

UM OVERVIEW EM UMA AUTOCLAVE HORIZONTAL AN OVERVIEW IN HORIZONTAL AUTOCLAVE

Julian Mateus Pereira Manzini¹

Fabiana Florian²

Alessandro Marcio Hakme da Silva³

ENGENHARIA ELÉTRICA

Resumo: O funcionamento adequado do sistema de uma autoclave determina uma correta esterilização. Entretanto se houver uma falha nos sistemas eletroeletrônicos, Controlador Lógico Programável (CLP), hidráulico ou na estrutura física do equipamento, o processo de esterilização poderá ser comprometido, não garantindo a segurança e a qualidade desejada. Este artigo apresenta três métodos que garantem um melhor funcionamento e desempenho das autoclaves, nos quais são descritos: a) Controle dos sistemas funcionais da Autoclave e monitoramento da esterilização para controle bacteriológico, b) Bloqueio de acesso à parâmetros de funcionamento e navegação por meio senha e usuário, c) Mudança do layout das telas de navegação e habilitação de porta usb e ethernet para monitoramento remoto. Seguindo esses métodos pode-se ter maior confiabilidade e segurança para os usuários e pacientes, pois se algum tipo de instrumento ou equipamento médico não for esterilizado corretamente pode trazer danos irreparáveis a saúde dos pacientes e até mesmo aos que manuseiam o equipamento. Esses equipamentos necessitam de uma atenção especial, pois são vasos de pressão e possuem distintos componentes que permitam um manuseio seguro e eficaz. Estes métodos de calibração foram realizados com base em informações fornecidas pela empresa Phoenix Lufenco, fabricante de autoclaves no Brasil, e possui referencial para o desenvolvimento das

¹ Graduando em Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. E-mail: manzini.mateus@gmail.com

² Docente do Curso de Engenharia Elétrica. E-mail: fflorian@uniara.com.br

³ Orientador, docente do Curso de Engenharia Elétrica da UNIARA. E-mail: amhakme@uniara.com.br

informações destacadas neste overview. Com o intuito de demonstrar como são realizadas a produção, o controle e a utilização de autoclaves dentro das organizações, foram estabelecidas todas as etapas consideradas essenciais para o seu uso correto, na garantia de um serviço com qualidade e com bons resultados como a completa esterilização e biossegurança no manuseio do equipamento.

Palavras-chave: Autoclave, Controlador Lógico Programável, Esterilização.

Abstract: The proper functioning of the autoclave system determines correct sterilization. However, if there is a failure in one of your systems (PLC, electrical, structural or hydraulic), it can compromise the sterilization process and can not guarantee the safety and the desired quality. This work presents three methods that guarantee a better functioning of the autoclaves, introducing greater reliability and safety to the users and patients. a) Systems Functional Control of the autoclave and sterilization monitoring for bacteriological control, b) Block access to the parameters of operation and navigation through password and username, c) Layout changes of the navigation screens and enable usb and ethernet port for remote monitoring. Any type of instrument or medical equipment is not sterilized correctly can bring irreparable damages to the health of patients and even those who handle the equipment. The equipment need special attention because they are pressure vessels, and thus, it have different components that allow a safe and effective handling. The calibration steps was based on information provided by Phoenix Luferco, which is a renowned autoclave manufacturer in Brazil, and has a reference for developing the information highlighted in this overview. In order to demonstrate how the production, control and use of autoclaves are performed inside the organizations, was established all steps of the correct use considered as essentials to guarantee a service with quality and good results such as a complete sterilization and biosafety in the handling of equipment.

Key words: Autoclave, Programmable Logic Controller, Sterilization.

1 INTRODUÇÃO

A Autoclave é o equipamento capaz de saturar vapor úmido sob pressão com temperatura superior à 130°C, eliminando microrganismos e bactérias que são nocivos à saúde. Segundo Righetti (2011), toda esterilização em autoclaves deve obedecer a uma série de pré-requisitos, desde a limpeza até os testes de funcionamento, a fim de garantir uma correta esterilização, tendo como objetivo evitar possíveis contaminações e danos à saúde e ao bem-estar de pacientes e usuários desses equipamentos.

Ao longo da história, a humanidade tem utilizado o fogo para purificar coisas. O calor gerado por uma aplicação a altas temperaturas atua no rompimento das membranas e desnaturação de proteínas e ácidos nucléicos. A queima, porém, é um tanto excessiva

para o uso cotidiano. Agentes transmissíveis (tais como esporos, bactérias e vírus) podem ser eliminados através da esterilização. Isso é diferente da desinfecção, na qual apenas os organismos que causadores de doenças são removidos.

O intuito inicial que visa restringir o acesso de pessoas que não tem conhecimento específico para alterar parâmetros fundamentais para a esterilização, por meio de usuário e senhas por meio de nível hierárquico, somado com a realidade das crises de recursos como energia e água, trouxe a necessidade de se pensar em algo que diminuiria a chance de erro em se fazer uma esterilização fora dos parâmetros, pois uma autoclave utiliza uma ou dependendo do modelo até três resistências trifásicas que são ligadas por diversas vezes para gerar vapor, e seu consumo de água é igual ao de uma torneira aberta, por minuto ela pode consumir de 12 a 20 litros (PHOENIX LUFERCO).

Por esses motivos foram implementadas as seguintes melhorias no processamento e na visualização dos parâmetros de calibração da autoclave:

- a) Parâmetros modificados no layout das telas (Circuito comando - potência);
- b) Cálculo matemático que monitora toda região do interior da autoclave para serem expostos a mesma intensidade de temperatura pelo mesmo tempo;
- c) Monitoramento do ciclo funcional de esterilização da autoclave garantindo que seus usuários finais tenham o resultado esperado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AUTOCLAVE

Uma das empresas nacionais que produzem autoclaves é a Phoenix Lufenco, localizada no município de Araraquara, interior do Estado de São Paulo. Esta empresa produz Autoclave e aparatos científicos voltados para a área da saúde. Um dos modelos de autoclave é o AH-39209 DZ, que é uma Autoclave mais robusta, possui a capacidade de 100 litros e é dotada de uma porta frontal deslizante, isto é uma porta com funcionamento e intertravamento pneumático, dando mais segurança a seus usuários e ao processo de esterilização (PHOENIX LUFERCO).

Os instrumentos para controle do funcionamento da Autoclave estão dispostos em um painel contendo uma chave liga-desliga com indicação luminosa, manômetro indicativo da pressão na câmara externa e gerador de vapor, manovacuômetro indicativo

de pressão e vácuo na câmara interna, botão de emergência para desligamento total do equipamento e depressurização rápida do gerador, controle de nível e eletrodos, para controle da energia elétrica nas resistências conforme o nível de água, protegendo-as contra queima, registro de agulha acoplado à câmara interna para descompressão lenta e eliminação da umidade, registro de controle de vazão entre a câmara interna e externa para controle da injeção de vapor nos testes de Bowie Dick.

Este equipamento também utiliza um Controlador Lógico Programável (CLP) que proporciona a seleção de um ciclo pré-programado ou programação de novos parâmetros para temperatura de esterilização na faixa de 90°C a 135°C, tempo de esterilização e secagem de 0 a 99 minutos, iniciar ou cancelar um ciclo, comandar o equipamento manualmente mediante senha, visualização dos parâmetros do ciclo selecionado, da fase em processo, de mensagens operacionais e de segurança, indicador digital da pressão incorporado na própria IHM onde em qualquer fase do ciclo é possível verificar a pressão de trabalho do Gerador de vapor da Câmara Externa e vácuo, pressão e temperatura da Câmara Interna. É possível também uma auto calibração de pressão compensando a pressão atmosférica no local da instalação, relógio em tempo real integrado permite transferir dados de tempo para o CLP, faz também a abertura e fechamento das portas em equipamentos com porta deslizante automática.

Essas Autoclaves possuem um sistema de segurança que é composto por válvulas de segurança para alívio imediato na câmara externa, caso a pressão ultrapassar o limite máximo de trabalho, uma válvula manual, para descarga total do vapor e pressão em caso de emergência, um pressostato de segurança na câmara externa, faz também o controle da pressão da câmara externa por meio de pressostato ou transmissores de pressão, tem sensores de temperatura PT-100 classe 1 para controle preciso de temperatura da câmara interna, sensor anti-esmagamento, válvula de segurança na câmara Interna contra entrada de ar comprimido e também um filtro de ar bacteriológico que retém partículas maiores ou iguais a 0,1 (micron).

2.2 ESTERILIZAÇÃO

A eficiência do processo de esterilização depende de dois fatores principais: o primeiro é o tempo térmico final, isto é, o tempo que os micróbios devem ser expostos a certa temperatura antes de estarem todos mortos; o segundo fator é o ponto térmico ou

temperatura térmica final onde todos os micróbios em uma amostra estão mortos (EUROTHERM).

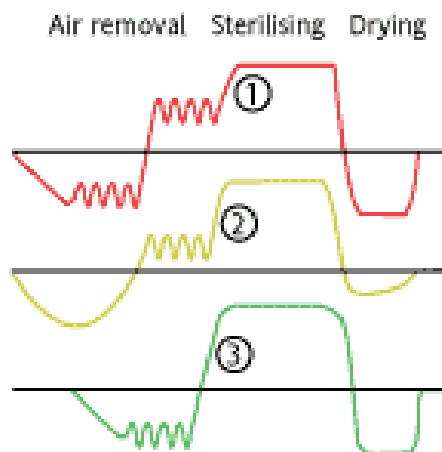
O calor suficiente assegurado pelo vapor e pressão é transferido para o organismo para matá-lo. Uma série de pulsos de pressão negativa é utilizada para aspirar todos os vestígios de ar, enquanto a penetração do vapor é maximizada pela aplicação de pulsos positivos sucessivos.

De acordo com a empresa Eurotherm LTDA, os ciclos normalmente usados nas autoclaves são:

1. Ciclo para tecidos, unidades de filtro reunidas e descartar cargas.
2. Ciclo para plásticos e vidros de laboratório.
3. Ciclo usado principalmente para descartar cargas.

A Figura 1 apresenta os ciclos 1, 2 e 3 descritos pela Empresa para o funcionamento da Autoclave.

Figura 1 - Ciclos de uma autoclave



Fonte: Eurotherm, 2018.

O desempenho do processo pode ser confirmado pelo monitoramento das alterações de cor no indicador, frequentemente marcadas nos pacotes ou produtos que passarão pela autoclave. Indicadores biológicos como os *Attests* podem ser utilizados também. Eles contêm os esporos do *Bacillus sterothermophilus*, que estão entre os

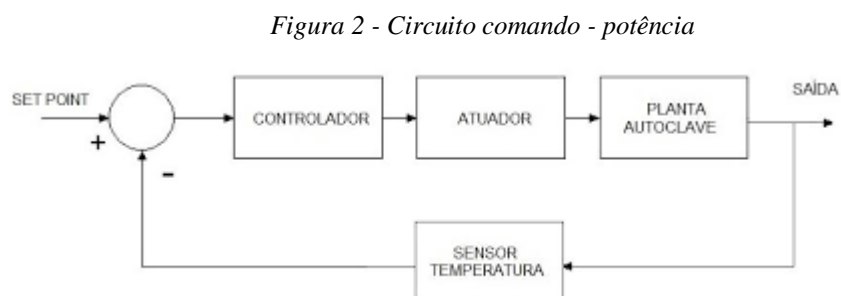
organismos mais resistentes que uma autoclave tem a destruir. Após uma execução na autoclave, o vidro interno no vial do *Attest* é despedaçado, permitindo que os esporos vão para um meio líquido diferencial. Se a autoclave tiver destruído os esporos, o meio permanece azul. De outro modo, os esporos irão metabolizar, gerando uma alteração na cor para o amarelo após dois dias de incubação a 56°C (HEXIS Científica).

Um sistema de controle deve, portanto, fornecer flexibilidade para que o controle repetido e preciso da esterilização seja obtido o que inclui as seguintes funções:

- Controle preciso do *loop* com programação do perfil do *setpoint*
- Sistema de Gerenciamento de Receita para fácil parametrização
- Controle sequencial para as estratégias de controle complexas
- Coleta segura de dados *on-line* do sistema de esterilização para análise e evidência
- Visualização local para o operador com gráficos claros e controle de acesso aos parâmetros

3 DESENVOLVENDO O DISPOSITIVO

Para a construção da Autoclave, exemplificada neste trabalho (AH-39209 DZ), foi seguida de forma criteriosa as normas nacionais e internacionais de construção, ensaios e testes para a validação do equipamento, além da NR13/ 2017 (que tem como objetivo condicionar inspeção de segurança e operação de vasos de pressão) e a NR10/ 2016 (que tem por objetivo garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem com instalações e serviços em eletricidade). O diagrama de blocos do funcionamento da autoclave pode ser analisado na Figura 2.



Fonte: Marzagão, 2014.

O diagrama de blocos representa de forma gráfica o sistema que está sendo controlado, com o objetivo de a esquematização ficar mais simples para a visualização, conseguindo passar as informações e a função de cada elemento integrante do sistema. Por meio dele pode ser transmitido a função de cada estágio e fazer uma relação entre as etapas de interligação entre eles.

Se alguma variável for alterada para fora dos parâmetros de utilização, não será possível fazer uma esterilização eficiente e eficaz (BRASIL, 2010).

O fator de esterilização que é representado por F0 é um cálculo matemático que monitora toda região do interior da autoclave incluindo os instrumentos a serem esterilizados, garantindo a exposição da mesma intensidade de temperatura pelo mesmo tempo. Segundo BRITO (2002), não se pode deixar de levar em consideração que uma má penetração de vapor, irá transferir de forma insuficiente a energia térmica.

Quando houver a existência de gases não condensáveis, remoção de ar insuficiente, ciclos com temperatura superaquecida, cargas más distribuídas, isto tudo pode fazer o F0 variar muito rapidamente entre vários pontos da carga a ser esterilizada. Alguns testes feitos em laboratórios comprovam que a autoclave com vapor pobre em umidade e com penetração de vapor ineficaz, pode ter componentes químicos classe 5 e 6 negativados. Pode-se ter por exemplo apenas 1 ml de gases que não foram condensados em um tubo de 1 metro e 2 mm de diâmetro, irá ter uma área de 30 cm sem o vapor ser penetrado. Se o material for esterilizado em 121 ° C, por 15 minutos no interior de uma autoclave com problema em seu sistema de vácuo, o F0 seria reduzido de 15 minutos para pouco mais de 5 minutos no interior do instrumento. Sendo assim poderíamos afirmar que o material teria uma grande chance de estar contaminado, no entanto os testes químicos e biológicos demonstrariam sucesso na esterilização.

O que determinará uma letalidade, e que todo material seja tocado por um vapor saturado com título de 0,95 é a capacidade de transmitir energia térmica com qualidade de forma uniforme em todo interior da câmara interna da autoclave. Apenas dessa forma pode-se garantir que haverá um F0 efetivo que está atingindo de forma equilibrada todos os pontos da carga. O F0 é representado pela fórmula:

$$F0 = \Delta t \sum_{10} \frac{T - 121}{z} \quad (1)$$

Sendo:

Δt = Intervalo de tempo entre as medições de T

T = A temperatura do produto esterilizado no momento T

Z = Coeficiente de temperatura, assumiu-se o valor constante de 10 °C

Com os valores de F0, que se alteram constantemente e com o princípio de funcionamento de uma autoclave, foi desenvolvida uma sistemática que controla por nível hierárquico o modo de navegação e acesso dos usuários, uma vez que no sistema antigo era possível alterar parâmetros de forma errônea, isso poderia acarretar um ciclo contínuo de erros e esterilizações não confiáveis. Por exemplo, se algum usuário baixar a temperatura de esterilização de 134°C para 110°C, ocorrerá o ciclo, porém de uma forma errada. Segundo PEREIRA (2015), a temperatura para uma esterilização correta fica entre 121°C e 134°C, dependendo do material a ser esterilizado.

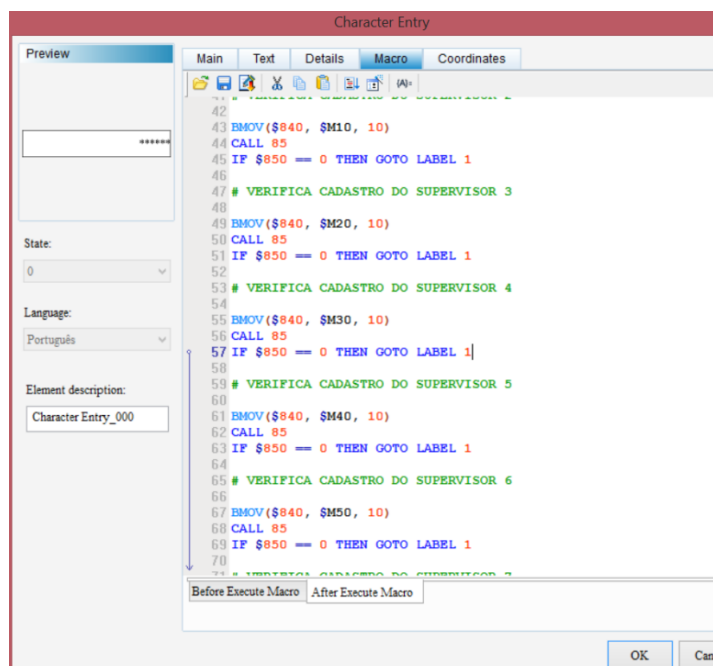
É importante salientar que para cada tipo de esterilização é necessário ter conhecimento de quais parâmetros utilizar, pois alguns materiais são mais sensíveis a temperatura que outros. Por exemplo: para esterilizar líquidos para efetuar o descarte, a temperatura deve estar em 121°C, pois nessa temperatura é possível extinguir as bactérias que estão no composto. Em outros casos que pode-se elevar a temperatura em instrumentos de metal, por exemplo uma tesoura ou bisturi cirúrgico a temperatura deve estar em 134°C. Por serem tão específicos esses parâmetros se faz tão necessária a proposta deste trabalho em colocar senhas para determinar quem consegue alterar e quem só irá fazer o ciclo. A Figura 3 apresenta parâmetros pré-determinados para esterilização.

Figura 3 - Parâmetros pré-determinados para ciclos

Programa	Pressão C.E [bar]	Pressão C.I [bar]	Temp. Pré Esterilização [°C]	Temp. Esterilização [°C]	Tempo de Pré Esterilização [min]	Tempo de Esterilização [min]	Tempo de Secagem [min]	Tempo de Resfriamento [min]
Pre Aquec B&D**	2.60	2.35	134	134	05	02	03	00
Bowie Dick**	2.60	2.35	134	134	05	3.5	05	00
RSSS	2.60	2.35	134	134	05	09	25	00
Instrumentais	2.60	2.35	134	134	05	09	20	00
Caixas	2.60	2.35	134	134	05	12	30	00
T. Sensíveis	1.60	1.40	121	121	05	25	15	00
Líquidos-1*	1.60	1.40	134	134	05	20	00	15
Líquidos-2*	1.60	1.40	134	134	05	20	00	15
Flash	2.60	2.35	134	134	05	04	04	00
Prog.10	2.60	2.35	134	134	05	09	20	00
Prog.11	2.60	2.35	134	134	05	09	20	00
Prog.12	2.60	2.35	134	134	05	09	20	00
Prog.13	2.60	2.35	134	134	05	09	20	00

Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Figura 4 - Trecho do programa no CLP onde cadastra o usuário



Fonte: CLP Delta, 2018.

A Figura 4 demonstra o trecho do programa, em que pode-se cadastrar usuários com nível hierárquicos de acesso.

O ciclo de esterilização consiste em retirar todo ar, umidade e possíveis impurezas que podem estar na câmara interna e inserir vapor (dependendo do ciclo o vapor tem que estar em 121°C ou até 134°C). No processo de esterilização a autoclave fica oscilando em fazer vácuo e inserir vapor saturado, temos um exemplo prático o teste Bowie Dick que consiste em fazer 3 pré vácuo, 2 pressão positiva de vapor saturado, vácuo novamente, aquecimento para uniformizar a temperatura, esterilização que já está na temperatura e pressão correta por determinado tempo e secagem para retirar toda umidade.

O detalhamento do ciclo de esterilização com as telas que foram propostas é apresentado da seguinte maneira:

Na primeira etapa é feito o primeiro contato com o usuário, onde irá ser cadastrado um ou mais supervisores, que poderão ter acesso total nos parâmetros e dados da autoclave, incluindo forçar uma saída para executar algum possível teste e verificar parâmetros gerais do equipamento.

Figura 5 - Tela onde efetua-se o cadastro do supervisor


CADASTRO SUPERVISOR	
Supervisor 1	Senha 6 dig.
*****	*****
Supervisor 2	Senha 6 dig.
*****	*****
Supervisor 3	Senha 6 dig.
*****	*****
	RESET

Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Na tela da figura 5, já é possível incluir ou deletar o supervisor e a senha, no exemplo pode-se cadastrar até três supervisores.

A tela da figura 6 é onde se cadastra o operador que irá executar a esterilização e limpeza do equipamento, ele fica restrito em apenas fazer o ciclo, abortar o ciclo, abrir e fechar porta e outras funções básicas que não poderão comprometer a qualidade da esterilização.

Figura 6 - Tela onde efetua-se o login para utilizar a Autoclave

LOGIN E SENHA	
OPERADOR	*****
SENHA	*****
SUPERVISOR	*****
SENHA	*****
	

Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Salienta-se que um dos problemas mais decorrentes que existia era a alteração de parâmetros básicos como tempo de esterilização, mudança de temperatura entre outros. A partir desta tela (Figura 6) não é mais possível fazer essas alterações, sem ser alguém

cadastrado como supervisor, que previamente tenha sido verificado se o mesmo tem conhecimento e fundamento para fazer alterações.

Figura 7 - Início da operação



Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Uma vez cadastrado o operador valida seu login e sua senha, já podendo iniciar o ciclo desejado. Se o login for do supervisor ele poderá configurar parâmetros na aba “configurar programas” (figura 7), caso esteja como operador, apenas terá acesso na aba “iniciar ciclo”. Uma vez já efetuado o cadastro, o CLP já começa a abastecer o gerador de vapor, onde quando atingir o sensor de nível alto irá fechar o contator K1 que ligará a resistencia, gerando vapor com pressões em média de 2.5 BAR.

Figura 8 - Tela de seleção de programa



Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Na aba da figura 8 é possível selecionar o programa desejado para iniciar o ciclo de esterilização, no exemplo que foi proposto é o programa Bowie Dick.

Uma vez selecionado o programa a ser executado, já é possível abrir a porta para inserir os materiais a serem esterilizados, foi criado também uma tela onde é possível inserir o código do produto e o lote, com o intuito de ter um controle mais eficaz e ajudar também no armazenamento onde pode ser utilizado esse número para estocagem e para tempo de utilização (figura 9).

Figura 9 - Tela em que cadastra o código e lote do produto a ser esterilizado

Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Com os dados corretamente inseridos e com o material já acomodado, já é possível fechar a porta frontal da máquina e começar o ciclo.

Figura 10 - Tela inicial de ciclo

Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

É possível ver os parâmetros, como pressões, temperatura, tempo de esterilização, etc. em tempo real (figura 10).

Iniciando o ciclo há o pré vácuo 1, que consiste em retirar todo ar do interior da câmara interna, esse valor é pré setado no programa, o supervisor pode alterar esse valor, uma vez que considerar que isso não irá afetar o ciclo, esse valor varia de acordo com a capacidade da câmara interna e da bomba de vácuo. Nessa autoclave de 100 litros que é composta por uma bomba de 1,5 CV foi determinado o pré vácuo de 0.60 mmHg.

Figura 11 - Tela de pré vácuo

PRÉ VÁCUO - VÁCUO 1	
Status: Parado	Porta(s) Aberta(s)
Programa ABCDEFGHIJKLMNOP	Pressão Programada
Pressão C. Ext 1.23 bar	1.23 bar
Temperatura 123.4 °C	Pressão C. Interna
Tempo Limite 12:12	1.23 bar
Operador	
ABCDEFGHIJKLMNOP	
Cód. do produto	
ABCDEFGH	
Lote	
ABCDEFGH	

Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Após o pré-vácuo 1 (figura 11), é inserido na câmara interna o vapor, com 0,80 BAR de pressão, em seguida faz o pré vácuo 2, depois inseri 1 BAR de pressão, faz o pré vácuo 3, logo em seguida se inicia o aquecimento.

Figura 12 - Tela de aquecimento

AQUECIMENTO	
Estado: Parado	Porta(s) Aberta(s)
Programa Selecionado ABCDEFGHIJKLMNOP	Tempo Limite 12:12
T Esterilização 123.4 °C	T. Câmara Interna
Pressão C. Ext 1.23 bar	123.4 °C
Pressão C. Int 1.23 bar	
Operador	
ABCDEFGHIJKLMNOP	
Código do Produto	
ABCDEFGH	
Lote	
ABCDEFGH	

Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

O aquecimento (figura 12) tem como objetivo deixar de forma uniforme a temperatura em todo interior da câmara interna, preparando a mesma para a próxima etapa

que é a esterilização. O aquecimento consiste em injetar vapor com pressão em torno de 2.3 Bar para que seja alcançada uma temperatura de 134°C que é o ponto ideal para fazer a esterilização. Por meio do CLP que faz a comparação do que foi setado e de quanto está a temperatura e pressão o controlador faz abrir e fechar uma válvula solenoide para inserir vapor, ele vai comparando a temperatura que é lida pelo sensor de temperatura PT100 e pressão por meio de transdutor de pressão, até que as variáveis fiquem iguais as que foram configuradas, após esses valores serem alcançados a próxima etapa começa.

Figura 13 - Esterilização

ESTERILIZAÇÃO	
Status: Parado	Porta(s) Aberta(s)
Programa Selecionado	ABCDEFGHIJKLMNPO
Temp. Esteriliz	123.4 °C
Tempo Restante	12:12
Pressão C. Ext	1.23 bar
Pressão C. Int	1.23 bar
Operador	ABCDEFGHIJKLMNO
Cód. do produto	ABCDEFGHI
Lote	ABCDEFGHI
	123.4 °C
	T. Câmara Interna
	
	Cancelar

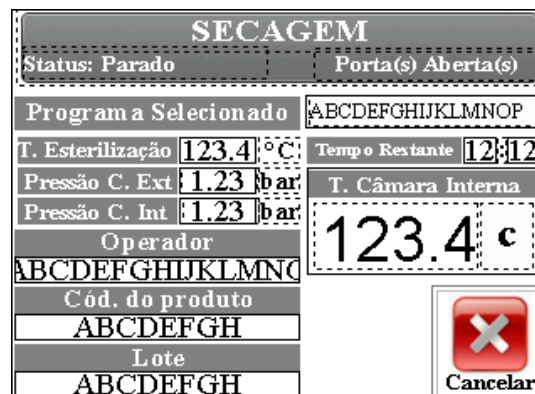
Fonte: Phoenix Luferco, 2018.

Com a temperatura estável já se inicia a esterilização (figura 13), com pressão e temperatura sem se alterar bruscamente, os instrumentos ficam 3 minutos expostos a 134°C e a uma pressão entre 2.3 e 2.5 BAR, essa faixa de trabalho permite com que o F0 (índice de esterilização) que já foi citado anteriormente, seja alcançado e mantido de forma mais uniforme possível, pois ele se altera constantemente e é corrigido pela variável que foi inserida no programa $\sum_{10} \frac{T-121}{z}$, fazendo assim uma verificação a cada 1 segundo e corrigindo o F0, garantindo que em todo interior da câmara externa seja conseguido atingir uma boa esterilização.

Após a esterilização é necessário fazer a secagem dos instrumentos que foram esterilizados, pois se forem retirados ainda umidos irão atrair bactérias e perder sua propriedade esteril.

A secagem consiste em se criar um vácuo contínuo por 5 minutos, sem a necessidade de ter um vácuo pré determinado, isto é a bomba vai fazendo vácuo com sua capacidade total, com o intuito de retirar toda umidade, fazendo assim também um pré resfriamento dos instrumentos (figura 14).

Figura 14 - Tela da secagem



Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Após a completa finalização desses passos se tem o fim de ciclo, em que já é possível retirar os instrumentos esterilizados e armazená-los em local apropriado, a figura 15 estabelece o fim do procedimento para armazenagem e o uso posterior (visualização dos gráficos e parâmetros pré determinados).

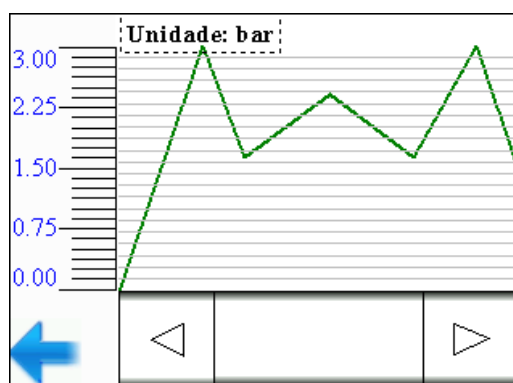
Figura 15 - Tela de fim de ciclo



Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Após o ciclo é possível verificar gráficos, entre eles o de pressão para confirmar se a pressão utilizada seguiu os parâmetros que foram pré-determinados (figura 16).

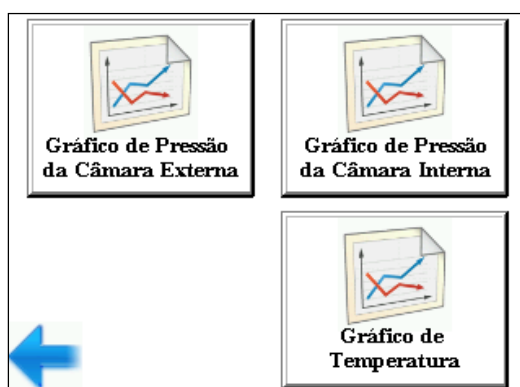
Figura 16 - Tela da variação da pressão



Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Pode-se também ser verificado o gráfico de pressão da Câmara externa, interna e de temperatura, com o intuito de verificar possíveis falhas (figura 17).

Figura 17 - Tela de gráficos de pressão e temperatura



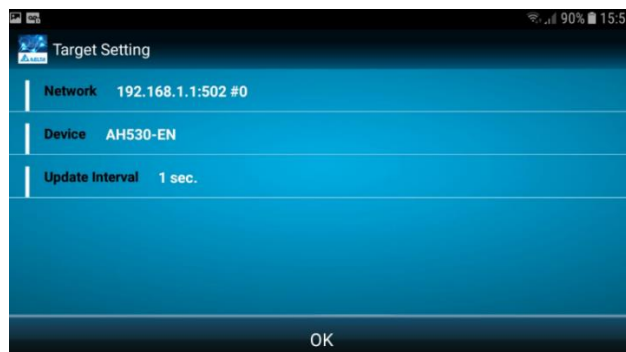
Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Foi também proposto a habilitação das portas USB e Ethernet, com a premissa de controlar de forma remota os ciclos e as atividades que estão sendo executadas e quais tipos de ciclos estão acontecendo. Com o acesso remoto é possível analisar todos os parâmetros e as etapas de esterilização se estão compatíveis com o esperado e também sendo possível salvar ciclos direto no pen drive na IHM ou no computador, sem ter a necessidade de se usar a impressora da máquina, trazendo mais economia e controle para o usuário final.

A IHM da marca Delta que a autoclave utiliza, tem a possibilidade de se conectar com um smartphone ou tablete também, utilizando um programa que pode ser baixado gratuitamente. Utiliza-se um roteador ligado na saída ethernet da IHM, criando uma conexão sem fio com um celular por exemplo, aí basta seguir as instruções e passos do

programa que aparecem na tela do celular, se configura um IP no roteador e posteriormente aparecerá a tela da IHM no celular, onde é possível controlar a autoclave de modo remoto, trazendo mais conforto e agilidade ao usuário (figura 18).

Figura 18 - Tela conectada com tablet



Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Foi buscado uma melhoria e conforto visual para os usuários, pois antigamente as telas da autoclave não eram tão claras, fazendo surgir dúvidas no processo de esterilização e até mesmo se o mesmo tinha sido executado com êxito.

Demonstrando um exemplo de uma tela antiga, pode-se verificar como era mais difícil de entender a real situação da autoclave, trazendo a incerteza de uma esterilização aceitável pelos padrões estabelecidos (figura 19).

Figura 19 - Tela antiga de aquecimento



Fonte: Phoenix Lufenco, 2018.

Depois das alterações que foram sugeridas é possível notar que a tela possui mais detalhes e proporciona maior entendimento para os usuários, nessa tela é possível ver

parâmetros que antes não eram vistos, trazendo assim uma maior riqueza de detalhes ao usuário e uma maior qualidade e controle nos ciclos.

O intuito inicial, somado com a realidade das crises de recursos como energia e água, trouxe a necessidade de se pensar em algo que diminuiria a chance de erro em se fazer uma esterilização fora dos parâmetros, pois uma autoclave utiliza uma ou dependendo do modelo três resistências trifásica que é ligada por diversas vezes para gerar vapor, e seu consumo de água é igual ao de uma torneira aberta, por minuto ela pode consumir de 12 a 20 litros. Por esses motivos foram pensadas essas melhorias tanto na visualização e entendimento do que está acontecendo na autoclave quanto para garantir que seus usuários finais por exemplo pacientes e médicos tenham o resultado esperado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Hospitais, Laboratórios de Análises Clínicas, Indústrias Farmacêuticas, Usinas, Aeroportos ou qualquer recinto onde é necessário se fazer esterilização, é de extrema importância ter um controle rigoroso do ciclo de esterilização. Pois somente assim e por meio de testes Bowie Dickie, teste biológico ATTEST 1262BP e testes de fita, pode-se qualificar e garantir a eficácia da esterilização que foi realizada.

Se ao restringir o acesso por meio de senhas, e para cada senha houver um nível hierárquico que possa alterar determinados parâmetros apenas, pode-se obter um controle do que foi alterado e por qual usuário, realizando assim um controle mais eficiente, em que parâmetros básicos sejam determinados, para a correta esterilização, e consequentemente sejam seguidos, garantindo-se assim mais segurança e qualidade para os pacientes ou clientes finais, evitando-se também possíveis desperdícios.

O intuito deste trabalho foi demonstrar como é realizada a produção, controle, e utilização de autoclaves dentro das organizações, e como o seu uso correto é essencial para garantia de um serviço com qualidade com bons resultados como os mostrados anteriormente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Recomendações sobre Limpeza, Desinfecção, Acondicionamento, Esterilização, Guarda e Distribuição de Artigos Médico hospitalares e Materiais Cirúrgicos**. Hospital Federal de Bonsucesso, 2010, Rede hospitalar federal no Rio de Janeiro.

BRITO, M. F. P. Validação dos processos de esterilização de artigo médico-hospitalares segundo diferentes embalagens. 2002. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, v. 55, n. 4, páginas 414-419, jul./ago. 2002 – Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/reben/v55n4/v55n4a09.pdf>> Acesso em: 02/09/2018.

EUROTHERM – Disponível em <<http://www.eurothermltda.com.br>> Acesso em: 15/09/2018.

HEXIS Científica - Disponível em: <http://www.hexis.com.br/produto/indicador-biologico-attest-1262bp-vapor-25un>. Acesso em: 10/09/2018.

MARZAGÃO, A. R. **Estudo da automatização do processo de esterilização da autoclave vertical**. 2014. UTRPR, Paraná. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6244/1/TD_COELE_2014_2_%2012.pdf> Acesso em: 05/09/2018.

NORMA REGULAMENTADORA. NR 10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE. 2016. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>> Acesso em: 07/09/2018.

NORMA REGULAMENTADORA. NR-13 CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÃO. 2017. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR13.pdf>> Acesso em: 07/09/2018.

PEREIRA, R. **Cinética de morte bacteriana, indicadores biológicos e letalidade de ciclos de esterilização a vapor**. Disponível em: <<http://centraldeesterilizac.hospedagemdesites.ws/blogcme/wp-content/uploads/2015/08/Cin%C3%A9tica-de-morte-bacteriana-indicadores->

biol%C3%B3gicos-e-letalidade-de-ciclos-de-esteriliza%C3%A7%C3%A3o-a-vapor..pdf > Acesso em : 10/09/2018.

PHOENIX LUFERCO – Disponível em <http://www.phoenix.ind.br> Acesso em: 17/09/2018.

RIGHETI C. Autoclave: aspectos de estrutura, funcionamento e validação. 2012. **RESBCAL**, São Paulo, v.1 n.2, p. 185-189, abr./maio/jun. 2012 – Disponível em <<http://www.sbc.org.br/old/upload/arqupload/artigo7volume2-8019a.pdf>> Acesso em: 20/09/2018.