

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
MURILO DE AMORIM LIMA

**AUTOCLAVE HORIZONTAL DE 60 LITROS ESTERILIZADOR POR CALOR
ÚMIDO: problema de condensado em secagem com porta aberta**

Varginha
2012

MURILO DE AMORIM LIMA

**AUTOCLAVE HORIZONTAL DE 60 LITROS ESTERILIZADOR POR CALOR
ÚMIDO: problema de condensado em secagem com porta aberta**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia
Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas
UNIS para obtenção de grau de bacharel, sob a
orientação do Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes.

**Varginha
2012**

MURILO DE AMORIM LIMA

**AUTOCLAVE HORIZONTAL DE 60 LITROS ESTERILIZADOR POR CALOR
ÚMIDO: problema de condensado em secagem com porta aberta**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel pela Banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

Prof. Esp. João Mário Mendes de Freitas

Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes

OBS.:

Dedico este trabalho a aqueles que contribuíram e acreditaram na sua realização. Principalmente a minha família e meus amigos que me deram todo apoio para que pudesse concluir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, professores, colegas e companheiros da BS Equipamentos por terem contribuído na execução deste trabalho e meus amigos que me deram todo apoio para que pudesse concluir.

“O pessimista vê dificuldade em cada oportunidade; o otimista vê oportunidade em cada dificuldade”.

Winston Churchill.

RESUMO

Sabe-se que hoje em dia são inúmeras as doenças contagiosas e seus riscos de contaminação são enormes, e a polemica em torno da esterilidade dos artigos para saúde e a necessidade de descarte seguro dos materiais contaminados tem sido o foco da mídia, por isso a esterilização é imprescindível para tentar contornar essa situação, e um dos métodos mais eficientes e eficazes considerado é o de esterilização por vapor úmido, o aparelho responsável por esse processo é a autoclave, mais pouca gente conhece esse aparelho e como ele funciona. Este trabalho falará de uma maneira geral sobre uma Autoclave horizontal de 60 litros, com o objetivo de mostrar um pouco sobre o que é esterilização, da historia do uso do vapor como agente esterilizante, como é a esterilização em uma autoclave, seus principais componentes e o seu funcionamento. Além disso, trará a solução de um problema encontrado em testes com a autoclave em questão, problema no qual trazia transtornos no ciclo de secagem com porta aberta, para solução desse problema foi feitos estudos e testes para a solução, com o melhor custo beneficio possível.

Palavras chave: Autoclave horizontal, Esterilização, Secagem.

ABSTRACT

It is known that nowadays there are numerous diseases and their risks of contamination are enormous, and the controversy surrounding the sterility of items for health and the need for safe disposal of contaminated materials have been the focus of media sterilization and therefore essential to try to overcome this situation and one of the most effective methods and wet steam sterilization unit and responsible for that process and more autoclave few people know this device and how it works. This work spoke generally about a horizontal Autoclave 60 liters, with the aim of showing a bit about what is sterilization, the history of the use of steam as the sterilizing agent, as is sterilization in an autoclave, and its main components operation. Also, bring the solution to a problem encountered in the autoclave tests in question, issue in which disorders brought on drying cycle with the door open, for solution of this problem was made studies and tests to be the solution with the best cost benefit possible .

Keywords: *horizontal autoclave, sterilization, drying.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Autoclave Horizontal de 60 Litros.....	11
Figura 2 – Cuba ou câmara interna de uma Autoclave.....	15
Figura 3 – Autoclave com pintura eletrostática branca...	15
Figura 4 – Porta com abertura e fechamento através de fuso e manipulô.....	16
Figura 5 – Anel de silicone para vedação da câmara interna.....	16
Figura 6 – Fixação da resistência elétrica em uma autoclave 60L.....	17
Figura 7 – Placa eletrônica com display de leds e unidade de micro processamento.....	18
Figura 8 – Sensor de pressão.....	18
Figura 9 – Sensor de Temperatura máxima de 100°C.....	19
Figura 10 – Display de comando.....	19
Figura 11 – Sensor de porta.....	20
Figura 12 – Manipulo acoplado ao fuso.....	21
Figura 13 – Disjuntor ou chave geral do equipamento.....	21
Figura 14 – Sensor 120°C	22
Figura 15 – Válvula de excesso de pressão.....	22
Figura 16 – Tabela de Relação pressão e temperatura.....	25
Figura 17 – Gráfico pressão x tempo.....	25
Figura 18 – Gráfico de pressão x temperatura.....	27
Figura 19 – Integrador Químico após esterilização.....	29
Figura 20 – Tabela de condutividade térmica de alguns metais.....	31
Figura 21 – Ligação das resistências elétrica.....	32
Figura 22 – Ligação das seis resistências na câmara interna.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 ESTERILIZAÇÃO.....	12
2.1 Esterilização por Calor Úmido.....	12
2.2 Históricos do uso do calor úmido como agente esterilizante.....	13
2.3 Esterilização por uma Autoclave.....	13
3 COMPONENTES DE UMA AUTOCLAVE.....	15
3.1 Corpo.....	15
3.2 Porta.....	17
3.3 Sistemas de geração de vapor.....	18
3.4 Painéis de comando e sensores.....	19
3.5 Sistemas de segurança.....	21
3.6 Acessórios.....	24
4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMNETO.....	25
4.1 Testes feitos na autoclave horizontal de 60L.....	29
5 PROBLEMA DE SECAGEM COM PORTA ABERTA.....	32
6 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Assim como muitos aparelhos eletroeletrônicos que utilizamos em nosso dia a dia, sabemos utilizar mais não sabemos como é o seu funcionamento, a Autoclave não fica fora disso, muitas pessoas não sabem nem mesmo o que aparelho faz ou sua finalidade, estando o esterilizador a vapor chamado de autoclave no foco da discussão, será abordada neste trabalho as principais características do equipamento em questão, a autoclave horizontal de 60 litros.

O objetivo do trabalho é mostrar e ilustrar um pouco sobre uma Autoclave horizontal, mais específico uma de 60litros, aparelho no qual é utilizado para esterilizar componentes com possibilidade de alguma contaminação, essa esterilização se da por meio de vapor úmido, vapor saturado em uma pressão maior do que a atmosfera.

Serão falados no trabalho um pouco sobre o que realmente é esterilização, da história do uso do vapor como agente esterilizante, componentes básicos de uma Autoclave, como ela funciona, além da solução de um problema no ciclo de secagem com porta aberta. Problema encontrado em testes feitos no desenvolvimento da autoclave horizontal de 60L.

Figura 1: Autoclave Horizontal de 60litros.



Fonte: O autor.

2 ESTERILIZAÇÃO

Segundo Luqueta (2008 p.26) a Farmacopeia Brasileira define o processo de esterilização como o método que tem por finalidade remover ou destruir todas as formas de vida, animal ou vegetal, macroscópicas ou microscópicas, saprófitos ou não, presentes no produto considerado, sem garantir a inativação completa de toxinas ou enzimas celulares.

Já segundo Lengert (2000 p.8) os métodos de esterilização permitem assegurar níveis de esterilidade compatíveis às características exigidas em produtos farmacêuticos, médicos hospitalares e alimentícios. O método escolhido depende da natureza e da carga microbiana inicialmente presente no item considerado.

Existem vários agentes esterilizantes sendo estes os mais importantes:

- O calor úmido.
- A filtração.
- A radiação.
- O óxido de etileno.

Neste trabalho voltaremos o foco somente para a esterilização através do calor úmido, já que o objeto de nosso estudo, no caso a autoclave é um esterilizador por calor úmido.

2.1 Esterilizações por Calor Úmido.

A esterilização por calor úmido é uma das mais antigas técnicas de esterilização, e segundo Lengert (2000 p.9) de todos os métodos avaliados para a esterilização, o calor úmido na forma de vapor saturado sobre pressão é o mais frequentemente utilizado e o mais confiável. Este método não é tóxico, não tem grandes dificuldades e tem grande eficiência.

O vapor aquece rapidamente o material e penetra em sua estrutura. Considerando esses fatos, a esterilização a vapor poderia ser utilizada sempre que possível para todos os itens que não são sensíveis ao calor e à umidade (equipamento para anestesia e terapia respiratória), mesmo quando não é essencial para prevenir a transmissão de doenças.

O calor úmido, quando comparado à esterilização por calor seco, no caso a esterilização feita por uma estufa, é um processo mais eficiente, pois consegue fazer uma esterilização mais eficiente utilizando temperaturas mais baixas e com curto período de tempo para garantir o nível de esterilidade proposto.

2.2 Históricos do uso do calor úmido como agente esterilizante

Segundo Luqueta (2008 p.27) o uso do vapor como esterilizante é uma prática antiga e comum antes mesmo dos primeiros estudos de microbiologia comprovar sua eficácia. Os registros mais antigos do uso do vapor para a conservação de alimentos foram feitos no século XVI, mas foi, a partir do século XIX, que tal técnica difundiu-se para a esterilização de artigos, materiais, alimentos, etc. A mais famosa autoclave utilizada até os dias atuais talvez seja aquela que leva o nome do seu idealizador, o físico e biólogo Chales Chamberland (1851-1908). Neste tipo de esterilizador, uma fonte de calor na base do dispositivo gera a energia necessária para vaporização da água em seu interior e, à medida que o vapor vai sendo gerada, a mistura ar-vapor que surge vai sendo retirada por uma válvula mecânica na parte superior do recipiente, até que se obtenha o máximo de vapor saturado a uma dada temperatura e pressão, de acordo com a lei dos gases ideais. A partir deste ponto inicia-se a contagem de tempo de exposição e, ao término deste, descarrega-se o vapor da câmara e retira-se o material.

Com o avanço tecnológico e os novos desafios microbiológicos fizeram surgir, na primeira metade do século passado, equipamentos mais desenvolvidos, utilizando de bombas de vácuo para retirada do ar invés do sistema gravitacional.

2.3 Esterilizações por uma Autoclave

Segundo Lengert (2000, p 10) o princípio básico da esterilização a vapor, quando feito em uma autoclave, é o tratamento de cada item com vapor a uma temperatura e pressão adequadas, por um tempo específico, com a finalidade de destruir um microrganismo por meio de coagulação irreversível e desnaturação das enzimas e estruturas proteicas. Consequentemente, são quatro os parâmetros para esterilização a vapor: temperatura, pressão, tempo e concentração de vapor.

O vapor ideal para esterilização é 100% saturado, com água não saturada na forma de uma fina névoa. A produção de pressão e temperaturas altas é fundamental para matar os microrganismos rapidamente. A temperatura específica deve ser obtida para garantir a atividade microbocida. As duas temperaturas mais utilizadas 121 a 134 graus célsius. Geralmente o tempo de exposição requerido para esterilizar suprimentos empacotados de hospitais é de 30 minutos a 121 graus célsius em autoclave convencional ou quatro minutos a 132 graus célsius em autoclave com pulsos de vácuo.

3 COMPONENTES DE UMA AUTOCLAVE

A autoclave deve ser projetada e construída de acordo com as normas brasileiras da ABNT como a NBR 11.816:2003 – Esterilização - Esterilização a vapor com vácuo, para produtos de saúde, NBR ISO 11.134:2001 – Esterilizações de produtos hospitalares – Requisição para validação e controle de rotina, NR. 13 – Caldeiras e Vasos de pressão (113.000-5).

Segundo Luqueta (2008, p 27) um bom esterilizador é aquele que alia eficiência (em termos de letalidade), velocidade e exatidão de parâmetros. Para alcançar estas premissas é imprescindível que o conjunto conte com instrumentos adequados.

Segundo Rocha (2011, p 5), no caso de esterilização por calor úmido, podem dizer que as principais variáveis de processo são temperatura, tempo e pressão, desta forma, sensores de temperatura, temporizadores e controladores de pressão são os dispositivos críticos, e a autoclave em questão não é diferente, ela é dotada de vários sensores para controlar a temperatura, pressão e tempo para uma melhor eficiência.

Sendo assim a autoclave em questão de capacidade de 60 litros horizontal tem como aplicação básica a esterilização de materiais porosos, líquidos, plástico e instrumental embalado ou não. Possuindo assim componentes de qualidade para seu funcionamento.

Logo abaixo segui a descrição dos componentes mais importantes para uma esterilização eficiente.

A autoclave é constituída de:

3.1 Corpo

Segundo Rocha (2011, p 6) um aspecto a ser salientado nos modernos esterilizadores é a utilização de ligas de aço inoxidável altamente resistente à corrosão. Entre estas ligas, as mais utilizadas são o aço inoxidável AISI-304, AISI-316 e o AISI-316-Ti, sendo assim a autoclave é construída com dupla câmara, sendo a câmara interna ou cuba em aço inoxidável AISI-304L ou qualidade superior e câmara externa ou gabinete em aço inoxidável AISI-304L ou qualidade superior, pois segundo Telles (2010, p 45) os aços inoxidáveis são os que contem pelo menos 12% de cromo, o que lhe confere a propriedade de não enferrujarem mesmo em exposição prolongada a uma atmosfera normal.

O tipo de acabamento da superfície da câmara também é algo a ser observado: esta deve ser lisa (preferencialmente polida ou eletro polida), sem ângulos retos que possam acumular material e sem rebarbas ou sinas de solda aparentes,

Figura 2: Cuba ou câmara interna de uma Autoclave.



Fonte: O autor.

- Superfície da câmara interna com polimento padrão e superfície da câmara externa com pintura eletrostática branca.

Figura 3: Autoclave com pintura eletrostática branca.



Fonte: O autor.

3.2 Porta

O equipamento possui uma porta, com abertura e fechamento através de fuso e porca em aço inoxidável, dotado de sistema de segurança contra abertura precoce ou falha no sistema e falha na energia elétrica.

Figura 4: Porta com abertura e fechamento através de fuso e manipulador.



Fonte: O autor.

O sistema de vedação é realizado através de anel de vedação em silicone com resistência a alta temperatura.

Figura 5: Anel de silicone para vedação da câmara interna.



Fonte: O autor.

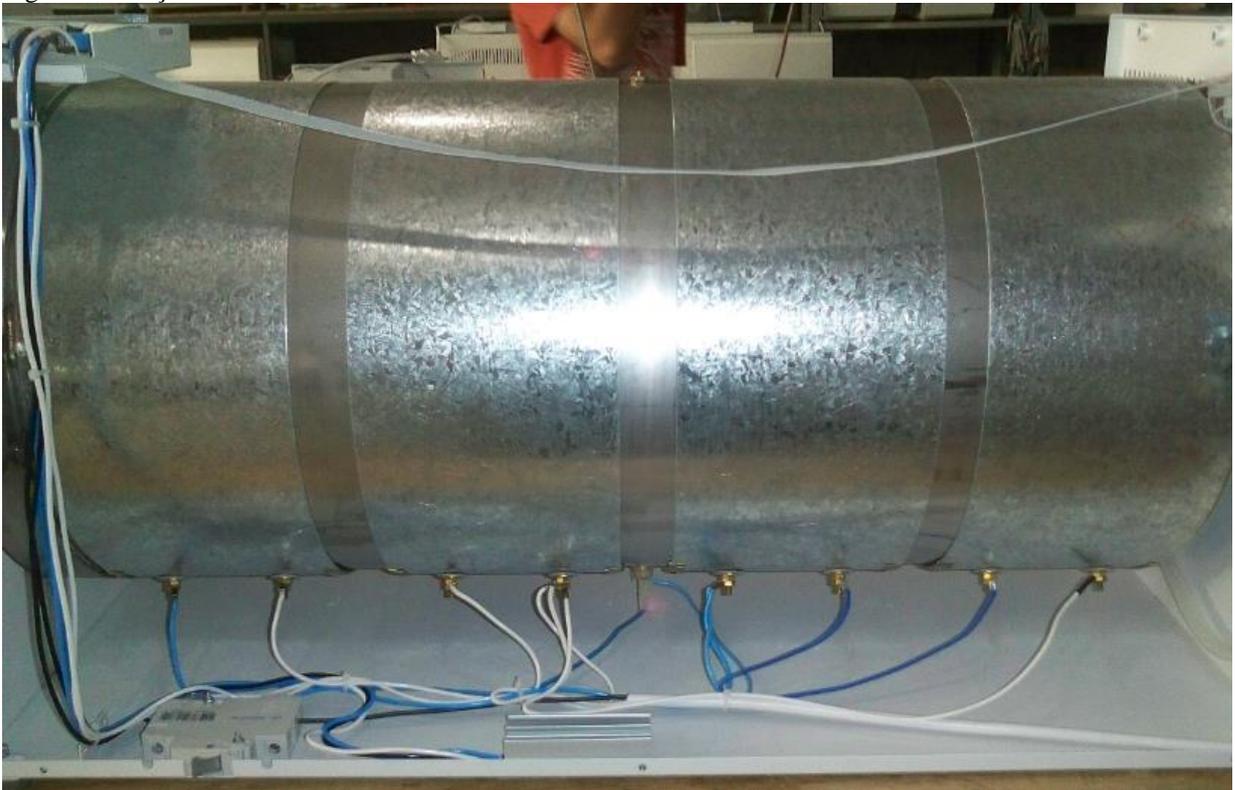
- A porta e seu acabamento são construídos em aço inoxidável AISI-304 ou qualidade superior.

3.3 Sistemas de geração de vapor

A geração de vapor se dá devido a resistências elétricas fixadas ao redor da câmara interna dentro do gabinete da autoclave.

Resistências elétricas do tipo cinta com parte de fixação galvanizadas e parte da transferência de calor feita em latão, sendo 500 w de potencia cada uma.

Figura 6: Fixação da resistência elétrica em uma autoclave 60L.



Fonte: O autor.

Abastecimento de água automático, através de reservatório e sistema de válvula com bobina acionadas por chave fixada na parte frontal do gabinete, o volume de água dentro da câmara interna deve ser de aproximadamente de 500 ml.

A Inclinação necessária já vem acoplada no equipamento descartando o uso de bancada inclinada, e a produção de vapor deve ser compatível com o volume de água.

3.4 Painéis de comando e sensores

Segundo Rocha (2011, p 7), a autoclave tem que ter comando através de um CLP (Comando Lógico programável) que monitora o ciclo, faz os ajustes necessários e impede que o equipamento prossiga ou finalize um ciclo sem que os principais fatores do processo de esterilização estejam alcançados.

O sistema de comando lógico programável é controlado por um microprocessador, com programação flexível composta de:

- Placa de conversão analógica-digital (que converte o sinal em sinais binários, compatíveis com o sistema digital).

Figura 7: Placa eletrônica com display de leds e unidade de micro processamento



Fonte: O autor,

- Display de leds de fácil visualização.
- Unidade de controle de micro processada.
- Sistema de controle de pressão da câmara interna eletrônica, através de sensor de pressão.

Figura 8: Sensor de pressão



Fonte: O autor.

- Sistema de controle de temperatura na câmara interna, através de dois sensores de temperatura, sendo um de acoplado no fundo da câmara interna que tem a função de controlar a temperatura do ciclo, e o segundo de 120°C fixado em baixo da câmara interna com a função de proteger o sistema contra superaquecimento por falta de água.

Figura 9: Sensor de Temperatura máxima de 100°C.



Fonte: O autor,

- O sistema de indicação de temperatura da câmara interna é digital, com indicação de temperatura em Graus Celsius no painel.
- O comando é acionado por display LCD, para visualização dos parâmetros dos ciclos a serem efetuadas, a programação dos parâmetros do ciclo e a operação do processo também é feita pela tela via duas teclas 'E' e 'S' fixadas abaixo da mesma.

Figura 10: Display de comando.



Fonte: O autor.

O comando do teclado da figura permite as seguintes operações:

Escolha do ciclo de trabalho para esterilização de líquidos, instrumental embalado, tecidos, plásticos entre outros, além de permitir o ajuste da temperatura de trabalho com faixa mínima de abrangência variando de 121°C á 134°C e do tempo de esterilização entre 5 minutos até 60 minutos.

O comando vem acompanhado de sistema sonoro que indica equipamento em operação, fim do ciclo e falha no sistema.

3.5 Sistemas de segurança

Segundo Rocha (2011, p 7), as autoclaves tem que serem fabricadas de modo a garantir a segurança do operador através de dispositivos que evitam o superaquecimento e a geração excessiva de pressão.

Segundo Rocha (2011, p 6), temos que estar atentos a um dispositivo muito importante e previsto na NR-13, que é a válvula de segurança do vaso. Um esterilizador pode ser dotado de uma a três válvulas de segurança para proteção das câmaras interna. Está(s) válvula(s) deve(m) ser puramente mecânica(s) (sem acionamento elétrico), com certificado de calibração e com os pontos de regulagem lacrados, para garantir a total segurança no caso de sobre pressão.

O sistema possui diversos componentes de segurança tais como:

- Sensor de porta aberta, sistema segurança contra acionamento do equipamento com a porta aberta.

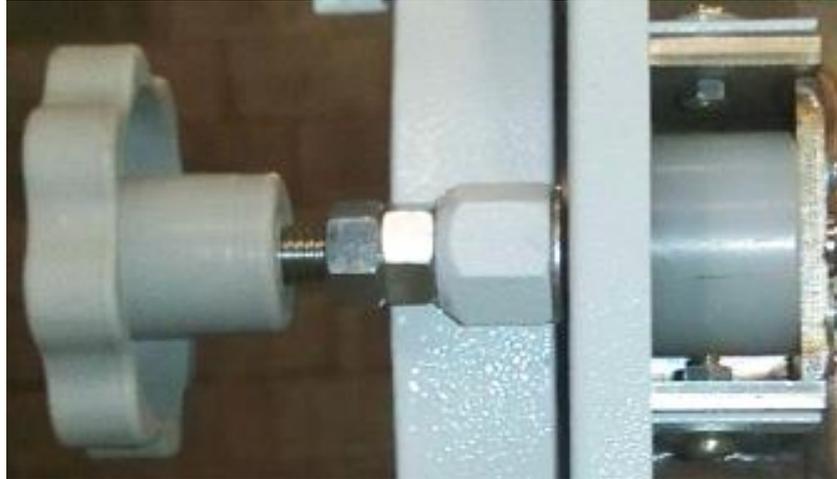
Figura 11: Sensor de porta.



Fonte: O autor.

- Manipulo com sistema de segurança contra abertura, impossibilita a abertura da porta, quando a câmara interna estiver pressurizada.

Figura 12: Manipulo acoplado ao fuso



Fonte: O autor.

- A fase de esterilização iniciará, automaticamente, somente quando a câmara interna estiver com o valor programado de pressão, conforme temperatura de trabalho do ciclo selecionado.
- O display indica se a falha no sistema com e emite alarme sonoro para alertar o operador.
- O equipamento possui disjuntor que funciona como chave geral e como dispositivo de segurança contra pico ou falta de energia.

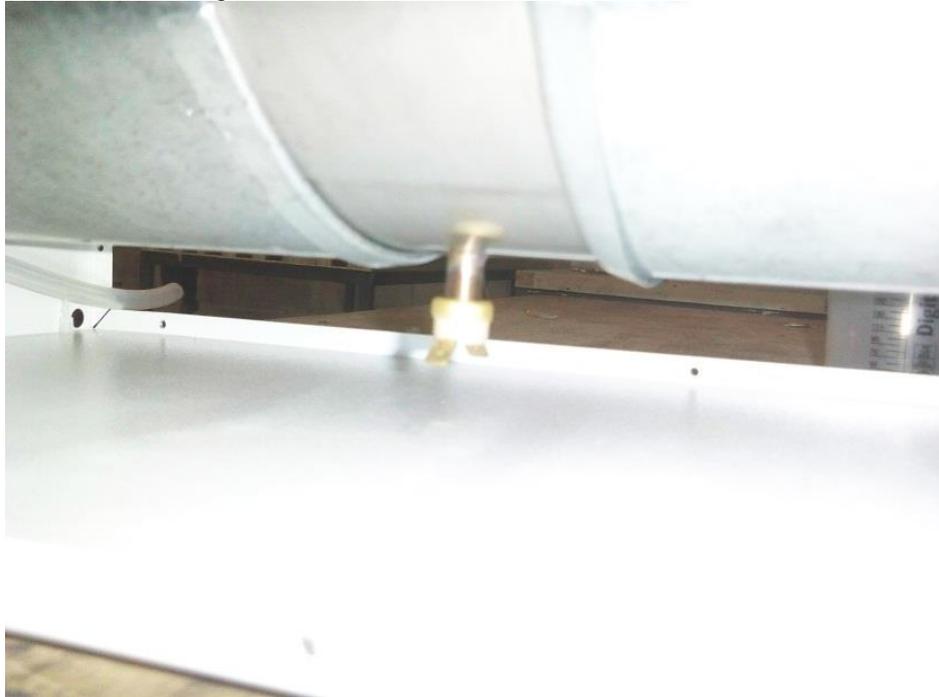
Figura 13: Disjuntor ou chave geral do equipamento.



Fonte: O autor

- Sistema automático de proteção contra falta de água, através de sensor 120°C instalado em baixo da câmara interna.

Figura 14: Sensor 120°C.



Fonte: O autor.

- Sistema de válvula de excesso de pressão instalada na parte de trás da câmara interna caso sensor de pressão apresente falha.

Figura 15: Válvula de excesso de pressão.



Fonte: O autor.

- Sistema de válvula de anti- vácuo para prevenção contra fechamento do equipamento ainda quente.
- Sensor de pressão para regulagem da pressão dentro da câmara interna, o sensor manda sinal para placa quando chega à pressão necessária.

3.6 Acessórios.

O equipamento vem acompanhado de três bandejas em aço inoxidável, para acomodação da carga dentro da câmara de esterilização. Reservatório, para armazenamento da água para efetuação dos ciclos de esterilização. Manual do proprietário com todos os passos para manuseio correto do equipamento.

4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO.

Segundo Luqueta (2008, p 28) o funcionamento básico do esterilizador vai depender do perfil de ciclo programado. O perfil mais comum nas autoclaves é aquele utilizado para a esterilização de materiais sólidos, tais como metais, vidrarias, vestimentas, etc.

Tipos básicos de instrumentos que podem ser esterilizados na Autoclave Horizontal de 60L:

1. Instrumental Embalado
2. Kit cirúrgico.
3. Líquidos.
4. Instrumental Pesado
5. Materiais Plásticos.
6. Vidrarias.

O ciclo é programado para esterilizar cada material, ou seja, não pode haver materiais diferentes na esterilização, pois certos materiais não resistem a uma determinada temperatura, pois nenhum material pode ser esterilizado com temperatura maior do que a temperatura determinada pelo fabricante. A partir desses parâmetros determinasse o ciclo, o ciclo de secagem que é considerado um ciclo extra também depende do tipo de material, pois certos materiais não exigem secagens principalmente materiais porosos.

Cada ciclo tem as suas variáveis, temperatura, tempo e pressão, dependendo de cada material que vai ser esterilizado.

Ciclos de esterilização que pode ser programados:

- C1 - 121°C x 30min x Tipo de material 4.
- C2 - 125°C x 25min x Tipo de material 6.
- C3 - 127°C x 20min x Tipo de material 1.
- C4 - 129°C x 15min x Tipo de material 5.
- C5 - 130°C x 15min x Tipo de material 3.
- C6 - 134°C x 18min x Tipo de material 2.

Relação entre Pressão e temperatura:

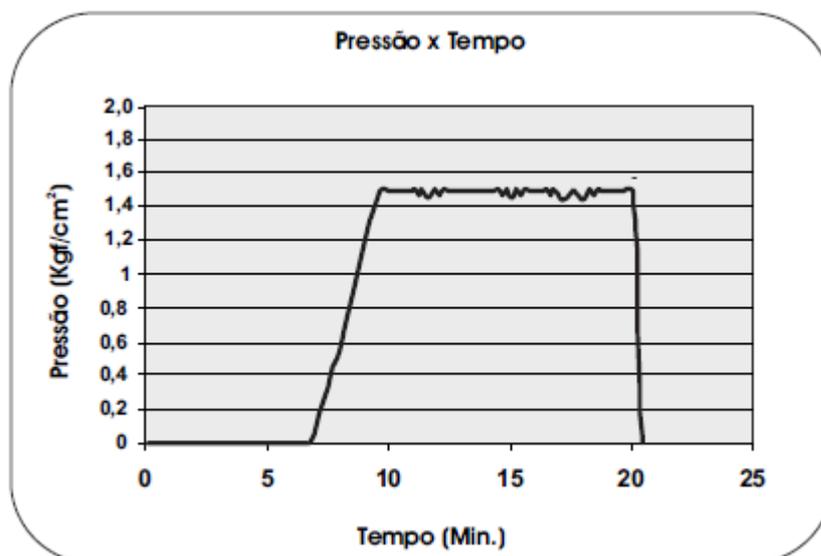
Figura 16: Tabela de Relação pressão e temperatura

A	B
PRESSÃO DE TRABALHO	TEMPERATURA DE TRABALHO
KGF/cm2	GRAUS CENTÍGRADOS °C
1.1	121
1.2	122
1.3	124
1.4	125
1.5	127
1.6	128
1.7	129
1.8	131
1.9	132
2.0	133
2.1	134

Fonte: O autor.

Gráfico de Pressão x tempo do ciclo C3:

Figura 17: Gráfico pressão x tempo.



Fonte: O autor.

Após a programação dos ciclos na autoclave, iniciasse a preparação do aparelho para a esterilização do material desejado.

O primeiro passo a ser feito é a limpeza do aparelho com álcool 90 e um pano que não solte fiapos, pois uma limpeza inadequada pode causar entupimento de válvula assim causando um mau funcionamento do aparelho, após a limpeza são colocadas às bandejas de aço inoxidável dentro da autoclave e logo em seguida os instrumentos a ser esterilizado, terminado esse passo é necessário colocar a água que entra automaticamente por meio de chave e válvula que faz a ligação do entre o tanque que a armazena e a cuba, a válvula funciona através de uma bobina que envolve uma carcaça de latão, criando assim um campo magnético que puxa um embola contra uma mola dentro da carcaça abrindo assim a passagem de água.

Após a água chegar ao nível recomendado ao aparelho cerca de 500 ml desliga-se a chave para cessar a entrada de água, sendo assim o aparelho é fechado podendo começar o ciclo de esterilização. O primeiro passo para começar o ciclo e ligarmos o disjuntor, com isso o painel de leds se acende e aparecera C1 que significa 'ciclo 1' assim o esterilizador esta pronto para começar o ciclo, com isso podemos selecionar o ciclo de acordo com o material a ser esterilizado apertando a tecla 'S', após selecionar o ciclo apertamos a tecla 'E' e o ciclo começa automaticamente.

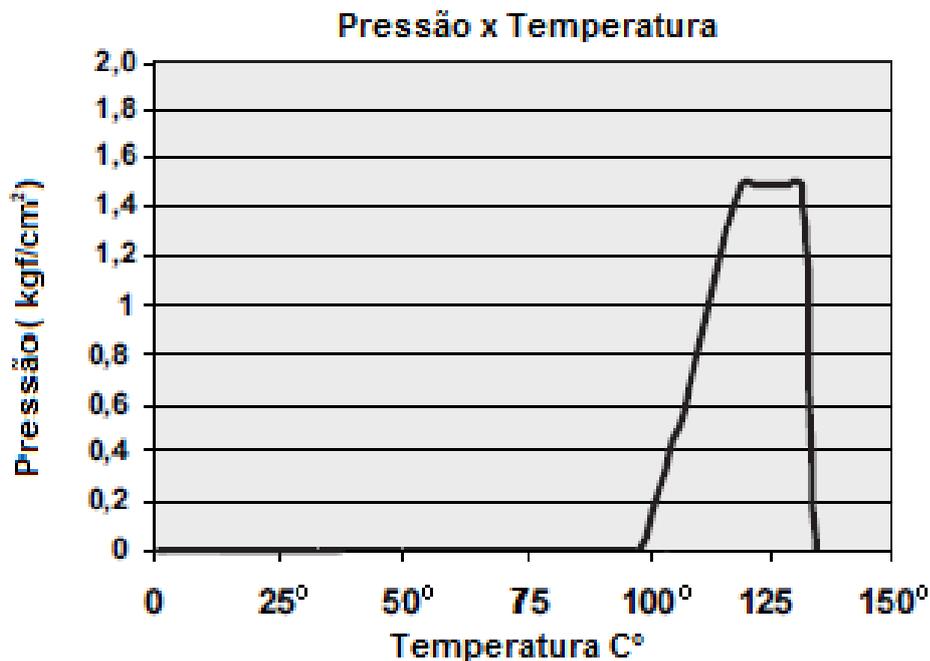
Após selecionar o ciclo desejado e apertar a tecla 'E', o ciclo se inicia, a bobina é acionada abrindo a válvula de descarga, deixando assim sair o ar frio de dentro da autoclave.

Logo após a abertura da válvula as resistências elétricas que envolvem a câmara interna começam a se aquecer transferindo calor para a câmara, essa transferência de calor é feita por condução, pois segundo Kreith (1977, p 57) é um processo pelo qual o calor flui de uma região de temperatura mais alta para outra de temperatura mais baixa, dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato físico direto, fazendo assim com que a câmara interna se aquece transferindo calor para a água por meio de convecção que segundo Kreith (1977, p 58) convecção é um processo de transferência de calor pela ação combinada da condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura. A convecção é importante principalmente como mecanismo de transferência de energia entre uma superfície sólida e um líquido ou gás, conseqüentemente aquecendo o ar frio que esta dentro da câmara essa transferência e feita por meio de convecção e radiação que segundo Kreith (1977, p 58) e um processo pela qual o calor é transmitido de um corpo a alta

temperatura para um de mais baixa temperatura quando tais corpos estão separados no espaço, ainda que exista vácuo entre eles.

Após o termino da retirada de ar frio a bobina se desliga fechando assim a válvula de escape, com o fechamento da válvula começa a fase de aquecimento do ciclo onde a pressão interna da câmara começa a se elevar aumentando também a temperatura como mostra o gráfico abaixo iniciando assim a fase de vapor saturado.

Figura 18: Gráfico de pressão x temperatura.



Fonte: O autor

Com o aumento da pressão e da temperatura as válvulas ante-vácuo e de segurança se fecham vedando totalmente a câmara interna, sendo assim chegando aos parâmetros desejados para esterilização. No caso esterilização por calor úmido, podemos dizer que as principais variáveis de processo são temperatura, tempo e pressão, sendo assim a fase de aquecimento depende dessas três variáveis.

Com o fechamento da fase de aquecimento começa a esterilização com temperatura e pressão variando de acordo com o ciclo programado. A norma NBR-ISO11134:2001 determina em seu anexo A que o controle de temperatura de esterilização tenha exatidão de 1% para mais ou para menos, enquanto o controle de pressão tenha exatidão de 1,6% para mais ou para menos. Com o aumento da pressão a água começara a evaporar em temperatura mais alta, contendo assim água e vapor juntos dentro da câmara interna, ou seja, contendo vapor úmido com uma temperatura acima dos 120°C.

Os instrumentos colocados dentro do equipamento permanecem na fase de esterilização o tempo necessário para cada tipo de material, após esse tempo o equipamento descarrega a água e o vapor que sobraram da esterilização, isso acontece por causa da diferença de pressão que entre o interior da câmara interna e a pressão atmosfera, após a saída de toda a água e vapor restante o ciclo de esterilização está terminado assim o aparelho dá um alarme sonoro e escreve em seu painel de leds a palavra FIM.

A fase de secagem começa após o término do ciclo de esterilização, para entrar na secagem é necessário selecionar no painel e apertar a tecla 'E' fazendo isso a secagem começa ativando assim a bomba que auxilia a retirada do ar e do vapor que se desprende dos materiais que foram esterilizados de dentro da câmara interna. A secagem para ser perfeita não pode ter nenhum resíduo de água dentro da câmara interna após o término do ciclo.

Possíveis falhas de esterilização em uma autoclave:

- Presença de ar residual na câmara e/ou no interior do pacote;
- Confeção de pacotes densos e grandes;
- Embalagens inadequadas (composição do material) para a esterilização em autoclave;
- Tempo insuficiente de exposição ao agente esterilizante;
- Manejo incorreto do aparelho;
- Obstrução dos orifícios internos e/ou saída de vapor por falta de limpeza diária do equipamento;
- Sobrecarga da autoclave, o abastecimento deve ser de até 75% da capacidade da câmara da autoclave.

5.1 Testes feitos na autoclave horizontal de 60L.

Para a fabricação em grande escala de um equipamento qualquer, são necessários vários testes para comprovação do seu funcionamento e de sua segurança, e a autoclave horizontal de 60 litros não foi diferente.

Após a elaboração de seu projeto e fabricação de sua estrutura e componentes, foram feitos vários testes dentre eles quatro se destacam como os mais importantes.

O primeiro teste feito na autoclave em questão é feito pela empresa que nos fornece a câmara interna no caso J Inox, que é responsável pelo teste hidrostático que segundo Pereira (2004, p 10) o teste é feito através de sua pressurização com água (teste hidrostático), ou outro fluido disponível, em pressões superiores às pressões operacionais ou de projeto,

normalmente na ordem 1,5 vezes a PMTA, Simula-se então uma condição operacional mais rigorosa.

O teste hidrostático é feito para constatar que não a ocorrência de vazamentos ou ruptura no vaso de pressão, desta forma o equipamento poderá ser garantido nas operações usuais sem apresentar possíveis falhas. O principal objetivo do teste é confirmar se há a possibilidade da ocorrência de vazamento ou rupturas na câmara interna, pois a câmara é feita de chapas de aço inoxidável que são calandradas e soldadas através do processo de soldagem 'TIG' (Tungsten Inert Gas) que segundo Silva (2011, p 181) é um processo no qual a união é obtida pelo aquecimento dos materiais por um arco estabelecido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a peça. Por isso podendo ocorrer vazamento nas partes soldadas.

O segundo teste é feito para verificação e aferição, da placa com seus devidos componentes e dos sensores, o teste é feito simulando um funcionamento normal, colocando a água destilada dentro da câmara interna, fechando a autoclave, fazendo a programação dos ciclos, e colocando o manômetro acoplado junto ao sensor de pressão para sabermos se o seu funcionamento está correto, após isso a autoclave é colocada em funcionamento, com a autoclave funcionando vai ser possível averiguar se os parâmetros principais, tempo, temperatura e pressão estão dentro dos conformes para o ciclo.

O terceiro teste a autoclave é feito todo o processo para esterilização, colocasse a água, e colocamos o máximo de instrumentos possíveis para ser esterilizado, simulando o ponto crítico, pois com carga máxima o vapor tem dificuldade de circular dentro da câmara interna e também há mais material a ser aquecido com isso o ciclo demora mais para terminar. Após a colocação dos materiais a serem esterilizados é colocado um Integrador Químico para comprovar que a autoclave realmente está esterilizando.

Figura 19: Integrador Químico após esterilização.



Fonte: O autor

Após o fechamento da autoclave, o ciclo específico para o material é selecionado e a esterilização começa, verificando assim o funcionamento do display de comandos e o funcionamento da esterilização, com o término do ciclo e verificado o integrador químico como o da figura, assim confirmando esterilidade da autoclave.

O quarto teste é o da secagem, feito logo após o término do terceiro teste, com os materiais esterilizados ainda dentro da câmara interna, o objetivo do teste é verificar se o equipamento faz a secagem correta, com nenhuma gotícula de água dentro da câmara interna.

5 PROBLEMA DE SECAGEM COM PORTA ABERTA.

Depois de vários testes feitos na Autoclave Horizontal de 60L foi detectado um problema de eficiência na secagem com porta fechada, ou seja, o aparelho não secava os materiais que tinham sido esterilizados deixando assim umedecidos os envelopes e com bastantes gotículas de água na parte de cima da câmara interna. A partir daí começaram as dúvidas do motivo do aparelho não secar, pois a parte de esterilização estava perfeita, esterilizando com eficiência e eficácia, mas a parte de secagem deixava a desejar.

Depois de discussões e debate, chegando assim a varias possíveis motivos para esse problema, à conclusão final do problema foi que o material da câmara interna não tinha uma boa condutividade térmica.

A câmara interna é feita de aço inoxidável AISI-304, e um aço inoxidável austenítico, do qual segundo Carbó (2001 p13) é o mais popular, tem excelente resistência à corrosão, excelente ductilidade e excelente soldabilidade, porém tem uma baixa condutividade térmica se comparado com outros metais.

Figura 20: Tabela de condutividade térmica de alguns metais.

<i>Material / Composição</i>	ρ [kg/m ³]	k [W/m. K] a 300K
Alumínio	2702	237
Chumbo	11340	35,3
Estanho	7310	66,6
Ferro, puro	7870	80,2
Aço carbono	7854	60,5
Cobre, puro	8933	401
Aços INOX AISI 304	7900	14,9

Fonte. NETO (2010).

A autoclave por ser um aparelho que lida com água o tempo inteiro, a resistência à corrosão do aço inoxidável é imprescindível, além de ter ótima resistência mecânica, pois então não há metal com melhor custo benefício no mercado, por isso trocar o material da câmara interna não é viável. Com isso o primeiro passo foi tentar sanar o problema com o menor custo benefício possível para não gerar mais custos ao preço final do aparelho.

A primeira hipótese levantada para sanar o problema foi a do sistema de ligação das resistências, por se tratar de quatro resistências de 500 w foram ligadas todas em serie, sendo assim demandando menos potencia para câmara interna, com isso o sistema de ligação foi modificado para um agrupamento de duas a duas em serie e o fechamento final em paralelo, e colocamos a autoclave em todos os testes, essa modificação não ia gerar custo adicional nenhum ao aparelho.

Figura 21: Ligação das resistências elétrica.



Fonte: O Autor.

Os resultados dos testes não foram satisfatórios, pois a secagem continuava sem eficiência, com muito condensado na parte superior da câmara interna e no anel de vedação da porta. Com isso houve nova modificação nas ligações das resistências para remanejamento de todas em paralelo demandado potencia máxima para a câmara interna. E colocamos a autoclave em todos os testes.

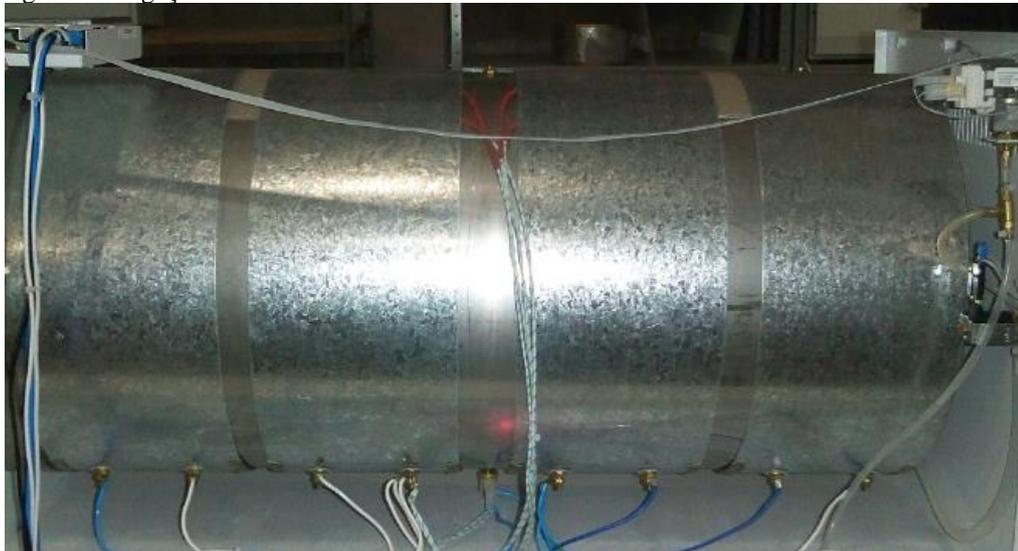
Os resultados também não foram satisfatórios, pois com potencia máxima as resistências não aguentaram e levantaram fumaça, pois muita potencia e pouca área para dissipação do calor, levando assim à queima das resistências.

Voltando a estaca zero, à segunda hipótese foi colocada em pratica, hipótese essa que era a troca das quatro resistências por outras de potencia maior, porem com largura maior, com isso teria mais área de contato, transferindo assim mais calor para a câmara interna, mas porem já onerava um custo maior do que as anteriores.

Com os resultados, foi possível chegar à conclusão, que as novas resistências por terem maior potencia na parte de retirada de ar frio no ciclo de esterilização, transferia muito calor para a câmara interna, com isso a agua de dentro da câmara evaporava com mais facilidade fazendo com que faltasse agua na parte de aquecimento, levando a falha no aquecimento.

Depois de varias tentativas e discussão, a conclusão final foi que a parte mais critica da secagem era realmente a parte superior da câmara interna, pois com a má condução térmica do aço inoxidável o calor não se dissipava para o resto da câmara interna, ou seja, faltava calor na parte superior para que a água evaporasse, com isso a providencia a ser tomada seriam as colocações de resistências na parte superior, resistências com potencias menores para não superaquecer a parte superior da câmara interna, conseqüentemente danificando a mesma, mas essa solução tinha um problema, o da elevação do custo, pois seriam colocadas mais duas resistências, sendo duas na parte superior e quatro resistências antigas com potencia de 500 w na parte inferior, gerando o total de seis resistências.

Figura 22: Ligação das seis resistências na câmara interna.



Fonte: O Autor.

Apesar do custo elevado, os testes para averiguarmos se seria eficaz ou não foram colocadas em pratica, com isso as resistências da parte superior foram ligas em serie para mandar menos potencia possível para não danificar a câmara interna já que as duas não entram em contato direto com a água.

No teste de esterilização foi colocada a maior quantidade de material possível supondo assim o teste mais critico e assim a autoclave foi colocada em funcionamento, sendo todos os testes monitorados e observados para averiguação do seu comportamento.

Durante o teste foi observado que as resistências tiveram um comportamento normal se comparado com os testes iniciais de esterilização, sendo ate mais eficazes, pois diminuíram o tempo de retirada de ar frio sem baixar o nível de agua da câmara, aumentando assim sua eficiência quanto ao tempo.

Após termino do ciclo de esterilização, a autoclave foi colocada para fazer o teste de secagem por um período de 30 minutos para a observação do seu comportamento.

Os resultados encontrados foram muito satisfatórios, pois a autoclave se portou muito bem e com grande eficiência, pois secou totalmente a parte superior que era o ponto critico e também secou todo o instrumental que estava esterilizado mesmo ante do termino ciclo de secagem com aproximadamente 20 minutos de ciclo. Infelizmente o custo não foi o desejado mais foi à solução com maior eficiência.

6 CONCLUSÃO

Os esterilizadores a vapor são equipamentos utilizados em vários processos industriais, sua principal função é o processamento de artigos médicos hospitalares e instrumentos odontológicos mais especifico a esterilização dos mesmos, sendo assim a autoclave apresenta uma quantidade considerável de ciclos para atendimento aos diferentes processos de esterilização, e sua utilização para a área da saúde é imprescindível, já que a proliferação de doenças é um grande problema nos dias de hoje.

Além disso, um esterilizador de qualidade e confiabilidade tem que agregar simplicidade de manuseio e operação, objetividade e segurança dos parâmetros físicos com controle moderno para a obtenção de uma esterilização dentro dos parâmetros válidos.

A autoclave horizontal de 60 litros vem sendo projetada com todos esses parâmetros para a obtenção de uma esterilização adequada, pois seus testes foram considerados como dentro dos padrões.

A secagem um dos motivos deste trabalho ser realizado vinha sendo um gargalo dentro do projeto da autoclave horizontal de 60 litros, mas através de estudos e teste o problema pode ser solucionado com êxito, apesar da solução não ser a de melhor custo benefício foi a mais satisfatória, podendo assim ser colocada em série à fabricação da autoclave horizontal de 60 litros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-ISO11134: 2001:** esterilização de produtos hospitalares. Requisitos para validação e controle de rotina. Esterilização por calor úmido.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-ISO11816: 2003:** esterilização - esterilização a vapor com vácuo.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Normas Regulamentadoras – **NR 13** – Caldeiras e Vasos de pressão, Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão. Edição comemorativa 10 anos da NR-13. – 1. reimpressão. – Brasília: MTE, SIT, DSST, 2006. 61 ed. São Paulo: IOB, 2006.

Block, S. S. **Disinfection, Sterilization and Preservation.** 10 ed. 1991.

CARBÓ. Héctor Mario. **Aço Inoxidável – Aplicação e Especificação.** Disponível em: <http://www.nucleoinox.org.br/upfiles/arquivos/downloads/Acesita_Aplica_Especificica.pdf>. Acessado em: 21 de agosto 2012.

Pflug, I. J – **Micorbiology and Engeneering of Sterilization Processes.** 10.ed.1999.

TELLES, Pedro Silva. **Vasos de Pressão.** 2 ed. Editora LTC.2010

KREITH, Frank. **Princípios da Transmissão de Calor.** 3 ed.1977.

LENGERT, AL Humberto Poll. **Desinfecção e Esterilização.** Disponível em: <http://www.essex.ensino.eb.br/doc/PDF/PCC_2008_CFO_PDF/CD49%201%BA%20Ten%20AL%20HUMBERTO%20POLL%20LENGERT.pdf>. Acessado em: 16 de agosto 2012.

LUQUETA, Gerson R. **Principio da Esterilização Por Calor Úmido – Como Funciona uma Autoclave.** Disponível em: <http://www.baumer.com.br/baumer/upload/artigo/portugues/principio_esterelizacao_calor_umido.pdf>. Acessado em: 26 de maio 2012.

LUQUETA, Gerson R. **Esterilizador a vapor com vácuo – aspectos mecânicos e de instrumentação necessários para obtenção de um artigo estéril.** Disponível em: <http://www.baumer.com.br/Pharma/upload/artigo/Portugues/Esterilizadores_vapor_saturado.pdf>. Acessado em: 15 de agosto 2012

NETO, Carlos Boabaid. **Transferência de Calor.** Disponível em: <http://wiki.sj.cefetsc.edu.br/wiki/images/e/ec/Apostila_TCL_V3_2010_Parte_2.pdf>. Acessado em: 21 de agosto 2012.

PEREIRA, Jorge dos Santo. **Teste Hidrostático em Vasos de Pressão.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAkW8AC/teste-hidrostatico-vasos-pressao>>. Acessado em: 20 de agosto 2012.

ROCHA, Robson Victor. **Desmistificando o Funcionamento de um esterilizador.**
Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/62513883/Apostila-Desmitificando-Autoclave>>.
Acessado em: 20 de agosto 2012.