvolvido um plano de implementação, onde constam prazos, responsáveis, custos, detalhamento do posto de trabalho/etapa do processo ou setor onde haverá a intervenção. Também são definidos os indicadores de desempenho que serão acrescentados ou mantidos no processo para o monitoramento e verificação da efetividade as ações. Os indicadores apoiam também o trabalho de melhoria contínua e a permanência do programa de PmaisL na organização na busca por melhores níveis de eficiência.



Fig.2. Níveis de PmaisL

2.2 O método adaptado TRIZ (Teoria da Resolução Inventiva de Problemas)

Desenvolvido por Genrich Altshuller e sua equipe nos anos 50 na ex-União Soviética, o método TRIZ é baseado na pesquisa de aproximadamente 200.000 patentes de diversas áreas do conhecimento. No

referido estudo foram identificadas certas regularidades no processo de solução de problemas, apontando que a evolução dos sistemas de engenharia é governada por leis objetivas e que o processo inventivo pode ser estruturado sistematicamente. Formou-se então um conjunto de dados de padrões de evolução de sistemas técnicos, que serviram de base para o método e seu conjunto de ferramentas de apoio à criatividade e à inovação (SENAI RS; SEBRAE RS, 2004).

Para este trabalho foi utilizado o método adaptado TRIZ, desenvolvido através da parceria entre o SENAI/RS, o SEBRAE/RS e a Universidade de Aachen (Alemanha), ficando a transferência do conhecimento a cargo do WZL – laboratório de máquinas, ferramentas e engenharia de produção daquela universidade. A adaptação ocorreu de forma a disseminar o método simplificada com linguagem acessível para a realidade da indústria brasileira, com a elaboração de material técnico.

Um ponto importante a ser ressaltado é que, assim como a PmaisL, o método adaptado TRIZ também prevê uma capacitação dos colaboradores da empresa. Isso faz com que o conhecimento adquirido fique na organização, que pode replicar às demais áreas e até mesmo implementar o método sem o auxílio de terceiros.

Os passos para a solução de um problema concreto de uma empresa utilizando-se método adaptado TRIZ são:

- Abstração: substitua o seu problema específico por outro genérico, que pode ser resolvido com princípios conhecidos;
- Aplicação: use o conjunto de ferramentas TRIZ para achar uma solução-padrão para o problema genérico e depois aplique a solução-padrão para o seu problema específico.

O método adaptado TRIZ é composto por 10 ferramentas, que serão descritas no item 3 deste trabalho.

3. Método adaptado TRIZ na implementação da PmaisL

A escolha do método adaptado TRIZ foi consequência da complementariedade entre o contexto de aplicação na etapa 3 da metodologia de PmaisL e os aspectos facilitadores da TRIZ. Na etapa 3 da PmaisL os grupos de trabalho da empresa foco deste artigo já possuíam um complexo levantamento de dados: mapeamento completo dos processos, avaliação dos consumos de recursos, geração de resíduos e produtos por meio de balanços de massa, priorização de resíduos, etapas e produtos para o desenvolvimento de soluções. Consequentemente, nesta situação se faz necessário um aprofundamento de análise de causas seguido de um exercício de criatividade para a composição de alternativas para a solução da situação problema. A TRIZ possui uma série de ferramentas que auxilia na identificação da causa raiz de problemas, além de atuar como facilitadora do processo criativo, levando a um ambiente propício ao desenvolvimento de inovações. A FIG. 3 ilustra a interseção do método TRIZ na etapa 3 da PmaisL.

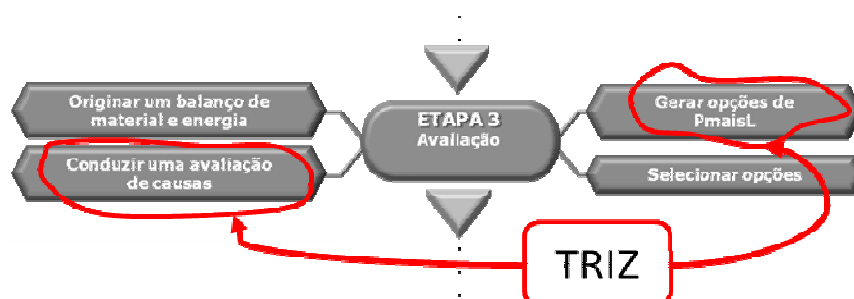


Fig.3. Interseção entre a PmaisL e a TRIZ

O contexto de aplicação do método adaptado TRIZ na empresa englobou um grupo de situações problemáticas distribuídas nos diferentes setores da organização. De forma resumida foram priorizadas as seguintes situações problema:

- Madeira: geração de resíduos em função da qualidade da madeira utilizada e geração de sobras de *Medium Density Fiberboard* - MDF após a usinagem de produtos;
- Plástico: geração de aparas e geração de produtos não conformes;
- Metalurgia: geração de produtos não conformes;
- Administrativo: elevado consumo de papel.

A partir da identificação das situações problema Madeira, Plástico, Metalurgia e Administrativo foram criados quatro grupos de trabalho respectivos, compostos por colaboradores do ECOTIME e outros funcionários de áreas técnicas, manutenção e administrativa, de forma a trabalhar diversas visões e experiências dos processos abordados.

A primeira atividade da aplicação do método adaptado TRIZ foi questionar os grupos quanto às ferramentas de solução de problemas já experimentadas, suas vantagens e desvantagens. Os grupos já haviam trabalhado com o Diagrama de Causa e Efeito (*Ishikawa*) e *Brainstorming*.

Em seguida foi apresentado o histórico e o conceito do método para os grupos, sendo realizado o primeiro exercício para experimentação da abstração. Foram criados dois problemas técnicos fictícios que deveriam ser solucionados utilizando os 40 princípios inventivos, ferramenta método adaptado TRIZ. O objetivo deste exercício é, partindo de um problema concreto, abstraí-lo para um problema genérico, solucioná-lo genericamente no nível da abstração e identificar uma solução específica a partir da solução genérica (Fig. 4).

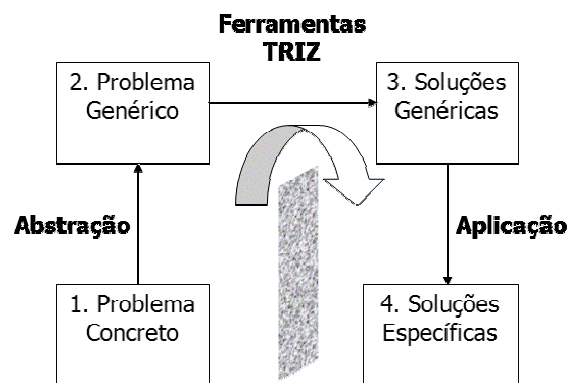


Fig.4. Passos para a solução de problemas no Método Adaptado TRIZ

Os 40 princípios inventivos foram obtidos através da generalização e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas, analisando um grande número de patentes. Eles sugerem algumas soluções para determinados tipos de problemas no nível da abstração, que podem ser interpretados e transformados numa solução real. Por exemplo, o princípio inventivo nº 1 – SEGMENTAÇÃO - sugere a resolução de um determinado problema utilizando as seguintes premissas:

- a) Divida um objeto em partes independentes
- b) Faça um objeto seccional
- c) Aumente o grau de segmentação de um objeto

A escada Magirus é um exemplo de uma solução utilizando-se o princípio SEGMENTAÇÃO, onde se pretende o acesso de escadas em grandes alturas sem comprometer a estabilidade do sistema.

A segunda ferramenta utilizada foi a de identificação do problema real da empresa (já apontado na etapa 3 da PmaisL) e suas possíveis causas e consequências (Fig. 5), selecionando a causa de maior impacto ou mais importante. Todos os grupos de trabalho (Madeira, Plástico, Metalurgia e Administrativo) receberam capacitação e utilizaram as ferramentas no método adaptado TRIZ, porém,

em função da extensão e complexidade do trabalho, para este artigo foi selecionado o problema real **Plástico: geração de aparas e geração de produtos não conformes no processo de rotomoldagem** e sua principal causa a dificuldade de isolamento térmico.

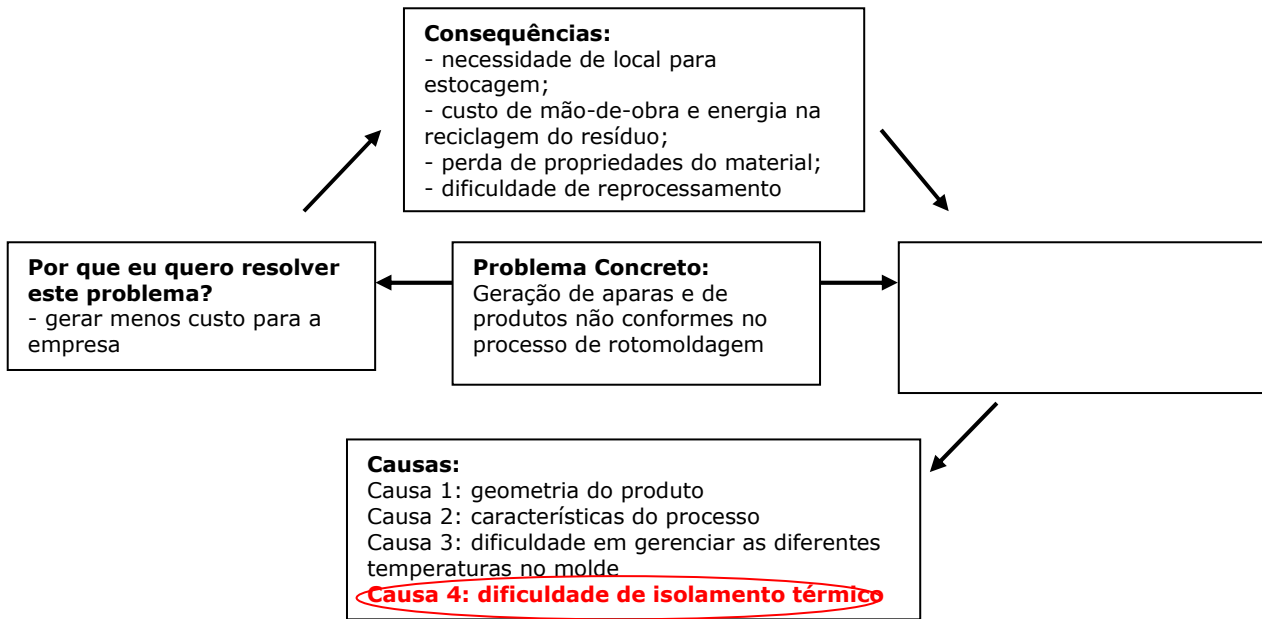


Fig.5. Identificação do problema real e sua principal causa

Priorizada a causa mais importante do problema, utilizou-se a terceira ferramenta do método adaptado TRIZ denominada modelagem de objeto, que consiste no detalhamento do processo para entendimento do todo e das partes, identificando claramente onde pode haver falhas ou onde está havendo maior impacto do problema. Elabora-se um fluxograma do processo, onde as interações entre os produtos, componentes e supersistemas são representadas com setas, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Tipos de interações entre produtos, sistemas e supersistemas

Definição	Descrição	Setas
Produto	Objeto da função principal do sistema	Normal Desejado, Interação satisfatória
Componente	Objeto que é parte constitutiva de um sistema	Pontilhada Interação desejada que não está satisfatória
Supersistema	Um sistema, conjunto de funcionários ou setores/ambientes que interagem com o sistema a ser analisado	Zigue-zague Interação indesejada

Após a modelagem de objeto, é realizada a identificação e formulação da contradição, que aparece quando uma característica a ser melhorada piora outras características do sistema. Estas características são representadas pelos 39 parâmetros de engenharia, que correspondem à generalização das **grandezas** envolvidas em problemas técnicos de diferentes áreas. Conforme o tipo de problema, essas grandezas devem ser maximizadas, minimizadas ou mantidas ao redor de uma meta.

A contradição formulada para o problema específico "Geração de aparas e de produtos não conformes no processo de rotomoldagem" foi: Se a característica **PERDA DE SUBSTÂNCIA** for melhorada com o processo de virar o molde por exemplo, então a característica **FACILIDADE DE OPERAÇÃO** irá piorar, em função da dificuldade de abastecimento do molde e entupimento da válvula.

Identificada a contradição, localiza-se na matriz de contradições as possíveis soluções genéricas para o problema. Nesta matriz encontram-se combinados os 39 parâmetros de engenharia, tanto na vertical

como na horizontal. O cruzamento de dois parâmetros contraditórios resulta em sugestões de alguns princípios inventivos para resolver o problema, que serão depois transformadas em soluções reais. No Quadro 2 é apresentada parte da ferramenta matriz de contradições que foi utilizada para resolver o problema real.

Quadro 2: Matriz de Contradições e possíveis soluções para o problema

Característica que piora (Parâmetros de Engenharia) →	33. Facilidade de operação
Característica a ser melhorada (Parâmetros de Engenharia) ↓	2. Extração 4. Assimetria 28. Substituição do sistema mecânico 32. Mudança de cor
23. Perda de substância	

Analisando-se as quatro soluções possíveis para este cruzamento tem-se o princípio inventivo nº2- Extração como opção para uma solução real. O princípio tem as seguintes premissas:

- a) Extraia a parte “perturbadora” ou característica de um objeto
- b) Extraia somente a parte ou propriedade necessária de um objeto.

O item “b” foi transformado na solução real isolamento de determinadas partes do molde no processo de rotomoldagem, evitando assim perdas de material por problemas de temperatura.

Para melhor entendimento e visualização dos 39 parâmetros de engenharia e dos 40 princípios inventivos sugere-se a leitura do documento Método Adaptado TRIZ – Teoria da Resolução Inventiva de Problemas - guia da empresa, citado nas referências deste artigo.

4. Resultados

O *workshop* onde o método adaptado TRIZ foi apresentado à empresa proporcionou um aprofundamento da análise de causas das problemáticas abordadas e um delineamento de possíveis ações para um melhor desempenho das operações. Os apontamentos desenvolvidos com o método adaptado TRIZ foram desdobrados nas reuniões técnicas do ECOTIME e ações concretas foram planejadas e verificadas em escala piloto.

Focando no grupo de trabalho do Plástico, para a problemática da geração de aparas, foi desenvolvido um projeto de isolamento térmico para o molde já existente do produto em estudo. Foram feitos testes piloto com aplicações de isolamentos que trouxeram uma redução de 77% da geração de aparas neste produto. Esta redução de aparas proporciona uma redução de custos anual da ordem R\$ 23.000,00, evitando o consumo de 6.376 kg de plástico virgem (Polietileno Linear de Média Densidade – PELMD), além da redução do consumo de energia em operações de moagem de aparas e mão de obra.

Embora as aplicações de isolamentos utilizadas nos testes já tenham trazido um resultado com viabilidade econômica, técnica e ambiental, o grupo de trabalho desenvolveu ações complementares com potencial de otimizar ainda mais os resultados já obtidos. Estas ações complementares já foram aplicadas em outro produto do portfólio da empresa, o que proporcionou uma projeção do resultado combinado das melhorias para a redução de aparas em 89%.

É importante destacar que os resultados aqui explicitados são referentes a apenas um produto da empresa, sendo que o processo de rotomoldagem possui mais de 270 diferentes referências, onde um

grupo de 23 produtos representa mais de 60% do total de aparas geradas. Isto ilustra o potencial de replicação das ações de melhoria e a dimensão do benefício que ações desta natureza podem proporcionar.

Com relação ao produto da rotomoldagem que teve a problemática de geração de refugos abordada, foram desenvolvidas e prontamente aplicadas melhorias nas válvulas de saída de ar da peça e no material de revestimento da tampa. Tais ações foram aplicadas no molde existente e possuem um potencial de redução na geração de refugos de 30%, o que representa um benefício econômico da ordem de R\$ 13.000,00/ano e redução do consumo de 2.912 kg de PELMD virgem, além de outras reduções conforme também mencionado no caso das aparas. Estas ações foram aplicadas de imediato em função do custo-benefício identificado. Pretende-se ainda uma ação mais robusta que requer um investimento inicial maior, onde um novo molde será produzido com diversas melhorias já agregadas desde a sua concepção. Em função das causas da geração de produtos não conformes identificadas no último ano de produção, o novo molde terá uma redução de 50% da geração destes refugos e um *payback* de menos de 2 anos.

5. Conclusões

A chamada inércia psicológica, que faz com que se busque soluções sempre na mesma direção ou já conhecidas, leva à reflexão sobre a importância de uma ferramenta de apoio à PmaisL que estimule o ECOTIME a buscar alternativas inovadoras, levando à abstração do problema para que ele possa ser melhor entendido e solucionado.

O entendimento dos 39 parâmetros de engenharia e dos 40 princípios inventivos remete a inúmeras alternativas de soluções para os problemas técnicos do dia-a-dia das empresas, abrindo um leque de opções a serem analisadas e criadas. O problema específico apresentado neste trabalho gerou pelo menos quatro sugestões de soluções, cabendo ressaltar que apenas um cruzamento na matriz de contradições foi realizado, sabendo-se que inúmeros são possíveis.

A experiência da combinação da PmaisL com o método adaptado TRIZ mostrou-se positiva, embora não seja o único fator responsável pelo desenvolvimento das soluções discutidas neste artigo. O conhecimento técnico do grupo de trabalho foi elemento chave, sendo potencializado com a introdução do método adaptado TRIZ, aprofundando entendimentos e organizando ideias para o desenvolvimento de soluções criativas de excelente desempenho.

6. Referências

SENAI.RS. Cinco fases da implantação de técnicas de produção mais limpa. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003 b. 103p. il. (Série Manuais de Produção mais Limpa).

SENAI.RS. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003 a. 42 p. il.

SENAI.RS. SEBRAE.RS. Método Adaptado TRIZ – Teoria da Resolução Inventiva de Problemas; guia da empresa. Porto Alegre, 2004. 88p. il. (Método Adaptado TRIZ)