

# Modelo para Solução Criativa de Problemas

## Model for Creative Problem Solution

Leonardo B. SANTOS <sup>1</sup>; Guery A. E. MARTÍNEZ <sup>2</sup>; Gustavo A. S. MARTÍNEZ <sup>3</sup>

Recebido: 15/04/2017 • Aprovado: 18/07/2017

### Conteúdo

1. Introdução
  2. Metodologia
  3. Aplicação da Metodologia Proposta
  4. Conclusões
- Referências bibliográficas

#### RESUMO:

A sobrevivência das organizações depende cada vez mais da criatividade individual e coletiva, imprescindível num mundo em rápida e constante mudança que exige novos e mais eficientes produtos. Neste trabalho propomos uma metodologia, com cinco etapas, com o objetivo de facilitar o caminho para a criatividade individual e coletiva, oriundo da associação do conceito de QFD, SCAMPER e TRIZ. O método proposto foi aplicado na construção de um biodigestor caseiro, comprovando sua contribuição na indicação de melhorias do produto. Foi demonstrado que o uso correto de várias metodologias associadas potencializa ainda mais seus efeitos individuais o que possibilita a elevação da criatividade individual e coletiva.

**Palavras-chaves:** Solução de problema, TRIZ, Biodigestor

#### ABSTRACT:

Business organization survival depends more and more on individual and collective creativity, which is essential in a fast and constantly changing world that demands new and more efficient products. In this work, we propose the use of a method in a five-step process that aims a way that can facilitate individual and collective creativity, original from the associated concept of QFD, SCAMPER and TRIZ. The proposed method was applied to make a home biogas digester, proving its use to enhance the product. It was demonstrated that the correct use of several associated methods increase individual effects and enable a higher individual and collective creativity.

**Keywords:** Problem solving, TRIZ, Bio-digester

## 1. Introdução

Um mundo em rápida e constante mudança torna cada vez mais imprescindível a criatividade individual e coletiva, possibilitando as empresas a lidar com a variabilidade no ambiente de negócios de tal forma a responder de maneira suficientemente criativa aos macro e micro desafios econômicos resultando na sobrevivência (RZEZNIK, 2014).

Por outro lado, o desenvolvimento de novos e mais eficientes produtos sob o conceito de eco-inovação são de suma importância para a sobrevivência da empresa e, a metodologia TRIZ com o auxílio de outras ferramentas como Casa da Qualidade (HoQ-QFD) e SCAMPER podem dar significativa contribuição no estímulo a criatividade e a inovação individual ou coletiva (KALLEL, 2013).

A TRIZ é um método orientado que tem como conceitos fundamentais a idealidade, a contradição e os recursos de um sistema técnico (CARVALHO, 1999; DEMARQUE, 2005; FERREIRA, GUIMARÃES, CONTADOR, 2009).

A idealidade de um sistema técnico é a relação entre o número de funções desejadas e o número de funções indesejadas que o sistema executa. A partir do conceito de idealidade, é definido o Resultado Final Ideal (RFI), como sendo uma solução à qual se pretende chegar na solução do problema, arbitrária e mais próxima do ideal que a solução atual (CARVALHO, 2001). Contradições são necessidades conflitantes com relação à um mesmo sistema técnico, que devem ser traduzidas em termos de característica desejada a ser melhorada e/ou via característica indesejada a ser reduzida/eliminada, identificadas entre os Parâmetros de Engenharia e dispostas em linhas e colunas na Matriz das Contradições (TABELA 1). No cruzamento das linhas e colunas, da Matriz das Contradições, se encontra os Princípios Inventivos (TABELA 2), sugestões de soluções genéricas das contradições existentes num sistema técnico (CARVALHO, 2001).

Os recursos do sistema técnico podem ser definidos como os elementos que fazem parte do sistema propriamente dito ou de seus arredores e, as suas interações conhecidas com o auxílio da Análise Funcional. Isto ocorre pela determinação das entradas e saídas do produto, decomposição das funções em sub funções, identificação de cada operação realizada e suas interligações na forma de um fluxograma (MONTIEL, FLORES, 2012; DADYKO et al, 2012).

**Tabela 1** - Extrato de uma Matriz de Contradições

<b>Característica contraditória</b>		
<b>CARACTERÍSTICA A MELHORAR</b>	<b>1. Peso do objeto em movimento</b>	<b>3. Comprimento Do objeto em movimento</b>
<b>1. Peso do objeto em movimento</b>	-----	15, 8, 29, 34
<b>3. Comprimento do objeto em movimento</b>	8, 15, 29, 34	-----

Fonte: THE TRIZ JOURNAL, 1997.

-----

**Tabela 2** – Extrato dos Princípios Inventivos

<b>8. Contrapeso</b>
<b>15. Dinamização</b>
<b>29. Construção pneumática ou hidráulica</b>
<b>34. Descarte e regeneração</b>

Fonte: CARVALHO, 2001.

Criado na década de 60 pelo japonês Yoji Akao, o *Quality Function Deployment* (QFD) tem como objetivo possibilitar que a voz do cliente seja incorporada como requisitos mensuráveis no desenvolvimento de projetos tornando os produtos mais competitivos no mercado (CHENG, 2007; HUANG, 2013; FRANCESCHINI, 2015).

Aplicado através da utilização de diagramas e matrizes (FIGURA 1) o QFD está centrada na Casa de Qualidade (*House of Quality-HoQ*), que recebe este nome por sua semelhança com uma construção e telhado (TAVARES, 2001; FRANCESCHINI, 2015).

A aplicação do QFD é feita a partir de inúmeras Casas de Qualidade (FIGURA 2), sendo a primeira estruturada a partir dos requisitos de qualidade demandada pelo cliente e as matrizes subsequentes sendo a "tradução" destes requisitos para uma linguagem que irá direcionar cada característica do projeto de forma a atingir a maior satisfação possível dos clientes (PEIXOTO, CARPINETTI, 1998; FABRI, 2005; LAM, 2014).

Criado em meados do século XX por Bob Eberle o acrônimo SCAMPER (Substituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Procurar, Eliminar, Reorganizar) é uma poderosa técnica de estímulo à criatividade que, consiste em organizar e direcionar as ideias (TABELA 3) através de um grupo de pessoas para obter um resultado positivo (NAKAGAWA, 2012).

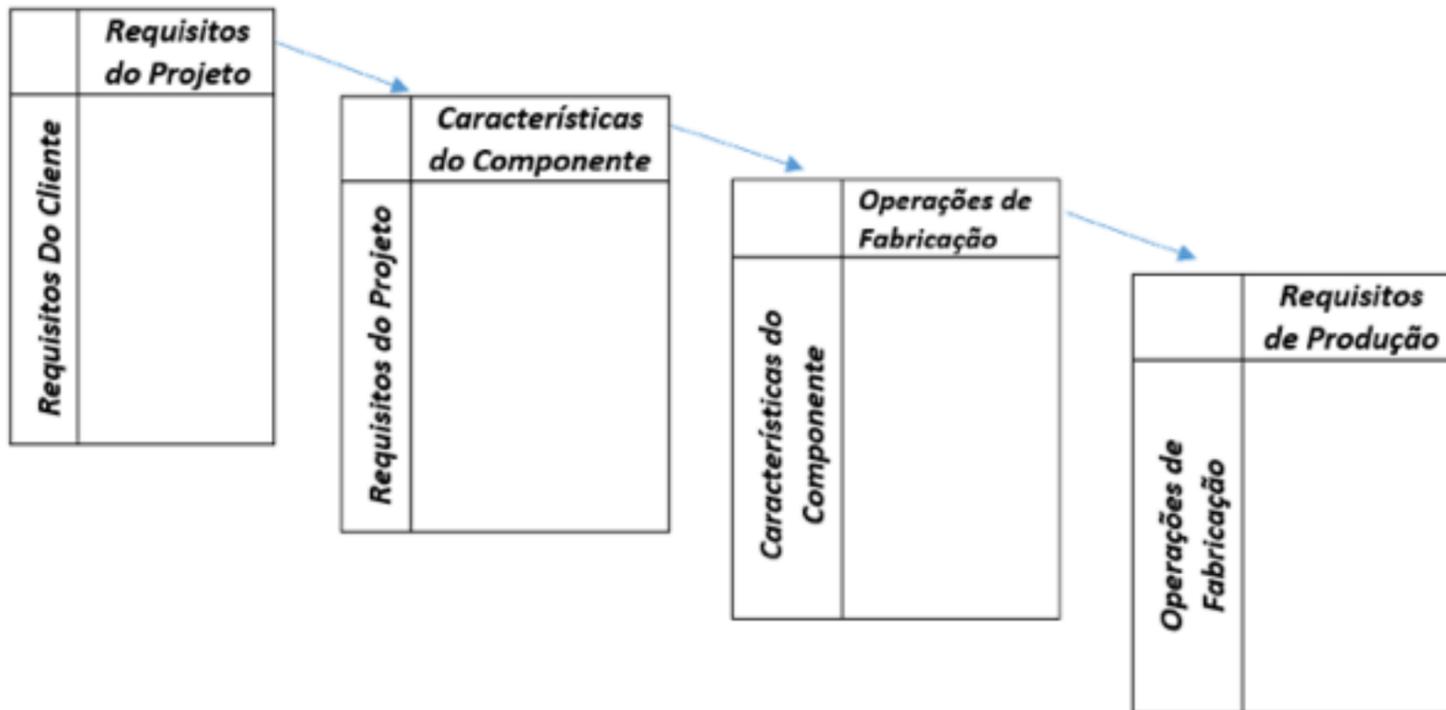
**Figura 1** – Exemplo de Casa de Qualidade



Fonte: Próprio Autor

-----

**Figura 2** - Desdobramentos de Qualidade



Fonte: Tavares, 2001

-----

**Tabela 3** - Apresentação das etapas e ideias que compõe o SCAMPER

<b>Etapas</b>	<b>Ideias/Perguntas</b>
Substituir	- Há alguma peça mais sofisticada a ser utilizada? - Outro tipo de material?
Combinar	-Quais ideias podem ser combinadas? - Que aconteceria caso combinássemos tais características com outras?
Adaptar	- Como poderíamos adaptar o produto para servir a outros uso? - É possível se inspirar em diferentes ideias melhorar o produto? - O que podemos copiar ou emprestar de outras soluções?
Modificar	- Podemos mudar formato, peso, dimensões, cores, configuração, sentidos? - O que pode ser ampliado, reduzido, alterado ou fortalecido?
Procurar Outras Utilidades	- Pesquisar novos usos? -Procurar outros mercados?
Eliminar	- Como podemos simplificar um produto ou processo? - Quais características, componentes e regras podem ser eliminadas? - É possível fazer algo menor, mais leve e rápido?
Rearrumar	- O que aconteceria se mudássemos a sequência em que as atividades são feitas? - Rearrumar de cima para baixo, de trás para frente? - Dá para montar o com novos arranjos entre os componentes? - Podemos buscar o oposto do que inicialmente se desejava?

Segundo Nakagawa (2012) a intenção é o volume de ideias e não uma análise meticulosa de cada uma delas. Quanto mais ideias provenientes dos mais variados tipos de pessoas, melhor (até mesmo as ideias que pareçam absurdas). Dessa forma, as ideias acabam auxiliando uma na concepção da outra através de sua combinação e adaptação.

## 2. Metodologia

Diversas metodologias ou conjunto de metodologias (HUANG, 2013; LEE LAM, 2014) podem ser encontradas com o objetivo de facilitar o caminho para a inovação. Neste trabalho propomos uma metodologia, com cinco etapas, com esse objetivo, como descrito a seguir:

Primeira Etapa: Identificar as necessidades e desejos dos clientes ou Requisitos do Cliente. Com esse objetivo algumas perguntas básicas devem ser respondidas. Conhecido os requisitos básicos elas precisam ser divididas em demandas primárias hierarquizadas como desempenho, segurança, comodidade, durabilidade e estética. Estas demandas primárias serão desmembradas em demandas secundárias com a sua respectiva importância relativa. Com estas informações podemos construir a Casa da Qualidade (HoQ), principal ferramenta da QFD, e obtermos as necessidades e desejos em relação ao produto em estudo.

Segunda Etapa: Entender as interações entre as funções principais e secundárias que possibilitam o atendimento da função principal a que se propõe o produto em estudo. O objetivo é obter o Resultado Final Ideal (RFI) ou, o que realmente queremos que o produto ofereça. Com o auxílio da Análise Funcional podemos conhecer as interações entre as funções do sistema atual respondendo às perguntas: Que função executa o sistema? Que partes ou peças compõem dito sistema? Como se relacionam os componentes entre si? Que elementos são essenciais e quais não são essenciais para o cumprimento adequado da função? Após responder as perguntas é preciso construir o modelo funcional físico que exemplifique quais são as tarefas desempenhadas por cada uma das funções principais e secundárias que possibilitam o atendimento da função principal do sistema.

Terceira Etapa: Potencializar o uso dos recursos das funções principais e secundárias expostas pela Análise Funcional com o auxílio da técnica SCAMPER. Com esse objetivo propomos utilizar as perguntas elencadas por Nakagawa (2012) e apresentadas na Tabela 3.

Quarta Etapa: Resolver os conflitos do sistema. Com o objetivo de transpor as limitações tecnológicas, cognitivas e de informação para se atingir o RFI, propomos aplicar uma das principais ferramentas da metodologia TRIZ, a Matriz das Contradições (MC).

Quinta Etapa: Selecionar e resolver as contradições encontradas na MC.

## 3. Aplicação da Metodologia Proposta

Com o objetivo de demonstrar a metodologia proposta, nesta etapa apresentamos o bosquejo da integração de ferramentas da QFD, SCAMPER e TRIZ, na construção de um biodigestor caseiro.

### 3.1. Requisitos dos Clientes

Nesta primeira etapa identificamos sete requisitos e consequentes características de biodigestor caseiro (TABELA 4).

Requisitos do Cliente	Características do Projeto
1 – Não vaze ou entupa	1.1 – Tubos que não obstruam com a passagem de material 1.2 – Bem Vedado
2 – Não muito robusto	2.1 – Componentes de tamanho reduzido
3 – Fácil manuseio	-----
4 – Baixa necessidade de limpeza/manutenção	4.1 – Sistema de extração de produtos eficaz
5 – Estético	-----
6 – Durável	6.1 – Componentes Resistentes
7 – Produza gás em quantidade suficiente	7.1 – Micro-organismos eficientes 7.2 – Bastante espaço para depósito de matéria orgânica 7.3 – Sistema de Agitação eficaz

Na construção da HoQ (FIGURA 3) foram utilizadas a relação entre "O que" e "Como" e as influências mutuas que os itens "Como" exercem entre si ("teto" da Casa de Qualidade), com os símbolos da Tabela 5.

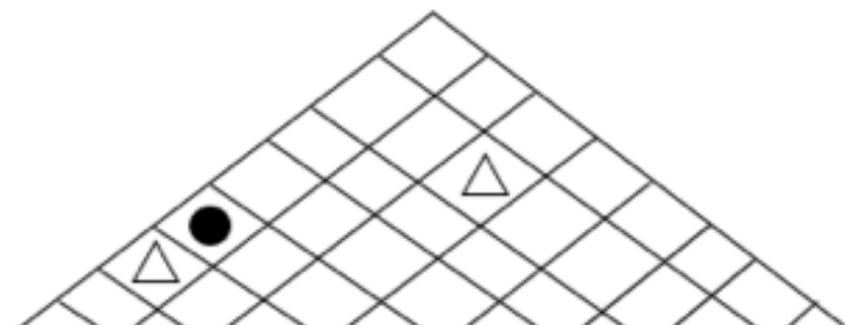
**Tabela 5** - Relação "O que" x "Como" e Inter-Relação "Como"

Valor	Grau de Relação	Símbolo
9	Direta forte	○
4	Direta	●
1	Direta fraca	
0	Inexistente	
-1	Inversa fraca	
-4	Inversa	▲
-9	Inversa forte	△

Fonte: Próprio autor

-----

**Figura 3** - Planejamento do Produto



Características do Projeto	Tubos que não obstruam	Bem vedado	Componentes Pequenos	Extração de produtos eficaz	Componentes resistentes	MO* eficientes	Espaço para matéria orgânica	Agitação eficaz	
	Importância								
Não vaz/entupa	5	9	9	-9	0	4	0	0	
Não robusto	3	-4	0	9	0	0	0	-9	
Fácil manuseio	4	0	0	4	9	0	0	1	
Baixa necessidade de limpeza/manutenção	3	1	0	0	4	4	4	1	
Estético	3	-1	0	4	0	0	0	-4	
Durável	3	0	4	0	4	9	4	4	
Gás em quantidade suficiente	5	0	4	0	1	0	9	9	
Peso		33	77	10	65	59	69	30	52
Prioridade		6	1	8	3	4	2	7	5

Fonte: Próprio autor.

O resultado da HoQ está condizente com a realidade, pois vazamentos implicariam em mal cheiro (proveniente da matéria orgânica putrescível em decomposição) e também acarretaria em riscos de explosões (gás metano é inflamável). Na Tabela 6 apresentamos as características necessárias aos componentes de tal forma a atender as características necessárias do projeto.

**Tabela 6** - Informações para a Montagem da Segunda Matriz de Qualidade

Características do Projeto	Características dos Componentes
1.1 – Tubos que não obstruam com a passagem de matéria	1.1.1- Tubos de boa espessura
1.2 – Bem Vedado	1.2.1 – Uso de colas e veda roscas eficazes 1.2.2 – Encaixes eficientes entre as partes ligantes
2.1 – Componentes de tamanho reduzido	-
4.1 – Sistema de extração de produtos eficaz	4.1.1 – Válvulas de extração eficaz
6.1 – Componentes Resistentes	-
7.1 – Micro-organismos eficientes	7.1.1 – Tipo de micro-organismos 7.1.2 – Concentração de micro-organismos (MO)
7.2 – Bastante espaço para depósito de matéria orgânica	7.2.1 – Recipiente com grande volume
7.3 – Sistema de Agitação eficaz	7.3.1 – Uso de pás/hélices 7.3.2 – Sistema de agitação externa por força humana

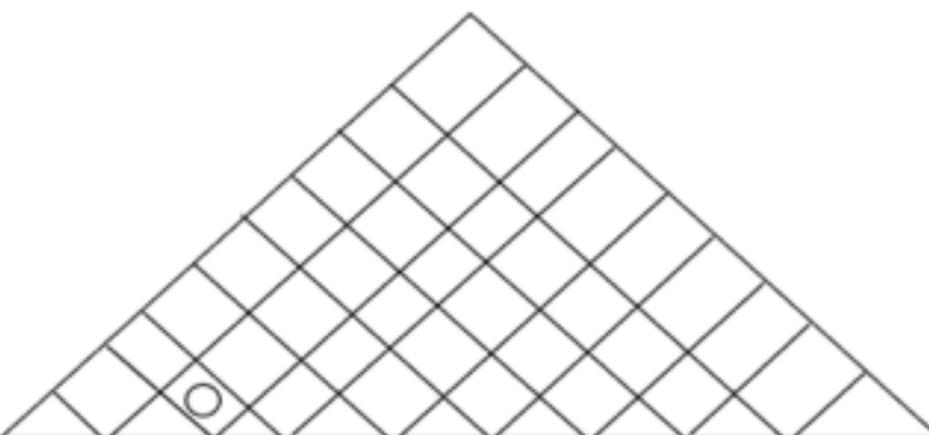
Fonte: Próprio autor.

À segunda matriz (FIGURA 4) foi acrescida o item "custo", um multiplicador importante nos itens "quanto". Este acréscimo tem como objetivo intensificar a importância do custo do biodigestor, de tal forma que os componentes mais caros e conseqüentemente mais difíceis de serem adquiridos, terão um valor mais baixo de forma a diminuir sua prioridade em comparação àqueles mais baratos.

Como este projeto trata de um biodigestor construído a partir de peças facilmente encontradas em lojas de material de construção, não foi necessário a construção da terceira (Planejamento do processo) e quarta (Planejamento da

produção) matriz (FIGURA 2) pois não possuímos o controle das operações de fabricação dos componentes.

**Figura 4 -** Desdobramento de componentes

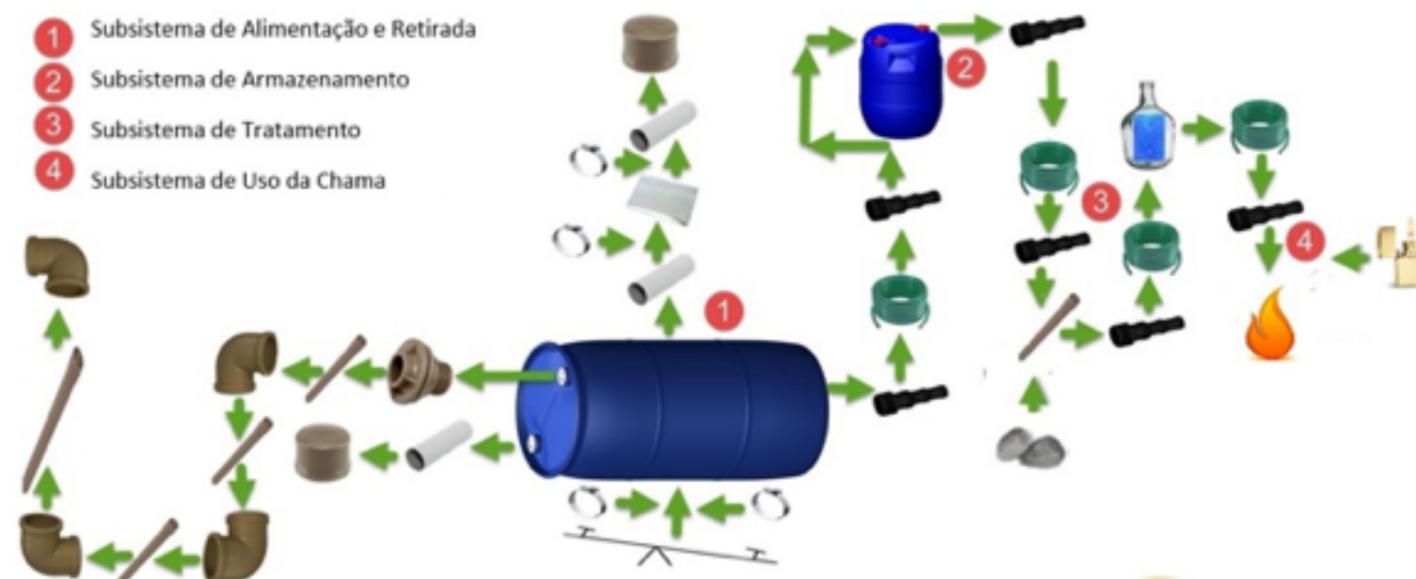
Características dos componentes										
	Tubos de boa espessura	Uso de cola e veda rosca eficientes	Encaixes eficientes	Válvulas de extração eficientes	Tipos de MO	Concentração de MO	Recipiente com grande volume	Uso de pás/hélices	Sistema de agitação externa por força humana	
Importância										
Tubos que não obstruam	4	9	0	1	4	0	0	0	0	0
Bem vedado	5	0	9	9	0	0	0	0	0	0
Componentes pequenos	3	-4	0	0	0	0	0	-9	0	0
Extração de produtos eficaz	4	4	1	1	9	0	0	0	0	0
Componentes resistentes	4	1	4	4	4	0	0	0	0	0
MO* eficientes	4	0	0	0	0	9	9	0	0	0
Espaço para matéria orgânica	3	0	0	0	0	0	4	9	0	0
Agitação eficaz	4	0	0	0	0	0	0	0	9	9
Peso	44	65	69	68	36	48	0	36	36	
Custo	0.9	0.8	1	0.8	0.6	0.7	0.8	0.3	1.2	
Peso Corrigido	39.6	52	69	54.4	21.6	33.6	0	10.8	43.2	
Prioridade	5	3	1	2	7	6	9	8	4	

Fonte: Próprio autor

### 3.2. Análise Funcional

Com o auxílio da Figura 5, foi possível uma Análise Funcional de todos os componentes que integram a construção do biodigestor proposto. Na Tabela 7 descrevemos o funcionamento de cada componente de cada subsistema.

**Figura 5 -** Análise dos componentes que integram o biodigestor



-----

Tabela 7 – Funções do Sistema

Subsistema	Descrição	Peças componentes	Relação entre as peças componentes
1 – Subsistema de Alimentação e Retirada	Deposição da matéria orgânica juntamente com os micro-organismos; extração de fertilizante; descarregamento do biodigestor quando este não for mais ser usado (ou para limpeza/manutenção).	Cotovelos, canos, flange, tambor, tampa, braçadeira, saco plástico, gangorra de metal, mangueira, cola plástica.	<p>- <u>Extração de fertilizante</u>: os cotovelos e a flange são interligados aos canos utilizando a cola plástica de forma que obtenham a forma de "S". Utiliza-se a cola para fixar a flange e o cano ao tambor. Este formato de "S" é necessário para que não haja escape de gás quando o fertilizante for extraído.</p> <p>- <u>Retirada</u>: cano e tampa encaixados. Descarregar o subsistema quando o biodigestor não for mais ser utilizado (ou para limpeza/manutenção).</p> <p>- <u>Alimentação</u>: saco plástico que será ligado a dois canos através das braçadeiras. Antes de remover a tampa, dobra – se o plástico de forma que os gases não consigam escapar. Após adicionada a carga, a tampa é encaixada de volta e o plástico pode ser esticado para que os alimentos caiam e atinjam o tambor.</p> <p>- <u>Agitação</u>: gangorra de metal soldadas à duas braçadeiras que seguram o tambor. Agita-se o sistema balançando o tambor de um lado ao outro.</p>
2 – Subsistema de Armazenamento	Armazenamento do gás.	Tambor, mangueira, conectores, cola plástica.	- <u>Armazenamento</u> : Os gases produzidos serão conduzidos através das mangueiras e conectores. A função deste subsistema é armazenar os gases quando estes não estiverem sendo usados.
3 – Subsistema de Tratamento	Separação dos gases formados: esponja de aço para o H <sub>2</sub> S; solução aquosa de NaHCO <sub>3</sub> para o CO <sub>2</sub> .	Conectores, mangueiras, canos, esponja de aço, borbulhador.	<p>- <u>Retenção do H<sub>2</sub>S</u>: Esponja de aço presente em um dos canos de ligação faz com que o H<sub>2</sub>S seja retido.</p> <p>- <u>Retenção do CO<sub>2</sub></u>: o gás coletado é direcionado ao borbulhador que é uma solução aquosa de NaHCO<sub>3</sub>.</p>
4 – Subsistema de Uso da Chama	Combustão do gás metano.	Mangueiras, conectores.	- <u>Utilização da chama</u> : mangueiras direcionam o gás metano obtido até o seu local de uso. Através de uma faísca, obtém-se a chama.

Fonte: Próprio autor

### 3.3. Scamper

Com o auxílio da ferramenta SCAMPER foi questionado cada componente bem como suas interações com os subsistemas, o que potencializa o uso dos recursos disponíveis no biodigestor (TABELA 8).

Tabela 8 - Aplicação do SCAMPER

SCAMPER	Ideias	Seleção/descartes de ideias
Substituir	- Porquê não utilizar outros tipos de componentes ao invés de conectores, canos e mangueiras?	- Ideia descartada. Primeiramente a ideia é um biodigestor construído com materiais de loja de construção devido ao baixo custo.
Combinar	C1- Por que não combinar a saída de fertilizante com a descarga do biodigestor? C2- Porque não combinar o subsistema de alimentação com o de armazenamento em um mesmo Tambor? C3- Porque não combinarmos os dois tratamentos? C4- Por que não integrarmos o tratamento em um dos tambores deixando-o confinado para reduzir o tamanho do biodigestor.	C1- Ideia descartada. Descarregar o biodigestor pelo tubo em "S" é uma tarefa difícil. Retirar o fertilizante pela descarga também é inviável pois haveria perda de gases sempre que removêssemos o fertilizante. C2- Ideia selecionada. C3- Ideia descartada. Submergir o cano com a esponja de aço no borbulhador tornaria mais complexo a construção do biodigestor bem como sua manutenção. Deixá-los separados é a melhor forma de garantir sua eficiência máxima. C4- Ideia selecionada.
Adaptar	- Como poderíamos adaptar o produto para servir a outros usos?	- Esta ideia será aplicada entre as já selecionadas.
Modificar	- Podemos modificar as formas geométricas dos componentes? Tamanho? Cores?	- Ideia selecionada.
Procurar outras utilidades	- Porquê utilizar os gases provenientes da digestão apenas para chama?	- Ideia selecionada
Eliminar	E1- Por que não eliminarmos o sistema de armazenamento/tratamento? E2- Por que não eliminarmos as várias conexões entre os subsistemas tornando-os mais próximos um do outro e mais simples?	E1- Eliminar o subsistema de armazenamento será estudado ao integra-lo com o de alimentação. Eliminar o tratamento foi descartado. E2- Ideia selecionada.
Rearrumar	R1- Por que não inverter as sequências do biodigestor? R2- Da para montar novos arranjos com os componentes?	R1- Ideia selecionada. R2- Ideia já aplicada entre as já selecionadas.

Fonte: Próprio autor

Entre as ideias propostas que não envolvem contradições tem-se:

### **Podemos modificar as formas geométricas dos componentes? Tamanho? Cores?**

Com relação a forma e tamanho, não foram feitas modificações pois estes já são eficazes ao nosso propósito. Já ao que tange as cores, pode-se modificar a cor do subsistema de alimentação. As bactérias que realizam a decomposição da matéria orgânica são mais eficazes em temperaturas mais altas (entre 50 – 60 °C a cinética da reação pode ser considerada ótima). Uma cor que absorva mais radiação térmica neste caso soa mais atraente ao nosso propósito. Utilizar um tambor de cor preta provavelmente aumentaria a eficiência da decomposição anaeróbica.

### **Porquê utilizar os gases provenientes da digestão apenas para chama?**

Para o propósito de um biodigestor caseiro a única aplicação que vem à mente é utilizar os gases para acender uma chama de fogão. Entretanto, fora do ambiente doméstico, porque não utilizar os gases provenientes da digestão anaeróbica para outro propósito? O gás sulfídrico, por exemplo, torna o biogás altamente corrosivo quando em contato com materiais metálicos (SARTOR et al., 2010). Removendo o tratamento de retenção ao gás sulfídrico, o biodigestor poderia ser aplicado para analisar a corrosão em materiais metálicos.

### **Porque não eliminar as várias conexões entre os subsistemas tornando-os mais próximos um do outro e mais simples?**

Analisando a figura do biodigestor, podemos intuitivamente aplicar esta sugestão. Logo na saída do subsistema de armazenamento já poderia ser adicionado o conector juntamente ao cano contendo a esponja de aço de forma a eliminar um trecho de mangueira e um conector extra que ali está presente tornando o sistema mais simples e mais econômico devido ao descarte de dois componentes extras. A ideia de eliminar o cano e introduzir a esponja na mangueira diretamente também vem em mente. Mas não é aconselhável pois a espessura das mangueiras normalmente são inferiores às do cano e isso pode fazer com que a retenção do gás sulfídrico seja prejudicada.

### **Porque não inverter as sequências do biodigestor?**

Olhando para o subsistema de tratamento, vemos que ele ocorre logo após o armazenamento. Por isso, concluímos que o

subsistema de armazenamento possui não apenas o gás metano, que é o desejado, e sim uma mistura de vários gases. Isto implica em maior volume de gás no armazenamento e conseqüentemente uma maior pressão exercida por estes gases às paredes do tambor. Invertendo a ordem do tratamento com a do armazenamento, poupa-se o tambor de uma pressão extra exercida contra suas paredes pelos gases adicionais que são produzidos. Ao eliminar essa pressão extra provavelmente a durabilidade do tambor será prolongada.

### Porque não combinar o subsistema de alimentação com o de armazenamento em um mesmo Tambor?

Em um biodigestor compartimentado, Silva (2009) obteve uma produção máxima de 56 litros de biogás (61,5% de metano) em um período de 294 dias de análise. Visto que o gás produzido para o nosso propósito será usado continuamente, este volume máximo possivelmente não será atingido. Dessa forma, o principal questionamento a ser feito é: o subsistema de alimentação não consegue lidar com o gás produzido? Vale lembrar que se a pressão for muito grande pode ocorrer um vazamento de gás metano ou até mesmo, na pior das hipóteses, um estouro do biodigestor devido a esta pressão. Ao mesmo tempo que o volume de gás produzido é pequeno comparado ao tamanho dos tambores utilizados (200 litros), simplesmente descartar o outro tambor pode acarretar efeitos desastrosos.

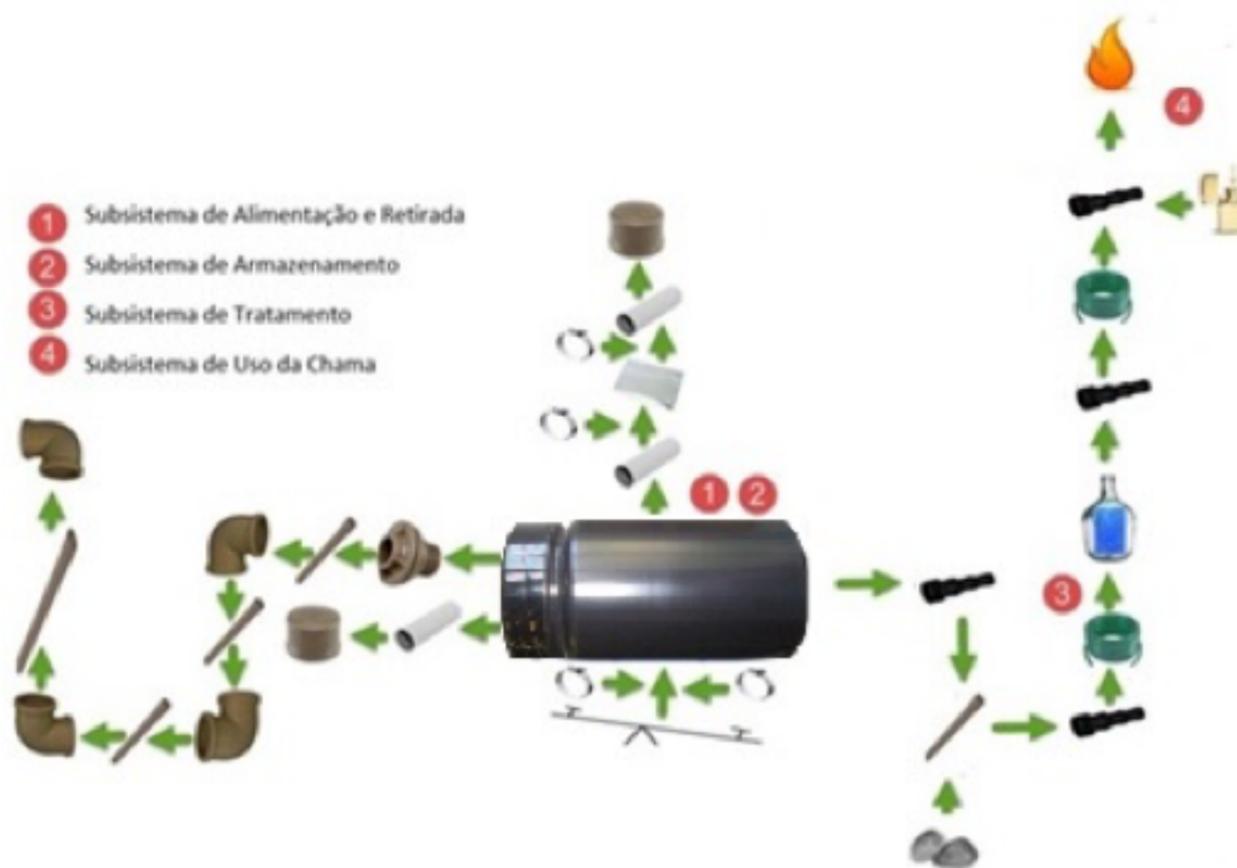
Deixando de lado uma análise meticulosa sobre o tipo de dejetos orgânicos que vão ser adicionados, volume/material do tambor, concentração dos alimentos ou rendimento das bactérias envolvidas, será proposta uma solução apenas com base no SCAMPER.

Aplicando o conceito de SCAMPER novamente ("procurar novas utilidades") ao saco plástico da entrada do subsistema de alimentação pode-se encontrar uma solução eficiente e econômica. Boa parte dos materiais plásticos (material polimérico) são sensíveis a deformação quando uma determinada força é aplicada sobre eles. Dessa forma, eliminando o subsistema de armazenamento podemos utilizar o saco plástico para fornecer informações sobre a pressão interna do digestor. Pressões elevadas acarretaram em deformações maiores ao saco plástico indicando que a saída de gás precisa ser liberada. Ao mesmo tempo que o saco plástico serve para evitar escapes de gás quando o biodigestor for alimentado, ele agora funciona como um barômetro qualitativo visto que não necessitamos saber numericamente a pressão e sim, se ela está muito elevada (na pior das hipóteses, antes do tambor se romper devido a pressões exageradas ocorrerá o rompimento do saco plástico).

Nesta nova proposta, sempre que o biodigestor for ser alimentado, aperta-se o saco plástico de forma que o gás retorne ao biodigestor e depois torce-se para que o gás não volte. Abre-se a tampa e despeja-se os restos alimentícios. Fecha-se a tampa e estica-se o saco plástico para que os alimentos caiam e atinjam o tambor e para que o plástico volte a sofrer a pressão exercida pelos gases do biodigestor.

Esta última proposta (FIGURA 6) acaba anulando uma anterior que corresponde a inverter o tratamento com o armazenamento uma vez que este subsistema será descartado.

Figura 6 - Nova proposta do biodigestor



Como esperado, o SCAMPER auxiliou na evolução do biodigestor. Apesar de algumas soluções parecerem intuitivas, quando estas modificações são feitas sem utilizar uma ferramenta sistemática, as chances de alguma possibilidade passar despercebida são muito altas.

### 3.4. Conflitos do Sistema

Nesta etapa selecionamos os Parâmetros de Engenharia (TABELA 9) a serem utilizados na Matriz das Contradições (MC), sempre atentos aos Requisitos do Cliente (TABELA 4).

		Não vaze ou entupa	Não muito robusto	Fácil manuseio	Baixa necessidade de manutenção	Estético	Durável	Produza em quantidade
		01	02	03	04	05	06	07
Parâmetro de Engenharia - PE		Requisitos do Cliente						
02	Peso do objeto parado	X	X	X	X			
12	Forma	X	X	X	X	X	X	X
13	Estabilidade da composição	X		X	X			
14	Resistência	X	X	X	X		X	
17	Temperatura	X			X		X	X
23	Perda de substância	X			X		X	X
26	Quantidade de substância	X		X				X
27	Confiabilidade	X		X	X		X	X
32	Manufaturabilidade				X		X	
35	Adaptabilidade	X		X	X		X	X

Fonte: Próprio autor

Para o subsistema de alimentação selecionamos os Parâmetros de Engenharia (PE): 2 (Peso do Objeto), 12 (Forma), 13 (Estabilidade da Composição), 14 (Resistência), 17 (Temperatura), 27 (Confiabilidade), 32 (Manufaturabilidade), 35 (Adaptabilidade).

Para o subsistema de tratamento, os PE's escolhidos foram: 13 (Estabilidade da Composição), 23 (Perda da Substância), 26 (Quantidade de Substância), 27 (Confiabilidade), 35 (Adaptabilidade).

### 3.5. Soluções do Sistema

Nesta etapa apresentamos os PI's propostos pela Matriz das Contradições com maior frequência.

#### 3.5.1. Subsistema de Alimentação e Armazenamento

Os Princípios Inventivos (PI) que aparecem na Matriz das Contradições com maior frequência são: 1 (Segmentação ou Fragmentação), 10 (Ação Prévia), 28 (Substituição de Meios Mecânicos), 32 (Mudança de Cor), 35 (Mudança de Parâmetros e Propriedades)

Dentre todos os PI's, demos especial atenção ao PI32. Adicionar indicadores ácido-base ao subsistema de alimentação é interessante ao nosso propósito pois meios muito ácidos/básicos podem ser prejudiciais as bactérias produtoras de biogás. Assim, com a aplicação do indicador na forma líquida, ao retirarmos o fertilizante poderia ser aferido o pH/pOH do meio. Uma outra forma (mais viável economicamente) seria medir o pH/pOH através de papéis indicadores colocando-os na extremidade de um instrumento comprido que seria inserido pela entrada da alimentação e retirado após o papel indicador tocar o meio reagente. Consultando novamente o QFD, lembramos da importância que o custo tem em nosso projeto. Dessa forma, o método de aferição de pH/pOH mais viável seria a utilização do papel indicador.

Uma outra ideia que o PI32 nos traz é o de mudar a transparência dos objetos. O tubo com a esponja de aço poderia ser substituído por um tubo transparente (vidro, por exemplo) pois o Sulfeto de Ferro formado possui uma cor amarelada diferente da esponja de aço original que é cinza escura. Através da observação da mudança de cor fica fácil saber quando a esponja de aço precisa ser substituída.

#### 3.5.2. Subsistema de Tratamento

Os PI's que surgem com maior frequência são: 2 (Extração), 10 (Ação prévia), 35 (Mudança de Estado), 40 (Composição).

A aplicação da MC no subsistema de tratamento não forneceu nenhuma modificação palpável. Isto não significa que a aplicação falhou ou foi insuficiente. Ela significa apenas que o subsistema, para o nosso propósito, está próximo da idealidade necessária. Para o subsistema de uso da chama, devido a sua simplicidade, não aplicaremos a metodologia.

A próxima etapa deste trabalho, seguindo a metodologia proposta, seria escolher a melhor solução. Entretanto, conforme visto, sempre que alguma modificação mais significativa na proposta inicial era considerada, a consulta nos resultados obtidos pelo QFD era executada (como no caso de integrar o tratamento à um dos tambores, por exemplo). Dessa forma, a aplicação das ferramentas aprimoraram a proposta inicial em uma única direção sem que houvesse mais de uma possibilidade de produto final. Caso não utilizássemos o QFD ao longo da aplicação das ferramentas (fazendo surgir

assim várias possibilidades do biodigestor final), ao aplicarmos ele no final da metodologia o biodigestor escolhido seria o mesmo.

---

## 4. Conclusões

A associação, sequenciamento e aplicação das ferramentas proposta neste trabalho facilita consideravelmente a análise e desenvolvimento de um sistema.

Todas as ferramentas, dentro da sua esfera de abrangência, otimizaram o biodigestor mostrando que o uso de várias metodologias potencializa ainda mais seus efeitos individuais o que possibilita a elevação da satisfação dos desenvolvedores e, conseqüentemente, dos clientes.

A estratégia teórico-metodológica apresentada atende plenamente o projeto de um biodigestor caseiro de baixo custo com o QFD ouvindo e atendendo aquilo que o cliente deseja, o SCAMPER otimizando a ideia inicial e a metodologia TRIZ solucionando as contradições técnicas.

---

## Referências bibliográficas

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. (2007). QFD desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos. 568 p. Belo Horizonte.

PEIXOTO, M. O. C.; CARPINETTI L. C. R.(1998). Aplicação de QFD Integrando o Modelo de Akao e o Modelo QFD Estendido. v.5, n.3, p. 221-238. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DADYKO, O.; DÍAZ, R. D. P.; QUEVEDO, S. G.; PALACIOS, H. R.(2012) La Resolución De Contradicciones Físicas Para Asistir El Diseño Conceptual De Nuevos Productos. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica.

DE CARVALHO, M. A.(1999). *Modelo Prescritivo para a Solução Criativa de Problemas nas Etapas Iniciais do Desenvolvimento de Produtos* (Dissertação Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

DE CARVALHO, M. A.(2001). Uso dos Conceitos Fundamentais da TRIZ e do Método dos Princípios Inventivos no Desenvolvimento de Produtos. 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto Florianópolis. Florianópolis, Santa Catarina.

DEMARQUE, E.(2005). *Triz – Teoria para a resolução de problemas inventivos aplicada ao planejamento de processos na indústria automotiva* (Dissertação Mestrado). Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo.

FABRI, J. A.; CARVALHO, M. M.(2005). QFD Estendido em Ambiente de Gerenciamento de Informações para Ensino a Distância. *Revista Produção Online*. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/345/436>>. Acesso em: 27 de jun. 2016.

FRANCESCHINI, F., GALETTO, M, MAISANO, D., MASTROGIACOMO, L. (2015). Prioritisation of engineering characteristics in QFD in the case of customer requirements orderings, *International Journal of Production Research*, 53:13, 3975-3988, DOI: 10.1080/00207543.2014.980457

FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, E. R.; CONTADOR, J. C.(2009). Patente como instrumento competitivo e como fonte de informação tecnológica. *Gest Prod*, v. 16, n. 2, p. 209-21.

HUANG, F.(2013). Technology Innovation and New Product Development Process integrating QFD and TRIZ. School of Business, Soochow University, Suzhou, Jiangsu Province, China.

JASIENSKI, M., RZEZNIK, M.(2014). Business models rethought: applying the heuristic methods of Altshuller and Osborn to improve an organization's fitness in a variable environment. In: "Organization in changing environment. Conditions, methods and management practices" (B. Domańska-Szaruga, T. Stefaniuk, eds.), pp. 100-109. Wydawnictwo Studio Emka, Warsaw. ISBN 978-83-64437-19-9.

KALLEL, W. S.(2013). Eco-innovative Method to Improve the Distribution Phase of Product. – dept.Design Institut Supérieur des Arts et Métiers de Sfax (ISAMS).

LEE LAM, S. J.; LAI, K.(2014). Developing environmental sustainability by ANP-QFD approach: the case of shipping operations. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010099>>. Acesso em: 20 de ago. 2015.

MONTIEL, A. H.; FLORES, K. D. L.(2012). Modelo De Análisis Funcional Como Herramienta Didáctica Para El Aprendizaje De TRIZ. 7º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica.Orizaba, Veracruz, del 14 al 18 de novembro.

NAKAGAWA, M.(2012). SCAMPER – Técnica de Geração de Ideias. Disponível em: <[http://cms-empresada.s3.amazonaws.com/empresada/files\\_static/arquivos/2012/04/23/ME\\_Layout\\_das\\_Ferramentas\\_SCAMPER.pdf](http://cms-empresada.s3.amazonaws.com/empresada/files_static/arquivos/2012/04/23/ME_Layout_das_Ferramentas_SCAMPER.pdf)>. Acesso em: 21 de out. 2015.

SARTOR, T. et al.(2010). Corrosão de Componentes Metálicos em Biodigestores. 2010. I Simpósio de Bioenergia e Biocombustíveis do Mercosul. UNIOESTE, Foz do Iguaçu – Paraná.

SILVA, W.R.(2009). *Estudo Cinético do Processo de Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Vegetais* (Tese Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

TAVARES, M. L. de S.(2001). *Proposta de Aplicação do QFD à Gestão Ambiental de Terminais Portuários de Petróleo e Derivados* (Dissertação Mestrado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

1. Graduando em Engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena – USP. E-mail: [leonardo.bs@alunos.eel.usp.br](mailto:leonardo.bs@alunos.eel.usp.br)
  2. Engenheiro de Produção. E-mail: [guerym@gmail.com](mailto:guerym@gmail.com)
  3. Engenheiro Mecânico, Doutor, Escola de Engenharia de Lorena – USP. E-mail: [gustavo.martinez@usp.br](mailto:gustavo.martinez@usp.br)
- 

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 53) Año 2017

[Índice]

[No caso de você encontrar quaisquer erros neste site, por favor envie e-mail para [webmaster](mailto:webmaster)]