

UTILIZAÇÃO DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO AO PROCESSO DECISÓRIO NA MELHORIA DO PROCESSO DE EXPANSÃO DE TUBOS EM VASOS DE PRESSÃO.

Anderson Luis Lorenzini, Fábio Alexandrini, José Ernesto de Fáveri, Volnei Ropelato,
Wagner Dittrich

RESUMO

Atualmente o processo de geração de energia está em crescimento, devido ao grande consumo que temos em nosso país, por isso o governo fornece incentivos para a criação de novas fontes de energia, principalmente as renováveis, sendo assim as termoelétricas vem se destacando, pois gera energia elétrica através da queima de biomassa que é um combustível renovável. No entanto os fabricantes de caldeiras para competirem nesse mercado, devem através de estudos aperfeiçoar seus equipamentos, sendo que muitas vezes na hora de investir na sua produção, nem sempre se consegue adquirir as melhores ferramentas de trabalho, onde nos deparamos com o problema da expansão de tubos em vasos de pressão, pois uma vez que um tubo seja mal expandido, o mesmo pode acarretar vários tipos de problemas gerando na maioria das vezes grandes índices de retrabalho. Portanto neste presente artigo, vamos analisar através do método de multicritério de apoio à decisão MCDA, a melhor maneira de resolver esse problema que se encontra presente em várias empresas fabricantes de caldeiras.

Palavras Chaves: Administração da Produção, MCDA, Caldeiraria.

1. INTRODUÇÃO

Em nosso dia a dia nos defrontamos com vários tipos de problemas, sejam eles no trabalho ou na vida pessoal, no entanto nem sempre sabemos qual a melhor decisão a ser tomada, em virtude dos resultados futuros que poderão ocorrer.

As metodologias do multicritério de apoio à decisão (MCDA), foram concebidas com a finalidade de permitir identificar os valores dos decisores, sendo que a decisão é um processo onde raramente tem um decisor bem definido e único, geralmente envolve um grupo de atores, que são aquelas pessoas, grupos ou instituições que tem uma posição no processo decisório, e podem ser encarados como aquele grupo de indivíduos ou organizações que tem interesses comuns nos resultados da decisão.

O princípio fundamental da metodologia de multicritério é precisamente a consideração de que na maioria das situações de decisão, a escolha ótima não existe, sendo

assim devemos muitas vezes optar pelas soluções que melhor se adaptam a realidade, para que de alguma forma, seja tomada uma decisão.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é apresentar a melhor maneira de realizar a expansão de tubos em vasos de pressão de caldeiras, para evitar retrabalho desnecessário e possíveis perdas no rendimento da mesma.

1.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

O que um tubo mal expandido pode causar em uma caldeira.

Como realizar possíveis melhorias neste processo.

1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Esse trabalho tem uma significativa importância para todas as indústrias e prestadoras de serviços do setor metal-mecânico, mais precisamente no setor de caldeiraria, onde que as mesmas poderão executar o processo de expansão de tubos de uma maneira que aumente a qualidade do serviço, e conseqüentemente diminuindo os índices de retrabalho, mantendo o bom funcionamento dos equipamentos e a satisfação dos clientes.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1 APOIO A DECISÃO

A tomada de decisão é basicamente, a escolha de uma opção entre diversas alternativas existentes, seguindo determinados passos previamente estabelecidos e culminando na resolução de um problema de modo correto ou não, envolvendo algumas etapas, como, a análise e identificação da situação, desenvolvimento de alternativa, comparação entre alternativas, classificação dos riscos de cada alternativa, escolher a melhor alternativa, execução e avaliação.

Segundo Gomes (GOMES, L. F. M. A.; GOMES, C. F. S. & ALMEIDA, A. T. 2002), “a tomada de decisão é um esforço para tentar resolver problemas de objetivos conflitantes, cuja presença impede a existência da solução ótima e conduz à procura do melhor compromisso”.

2.2 PROCESSO DECISÓRIO

O processo decisório não é único, possuindo suas especificidades para cada caso. Nas diversas áreas, o gestor deve estar ciente das etapas de um processo decisório, assim como dos passos para uma decisão eficaz com o objetivo de buscar subsídios para uma decisão inteligente, pautada em critérios consistentes.

Segundo Roy,(1996, ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Será o conjunto destas etapas e os resultados obtidos ao final delas que a orientará a decisão a ser tomada. Portanto o conceito de decisão não pode ser completamente separado do processo de decisão.

2.2.1 IDENTIFICANDO ATORES E ESCOLHENDO DECISORES

As pessoas envolvidas no processo de tomada de decisão denominam-se atores. Tais atores têm diferentes graus de ingerência no processo de decisão, agindo diretamente sobre o processo, como o facilitador e os decisores, ou sofrendo suas conseqüências.

Para identificar os atores envolvidos, devemos apurar o grau de interesse que eles tem na decisão e o grau de poder que eles nela podem exercer. Cabe lembrar que um ator é aquele indivíduo que compartilha um mesmo sistema de valores.

Inicialmente deve-se observar quais os grupos de atores diretamente envolvidos, e os que têm alguma influência sobre o processo decisório. Além disso, busca-se identificar aqueles que sofrem as conseqüências da decisão que será tomada.

2.2.2 IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE AÇÕES

A ação é definida como uma representação de uma possível contribuição à decisão, representação esta que pode ser considerada autônoma com reação ao processo decisório.

A idéia de ações refere-se no contexto das metodologias multicritério em apoio à decisão, aqueles objetos, decisões e candidatos, alternativas, que serão explorados durante o processo decisório.

Uma vez definido o contexto decisório, são escolhidos os decisores que participarão do modelo, definindo o tipo de ação que se vai avaliar e caracterizada a problemática de referencia.

2.3 MAPAS COGNITIVOS

Um mapa cognitivo permite representar o problema do decisor, bem como lidar com grupo de decisores, cada qual com seu próprio problema.

Um problema caracteriza-se como uma situação onde o decisor deseja que alguma coisa seja diferente de como ela é e não esta muito seguro de como obtê-la. Sob tal definição,

um problema pertence a uma pessoa, isto é, ele é uma construção pessoal que o indivíduo faz sobre os eventos associados ao contexto decisório. Segundo Cossette e Auet, (1992, ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Um mapa cognitivo pode ser definido como uma representação cognitiva quádrupla, defasada no tempo. As representações mentais do decisor sobre os eventos do contexto decisório no momento irão gerar suas representações discursivas no momento que irão influenciar seu pensamento.

2.3.1 CONSTRUINDO UM MAPA COGNITIVO

Um mapa cognitivo será definido como uma hierarquia de conceitos, relacionados por ligações de influencia entre meios e fins. Sendo assim, a construção de um mapa deste tipo fará o decisor explicar seus valores relacionados com o problema em questão (através de conceitos superiores na hierarquia).

2.3.2 DEFINIÇÃO DE UM ROTULO PARA O PROBLEMA

O primeiro passo para a construção de um mapa cognitivo é definir junto aos decisores um rotulo (nome) que descreva o problema que o facilitador ira apoiar a resolução. Nesta etapa ele deve evitar interferir no que eles dizem, pois isso poderia direcionar o rotulo de forma inadequada. Sendo assim o facilitador deve definir o rotulo de acordo com a forma com que os decisores consideram ser a mais adequada.

2.4 PONTOS DE VISTA FUNDAMENTAIS

Os pontos de vista fundamentais explicitam os valores que os decisores consideram importantes naquele contexto e, ao mesmo tempo, definem as características das ações que são de interesse dos decisores.

Os pontos de vistas fundamentais são aqueles aspectos, por pelos menos um dos decisores, com fundamentais para avaliar as ações potenciais. Eles explicam os valores que os decisores consideram importantes naquele contexto e, ao mesmo tempo, definem as características (propriedades) das ações que são de interesse dos decisores. (ENSSLIN; LEONARDO, 2001, p. 127).

2.5 DESCRITORES

Segundo Bana e Costa, (1992 apud ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Descritor pode ser definido como um conjunto de níveis de impacto que servem como base para descrever as performances plausíveis das ações em termo de cada PVF.

Cada nível de impacto pode ser encarado como a representação do desempenho (impacto) de uma ação potencial neste objetivo. O conjunto de níveis de impacto, que forma um descritor, deverá ter um significado claro para os autores, estando definido de uma forma o menos ambígua possível (isto é, não sujeita a múltiplas interpretações).

2.6 FUNÇÃO DE VALOR

Função de valor é usada para ordenar a intensidade de preferência entre pares de níveis de impacto ou ações potenciais. Assim, ela deve ser construída para um decisor, ou grupo de decisores, com o objetivo de avaliar as ações segundo um determinado ponto de vista.

A função de valor refere-se a uma função que quantifica a preferência dos decisores quando não há incertezas sobre a performance das ações.

Uma função de valor é uma ferramenta julgada adequada, pelos decisores, para auxiliar a articulação de suas preferências, permitindo avaliar ações potenciais, segundo um determinado ponto de vista. (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001, p190).

2.7 TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO

Segundo Ensslin taxas de Substituição de um modelo multicritério de avaliação expressam, segundo o julgamento dos decisores, a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer em um critério para compensar o ganho de desempenho em outro. Na literatura, taxas de substituição são também chamadas de trade-offs e constantes de escala.

2.8 AÇÕES POTENCIAIS

Tendo sido estruturado o problema e determinado o conjunto de ações potenciais a serem analisadas, o que se deseja agora é proceder a avaliação das ações potenciais segundo o modelo construído. Para realizar esta tarefa é preciso identificar qual o desempenho da ação potencial em cada um dos critérios e sub-critérios do modelo.

Caso os decisores julguem que apenas o perfil de impacto das ações não é suficiente para auxiliar sua decisão, eles podem agora agregar as avaliações locais das ações potenciais em uma única avaliação global.

A análise de custos versus benefícios auxilia na comparação entre alternativas, permitindo que se descarte ações que são dominadas por outras em termos dos critérios. Outra análise custos x benefícios interessante é aquela onde se procura ter uma idéia de quanto dinheiro seria gasto mais quando se aumenta o benefício que uma determinada ação pode proporcionar, esta análise permite que os decisores possam avaliar quais oportunidades de melhoria são mais vantajosas financeiramente.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA

A empresa onde foi realizado o estudo é a Biochamm Caldeiras e Equipamentos Industriais Ltda, e está localizada na cidade de Agrolândia, no Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina, e conta hoje com uma área total de 50 mil metros quadrados, sendo 15 mil de área construída, gerando mais de 300 empregos diretos, o que promove o progresso, desenvolvimento e a qualidade de vida na região.

A Biochamm Caldeiras e Equipamentos Industriais é uma empresa que foi fundada em 1998, focada na busca de inovações através de investimentos constantes em pesquisa e desenvolvimento, na qualidade do atendimento e nas necessidades de seus clientes.

Mas muito antes de se tornar fábrica de caldeiras a empresa era uma feclaria, fundada por imigrantes alemães que resolveram montar uma empresa dedicada ao extrativismo, iniciando suas atividades 1945, e como o seu desenvolvimento era constante, a empresa resolveu inovar e abrangir novos mercados, o ramo metal mecânico, criando a empresa Máquinas Walter Siegel, em 1966, e com novas inovações em 1980, resolveu-se criar uma destilaria, onde a mesma extraia o álcool da mandioca, mas como o custo de produção era muito elevado, a empresa acabou não dando certo, restando apenas a fábrica de máquinas, e como esse ramo tinha um mercado promissor a empresa foi se desenvolvendo gradativamente, e além dos equipamentos, ela resolveu entrar na área de geração de vapor, e em 1998 começou a produzir suas primeiras caldeiras, criando assim a atual Biochamm Caldeiras e Equipamentos Industriais Ltda.

4. TRABALHO PRÁTICO

O processo de expansão é uma operação de trabalho a frio efetuada na parede do tubo, com a finalidade de se obter um contato pleno da superfície externa do tubo com a superfície do furo onde o tubo é expandido.



Neste processo, o material do tubo sofre uma deformação plástica (escoamento do material), de forma que o material da parede do tubo é deslocado axialmente nos dois sentidos, permitindo contato pleno com a superfície do furo, o qual se comporta elasticamente. Conseqüentemente há uma redução da espessura da parede do tubo, obtendo-se, assim, uma junta capaz de satisfazer as características seguintes:

Resistência Estrutural: Para evitar a movimentação dos tubos.

Vedação: Evita a fuga de fluídos (água e vapor).

Um dos principais problemas decorrentes do processo de expansão é o vazamento na junta expandida durante a realização do Teste Hidrostático na caldeira, ou no decorrer da operação da mesma. Caso o vazamento ocorra, deve-se realizar o processo de re-expansão dos respectivos tubos.

É errôneo pensar que uma expansão muito severa resulta em juntas melhores. A pressão de contato e a resistência estrutural da junta aumentam somente até certo grau de deformação plástica do tubo. Após esse estágio da expansão, há uma redução e, até mesmo eliminação da elasticidade do furo, assim resultando em queda da qualidade da junta.

A medida usualmente utilizada para avaliação da qualidade de uma junta expandida é a taxa de redução da espessura da parede. Na prática, é feita uma avaliação indireta da qualidade, pela medição do diâmetro interno final do tubo expandido.

O estado de acabamento do furo é determinante na obtenção da qualidade da junta. Acabamento rugoso pode melhorar a resistência estrutural da junta, mas não melhora as características de estanqueidade. O mesmo princípio se aplica no caso de existência de ranhuras na superfície do furo para se obter melhor ancoramento do tubo, mas não garante por si só melhor estanqueidade.

A expansão ótima é resultado de uma taxa de redução da espessura do tubo conforme os seguintes valores, dependendo da ductilidade de seu material.

5% para tubos de condensadores ou outros trocadores de calor (Latão);

6% a 10% para tubos geradores de vapor (Aço).

Essas faixas de redução são conhecidas universalmente entre os diversos fabricantes de trocadores de calor e caldeiras.

4.1 FATORES INFLUENTES NOS RESULTADOS DA EXPANSÃO

4.1.1 Aspectos Dimensionais

- Acabamento da furação no espelho;
- Campo de tolerância da furação;
- Folga entre o tubo e o furo;
- Campo de tolerância de fabricação dos tubos (Diâmetro e Espessura);
- Dureza do material do tubo e do espelho.

4.1.2 Aspectos de Limpeza

A furação do espelho e as extremidades dos tubos devem apresentar boas condições de acabamento e devem estar livres de:

- Marcas de ferramentas nas paredes da furação as quais devem ser eliminadas por meios mecânicos, desde que o diâmetro máximo permissível do furo não seja ultrapassado;
- Rebarbas nas paredes da furação e bordas de tubos, as quais riscam suas superfícies na fase de montagem dos tubos;
- Pó abrasivo (Limalhas de esmerilhamento);
- Óleos, graxas e carepas.

4.1.3 Rolos Expansores

- Limpar os rolos com solvente;
- Resfriar a máquina após uso prolongado;
- Os roletes devem estar livres de careamentos (buracos).

4.1.4 Cálculo para Realizar o Processo de Expansão

Nomenclatura:

D_f = Diâmetro do furo

D_e = Diâmetro externo do tubo

D_i = Diâmetro interno do tubo

D_x = Diâmetro interno do tubo expandido
 S = Espessura da parede do tubo
 F = Folga diametral $F = D_f - D_e$
 t = Taxa de redução da espessura da parede do tubo

Diâmetro do furo:

Para realizar a furação no espelho, deve-se seguir uma série de procedimentos técnicos repassados pelo setor de engenharia, onde se determina realizar o furo com um diâmetro de 1mm a mais que o diâmetro do tubo.

Ex: Para um tubo de Ø3" (Ø76.2mm), realizar um furo com Ø77.2mm.

No momento que é realizado a furação o operador possui um calibrador passa não passa, onde:

- **Passa (P):** $D_f (min) = - 0.04mm$
- **Não Passa (NP):** $D_f (max) = + 0.06mm;$

Antes da expansão temos:

$$D_i = D_e - 2 \cdot S$$

Expansão inicial, até o tubo encostar-se ao furo:

$$D_e = D_f$$

Expansão final, com redução da espessura do tubo:

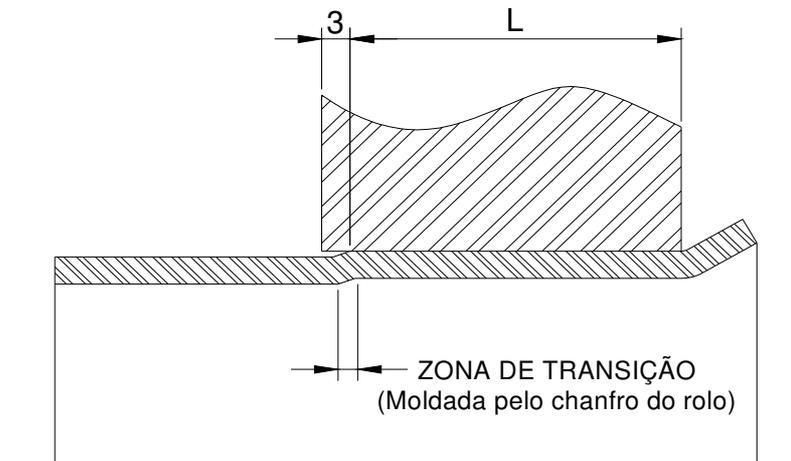
$$Nova\ Espessura = S - Redução = S - t \cdot S = S \cdot (1 - t)$$

Tubo expandido:

$$D_x = D_f - 2 \cdot (Nova\ Espessura) \text{ ou } D_x = D_f - 2 \cdot S \cdot (1 - t) \text{ ou } D_x = F + D_i + (2 \cdot S \cdot t)$$

4.1.5 Comprimento da Expansão

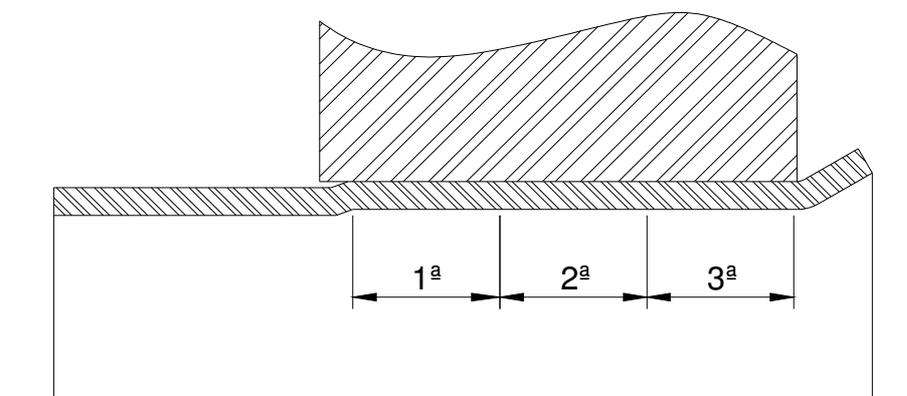
Evitar que o tubo seja expandido além da face interna do *espelho*, sob o risco de danificar o tubo. Deixar o comprimento da região expandida cerca de 3mm antes da face interna do *espelho*, conforme figura abaixo:



L = Comprimento efetivo da expansão.

4.1.6 Expansão em Espelhos de Grande Espessura

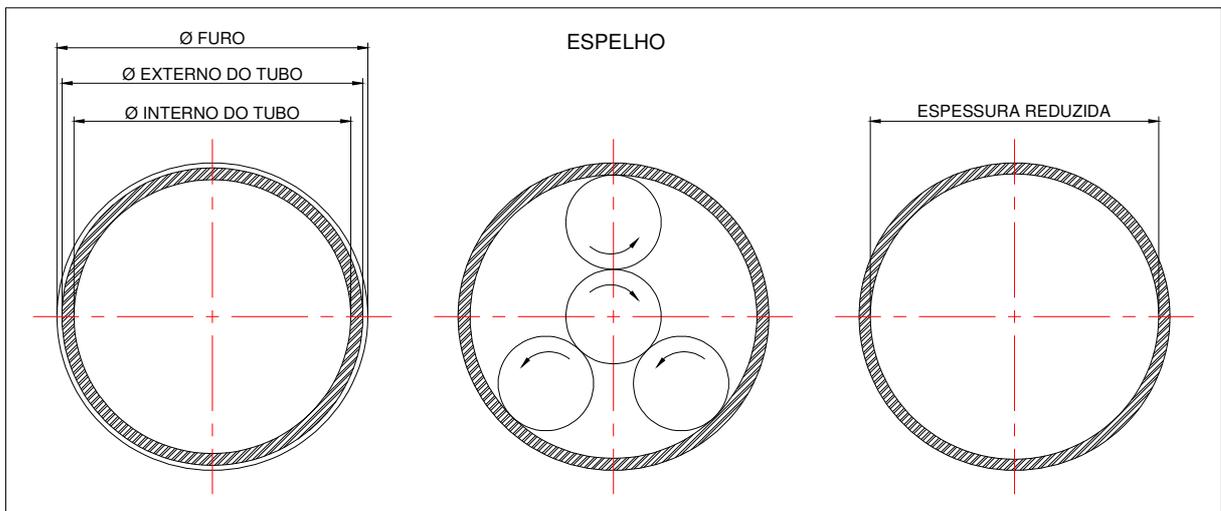
Em espelhos de espessura igual ou superior a 50mm, a expansão é feita em vários estágios. As expansões sucessivas devem ser feitas a partir da face interna do *espelho* no sentido da face externa, a fim de que o escoamento do material do tubo ocorra preferencialmente para fora. Superpor as expansões de 3mm entre si, conforme figura abaixo:



4.2 PROCEDIMENTOS PARA EXPANSÃO

4.2.1 Etapas

- **Montagem do Tubo:** Observa-se a folga entre tubo e espelho;
- **Expansão Inicial:** O tubo encosta-se na parede do furo, então, o diâmetro externo do tubo se iguala ao diâmetro do furo;
- **Expansão Final:** Procede-se a uma expansão complementar, para se obter a redução esperada na espessura do tubo.



4.3 MÁQUINA EXPANSORA

A máquina utilizada no processo de expansão consiste basicamente de um conjunto de 3, 4 ou 5 rolos cônicos (expansores) alojados em uma gaiola, com espaçamentos iguais entre si e apoiados sobre uma haste de conicidade inversa. Desta forma, a variação do diâmetro expandido dá-se pela maior ou menor penetração da haste.

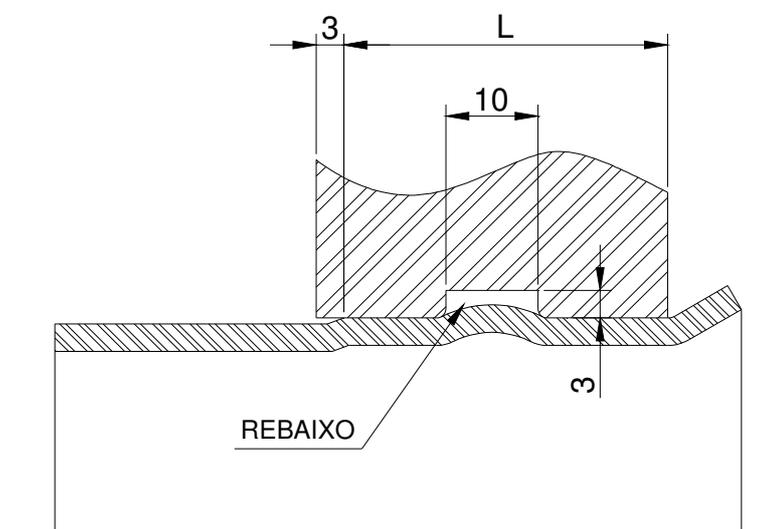
A máquina dispõe de um dispositivo que limita o torque aplicado no processo de expansão. Desta forma, o controle de torque na expansão está diretamente relacionado à quantificação da redução da espessura da parede do tubo. A regulagem do torque assegura, portanto, a uniformidade dos resultados em todos os tubos expandidos.

4.4 SOLUÇÕES

Uma possível solução para o processo de expansão de tubos seria um comprometimento maior de todos os funcionários envolvidos no processo, realizando um controle mais rigoroso em todo o momento da realização do processo, desde a preparação do material, furação dos espelhos e principalmente na realização da expansão, assegurando total atendimento das condições de trabalho dos operadores envolvidos, com ênfase nos requisitos de segurança e qualidade.

Assegurar também a manutenção das ferramentas para que as mesmas possam realizar suas devidas operações com uma boa qualidade, garantindo a obtenção de juntas expandidas de ótima qualidade livres de vazamento de fluídos e mantendo uma boa resistência estrutural.

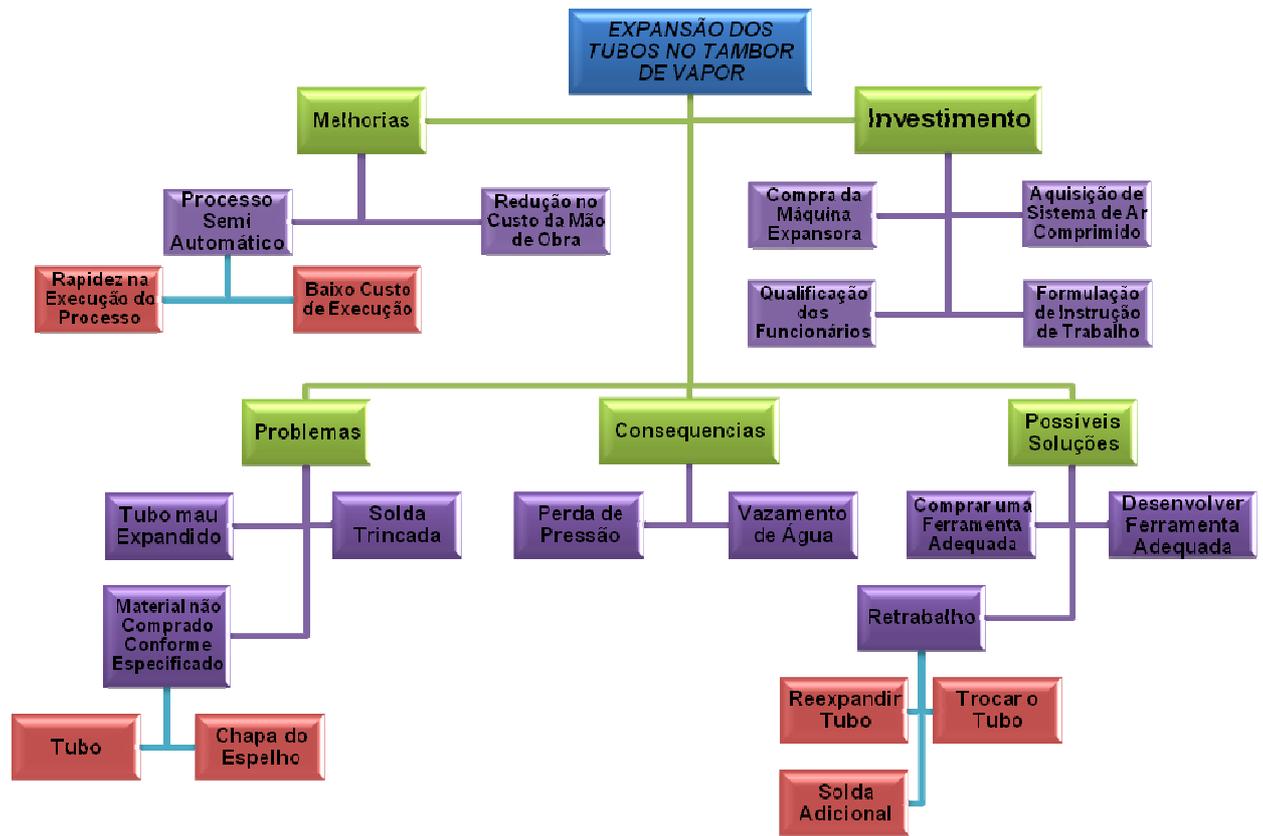
Outra possível solução seria desenvolver uma ferramenta para usinar um pequeno canal ou rebaixo no furo do espelho logo após o processo de furação, pois essa furação é realizada em uma máquina chamada furadeira radial, na qual possibilita que seja utilizado vários tipos de ferramentas para determinados processos, além de possuir o deslocamento da ferramenta tanto no eixo vertical quanto no horizontal, contribuindo na realização do canal ou rebaixo que deve possuir uma dimensão de 3mm de profundidade e 10mm de largura, sendo localizado exatamente no centro da espessura da chapa do espelho, porém a medida da largura pode sofrer alteração de acordo com a espessura desta chapa, como mostra a figura abaixo.



Porém a realização desse canal no furo do espelho implicará em um aumento de 30% no tempo de usinagem, mas comprovando a eficiência dessa melhoria, onde esse canal possibilitará que o tubo no momento da expansão se fixe melhor ao espelho, proporcionando uma junta mais eficiente, não será mais necessário a realização de retrabalhos posteriores,

reduzindo em 10% o valor final do tambor de vapor, que é um sub-produto de uma caldeira, além de eliminar possíveis consertos após o equipamento estar em operação. Sendo que a redução desses 10% no valor final implica em um retorno financeiro maior do que o acréscimo de 30% no tempo de usinagem, por se tratar de peças com valores elevados.

5. MAPA COGNITIVO



6. CONCLUSÃO

Com a ajuda do MCDA, podemos analisar melhor cada problema que surge em nosso caminho, buscando sempre as melhores alternativas para uma solução eficaz, obtendo-se as vezes várias soluções para o problema encontrado, como é o caso do processo que trata esse artigo, onde foram obtidas duas soluções, sendo uma empenhada apenas na capacitação dos funcionários, para resultar em um trabalho com mais qualidade, e outra em uma melhoria no processo, resultando em um aumento no custo de um determinado processo, mas diminuindo o valor final do produto, pois estará livre de eventuais retrabalhos desnecessários melhorando gradativamente a qualidade do produto final, proporcionando a satisfação dos clientes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAMT. Relação ao Controle de Trabalhadores Expostos a Níveis Elevados de Pressão Sonora, 2001.

ARAUJO Moraes de Giovanni. Normas Regulamentadoras – Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho. Editora Verde e Livraria Virtual. 2005.

BANA E COSTA, C.A. **Struturation, constrution et exploitation d'un modele multicritère d'aide à la décision**. Tese de Doutorado, Universidade Técnica de Lisboa, 1992.

COSSET, P., AUDET, M. Mapping of an indiosyncratic schema. **Journal of Management Studies**, V. 29, n. 3, pp 325-348, 1992.

ENSSLIN Leonardo, MONTIBELLER Neto Gilberto, NORONHA MacDonald Sandro. Apoio à Decisão. Editora Insular. 2001.

GOMES, L. F. M. A.; GOMES, C. F. S. & ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. Rio de Janeiro: Atlas, 2002.

RUIZ ASSIS CONRADO DE. O estudo do Ruído. São Paulo. 2001.

VIEIRA, Sebastião (et all). Medicina básica do trabalho. 2a. ed. Curitiba: gênese, 1995.