

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS-MG**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**FELIPE BARCELOS DE OLIVEIRA**

**ANALISE DE VARIAÇÃO DE PRESSÃO NO PROCESSO DE EXTRUSÃO NA  
FABRICAÇÃO DE NÃOTECIDOS**

**Varginha-MG  
2011**

**FEPESMIG**

**FELIPE BARCELOS DE OLIVEIRA**

**ANALISE DE VARIAÇÃO DE PRESSÃO NO PROCESSO DE EXTRUSÃO NA  
FABRICAÇÃO DE NÃOTECIDOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas –UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob orientação do prof. Alexandre Lopes.

**Varginha-MG  
2011**

**FEPESMIG**

**FELIPE BARCELOS DE OLIVEIRA**

**ANALISE DE VARIAÇÃO DE PRESSÃO NO PROCESSO DE EXTRUSÃO NA  
FABRICAÇÃO DE NÃOTECIDOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro  
Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG,  
como requisito para obtenção do grau de  
bacharel pela Banca Examinadora composta  
pelos membros:

Aprovado em 02/12/2011

---

Prof. Ms. Alexandre Oliveira Lopes

---

Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram  
para sua realização.

**Grupo Educacional UNIS**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus colegas de trabalho, professores e a minha família por terem ajudado na construção deste trabalho.

“A força não provém da capacidade física e  
sim de uma vontade indomável”

Mahatma Gandhi

**Grupo Educacional UNIS**

## RESUMO

O trabalho a respeito da análise de variação de pressão no processo de extrusão na fábrica de não tecidos tem a finalidade de entender os motivos da variação de pressão entre feixes sendo eles idênticos, esta anomalia causa prejuízos no faturamento da empresa uma vez que era necessário parada de todo maquinário para troca de matrizes apenas uma vez a cada bimestre e hoje em dia esta atividade vem acontecendo uma vez a cada mês. Foi utilizado o diagrama de causa e efeito para identificação da anomalia onde problemas como variação de parâmetros da máquina, defeitos em dispositivos de controle e medição, erros no procedimento de limpeza e troca de matrizes e má qualidade na matéria-prima é discutida criteriosamente.

**Palavras-chaves:** Pressão. Extrusão. Não tecidos. Feixes. Matriz.

## **ABSTRACT**

*The work concerning the analysis of pressure variation in the extrusion process in the manufacture of nonwovens aims to understand the reasons for the variation in pressure between beams and they were identical, this anomaly causes losses in sales of the company since it was necessary to stop all machinery for exchanging dies only once every two months and today this activity has been happening once every month. Diagram was used to identify cause and effect of the anomaly where problems such as variation of parameters of the machine, defects in control and measurement devices, errors in procedure and maid dies and poor quality in the raw material is carefully discussed.*

**Key words:** *Pressure. Extrusion. Nonwovens. Beams. Die.*



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 O NÃOTECIDO .....	11
2.1 Aplicações do não tecido .....	12
2.1.1 Descartáveis médico hospitalar .....	12
2.1.2 Descartáveis higiênicos.....	13
2.1.3 Duráveis .....	13
3 POLIPROPILENO (PP) .....	14
4 Máquina formadora de NÃOTECIDO .....	15
5 Tecnologias de não tecido.....	18
6 Processo inicial da formação de não tecidos .....	18
6.1 Sistema de dosagem.....	19
6.2 Extrusão .....	20
7 ANÁLISE DE PRESSÃO ENTRE FEIXES .....	23
8 FATURAMENTO DA EMPRESA ANTES DA ANOMALIA.....	25
8.1 Faturamento nos dias de hoje.....	26
9 ANÁLISE DA ANOMALIA.....	28
9.1 Matéria-prima .....	29
9.2 Dispositivos de medição .....	30
9.2.1 Calibração .....	31
9.3 Diferenciação de parâmetros entre feixes.....	32
9.4 Manutenção e limpeza de matrizes.....	33
9.5 Defeito nas matrizes.....	34
9.6 Incrustações .....	35
9.7 Montagem da matriz .....	36
10 CONCLUSÃO .....	<b>Er</b>
<b>ro! Indicador não definido.</b>	
REFERÊNCIAS.....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho mostrará um estudo de caso de uma indústria de não tecidos<sup>1</sup> que opera basicamente em seu processo inicial com sistemas de extrusão<sup>2</sup> idênticos e mesmo assim existe uma variação de pressão entre os feixes que prejudica a produção mensal de não tecidos. As grandes indústrias de não tecidos utilizam máquinas com as tecnologias spunbond<sup>3</sup> e meltblown<sup>4</sup>, a máquina que será estudada neste trabalho possui três sistemas de extrusão com a tecnologia spunbond idênticos separados por feixes, estes feixes receberam os nomes, feixe “A”, “B” e feixe “E” para facilitar a identificação.

A máquina de não tecidos é projetada para operar longos períodos de produção sem que haja paradas longas no processo, algumas vezes é necessário a intervenção em determinadas partes da máquina para limpeza a fim de manter a qualidade do produto. A parada programada da máquina é determinada pelas pressões das matrizes que se instalam logo após as extrusoras, quando as pressões estão muito altas é necessário parar toda produção inicial e trocar as matrizes, este processo dura cerca de 10 horas.

As matrizes são feitas para suportar até 45 dias de operação dentro de parâmetros normais de produção, mas ultimamente o tempo máximo de operação da matriz do feixe “B” esta sendo de 30 dias, esta variação de pressão do feixe “B” em relação às demais gera a necessidade da troca precoce das três matrizes diminuindo conseqüentemente a produção do mês.

Toda máquina de não tecido são automatizados com dispositivos de coleta e controle de dados para facilitar a operação, os operadores recebem todas as informações de parâmetros essenciais na produção de não tecido como temperatura, pressão, torque e velocidade através de painéis distribuídos nos equipamentos. São estes dispositivos que indicam a variação de pressão do feixe “B” implicando a intervenção do equipamento para troca de matrizes.

Um tratamento de anomalias será feito para descobrir a causa da saturação precoce da matriz do feixe “B” para a equipe de manutenção poder trabalhar na resolução do problema devolvendo a condição normal do equipamento que é a produção de 45 dias. Análises nos

---

<sup>1</sup> Filme originado do processo de extrusão do polipropileno.

<sup>2</sup> Processo de homogeneização e plastificação com auxílio de rosca única (monorosca).

<sup>3</sup> Tecnologia que gera filamentos aglomerados contínuos depois de passar por uma matriz.

<sup>4</sup> Tecnologia a ar quente que é soprado na resina de polipropileno a uma alta velocidade.

dispositivos de medição e controle, matérias-primas, procedimento de limpeza de matrizes e até diferença de parâmetros de produção entre feixes podem ser as causas desta variação de pressão.

## 2 O NÃOTECIDO

De acordo com a Companhia Providencia: “Os nãotecidos são elaborados a partir de fios ou filamentos ligados mecânica, química ou termicamente com a matéria-prima polipropileno.”(<http://www.providencia.com.br/>). O processo inicial é feito pela extrusão desta matéria-prima que ao atingir a sua fusão é pressionado através de uma bomba de engrenagens para uma matriz de fieira que tem vários orifícios que dão formato a filamentos. Estes filamentos são resfriados através de uma cabine intermediária pressurizada a 16°C solidificando os filamentos até sua chegada em uma esteira de transporte.



Figura 01: Polipropileno (PP). Fonte: O autor.

A esteira de transporte carrega estes milhares de filamentos até uma calandra dando o formato de uma manta de nãotecido, a gramatura do nãotecido é definida por vários parâmetros de operação da máquina como velocidade da extrusora, bomba de engrenagens, quantidade de material e velocidade da esteira.

## 2.1 Aplicações do nãotecido

O nãotecido tem aplicação em diversos mercados como descartáveis médico/hospitalar, descartáveis higiênicos e duráveis. Algumas descobertas estão sendo feitas para outras utilizações do nãotecido. A união de nãotecidos com laminados vem crescendo cada vez mais no mundo e a principal mercado destes produtos são os descartáveis higiênicos.

### 2.1.1 Descartáveis médico hospitalar

O nãotecido é usado na confecção de roupas e artigos descartáveis de proteção médica como: máscaras, gorros, pro-pés, lençóis, aventais e em múltiplas aplicações onde se requer produtos confortáveis, de baixo custo, de alta proteção, esterilizáveis por gás e de fácil manuseio. São oferecidas em diversas cores, gramaturas<sup>5</sup> e com diferentes tratamentos.



Figura 02: Produto médico-hospitalar.

Fonte: <http://www.providencia.com.br/>

---

<sup>5</sup> Relação de massa de polipropileno por área.

### 2.1.2 Descartáveis higiênicos

Utilizado na fabricação de produtos higiênicos e de uso pessoal como, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, lenços umedecidos e produtos de incontinência.

Principais itens:

- Hidrofóbico: não permite a passagem de líquidos. É indicado para barreiras anti-vazamento em fraldas e absorventes higiênicos.
- Hidrofilico: permite passagem de líquidos. Garante a maciez e rápida permeabilidade a líquidos, proporciona maior segurança e conforto aos usuários de fraldas e absorventes.



Figura 03: Fraldas descartáveis.

Fonte: <http://www.providencia.com.br/>

### 2.1.3 Duráveis

Possui grande versatilidade e permite as mais diversas aplicações, também é oferecido em diversa cores, larguras e gramaturas.

Algumas áreas que podem ser encontradas o não tecido:

- colchões, acolchoados e travesseiros;
- cama e mesa;

- sofás e móveis: usados em forros e estofados;
- embalagens diversas
- calçados, malas e bolsas;
- indústria automobilística: revestimento interno de veículos;
- decoração;
- construção civil;
- roupas e acessórios esportivos;
- Coberturas agrícolas.



Figura 04: colchões, acolchoados e travesseiros.

Fonte: <http://www.providencia.com.br/>

### 3 POLIPROPILENO (PP)

Segundo Martins (2000): “o polipropileno é um dos termoplásticos mais consumidos de mundo, e não é devida somente a sua baixa densidade, facilidade de transformação, alta barreira ao vapor d’água, alta rigidez e elevada transparência, mas também pela sua extraordinária versatilidade” (p.1).

A sua leveza densidade  $0,905 \text{ g/cm}^3$  o torna fácil em formar fios que justificam sua utilização em mono e multifilamentos como tapetes, carpetes, tecidos e não tecidos como em absorventes higiênicos e descartáveis.

#### 4 MÁQUINA FORMADORA DE NÃO TECIDO

Assim como a maioria das indústrias de papéis a máquina de não tecido é distribuída linearmente e esta máquina em questão tem aproximadamente 80 metros de comprimento e em particular 4 metros de largura onde todo o processo segue uma determinada sincronia otimizando a produção. Todo o equipamento está interligado através de um CLP<sup>6</sup> o qual monitora todas as operações parametrizadas e dependendo da falha que ocorrer a maquina pode ou não parar por completo.

A máquina é dividida em dez sistemas, são eles: Dosagem, extrusão, formação, sistema de transporte, calandra, umidificador, secador, bobinadeira, cortadeira e embalagem.

1- Dosagem – o sistema de dosagem é responsável pelo processo inicial na produção de não tecidos, como o próprio nome fala é responsável por dosar a matéria – prima, este sistema é composto por três silos de dosagem os quais são cheios com polipropileno (PP), masterbach e polipropileno reciclado.

2 - Extrusão – este sistema é composto por uma extrusora responsável por fundir a matéria-prima e também mistura-la formando uma massa. O sistema é composto por 7 zonas de aquecimento e 7 zonas de resfriamento de ar automático resistências a fim de aquecer o material até atingir a fusão.



Figura 05: Extrusora. Fonte: O autor.

<sup>6</sup>Controlador lógico programável.

3 - Formação – depois que o material é fundido ele segue para um processo de formação que tem como principal componente uma matriz, existem dois tipos de matrizes, são elas: matriz de Spunbond e matriz de Meltblown e a utilização destas matrizes depende do produto que se deseja produzir. As matrizes possuem vários orifícios com diâmetro de 0,6mm onde a massa derretida passa formando longos filamentos de fibras, os filamentos são adquiridos devido a uma pressão constante de ar de uma cabine intermediária localizada logo após a matriz.

4 - Sistema de transporte – o sistema é composto por uma esteira com 53,0 metros de comprimento por 3,2 metros de largura, acionada por um motor de 300cv. Os filamentos caem sobre a esteira onde são transportados para o seguinte sistema.

5 - Calandra - é composto basicamente por três rolos sendo dois gravados e um liso, os filamentos que unidos formam uma manta sobre a esteira são calandrados formando a manta de não tecido.

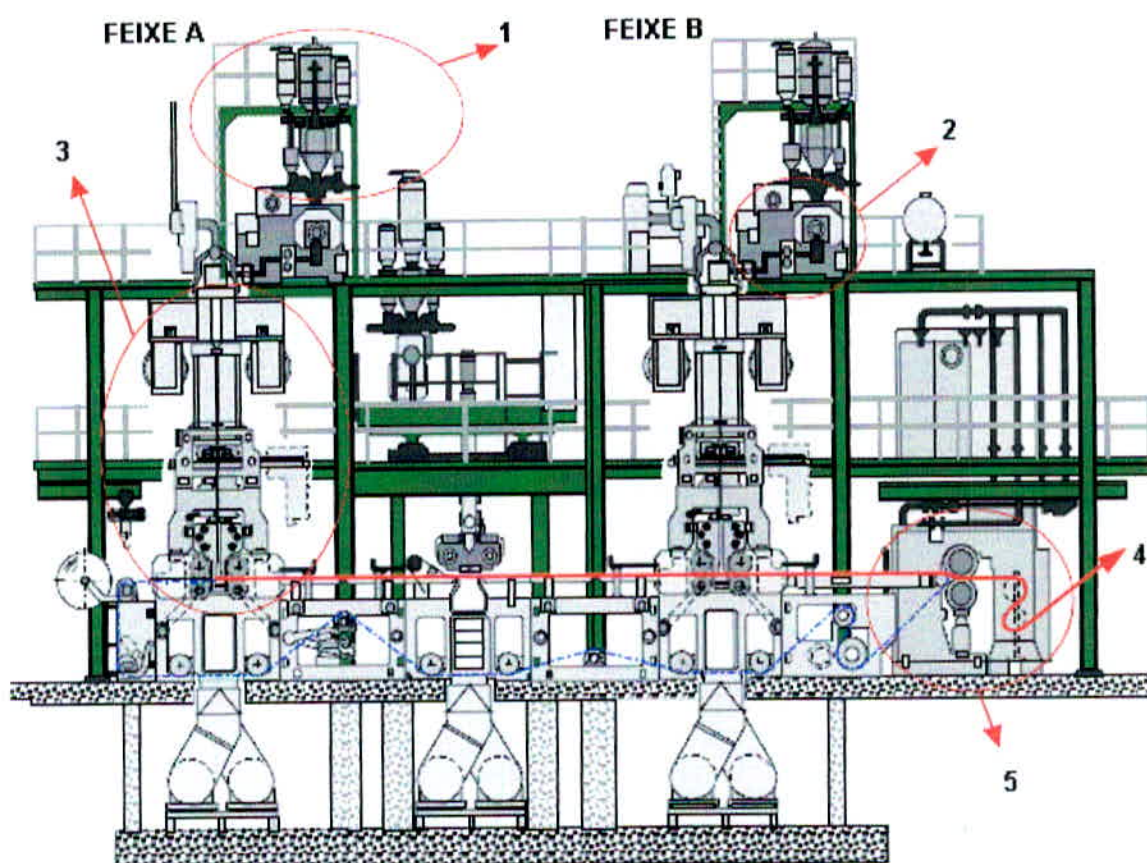


Figura 05: Processo inicial. Fonte: O autor.



6 - Umidificador – este sistema opera somente com a tecnologia Spunbond, como o próprio nome diz umidifica a manta a fim de tratá-la com produtos surfactantes.

7 - Secador – depois de umidificado a manta precisa passar por um processo de secagem, um tambor cheio de furos injeta ar quente na manta para secar.

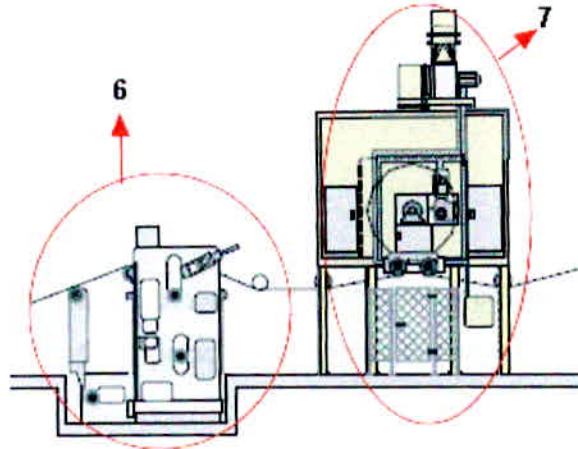


Figura 06: Secador e Umidificador. Fonte: O autor.

8 - Bobinadeira – após a secagem a manta é bobinada em um eixo adquirindo aproximadamente 120.000 metros em um diâmetro de quatro metros pesando aproximadamente seis toneladas. Esta grande bobina é chamada de Jumbo<sup>7</sup>.

9 - Cortadeira – neste sistema a Jumbo é cortada em larguras que varia de 100 mm até 350mm, o corte é feito de acordo com a especificação de cada cliente e em cada tirada ou corte as bobinas são chamadas de dofs<sup>8</sup>.

10 - Embalagem – neste processo as bobinas estão bem menores e são embaladas através de robôs totalmente automatizados, depois de embalados as bobinas são colocadas em paletes e embaladas novamente, empilhadeiras transportam os paletes<sup>9</sup> até o centro de distribuição onde são encaminhados para os clientes.

<sup>7</sup> Bobina de nãotecido antes do corte final para envio para cliente.

<sup>8</sup> Bobina menor já cortada em medidas de largura e diâmetro acordados com clientes.

<sup>9</sup> Suportes de madeira designados para apoiar as bobinas.

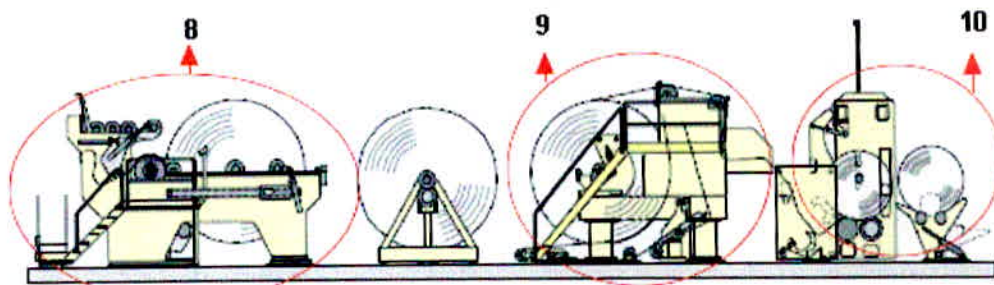


Figura 07: Bobinadeira, Cortadeira e Embalagem. Fonte: O autor.

## 5 TECNOLOGIAS DE NÃO TECIDO

Basicamente existem dois tipos de tecnologia na produção de não tecido, são elas: Spunbond “S” e Meltblown “M”. A principal diferença destas tecnologias é a matéria-prima, na primeira utiliza-se o polipropileno com um índice de fluidez<sup>10</sup> mais baixo enquanto no segundo este índice é mais alto.

Para Martins, 2007: O processo Spunbond tem os filamentos contínuos aglomerados na manta de não tecido de forma contínua. O polímero entra na extrusora e é forçado através da fiação. Então, os filamentos são estirados, sendo posteriormente introduzidos em um guia que os distribui por movimento aleatório ao longo da esteira transportadora. (p.84)

“O meltblown é um processo realizado em uma única etapa, desde a introdução do polímero até a obtenção do não tecido, em que o ar quente em alta velocidade sopra uma resina de uma extrusora através de uma fiação.” (MARTINS, 2007, P.85).

## 6 PROCESSO INICIAL DA FORMAÇÃO DE NÃO TECIDOS

O processo inicial na formação de não tecido é composto basicamente por três sistemas, são eles:

- Dosagem;
- Extrusão;
- Calandra;

O sistema Calandra não está diretamente relacionado ao problema de saturação precoce da matriz uma vez que este sistema está localizado após a matriz de feira do feixe B.

## 6.1 Sistema de dosagem

O sistema de dosagem é o primeiro da produção de não tecidos, ele é responsável pela alimentação e dosagem de polipropileno nas extrusoras. Os principais componentes deste sistema são a bomba de vácuo que tem a função de alimentar os silos internos com matéria-prima e os sensores de níveis responsáveis por manter os silos sempre cheios mandando sinal para bomba de vácuo.

O método volumétrico é provavelmente o mais comum de mistura usado na indústria de hoje. O sistema de vácuo está conectado a um ou mais funil de aditivos (cada um com seu próprio receptor-separador), câmara de mistura e um dosador (na forma de um parafuso sem fim) para alimentar a câmara de mistura. As unidades de mistura são peças separadas do equipamento e podem ser montadas diretamente no topo da extrusora ou sobre seu próprio suporte.

O problema de saturação da matriz do feixe B pode ocorrer se todas as tubulações e silos não estiverem devidamente limpos, sujeiras contaminam todo o processo e se caso conseguirem passar dos filtros podem obstruir a passagem do material pela matriz ocasionando aumento de pressão da matriz sendo necessária a troca da mesma.

Outro fator que poderia estar causando a saturação precoce da matriz poderia ser a má qualidade da matéria-prima, mas se fosse este realmente o problema as outras matrizes também saturariam precocemente e isto não vem acontecendo. Antes de lançar o polipropileno no processo ele passa por uma análise de laboratório que indicará se o produto está dentro das especificações exigidas na produção de não tecido, o índice de fluidez é uma análise exigida pela qualidade.

Para a matéria-prima entrar em processo é necessário que ela esteja dentro dos parâmetros aceitos pela qualidade, o teste mais importante que é feito pela qualidade é a

---

<sup>10</sup> Medida de fluidez para polímeros para controle da qualidade da matéria-prima, unidade de medida é a massa que flui pelo capilar durante 10 minutos (g/10min).

análise do índice de fluidez que utiliza o equipamento plastômetro. Os resultados devem estar entre as seguintes especificações:

- PP spunbonded = de 35 a 41 g/10min
- PP meltblown = de 900 a 1400 g/10min
- PP reciclado = 34 a 56 g/10min

Se os resultados após a análise não forem como acima o material é reprovado pela qualidade, estas análises são feitas em todos os lotes de polipropileno que são fornecidos pela empresa Brasken.

## 6.2 Extrusão

Para Martins, 2007: A extrusora é o coração de muitos processos diferentes que convertem os polímeros em produtos acabados. No caso da extrusão de filmes não é diferente e é importante que a extrusora forneça um fluxo consistente e homogêneo de polímero fundido a matriz de formação. (P.14)

Segundo Martins, 2007: A extrusora é uma bomba de parafuso que usa uma rosca (ou parafuso sem fim) para transportar o polímero da zona de alimentação (garganta da extrusora) até extremidade de descarga da extrusora. A fusão do polímero ocorre por meio do fornecimento de energia a este na forma de cisalhamento e calor. (P.85)

Uma extrusora para qualquer operação de extrusão de plástico pode ser subdividido em seis componentes principais:

- 1- Acionamento
- 2 - Redutor de velocidade
- 3 - Estrutura da base
- 4 - Zona de alimentação
- 5 - Rosca ou parafuso único
- 6 - Cilindro

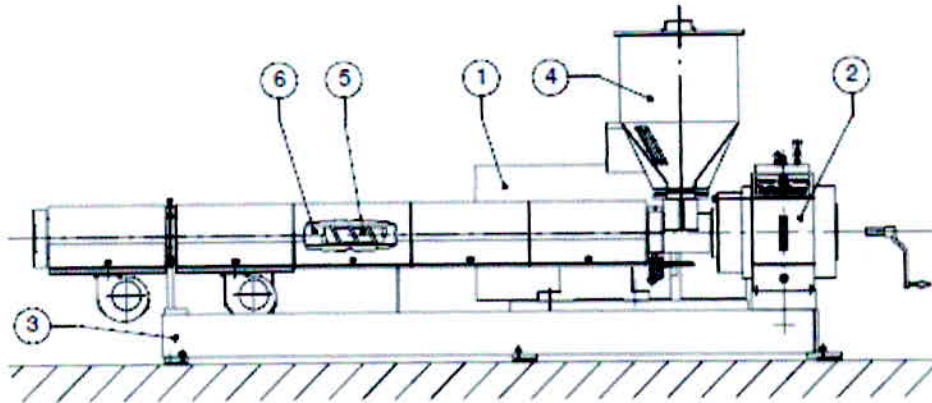


Figura 08: Extrusora com suas partes principais. Fonte: O autor.

A saturação das matrizes pode estar diretamente relacionada com as extrusoras, pois se as extrusoras não conseguem fundir o material da maneira que devem ser fundidos e misturados o material pode não conseguir passar pelos orifícios das matrizes aumentando ainda mais a pressão interna. Esta alta pressão traz má qualidade dos filamentos gerando má formação do filme de não tecido.

As matrizes utilizadas no processamento de polímeros (extrusão de perfis, sopro de recipientes, entre outros) são canais estrategicamente construídos em blocos ou chapas metálicas de aço ou outras ligas, por onde flui a massa fundida de sistemas poliméricos devidamente plastificados e homogeneizados. As matrizes são colocadas normalmente na extremidade da extrusora, ajudando a gerar um gradiente de pressão ao longo da rosca e também dando forma a massa que sai desta. Como a extrusão é um processo contínuo, o formato do produto final gerado pela matriz possui variações geométricas no sentido transversal do fluxo (direções x, y), caracterizando-se como um processo bidimensional. As peças moldadas por matrizes podem ter as mais variadas geometrias possíveis, indo desde tubos, chapas, filmes, filamentos, perfis, até recobrimento de fios, tecidos, entre tantas outras. (Manrich, 2005, p.177).

A matriz pode ser a mais importante ferramenta no processo de formação dos não tecidos, com 17.423 orifícios de 0,6mm, é constituída de duas peças que é o spinneret onde se localiza os furos e a outra é o brakerplate onde quebra a massa em milhares de pedaços e guia a massa através dos capilares.

Existem três tipos principais de matrizes para extrusão, no processo de não tecidos são utilizadas as matrizes planas que segundo Manrich (2005, p.183) possuem superfícies largas que entram em contato com o polímero fundido. Pelo fato dos polímeros possuírem elevada viscosidade, é necessária alta pressão para empurrar o material através da matriz estreita.

Existem dois tipos de matrizes planas que são:

- Em forma de T.

- Em forma de cabide.

Para fabricação de não tecidos utiliza-se o tipo cabide, que tem o distribuidor com formato de gota, normalmente com diminuição gradativa do centro para as bordas. O fluxo da massa ocorre através de um canal no formato de cabide.

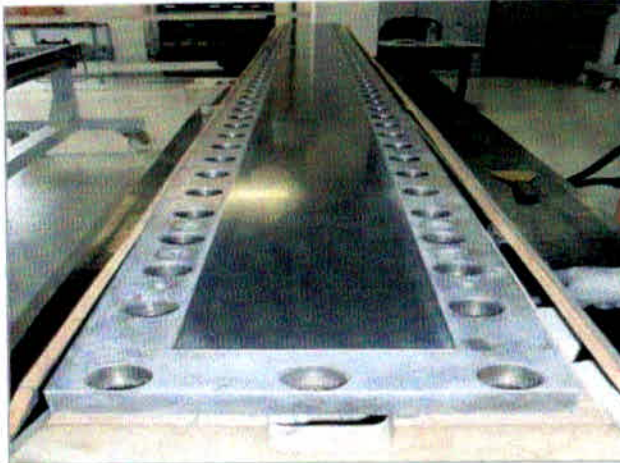


Figura 09: Matriz utilizada na produção de não tecido. Fonte: O autor.

Equipamentos de medição como transdutores estão localizados na máquina a fim de indicar a pressão de trabalho das matrizes, se as matrizes chegam próximo do limite de pressão de trabalho ocorre à parada da máquina e para reiniciar o processo será preciso trocar as matrizes.

As matrizes são cobertas por filtros telas os quais tem a função de filtrar impurezas de diversos tamanhos. Essas impurezas podem ser corpos estranhos como areia, aglomerados de aditivos, géis, entre outros que acabam passando pela extrusora. As telas que podem ser colocadas de 2 a 8, podendo cada uma delas possuir diferentes valores de malha são normalmente de aço ou ligas de cobre, resistente às pressões do fluxo.

A extrusora nunca foi limpa internamente e pode ser que haja incrustações devido a imperfeições nos filtros ou até falhas de operadores na troca destes filtros.

## 7 ANÁLISE DE PRESSÃO ENTRE FEIXES

Para facilitar a visualização do problema de variação de pressão entre os feixes durante o mês, foi feito o gráfico abaixo:

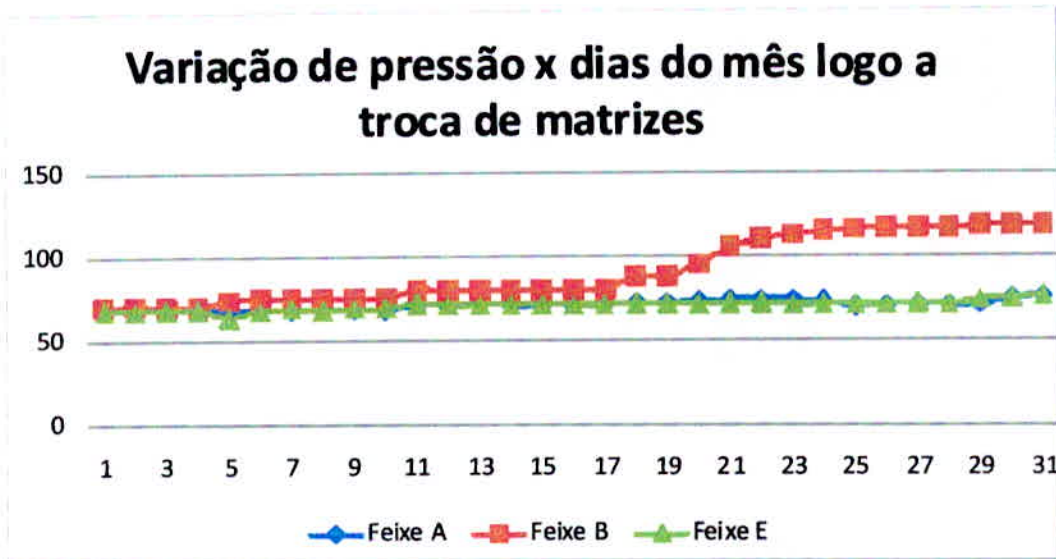


Figura 10: Gráfico que mostra variação de pressão entre feixes. Fonte: O autor.

Neste gráfico é possível observar o pico de pressão do feixe B em relação aos demais, no eixo das ordenadas tem a pressão em unidade de medida bar<sup>11</sup> e no eixo das abscissas segue os dias do mês. Estes dados foram coletados no indicador de pressão que se localiza no painel principal da máquina, o sensor de pressão tem sua instalação logo acima da matriz.

<sup>11</sup> Unidade de medida de pressão.

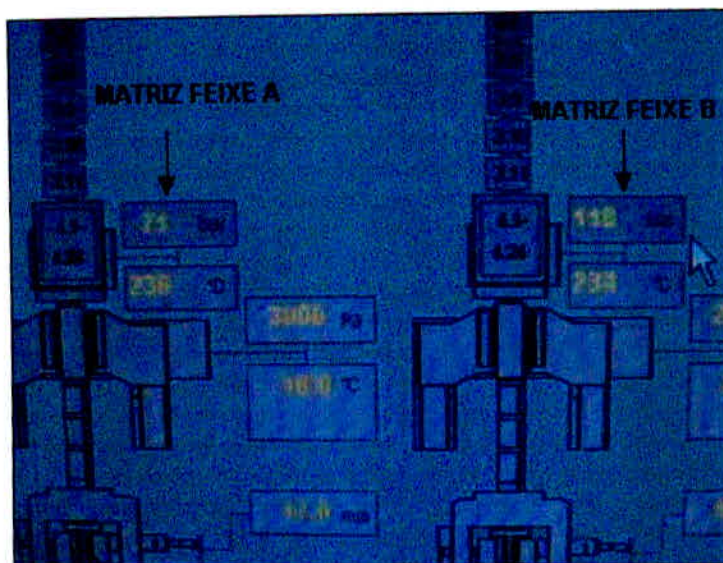


Figura 11: Foto do painel da maquina indicando a pressão. Fonte: O autor.

Na figura acima mostra apenas o feixe A e o feixe B e a diferença entre as pressões é bastante considerável, no início deste mês houve a parada da maquina para troca das três matrizes e apenas 29 dias após a troca a pressão do feixe B apresentava números muito superiores aos outros feixes.

Esta variação de pressão precoce acarretou novamente na parada da maquina para troca de ferramentas impedindo mais uma vez a empresa em atingir a meta de produção do mês. Para atingir o mais próximo da meta mensal a empresa abre mão de executar manutenções preventivas em todo maquinário devido esta necessidade de parada, este conceito dificulta o trabalho da manutenção uma vez que não consegue executar as atividades preventivas programadas.

Quebras inesperadas acontecem quando não consegue executar o plano de manutenção preventiva. Segundo Rodrigues, (2006, p.210) “Manutenção preventiva consiste em executar uma série de atividades, como trocar peças, óleo, limpar, entre outras, segundo uma programação preestabelecida, com o objetivo de manter a capacidade produtiva prevista do equipamento ou instalação”.

Desde modo a manutenção corretiva vem sendo comum na empresa, mas esta manutenção não é produtiva, pois grande parte do maquinário não existe peças sobressalentes, a maioria das peças são conseguidas nas metrópoles o que causaria grande tempo de parada de maquina não programada.

Para Rodrigues, (2006, p.210) “a manutenção corretiva visa corrigir, restaurar ou recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação que tenha diminuído sua capacidade de exercer as funções para as quais foram projetadas.” Para a empresa é viável



trabalhar com a ideia de manutenção preventiva, pois desta forma é possível coordenar uma equipe para atividades mais complexas além de poder conseguir peças de reposição com antecedência para não perder tempo.

## 8 FATURAMENTO DA EMPRESA ANTES DA ANOMALIA

A máquina de nãotecidos tem a característica de operar longos períodos de produção sem que haja paradas para manutenção e correção de processo, a empresa utiliza a metodologia de manutenção preventiva e preditiva para otimizar o processo defendendo todo o maquinário de possíveis quebras não programadas.

Com uma produção média de 1000 Kg/h a empresa conseguia atingir no dia uma produção de 24 toneladas de nãotecidos, se o mês for de 31 dias a meta mensal era de 744 toneladas. A parada programada acontecia a cada 45 dias, ou seja, depois de um mês de produção integral o mês logo em seguida seria necessário uma parada de 10 horas na produção para troca de matrizes.

Considerando uma produção média de 12g/m<sup>2</sup> ao longo do mês, ou seja, 24 horas por dia durante 31 dias, pode-se atingir o seguinte faturamento:

Temos,

$$744 \text{ tons/mês} \times 0,012 = 8.400,000\text{m}^2/\text{mês} ,$$

Então:

$$8.400,000\text{m}^2/\text{mês} \div 744 \text{ horas no mês} = 11,29 \text{ m}^2 \text{ de produção por hora.}$$

O custo do m<sup>2</sup> do nãotecido de 12g/m<sup>2</sup> é 0,43 centavos.

$$\text{Então 1 hora de produção equivale a } 11,29\text{m}^2 \times 0,43 = \text{R\$}4.854,7.$$

Nos meses de 31 dias que a máquina trabalha integralmente sem paradas programadas o faturamento gira em torno de:

$$744 \text{ horas} \times \text{R\$}4.854,70 = \text{R\$}3.611.896,80.$$

Nos meses que a máquina necessita parada para troca de matrizes e esta parada tem a duração de 10 horas, o faturamento é:

$$734 \text{ horas} \times \text{R\$}4.854,70 = \text{R\$}3.563.349,80.$$

Para melhor entendimento da performance anual de produção de nãotecido foi elaborado duas tabelas separadas por semestre na qual mostra os meses do ano em relação ao

faturamento de cada mês, lembrando que a cada dois meses era necessário parar a produção para troca de matrizes.

Tabela 01- Faturamento do primeiro semestre

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
Faturamento em R\$	3.611.896,80	3.213.811,40	3.611.896,80	3.446.837,0	3.611.896,80	3.446.837,0

Fonte: O autor

Somando os valores do primeiro semestre a empresa conseguia atingir um faturamento de R\$20.943.175,80.

Tabela 02- Faturamento do segundo semestre

Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Faturamento em R\$	3.611.896,80	3.563.349,80	3.495.384,0	3.563.349,80	3.495.384,0	3.563.349,80

Fonte: O autor

Somando os valores do segundo semestre a empresa conseguia atingir um faturamento de R\$21.292.714,20.

Logo a empresa faturava anualmente R\$42.235.890,00.

## 8.1 Faturamento nos dias de hoje

A excessiva pressão da matriz pode danificar componentes da matriz, e avariar o polímero quente. Entretanto, a leitura precisa da alta pressão é capaz de desligar o motor da extrusora. Por estas razões cuidados especiais deverá ser tomados quanto à abertura e limpeza da matriz e usar somente metais macios como cobre em contato com as superfícies da matriz.

Devido a precoce elevação da pressão do feixe B é necessário trocar as matrizes, as trocas que eram feitas a cada 45 dias agora são feitas todos os meses diminuindo a produção de nãotecidos. Hoje em dia o faturamento da empresa pode ser estudado da seguinte forma:

Com uma produção média de 1000 Kg/h a empresa consegue atingir no dia uma produção de 24 toneladas de nãotecidos, mas a fim de manter a boa qualidade do produto são reservadas em um dia do mês 10 horas para troca de matrizes sendo assim a meta do mês é agora 734 toneladas de nãotecidos se o mês for de 31 dias, se o mês for 30 dias esta meta abaixa para 710 toneladas.

A parada programada acontece agora uma vez ao mês e esta parada tem duração média de 10 horas, nesta parada são convocados pessoal de manutenção e produção para executar manutenções preventivas, lubrificação em geral e limpeza do maquinário.

Veja agora o faturamento anual da empresa devido a necessidade de parada de maquina mensal.

Tabela 03- Faturamento do primeiro semestre

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
Faturamento em R\$	3.563.349,80	3.213.811,40	3.563.349,80	3.446.837,00	3.563.349,80	3.446.837,00

Fonte: O autor

Somando os valores do primeiro semestre a empresa consegue atingir um faturamento de R\$20.797.534,80.

Tabela 04- Faturamento do segundo semestre

Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Faturamento em R\$	3.563.349,80	3.563.349,80	3.446.837,00	3.563.349,80	3.446.837,00	3.563.349,80

Fonte: O autor

Somando os valores do segundo semestre a empresa conseguia atingir um faturamento de R\$21.147.073,2

Logo a empresa consegue atingir o faturamento anual de R\$41.944.608,00.

Agora é possível afirmar que depois desta diferença de pressão e a necessidade da parada de produção mensal a empresa deixa de ganhar um valor de R\$291.282,00 por ano.

## 9 ANÁLISE DA ANOMALIA

Para a identificação da causa do problema foi utilizada uma ferramenta bastante conhecida nas empresas, o Diagrama de Causa e Efeito também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de peixe, esta ferramenta serve para identificar as causas mais prováveis dos problemas prioritários. Permitirá também uma ampla visualização de uma situação, através da contribuição de todos envolvidos na empresa.

Segundo Rodrigues, 2006: A elaboração de um diagrama de causa e efeito deve ser feita através de um Brainstroming ou de outras técnicas que envolvam equipes de trabalho. Esta ferramenta além de contribuir para a solução do problema motiva o trabalho em equipe e envolve os membros com as causas e os objetivos organizacionais. (p.146).

O problema de variação de pressão do feixe B pode ser provido de varias fontes como má qualidade da matéria-prima, problema em dispositivos de medição, diferenciação de parâmetros de processo em relação aos demais feixes, erro na execução de procedimento de limpeza de matrizes, defeito nas matrizes e até incrustações no canal por onde passa o material.

O gráfico na forma de espinha de peixe que exhibe a relação entre um efeito e suas causas potenciais é utilizado para melhor entendimento

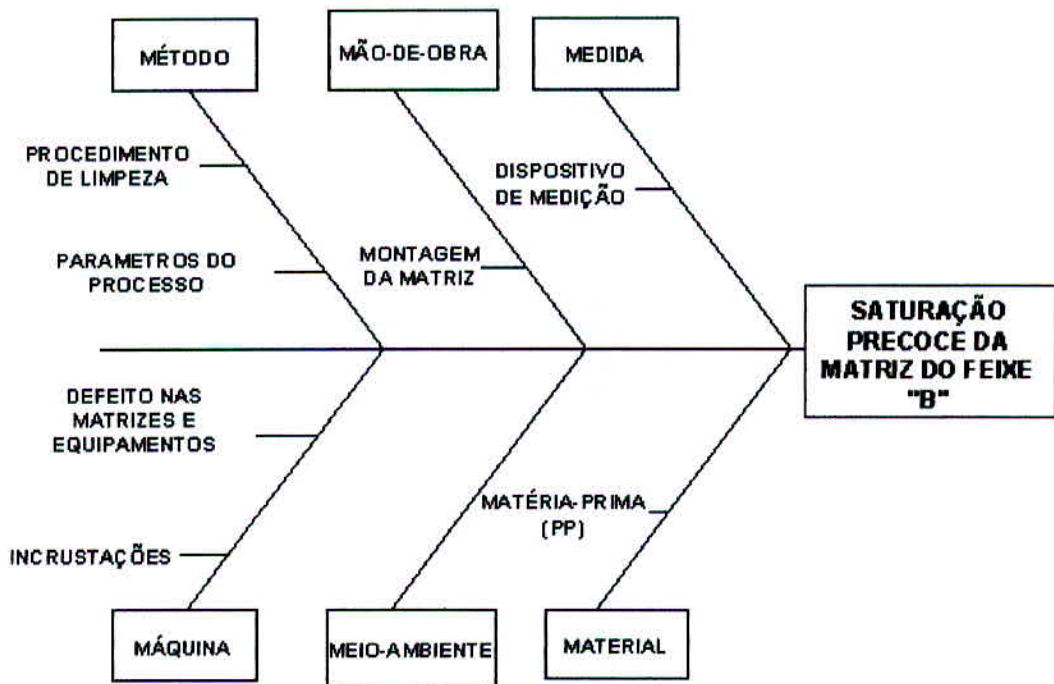


Figura 12: Diagrama de causa e efeito ou Diagrama Espinha de peixe. Fonte: O autor.

## 9.1 Matéria-prima

O caso da matéria-prima pode se concluir que é pouco provável que seja este a causa do problema, o único produto utilizado na fabricação de não tecidos é o polipropileno e a alimentação dos três feixes vem de um sistema de dosagem o qual utiliza uma bomba de vácuo que gera uma pressão negativa dentro de um silo com capacidade de armazenamento de 120 toneladas de polipropileno virgem, este silo abastece os três feixes com polipropileno, logo o lote de polipropileno é o mesmo para os três feixes e o problema de variação de pressão aconteceria em todos os feixes.

Existem três silos dentro do processo de dosagem, são eles:

- silo externo – com capacidade de 120 toneladas recebe o polipropileno de caminhões direto do fornecedor, é feito um teste de índice de fluidez no laboratório para saber se a carga do caminhão esta aprovada para nosso processo.

- silo intermediário – é abastecido pelo silo externo através de bombas de vácuo, possui sensores de nível que controlam o nível de polipropileno no silo, são completamente isolados afins de não permitir que nenhum tipo de corpo estranho entre no silo.

- silo interno – este silo tem pouca capacidade de armazenamento, também possui sensores de níveis que controlam a quantidade de PP no silo, possui filtros de cartuchos para conter pó de polipropileno que surge devido à pressão de alimentação. Estes silos são verificados diariamente através de rotas de inspeção pelos técnicos de manutenção, pois se faltar material por algum motivo neste silo ocorre a parada da maquina.

O fluxo de resina no processo de não tecidos é função do índice de fluidez (IF) da matéria-prima, para a certificação que ela chega dentro dos parâmetros da qualidade da empresa é feito um teste em laboratório com o equipamento Plastômetro, a tabela abaixo mostra os valores ideais de índice de fluidez para resina Spunbond e meltblown.



Figura 13: Plastômetro utilizado para checagem do IF. Fonte: O autor.

## 9.2 Dispositivos de medição

Outro problema pode ser o erro de medição através dos dispositivos de controle que são os sensores de pressão, estes dispositivos necessitam de calibrações periódicas para certificar que estejam indicando a verdadeira pressão no equipamento. Existem três sensores de pressão importantes no processo de extrusão, eles fornecem as informações de pressão para os operadores garantindo o controle do equipamento.

Um sensor em especial é considerado o mais importante, o sensor que indica a pressão antes da matriz, ou seja, fornece a informação de saturação da matriz, com este dado a manutenção sabe quando deve ser efetuada a parada da máquina para troca de matriz. A unidade de medida deste sensor de pressão é bar e sua faixa de utilização é de 0 a 200 bar, para uma boa formação do não tecido e também para a segurança do equipamento é possível que as matrizes suportem pressões de até 120 bar, mas ao chegar 110 bar já surge mensagens de alerta no painel principal. Quando a pressão começa a se aproximar de 120 bar a equipe de manutenção começa a se preparar para a troca de matrizes.

### 9.2.1 Calibração

A calibração<sup>12</sup> destes dispositivos é feito por uma empresa capacitada que tem a permissão de realizar serviços acreditados e emitir certificados com o selo de Acreditação, o procedimento de confirmação metrológica é feito com base em três medições independentes sendo que o resultado apresentado é média aritmética das medições. Para certificação que o problema não é na indicação imperfeita foi feito a calibração dos sensores da seguinte forma.

O transdutor foi retirado com muita cautela para não danificar a rosca e conexões, uma bomba hidráulica com pressão ajustável foi utilizada para injeção de pressão no transdutor, um fato observado foi que logo que a peça foi retirado do seu local de instalação o indicador mostrou 6 bar de pressão no display, o que quer dizer que era necessário o ajuste do sensor.

Logo que ajustado para valor 0 bar de pressão foi acrescentado valores gradativos para visualização no display, os valores indicado no display deveria ser o mesmo setado na bomba hidráulica, abaixo segue tabela com valores encontrados:

Tabela 05: Valores encontrados na calibração.

Indicação do mensurando		Indicação do padrão Bar	
Mpa	Bar	Carregamento	Descarregamento
4,00	40	40,4	40,2
8,00	80	79,8	79,7
12,00	120	119,5	119,8
16,00	160	159,0	159,2
20,00	200	198,9	198,8

Fonte: O autor

É possível observar que não houve muita diferença entre os valores setados e os valores encontrados, logo pode-se concluir que os sensores estão em perfeita condição de uso, uma vez que as diferenças entre indicação do mensurando e do carregamento e do descarregamento não foram significativos para troca dos sensores. O processo permite um erro de até  $\pm 5$  bar de pressão e o máximo encontrado foi de -1,2 bar.

<sup>12</sup>Processo que garante o correto funcionamento de uma peça ou ferramenta.

### 9.3 Diferenciação de parâmetros entre feixes

Basicamente existem três parâmetros que devem ser inseridos no processo inicial pelos operadores, são eles:

- temperatura de todas as zonas da extrusora até a matriz; (As zonas de aquecimento da extrusora operam com 240 °C).

- velocidade da extrusora (RPM)<sup>13</sup> e

- velocidade da bomba dosadora (RPM).

A diferenciação de parâmetros do processo nos feixes é difícil de acontecer, pois as temperaturas desde o início da extrusora até a saída da matriz, velocidade da extrusora e velocidade de bomba dosadora devem ser iguais para todos os feixes. Existem fichas técnicas

para controle de parâmetros, dependendo do tipo de gramatura a ficha técnica mostra os parâmetros que devem ser setados pelos operadores do processo inicial.

A figura abaixo mostra um exemplo de ficha técnica, nela é possível observar somente os dados que se referem ao processo inicial, ou seja, antes da matriz, os dados de temperatura e rotação da extrusora nem aparecem devido ter sido estabelecido um valor único em qualquer feixe para qualquer gramatura.


 PROVIDÊNCIA	<b>FICHA TÉCNICA REIFENHAUSER</b> <b>KAMI 10 - SSS</b>	Rev.: 01 Data: 30/09/11		
<b>Descrição do Produto:</b> <u>12g/m<sup>2</sup> SSS</u>		Ajuste de Parâmetros: <input type="checkbox"/>		
<b>Parâmetros de Processo:</b>		Responsável: _____		
<b>Spunbonded</b>	<b>Cabine A</b>	<b>Cabine B</b>	<b>Cabine E</b>	<b>Range</b>
Rotação da bomba dosadora (rpm)	62	62	62	± 20
Pressão da cabine (Pa)	3300	3300	3200	± 300
Velocidade – ar de sucção (rpm)	2000	2100	2100	± 300
Velocidade – ar de sucção auxiliar (rpm)	1300	1300	1300	± 500
Abertura Placa SAS (mm)	17	17	17	± 2

Figura 14: Ficha técnica utilizada pelos operadores.

<sup>13</sup> Unidade de medida que gera numero rotações por minuto.



#### 9.4 Manutenção e limpeza de matrizes

A manutenção e limpeza das matrizes são feitas sempre que ela sai do processo, o procedimento é feito por uma pessoa especializada em tratamento com transporte, montagem, operação, manutenção e reparação de matrizes. Treinamentos foram necessários para a execução desta atividade, pois é necessária a operação com equipamentos especiais como forno de queima e unidade de limpeza ultrassônica. O procedimento de limpeza de matrizes são feitos em uma sala especial onde é possível movimentar a peça através de talha elétrica.

A limpeza da matriz é realizada nos seguintes estágios:

- Limpeza grossa: Feito mecanicamente com espátulas de bronze.
- Limpeza principal: Feito com o forno de queima.

No forno de queima a matriz é colocada na câmara de queima onde os polímeros adesivos são fundidos e pirólisados a aproximadamente 450°C. Os gases da pirólise produzidos são levados e queimados no forno de pós-queima. Isto significa que a superfície da placa é mantida praticamente isenta de ferrugem após o procedimento de queima.



Figura 15: forno de pirólises. Fonte: O autor.

- Limpeza intermediária: Feito com aparelho de limpeza com vapor quente de alta pressão. Depois da limpeza precisa desobstruir todos os capilares da matriz usando um arame fino de 0,3mm de diâmetro.
- Limpeza fina: Feito com aparelho de ultrassom.

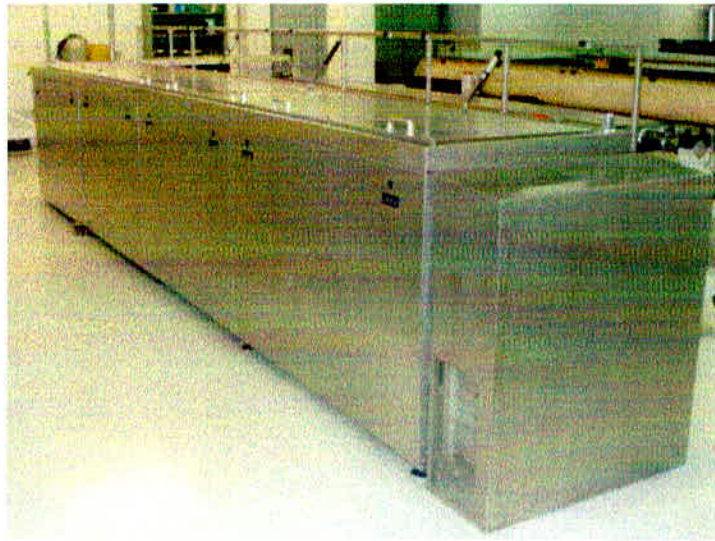


Figura 16: forno de ultrasson. Fonte: O autor.

Na unidade de limpeza ultrassônica há um fluido de limpeza aquecido (água desmineralizada) onde é mergulhada a matriz, a limpeza ultrassônica esta baseada no principio de cavitação, para isto muitas micro bolhas que implodem são geradas mediante um transdutor acústico.

### 9.5 Defeito nas matrizes

Cada feixe possui suas próprias matrizes, ou seja, existem duas matrizes para cada feixe e enquanto uma esta em processo a outra esta passando pelo processo de limpeza, as matrizes do feixe B estão livres de defeitos segundo uma analise criteriosa que é feito sempre que a matriz sai do processo de queima. A matriz não precisa de manutenção especial se for manipulada com cuidado.

O que poderia causar uma elevação de pressão relacionada à matriz seria a obstrução dos orifícios, a matriz possui 17.423 orifícios por onde escoa a massa de polipropileno derretido, toda a superfície da feira deve estar perfeitamente polida. A falta de cuidado no manuseamento da matriz com talha elétrica e ponte rolante pode ocasionar choques na ferramenta causando cantos vivos obstruindo estes orifícios, esta obstrução além de limitar a passagem de massa também prejudicará a formação do nãotecido.

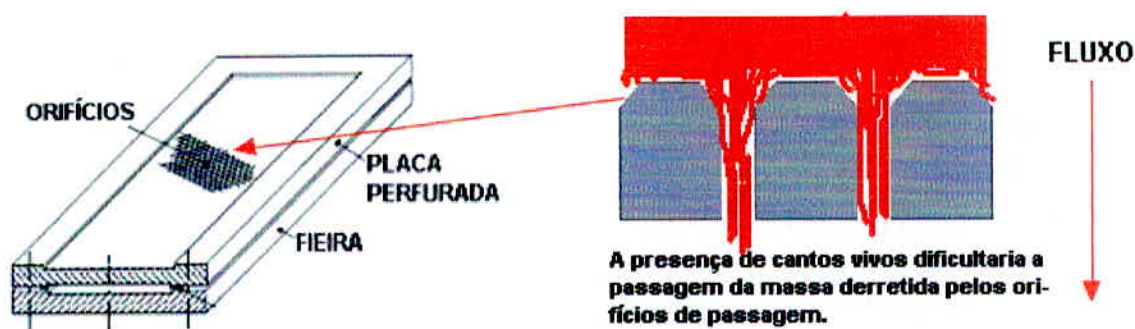


Figura 17: Matriz plana. Fonte: O autor

## 9.6 Incrustações

A possibilidade de haver incrustações em todo percurso que a massa segue deste a extrusora até a chegada nas matrizes é grande, pois o polipropileno ao ser derretido dentro da extrusora pode deixar material degradado na parede do cilindro e até no canal de transporte.

Devido à solicitação térmica dos materiais sintéticos durante a operação de processamento, as partes de baixo peso molecular da matéria-prima podem ser descarregadas como vapores, através da condensação, esses materiais formam depósitos pegajosos que podem prender nas paredes internas por onde há fluxo de material.

A máquina esta em operação há cinco anos e nunca foi feita nenhuma limpeza interna, esta sendo estudado junto ao fabricante um procedimento que seria uma purga especial no feixe, esta purga utilizaria um produto específico para limpeza de canais fechados onde circula materiais sintéticos derretidos. Este produto seria alimentado junto ao polipropileno e seria extrusado a uma baixa velocidade a temperatura de fusão do polipropileno.

O fabricante indicou o produto que deverá ser adquirido pela empresa, o produto chama-se Plastoclean e indica também que não deve ser utilizado mais de 1% misturado ao material novo a ser usado, pede também para usar a temperatura do processo. Plastoclean é um material atóxico e não causa nenhum dano ao ambiente.

Esta sendo feito um procedimento para a execução da limpeza do sistema, mas esta tarefa deverá ser feito junto a troca de matrizes, pois para uma limpeza eficiente deverá ser feito a uma baixa rotação da extrusora portanto é uma atividade demorada.

## 9.7 Montagem da matriz

O técnico responsável pela montagem de matrizes recebeu treinamentos dos fabricantes do equipamento, este técnico repassou o treinamento para pessoas da produção que estão encarregadas de ajudá-lo sempre que a máquina necessita troca. Existe uma instrução de trabalho para esta atividade que fica armazenada no sistema de gestão da empresa.

Para execução desta tarefa é necessário bastante atenção quanto à segurança, pois o ambiente de trabalho é muito quente, óculos de proteção, luvas e mangotes são indispensáveis. O manuseamento da ferramenta com a ponte rolante deve ser cauteloso para não haver choques da ferramenta com outras partes da máquina, a velocidade da ponte deve estar sempre na mais baixa e os olhais sempre bem fixados na matriz.

Dois passos importantíssimos que talvez prejudicaria o rendimento da matriz acarretando na saturação precoce poderia ser a má qualidade dos filtros retangulares e o não torqueamento necessário na ferramenta. O filtro atende toda extensão por onde escoar material e é uma combinação de duas telas com diferentes tamanhos de malha. As telas estão fixadas em uma moldura de alumínio. Se o filtro utilizado não é o próprio para esta finalidade, ou seja as malhas não tem o grau de filtragem ideal, pode acontecer de o material não conseguir passar pela malha aumentando a pressão do cabeçote.

O torque deve ser feito em três estágios, uma vez que o aquecimento gradativo dilata a placa soltando os parafusos, por isto é necessário dar o primeiro torque com 130N.m, depois de meia hora o segundo torque, mas com 170N.m e o último torque deve ser de 200N.m, os torquímetros são também calibrados por uma empresa certificadora. Caso o torque não respeite esta ordem vazamentos nas laterais das matrizes podem acontecer prejudicando todo o processo.

## 10 CONCLUSÃO

Utilizando o Diagrama de Causa e Efeito foi possível visualizar vários motivos para a precoce saturação do feixe B em relação aos demais feixes, possível má qualidade da matéria-prima que é o polipropileno, possível falha dos sensores e transdutores de pressão do feixe, erro operacional na limpeza da matriz e até possíveis incrustações dentro da extrusora. Uma análise crítica de cada causa foi feita afim de visualizar de maneira geral tudo o que envolve no processo inicial na fabricação de nãotecidos.

Todas as causas são consideráveis e podem interferir diretamente no problema, mas de acordo com os estudos realizados não foi possível encontrar o real motivo do problema, o que pode ser considerado predominante é a respeito das incrustações, uma vez que nunca foi feita uma limpeza interna nas extrusoras, uma purga especial esta sendo estudada com fabricantes da maquina. Já se sabe qual produto deverá ser utilizado, mas para um melhor resultado é indicado que seja feito um procedimento junto aos fabricantes isolando qualquer possibilidade de defeito no maquinário.

Um acompanhamento detalhado das manutenções das matrizes também será feito a fim de descartar qualquer tipo de falha em procedimentos e instruções de trabalho de como executar a limpeza de matrizes, o processo de limpeza das matrizes não é simples visto que esta importante ferramenta necessita de cuidados especiais dando assim condições ideais na qualidade do processo de fabricação.

Outro possível fator causador da saturação precoce da matriz pode ser o fato de no passado quando a empresa não fazia parte de uma companhia e tinha uma carteira de clientes muito extensa onde cada cliente necessitava de produtos de diferentes gramaturas e diferentes cores, fazendo com que em um único turno fosse preciso mudanças radicais no processo. Nada era feito segundo um padrão igual é feito hoje com fichas técnicas, antes era possível o sobrecarregamento do feixe, hoje em dia isto não é possível mais. Incrustações nas paredes do canal por onde flui o material pode estar diminuindo a área aumentando a pressão do feixe em virtude de baixas temperaturas no processo e alta carga de matéria-prima, isto acontecia em virtude da não existência da ficha técnica de processo.

## REFERÊNCIAS

Companhia Providencia. Disponível em: <http://www.providencia.com.br/>. Acesso em: 10 de outubro.2011, 13:28.

MANRICH, S. **Processamento de termoplásticos, rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes.** São Paulo: Artliber Editora, 2005.

MARTINS,G.APOSTILAS TÉCNICAS. **Tecnologia moderna de extrusão de filmes.** Resolução de problemas, v.II. São Bernardo do Campo: G.B.Comércio de materiais didáticos, 2005.

MARTINS,G.APOSTILAS TÉCNICAS. **Tecnologia moderna de extrusão de filmes.** **Extrusora**, v.I. São Bernardo do Campo: G.B.Comércio de materiais didáticos, 2005.

MARTINS,G.APOSTILAS TÉCNICAS. **Plásticos Olefínicos. Pilipropileno PP RANDON, PP HOMO, PPHECO**, v.I. São Bernardo do Campo: G.B.Comércio de materiais didáticos, 2005.

RODRIGUES,M.V.C.**Ações para a qualidade GEIQ: Gestão integrada para qualidade: padrão Seis sigma, classe mundial.** 2: at.e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.