

ESTUDO DE CASO: MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

SILVA, Gustavo Pimentel da¹
Centro Universitário Academia - UniAcademia
ABRITTA, Camila do Carmo Almeida²
Centro Universitário Academia – UniAcademia
SILVA JÚNIOR, Dalmo Cardoso da³
Centro Universitário Academia – UniAcademia

Linha de pesquisa: Automação

RESUMO

Os equipamentos médico-hospitalares dentro de uma unidade hospitalar apresentam papel de suma importância, são responsáveis por diagnósticos, monitorização e auxílio direto à vida de um paciente. Cada equipamento apresenta diferentes funções e variados tipos de parâmetros fisiológicos. Com a alta demanda dentro de um hospital, a falta de equipamentos devido a falhas corretivas pode impactar no desabastecimento dentro da unidade hospitalar, podendo gerar paralisação de leitos e salas cirúrgicas, transtornos sociais e até físicos. Além disso, uma falha inesperada e não planejada tem um maior custo para as instituições e a necessidade imediata de reparo. Nesse trabalho, será apresentado um estudo de caso sobre manutenção preventiva de equipamentos médico-hospitalar, a sua importância dentro de uma unidade hospitalar, a fim de prevenir e prolongar a vida útil dos equipamentos, dessa forma será enumerado o conjunto de benefícios envolvendo a manutenção em destaque. Serão apresentados dados de verificação metrológica e análises a fim de, verificar tendências de erro de um equipamento antes do equipamento apresentar uma falha corretiva.

Palavras-chave: Equipamentos. Manutenção. Parâmetros. Falhas.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

² Professora Mestra do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

³ Professor Mestre do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

1 INTRODUÇÃO

A área da saúde demanda um nível de confiabilidade elevado, devido à criticidade de seu atendimento, dando suporte imediato à vida. Isso se faz presente desde os profissionais de saúde, até aos instrumentais e equipamentos que prestam o auxílio a um paciente necessitado. Para os equipamentos médico-hospitalares, este nível de confiabilidade tem de ser altíssimo, não podendo existir erros, pois uma falha pode ser crucial à vida de um paciente. A complexidade dos equipamentos hospitalares exige que estes sejam sujeitos a constantes manutenções, reparações e substituições de peças, é importante que empresas invistam em ferramentas que proporcionem um melhor gerenciamento de controle de manutenção, alcançando mais qualidade e durabilidade dos equipamentos, pois além de melhorar a capacidade de produzir, presta então um serviço com eficiência (dos Santos e Bauer, 2022). Com base nestas contextualizações, foi abordada nessa pesquisa a seguinte ideia: qual a importância da realização de uma manutenção preventiva nos equipamentos médico-hospitalares?

O foco em uma boa gestão dos equipamentos médico-hospitalares é a não interrupção de funcionamento dos aparelhos, diminuindo o tempo parado, o seu custo de mão de obra e o aumento de vida útil deles. Para garantir sua confiabilidade e o funcionamento destes equipamentos, a prioridade é dentro das manutenções preventivas, onde inspeções e testes periódicos, visando a prevenção de reparos emergenciais nos equipamentos eletromédicos, são atividades de grande relevância para a garantia da qualidade dos serviços de saúde, pois equipamentos fora do serviço implicam altos custos, tanto sociais como financeiros. Esses podem ser reduzidos em cerca de 50% pela correta aplicação de técnicas de manutenção preventiva (Lucatelli, 1998).

Neste artigo, será apresentado em referencial teórico os equipamentos médicos em geral, especificando cada equipamento presente dentro de uma unidade hospitalar, os tipos de manutenções principais (corretiva e preventiva) com seus prós e contras, além de todo sistema de gestão da manutenção preventiva dos equipamentos biomédicos, com as suas respectivas normas aplicáveis. Ao final, será apresentado como metodologia da pesquisa um estudo de campo realizado dentro de um hospital de Juiz de Fora. Na manutenção preventiva por amostragem foi realizada

a coleta de dados de calibração e lançados em uma tabela com calibrações anteriores, podendo-se observar por meio de pontos em curvas se o equipamento tende a apresentar algum problema futuro, tornando possível programar uma manutenção antes mesmo da falha.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo principal realizar um estudo de caso sobre a manutenção preventiva de equipamentos médico-hospitalares. Para atingir esse objetivo, será abordada uma análise abrangente de conhecimentos teóricos e práticos relativos aos diferentes tipos de manutenção de equipamentos. A abordagem central desta pesquisa consiste na exposição e avaliação dos dados resultantes das calibrações de amostras dos equipamentos. Esses dados serão organizados em uma tabela, incluindo parâmetros medidos em calibrações recentes e em calibrações de anos anteriores. Além disso, serão representados graficamente em curvas, permitindo a identificação de quais aparelhos podem apresentar tendências a erros, possibilitando a programação de reparos preventivos antes que problemas ocorram.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCEITO DA MANUTENÇÃO

O conceito do termo manutenção, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, resumidamente, é “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (ABNT, 1994). A manutenção atinge diversas áreas e diferentes níveis hierárquicos devido ao seu custo dentro de uma instituição, e por ser algo que possa ser mais controlável e transformar está mais viável. A função desempenhada pelo setor de manutenção deve ser considerada parte integral e fundamental da organização, pois assegura a disponibilidade de equipamentos, instalações e serviços, indispensáveis no desenvolvimento de suas funções, justificando, assim, sua existência. A manutenção deve ser considerada uma organização funcional da estrutura que dirige uma parte das operações da empresa, na qual, com o aumento da

complexidade tecnológica, o setor de produção torna-se cada vez mais dependente do setor de manutenção (Lucatelli, 1998).

Em qualquer tipo de serviço ou empresa, uma equipe de manutenção deve assegurar que não haja quebras ou mau funcionamento do aparelho de forma inesperada, fornecendo sempre a máxima eficiência. Manter a confiabilidade do aparelho, de forma a não ocasionar riscos ao operador e usuário. Reduzir o tempo de indisponibilidade do equipamento e diminuir os custos de manutenção.

O setor de Engenharia Clínica dentro do hospital é o responsável direto pelo uso contínuo e econômico dos equipamentos médico-hospitalares, bem como pela organização e execução do programa de manutenção preventiva.

3.2 EVOLUÇÃO E HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Historicamente, a evolução da Manutenção se passou pelos períodos de Guerras e depois chegando no período industrial nos anos 70, sendo possível dividi-la em três distintos períodos:

- i) Primeira Geração: após a primeira Guerra Mundial, em que era contemplada a reparação dos equipamentos após o seu dano, surge o conceito de Manutenção;
- ii) Segunda Geração: após a segunda Guerra Mundial, onde o pós-guerra impulsionou a revolução industrial e uma crescente necessidade de mecanização da indústria, composta de máquinas numerosas e complexas e onde se pretendia assegurar a longevidade e continuidade dos equipamentos e a diminuição dos custos de produção. Surge o conceito de Manutenção Preventiva;
- iii) Terceira Geração: iniciada nos anos 70, procurando novas formas de maximizar a vida útil dos equipamentos produtivos, a sua disponibilidade, sua segurança e qualidade, e um controle sobre os custos de produção.

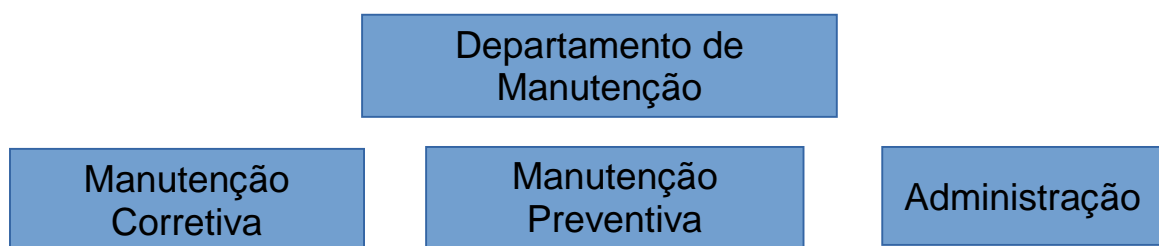
Evoluem processos de controle e sistemas de automatização, contribuindo para um planejamento da manutenção de forma mais eficiente e eficaz. Surge o conceito de gestão da Manutenção. A manutenção, reputada de tarefa secundária e dispendiosa, alvo de reduções fortes em tempos de crise ou em situações econômicas difíceis para as organizações, passou então, pelos custos das suas intervenções, a ser considerada fator determinante na economia das empresas, capaz de alterar radicalmente os índices de produtividade, a livre concorrência e o aumento de

produção por empregado. Por outro lado, a globalização e o contexto da competitividade nos mercados atuais lançam um desafio cada vez mais exigente e real para as organizações. A entrega ao cliente do produto ou serviço que este pretende, bem à primeira, com qualidade assegurada, e no prazo acordado é cada vez mais uma questão de sobrevivência e cada vez menos um fator de diferenciação (Barreiros, 2012).

3.3 MÉTODOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção envolve ações, planejadas ou não, com o objetivo de manter ou recolocar um item em condições de desempenhar uma função determinada. Usualmente, costuma-se classificar os trabalhos executados pela manutenção, desde um ponto administrativo, em três níveis distintos: nível I, que corresponde à Manutenção Corretiva; nível II, que consiste na conhecida Manutenção Preventiva, e nível III, que constitui uma técnica diferente denominada Manutenção Preditiva (Lucatelli, 1998).

Figura 1 – Funções básicas do departamento de manutenção



Fonte: Lucatelli (2002)

3.3.1 Manutenção corretiva

As manutenções corretivas, regra, apresentam um caráter de emergência, uma vez que levam à paragem, por período indefinido, do equipamento. Estas manutenções definem-se como o procedimento realizado após uma falha e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida (Leite, 2017). A manutenção corretiva teve seu surgimento no início da década de 1910, impulsionada pelo início da Primeira Guerra Mundial e pela Revolução Industrial imposta por Ford em 1913. Na época, apresentou-se como a solução para a maioria

dos problemas existentes visto que se utilizavam máquinas robustas e simples, suficientes para atender à exigência de baixa demanda de produção. Contudo, as mudanças de necessidades impostas pelo mercado demandaram o aprimoramento dessa política em meados de 1950, se bem que a manutenção corretiva sempre continuasse presente, como uma prática intrínseca à conservação de itens (Lucatelli, 2002).

Esse tipo de manutenção pode apresentar consequências não satisfatórias, causando um desfalque inesperado de um equipamento e o não atendimento devido a falta deste por uma falha não esperada. Outro ponto é o custo da manutenção corretiva não ser tão vantajoso, pois é um orçamento não planejado e muitas das vezes de alto custo e falhas recorrentes e massivas pode impactar diretamente no orçamento do hospital. A área da manutenção, que normalmente é responsável pela maior parte dos custos operacionais totais da empresa – em torno de 35%, valor que, por vezes, pode ser multiplicado por 300% em razão do impacto da quebra (Lucatelli, 2002). Além do problema do desabastecimento e custo devido a este equipamento parado aguardando peça ou manutenção corretiva, tem-se também consequências mais graves, como defeitos em equipamentos mais críticos, por exemplo um ventilador pulmonar, equipamento que foi um dos principais atuantes na pandemia, onde sua função é manter o corpo oxigenado em níveis corretos e programados, onde o paciente não consegue mais realizar a sua própria ventilação, ficando totalmente dependente da ventilação mecânica, ou seja, dependente fielmente da funcionalidade correta do equipamento. Portanto, o foco dentro de uma boa gestão dos equipamentos médico-hospitalares é a não interrupção de funcionamento dos aparelhos, diminuindo o tempo parado, o seu custo de mão de obra e o aumento de vida útil deste.

3.3.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é o conjunto de ações, efetuadas em intervalo pré-estabelecidos, que visa reduzir a probabilidade de falha de um equipamento ou de degradação do funcionamento e aumentar a disponibilidade do equipamento (Leite, 2017). Por volta de 1950, a indústria de aço alemã, incentivada e pressionada pela guerra, passou a entender que a falha poderia e deveria ser prevenida, ou seja, considerou-se que todos os itens possuem um tempo-limite de vida, exigindo

revisões/restaurações programadas preventivas. Desde então, a revisão de itens passou a ser baseada em estatísticas de histórico de falhas e experiência de mantenedores, sendo realizada em intervalos fixos de tempo ou ciclos transcorridos pelo item ou sistema. A essa política chamou-se de manutenção preventiva – MP – ou manutenção baseada em intervalo/tempo (Lucatelli, 2002). Para uma boa gestão dos equipamentos médico-hospitalares, a prioridade é dentro das manutenções preventivas, onde inspeções e testes periódicos, visando a prevenção de reparos emergenciais nos equipamentos eletromédicos, são atividades de grande relevância para a garantia da qualidade dos serviços de saúde, pois equipamentos fora do serviço implicam altos custos, tanto sociais como financeiros. Esses podem ser reduzidos em cerca de 50% pela correta aplicação de técnicas de manutenção preventiva (Lucatelli, 1998). Cada equipamento tem em seu manual o período recomendado para realizar a sua manutenção preventiva, onde também cita e é recomendado pelos fabricantes quais peças são necessárias avaliar ou serem trocadas a cada preventiva agendada do equipamento em um tempo definido. São realizados três tipos de processos importantes:

- i) Check List ou Verificação: no processo de verificação é feita toda a inspeção do aparelho, parte estrutural do equipamento, parte funcional, atendendo a todo checklist proposto pela equipe de manutenção gestora dos equipamentos médico-hospitalares. Alguns exemplos de itens a serem verificados e realizados são: tela e display, alarmes, acessórios, botões, limpeza interna e externa, engrenagens, motor, ruído, carcaça, bateria, dentre outros. Os itens realizados no checklist variam para cada equipamento, pois cada um possui estrutura física e funcionamento diferente.
- ii) Calibração: para a parte de calibração, é realizada a mensuração dos valores entregues do aparelho em um analisador devidamente calibrado por um Laboratório externo e credenciado, de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração – (ABNT, 2017), que é uma norma que especifica requisitos gerais para a competência, imparcialidade e operação consistente de laboratórios. Foi pesquisado em manuais de fabricantes dos equipamentos de todas as marcas que são utilizadas na instituição, se possuía alguma informação quanto aos critérios de aceitação de calibração e ensaios. Com estes dados, foi criada uma planilha de adequação ao uso dos

equipamentos sujeitos a controle metrológico, a qual foi realizado o levantamento dos equipamentos que seriam calibrados, valores de ensaio, a periodicidade da calibração, os parâmetros de unidade de cada valor mensurado e o limite de erro máximo permitido para cada parâmetro. Com esta tabela, o técnico se baseia para realizar os ensaios e saber se o equipamento foi aprovado ou reprovado na calibração. Ao realizar os ensaios de calibração, são feitas 3 amostras de cada valor a ser mensurado e observando se o limite máximo permitido não será ultrapassado. Se ocorrer, do equipamento for reprovado, o mesmo passa para manutenção corretiva com objetivo de encaminhá-lo para fazer ajustes. Se o equipamento foi aprovado nos ensaios, é preciso realizar o certificado de calibração em sistema próprio para gerar certificado e o equipamento está apto ao uso.

iii) Teste de segurança elétrica: no final do processo de calibração são realizados os testes de segurança elétrica no equipamento, todos de acordo com a norma IEC 62353, rege a todos equipamentos ligados à rede elétrica, onde define os limites de corrente e as partes aplicadas de cada equipamento, verificando a possibilidade de fuga de corrente na carcaça do aparelho.

Cada equipamento possui sua classificação de acordo com o seu nível de proteção e a parte aplicada. Segundo a norma IEC 60601, os equipamentos médicos podem ser classificados como:

i) Grau de proteção classe I: equipamentos médicos de classe I são equipamentos nos quais a proteção contra choques elétricos não é baseada unicamente no isolamento básico. Estes equipamentos possuem uma parte adicional de proteção, garantindo que as partes acessíveis do equipamento estão ligadas à terra, (Albuquerque, 2020). Conforme apresentado na Figura 2, pode-se observar o símbolo que representa essa classe.

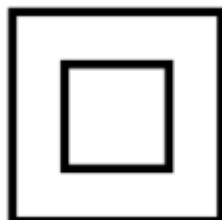
Figura 2 – Símbolo de equipamento de Classe I



Fonte: Albuquerque (2020)

ii) Grau de proteção classe II: os equipamentos pertencentes à classe II são equipamentos nos quais a proteção contra choques elétricos não depende unicamente do isolamento básico. Estes equipamentos têm proteções de segurança adicionais, como o duplo isolamento ou isolamento reforçado, (Albuquerque, 2020). Pode-se observar na Figura 3 o símbolo que representa essa classe.

Figura 3 – Símbolo de equipamento de Classe II



Fonte: Albuquerque (2020)

iii) Grau de proteção classe III: Os equipamentos inseridos na classe III não são abrangidos pela norma IEC 60601. Estes equipamentos são alimentados por um sistema principal de alimentação de baixa tensão de segurança (do inglês Safety Extra-Low Voltage). Geralmente este tipo de equipamentos são alimentados através de baterias ou recorrendo a transformadores de baixa tensão, (Albuquerque, 2020). Pode-se observar, como apresentado na Figura 4, o símbolo que representa essa classe.

Figura 4 – Símbolo de equipamento de Classe III



Fonte: Albuquerque (2020)

iv) **Tipo B:** parte aplicada que cumpre os requisitos especificados pela norma IEC 60601-1 de modo a fornecer proteção contra choques elétricos, particularmente no que diz respeito à corrente de fuga do paciente e à corrente auxiliar do paciente. Um equipamento com uma parte aplicada do tipo B é o que confere um menor grau de proteção ao paciente. Os equipamentos deste tipo têm uma parte em contato direto com o paciente (Albuquerque, 2020). O símbolo que representa essa classe pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Símbolo de uma parte aplicada do tipo B



Fonte: Albuquerque (2020)

v) **Tipo BF:** Os equipamentos do tipo BF são muito semelhantes aos descritos anteriormente, mas com uma peça aplicada adicional do tipo F. A parte aplicada é utilizada para fazer a conexão ao paciente (Albuquerque, 2020). Conforme mostrado na Figura 6, o símbolo que representa essa classe.

Figura 6 – Símbolo de uma parte aplicada do tipo BF



Fonte: Albuquerque (2020)

vi) Tipo CF: Um equipamento com uma parte aplicada do tipo CF é o que confere um grau superior de proteção contra choques elétricos, uma vez que a parte aplicada está em contato direto com o coração (Albuquerque, 2020). Pode-se ver como apresentado na Figura 7, o símbolo que representa essa classe.

Figura 7 – Símbolo de uma parte aplicada do tipo CF



Fonte: Albuquerque (2020)

Todos esses processos fazem parte da manutenção preventiva do equipamento médico. É importante não se esquecer que todo analisador padrão utilizado nos ensaios de calibração e teste de segurança elétrica precisam ser calibrados com rastreabilidade RBC (Rede Brasileira de Calibração) com período mínimo anual.

3.3.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é baseada na monitoração dos “sinais vitais” do equipamento, ou seja, por meio de um conjunto de atividades sistemáticas, promove-se o acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos, visando, dessa forma, definir a necessidade ou não de intervenção (Lucatelli, 2002). Este tipo de manutenção vem sempre

acompanhada da preventiva, quando avaliado a necessidade de intervenção/corretiva, é feito dentro dessa manutenção programada o reparo.

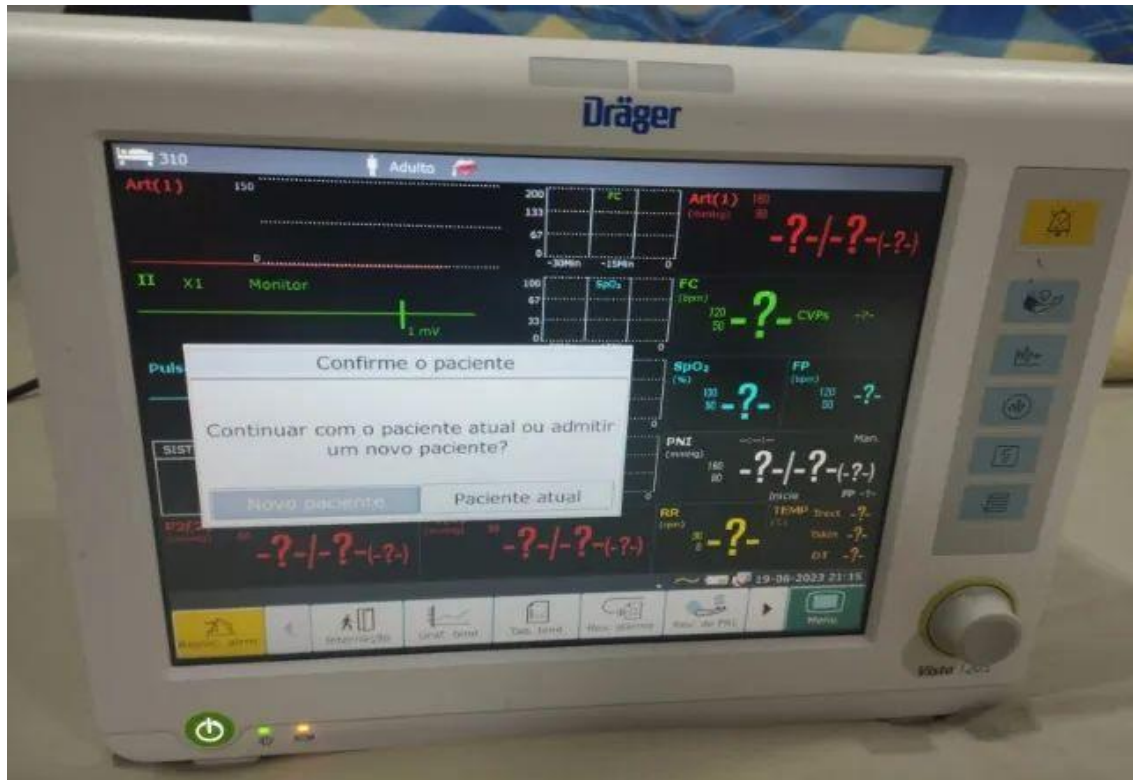
3.4 EQUIPAMENTOS MÉDICOS

Os equipamentos médicos sob regime de Vigilância Sanitária compreendem todos os equipamentos de uso em saúde com finalidade médica, odontológica, laboratorial ou fisioterápica, utilizados direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia, reabilitação ou monitorização de seres humanos e, ainda, os com finalidade de embelezamento e estética (Anvisa, 2023). Dentro da categoria equipamentos médicos, tem-se uma subcategoria para esses itens, separando cada equipamento de acordo com sua função. São elas as três principais:

3.4.1 Equipamentos de diagnóstico

Equipamentos e suprimentos médicos de diagnóstico ajudam os médicos a medirem e observar vários aspectos da saúde de um paciente para que possam formar um diagnóstico. Assim que este é feito, o médico pode prescrever um plano de tratamento apropriado. Os equipamentos médicos de diagnósticos são encontrados em centros de atendimento ambulatorial de adultos e pediatria, em pronto-socorro, bem como em salas de internação e unidades de terapia intensiva (Nexxto, 2021). Entre eles estão, estetoscópios, esfigmomanômetros, oftalmoscópios, otoscópios, eletrocardiógrafos, termômetros, monitores multiparâmetros. Conforme apresentado na Figura 8, o exemplo de um Monitor Multiparâmetros, marca Drager, modelo Vista 120.

Figura 8 – Monitor multiparâmetros



Fonte: O autor (2023)

3.4.2 Equipamentos de terapia

Este tipo de equipamento médico é usado principalmente para fornecer benefícios terapêuticos para certas condições ou doenças. O uso deste equipamento deve ser prescrito por um médico, que foi projetado para atender a uma finalidade médica (Nexxto, 2021). Entre eles estão, bombas de insulina, nebulizadores, máquinas de hemodiálise, ventiladores pulmonares. Como apresentado na Figura 9, o exemplo de um ventilador pulmonar, marca Dräger, modelo Savina 300.

Figura 9 – Ventilador pulmonar



Fonte: O autor (2023)

3.4.3 Equipamentos de apoio médico-hospitalar

Equipamento de apoio médico-hospitalar é qualquer tipo de dispositivo ou ferramenta médica projetado para tratar uma condição específica e auxiliar o profissional. Ele utiliza tecnologia moderna para tratar qualquer anormalidade para restaurar a função nos órgãos afetados ou tecidos dentro do corpo (Nexxto, 2021). Entre eles estão, bombas de Infusão, lasers médicos, máquinas cirúrgicas. Conforme mostrado na Figura 10, o exemplo de uma Bomba de Infusão de Dieta, marca Lifemed, modelo LF.

Figura 10 – Bomba de infusão de dieta



Fonte: Lifemed (2023)

4 METODOLOGIA

Para esse estudo de caso, foram realizadas manutenções preventivas em ventiladores pulmonares, nos quais, ao final do processo de calibração, lançou-se os pontos verificados em curvas de gráficos, conseguindo observar se o aparelho apresenta alguma tendência à erro. O intuito desse estudo é reforçar a importância da manutenção preventiva, antes de ocasionar qualquer falha, e acompanhado de uma tabela de amostragem de calibração, verificar se existe alguma tendência a erro do aparelho antes de um problema não esperado.

5 EXECUÇÃO DA ATIVIDADE

5.1 CHECKLIST

No documento de verificação de manutenção estão listados todos os itens que devem ser operados durante uma manutenção preventiva. Para verificação de cada ponto, segue-se de acordo com a Tabela 1, na qual em cada verificação é preenchido o tempo gasto no item, a fim de contabilizar o tempo total executado no serviço. Cada item listado possui sua forma padrão a ser executada, treinada e acompanhada em procedimentos operacionais padrão.

- i) Verificação de chassi e/ou carcaça: verificar a parte física da estrutura do equipamento, tais como: se há rachaduras ou quaisquer outras danificações, e nas conexões verificar se estão em perfeitas condições.
- ii) Botões e display: nos botões verificar funcionamento e no display verificar se não possui imperfeições físicas e falhas de funcionamento.
- iii) Verificação dos rodízios: verificar se não estão com desgaste, avaliar trava de segurança e se não está agarrado durante o movimento.
- iv) Verificação das mangueiras de O₂ e ar: inspecionar as mangueiras a fim de verificar se possuem rachaduras, ressecamentos ou corte. Em seguida, com o aparelho ligado nas redes de ar comprimido e oxigênio, verificar se há vazamento interno e externo.
- v) Verificação da bateria: através do multímetro realizar análise da voltagem que está armazenada na bateria, este resultado tem de estar de 11V a 13V para que a bateria esteja com funcionamento normal. No caso do equipamento não estiver funcionando

desligado da rede elétrica, carregue a bateria durante 12h. Caso o problema persista troque a bateria. Ressaltando os casos em que o próprio software do equipamento realiza a verificação das baterias.

Tabela 1 – Checklist operacional do ventilador pulmonar

VENTILADOR PULMONAR				
PATRIMÔNIO:	N/S:			
SETOR:	DATA:			
MARCA:	PERIODICIDADE:			
MODELO:	HORÁRIO INICIAL:			
CHECKLIST	FUNCIONÁRIO	DATA INICIAL	DATA FINAL	TEMPO GASTO
Verificação chassi e/ou carcaça				
Botões e display				
Verificação da bateria				
Limpeza de contatos				
Limpeza de filtros				
Limpeza interna				
Troca dos kits				
Verificação diafragmas				
Verificação das mangueiras de O ₂ e ar				
Verificação dos rodízios				
Verificação dos parâmetros				
Ajustes				
Calibração				
Limpeza externa				
Verificação da bateria				
Teste de segurança elétrica				
Teste de desempenho				
Teste dos alarmes				
Verificação do circuito pneumático				
ASSINATURA TÉCNICO EXECUTOR		ASSINATURA SOLICITANTE		

Fonte: Dados do hospital em estudo (2023)

vi) Verificação do diafragma: retirada a válvula expiratória, fazer a desinfecção com álcool 70% e verificar se está em perfeitas condições.

vii) Troca dos kits (Quando necessário): verificar os aspectos dos filtros de entrada do ar comprimido e oxigênio, se tiver saturado ou rompido efetuar a troca. Verificar também filtro das válvulas pneumáticas, do cassete (quando aplicável) ou de acordo

com manual do fabricante.

- viii) Limpeza de filtros: realizar a limpeza do filtro da ventoinha com água corrente e montar novamente quando seco; verificar o estado dos filtros bacteriológicos internos, se estão com vazamento ou obstruídos, se sim, realizar a troca.
- ix) Verificação do circuito pneumático: Verificar mangueiras internas, módulos de ar a fim de encontrar possíveis vazamentos.
- x) Limpeza de contatos: desconectar todos os conectores do aparelho; realizar limpeza dos contatos; verificar se há solda fria nos pinos da placa; verificar se os conectores estão encaixando corretamente (se não for necessário realizar a solda novamente ou trocar o conector) e jogar o limpador de contatos elétricos.
- xi) Limpeza interna: com máscara cirúrgica adequada, limpar o equipamento internamente soprando ar comprimido.
- xii) Limpeza externa: com álcool 70%, realizar limpeza externa para retirar sujeiras incrustadas no aparelho.
- xiii) Verificação dos parâmetros: ligar o equipamento e realizar a verificação de acordo com os parâmetros estabelecidos na tabela de verificação metrológica.
- xiv) Ajustes: se o limite de erro máximo definido na tabela de verificação metrológica for ultrapassado na verificação dos parâmetros, realizar ajuste da função quando possível ou enviar para empresa externa realizar o mesmo.
- xv) Teste de desempenho: deixar o ventilador pulmonar ligado nos analisadores em teste por 30 minutos e verificar se haverá alguma oscilação de parâmetro e válvulas pneumáticas, se houver ajuste novamente e realizar verificação dos alarmes.
- xvi) Teste dos alarmes: simular um valor acima e abaixo do limite programado e verificar se alarma com tal ocorrência.
- xvii) Calibração: verificar se os parâmetros da verificação estão de acordo com os valores descritos na Tabela verificação metrológica.
- xviii) Teste de segurança elétrica: realizar teste de segurança elétrica com o software SEG100.

5.2 CALIBRAÇÃO

Neste item, foi realizada a verificação e calibração de cada função do ventilador pulmonar. Para esse procedimento, foi levantado junto com os operadores desse

equipamento, fisioterapeutas e médicos, quais valores são os mais utilizados de parâmetros, a fim de se montar uma tabela de verificação metrológica com valores na faixa de uso do equipamento no cotidiano. Após a definição desses pontos, foi criado a tabela de verificação metrológica, como mostrado na Tabela 2, com cada valor a ser calibrado dentro da preventiva, e com os limites máximos de erros, que foi definido de acordo com o manual do equipamento.

Tabela 2 – Adequação ao uso dos equipamentos sujeitos a controle metrológico

Descrição	Faixa de Uso	Valores mensurados	Parâmetros	Erro máximo permitido
Ventilador pulmonar	15 a 30	15, 20, 25, 30	Pressão (CmH ₂ O)	± 10%
	12 a 60	12, 20, 30, 40, 60	Frequência (RPM)	± 10%
	5 a 700	20, 50, 100, 250, 400, 500, 700	Volume (ml)	± 10%
	21 a 100	21, 30, 50, 70, 90, 100	Concentração de O ₂ (%)	± 10%
	4 a 25	6, 8, 10, 12, 20, 25	Pressão expiratória positiva (PEEP) (CmH ₂ O)	± 10%
		6	Capnografia (% CO ₂)	± 10%

Fonte: Dados do hospital em estudo (2023)

Durante a calibração de um ventilador pulmonar, empregou-se o simulador de ventilação mecânica, um software que lê os valores simulados no equipamento e verifica sua concordância com os padrões necessários. Na Figura 11, é apresentado o simulador de ventilação mecânica, marca Arkmeds, modelo Luft.

Figura 11 – Simulador de ventilação mecânica


Fonte: O autor (2023)

Ao executar o processo, utilizou-se um jogo de traqueias e um pulmão teste, fechou-se um circuito entre o ventilador pulmonar e o Simulador. Após a montagem do circuito realizou-se a calibração dos itens a serem verificados, conforme a tabela de verificação metrológica (Tabela 3), que traz exemplos de alguns pontos mensurados e coletados.

Tabela 3 – Programação dos parâmetros do ventilador pulmonar

Valores mensurados				
Pressão (CmH ₂ O)	Pressão expiratória positiva (PEEP) (CmH ₂ O)	Volume (mL)	Frequência (RPM)	Concentração de oxigênio (%O ₂)
30	8	500	20	100

Fonte: O autor (2023)

Tabela 4 – Valores coletados no simulador de ventilação mecânica

Valores coletados				
Pressão (CmH ₂ O)	Pressão expiratória positiva (PEEP) (CmH ₂ O)	Volume (mL)	Frequência (RPM)	Concentração de oxigênio (%O ₂)
30,6	8,5	493,83	20,0	100,0

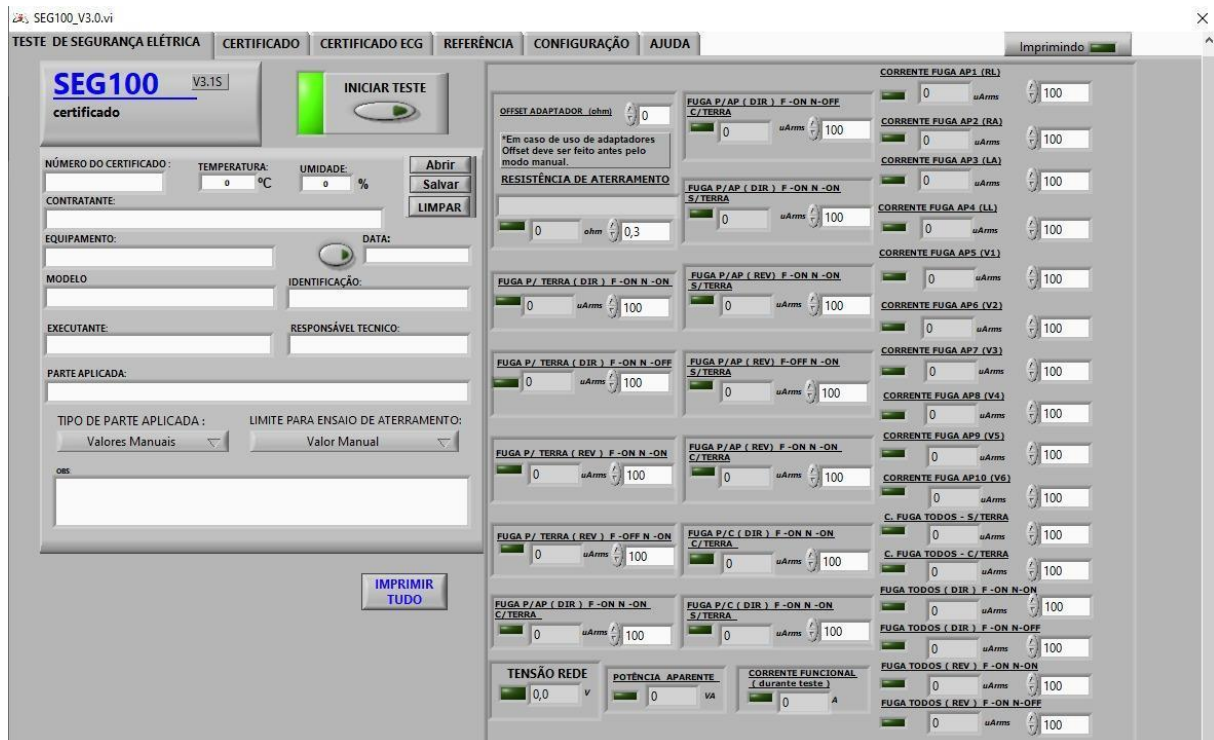
Fonte: O autor (2023)

São realizadas três medições por cada ponto a ser executado e lançados em um software operacional, no qual os valores de limites de erro são preenchidos. Ao final, é gerado o certificado de calibração, mostrando o resultado aprovado ou reprovado. Em caso de reprovada a calibração, são observadas algumas peças do equipamento em que são necessárias intervenções. Estas serão apresentadas no tópico 5.4

5.3 TESTE DE SEGURANÇA ELÉTRICA

Por final, para todos os equipamentos conectados à rede elétrica, é executado o teste de segurança elétrica. Para esse procedimento, é utilizado o software de análise de segurança elétrica, mostrado na Figura 12, onde plugado o cabo de alimentação do ventilador pulmonar ao software é simulado correntes de ensaio no aparelho a fim de observar possíveis fugas de correntes prejudiciais ao usuário do aparelho.

Figura 12 – Software de análise de segurança elétrica



Cada aparelho possui seu limite pré-definido de limite de corrente máximo de acordo com sua classe e parte aplicada, como citado no item 3.3.2. Para o caso do ventilador pulmonar, o equipamento é da classe I, e parte aplicada tipo BF.

5.4 FALHAS NA CALIBRAÇÃO

Durante a manutenção preventiva foi possível identificar falhas no equipamento que provocam valores divergentes na calibração, fora do limite máximo definido, sendo necessário intervenção. Será listado situações de problemas que podem ser encontrados durante a manutenção preventiva e quais são as soluções imediatas.

5.4.1 Situação problema 1

Equipamento com o seu sensor de fluxo com os filamentos rompidos ou queimados. O sensor de fluxo é um dispositivo eletrônico/automação e pneumático responsável pela leitura do fluxo expiratório, se encontra na saída da válvula expiratória e através dos seus filamentos, realizando a medição de todos os valores programados e entregues ao paciente. Em caso de um sensor de fluxo danificado, o ventilador pulmonar apresenta falha na calibração do sensor de fluxo nos testes iniciais do aparelho e se mesmo assim mantido esse sensor danificado, realizará medições incorretas dos valores programados, dando grande discrepância do valor programado para o entregue. Em caso de erro do sensor de fluxo, o mais indicado é a troca, já que por ser muito sensível não é possível realizar o reparo desse sensor.

5.4.2 Situação problema 2

Célula de O₂ em fim de vida útil. A célula de O₂, também um dispositivo com embarcação de automação, realiza a leitura da concentração de oxigênio programada e entregue ao paciente. Essa célula é um acessório consumível, onde quando em fim de vida útil não é possível mais sua calibração, também realizada nos testes iniciais do ventilador pulmonar, o que ocasiona leitura discrepante do valor programado. Como já dito, essa célula é um produto consumível, e quando em fim de vida útil é realizada a sua troca por uma nova. Sua calibração quando trocada é feita em 21% O₂ e depois em 100% O₂. Após a troca e calibração, liberada a uso.

5.4.3 Situação problema 3

Placa de interface de programação danificada. É a principal responsável por gravar os dados programados pelo usuário e que serão entregues ao paciente. Quando problemática, o ventilador pulmonar apresenta valores não condizentes e às vezes nem funciona. Primeiramente é feita a tentativa de reinstalação do software do equipamento, o que é realizado apenas por empresas autorizadas da fabricante ou diretamente com a fabricante. Quando o problema é de componentes eletrônicos, é feito a tentativa da troca do componente danificado, porém muitas das placas com componentes CMD, o que dificulta a troca, então é realizado a troca por completo da placa.

5.4.4 Situação problema 4

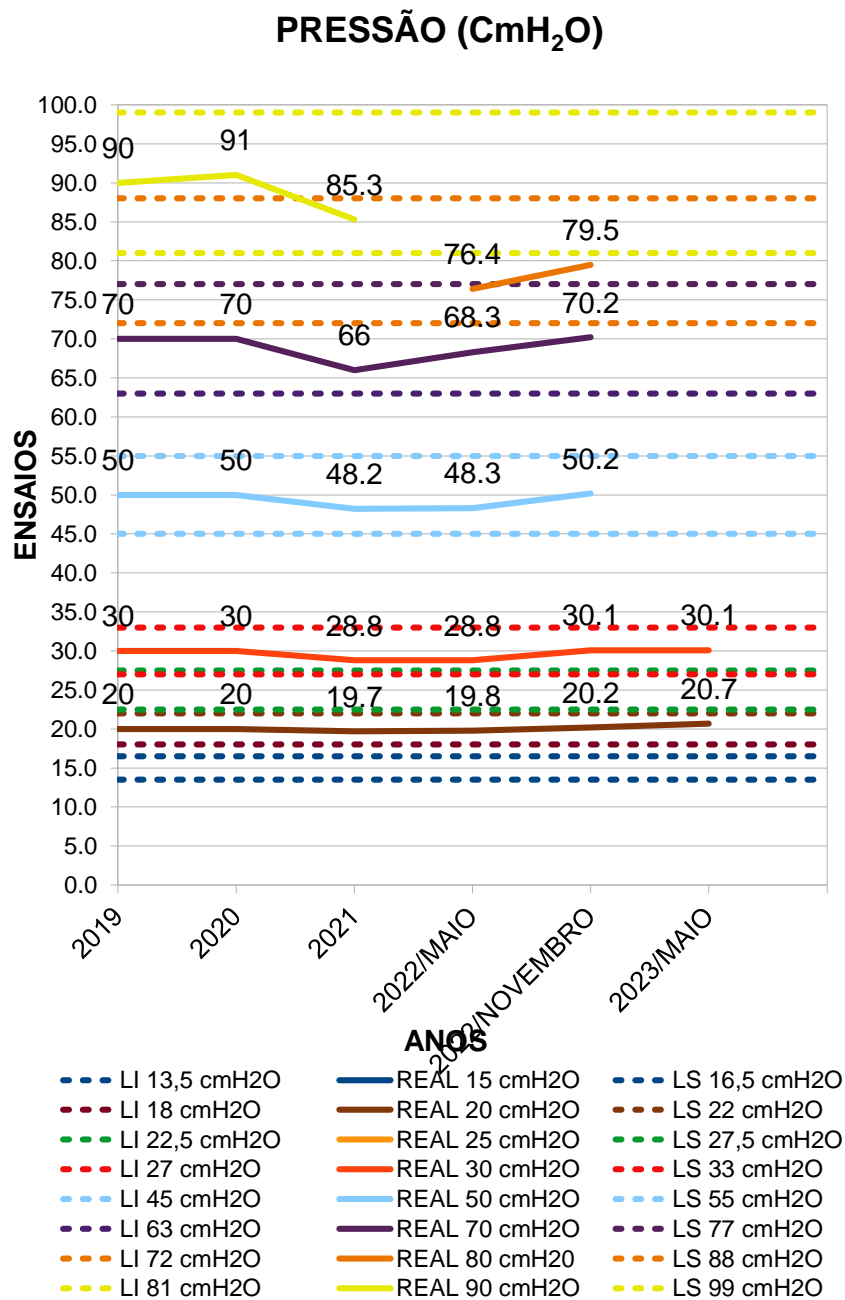
Vazamentos internos, válvulas solenóides e mangueiras. Quando apresentado, o ventilador pulmonar não consegue entregar corretamente o valor programado, tendo um fluxo mais baixo devido ao vazamento. Esse problema é detectado nos testes iniciais do aparelho. Para as mangueiras furadas ou arrebentadas, são realizadas as trocas dessas por novas. No caso das válvulas solenóides, são retiradas elas, abertas e realizada a troca dos oringues de vedação que ressecam e ocasionam esse problema.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do estudo de caso sobre manutenções preventivas em Ventiladores Pulmonares, optou-se por selecionar os aparelhos mais antigos e expostos a maiores erros, a fim de coletar dados de falhas do sistema usado para gerar os certificados de deficiência. Dado que o sistema de geração de certificados não dispõe dessa funcionalidade, reuniu-se informações de calibrações realizadas, há cinco anos, e estas foram inseridas em uma planilha no Excel. Isso resultou na criação de uma tabela de amostragem de descobertas, na qual pode-se representar graficamente qualquer tendência negativa, como uma curva com pontos de ocorrência ocorrendo significativamente abaixo do limite máximo de erro, ou uma curva com pontos subindo consideravelmente acima do valor máximo.

No gráfico de pressão, observa-se uma queda brusca no valor calibrado de 90,0 CmH₂O, entre os anos de 2020 e 2021, porém ainda dentro do limite de erro. Nos outros anos nesse mesmo ponto, não foi realizado a calibração nesse valor mais, devido à mudança dos pontos de calibração e esse ponto estar muito fora de uso.

Figura 13 – Curva de dados de parâmetro de pressão

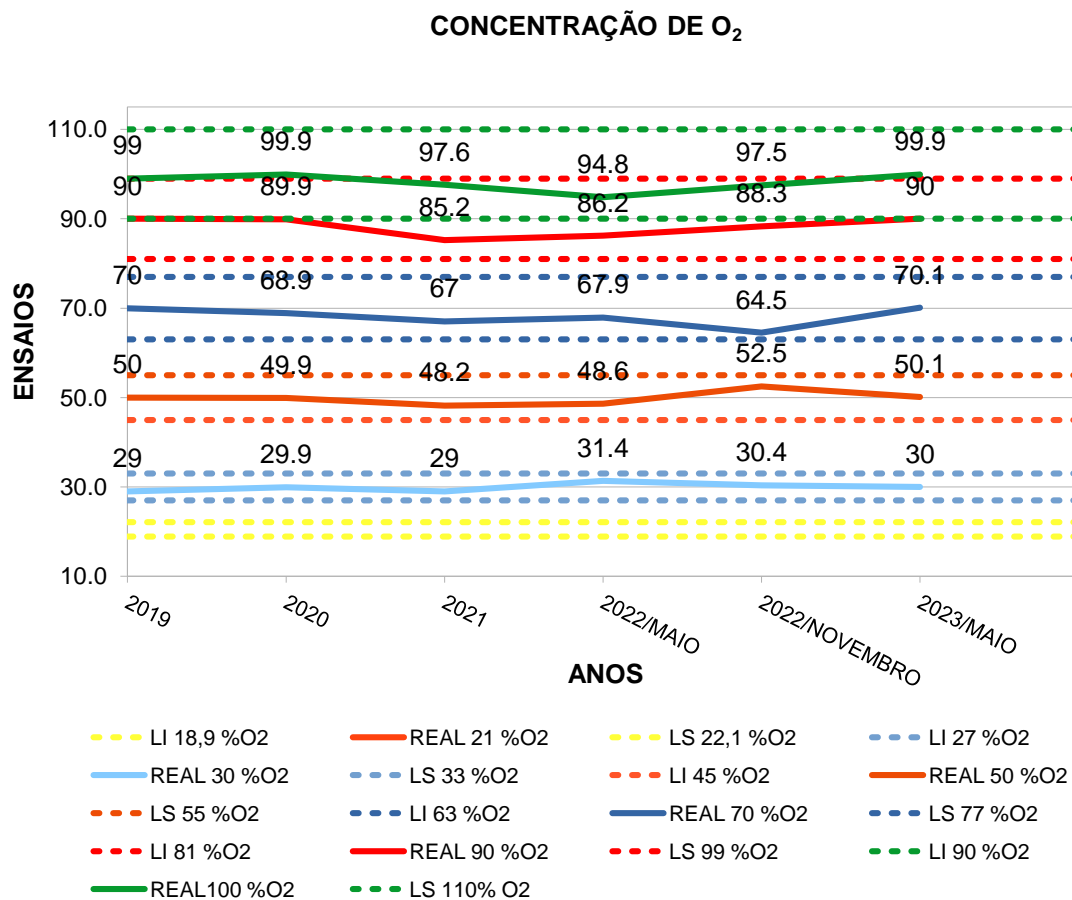


Fonte: O autor (2023)

Outra observação é no valor de 70 CmH₂O, entre os anos de 2020 e 2021, que teve uma queda grande também. Porém observou-se que nos próximos anos a tendência se manteve dentro. Para os outros pontos verificou-se uma tendência se mantendo, sem nenhuma ressalva.

No gráfico de concentração de O₂, obteve-se uma intervenção realizada devido à tendência muito negativa. No ponto calibrado de 70% O₂, observou-se que a partir de 2020 houve uma queda se mantendo em 2021, em 2022/MAIO e em 2022/NOVEMBRO a queda foi tão significativa que chegou perto do limite definido. Nesse caso foi realizada a troca da célula de O₂ e houve melhora significativa na próxima calibração no ano de 2023.

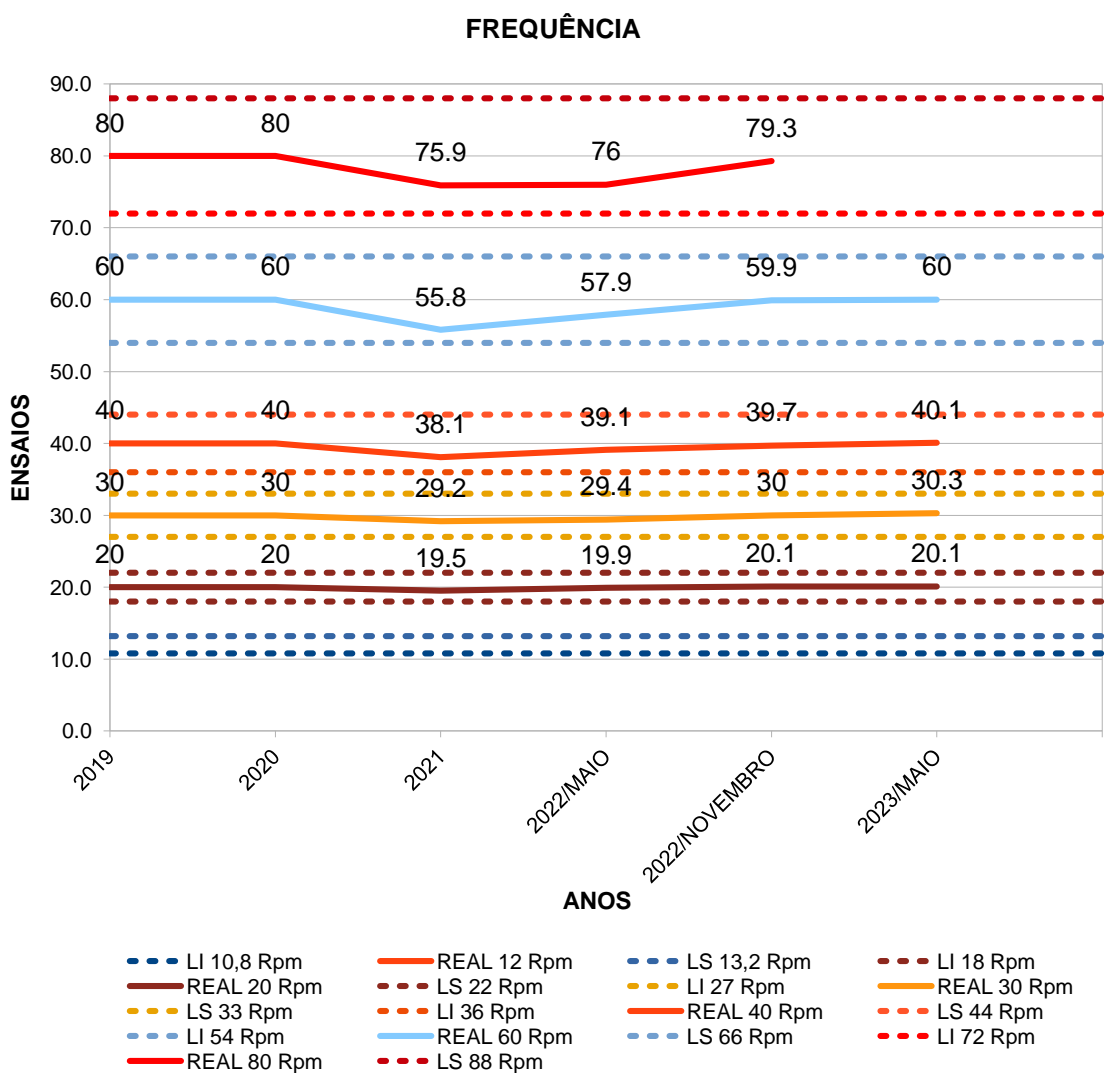
Figura 14 – Curva de dados parâmetro concentração de O₂



Fonte: O autor (2023)

Para o gráfico de frequência, no ano de 2021 os pontos calibrados de 80 Rpm e 60 RPM, obteve-se valores próximos ao limite de erro e muito abaixo em relação ao ano anterior. Foram realizados ajustes no equipamento, como a troca dos oringues das válvulas pneumáticas e troca do sensor de fluxo, e nos anos seguintes observou-se uma melhora na tendência.

Figura 15 – Curva de dados parâmetro frequência

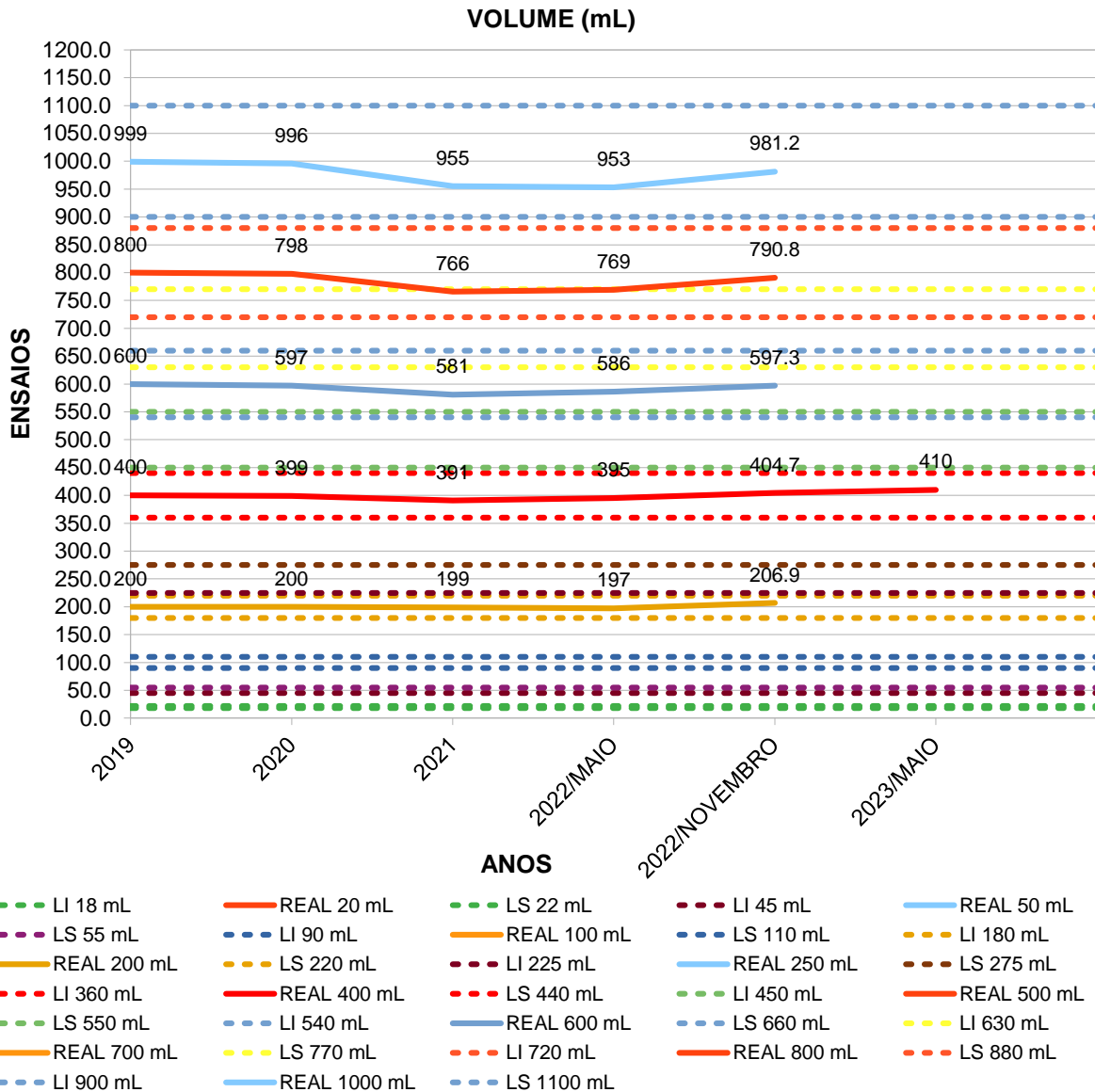


Fonte: O autor (2023)

No gráfico de volume, observou-se um reflexo do mesmo problema apresentado na calibração da frequência. Nos pontos mais altos de 1000 mL e 800 mL no ano de 2021, teve-se uma queda brusca, assim como aconteceu no outro

parâmetro. Com a troca das peças faladas, observou-se a melhora estabelecendo-se nos anos posteriores.

Figura 16 – Curva de dados parâmetros volume



Fonte: O autor (2023)

6 CONCLUSÃO

Após análise dos levantamentos de calibrações realizadas nesse estudo sobre a manutenção preventiva em Ventiladores Pulmonares, pôde-se concluir com os valores registrados certa tendência a decair com o passar dos anos, necessitando

uma maior atenção para esses parâmetros devido à criticidade deste aparelho. Com a observação através da tabela de amostragem, conseguiu-se monitorar certos aparelhos mais antigos ou que apresentam mais falhas durante o funcionamento, prestando mais atenção nestes e realizando intervenções programadas de acordo com seu nível de tendência negativa durante o intervalo de uma calibração e outra. Como mostrado em exemplo anterior, onde foi efetuado uma troca de peça após o equipamento extrapolar o limite pré-definido em nossa tabela, este equipamento se não fosse monitorado apresentaria falha durante seu funcionamento o que impediria o seu uso e desabastecer a unidade hospitalar. Toda essa troca de peça foi realizada programada, sem impactar no funcionamento e liberado na melhor hora, muito devido ao monitoramento deste aparelho. Isso mostra a importância da manutenção preventiva que é sinônimo de uma boa gestão de uma equipe de Engenharia Clínica responsável pela demanda de equipamentos do Hospital. A boa manutenção preventiva, programada, impacta diretamente em redução de custos, uma maior disponibilidade operacional dos equipamentos e um uso seguro dessas máquinas tão importantes. Essa tabela de amostragem de calibração que foi criada veio para somar e auxiliar ainda mais, acompanhando de perto o desempenho dos Ventiladores Pulmonares, equipamento essencial e de suporte à vida. É a engenharia presente dentro da área da saúde, a fim de fornecer maior segurança, reduções de custo e melhor desempenho dentro dos hospitais.

ABSTRACT

Medical-hospital equipment within a hospital unit plays an extremely important role, being responsible for diagnoses, monitoring and direct assistance to a patient's life. Each piece of equipment has different functions and different types of physiological parameters. With the high demand within a hospital, the lack of equipment due to corrective failures can impact shortages within the hospital unit, which can lead to beds and operating rooms being shut down, social and even physical disorders. Furthermore, an unexpected and unplanned failure has a greater cost for institutions and the immediate need for repair. In this work, a case study will be presented on preventive maintenance of medical-hospital equipment, its importance within a hospital unit, in order to prevent and extend the useful life of equipment, thus the set of benefits involving maintenance will be enumerated. Metrological verification data and analyzes will be presented in order to check error trends in equipment before the equipment presents a corrective failure.

Keywords: Equipment. Maintenance. Parameters. Failures.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:** Confiabilidade e Manutenibilidade – Terminologia, Rio de Janeiro, p. 37, 1994.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60601:** Equipamento Eletromédico. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 62353:2014** – Equipamento Médico Elétrico - teste recorrente e teste após a reparação do equipamento elétrico médico, Ed. 2.0, 129p, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 17025:** Requisitos Gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração, Rio de Janeiro, 2017.

ALBUQUERQUE, Ana. **Manutenção de equipamentos hospitalares – Estágio na Empresa ATM.** 2020. 113 f. Dissertação (Mestrado em Instrumentação Biomédica) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2020.

Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Classificação de Equipamentos.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/produtos-para-saude/conceitos-e-definicoes/classificacao-de-equipamentos> Acesso em: 24 out. 2023.

BARREIROS, Tiago. **Sistema de Gestão da Manutenção de Equipamentos e Instalações Técnicas.** 2012. 187 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Automação) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

DOS SANTOS, Jefferson César; BAUER, Caroline Martins. A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM EQUIPAMENTOS HOSPITALARES. **Revista Renovare**, v. 2, 2022.

LEITE, Ivone. **Implementação de planos de manutenção e de certificação em equipamentos biomédicos.** 2017. Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em Instrumentação Biomédica, Coimbra, 2017.

LIFEMED. **LF 2001 enteral.** 2023. Disponível em: <https://www.lifemed.com.br/produto/lf-2001-enteral> Acesso em: 18 out. 2023.

LUCATELLI, Marcus Vinícius. **Estudo de procedimento de manutenção preventiva de equipamentos eletromédicos.** 1998. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

LUCATELLI, Marcus Vinícius. **Proposta de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares.** 2002 Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MONTEIRO, Elisabeth. **A metrologia na área de saúde: garantia da segurança e da qualidade dos equipamentos eletromédicos.** 2005 Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.

NEXXTO. **Como classificar produtos hospitalares para uma gestão eficiente.** 2021. Disponível em: <https://nexxto.com/como-classificar-produtos-hospitalares-para-uma-gestao-eficiente/> Acesso em: 24 out. 2023