

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**EMANUEL MATHEUS FERNANDES AGUIAR**

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO EM SISTEMAS CENTRALIZADOS DE  
GASES MEDICINAIS EM UNIDADES DE SAÚDE ATRAVÉS DE  
INDICADORES DE DESEMPENHO**

**SÃO LUÍS**

**2021**

EMANUEL MATHEUS FERNANDES AGUIAR

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO EM SISTEMAS CENTRALIZADOS DE  
GASES MEDICINAIS EM UNIDADES DE SAÚDE ATRAVÉS DE  
INDICADORES DE DESEMPENHO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Estadual do  
Maranhão, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica,

Orientador: Prof. Dr. Jean Robert Pereira Rodrigues  
Co-orientador: Prof. Esp. Alexsandro Ferreira Lima

**SÃO LUÍS**

**2021**

Aguiar, Emanuel Matheus Fernandes.

Análise da manutenção em sistemas centralizados de gases medicinais em unidades de saúde através de indicadores de desempenho / Emanuel Matheus Fernandes Aguiar. – São Luís, 2021.

78 f

TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Jean Robert Pereira Rodrigues.

1.Gases medicinais. 2.Indicadores de manutenção. 3.Sistema centralizado. I.Título.

CDU: 620.262-7

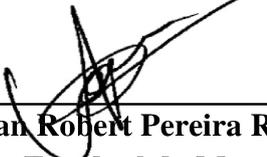
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO EM SISTEMAS CENTRALIZADOS DE GASES  
MEDICINAIS EM UNIDADES DE SAÚDE ATRAVÉS DE INDICADORES DE  
DESEMPENHO**

Autor: Emanuel Matheus Fernandes Aguiar  
Orientador: Prof. Dr. Jean Robert Pereira Rodrigues  
Coorientador: Prof. Esp. Alessandro Ferreira Lima

A Banca examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Jean Robert Pereira Rodrigues**  
**Universidade Estadual do Maranhão - UEMA**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Me. Bruno Duarte**  
**Universidade Estadual do Maranhão - UEMA**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Me. Jhonatan dos Santos Cardoso**  
**Instituto Federal do Maranhão - IFMA**

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA, 08 de dezembro de 2021.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por além de sempre me proteger, abençoar e saber de todas as coisas, ser a fortaleza que me dá forças para seguir e enfrentar todos os desafios, nas quais, sem Ele, muitas das vezes, não acreditaria que seria capaz de vencer. Sou eternamente grato ao Senhor.

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado e mesmo com todas as dificuldades, sempre me propiciaram a melhor estrutura possível, me dando sempre a instrução de ser honesto, humilde, agradecido pelas coisas que acontecem e a buscar pelos meus objetivos. Agradeço e tenho muita admiração por essa base tão forte e importante para mim.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Jean Robert, por desde o primeiro momento ter tido a atenção, paciência e a sua prestação em me ajudar, dando toda instrução e apoio necessário para que eu concluísse este trabalho final.

Ao meu Coorientador, Prof. Esp. Alessandro Lima, que mesmo com todos as suas obrigações de trabalho, reservou tempos para que pudesse está me ajudando e orientando nas tomadas deste trabalho.

Aos meus amigos da SES, em especial ao Alan Jones, ao Danilo Dantas e ao Jair Melo, pela paciência e prestação que a mim deram para contribuir com todas as fundamentais ajudas para o desenvolvimento do estudo deste trabalho.

A minha companheira, Nayanne França, por sempre está do meu lado, acreditar nas minhas capacidades, incentivar e me apoiar em todos os momentos.

Ao meu amigo em especial, Leandro Martins, que muito motivou e ajudou a acreditar e seguir neste trabalho.

A todo o corpo docente e estrutura do Curso de Engenharia Mecânica da UEMA que contribuíram e compartilharam seus conhecimentos que, dessa forma, me moldaram e me acrescentaram saberes durante esses anos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

## RESUMO

Dentre as instalações existentes em uma unidade saúde que são empregadas para responder às demandas dos pacientes em seu estado clínico, destaca-se as centrais de suprimento de gases medicinais. Às estas centrais é atribuída função de fornecimento dos gases para o uso dentro dos setores do Estabelecimento Assistencial de Saúde que são utilizados para fins terapêuticos e cirúrgicos. Independentemente do tipo de central, que são classificadas de acordo com o tipo de gás medicinal que fornece, estas devem atender ao consumo e a criteriosos padrões de qualidade exigidos por normas técnicas e governamentais que se aplicam, portanto necessitam estarem em boas condições de trabalho e fornecimento. Para tal deve haver um bom e presente plano de manutenção que atue na prevenção e correção de falhas para que não haja interrupções ou comprometimento da qualidade. Logo, este presente trabalho tem como objetivos analisar, avaliar e propor medidas de melhoria de manutenção para sistemas de centrais de gases medicinais instaladas em unidades de saúde, através de revisão bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso à cerca do desempenho ocorridos no setor. Desta forma, contribui com a elaboração de uma explanação de informações por gráficos e Diagrama de Pareto que conscientizam e intervém através de plano de ação utilizando a ferramenta de qualidade 5W1H, medidas de correções, intervenções e aprimoramentos no setor. Tendo visto alguns indicadores da manutenção e gráficos, é verificado falhas com causas raízes que sobre uma análise mais macro comprovam uma deficiência pertinente. Inclusive, conseguiu-se ter uma projeção de aprimoramento de 1,57% em um dos sistemas que implica em uma disponibilidade de 99,60%.

**Palavras-chave:** Gases Medicinais, Indicadores de Manutenção, Sistema Centralizado;

## ABSTRACT

Among the existing facilities in a health unit that are used to respond to the demands of patients in their clinical condition, the supply centers for medicinal gases stand out. These centers are assigned the function of supplying gases for use within the Health Care Establishment sectors that are used for therapeutic and surgical purposes. Regardless of the type of plant, which are classified according to the type of medical gas it supplies, they must meet the consumption and strict quality standards required by applicable technical and governmental standards, therefore they need to be in good working condition and supply. For this, there must be a good and present maintenance plan that acts to prevent and correct failures so that there are no interruptions or quality compromises. Therefore, this present work aims to analyze, evaluate and propose measures to improve maintenance for systems of medical gas centers installed in healthcare facilities, through a literature review, document research and a case study about the performance that took place in the sector. In this way, it contributes to the elaboration of an explanation of information through graphics and a Pareto Diagram that raise awareness and intervene through an action plan using the 5W1H quality tool, correction measures, interventions and improvements in the sector. Having seen some maintenance indicators and graphs, failures with root causes are verified that, on a more macro analysis, prove a relevant deficiency. We even managed to have a projection of 1.57% improvement in one of the systems, which implies an availability of 99.60%.

**Keywords:** Medicinal Gases, Maintenance Indicators, Centralized System;

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Esquema de instalação para uma central de ar comprimido .....	29
Figura 2.2 – Sistema de ar comprimido mais moderno .....	29
Figura 2.3 - Esquema básico de instalação da usina de oxigênio .....	31
Figura 2.4 - Esquema de válvulas que atuam no sistema do concentrador .....	32
Figura 3.1 - Metodologia do trabalho .....	43
Figura 3.1 - Usina concentradora geradora de O <sub>2</sub> e ar medicinal .....	45
Figura 3.2 - Concentrador de O <sub>2</sub> .....	45
Figura 3.3 - Compressores em paralelo .....	46
Figura 3.4 – Quadros elétricos e de alarme .....	46
Figura 3.5 – Sistema da central de ar medicinal por compressor .....	48
Figura 3.6 – Compressor Fiac Silver 10 .....	48
Figura 3.7 – Compressor GR VSF 250, vaso úmido, secador por refrigeração, vaso seco e secador por adsorção .....	49
Figura 3.8 – Quadro de comando do sistema de ar medicinal por compressor .....	49
Figura 3.9 - Modelo de ordem de serviço utilizada pela empresa .....	52
Figura 4.1 - Disponibilidade do sistema usina concentradora de oxigênio .....	53
Figura 4.2 - Ocorrências de manutenções preventivas e corretivas do sistema usina concentradora de oxigênio .....	54
Figura 4.3 - Indicadores de MTBF e MTTR do sistema de usina concentradora de oxigênio .....	54
Figura 4.4 – Modos de falhas ocorridas no sistema de usina concentradora de oxigênio durante o período .....	55
Figura 4.5 - Mangueiras PU substituídas .....	57
Figura 4.6 – Previsão de aumento da disponibilidade do sistema de concentrador de oxigênio com a aplicação do plano de ação .....	60
Figura 4.7 – Ocorrências de manutenções preventivas e corretivas ocorridas na central de ar medicinal por compressor .....	61
Figura 4.8 – Indicadores de MTBF e MTTR do sistema de ar medicinal por compressor .....	61
Figura 4.9 – Disponibilidade do sistema de ar medicinal por compressor .....	62

Figura 4.10 – Modos de falhas ocorridas no sistema compressor de ar medicinal durante o período.....	62
Figura 4.11 – Abrigo do sistema de compressor de ar medicinal da Unidade B.....	64
Figura 4.12 – Previsão de aumento da disponibilidade do sistema de central de ar comprimido com a aplicação do plano de ação .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Características físico-químicas principais do Oxigênio .....	18
Tabela 2.2 - Características do Ar Medicinal comprimido .....	20
Tabela 2.3 - Características Ar Medicinal sintético .....	21
Tabela 2.4 - Características físico-químicas principais do Óxido Nitroso .....	21
Tabela 2.5 - Características físico-químicas principais do Nitrogênio.....	23
Tabela 2.6 - Características físico-químicas principais do Dióxido de Carbono .....	23
Tabela 2.7 - Cor de identificação do gás e vácuo .....	24
Tabela 2.8 - Classificação dos alarmes e as características do sinal .....	26
Tabela 2.9 - Funcionamento de um concentrador de oxigênio.....	33
Tabela 3.1 – Descrição do sistema da central com concentrador de oxigênio .....	44
Tabela 3.2 – Características do sistema da central de ar medicinal por compressor.....	47
Tabela 3.3 - Procedimentos mínimos previstos para a manutenção corretiva.....	50
Tabela 3.4 - Procedimentos mínimos previstos para a manutenção preventiva .....	51
Tabela 4.1 - Plano de ação para falhas verificadas na unidade .....	41
Tabela 4.2 – Plano de ação para falhas verificadas no sistema centralizado de ar medicinal da Unidade B.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica  
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
CLP - Controlador Lógico Programável  
CO – Monóxido de Carbono  
CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono  
DF – Disponibilidade Física  
EAS - Estabelecimento assistencial de saúde  
GM – Gases Medicinais  
HMP - Horas de Manutenção Preventiva  
MTBF - Mean Time Between Failures  
MTTR – Mean Time To Repair  
N<sub>2</sub> – Nitrogênio  
N<sub>2</sub>O - Óxido Nítrico  
NBR - Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas  
NR - Norma Regulamentadora  
O<sub>2</sub> - Oxigênio  
OS - Ordem de Serviço  
PPM – Partes por Milhão  
PRODIST - Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica do Sistema Elétrico Nacional  
PSA - Pressure Swing Adsorption  
PVSA – Pressure Vacuum Swing Adsorption  
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada  
SES – Secretaria de Estado de Saúde  
SO<sub>2</sub> – Dióxido de enxofre  
TSA – Thermal swing adsorption

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	12
1.1.	Justificativa.....	14
1.2.	Objetivos.....	15
1.1.1.	Objetivo Geral .....	15
1.1.2.	Objetivos Específicos .....	16
2.	Fundamentação Teórica.....	17
2.1.	Gases Medicinais.....	17
2.2.	Principais Gases Medicinais.....	18
2.2.1.	Oxigênio .....	18
2.2.2.	Ar Medicinal .....	19
2.2.3.	Óxido Nitroso .....	21
2.2.4.	Nitrogênio.....	22
2.2.5.	Dióxido de Carbônico Medicinal .....	23
2.3.	Rede de Distribuição .....	24
2.3.1.	Válvulas .....	24
2.3.2.	Sistema de Alarme e Monitoração.....	25
2.4.	Sistemas Centralizados de Gases Medicinais.....	27
2.4.1.	Central de Suprimento por Compressor de Ar Medicinal .....	27
2.4.2.	Central de Suprimento por Concentrador de Oxigênio .....	30
2.5.	Manutenção .....	34
2.5.1.	Manutenção Corretiva .....	35
2.5.2.	Manutenção Preventiva .....	36
2.5.3.	Manutenção Preditiva.....	36
2.5.4.	Manutenção Detectiva .....	37
2.5.5.	Engenharia de Manutenção .....	37
2.6.	Controle Da Qualidade Total.....	37
2.7.	Indicadores de Manutenção.....	39
2.7.1.	Tempo Médio Entre Falhas – MTBF .....	40
2.7.2.	Tempo Médio Para Reparos – MTTR .....	40
2.7.3.	Disponibilidade Física – DF .....	41

2.7.4. Índice de Corretiva .....	42
2.7.5. Índice de Preventiva .....	42
3. Desenvolvimento .....	43
3.1. Metodologia .....	43
3.2. Estudo de Caso .....	44
3.3. Processo de Manutenção .....	51
3.4. Obtenção dos Dados .....	52
4. Resultados e Discursões .....	54
4.1. Sistema de Central de Suprimento por Concentrador de Oxigênio.....	54
4.1.1. Plano de Ação.....	59
4.2. Sistema de Central de Suprimento Ar Medicinal por Compressores .....	61
4.2.1. Plano de Ação.....	65
4.3. Considerações Finais .....	67
5. Conclusão .....	69
Referências .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de gases medicinais como o oxigênio e o óxido nitroso para tratamento e anestesia, já acontece há centenas de anos, estes eram usados de forma descentralizada, através do deslocamento de cilindros possuindo oxigênio, ar medicinal ou óxido nitroso até o indivíduo a ser tratado. Contudo, o deslocamento destes cilindros dentro da unidade hospitalar gerava certos riscos como de acidentes e ou contaminação, imprevistos como de durante o procedimento faltar o gás, e perturbação dos pacientes pelo deslocamento do mesmo, entre outros. Então, com o aumento da demanda dentro dos hospitais, os gases e vácuo medicinais passaram de serem suprimidos por cilindros, bombas portáteis, compressores localizadas nos setores hospitalares, para os sistemas centralizados, onde estes gases e vácuo são levados da central de fornecimento até os pontos de utilização dentro da unidade, onde podem ser ministrados ao paciente. (M. SILVA, 2019)

Os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) necessitam de diversos insumos para viabilizar o funcionamento de seus equipamentos e serviços médicos. Como no caso da maioria das instituições, os insumos mais comuns são energia elétrica, água e esgoto, telefone, gás de cozinha, etc. No entanto, além destes, os EAS necessitam também de um fornecimento adequado de gases medicinais e vácuo para suprir a demanda dos diversos equipamentos e setores que demandam a aplicação de gases medicinais como medicamento. (BRASIL, 2002)

Silva (2019), cita que os sistemas centralizados de gases e vácuo medicinais, assim como fornecimento de água e energia elétrica, necessitam de um gerenciamento e um plano de manutenção assertivo para que além de garantir um eficiente fornecimento, possa cortar despesas aos gastos da unidade. Dessa forma, se preocupar somente com a parte médico-hospitalar é um modo limitado de se pensar já que que o funcionamento destes podem depender da área de suprimentos que necessitam funcionar de forma eficiente.

Os gases medicinais são destinados a tratar ou prevenir doenças em humanos ou administrados a humanos para fins de diagnóstico médico ou para restaurar, corrigir ou modificar funções fisiológicas. (BRASIL, 2008)

Os avanços de equipamentos que aconteceram nos últimos anos, implicaram na disponibilização de muitos e melhores aparatos médico-hospitalares, na qual nos possibilitou uma grande melhora no trabalho do corpo clínico e de enfermagem trazendo maior eficiência de tratamentos aos pacientes, ao passo que estes ativos passaram também a necessitar de um melhor cuidado e gestão.

Com exceção do oxigênio de grau médico, todos os gases medicinais são fornecidos em cilindros de gás comprimido construídos de alumínio, aço inoxidável ou algum outro metal não corrosivo e não reativo. Como os gases medicinais são usados em instalações de saúde, os dutos são direcionados de um local de armazenamento de cilindros, através de um coletor de gás, e para o resto da instalação, onde o acesso a gases medicinais é fundamental para o atendimento ao paciente. Os dutos são dedicados a um tipo específico de gás e esses sistemas também incluirão um aspirador médico e um sistema de exaustão de resíduos de anestesia. As linhas são acessíveis por pontos de venda localizados ao redor da instalação. A instalação e manutenção adequadas dessas linhas de gás são essenciais para o cuidado do paciente. Muitos profissionais contribuem para este sistema, incluindo anestesiólogos, farmacêuticos, enfermeiras, engenheiros, pessoal de manutenção e fornecedores de gás. Acompanhando esses sistemas de tubulação estão vários alarmes, medidores e instrumentos de teste para garantir que a tubulação mantenha a pressão e o fluxo. (M. SILVA, K. SILVA, A. OLIVEIRA e M. SILVA, 2021)

Estes tipos de gases devem ser distribuídos para todos os setores hospitalares, onde seja imprescindível e também existir a rede de tubulações, válvulas e pontos de uso para assegurar que os insumos fornecidos possam ficar nos parâmetros adequados de funcionamento como qualidade do ar, faixas de pressão, fluxo, segurança e temperaturas recomendadas, para não prejudicar de forma alguns pacientes ou qualquer tipo de equipamento. (BRASIL, 2002)

Por entrarem diretamente com o organismo, os gases medicinais, devem atender com padrões específicos de produção e requisitos de boas práticas de fabricação em uma norma regulamentada. (M. SILVA, 2019)

As centrais de gases medicinais (GM) por estarem de equipamentos tangíveis de falhas e ainda por serem associadas à área da saúde e envolver vidas, seja a de funcionários ou de pacientes, necessita de vistoria diária nos setores que possuam rede de distribuição e boa gestão e controle da sua manutenção. (LOPES e ABREU, 2013)

É de fundamental importância agir e pensar estrategicamente, para integração eficaz das atividades de manutenção no processo produtivo, centrada rumo à excelência empresarial. Essa nova cultura da manutenção é inserida neste cenário, visto que a alta competitividade e economia globalizada, sucedem mudanças em alta velocidade e a manutenção, precisa ser um agente proativo, pela sua importância na organização (KARDEC e NASCIF, 2015)

Os profissionais da área de manutenção têm a missão de garantir que toda a infraestrutura do hospital ou clínica esteja a serviço do cuidado com a vida do paciente, de forma segura. Toda a infraestrutura hospitalar, que inclui tanques, cilindros de gases medicinais, tubulações, equipamentos, instrumentos médicos, entre outros itens, devem estar de acordo com as normas

legais vigentes, para assegurar a total segurança dos pacientes e profissionais da saúde. (SILVA, 2019)

A gestão e manutenção dos gases medicinais é tarefa difícil. Muitos são os fatores a considerar: o abastecimento, a vigilância, a manutenção, a formação de pessoal, a avaliação de risco em todo o hospital e padrões de regulamentação de gases medicinais. Todos os responsáveis pelo bom funcionamento do sistema devem estar engajados para um eficaz modelo de gestão dos gases medicinais na unidade, desde o abastecimento até o seu uso.

Os serviços de manutenção preventiva e corretiva dos sistemas de gases medicinais, são normalmente feitos por contingentes ligados às empresas terceirizadas dos insumos ou dos equipamentos e só ocasionalmente realizados por pessoal da própria unidade em função do nível de especialização necessário para estas tarefas. Estes serviços são, portanto, cobertos por pontos citados, baseados em normas, nos contratos vigentes junto às empresas e dependem parcialmente da política gerencial dos equipamentos do estabelecimento. (BRASIL, 2002)

### 1.1. Justificativa

Os sistemas de suprimento de gases medicinais são imprescindivelmente necessários por fornecerem os gases medicinais para o uso dentro de um EAS, através do suporte que fornece a diversos procedimentos médicos e terapêuticos aos pacientes. Dependendo do grau e complexidade das especialidades do EAS, alguns destes GM se fazem opcionais, porém sempre haverá necessidade de um ou mais destes estarem constantemente presentes na unidade. O oxigênio e o ar medicinais são exemplos dos mais aplicados em unidades de saúde.

Conforme Lopez e Abreu (2013), os gases medicinais, assim como o coração nos seres humanos, são considerados como um órgão vital no meio hospitalar, portanto é necessário conhecer e seguir alguns cuidados básicos em relação a movimentação, armazenagem, separação de cilindros, transporte, abastecimento, entre outros, já que se não ocorrer o bom funcionamento da central de suprimentos dos gases e vácuo medicinais, da rede de distribuição e do posto de utilização, poderá acontecer grandes problemas de fornecimento às instalações do hospital, podendo até causar perdas de vidas humanas.

A centrais de suprimentos vistos neste estudo são indispensáveis para muitos tipos de pacientes já que dependendo do seu estado clínico este é mais ou menos necessário. Logo a preocupação em precaver a falta de fornecimento e a segurança da qualidade de geração desses

gases, são quesitos essenciais para a condução de um estabelecimento assistencial de saúde. Com isso, destaca o reforço para o cuidado com a manutenção dos sistemas das centrais de gases e vácuo clínicos, já que, problemas com a central do hospital poderá atingir diretamente os pacientes e agravar suas condições que já são delicadas.

O estudo e o entendimento sobre o funcionamento, aplicação e manutenção destes sistemas se faz necessário para qualquer profissional envolvido dentro da cadeia hospitalar, desde o enfermeiro, médico até os responsáveis pela manutenção, na qual estes poderão salvar vidas e impactar, consideravelmente, nos gastos da unidade dependendo da forma de uso que for aplicado e gerenciado.

Muitas organizações sofrem devido uma qualidade que deixa a desejar na gestão de manutenção por achar um mal necessário dentro da empresa e ter a função de executar manutenção e reduzir gastos (NASCIF, 2013). Isso muitas vezes implica em perda da disponibilidade e qualidade nos serviços, na qual muitas das falhas recorrem comprometendo desta forma os que necessitam do mesmo. Com a execução correta das melhores práticas de manutenção e medidas de melhorias é tangível tomar o controle nas mãos novamente e começar a obter melhores resultados e imprevistos. (ARRIELLO, 2018)

Portanto, a preocupação com o estudo de falhas, aplicação de um bom plano de manutenção, e a análise de desempenho que está ocorrendo, é fundamental para entender o processo e implementar melhorias aos sistemas a fim de garantir a qualidade e a não interrupção do fornecimento dos gases medicinais, principalmente de forma não planejada, para o funcionamento de um estabelecimento assistencial de saúde.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor medidas de melhorias para o setor de manutenção dos sistemas centralizados de gases e vácuo medicinais em unidades de saúde, através da análise dos indicadores de manutenção desses sistemas.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Realizar um estudo teórico sobre a manutenção, métodos de manutenção e principais indicadores de manutenção;
- b) Realizar um estudo teórico sobre sistemas centralizados de gases medicinais;
- c) Descrever o gerenciamento da manutenção do sistema das centrais de gases medicinais estudadas;
- d) Apresentar indicadores MTBF, MTTR e Disponibilidade, dos sistemas estudados;
- e) Avaliar o impacto dos indicadores de desempenhos de manutenção nos sistemas;
- f) Identificar principais falhas nos sistemas estudados;
- g) Elaborar plano de ação para as causas das principais falhas detectadas;
- h) Revisar plano de manutenção adotado nos sistemas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Gases Medicinais

“Um gás medicinal é definido como aquele que é fabricado, embalado e destinado à administração a um paciente em anestesia, terapia ou diagnóstico”. Como um gás terapêutico, são prescritos como um anestésico, agente de entrega de drogas ou remédio para uma doença que ocorre, fonte de energia pneumática para instrumentos cirúrgicos e odontológicos. São fornecidos por fabricantes licenciados que atendem aos controles de qualidade estabelecidos pela agência reguladora de medicamentos prescritos de uma jurisdição. Devem ser extremamente puros e atender aos padrões estabelecidos pelas principais Normas competentes. (M. SILVA, K. SILVA, A. OLIVEIRA e M. SILVA, 2021)

A NBR 12188:2016 – Sistemas centralizados de suprimento de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviços de saúde – estabelece os requisitos para a instalação de sistemas centralizados de suprimento de gases medicinais, como o oxigênio medicinal 99, o oxigênio medicinal 93, o dióxido de carbono medicinal, o óxido nitroso medicinal, o ar comprimido medicinal e o ar sintético medicinal; de gases para dispositivos médicos, como nitrogênio e argônio e de produção de vácuo para uso em serviços de saúde.

Segundo Duarte (2017), a classificação segundo as propriedades físicas dos gases medicinais pode ser:

a) Comprimidos: estado gasoso, sob e à temperatura ambiente como no caso do oxigênio, ar comprimido e óxido nítrico que são guardados em cilindros;

b) Liquefeitos: onde o gás é armazenado sob pressão, parcialmente líquido, está mais concentrado, exemplo são o óxido nitroso e dióxido de carbono que são armazenados em cilindros;

c) Criogênicos: na qual encontrasse na forma líquida dentro do tanque criogênico que possui isolamento térmico com a temperatura extremamente baixa e sob baixa pressão, como o oxigênio medicinal e nitrogênio medicinal, de exemplo.

## 2.2. Principais Gases Medicinais

### 2.2.1. Oxigênio

“O oxigênio, nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP), é um gás incolor, insípido, inodoro, não tóxico, comburente, não combustível. O oxigênio a 1 atm de pressão e a -183 °C de temperatura, encontra-se no estado líquido (criogênico) e de coloração levemente azulada”. (ANVISA, 2019)

Somente o oxigênio não é inflamável, porém ele é o comburente para uma combustão. Sendo altamente oxidante, ainda reage quando colocado com materiais combustíveis, havendo risco de iniciar incêndio ou explosão. Com exceção dos gases nobres, este gás se mistura com todos os outros gases. É o elemento mais fácil de ser encontrado na Terra. Pode estar em forma gasosa na atmosfera ou forma líquida dissolvida em rios, lagos e oceanos. (LINDE GAS, 2017)

As características do O<sub>2</sub> independem de sua utilização ser industrial ou medicinal, os diferenciais serão quanto a cor que identifica o gás no cilindro, sendo preto para uso industrial e verde para uso medicinal.

O oxigênio é essencial para a vida dos seres aeróbicos, que inclui os humanos. Quando admitido vai até os pulmões, perfundido pelo sangue e atingindo as células de todos os seres vivos denominados aeróbios. Como principais tipos de aplicação, pode-se citar uso como veículo para outros medicamentos através de inalação, como parte do fluxo de gás em processos anestésicos, tratamentos de patologias tais como cefaleias que são dores de cabeça de alta intensidade, para o tratamento ou prevenção da diminuição de oxigênio no sangue ou tecidos, para tratar a obstrução dos vasos sanguíneos por bolhas de ar na corrente sanguínea, para tratamento de intoxicação por monóxido de carbono, para tratamento de feridas e em associação com outros gases conforme orientação médica. (DUARTE, 2017)

A Tabela 2.1 mostrada a seguir, apresenta as principais características físico-químicas do oxigênio

Tabela 2.1 - Características físico-químicas principais do Oxigênio (BRASIL, 2002).

<b>Produto</b>	Oxigênio
<b>Fórmula</b>	O <sub>2</sub>
<b>Peso molecular</b>	31,99
<b>Massa específica</b>	1,325 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ponto de Ebulição, 760 mmHg</b>	-183,0 °C
<b>Aparência</b>	Gás incolor e inodoro a temperatura e pressão normais, líquido apresenta coloração azulada.

O oxigênio, quando para uso medicinal, segundo a ANVISA (2016), deve possuir uma concentração mínima de 93,0% para como fonte de sistema concentrador e pureza de 99,0% para fornecimento líquido em tanque criogênico.

As principais formas de obtenção do oxigênio são por meio do método criogênico, ou destilação fracionada, na qual o fluido é conduzido a temperaturas extremamente baixas pela qual é possível separar já na forma líquida os elementos do ar admitido. Outra forma de produzir oxigênio é por adsorção por alternância da pressão, na qual ocorre pela aderência das moléculas de um gás à superfície de um sólido através de forças de atração molecular, faz-se a retenção de componentes do ar permitindo a passagem somente do O<sub>2</sub>. (IBALDO, 2020).

### 2.2.2. Ar Medicinal

Quando um paciente precisar inalar algum medicamento ou receber suporte respiratório, respiração com auxílio de ventilador pulmonar, haverá necessidade de um suprimento de ar comprimido para estas aplicações. Além de fornecer os níveis de pressão desejados pelos equipamentos, a estação de ar medicinal comprimido deve fornecer ar puro, isento de poeira, poluentes e microrganismos nas proporções de elementos exigidos pelas normas. (BRASIL, 2002)

O ar medicinal tem o mesmo perfil do ar atmosférico, logo, é composto por 79% de nitrogênio e 21 % de oxigênio. É empregado em ventilação pulmonar e inalação em que visa a redução das secreções das vias aéreas do paciente e em tratamentos intensivos, salas de cirurgias em diluição de anestésicos e até secagem de instrumentos cirúrgicos. O fornecimento de ar medicinal é essencial nos hospitais, especialmente no tratamento de doenças respiratórias. Uma

forma eficiente de fornecer medicamentos é conduzi-los de forma direta aos pulmões por inalação. Os nebulizadores, e outros dispositivos que utilizam um método de administrar algum tipo de medicamento sob a forma de vapor que então é inalada para os pulmões pelo paciente através de uma máscara ligada ao equipamento, são usados para fornecer a medicação inalada aos pacientes que estão incapazes de absorver por meios tradicionais. O ar medicinal pode ser utilizado para conduzir o ar do tratamento até o nebulizador onde o medicamento líquido é convertido num vapor que pode ser inalado diretamente para os pulmões. (M. SILVA, 2019)

Para o Ministério da Saúde (2002) o ar medicinal pode ser obtido de duas maneiras: com o próprio ar atmosférico filtrado e comprimido através de compressores no EAS ou através de mistura proporcional de oxigênio e nitrogênio advindos separadamente de tanques criogênicos.

De maneira geral, a configuração de um sistema de fornecimento de ar medicinal comprimido que é constituída de compressores, reservatórios, sistema de filtragem do ar, sistema de secagem do ar, analisadores do ar e sistema de controle. O conjunto de todos estes sistemas é denominado central de ar comprimido com sua capacidade de produção sendo estabelecida através do estudo da necessidade de cada local ao qual deverá ser fornecido o produto. Na Tabela 2.2, são mostradas as características exigidas do ar para uso medicinal comprimido gerado através da central de ar comprimido, baseadas em normas internacionais, adotada pela NBR 12188. (DUARTE, 2017)

Tabela 2.2 - Características do Ar Medicinal comprimido (Adaptado de ABNT, 2016).

<b>Componente</b>	<b>Símbolo</b>	<b>NBR 12188</b>
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	Balanço
Oxigênio	O <sub>2</sub>	20,4% a 21,4% v/v de oxigênio
Monóxido de Carbono	CO	5 µg/g máx v/v
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	500 µg/g máx. v/v
Dióxido de Enxofre	SO <sub>2</sub>	1 µg/g máx. v/v
Dióxido de Nitrogênio	NO <sub>x</sub>	2 µg/g máx. v/v
Óleos e partículas sólidas	-	0,1 mg/m <sup>3</sup> máx. v/v
Vapor de água	-	67 µg/g máx v/v
Ponto de Orvalho	-	-45,5°C, a pressão atmosférica

Na Tabela 2.3, são mostradas as características exigidas do ar medicinal sintético que é produzido através de dispositivo especial de mistura. É obtido através da mistura de oxigênio e nitrogênio, na qual o processo, em resumo, consiste na armazenagem separada de oxigênio e

nitrogênio em tanques criogênicos. Ao passarem pelo misturador, o ar na proporção adequada, passa a ser identificado como ar medicinal estéril ou sintético e em seguida é enviado à rede canalizada da unidade hospitalar. (DUARTE, 2017)

Tabela 2.3 - Características Ar Medicinal sintético (ABNT, 2016).

<b>Componente</b>	<b>Símbolo</b>	<b>NBR 12188</b>
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	Balanço
Oxigênio	O <sub>2</sub>	19,95% a 23,63% v/v de oxigênio
Monóxido de Carbono	CO	5 µg/g máx v/v
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	300 µg/g máx. v/v
Dióxido de Enxofre	SO <sub>2</sub>	1 µg/g máx. v/v
Dióxido de Nitrogênio	NO <sub>x</sub>	2 µg/g máx. v/v
Óleos e partículas sólidas	-	0,1 mg/m <sup>3</sup> máx. v/v
Vapor de água	-	67 µg/g máx v/v

### 2.2.3. Óxido Nitroso

O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) é um gás incolor com odor e sabor levemente adocicados, que é usado no meio clínico como um agente anestésico. Empregado com o oxigênio, o N<sub>2</sub>O pode sustentar uma combustão. Por apresentar riscos letais, este tipo de gás deve sempre ser misturado com pelo menos 20% de oxigênio. Pode ser comercializado comprimido em cilindros metálicos ou tanques criogênicos, o óxido nitroso, são alojados no exterior do hospital e se comunicam com a rede de distribuição através de redutores de pressão, registros e tubulações. (WILKINS, STOLLER e KACMAREK, 2009) A Tabela 2.4 apresenta as principais características físico-químicas do óxido nitroso.

Tabela 2.4 - Características físico-químicas principais do Óxido Nitroso (BRASIL, 2002).

<b>Produto</b>	Óxido nitroso, monóxido de dinitrogênio, monóxido de nitrogênio, protóxido de azoto, anidrido ácido hiponitroso, gás hilariante;
<b>Fórmula</b>	N <sub>2</sub> O
<b>Peso molecular</b>	44,0128
<b>Massa específica</b>	1,8337 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ponto de Ebulição (760 mmHg)</b>	-88 °C
<b>Aparência</b>	Gás incolor à temperatura e pressão normais; odor levemente adocicado.

O N<sub>2</sub>O é obtido a partir da decomposição do nitrato de amônia, em que é aquecido material até cerca de 190 °C, acontecendo a sua fusão; então é novamente aquecido até 240 °C, na qual libera o óxido nitroso a uma concentração de 95%. A etapa seguinte é a da purificação feita através de um tratamento com cáustico e dicromato, logo são separados o ácido e o óxido nítrico. Após a sua compressão e liquefação, o gás é estocado em cilindros para distribuição (DUARTE, 2012)

O óxido nitroso com sua capacidade anestésica é empregado principalmente em partos e procedimentos odontológicos, urológicos, otorrinolaringológicos, suturas de pele, redução de fraturas ósseas, dentre outros usos. Para uso medicinal o óxido nitroso deve ter pureza mínima de 98%.

#### 2.2.4. Nitrogênio

O nitrogênio é o gás mais abundante na atmosfera, onde representa 78% do volume total. Foi descoberto em 1772 por Daniel Rutherford, na Escócia, sendo isolado em 1785 por Cavendish. Em 1908, Fritz Haber desenvolveu um processo de extração de nitrogênio do ar e a produção de amônia para ser usada como fertilizante do sol. O nitrogênio obtido pela liquefação e destilação fracionada do ar, é uma fonte ilimitada de matéria prima para a preparação de seus compostos. É um elemento tão inerte, que Lavoisier o denominou de "Azoto", que significa sem vida. Seus compostos, entretanto, são muito relativos como também são parte importante dos alimentos. (WEB ELEMENTS, 2017)

O nitrogênio participa de diversas misturas, podendo ser inalado sem consequências, ao contrário de os outros gases como o oxigênio que em altas concentrações, pode tornar-se asfixiante. É geralmente comercializado no estado gasoso, comprimido em altas pressões, ou líquido a baixas temperaturas. (BRASIL, 2002)

O nitrogênio medicinal, 99% de pureza, em forma líquida é usado em processos de congelamento de amostras, como sangue, medula óssea, órgãos para transplante e outros tipos de material biológico. Na forma gasosa é utilizado, principalmente, como agente mecânico para impulsionar equipamentos medicinais pneumáticos, já que por ser praticamente inerte, não oxida os mecanismos. (DUARTE, 2017). A Tabela 2.5 apresenta as principais características físico-químicas do nitrogênio.

Tabela 2.5 - Características físico-químicas principais do Nitrogênio (BRASIL, 2002).

<b>Produto</b>	Nitrogênio, azoto
<b>Fórmula</b>	N <sub>2</sub>
<b>Peso molecular</b>	28,01
<b>Massa específica</b>	1,8337 kg//m <sup>3</sup>
<b>Ponto de Ebulição, 760 mmHg</b>	-195,80 °C
<b>Aparência</b>	Gás e líquido incolor e inodoro

#### 2.2.5. Dióxido de Carbônico Medicinal

Em condições normais, O CO<sub>2</sub> é um gás incolor e inodoro que não sustenta uma combustão ou mantém a vida animal. Para o Ministério da Saúde (2002), os usos medicinais mais comuns do dióxido de carbono, são:

- a) Insuflamento das cavidades abdominais durante procedimentos cirúrgicos;
- b) Produção de atmosfera próxima da fisiológica junto com oxigênio e nitrogênio para a criação de atmosferas anaeróbicas e aeróbicas, crescimento de microrganismos;
- c) Misturado com nitrogênio ou nitrogênio e oxigênio, o dióxido de carbono é utilizado na calibração de aparelhos de gasometria sanguínea, análise de gases dissolvidos no sangue, difusão pulmonar.

Segundo a ANVISA (2016) o grau de pureza mínimo para o dióxido de carbono medicinal é de 99,5%. O processo de obtenção do dióxido de carbono medicinal, pode ser feito a partir da

fermentação em indústria sucro-alcooleiras, ou pela combustão de materiais, ou do subproduto de processos químicos diversos.

Tabela 2.6 - Características físico-químicas principais do Dióxido de Carbono (BRASIL, 2002).

<b>Produto</b>	Dióxido de carbono, gás carbônico, anidrido carbônico;
<b>Fórmula</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Peso molecular</b>	44,01
<b>Massa específica</b>	1,98 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ponto de Ebulição, 760 mmHg</b>	-78,5 °C
<b>Aparência</b>	Gás incolor e inodoro à pressão e temperatura normais. Apresenta ligeira acidez no paladar.

### 2.3. Rede de Distribuição

A rede de distribuição é conjunto de tubulações, válvulas e dispositivos de segurança que se destina a prover gases ou vácuo, através de ramais, aos locais onde existem postos de utilização apropriados. (ABNT, 2016)

Os gases aqui citados, com exceção do óxido nitroso, nitrogênio, dióxido de carbono, são normalmente advindos do tipo centralizado na qual o gás é conduzido da central de suprimento até os pontos de utilização.

Para a identificação da tubulação dos gases e vácuo medicinais, deve seguir conforme é apresentado na norma ABNT 12188 (2016), que é mostrada na Tabela 2.7 abaixo.

Tabela 2.7 - Cor de identificação do gás e vácuo (ABNT 12188, 2016).

<b>Gás</b>	<b>Cor</b>	<b>Padrão Munsell</b>
Ar medicinal	Amarelo-segurança	5 Y 8/12
Óxido nitroso	Azul-marinho	5 PB 2/4
Oxigênio Medicinal	Verde-emblema	2,5 G 4/8
Nitrogênio Medicinal	Preta	N 1
Dióxido de carbono Medicinal	Branco gelo	N 8,5
Vácuo Clínico	Cinza-claro	N 6,5

As soldas devem ser de liga de prata 35% com alto ponto de fusão acima de 537°C, soldados por processo oxi-acetilênico e deve ser realizada por soldadores qualificados. Não é permitido o uso de soldas de estanho. (ABNT, 2016)

Deve ser evitado a aplicação da tubulação embutida na terra, porém, onde não puder ser alocada, deverá ser posta em paredes ou acima do forro. A tubulação enterrada tem que admitir mínima distância de 0,8 metros abaixo do solo, havendo proteção mecânica a compressão do solo, corrosão e em área sem passagem de veículos, existindo identificação e facilidade de acesso a vistoria e manutenção na rede. (ABNT, 2016)

### 2.3.1. Válvulas

“As válvulas de seção são dispositivos que permitem abrir ou fechar o fluxo de gás ou vácuo para uma determinada área do hospital, não afetando o fornecimento das demais áreas e permitindo a realização de manutenções. Quando for necessário o fechamento de qualquer válvula de seção do hospital, os setores afetados deverão ser comunicados de maneira a serem utilizados suprimentos de emergência através de cilindros.” (SANTOS, 2002)

Deve ser instalada uma válvula de secção após a saída da central e antes dos ramais de distribuição aos setores, sendo posta em local acessível. (ABNT, 2016)

Válvulas especiais também são exigidas na tubulação, podem-se citar as válvulas para alívio de pressão na qual libera o excedente de pressão para o exterior devido a qual que seja motivo, temperatura ou por falha no sistema. Válvulas especiais bloqueiam a volta de gás durante situações de acidentes. (BRASIL, 2002)

Uma válvula de bloqueio deve ser operada de forma manual entre o bloco central e cada bateria de cilindro, e uma outra válvula de bloqueio logo depois da válvula de alívio de pressão.

A norma NBR 12188 de 2016 cita e define válvulas que são utilizadas pelo sistema de distribuição, são elas:

- a) Válvula de alívio de pressão: Válvula que permite a saída do gás para o exterior caso a pressão no sistema atinja níveis acima do preestabelecido;
- b) Válvula auto vedante: Válvula para o bloqueio automático e imediato da vazão (fluxo) dos gases e do vácuo quando da desconexão de quaisquer acessórios do posto de utilização;
- c) Válvula de segurança: Ver válvula de alívio de pressão;

- d) Válvula reguladora de pressão: Válvula capaz de regular e reduzir a pressão existente na central ou na rede de distribuição a uma pressão compatível com a de utilização;
- e) Válvula de retenção: Válvula que permite a passagem do gás ou vácuo em apenas um sentido;
- f) Válvula de seção: Válvula para bloqueio de vazão (fluxo) de oxigênio, óxido nítrico, ar ou vácuo de utilização (leitos);

### 2.3.2. Sistema de Alarme e Monitoração

Os sistemas de alarme têm a função de indicar, por meio de sinais sonoros e visuais, alguma anormalidade no sistema centralizado. Segundo a ABNT (2016), o sistema de alarme pode ser dividido em:

- a) Alarmes de emergência: indicam uma pressão anormal dentro de uma canalização e devem requerer uma intervenção imediata tanto do pessoal técnico como do pessoal clínico;
- b) Alarmes operacionais: notificam que existe uma ou mais fontes de abastecimento que não estão disponíveis para uso e é necessário desenvolver uma ação;
- c) Alarmes operacionais de emergência: indicam uma pressão anormal dentro de uma canalização e devem requerer uma intervenção imediata do pessoal técnico;
- d) Alarme informativo: são sinais informativos que indicam o estado normal de funcionamento do sistema.

Monitorização do status da instalação de gases em tempo real, permite que seja sinalizado com alarme e avisos, havendo sinalização óticas, isto para dependendo da gravidade do problema. A Tabela 2.8 a seguir, mostra a classificação dos alarmes e as características do sinal segundo norma.

Tabela 2.8 - Classificação dos alarmes e as características do sinal (ABNT, 2016)

<b>Categoria</b>	<b>Resposta do Operador</b>	<b>Cor do Indicador</b>	<b>Sinal Visual</b>	<b>Sinal Sonoro</b>
Alarmes de emergência	Resposta imediata por se tratar de situação perigosa	Cumpra a Norma Internacional IEC 60601-1-8	Cumpra a Norma Internacional IEC 60601-1-8	Cumpra a Norma Internacional IEC 60601-1-8
Alarme operacional	Resposta rápida a uma situação perigosa	Amarelo	Intermitente	Opcional
Alarmes operacionais de emergência	Resposta imediata por se tratar de situação perigosa	Vermelho	Intermitente	Sim
Alarme informativos	Conhecimento do estado normal	Não Amarelo Não Vermelho	Constante	Não

#### 2.4. Sistemas de Centralizados de Gases Medicinais

A central de suprimento de gases medicinais, deve ter suprimento primário e reserva, ser formada de comandos, pressostatos e válvulas, o qual o sistema concentrador de oxigênio deve-se apresentar conforme NBR 13587. O suprimento primário deve fornecer na forma constante na pressão de distribuição. O suprimento reserva deve ser de no mínimo 150% o consumo efetivo médio do EAS, para o caso que este for desconhecido, adotar o consumo máximo provável e das variáveis de distribuição do fornecedor. (ABNT, 2016)

##### 2.4.1. Central de suprimento por compressor de ar medicinal

A central de suprimento de ar medicinal por compressores se trata de um sistema que admite o ar atmosférico através de compressores de ar que comprimem esse ar até cerca de 7 kgf/cm<sup>2</sup> para fornecimento. Este ar captado apresenta muitos contaminantes na qual para que possa ser usado em aplicações medicinais, precisa passar por tratamentos para retirada de impurezas e umidade através de filtros e secadores que tem por finalidade retirar partículas, umidade, odores e outros contaminantes líquidos que estiverem presentes. (DUARTE, 2017)

Conforme a resolução da ANVISA, RDC 50, os compressores de ar para fim medicinal devem ser isentos de óleo e de água, que através de filtros especiais deve ser retirado os odores. Deve ser gerado através de compressores com selo d'água, de membrana ou de pistão com lubrificação a seco. Em situações de uso por compressores lubrificados a óleo, é necessário um sistema de tratamento para a retirada do óleo e de odores do ar comprimido.

A central de suprimento de ar comprimido além de ser formada pelo compressor, apresenta outros equipamentos afim de assegurar os padrões de qualidade do ar, como:

- a) Compressor: tem função de admitir o ar atmosférico e comprimi-lo e manter o sistema pressurizado. Conforme dito, as normas definem que este equipamento para uso medicinal seja com selo de água, de membrana, scroll ou pistão com lubrificação a seco, entretanto na pratica são usados outros tipos.
- b) Resfriador: este equipamento nem sempre esta presente devido ao tipo de sistema, porem em sistemas que o compressor já não vem acoplado a um sistema refrigerador, é necessário reduzir a temperatura do ar comprimido para se iniciar a próxima etapa de eliminação de água.
- c) Reservatório: além de armazenar o ar já comprimido e regularizar o trabalho dos compressores, tem função de resfriar o ar a temperatura ambiente e estabiliza-lo, condensa boa parte da umidade que separa do óleo, estes sendo eliminados pelo sistema de purga.
- d) Separador de condensado: estes filtros tem função tirar velocidade do ar e direciona parte da umidade para ser eliminada e remover particulados maiores.
- e) Secador: devido a umidade presente no ar e se desejar um ar seco, esse dispositivo tem função de separar grande parte da água presente no ar. Os secadores utilizados, em geral, podem ser de dois tipos: por refrigeração que condensa a umidade e a elimina, ou por adsorção que é composto por duas colunas que possuem material adsorvente, como alumina ativada e sílica em gel, que quando o ar passa por estas a umidade é adsorvida e eliminada.

- f) Filtros coalescentes: projetados para remover partículas submicrônicas sólidas, de óleo e água do ar comprimido, feita principalmente pela ação da gravidade. Não possuem eficiência contra a retirada de cheiros e vapores de água e óleo, neste caso se utiliza filtros de carvão ativado, denominados de “absorvedores”.
- g) Purgadores: estes dispositivos são instalados nos reservatórios, filtros e secador e pode ser do tipo manual, automático ou eletrônico. No manual é necessário que alguém o acione, no automático a sua abertura é por meio de válvulas solenoides automáticos e na forma eletrônica, o acionamento é por meio de um temporizador.

A Figura 2.1 mostrada a seguir, apresenta o esquema fornecimento do sistema ar medicinal por compressores.



Figura 2.1 - Esquema de instalação para uma central de ar comprimido.  
(COMPRESSUL, 2021)

A Figura 2.2 mostra um tipo de central de ar por compressor mais moderna que têm sistema mais simplificado devido a equipamentos compactos mais sofisticados, além de ser empregador o secador de refrigeração para aumentar a eficiência e disponibilidade do sistema.

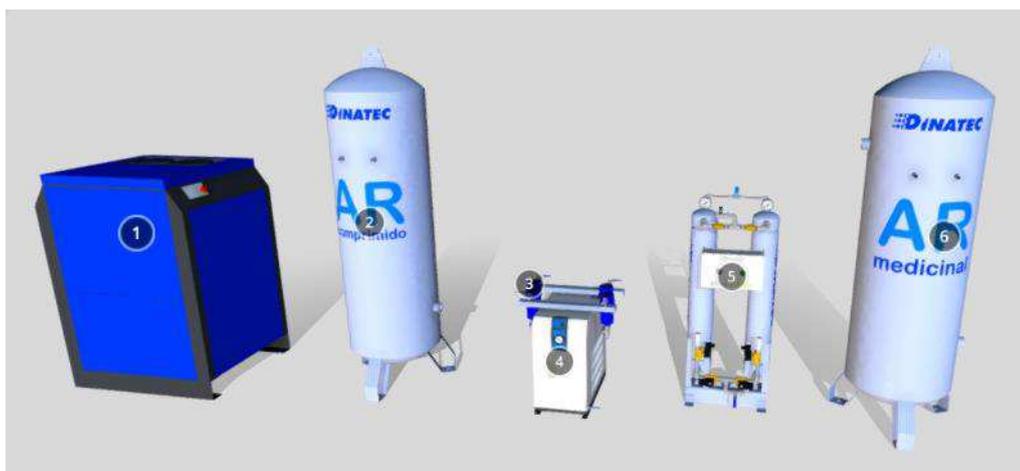


Figura 2.2 – Sistema de ar comprimido mais moderno (DINATEC, 2019)

A norma ABNT 12188 (2016) admite que, a central de suprimento deve ter no mínimo, um compressor e um suprimento reserva com outro(s) compressor(es), equivalente ao primeiro, ou cilindros. Cada compressor deve ter produção de 100% do consumo máximo provável, podendo funcionar de forma automática ou manual, composta em paralelo ou alternado, em casos de emergência. Para situação em que for central de reserva de cilindros, no mínimo dois cilindros deveram ser instalados com seu cálculo em função do consumo e frequência de fornecimento. O ar medicinal comprimido deve ter nível de oxigênio entre 20,4% a 21,4% v/v contra o nitrogênio em balanço, e conforme as características apresentadas na Tabela 2.

A Resolução RDC 50 (2002) cita que o ponto de sucção dos compressores de ar medicinal deve estar fora da edificação, distante de qualquer contaminação proveniente de sistemas de exaustão como fornos, motores de combustão, descargas de vácuo hospitalar, remoção de resíduos sólidos, etc. Conforme a resolução o ponto de ar deve manter distância de qualquer porta, janela, entrada de edificação ou outro ponto de acesso, qualquer exaustão de ventilação, descarga de bomba de vácuo ou exaustão de banheiro e possuir altura de 6,0m acima do solo.

Em um sistema de ar medicinal por compressor, a manutenção tem que admitir, basicamente, compressores, secadores por absorção, secadores por refrigeração, reservatório de ar seco e úmido, painel de alarme operacional, válvula seccionadora, quadro de comando elétrico, painel de alarme de emergência, os postos de utilização e central de cilindros de alta pressão, manômetros, válvulas e outros.

#### 2.4.2. Central de suprimento por concentrador de oxigênio

Dentre os meios de produção e fornecimento de oxigênio para uso medicinal em um EAS, temos os sistemas por tanques criogênicos e os sistemas por concentradores de O<sub>2</sub>. Este último, a central de suprimento por concentradores de oxigênio, consiste na produção de oxigênio no local pelo fenômeno de adsorção seletiva do ar, através da utilização de um dispositivo de separação do ar chamado de concentrador. Além do concentrador, este tipo de central também é formado por compressores de ar, filtros, reservatórios, secador, analisador entre outros acessórios. (SANTUCCI, 2021)

Neste tipo de processo, o oxigênio a ser utilizado na unidade é gerado no local através de uma tecnologia como o PSA (Pressure Swing Adsorption) ou por meio de sistema parecido,

chamado de PVSA (Pressure Vacuum Swing Adsorption), em ambos os processos se utiliza o ar atmosférico formado por cerca de 78% nitrogênio, 21% oxigênio, 0,9% argônio e 0,1% de outros gases. O concentrador, que o destaque nestes sistemas, é composto basicamente por dois vasos iguais possuindo material adsorvente de peneira molecular, a zeólita, que é um granulado de alumínio-silicato que tem tendencia em adsorver moléculas de  $N_2$ ,  $CO_2$  e  $CO_x$  a baixas pressões, e válvulas que manobram o fluxo dos gases quando um dos vasos estar saturados. (SANTOS, 2002)

A produção de oxigênio pelo processo de adsorção por alternância da pressão (PSA), ocorre pela separação e a concentração do  $O_2$  do ar atmosférico que o expõe a uma pequena pressão, em uma peneira de zeólita por um tempo determinado que é capaz de adsorver quase todo nitrogênio, monóxido de carbono e  $CO_2$ , presente no ar. Na saída do vaso, o gás é formado por cerca de 95%  $O_2$ . (LEITE, 2006)

Além do concentrador, para a produção do oxigênio medicinal o sistema é formado por outros dispositivos a fim de garantir a pureza do oxigênio gerado que deseja estar de acordo com as normas técnicas. A Figura 6 mostra o esquema de instalação para o sistema de produção de oxigênio por usina concentradora de oxigênio. A descrição dos componentes é descrita logo em seguida.

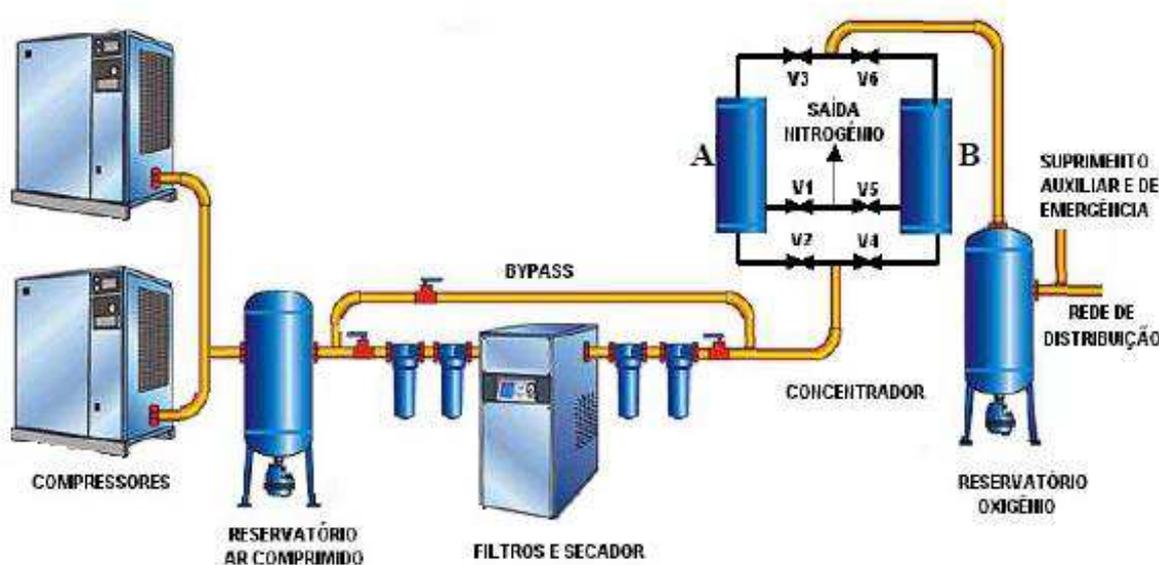


Figura 2.3 - Esquema básico de instalação da usina de oxigênio (SANTOS, 2002).

- a) Compressores: captam o ar atmosférico e o pressurizam a cerca de 7 bar, mantem o sistema todo tempo pressurizado;

- b) Reservatório úmido: além de armazenar ar comprimido e estabilizar picos de trabalhos para atender o concentrador a pressão de 6 e 8 bar na saída do compressor, ele condensa, drena parte da água e das partículas;
- c) Pré-filtro coalescente: retém particulados maiores e boa parte do óleo do ar. Os condensados são eliminados pela purga existente no mesmo. Possuem elementos filtrantes compostos por uma estrutura fibrosa de borosilicato, capaz de reter partículas sólidas e coalescer emulsões com dimensões superiores à micragem de seus poros.
- d) Secador: dependendo do sistema pode ser do tipo por refrigeração, por adsorção ou sob a configuração dos dois inseridos em série, servem para a retirada da água ainda presente no ar comprimido.
- e) Pós-filtro coalescente: bloqueia a passagem de particulados bem menores através do mesmo sistema do pré-filtro;
- f) Concentrador: formado por duas torres de zeolitas que bloqueiam o nitrogênio e outros gases, permitindo a passagem de oxigênio com 95% de pureza;
- g) Reservatório seco de O<sub>2</sub>: o oxigênio produzido é armazenado a aproximadamente 4,5 bar.

A etapa principal de purificação do ar para uso de O<sub>2</sub>, é na passagem pelo concentrador, que é mostrado conforme a Figura 2.4, o sistema de concentradores que trabalha por dois vasos de zeolita em paralelo, através de seis válvulas, onde, por como mostrado na Tabela 2.9. Enquanto o vaso B pressuriza e começa a liberar O<sub>2</sub> na saída para o reservatório de consumo, o N<sub>2</sub> adsorvido no vaso A está sendo purgado para o ambiente. A purga ocorre por despressurização natural e é auxiliada pela “lavagem da peneira” provocada pelo fluxo de uma fração do O<sub>2</sub> produzido no vaso B. À medida que o vaso vai pressurizando, o N<sub>2</sub> vai sendo adsorvido e o O<sub>2</sub> vai concentrando na extremidade oposta à entrada do ar comprimido. Ao chegar à saturação desejada ocorre a abertura da válvula de saída (V6) para dar início à produção propriamente dita. Ou seja, os tempos dos ciclos precisam ser melhorados e ajustados para cada sistema individualmente, para se ter uma melhor eficiência de trabalho.

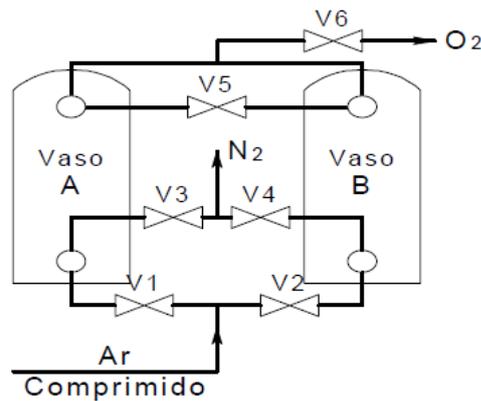


Figura 2.4 - Esquema de válvulas que atuam no sistema do concentrador (LEITE, 2006)

Tabela 2.9 - Funcionamento de um concentrador de oxigênio. (LEITE, 2006)

FASE	VÁLVULAS						VASOS		AÇÕES
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	VA	VB	
8	X	X	X	X	O	X	Equalizam		Os dois vasos com a pressões internas equivalentes
1	O			O			Pressuriza	Despressuriza	Inicia admissão de ar no vaso A e a liberação natural de N2 no vaso B
2						O	Produz	Purga	Inicia a produção do vaso A e a lavagem do vaso B
3				X				Fecha	Cessa A purga do vaso B
4	X				O	X	Fecha		Cessa a produção do vaso A e equalizam-se as pressões dos vasos
							Equalizam		
5		O	O				Despressuriza	Pressuriza	Inicia admissão de ar no vaso B e a liberação natural de N2 no vaso A
6						O	Purga	Produz	Inicia a produção do vaso B e a lavagem do A
7			X				Fecha		Cessa A purga do vaso A
8		X			O	X		Fecha	Cessa a produção do vaso B

X: fecha a válvula; O: abre a válvula

Dispositivos de segurança também devem ser instalados junto a usina de oxigênio além dos equipamentos que promovem a seleção do ar que é absorvido pelo sistema. Dispositivos como: pressostatos para ligar e desligar o compressor quando atingir as pressões estabelecidas, válvula de segurança contida no reservatório central para aliviar a pressão caso ocorra um aumento no interior do vaso e, alarme de baixa e alta pressão que quando, por algum motivo de baixa de pressão no reservatório por falha do compressor ou pressostato, este sinaliza a equipe de manutenção para tomar as ações necessárias. (LEITE, 2006)

O sistema PVSA, que também é um método de geração de oxigênio, porém com capacidade de produzir em menor pressão, é parecido ao sistema PSA. O que distingue um do outro é a forma de captar o ar atmosférico na qual ao invés do ar passar pela compressão para entrar no concentrador, no sistema PSVA o ar captado por ventiladores, tratado por um sistema de filtros e, só após estas etapas que entra no concentrador. Após esta sequência, o oxigênio é comprimido e armazenado em um pulmão de ar, como também é conhecido o reservatório, que abastecerá a rede de distribuição. Uma característica que difere é pelo processo de regeneração da peneira molecular: na PSA, apenas a despressurização do compartimento saturado é suficiente para remoção do nitrogênio, onde na PVSA, é necessária a aplicação de vácuo para a eliminação do nitrogênio. (SANTOS, 2002)

Conforme a resolução RDC 50 (2002), cita que assim como nos outros tipos de centrais, esta categoria de suprimento por concentrador também necessita manter um suprimento reserva na qual deve ser acionado automaticamente em caso de falha do sistema primário em que a pressão mínima de trabalho for atingida ou quando os níveis de oxigênio na composição forem inferiores a 92%. A norma ainda cita que a central deve estar protegida de fontes de calor, sistemas elétricos que não fazem parte do sistema e instalados em ambientes exclusivos para as mesmas em nível acima do solo, ao ar livre ou sobre abrigo com proteção contra incêndios.

## 2.5. Manutenção

A era industrial é marcada por revoluções, tendo a primeira sido marcada pela mecanização e força hidráulica, a segunda teve como principal característica a produção em massa com linhas de montagem e a eletricidade, a terceira foi notada pelo uso de computadores e automação de equipamentos, a quarta geração traz como principal aspecto sistemas ciber físicos, onde visa desenvolver a comunicação entre os aparelhos ou as máquinas maximizando a eficiência, a segurança e minimizando custos e tempos (BORLIDO; LEITÃO, 2017). Kardec e Nascif (2015) consideram que a manutenção passa atualmente pela quinta geração, período marcado pela continuidade do desenvolvimento da gestão de ativos e busca constante por melhoria.

De forma geral, Azevedo (2016) cita que as atividades de manutenção têm como finalidade evitar a degradação de equipamentos e instalações seja movido por causas naturais

ou pelo seu uso. Tal degradação pode manifestar-se em diversas formas, desde pequenos detalhes externos até reduções no rendimento do equipamento ou instalação.

Campbel (2017), associa a presença da manutenção nas organizações ao surgimento de serviços de reparos que precisam ser prestados de forma ordenada, eficiente, eficaz e produtiva. O autor ainda dita que o papel da Gerência de Manutenção é definir metas e planos de procedimentos e de trabalho para se conseguir melhor desempenho de máquinas, materiais e mão de obra em uma organização.

No cenário evolutivo atual, tem-se uma enorme competitividade em busca da produção, e neste cenário o ponto crucial a ser trabalhado é a maior confiabilidade dos equipamentos com manutenção a baixo custo. O gerenciamento dos ativos é o principal meio para o sucesso nas áreas de manutenção, proporcionando maior segurança ao processo produtivo, visto que, estes custos são ocasionados principalmente por paradas não programadas, as corretivas. (NETO, 2001)

Num contexto mais dinâmico é essencial que as empresas tenham melhor aproveitamento dos seus ativos. Desta forma, Nascif e Dorigo (2013) destacam a manutenção como culpada direta pela disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e instalações, influenciando nos resultados das associações quem buscam suprir as demandas e expectativas dos clientes. A missão da manutenção é: “assegurar a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos de forma a está presente a um programa de produção ou prestação de serviços com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados” (NASCIF & DORIGO, 2013).

Branco Filho (2008) diz que as principais atribuições para a manutenção são: mensurar as demandas financeiras e de materiais para realizar dada atividade, dizer os itens de controle e seu modo de medir, empregar os treinamentos necessários, buscar os requisitos essenciais de seus participantes e esboçar e definir as especialidades e quantidade dos colaboradores.

As distintas formas de manutenção que existem vão se caracterizar pela forma de aplicação e pelo momento em que é acionada no sistema ou instalação. Existem muitas denominações para caracterizar os métodos de atuação. Para Nepomuceno (1989), os tipos principais de manutenção, são: manutenção corretiva (não planejada e planejada), manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia da manutenção.

Segundo Instrução Normativa Nº 38 (2019), todas as operações de manutenção e reparo dos equipamentos, incluindo a limpeza e purga, devem ser registradas e não devem afetar negativamente a qualidade e segurança do gás medicinal.

### 2.5.1. Manutenção Corretiva

Designada como o tipo de manutenção antiga, Campbel (2017) a conceitua como deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido.

Segundo Kardec e Nascif (2015) a manutenção corretiva mostra-se por ser realizada em equipamentos que apresentam defeito ou um desempenho diferente do esperado. Os autores classificam a manutenção corretiva em duas classes:

- a) Manutenção corretiva não planejada: É a manutenção que não foi programada, e consequentemente implica em custos mais altos, pois a produção é interrompida devido à quebra inesperada do equipamento;
- b) Manutenção corretiva planejada: É decorrente de acompanhamento do estado dos equipamentos, que fornece informação para que haja planejamento da manutenção antes que a falha aconteça, caracterizando-se por ter um custo menor, mais rápido e seguro que as atividades que não são planejadas.

### 2.5.2. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva visa eliminar ou reduzir a probabilidade de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados. A forma de gerenciar a manutenção sob ponto de vista de presumir que os ativos irão apresentar falha conforme um ciclo gerado por análises estatísticas. (CAMPBEL, 2017)

Kardec e Nascif (2010) ditam que esta maneira de manter ativos, gera menor custo por indisponibilidade, no entanto se não for bem feito poderá gerar custos maiores.

Araújo e Santos (2004) entendem como vantagens da manutenção preventiva: a redução do número de intervenções corretivas, menores custos, maior redução das manutenções corretivas não planejadas e melhor confiabilidade do ativo.

### 2.5.3. Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva objetiva evitar falhas nos ativos através do acompanhamento de vários parâmetros, para possibilitar o trabalho contínuo do ativo por maior tempo. Traz resultados melhores para a indisponibilidade e em gastos a manutenção já que este tipo visualiza informações de execução de uma preventiva com mais minuciosidade. (KARDEC & NASCIF, 2015).

Segundo Campbel (2017) trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção”.

### 2.5.4. Manutenção Detectiva

Campbel (2017) atribui a manutenção detectiva como um novo conceito que busca aumentar a confiabilidade dos ativos, caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para encontrar problemas ocultos aos operadores.

Tentando demonstrar o uso da manutenção detectiva, Ferreira (2008) cita a necessidade desta forma de manutenção em indústrias de alto nível de maquinário: Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade.

### 2.5.5. Engenharia de Manutenção

Pode ser definida como o uso de maneiras modernas de manutenção para perseguir benchmarks visando aumentar a confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade dos equipamentos de forma a eliminar problemas tecnológicos, melhorar a gestão de mão de obra, formar novos projetos para melhorar a realização de tarefas, fazer estudos e análises de falhas e acompanhar indicadores através da documentação técnica (KARDEC & NASCIF, 2009).

## 2.6. Controle Da Qualidade Total

O Controle da Qualidade Total é um sistema administrativo aperfeiçoado no Japão, a partir de ideias americanas ali introduzidas logo após a Segunda Guerra Mundial. Este Sistema é conhecido no Japão pela sigla TQC ("Total Quality Control"). O TQC, como praticado no Japão, é baseado na participação de todos os setores da empresa e de todos os empregados no estudo e condução do controle da qualidade. (CAMPOS, 2014)

Segundo Kardec e Nascif (2015), o controle da qualidade total é uma ferramenta eficaz para se ter a satisfação do cliente e conquistar a competitividade empresarial. Na manutenção a sua função é diferente e através de diversos conceitos, técnicas e métodos o uso dela tende a alavancar os resultados.

Ainda segundo os autores, a missão da Manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a um programa de produção ou de serviços com prestação do meio ambiente, confiabilidade, segurança e custos adequados. (KARDEC e NASCIF, 2009)

### 2.6.1. Ferramentas da Qualidade

Ferramentas da Qualidade são métodos com empregados com a proposta de mensurar, analisar e propor soluções para problemas que eventualmente são visualizados e interferem no bom desempenho dos processos de trabalho. (MAGALHÃES, 2013).

Nos últimos anos, a qualidade dos produtos e serviços foi muito discutida, analisada e aplicada como vem sendo feito. Grandes nomes como William E. Deming, Kaoru Ishikawa, Walter Shewart foram alguns dos autores que contribuíram a formular as ferramentas da qualidade. Estas são ferramentas que fornecem maior controle sobre os processos e também sobre a tomada de decisão, propondo soluções aos problemas identificados e estabelecendo medidas de melhorias nos serviços e processos. (SALES, 2017).

No geral, para Sales (2017) as ferramentas da qualidade se resumem em sete, além de outras ferramentas de suporte nas quais são: Histograma, Fluxograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de dispersão, Carta de controle. Folha de verificação e Diagrama de Ishikawa.

Vale destacar desses, que o Diagrama de Pareto é uma maneira de olhar de forma mais eficiente um problema, a fim de classificá-lo, colocando todos os problemas existentes em ordem de importância. Tratando de uma ótima ferramenta, pois com ela torna-se muito mais fácil identificar quais problemas são realmente importantes e recorrentes.

Uma outra ferramenta que segundo Sales (2017), é importante para auxiliar no suporte da qualidade é o 5W1H – ferramenta que mostra um checklist de atividades específicas, de maior importância para a empresa. Sua sigla faz referência a cinco palavras em inglês que significam: what (o que será feito?), why (por que será feito?), where (onde será feito?), when (quando será feito?), who (responsável por fazer) e how (como será feito?). Ou seja, é uma metodologia que busca a resposta concisa para essas cinco perguntas. Dessa forma, a execução da atividade ou processo ocorre de maneira mais clara e objetiva

A 5W1H é uma ferramenta de gestão empregada no planejamento estratégico de empresas. Ela parte de uma meta para organizar as ações e determinar o que será feito para alcançá-la, por qual razão, por quem, como, quando e onde será feito, além de estimar quanto isso custará. (ROCHA, 2017).

## 2.7. Indicadores de desempenho

Conforme Ferreira (2019), os indicadores de desempenho que objetivam quantificar o desempenho de um certo processo ou organização relativamente ao objetivo a vencer, logo os indicadores de desempenho mais específicos e representativos das metas da organização. Um dos principais desafios aquando da sua criação consiste em saber qual o objetivo a perseguir e como traduzi-lo da forma mais eficaz, para que dele possa ser retirada a máxima informação possível de forma clara e concreta. A criação de KPI adequados garante uma quantificação adequada do desempenho do objeto em estudo, permitindo-nos atuar de acordo com a informação e promover a melhoria dos processos e sua otimização.

Atualmente, é tangível utilizar uma variedade de indicadores que são aplicáveis nos mais diversos setores da manutenção. Diante de tal variedade, é necessário que os responsáveis pela implantação dos mesmos tenham conhecimento prévio do processo produtivo no qual está inserido e conhecimento sobre os principais objetivos de cada um dos indicadores existentes. Após o conhecimento prévio necessário sobre cada um dos indicadores existentes, é necessário que você analise todas as atividades realizadas em cada um dos setores da área/processo que os

indicadores estarão sendo implantados para determinar de forma assertiva a melhor solução de acompanhamento. Também é importante lembrar que o excesso de informações, ou seja, excesso de indicadores pode causar uma dificuldade de entendimento sobre o processo e dificuldade de entendimento por parte dos funcionários envolvidos. (MALTA, 2019)

Para se determinar quais indicadores de desempenho serão utilizados, alguns requisitos devem ser levados em consideração, dos quais podemos citar a aplicabilidade do indicador ao processo definido, tipo de coleta necessária para a realização do acompanhamento do indicador, objetivo ao qual está relacionado o indicador, mensuração dos mesmos através de dados coletados. (MALTA, 2019) A seguir, serão apresentados alguns dos principais indicadores de manutenção e utilizados para análise dos dados de entrada desse estudo.

### 2.7.1. Tempo Médio Entre Falhas – MTBF

O Tempo Médio Entre Falhas (Mean Time Between Failures - MTBF) consiste basicamente em medir o tempo médio entre uma falha e outra. Com a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para operação (HD), pelo número de intervenções corretivas (NIC) neste sistema no período. (TELES, 2017)

Define-se tempo total trabalhado como o total do tempo em que se deveria estar produzindo, ou seja, engloba o tempo em que efetivamente houve produção mais o tempo de parada não planejada de equipamento. A Equação 2.1 apresenta o cálculo do MTBF.

$$MTBF = \frac{\sum \text{horas de disponíveis (HD)}}{\sum \text{número de intervenções corretivas (NIC)}} \quad (2.1)$$

Se este indicador for incrementando ao longo do tempo, o impacto será positivo para o setor de manutenção pois mostra o decréscimo de manutenções corretivas nestes equipamentos, o que, logicamente, aumenta as horas de equipamento disponível. (BORLIDO, 2017)

Conforme TRACTIAN (2021), os principais erros cometidos com esse dado, são: somar o MTBF de todos os equipamentos para encontrar a média global, calcular o MTBF em equipamentos irreparáveis e zerar o MTBF a cada mês (é preciso somá-lo).

### 2.7.2. Tempo Médio Para Reparos – MTTR

O Tempo Médio Para Reparo (Mean Time To Repair - MTTR) é usado principalmente para analisar a eficiência dos trabalhos das equipes de manutenção corretiva. Podendo mensurar de maneira simples quanto tempo as falhas demoraram para serem corrigidas, com a proposta de detectar uma causa raiz do problema e assim, traçar uma estratégia para a solução. (TELES, 2017).

O indicador é encontrado através da divisão entre a soma das horas de manutenção pelo número de intervenções corretivas no período. A Equação 2.2 apresenta o cálculo do MTTR.

$$MTTR = \frac{\sum \text{horas em manutenção corretivas (HMC)}}{\sum \text{número de intervenções corretivas (NIC)}} \quad (2.2)$$

Quanto menor o MTTR no decorrer do tempo, melhor para a manutenção pois entende-se que a manutenção corretiva é cada vez menor nos equipamentos e a impactar na produção. (BORLIDO, 2017)

Conforme TRACTIAN (2021), os principais erros cometidos com esse dado é o de estabelecer um referencial para o MTTR. Isso não existe e, ao exigir que as equipes de manutenção mantenham um valor ideal baixo de MTTR, a chance é grande de induzi-las ao erro.

### 2.7.3. Disponibilidade Física – DF

A disponibilidade é o indicador mais importante para a manutenção. As perdas por falhas em equipamentos são grandes, e a meta da manutenção deve ser propiciar a máxima continuidade operacional através de uma grande disponibilidade. (VERRI, 2012)

O indicador “Disponibilidade” é determinado pelo tempo em o equipamento ou sistema ficou disponível para operar, ou seja, para realizar sua função dentro do processo de produção. Neste indicador são excluídos os tempos de manutenções preventivas e corretivas realizadas no equipamento, além de excluídos os demais motivos de paradas do equipamento. (MALTA, 2019).

Conforme diz Teles (2017) o cálculo de disponibilidade de um equipamento ou instalação tem muito a dizer sobre os seus processos de manutenção e operação. Uma vez que tenhamos os valores do MTBF e do MTTR, podemos calcular a disponibilidade que é dada pela seguinte relação A Equação 2.3 apresenta o cálculo da disponibilidade física (DF).

$$DF = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (2.3)$$

#### 2.7.4. Índice de Corretiva

O índice de corretiva indica o percentual de horas de manutenção corretiva em relação ao total de horas de manutenção. Com este índice pode-se observar a situação real do planejamento e programação da empresa. A Equação 2.6 apresenta o cálculo do índice de corretiva.

$$\text{Índice de corretiva} = \frac{\sum HMC}{\sum HMC + \sum HMP} \times 100 \quad (2.6)$$

Temos HMC como as horas de manutenção corretiva e HMP como as horas de manutenção preventiva. Para Viana (2002, p. 154) “um patamar aceitável de corretivas deve estar abaixo de 25% do total de horas de manutenção na planta”.

#### 2.7.5. Índice de Preventiva

O índice de preventiva é o contrário do índice de corretiva, isto é, o percentual de horas de manutenção Preventiva em relação ao total de horas de manutenção (VIANA, 2002). A Equação 7 apresenta o cálculo do índice de preventiva.

$$\text{Índice de preventiva} = \frac{\sum HMP}{\sum HMC + \sum HMP} \times 100 \quad (2.7)$$

Um índice de preventiva relativamente alto pode trazer diversos benefícios, como aumento da disponibilidade, diminuição do MTBF, entre outros.

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1. Metodologia

O processo metodológico utilizados para o desenvolvimento deste estudo foi de revisão bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida a partir de monografias, livros, teses, artigos, dissertações, manuais, normas regulamentadoras, sites e cartilhas. A pesquisa documental foi feita através de material utilizado na instituição, no caso, termos de editais de contrato e relatórios de manutenção. Por último, o estudo de caso desenvolvimento em unidades de saúde.

Como forma de materiais empregados para coleta de dados e explanação de dados deste trabalho, cita-se relatórios de ordens de serviço de manutenção prestados e *software* como Microsoft Excel, respectivamente.

Referente a forma de abordagem do trabalho, o estudo adota aspectos quantitativos. Com a geração, análise e comparação dos indicadores de manutenção, os elementos quantitativos surgem. Estes, por sua vez, através da sua interpretação são utilizados para admissão de melhorias no setor trabalhado.

De acordo com o objetivo da pesquisa, este estudo tem caráter de pesquisa exploratória, já que, segundo Lakatos (2003), as pesquisas exploratórias objetivam a formulação de problemas de modo a expô-lo para que se torne familiar e possa ser desenvolvido hipóteses, além de deixar os conceitos mais claros.

Quanto a natureza da pesquisa pode ser definida por pesquisa aplicada, tendo em vista que objetiva gerar conhecimento para aplicação prática que possa ser direcionada a soluções e melhorias de problemas específicos.

O estudo de caso seguiu a metodologia descrita no fluxograma da Figura 3.1.

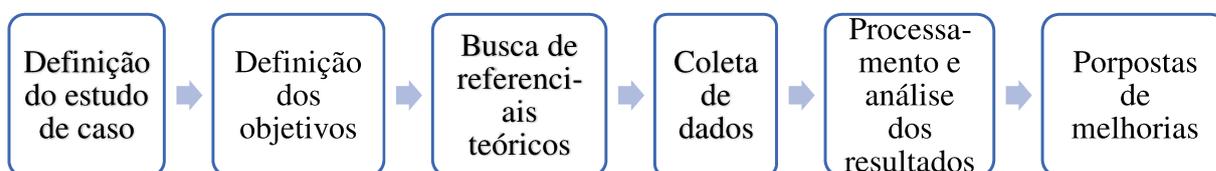


Figura 3.1 - Metodologia do trabalho (Autor, 2021).

### 3.2. Estudo de Caso

O estudo considera os indicadores de manutenção em tipos de sistemas centralizado de suprimento de gases medicinais empregados em unidades públicas de saúde atendidas pela Secretaria de Saúde.

Embora cada unidade possua mais de um tipo de central de suprimento primário para fornecimento de gases medicinais utilizados dentro dos seus setores, o presente trabalho vai tratar de apenas um dado sistema centralizado existente no EAS já que para o fornecimento de um específico tipo de gás, mais de um centralizado pode gerá-lo. Diante disso, através da análise dos equipamentos existentes e de um breve retrospecto de manutenções ocorridas em todas as unidades de saúde da Secretária, foram selecionadas as que teriam seu equipamento levado a estudo.

O espaço de tempo em análise do estudo se passa durante os meses do ano de 2021, em que parte deste período ocorria uma forte onda pandêmica local pelo Covid-19, que também impactava no país. Grandes números de internações demandavam os hospitais em geral por cerca dos dois primeiros trimestres do ano.

Atualmente, o emprego e a manutenção dos sistemas centralizados de gases medicinais das unidades estudadas são feitos a partir da locação de serviço terceirizado, ou seja, os equipamentos são fornecidos por uma empresa que instala e posta a funcionar de acordo com padrões estabelecidos em contrato, cabendo a mesma manter os padrões de funcionamento previstos enquanto durar a contratação, podendo este ser prorrogado por meio de aditivos. Ao todo, são duas empresas contratadas envolvidas que fornecem os modais centralizados estudados.

Os padrões previstos no contrato em relação ao fornecimento de cada central de gás medicinal ou vácuo, são baseados em normas técnicas específicas como RDC nº 50/2002, NBR 12.188 e NBR 13.587, que regem as condições e boas práticas de gestão de gases medicinais, já vistas no decorrer do referencial teórico deste trabalho.

Para não exposição do nome da empresa de fornecimento e manutenção dos sistemas centralizados de gases das unidades de saúde que tiveram seus equipamentos analisados, não serão citados nomes neste estudo. As unidades hospitalares serão identificadas por Unidade A e Unidade B.

No total, é estudado os indicadores de manutenção de dois sistemas de centralizado de suprimento de gás medicinal: sistema de central de suprimento por concentrador de oxigênio e sistema de central de suprimento de ar medicinal por compressor. O estudo não contemplará a

rede de distribuição e os cilindros backup associados, se atentando somente para a parte principal produtora.

a) Sistema da central de suprimento por concentrador de oxigênio

Este sistema formado pela central de usina concentradora de oxigênio, que também gera ar medicinal, fica instalada na Unidade A que tem como especialidades em pronto atendimento, sem leitos para internações, porém durante parte do ano deste estudo, a unidade foi bastante requerida por pacientes em quadro clínico que demandava grandes quantidades e concentrações de oxigênio. Atualmente, esta demanda foi ríspidamente reduzida.

A descrição dos principais equipamentos e características do sistema da central de suprimento de oxigênio por concentrador estudada, são mostrados a seguir na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Descrição do sistema da central com concentrador de oxigênio (Fonte: Autor).

<b>Tipo de central</b>	Usina concentradora de oxigênio
<b>Modelo do concentrador</b>	Duplo concentrador INMATEC 0028333, categoria IV
<b>Modelo do compressor</b>	Compressores de Ar Parafuso CPM-15 e Compressor de Ar Parafuso CPA-20
<b>Alimentação dos compressores</b>	Trifásico 220V
<b>Modelo secadora por refrigeração</b>	Secadora CPX 225 (A9)
<b>Unidade hospitalar</b>	Unidade A
<b>Principais equipamentos do sistema</b>	2 compressores em paralelo, reservatório de ar seco, reservatório de ar úmido, secador por refrigeração, secador por adsorção, concentrador, filtros, válvulas, painel de monitoramento, backup, painel de alarme, quadro de relés de ciclo, quadro de comando elétrico;

As Figura 3.1, Figura 3.2, Figura 3.3 e Figura 3.4 mostram o sistema estudado de ar usina concentradora de oxigênio da Unidade A.



Figura 3.1 - Usina concentradora geradora de O<sub>2</sub> e ar medicinal (Autor, 2021).



Figura 3.2 - Concentrador de O<sub>2</sub> (Autor, 2021).



Figura 3.3 - Compressores em paralelo (Autor, 2021).



Figura 3.4 – Quadros elétricos e de alarme (Autor, 2021).

b) Central de suprimento com compressores de ar medicinal comprimido

O sistema fica instalado na Unidade B na qual foi inaugurada recentemente para internação de pacientes por Covid-19, porém, atualmente a unidade tem seu foco de especialidade mudado para retaguarda das unidades de pronto atendimento.

A descrição dos principais equipamentos e características do sistema da central de suprimento de ar medicinal por compressor estudada, são mostrados a seguir na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Características dos equipamentos do sistema da central de ar medicinal por compressor (Fonte: Autor).

<b>Tipo de central</b>	Central de Ar Medicinal por Compressor
<b>Modelo dos compressores</b>	Compressor Fiac Silver 10 tipo parafuso e Compressor GR VSF 250
<b>Potência</b>	20 HP
<b>Alimentação dos compressores</b>	220 V
<b>Modelo secadora por refrigeração</b>	Pressure SEC Press COOL110 (C4)
<b>Unidade hospitalar</b>	Unidade B
<b>Principais equipamentos do sistema</b>	2 compressores em paralelo, reservatório de ar seco, reservatório de ar úmido, secador por refrigeração, secador por adsorção, filtros, válvulas, painel de alarme, backup, quadro de comando elétrico;

A Figura 3.5, Figura 3.6 e Figura 3.7 a seguir, mostram o sistema de ar medicinal por compressor.



Figura 3.5 – Sistema da central de ar medicinal por compressor (Autor, 2021).



Figura 3.6 – Compressor Fiac Silver 10 (Autor, 2021).



Figura 3.6 – Compressor GR VSF 250, vaso úmido, secador por refrigeração, vaso seco e secador por adsorção (Autor, 2021).



Figura 3.7 – Quadro de comando do sistema de ar medicinal por compressor (Autor, 2021).

### 3.3. Processo de Manutenção

Os tipos de manutenções previstos e realizados nos equipamentos instalados nas unidades pela contratada, são de modalidades corretivas e preventivas. Estas manutenções são de responsabilidade da empresa terceirizada para serem realizadas dentro das condições exigidas pela Secretária de Saúde.

Qualquer procedimento de manutenção nos sistemas centralizados de gases deve ocorrer de forma ininterrupta ao suprimento de gases à unidade, na qual as empresas são responsáveis por evitar essa interrupção.

As manutenções corretivas são geradas quando o sistema apresenta alguma falha e mediante abertura do chamado técnico por parte da unidade hospitalar ou por meio da sinalização que é enviada pelo painel de alarme e monitoramento que faz parte do modelo de centrais utilizadas neste trabalho, funcionando através de um sistema por telemetria na qual fornece no próprio painel ou a distância dados como qualidade do gás produzido, fluxo de entrada e saída, concentrações, dentre outras informações que podem ser acompanhadas em tempo real a distância pela empresa.

O prazo que a contratada tem para o atendimento do chamado técnico emergencial é de no máximo 6 horas corridas a partir da chamada. O serviço é prestado 24 horas por dia, em todos os dias da semana incluindo sábados, domingos e feriados. A Tabela 3.3 apresenta o plano de manutenção corretiva mínimo previsto para os equipamentos.

Tabela 3.3 - Procedimentos mínimos previstos para a manutenção corretiva (SES, 2021).

PROCEDIMENTOS	
CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO CORRETIVA/ASSISTÊNCIA TÉCNICA	
ITEM	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE
01	Substituição dos manômetros, válvulas e outros
02	Correção/reparo nos equipamentos e acessórios
03	Substituição de alarmes, painéis de monitoramento
04	Corrigir vazamentos que estão relacionados aos sistemas

As manutenções preventivas, que também é de responsabilidade da contrata, são realizadas mensalmente de segunda a sexta durante o horário de expediente da unidade. A

Tabela 3.4 apresenta o cronograma mínimo previsto de procedimentos para a manutenção preventiva dos equipamentos.

Tabela 3.4 - Procedimentos mínimos previstos para a manutenção preventiva (SES, 2021).

PROCEDIMENTOS		
CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA/ASSISTÊNCIA TÉCNICA		
ITEM	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	FREQUENCIA
01	Assistência técnica geral de prevenção do sistema	Semanal
02	Limpeza geral e conservação da área de instalação do sistema	Semanal
03	Calibração, ajustes, testes e revisão dos equipamentos	Semanal
04	Verificação do estado de conservação dos componentes (filtros, válvulas, mangueiras, etc.)	Semanal
05	Análise de qualidade da produção do gás gerado pelo equipamento.	Mensal
06	Verificação do expurga eletrônico de drenagem do sistema	Semanal
07	Verificação da pressão de entrada da rede de gases	Semanal

Ao final de cada procedimento de manutenção, seja corretiva e/ou preventiva, é emitido um relatório dos serviços realizados, também chamado de Ordem de Serviço (OS) que é atestado no mesmo momento por um responsável da unidade de saúde, ficando uma via com a empresa e outra via no EAS. Ainda neste relatório técnico, consta o nome dos técnicos que executaram, do responsável da unidade que atestou o serviço e os procedimentos realizados.

#### 3.4.Obtenção dos Dados

Foi solicitado as unidades hospitalares que tiveram seu equipamento centralizado de suprimento de gás e vácuo medicinal selecionado a estudo, todas as cópias das ordens de serviço geradas nos últimos meses por procedimentos de manutenções realizados pela empresa contratada que presta a manutenção ao sistema. A Figura 3.8 mostram o modelo da ordem de serviço geradas pelas empresas envolvidas no estudo.

ORDEM DE SERVIÇO				Nº 2527
				ANÁLISE Nº: _____
CLIENTE: <u>Secretaria da Saúde</u>				
UNIDADE HOSPITALAR: _____				
ENDEREÇO: _____			CIDADE: <u>São Lus</u>	ESTADO: <u>MO</u>
TELEFONE: _____	FAX: _____	E-MAIL: _____		
CONTATO: _____				
MANUTENÇÃO				
<p>Por motivo de baixa pressão na rede de distribuição, foi detectado que é devido ao alto fluxo da unidade hospitalar, a mesma encontra-se com o fluxo de 10/12 m<sup>3</sup>/h com uma concentração de vazão de distribuição de 84,066%.</p>				
Pressão de saída: 3,90 bar				
Pressão de entrada: 4,80 bar				
Vazão: 84,066%				
Fluxo: Entre 10 m <sup>3</sup> /h e 13 m <sup>3</sup> /h.				
Horário: 12h 05				
LOCAL: <u>São Lus - MM</u>				
DATA: <u>11/01/2021</u>				

Figura 3.8 - Modelo de ordem de serviço utilizada pela empresa (Autor, 2021).

Diante do recebimento, leitura e processamento das cópias das OS's, foram realizadas visitas a cada uma das unidades afim de ter melhor familiaridade e obter informações extras em geral acerca do sistema estudado. As visitas foram contatadas com o encarregado de manutenção da unidade hospitalar, funcionário este que acompanha e tem o controle sobre os procedimentos de manutenção que acontecem dentro da unidade.

Para as unidades em que a contratada responsável pelo equipamento estudado, não apresenta em seu relatório de ordem de serviço a hora de início e de conclusão do procedimento de manutenção, foi perguntado ao encarregado de manutenção para que o mesmo pudesse fornecer a informação sobre o período de duração em horas que dadas manutenções corretivas foram realizadas e adotou-se um período médio para cada.

#### 4. RESULTADOS E DISCURSSÕES

Para cada tipo de sistema foi feita uma avaliação segundo os dados coletados e os indicadores aplicados, bem como uma análise nas causas das falhas para que pudesse ser propostas melhorias de acordo com a situação e local onde está instalada. Todos os cenários apresentam como meta de que a disponibilidade do sistema seja maior e com mínimas intervenções corretivas na qual comprometem o fornecimento do suprimento.

##### 4.1. Sistema de central de suprimento por concentrador de oxigênio

Durante o período de janeiro a outubro foi observado a disponibilidade do sistema. Apresentando no gráfico da Figura 4.1 a disponibilidade do sistema em cada mês, onde é visto que o indicador neste período foi de 98,03%. Observa-se também que, principalmente, no período entre fevereiro a maio, e no mês de julho, foi apresentado uma disponibilidade abaixo de todo período, assim como no último mês do estudo.

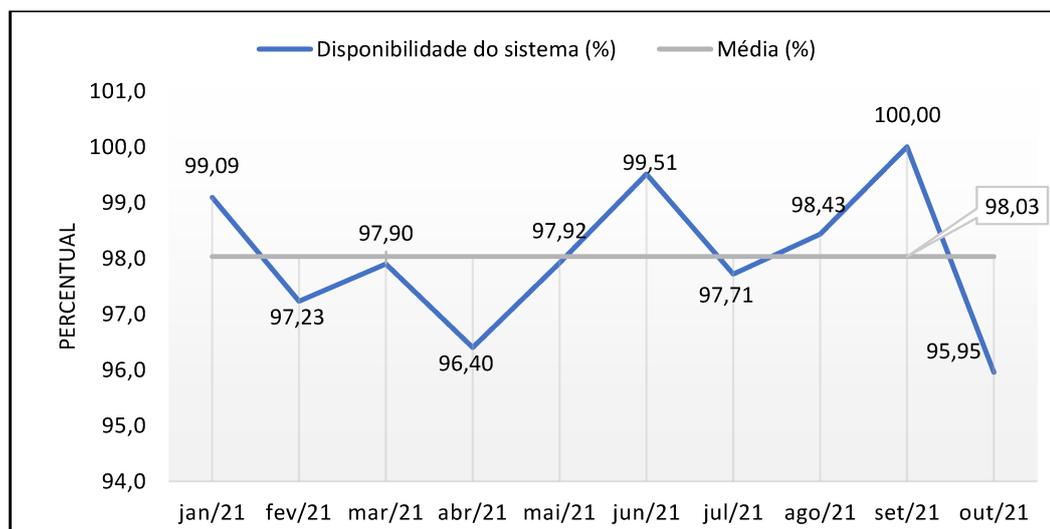


Figura 4.1 - Disponibilidade do sistema usina concentradora de oxigênio (Autor, 2021).

Perante a análise das manutenções ocorridas em cada período, vistas na Figura 4.2, e através dos indicadores, MTBF e MTTR, apresentados no gráfico da Figura 4.3, é verificada a presença de intervenções preventivas no sistema e também a presença de ocorrências corretivas, que na maioria das vezes superou a quantidade das preventiva, e que afetaram diretamente na

disponibilidade do sistema comprometendo no fornecimento do gás. Muito embora a duração de chegada da equipe de manutenção ao chamado de emergência e correção da falha seja, relativamente, rápida, ela é significativa a disponibilidade do sistema que se espera não contar com interrupções.

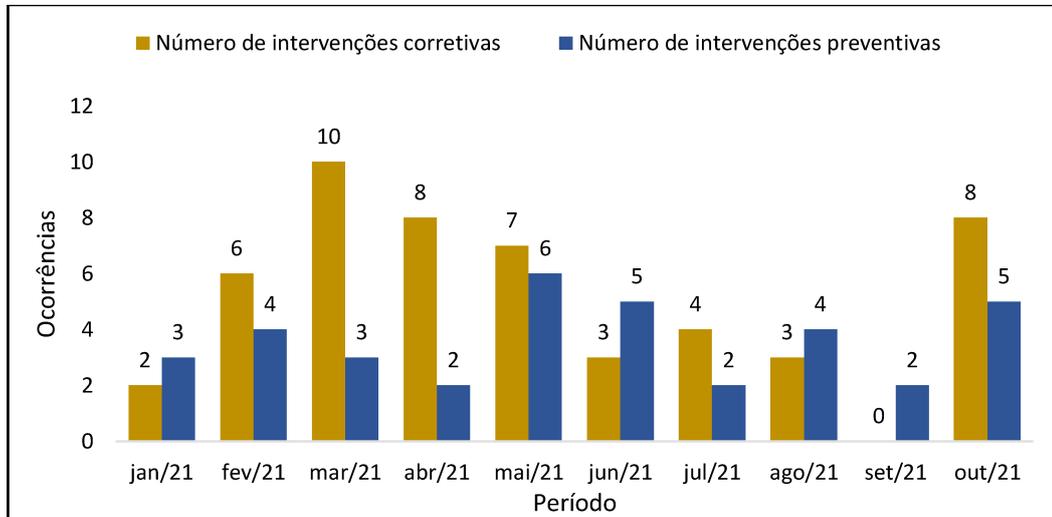


Figura 4.2 - Ocorrências de manutenções preventivas e corretivas do sistema usina concentradora de oxigênio (Autor, 2021)

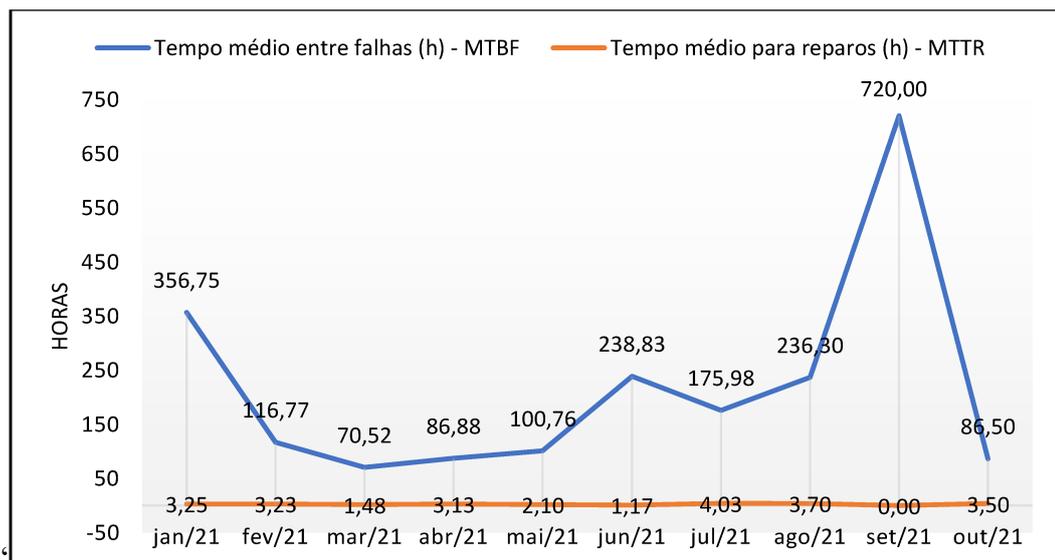


Figura 4.3 - Indicadores de MTBF e MTTR do sistema de usina concentradora de oxigênio (Autor, 2021).

É observado através do gráfico da Figura 4.2 uma inconstância na quantidade de manutenções preventivas realizadas no sistema durante o período. Ocorreu uma média de 3,6 intervenções preventivas por mês sendo que houve meses com seis ocorrências e meses com apenas duas intervenções realizadas no sistema que é previsto em contrato, haver no mínimo

quatro. Este indicador pode significar um mau gerenciamento no plano de manutenção para com o sistema da unidade.

Ainda segundo a análise dos gráficos anteriores, é observado que no período inicial em que o sistema apresenta menores disponibilidades seguidas, corresponde ao período em que unidade foi altamente demandada de oxigênio e ar medicinal por pacientes infectados por Covid-19, implicando em maiores horas de trabalho do sistema, funcionando de forma ininterrupta e nas maiores quantidades de ocorrências corretivas de todo período analisado, gerando um total de 30 intervenções entre fevereiro a maio, correspondente a exatamente 60% de todas as que foram vistas.

Afim de esmiuçar e buscar as causas dos principais modos de falhas que ocorreram no sistema durante o período de análise, foi realizado através do Diagrama de Pareto, a exibição das falhas e a frequência de cada uma, como mostra o gráfico da Figura 4.4 abaixo.

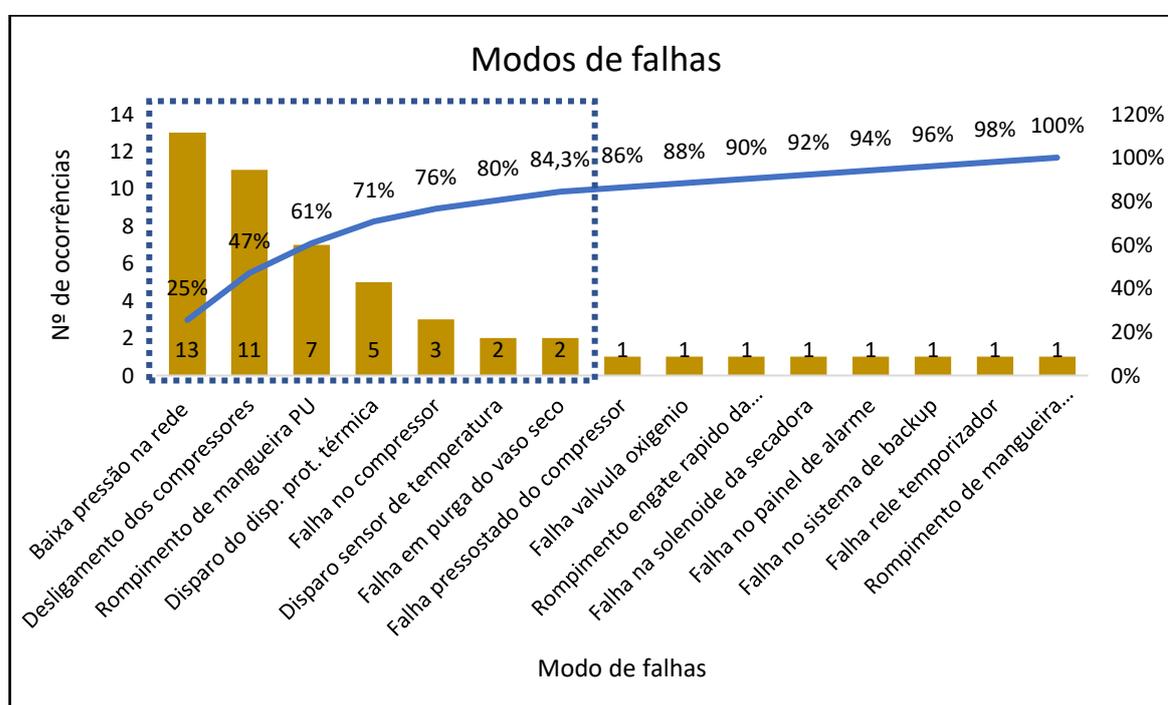


Figura 4.4 – Modos de falhas ocorridas no sistema de usina concentradora de oxigênio durante o período (Autor, 2021).

Como destacado no gráfico, sete dos quinze modos de falhas representam 84,3% das falhas verificadas no período, das quais as demais falhas observadas durante todo o período, tem quantidade de ocorrências igual a uma, podendo implicar numa causa esporádica devido à falta ou má gestão do serviço de manutenção preventiva prevista ao sistema ou devido a umas das falhas recorrentes.

Nos modos de falhas destacados no gráfico anterior, foi feita a investigação com base na cronologia das falhas, mostradas no Anexo A, junto ao corpo de direção da unidade de saúde e da empresa que presta o serviço de manutenção do sistema para que pudesse ser encontrado a causa raiz de cada falha, afim de desenvolver as medidas de melhorias para os mesmos.

Na análise foi visto que as falhas por baixa vazão verificada na rede através dos pontos de utilização de dentro da unidade, os acionamentos do dispositivo de proteção térmica e disparos do sensor de temperatura do compressor, tem como causa de que por terem sido ocorridas durante o período de pico da pandemia no estado, foram dadas por relativa baixa capacidade de produção do sistema diante à alta demanda que fora exigida dentro dos setores da unidade. Houve registros em que o fluxo que a unidade estava demandando era de 15,6 m<sup>3</sup>/h a uma taxa de concentração de 84,066% de oxigênio no gás gerado, sendo que o equipamento tem dimensionamento de operação nominal para manter a pressão mínima de 4,5 bar sob um fluxo de até 10 m<sup>3</sup>/h e concentração mínima de O<sub>2</sub> em 94%. Com isso, o sistema passou a trabalhar sob condições extremas de trabalho admitidas, gerando o aumento de temperatura dos equipamentos do sistema, principalmente compressores na qual possuem sistema de proteção térmico que foram acionadas quando a temperatura atingiu a máxima estabelecida, para este caso ainda houve registro de mudança do térmico de 15A para 22A.

Devido à grande demanda dos equipamentos com a produção limitada, foi verificado que foram tido duas mudanças de compressores, de forma não simultânea, durante o período de pico pandêmico analisado, tendo como primeira configuração dois compressores CPM-10 e atual configuração de um compressor CPM-15 e outro CPA-20, porém, posteriormente ainda houveram incidências de baixo fluxo dentro da unidade por causa da demanda na qual já estava sendo indicado pela equipe de manutenção, a utilização de cilindros em determinados pontos dentro da unidade. O quadro de falha por baixa pressão da rede é visto cessar a partir do qual os números de internações foram reduzindo e ficando na faixa de atendimento que a unidade havia sido projetada.

Para as causas das falhas de rompimento de mangueiras PU, foi constatado que devido a mudanças dos dois compressores que comparados aos originais, são de maiores potências, implicarão em maior produção por hora dos gases e por consequência maiores pressões sobre todo o sistema. Com isso, alguns componentes do sistema, como exemplo as mangueiras PU, que além do desgaste, ficam subdimensionadas perante as novas configurações, gerando desta forma rompimentos e sacarem das suas conexões de forma mais frequente.

No último mês de análise deste estudo, foi visto que já havia sido realizada a substituição, pela equipe de manutenção, de todas as mangueiras PU e conexões de engate rápido de 8mm do sistema.



Figura 4.5 - Mangueiras PU substituídas (Autor, 2021).

Por fim, o segundo modo de falha mais visto no sistema, com onze ocorrências durante os 10 meses analisados, é o desligamento dos compressores por quedas e picos de energias. Diante um retrospecto mais antigo da unidade e da experiência com as outras unidades de saúde que são cobertas pela Secretaria de Saúde, é observado um dos grandes problemas e desafios com relação qualidade do fornecimento de energia pela concessionária de energia elétrica. A unidade possui uma subestação de energia de 225 kVA, e nos meses estudados, a usina concentradora de oxigênio atestou quatro desligamentos dos compressores por picos de energia e sete por quedas de energia, isso devido as inconstâncias apresentadas pela qualidade da energia admita pela rede da concessionária de energia do estado, Equatorial Energia.

Não entrou na coleta de dados, porém durante as buscas de informações realizadas no mês posterior que se passou o fim da análise, foi verificador que tinham sido trocados pela equipe da manutenção da contratada, um disjuntor do quadro de comando elétrico que se encontrava saturado e também fora substituída a contactora K3 do compressor CPM-20.

## 4.1.1. Plano de ação

Diante tais falhas destacadas, foi desenvolvido junto aos envolvidos da empresa que presta manutenção, da unidade hospitalar e ao corpo de engenharia da Secretaria de Saúde um plano de ação que consta na Tabela 4.1, através da ferramenta de qualidade 5W1H para que possa ser traçado um planejamento de correção das falhas destacadas, nas quais, embora algumas destas, principalmente aquelas relacionadas a alta demanda durante período de pico da pandemia, já tenham sido solucionadas por hora, mas ainda é válido deixar referenciado neste plano pois, atualmente, não se é eliminado os riscos de se ocorrer nova forte onda por variantes da Covid-19 que possam gerar novamente altos índices de lotação das unidades de saúde.

Tabela 4.1 - Plano de ação para falhas verificadas na unidade (Autor, 2021)

5W					1H
O quê? (What?)	Porque? (Why?)	Onde? (Where?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Como? (How?)
Restabelecer pressão nominal da rede	Necessário ter a pressão da rede estabilizada para poder gerar um fluxo com concentração desejada que atenda as demandas dos setores da unidade hospitalar	Central da Usina Concentradora	Empresa contratada	Durante o período de grande lotação da unidade	Redimensionar a demanda da unidade para instalar novos equipamentos com maior capacidade de geração, instalar central de suprimento por tanque de O <sub>2</sub> em paralelo;
Cessar surtos elétricos à rede da unidade	Para manter os equipamentos energizados com a tensão dimensionada para o mesmo afim de evitar desligamentos, queima de dispositivos, aferições incorretas de instrumentações, etc.	Equatorial	Secretaria de Saúde ou Instituto da Unidade Hospitalar	10/out à 31/dez	Emitir solicitação da normatização do fornecimento da rede para a concessionária de energia elétrica responsável, implementar sistema de banco de capacitores, implementar sistema de nobreaks;
Cessar rompimento de mangueiras PU	Para não perder as pressões de trabalho do sistema	Central da Usina Concentradora	Empresa contratada	20/out	Substituindo por novas mangueiras PU e suas conexões, substituindo por

					mangotes pneumáticos;
Evitar sobreaquecimento do compressor	Para não haver acionamento do sistema de proteção térmico do compressor, evitando a sua parada indesejada	Central da Usina Concentradora	Empresa contratada	Durante o período de grande lotação da unidade	Redimensionando a demanda da unidade para instalar novos equipamentos com maiores capacidades de geração de O <sub>2</sub> e ar medicinal, instalando exaustores de maior capacidade, realizar constantes inspeções termográfica no sistema.
Evitar troca de compressores	Para não ocorrer imprevistos e baixa de fluxo na unidade	Central da Usina Concentradora	Empresa contratada	15/out	Redimensionar a demanda da unidade para instalar novos equipamentos com maiores capacidades de geração de O <sub>2</sub> e ar medicinal, implementar ao sistema mais um compressor em paralelo;
Resolver falha em purga do vaso seco	Para não haver o acúmulo de condensado dentro do vaso seco	Tanque seco	Empresa contratada	25/mar	Realizar troca da purga, verificar o funcionamento das secadoras e dos filtros coalescentes realizando a correção nestes caso exista.

Diante a aplicação de tais implementação do plano de ação e com um bom gerenciamento do plano de manutenção dos equipamentos, poderia ser previsto, como no gráfico da Figura 4.6, que a disponibilidade do sistema no mesmo período poderia ter um aumento para no mínimo 99,60%, ou seja, melhora de 1,57% para o indicador registrado. Portanto, pode ser previsto a melhora da disponibilidade do sistema para períodos posteriores.

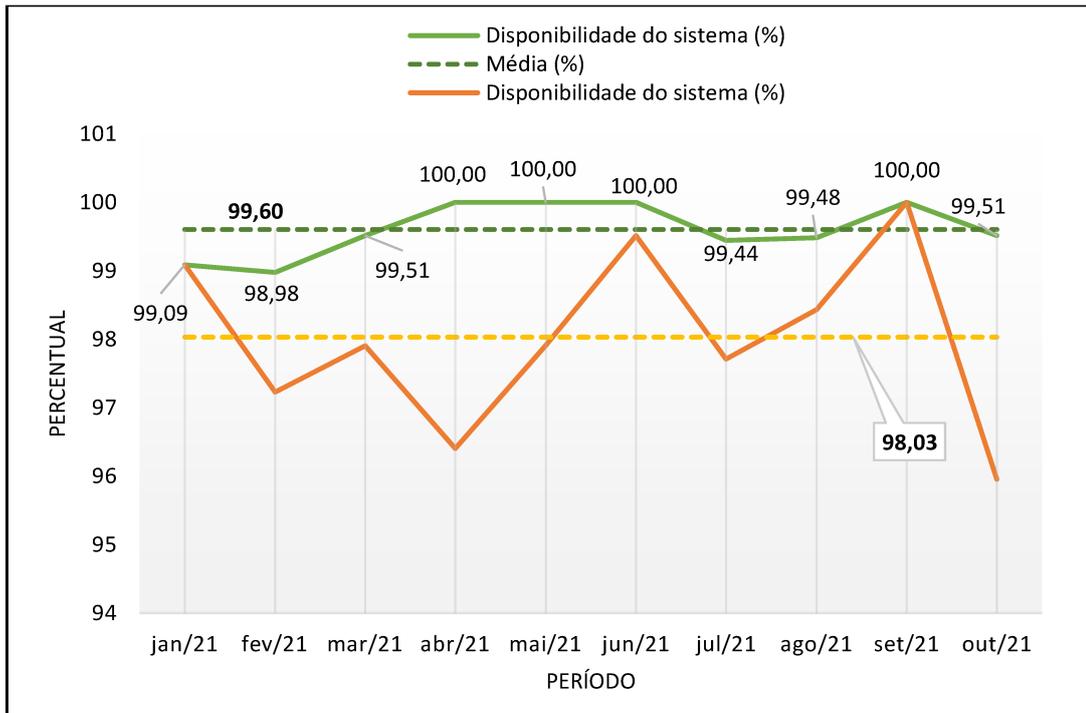


Figura 4.6 – Previsão de aumento da disponibilidade do sistema de concentrador de oxigênio com a aplicação do plano de ação (Autor, 2021).

#### 4.2. Sistema de central de suprimento de ar medicinal por compressores

Central está instalada na Unidade B, inaugurada no ano de 2019 para fim de internações de paciente em quadro clínico por Covid-19 e que atualmente se apresenta como retaguarda das unidades de pronto atendimento do estado. Nesta foi analisada a central de ar medicinal por compressores, assim como as intervenções de manutenções realizadas no sistema durante os meses de março a outubro do ano corrido.

Foram processadas as intervenções realizadas no sistema nas quais foi verificado, conforme tabela da Figura 4.7, a quantidade de manutenções preventivas e ocorrências corretivas realizadas durante os meses. Analisa-se que no primeiro mês houve uma discrepância pra mais no número de corretivas em relação aos outros meses, que se mantiveram menores ou iguais a quantidade de manutenções preventivas processadas no respectivo mês. Este intervalo apresenta uma média de 2,2 intervenções preventivas na central.

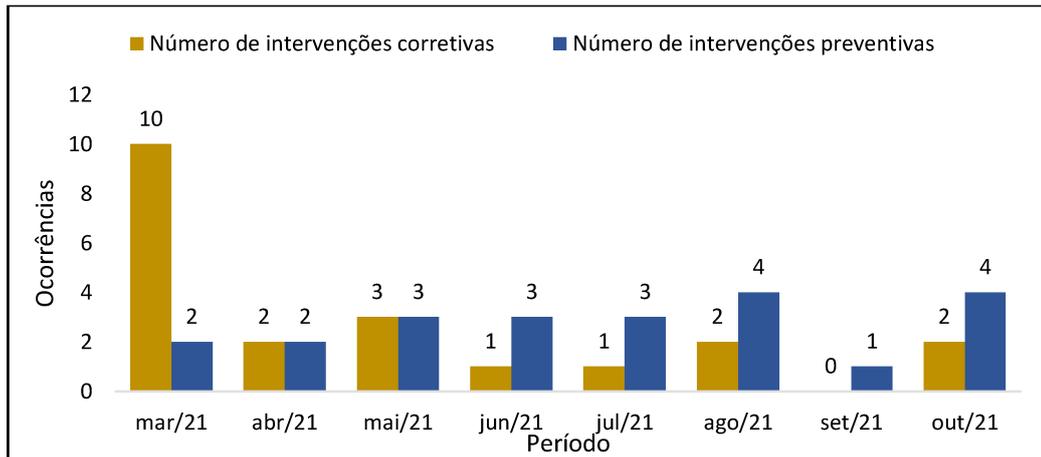


Figura 4.7 – Ocorrências de manutenções preventivas e corretivas ocorridas na central de ar medicinal por compressor (Autor, 2021)

Diante desses dados e do tempo médio em horas para atendimento e correção de cada tipo de falha registrada nas ocorrências corretivas, foi desenvolvido os indicadores MTBF e MTTR desse sistema em cada mês, de acordo como mostra o gráfico da Figura 4.8. Destaca-se o relativo baixo tempo de resposta e solução aos chamados de emergência.

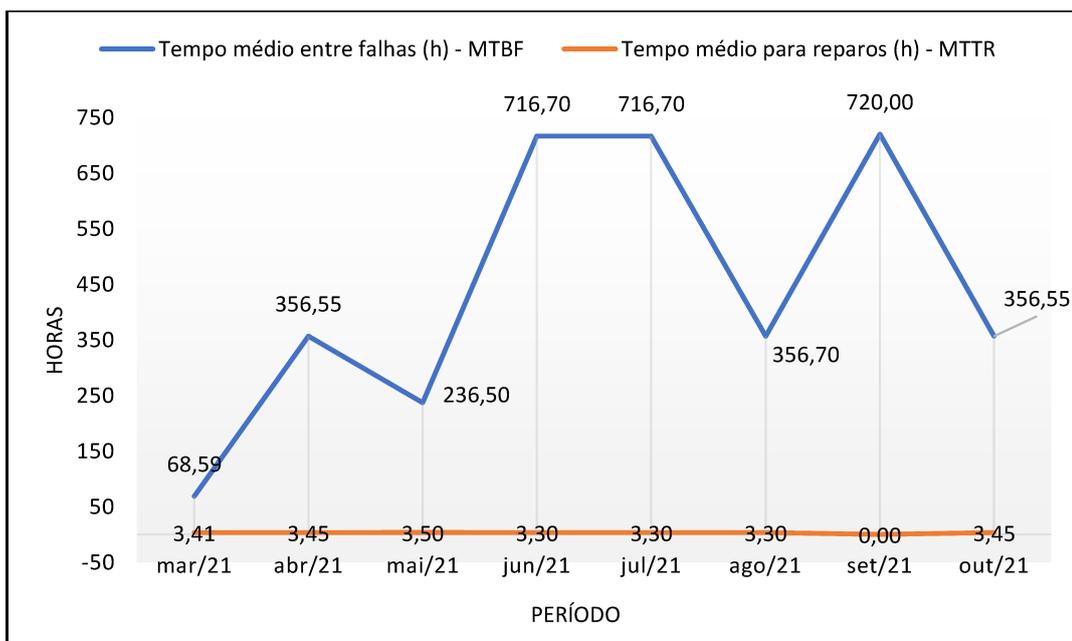


Figura 4.8 – Indicadores de MTBF e MTTR do sistema de ar medicinal por compressor (Autor, 2021).

Com os valores desses indicadores, foi elaborado o gráfico de disponibilidade desse sistema para o período em análise. Os valores são apresentados a seguir, na Figura 4.9, na qual

podemos verificar menores variações diante a disponibilidade total do sistema durante todo esse tempo que é igual a 98,74%.

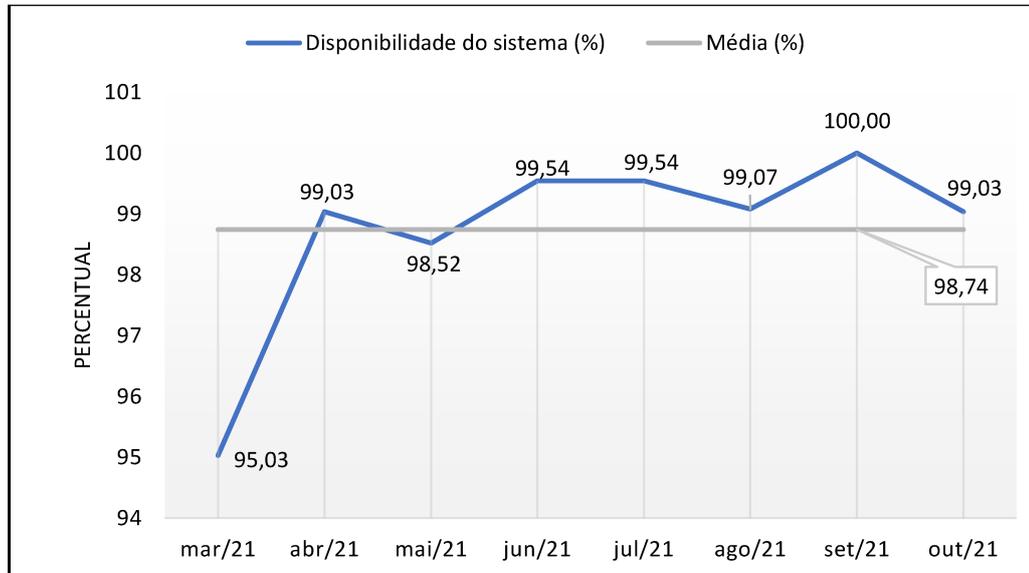


Figura 4.9 – Disponibilidade do sistema de ar medicinal por compressor (Autor, 2021).

Afim de melhorar este indicador da disponibilidade do sistema, foi feita uma análise de falhas ocorridas no período, em que são mostradas no Gráfico de Pareto na Figura 4.10.

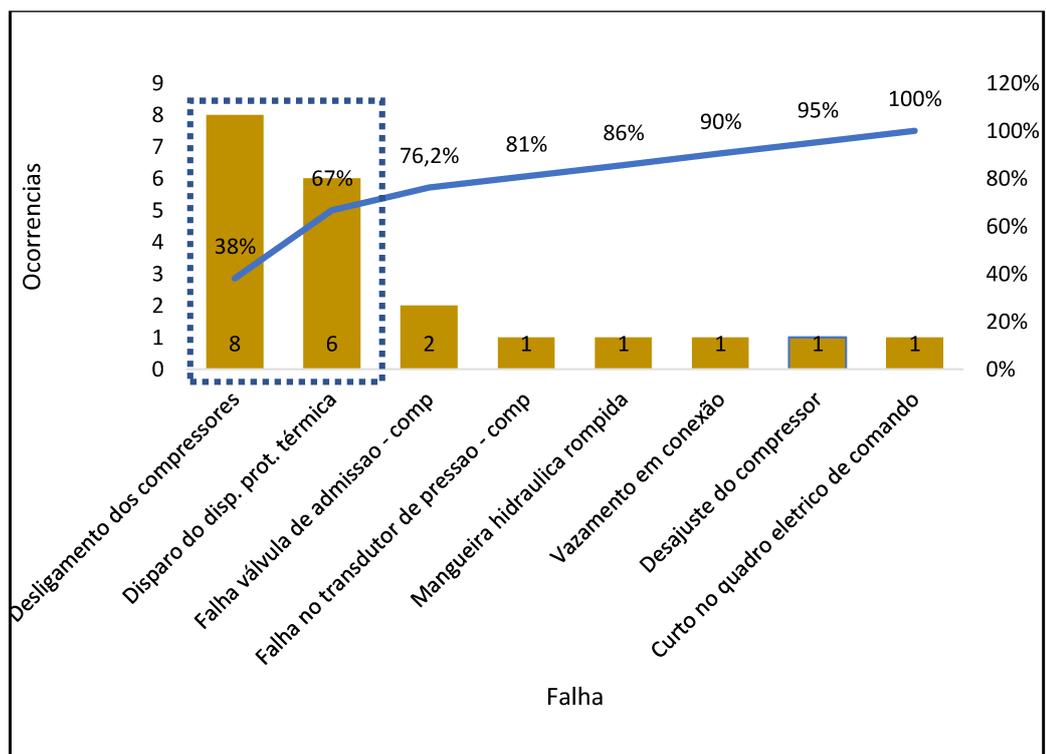


Figura 4.10 – Modos de falhas ocorridas no sistema compressor de ar medicinal durante o período (Autor, 2021).

Observando o gráfico vemos que houveram muitas falhas isoladas, ou seja, não apresentaram outra ocorrência durante o período observado, no entanto, não se pode afirmar que tais falhas isoladas não ocorreram por consequência das falhas mais recorrentes. Por exemplo, a falha de curto no quadro elétrico de comando, além de por falha na manutenção preventiva, pode ter sido causada pela saturação dos componentes devido a recorrente falha de disparo do dispositivo de proteção térmica do sistema. Outro exemplo que pode ser citado, é a falha de desajuste do compressor, já que como visto mais pra frente, os surtos elétricos na rede podem causar falhas de programação e/ou leitura de instrumentação dos equipamentos associados a ela. Desta forma, pode ter sido o ocorrido na falha do transdutor de pressão que é um componente com alta sensibilidade a variações de tensão.

Diante dos modos de falhas que foram destacados no último gráfico, da investigação feita na unidade com base na cronologia registrada no Anexo B e em diálogo técnico com equipe de manutenção da unidade e da empresa que faz a manutenção no sistema, foram identificadas as principais causas para estas falhas.

Em relação a falha dos desligamentos dos compressores, que representa o motivo 38% das ocorrências corretivas no período, foi constatado que a causa é devido à um problema pertinente que são as quedas de energias que são presentes na unidade. A unidade apresenta uma subestação de energia de 300 kVA que inclusive já teve seu “tráfego” de energia modificado, ainda no ano de 2019, devido a mais recorrentes falhas da energia dentro da unidade hospitalar, porém, embora tenham sido minimizadas essas quedas, ainda hoje ocorrem de maneira menos recorrente, sinalizando que a falha é advinda da qualidade da energia.

Quanto as ocorrências devido ao acionamento de dispositivos de proteção térmica (relé e sensores), uma das causas principais para estar havendo o sobreaquecimento em componentes, de certa forma, é fácil de identificar visto que ao chegar no abrigo em que está a central, vemos que se trata de um container metálico fechado, como mostrado na Figura 4.11. O abrigo que, na época para inaugurar a unidade, foi desenvolvido de maneira improvisada devido a urgência que existira para atender, em caráter de urgência, a alta demanda do sistema de saúde do estado. No entanto, como é visto, até o momento não foi feita uma realocação ideal para instalação da central de ar medicinal comprimido, sabendo que é de fácil entendimento que um recinto metálico fechado, exposto diretamente ao sol, e somente com sistema de troca de calor através de exaustores instalados, não é capaz de fornecer uma razoável temperatura de trabalho para um sistema que também gera muito calor.



Figura 4.11 – Abrigo do sistema de compressor de ar medicinal da Unidade B (Autor, 2021).

#### 4.2.1. Plano de Ação

O plano de ação foi desenvolvido afim de resolver as causas das falhas destacadas sistema de ar comprimido por compressor desta unidade de saúde, foi elaborada a partir da ferramenta de qualidade 5W1H e estar apresentada na Tabela 4.2, a seguir.

Tabela 4.2 – Plano de ação para falhas verificadas no sistema centralizado de ar medicinal da Unidade B (Autor, 2021).

5W					1H
O quê? (What?)	Porque? (Why?)	Onde? (Where?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Como? (How?)
Cessar surtos elétricos à rede da unidade	Para manter os equipamentos energizados com a tensão dimensionada para o mesmo afim de evitar desligamentos, queima de dispositivos, aferições incorretas de instrumentações, etc.	Equatorial Energia	Secretaria de Saúde ou Instituto da Unidade Hospitalar	10/out à 31/dez	Solicitar a normatização do fornecimento da rede para a concessionaria de energia elétrica responsável, implementar sistema de banco de capacitores, implementar sistema de <i>nobreaks</i> ;

Evitar sobreaquecimentos do sistema	Para não haver acionamento dos dispositivos de proteção térmicas, evitando assim a parada indesejada do sistema	Unidade B	Secretaria de Saúde e Instituto da Unidade Hospitalar	10/out a 10/jan	Realizar estudo de local, projetar e construir novo abrigo para o sistema de ar comprimido por compressor, implantar sistema de refrigeração no abrigo, realizar constantes inspeções termográfica no sistema.
-------------------------------------	---	-----------	---	-----------------	--

Diante a aplicação de tais implementação do plano de ação que eliminariam falhas que ocorrem pelas causas já conhecidas e diagnosticas, e juntamente com o bom gerenciamento do plano de manutenção dos equipamentos, pode ser previsto, como no gráfico da Figura 4.12, que a disponibilidade operacional do sistema no mesmo período analisado poderia ter um aumento para 99,75%, ou seja, uma melhora de 1,01% para o indicador registrado. Isto pode implicar que para os períodos posteriores tendo as ações inseridas, a disponibilidade do operacional do sistema de compressor de ar medicinal irá aumentar.

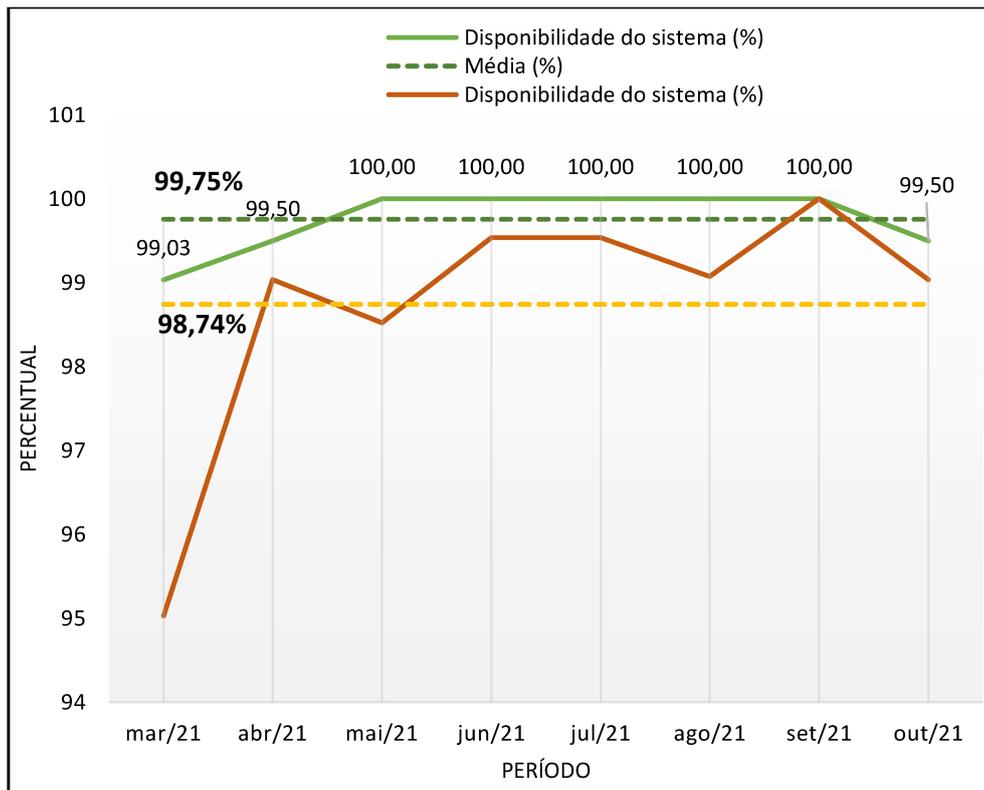


Figura 4.12 – Previsão de aumento da disponibilidade do sistema de central de ar comprimido com a aplicação do plano de ação (Autor, 2021).

### 4.3.Considerações Finais

Muito importante destacar das análises, é com relação a revisão do plano de manutenção da empresa. A manutenção preventiva usada pela empresa nos sistemas das centrais de gases medicinais foi vista que corre de maneira assistemática, ou seja, a cada mês não há uma quantidade fixa para que a ocorra nos ativos dos sistemas. Em função do contrato, a quantidade de manutenções previstas para acontecer nesses sistemas é de no mínimo quatro intervenções, porém com base nos manuais dos ativos e na experiencia que foi vista, recomendo que esta quantidade seja intensificada de modo regular, por pelo menos dois meses de margem, para períodos em que o consumo do suprimento dentro dos setores da unidade hospitalar está sendo mais demandado que o nominal de uso.

A adoção de outros modos de manutenção ao plano de manutenção geral é bem visto para esses sistemas já que como pôde ser visto, se houvesse um plano de manutenção detectiva, por exemplo, a mesma iria atuar no diagnóstico e análise das falhas para que pudessem ser vistas as causas mais profundas do problema que eliminariam seguidas falhas como foi observado neste estudo, modos de falhas relacionados a uma falha mais intrínseca. Esta modalidade de manutenção demandaria mais recursos tecnológicos, porém como a empresa é especializada nos serviços, esta ação implicaria em maior disponibilidade dos seus sistemas, sendo um grande atrativo para o mercado.

Tais adaptação no plano de manutenção são extremamente necessárias para que haja o máximo de segurança e disponibilidade possível dos sistemas.

Também, conforme verificada a causa para mais de uma das falhas registradas nos dois sistemas estudados, é referente a presença de surtos elétricos advindos da rede de energia elétrica, no qual é um problema persistente, e deve ser resolvido para que a disponibilidade dos sistemas possa ser aprimorada. Em conversa técnica com um dos engenheiros elétricos da Secretaria, o mesmo destacou que este problema na qualidade do fornecimento de energia é crônico, sendo um dos maiores vilões vistos nas unidades hospitalares que o órgão gerencia, principalmente nas unidades do interior do estado. As unidades que possuem este problema agravado, já foi dado entrada no processo na concessionária de energia elétrica, Equatorial Energia, afim de que o problema seja sanado. O processo acontece diante a solicitação de avaliação de qualidade de energia que vem a capturar e gerar relatório com dados detalhados da qualidade de energia elétrica que está sendo consumida através da rede, verificando a existência de irregularidades no que está sendo admitido. O relatório é parametrizado com base

no Modulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, presente no Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica do Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) norma que faz parte da Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Com a presença de surtos elétricos existentes na rede, vários podem ser os efeitos negativos para a unidade de saúde, tais quais: danos à equipamentos, queima de lâmpadas, monitores, placas de circuitos elétricos, aparelhos médicos, dentre outros. Além de poder gerar erros na leitura de sistema de instrumentações médico-hospitalares como sensores, leitores de concentração e frequências. As maneiras de amenizar tais problemas podem ser com uso de *nobreaks*, aterramentos, fontes energéticas alternativas com banco de baterias ou utilizar sistemas de fator de potência com banco de capacitores.

Devido a este presente estudo foi dada entrada no processo citado anteriormente para que as duas unidades tenham este seu problema de desligamentos de equipamento por conta da qualidade da energia elétrica sanado e que juntamente com as intervenções no plano de manutenção da empresa, aqui mencionadas, a disponibilidade operacional dos sistemas de suprimentos de gases medicinais das unidades de saúde, se eleve e a quantidade de ocorrências corretivas nos sistemas sejam reduzidas.

## 5. CONCLUSÃO

As centrais dos sistemas centralizados de gases medicinais respondem a uma grande demanda que é exigida dentro do EAS, que através da rede de distribuição e dos pontos de utilização, os gases medicinais gerados são direcionados e medicados aos pacientes, sendo muitas vezes decisivo para a vida dos mesmos. Portanto, é de extrema importância que a disponibilidade destes medicamentos ocorra sem interrupções ou surpresas indesejadas.

O desenvolvimento deste trabalho possibilitou uma análise dos processos e a apresentação dos principais indicadores de manutenção ocorridos nos sistemas de centralizados de GM das unidades de saúde estudadas. Onde, através da análise e avaliação desses indicadores foi identificada falhas presentes nesses sistemas nas quais foram investigadas e descobertas causas que as tornam possíveis serem solucionadas. Inclusive, foi constatado um problema crônico presente que é quanto a qualidade da energia elétrica admitida na maioria das unidades cobertas pela Secretaria de Saúde.

Com o emprego do plano de ação usando a ferramenta 5W1H, foi estabelecidas ações e responsabilidades para que as causas das falhas, através de um pensamento sistêmico estruturado, possam ser corrigidas e com isso aumentar a disponibilidade desse sistema que são indispensáveis. Vendo que a adoção e implantação de tais ações podem representar um aumento de cerca de 1,57% no indicador de disponibilidade em um dos sistemas vistos.

Por fim foi revisado o plano de manutenção da empresa que exerce a manutenção nos sistemas, sinalizando os principais pontos para correção e aprimoramento do serviço atual aplicado. Pontos estes que trazem um retorno positivo para todos os envolvidos já que os sistemas tem sua disponibilidade e qualidade aumentada, enquanto a empresa é beneficiada por ter menores incidentes corretivos que demandam contingente e gastos.

De forma clara, o objetivo geral deste presente trabalho foi alcançado com êxito ao ser apresentado as medidas de melhorias a serem implementadas no setor de manutenção no qual já teve seus primeiros resultados na adoção de medidas afim de corrigir falhas.

Como sugestão para trabalhos futuros, realizar análise da confiabilidade dos equipamentos do sistema e implementação de novos modais ao plano de manutenção da empresa. Além de realizar o estudo da disponibilidade em outros tipos de centralizados de gases medicinais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13587: Estabelecimento assistencial de saúde - Concentrador de oxigênio para uso em sistema centralizado de oxigênio medicinal.** Rio de Janeiro, 2017. 25p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12188: Sistemas centralizados de oxigênio, ar, óxido nitroso e vácuo para uso medicinal em estabelecimentos assistenciais de saúde.** Rio de Janeiro, 2016. 33p.

AZEVEDO, J. C. F. **Análise Do Impacto De Um Novo Sistema De Gerenciamento Na Melhoria Dos Indicadores De Manutenção Em Uma Empresa De Transportes.** Graduação Em Engenharia De Produção Mecânica (Monografia) - Universidade Federal Do Ceará p. 62. Fortaleza, 2019

BRANCO FILHO, G. **A Organização o Planejamento e o Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA., 2008.

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA., 2006.

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices de Manutenção.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA., 2006.

BRANCO, P. **Indicadores De Manutenção Industrial Relacionados À Eficiência Global De Equipamentos.** TCC - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná p. 87. Pato Branco, 2015

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – **RDC nº 70, de 1 de outubro de 2008, dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.** Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 de fevereiro de 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – **RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002, dispõe sobre a notificação de Gases Medicinais.** Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de setembro de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N 38, DE 21 de agosto de 2019, dispõe de Boas Práticas de Fabricação complementares a Gases Substâncias Ativas e Gases Medicinais.** - Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

DUARTE, C. Silva. **Análise de fornecimento de ar medicinal por meio da destilação criogênica em uma instituição hospitalar.** TCC – Curso de Engenharia mecânica, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2017. 63p.

EBSERH. **Relatório de Dimensionamento de Serviços Assistenciais.** Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Pará. Brasília, p. 1-49. 2014.

FERNANDES, A. J. Q. **Melhoria Do Desempenho Da Manutenção De Uma Empresa Da Indústria Automóvel.** 2018. p. 136. Instituto Superior de Engenharia do Porto – Mestrado em engenharia mecânica. 2018

JONES, A. **Utilização Das Ferramentas De Confiabilidade Nos Viradores De Vagões.** 2008. P.47. Universidade Estadual do Maranhão - Especialização em Engenharia de Produção. São Luís, 2008

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção função estratégica.** Rio de Janeiro, Qualitymark, 2015.

LINDE GAS. Brasil. Linde Gas, 2017. Disponível em: <<http://www.lindegas.com.br/pt/index.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

MAGALHÃES, Juliano M. de. Modelo de Gestão: Qualidade e Produtividade. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/265931436\\_MODELOS\\_DE\\_GESTAO\\_QUALIDADE\\_E\\_PRODUTIVIDADE](https://www.researchgate.net/publication/265931436_MODELOS_DE_GESTAO_QUALIDADE_E_PRODUTIVIDADE). Acessado em: 19 de nov de 2021.

MALTA, J. **A Importância Dos Indicadores De Manutenção Na Indústria.** p. 11, Revista Multices Ano VII Nº 01. 2019

MARTINS, Ana Patrícia Riberio de Almeida Pires **A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE).** Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.

MEDEIROS, V. Rodrigues. **Engenharia clínica: sugestões para a reestruturação deste setor em uma maternidade pública de Fortaleza.** Monografia - Curso de Especialização em Engenharia Clínica, Escola de Saúde Pública do Estado do Ceará, Fortaleza. 2009. 59p.

NASCIF, J. **Gestão Para a Manutenção de Classe Mundial.** Disponível em: . Acesso em: 01 de jun. 2017.

NASCIF, J.; DORIGO, L.C. **Manutenção Orientada Para Resultados.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA Nº70. **Dispõe sobre a notificação de Gases Medicinais,** 1 de outubro de 2008.

RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA Nº50. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.** 21 de fevereiro de 2002.

SALES, Rafael. **Ferramentas da Qualidade: Conceito e aplicação.** 2017. Disponível em: <http://www.portal-administracao.com/2017/09/sete-ferramentas-da-qualidadeconceito.html> . Acessado em: 19 de nov de 2021.

SANTOS, Rubia A. Luz. **Sistemas centralizados de gases e vácuo medicinais- uma abordagem para o gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar.** 2002. 166p. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, A.F.; CÁRIA J.D.P. **Central de Gases Medicinais: Conceito, aplicação e instalação.** 4p. 2015

SILVA, R. M., JORGE, M. S.B., JUNIOR, A. G. S. **Planejamento, gestão e avaliação nas práticas de saúde.** Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE. 548p. 2015

TELES, J. **Plano de Manutenção Preventiva: Como Elaborar.** Disponível em: <<https://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/>>. Acesso em: 19 de nov de 2021.

TRACTIAN. **8 indicadores indispensáveis para gestão da manutenção -.** Disponível em: <<https://tractian.com/blog/indicadores-de-manutencao>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e controle de manutenção.** Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002. 167 p.

WEB ELEMENTS, **Nitrogen: the essentials,** 2017. Disponível em:<<https://www.webelements.com/nitrogen>> Acesso em: 02 de Novembro de 2021.

WILKINS, R. L.; STOLLER, J. K.; KACMAREK, R. M. Egan - **Fundamentos de Terapia Respiratória.** 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2009. 1048

ANEXOS

ANEXO A – Tabela por mês e quantidade das ocorrências corretivas no sistema por usina concentradora

<b>MODO DE FALHA</b>	<b>jan/21</b>	<b>fev/21</b>	<b>mar/23</b>	<b>abr/21</b>	<b>mai/21</b>	<b>jun/21</b>	<b>jul/21</b>	<b>ago/21</b>	<b>set/21</b>	<b>out/21</b>	<b>TOTAL</b>
Falha pressostato do compressor								1			1
Falha válvula oxigênio		1									1
Rompimento engate rápido da flauta										1	1
Desligamento por sensor de temperatura				2							2
Falha no solenoide da secadora							1				1
Falha em purga vaso seco		1	1								2
Falha no painel de alarme	1										1
Falha no sistema de backup	1										1
Falha no compressor		1					1			1	3
Falha rele temporizador			1								1
Disparo do disp. prot. térmica			1	4							5
Desligamento por pico de energia			1			1				2	4
Desligamento por queda de energia		1		1	1					4	7
Rompimento de mangueira hidráulica		1									1
Rompimento de mangueira PU					3		2	2			7
Baixa pressão da rede		1	6	1	3	2					13
<b>TOTAL DE CORRETIVAS</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>50</b>

ANEXO B - Tabela por mês e quantidade das ocorrências corretivas no sistema por de medicinal por compressor

<b>MODO DE FALHA</b>	<b>jan/21</b>	<b>fev/21</b>	<b>mar/23</b>	<b>abr/21</b>	<b>mai/21</b>	<b>jun/21</b>	<b>jul/21</b>	<b>ago/21</b>	<b>set/21</b>	<b>out/21</b>	<b>TOTAL</b>
Falha no transdutor de pressão - comp			1								1
Mangueira hidráulica rompida			1								1
Vazamento em conexão			1								1
Desajuste do compressor			1								1
Curto no quadro elétrico de comando					1						1
Falha válvula de admissão - comp				1						1	2
Acionamento relé térmico da cent. Maletas			5			1					6
Desligamento compressor			1	1	2		1	2		1	8
<b>TOTAL DE CORRETIVAS</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>21</b>
<b>HORAS CORRETIVAS</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>34,1</b>	<b>6,9</b>	<b>10,5</b>	<b>13,8</b>	<b>10,5</b>	<b>6,6</b>	<b>0</b>	<b>6,9</b>	<b>89,3</b>
<b>HORAS DISPONIVEIS</b>	<b>720,00</b>	<b>720,00</b>	<b>685,90</b>	<b>713,10</b>	<b>709,50</b>	<b>706,20</b>	<b>709,50</b>	<b>713,40</b>	<b>720,00</b>	<b>713,10</b>	<b>5670,70</b>
<b>Total Horas (Mês)</b>											<b>720</b>



