UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

JULIANA GOMES TEIXEIRA ARDUINI

ANÁLISE DE CONFORMIDADES DOS SISTEMAS DE AR MEDICINAL DE UM ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE PÚBLICO DE GRANDE PORTE

UBERLÂNDIA

2024

JULIANA GOMES TEIXEIRA ARDUINI

ANÁLISE DE CONFORMIDADES DOS SISTEMAS DE AR MEDICINAL DE UM ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE PÚBLICO DE GRANDE PORTE

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof.ª. Drª. Selma Terezinha Milagre

gov.br
Documento assinado digitalmente
SELMA TEREZINHA MILAGRE
Data: 26/11/2024 14:11:14-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do Orientador

Coorientador: Dr. Eng. Vitor Alberto Lemes Monteiro

gov.br
Documento assinado digitalmente
VITOR ALBERTO LEMES MONTEIRO
Data: 26/11/2024 15:50:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do Coorientador

UBERLÂNDIA

2024

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo estímulo, carinho e compreensão.

DEDICATÓRIA

Queridos amigos e professores,

Hoje tenho a imensa alegria de dirigir minhas palavras a cada um de vocês que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me sustentado durante todo o percurso acadêmico, me proporcionando saúde, discernimento e força para superar os desafios que surgiram ao longo do caminho.

A você, professora Selma, que dedicou seu tempo e conhecimento para me orientar e auxiliar durante a elaboração do meu TCC, expresso minha sincera gratidão. Sem a sua orientação precisa e o incentivo constante de você, certamente eu não teria alcançado o resultado tão satisfatório.

Aos colegas de turma, que se tornaram verdadeiros companheiros nessa jornada, quero dizer obrigada. O apoio e a troca de experiências entre nós foram fundamentais para vencer os obstáculos e chegar até aqui. Compartilhamos não apenas conhecimentos, mas também risadas, frustrações e momentos inesquecíveis.

À minha família, meu porto seguro e fonte de inspiração, agradeço por todo o amor, paciência e compreensão durante os momentos em que precisei me dedicar inteiramente ao TCC. Vocês foram minha força motriz e grandes incentivadores. Sem vocês ao meu lado, nada disso seria possível.

Por fim, agradeço a todos os amigos que torceram e acreditaram em mim. Vocês estiveram ao meu lado em todas as etapas desse percurso, dando ânimo e transmitindo confiança. Cada palavra de incentivo, cada gesto amigo, foi fundamental para me manter determinado e focado no objetivo.

Hoje, com a conclusão do meu TCC, encerro um ciclo cheio de aprendizados e conquistas significativas. Sei que essa conquista não é apenas minha, mas de todos que estiveram presentes, de alguma forma, nessa jornada.

Mais uma vez, o meu muito obrigada a cada um de vocês. Que essa vitória seja apenas o início de uma longa trajetória de sucesso e crescimento profissional para todos nós.

Com carinho,

Juliana Gomes Teixeira Arduini.

RESUMO

Os gases medicinais desempenham um papel essencial em tratamentos clínicos e cirúrgicos, sendo utilizados para diagnóstico, tratamento e prevenção de doenças, com o objetivo de restaurar as funções fisiológicas. Em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, sua presença é mandatória, o que demanda uma busca contínua por padrões de excelência certificados. A gestão integrada é fundamental para evitar desabastecimento e garantir a conformidade com normas técnicas. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o sistema de fornecimento de ar medicinal em um Estabelecimento Assistencial de Saúde, situado em Uberlândia- MG e verificar a conformidade com normas técnicas vigentes. Foram realizadas visitas *in loco* nas instalações de fornecimento do ar medicinal, entre setembro e outubro de 2023, guiadas pelo técnico responsável pela unidade. Foi observado que o estabelecimento visa priorizar as normas referentes ao tema. O sistema de suprimento por compressores de ar demonstrou-se eficiente e robusto na garantia do fornecimento de ar medicinal conforme as normas estabelecidas. Com seis compressores operando em paralelo, o sistema proporciona uma distribuição equitativa da demanda, assegurando uma contingência eficaz em caso de falhas em um dos compressores. Portanto, a constante análise e monitoramento dos equipamentos e procedimentos refletem uma abordagem proativa para garantir a operacionalidade eficaz dos sistemas.

Palavras-Chaves: Gases Medicinais, Estabelecimento Assistencial de Saúde, Engenharia Clínica.

ABSTRACT

Medical gases play an essential role in clinical and surgical treatments, being used for diagnosis, treatment, and disease prevention, with the aim of restoring physiological functions. In Healthcare Facilities, their presence is mandatory, requiring continuous pursuit of certified standards of excellence. Integrated management is crucial to prevent shortages and ensure compliance with technical regulations. Thus, the objective of this study was to evaluate the medical air supply system in a Healthcare Facility located in Uberlândia, MG, and verify its compliance with current technical standards. On-site visits were conducted to the medical air supply installations between September and October 2023, guided by the technician responsible for the unit. It was observed that the facility prioritizes compliance with relevant standards. The air supply system, powered by compressors, proved to be efficient and robust in ensuring the provision of medical air according to established standards. With six compressors operating in parallel, the system ensures balanced demand distribution and effective contingency in case of compressor failure. Therefore, the constant analysis and monitoring of equipment and procedures reflect a proactive approach to maintaining the effective operation of the systems.

Keywords: Medicinal Gases, Health Care Establishment, Clinical Engineering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxograma representativo Central Principal.....31
Figura 2. Sistema de suprimento central com compressores de ar e sistema de filtragem do ar comprimido.....32
Figura 3. Sistema de secagem do ar medicinal.....34
Figura 4. Sistema de análise da pressão do processo da compreensão, filtragem e secagem e painel de controle.....34
Figura 5. Ficha manuscrita de Registros da central de Ar Medicinal do EAS.....36
Figura 6. Central de armazenamento de ar medicinal por pulmões.....37
Figura 7. Fluxograma central reserva por cilindros.....38
Figura 8. Sistema reserva de ar medicinal em cilindros.....39
Figura 9. Central de reservatório de ar medicinal em cilindros – setores hospitalares.....41
Figura 10. Sistema central de suprimento de ar medicinal com compressores de ar 41
Figura 11. Central de armazenamento secundário.....42
Figura 12. Fluxograma central de armazenamento secundário – oncologia.....43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Normas vigentes para sistematização da infraestrutura relacionada aos gases medicinais.....23
Tabela 2. Composição química do ar medicinal comprimido.....25
Tabela 3. Composição química do ar medicinal sintético.....26
Tabela 4. Identificação das cores dos cilindros para gases medicinais.....40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo das principais características físicas e químicas dos gases medicinais.....20
Quadro 2. Classificação ABNT NBR ISO 8573- 1: 2013 (ABNT, 2013) para particulados presentes no ar comprimido.....

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Agência Nacional de Normas Técnicas

ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária

EAS - Estabelecimentos Assistenciais de Saúde

EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

HC – Hospital de Clínicas

HU – Hospital Universitário

INFARMED - Instituto Nacional da Farmácia e do Medicamento

NBR – Norma Técnica Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

POP – Procedimento Operacional Padrão

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

TPM- Manutenção Produtiva Total

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

V/V - Volume/Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....12
1.1 JUSTIFICATIVA.....14
1.2 OBJETIVO GERAL.....15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....15
2 DESENVOLVIMENTO.....16
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....16
2.1.1 Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia–HC-UFU.....16
2.1.2 Empresa Brasileira De Serviços Hospitalares - EBSERH.....17
2.1.3 Gases Medicinais.....18
2.1.4 Central de Suplementação de Ar Medicinal.....24
2.1.4.1 Ar Medicinal Comprimido.....24
2.1.4.2 Ar Medicinal Sintético.....26
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....29
4.1 SISTEMA DE SUPRIMENTO POR COMPRESSORES DE AR.....29
4.3 SISTEMA DE SUPRIMENTO DE RESERVA POR CILINDROS.....38
4.4 CENTRAL DE SUPRIMENTO E ARMAZENAMENTO SECUNDÁRIO – CENTRAL ONCOLOGIA 41
4.5 MEDIDAS ADICIONAIS OBSERVADAS.....44
REFERÊNCIAS.....47
ANEXOS.....52
ANEXO A - MEMORIAL DE CÁLCULO GASES MEDICINAIS.....52
ANEXO B- MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO SISTEMA DE AR MEDICINAL.....63

1 INTRODUÇÃO

Atuantes como suprimentos essenciais para o funcionamento dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), estão: água e energia elétrica, gases e vácuo medicinais, sendo o gerenciamento destes sistemas fundamental na garantia da relação custo-efetividade (SILVA, 2019).

Considerados como medicamentos, os gases podem ser apresentados na forma de gás, gás liquefeito ou líquido criogênico, isolados ou associados entre si, seu uso tem objetivo de diagnosticar, tratar ou prevenir doenças para restaurar, corrigir ou modificar as funções fisiológicas (ANVISA, 2020). Também podem ser usados em conformidade com medicamentos, designadamente pelos seus usos em terapias de inalação, anestesia, diagnóstico *in vivo* ou para conservar ou transportar órgãos, tecidos ou células destinadas a transplantes (DINIS; CAPOULAS; NEVES, 2012).

O oxigênio e o óxido nitroso desempenham papéis fundamentais em procedimentos terapêuticos e anestésicos (ANVISA, 2024). O oxigênio, em particular, é considerado um recurso essencial e insubstituível no cuidado aos pacientes, sendo utilizado em todos os níveis de atendimento das unidades de saúde, sejam públicas ou privadas.

Em um EAS os gases medicinais, vácuo e vapor d'água devem ser distribuídos em todos os locais onde haja a necessidade de seu uso, assim, existe em uma extensa rede de tubulações por todo o EAS. Necessários se fazem também os dispositivos de segurança, garantindo o fornecimento dentro dos parâmetros adequados de fluxo, pressão e temperatura, para que não haja alteração das características químicas do insumo, o que pode resultar em danos aos pacientes e equipamentos (BRASIL, 2002a).

Assim, segundo a ANVISA (1995) a utilização de gases no ambiente hospitalar apresenta diversos riscos. A gestão e eliminação desses riscos podem ser realizadas por meio de medidas simples e práticas. Nesse contexto, o treinamento adequado é fundamental para garantir a segurança tanto dos profissionais de saúde quanto dos pacientes, bem como de terceiros que estejam no ambiente. O manuseio correto de cilindros e sistemas centralizados de gases medicinais podem decisico entre a vida ou a morte de um paciente. Consequentemente, cuidados essenciais sobre o uso, movimentação e armazenamento de gases, principalmente os de alta pressão, devem ser rigorosamente observados.

A Deliberação nº 056/CD/2008, que aprova o regulamento dos gases medicinais previsto no nº 4 do artigo 149º do Decreto-Lei nº 176/2006, de 30 de agosto, estabelece a disciplina jurídica aplicável à direção técnica, fabricação, acondicionamento (primário e/ou secundário), à rotulagem, ao folheto informativo, ao transporte, à distribuição, à

comercialização e à entrega domiciliária de gases medicinais (INFARMED, 2008). Desta forma, os gases e as misturas de gases para utilização em seres humanos devem cumprir os requisitos específicos inerentes aos medicamentos (SILVA, 2019).

Logo, as normas sanitárias em ambientes que necessitam dos gases medicinais são obrigatórias. Lopez e Abreu (2013), descrevem o cuidado especial de manipulação em ambas as formas de fornecimento, estado gasoso (em cilindros de alta pressão) ou no estado líquido (em tanques criogênicos), são fundamentais para buscar o equilíbrio entre a qualidade no tratamento disponibilizado ao paciente.

Segundo Silva (2019), são os profissionais das áreas de Farmácia, Infraestrutura, Engenharia Clínica e demais setores de Enfermagem os responsáveis pela garantia de todo este processo de gestão, seja, o abastecimento, a vigilância, a manutenção do sistema, a formação de pessoal, a avaliação de risco em todo o hospital e padrões de conformidade de gás medicinal ou regulamentos; e que estes estejam a serviço do cuidado com a vida do paciente, de forma segura.

Em um cenário de escassez de recursos, o setor de saúde no Brasil apresenta desperdícios significativos de diversas formas. Segundo a Organização Mundial da Saúde, as perdas nessa área podem variar de 20% a 40%, representando, no setor privado, um desperdício de R$ 27 bilhões. Os desperdícios relacionados aos gases medicinais também se inserem nessa realidade, com a maior parte das perdas sendo atribuídas a questões operacionais, deficiências na infraestrutura ou à falta de processos adequados (HAHN, 2017, apud SILVA, 2019).

1.1 JUSTIFICATIVA

Há uma contínua busca nos hospitais por estabelecer mecanismos de segurança que alcancem um padrão de excelência certificado pelos órgãos competentes. Uma gestão integrada visa promover a sinergia entre os processos, reforçando a atenção à manutenção dos sistemas centralizados de gases medicinais.

Em se tratando de gases medicinais, a falta de padronização nas operações e no gerenciamento dos processos pode acarretar problemas como desabastecimento, desperdício, contaminação e danos aos equipamentos, incluindo misturas de gases com baixa concentração de oxigênio, representando riscos à vida dos pacientes. Portanto, o primeiro passo rumo à eficiência na gestão clínica é avaliar os sistemas de gases medicinais no ambiente hospitalar.

Nesse sentido, a gestão dos equipamentos médico-hospitalares que utilizam gases medicinais se apresenta como uma alternativa viável para assegurar as estratégias sanitárias exigidas pela lei, abrangendo desde a especificação e aquisição até o treinamento dos usuários, acompanhamento da rotina, avaliação e coordenação das manutenções dos equipamentos de gases.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a conformidade do sistema de fornecimento de ar medicinal em um Estabelecimento Assistencial de Saúde de grande porte, situado em Uberlândia- MG baseando-se em normas técnicas vigentes.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer a rede de gases do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia;
- Pesquisar as normas vigentes em relação aos sistemas de gases medicinais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.1 Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia–HC-UFU

O Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HC-UFU) é referência para atendimentos de média e alta complexidades para municípios do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Em 26 de agosto de 1970, Uberlândia ganhava um hospital com 27 leitos, o espaço serviria como cenário de práticas para os alunos da Escola de Medicina e Cirurgia (EMECIU) que já formava os primeiros médicos da cidade (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU, 2023).

Com o desenvolvimento em acensão da cidade de Uberlândia e a Federação da UnU (Universidade de Uberlândia) em 1978, o Hospital de Clínicas começou a fazer parte do corpo da universidade, transformou-se na principal porta de acesso à saúde pública da região, principalmente para o atendimento de urgência e emergência e de alta complexidade, sendo o único hospital público regional com porta de entrada aberta 24 horas (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU, 2023).

O HC-UFU é um órgão suplementar de caráter técnico, científico e assistencial vinculado à Reitoria da UFU, com a finalidade de fornecer apoio às atividades de ensino, pesquisa e extensão e exercer as seguintes funções no âmbito da área da saúde: I – prestar serviços às comunidades interna e externa à UFU; II – assessorar as Unidades Acadêmicas da área da saúde, bem como as demais Unidades Acadêmicas e Especiais de Ensino da UFU; III – propor convênios, normas, procedimentos e ações; e IV – outras funções previstas neste Regimento Interno. O HC-UFU integra o Sistema Único de Saúde e presta serviços de saúde a toda a população brasileira, na forma do que dispõe a legislação vigente. O HCU é uma unidade gestora executora conforme disposto na legislação vigente (EBSERH, 2023).

Devido sua interdisciplinaridade o HC-UFU participa da formação de recursos humanos nas diferentes áreas do conhecimento. Assim, atende às necessidades de ensino dos programas de Residência Médica e Multiprofissional e de cursos de graduação, como Medicina, Enfermagem, Nutrição, Psicologia, Serviço Social, Odontologia, Fisioterapia, Engenharia Clínica e Biomedicina (EBSERH, 2023).

É interessante ressaltar que os objetivos na área da saúde e ciências afins estão ligados a serviços no campo de ensino, de pesquisa e de extensão; desenvolver, em articulação com as Unidades Acadêmicas da área da saúde, bem como as demais Unidades Acadêmicas e Especiais de Ensino da UFU, atividades de investigação científica e tecnológica e contribuir

para a realização de estudos e pesquisas sobre os principais problemas de saúde da população; administrar e executar serviços de assistência à saúde de qualidade à população sob sua responsabilidade, de forma universalizada e igualitária, apoiado em programas de ensino e pesquisa assegurar a democratização das relações de trabalho e a valorização dos trabalhadores da saúde, estimulando processos de formação continuada; e servir de hospital de referência e contra-referência ao Sistema Único de Saúde (EBSERH, 2023).

O HC-UFU conta com mais de 500 leitos de internação de média e alta complexidade distribuídos em estrutura com mais de 50 mil m² de área construída. Em Minas Gerais o HC-UFU é o maior prestador de serviços pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Desde 2018, o HC-UFU é um dos 40 hospitais universitários que estão sob gestão da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (Ebserh), vinculada ao Ministério da Educação (MEC) (EBSERH, 2023).

2.1.2 Empresa Brasileira De Serviços Hospitalares - EBSERH

A gestão dos hospitais universitários públicos (HU) no Brasil encara desafios que requer iniciativas pontuais em termos de modernização na gestão estratégica e operacional em saúde. A criação da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) foi baseada pela Lei nº 12.550, de 15 de dezembro de 2011, como uma empresa pública vinculada ao Ministério da Educação (MEC) (BRASIL, 2023).

Segundo a Lei nº 12.550, de 15 de dezembro de 2011, o principal objetivo da EBSERH é prestar serviços gratuitos de assistência médico-hospitalar, ambulatorial e de apoio diagnóstico e terapêutico à comunidade. Ademais, a empresa é responsável por apoiar as universidades federais no que se refere à gestão de seus hospitais universitários (BRASIL, 2023).

A EBSERH é a maior rede de hospitais públicos do Brasil, o intuito é unir o ensino e a melhoria da saúde com o objetivo de promover melhorias na qualidade dos atendimentos, que seja referência para o SUS e de destaque para a sociedade (BRASIL, 2023).

A rede de HUs do Brasil hoje é composta por 51 hospitais vinculados a 36 universidades federais, sendo que 45 deles possuem contrato com a gestão EBSERH (EBSERH, 2024).

Segundo, Pereira Junior (2018), a criação da EBSERH não significou a privatização das Instituições Hospitalares Universitários Federais (HUs), tendo em vista ser vinculada ao Poder Público e prestar serviço exclusivamente ao SUS, neste sentindo altera a lógica de governança dessas instituições conferindo-lhes um caráter mais autónomo e o Estado deixa de ser um executor direto e passa a ser um controlador.

Como resultado deste conflito, existiu o questionamento sobre a constitucionalidade da lei de criação da empresa estatal, pela Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 4.895 (BRASIL, 2013). Porém, por unanimidade, o Supremo Tribunal Federal (STF) declarou constitucional a Lei que autorizou a criação da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) (BRASIL, 2020).

Segundo Pereira Junior (2018) a profissionalização da gestão com a efetivação de uma nova modalidade administrativa pública com a EBSERH sugere impactos positivos nos HUFs, com possibilidade de resultar em maior eficiência, transparência e responsabilidade no uso dos recursos públicos.

A organização dos hospitais de ensino no Brasil segundo uma lógica de rede interorganizacional visa promover maior sinergia entre as instituições, facilitar o intercâmbio de conhecimento e experiências, e permitir o planejamento integrado de compras públicas. Essa abordagem, uma das premissas da EBSERH, contribui significativamente para elevar a eficiência dos hospitais universitários (HUs). Embora os indicadores gerais tenham mostrado melhoria ao longo do período sob a gestão da EBSERH, alguns hospitais registraram aumento no tempo médio de permanência hospitalar (ABBADE, 2022).

A utilização adequada de ferramentas de gestão e sistemas de informações garantem a tomada de decisões mais efetivas, auxiliam no aprimoramento da eficiência das organizações públicas de saúde. Para fortalecer essa ideia, Abbade (2022) em seu trabalho analisando o impacto das EBSERH em alguns HUs pelo país, constatou melhorias tanto no atendimento aos pacientes, quanto na gestão de equipamentos e materiais. A implantação da EBSERH nos hospitais universitários evidenciou que a maior incidência de adoção de práticas de gestão tende a apresentar melhor resultados em termos de taxa de ocupação, internações por leito e implementação de certificações de acreditação hospitalar.

Entretanto, é necessário destacar que tais ganhos podem caracterizar apenas um grupo de HUs e que melhorias também devem ser empregadas a fim de buscar a garantia de um serviço de melhor qualidade (BRASIL, 2023).

2.1.3 Gases Medicinais

O funcionamento adequado dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs) depende essencialmente do conhecimento e da gestão eficiente dos gases medicinais, pois são insumos indispensáveis que não podem faltar em nenhuma circunstância. Além de serem fundamentais para garantir a qualidade e segurança nos procedimentos de saúde, seu elevado custo exige um controle rigoroso e uma utilização otimizada. Dessa forma, a administração

eficiente desses recursos é essencial para evitar desperdícios e garantir que seu uso seja realizado da melhor maneira possível (MIMBARCAS JUNIOR, 2018).

A Resolução nº 870, de 17de maio de 2024, “Dispõe sobre a notificação, o registro e as mudanças pós-registro de gases medicinais enquadrados como medicamentos”. Estabelecendo a pressão de vapor maior que 300 kPA absoluta a 50°C ou é completamente gasoso a 20°C na pressão absoluta de 101,3 kPa. Os gases também são classificados em: Gás ou líquido criogênico, Gás liquefeito, Gás medicinal que é definido como gás ou mistura de gases 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 (ANVISA, 2024).

Em outras palavras, gases medicinais são classificados como todos os gases utilizados, de forma direta ou indiretamente pelos pacientes, em ambulatórios, instituições hospitalares, consultórios odontológicos, entre outros, em forma líquida ou gasosa (LOPEZ; ABREU, 2013).

Os gases medicinais podem ser: gases atmosféricos (oxigênio, nitrogênio, argônio), gases de processos (dióxido de carbono, hidrogênio, acetileno) e gases especiais, que são aqueles em misturas.

O Quadro 1 apresenta os principais gases e suas respectivas características físicas e químicas.

Os gases medicinais devem ser armazenados em cilindros ou tanques criogênicos e sua utilização deve ser feita sob alguns critérios como, por exemplo, o modo de administração de acordo com as normas correntes, a dosagem e resultados diante do uso da terapia. Seu uso deve ser com cuidado já que possui especificações rigorosas (ANVISA, 2024).

Os gases atmosféricos são obtidos por meio do processo de destilação fracionada do ar, que envolve seu resfriamento a temperaturas extremamente baixas e a sua destilação, podendo-se obter seis produtos diferentes no sentido econômico: nitrogênio líquido, nitrogênio gasoso, oxigênio líquido, oxigênio gasoso, argônio líquido e argônio gasoso (COSTA, 2022).

Oxigênio Medicinal (O_2) é um gás não inflamável, não tóxico, não corrosivo e inodoro, é um gás indispensável à vida aeróbica. Sua característica oxidante causa queimaduras em materiais combustíveis pois alimenta e intensifica a combustão. Sua funcionalidade no ambiente hospitalar está ligada a diversas atividades, como anestesias, reanimações cardiorrespiratórias e como terapia profilática ou curativa para diversos tipos de

doenças, também é usado na administração de medicamentos através de inalações/nebulizações (LOPEZ; ABREU, 2013; MIMBACAS JÚNIOR, 2018).

Quadro 1 - Resumo das principais características físicas e químicas dos gases medicinais

Gás	Características Físico Químicas	Grau de pureza mínimo
Oxigênio Medicinal Liquefeito	Inodoro, Insípido Não-inflamável Comburente Peso Molecular = 31,9988 Produto sem efeito toxicológico	99,50%
Ar Comprimido Medicinal	Inodoro, Insípido Não-inflamável Elementos componentes: 79% N2 e Peso Molecular = 28,975 Produto sem efeito toxicológico	99,50%
Óxido Nitroso	Incolor, Insípido Não-inflamável Comburente Peso Molecular = 44,0128	98,00%
Gás Carbônico Medicinal	Inodoro, Incolor Não-inflamável Peso Molecular = 44,01	98,00%
Nitrogênio Medicinal Não Liquefeito	Incolor, Insípido, Inodoro	98,00%

Fonte: (Air Liquide Healthcare, 2018)

Em geral, o fornecimento de O_2 é em forma gasosa, em cilindros de aço, de alta pressão, até 200 kgf/cm². Em baixas temperaturas o oxigênio passa do estado gasoso para o líquido, sendo este estado mais fácil para transporte e produção em usinas concentradoras de oxigênio (LOPEZ; ABREU, 2013). Na forma líquida, para altos consumos, são armazenados em tanques criogênicos a uma temperatura aproximada de -183° C (MOLL et al., apud LOPEZ; ABREU, 2013; BRASIL, 2002a). O oxigênio inalado pelo paciente, inicialmente armazenado na forma líquida, passa por um processo de vaporização, convertendo-se em gás (MSD MANUALS, 2024).

Quando administrado incorretamente o O_2 pode ser tóxico e trazer sequelas, por isso para evitar danos a duração da exposição, a sensibilidade de cada paciente e principalmente pressão do oxigênio ofertado deve ser sempre observados (MIMBARCAS JUNIOR, 2018; CAMARGO et al., 2008). Conforme Lopez; Abreu (2013) o oxigênio puro bem como os equipamentos que utilizam este gás devem ser mantidos afastados de fontes de calor, não devendo também existir o contato com óleo, graxa e seus derivados.

O Nitrogênio (N_2), é um gás não inflamável, que não reage na combustão, incolor e inodoro, ocupa o volume de 78% da atmosfera. Na forma gasosa é utilizado para o funcionamento de equipamentos pneumáticos e sendo distribuído em caráter medicinal

através de cilindros, com pressão que variam entre 120 e 190 kgf/cm² ou na forma líquida à temperatura de -210°C a -196°C (MEDEIROS; FILHO, 2017; BRASIL, 2002a). Também usado em misturas gasosas, juntamente com o O_2, formando o Ar medicinal.

A funcionalidade do N_2 está relacionada com meio de deslocamento de equipamentos estéreis ou como fonte de pressão para o funcionamento de dispositivos pneumáticos (MIMBARCAS JUNIOR, 2018; MEDEIROS; FILHO, 2017). No estado líquido é usado em procedimentos criogênicos e conservação de esperma, células embrionárias plasma e seus derivados, fluidos orgânicos (esperma, etc) e até órgãos para transplante, tais como medula óssea (DINIS, CAPOULAS, NEVES, 2012).

O dióxido de carbono (CO_2) é utilizado na área médica como insuflador de cavidades abdominais durante procedimentos cirúrgicos pouco invasivos, tais como laparoscopia, endoscopia e outras. É um gás incolor, de odor levemente irritante, não-inflamável (WANG, 2012).

O óxido nitroso (N_2O) tem sido utilizado na anestesia há aproximadamente 150 anos devido às suas propriedades favoráveis, como baixa solubilidade, mínima toxicidade e limitada depressão das funções cárdio-respiratórias. Além de não ser inflamável, ele potencializa o efeito de outros agentes anestésicos, permitindo a redução dos custos sem comprometer o resultado. Essas características garantem segurança e economia nos procedimentos, tornando-o um componente essencial na anestesia geral. O óxido nitroso é manuseado na forma líquida em cilindros de alta pressão ou tanques criogênicos e, por sua fácil vaporização, é distribuído como gás por meio do sistema central até o posto de utilização através de tubulações, assim como o oxigênio e o ar comprimido (BRASIL, 2002a).

O óxido nitroso é aproximadamente 50% mais pesado que o ar atmosférico, de forma que, quando presente no ambiente, tende a permanecer mais próximo do chão. Seu uso também pode estar associado com oxigênio medicinal e ar comprimido (BRASIL, 2002b).

Classificado também como gás medicinal, o vácuo hospitalar ou clínico, é um sistema de sucção utilizado para remover líquidos ou elementos orgânicos de pacientes, desempenhando um papel importante em diversos setores hospitalares, especialmente nos centros cirúrgicos para aspiração de sangue em cirurgias, e em UTIs para retirada de secreções ou drenos contínuos de tórax (MIMBARCAS JÚNIOR, 2018).

O vácuo hospitalar é gerado por centrais de suprimento que utilizam bombas, filtros e reservatórios para criar pressão negativa e distribuir o vácuo por tubulações até o paciente. Outra alternativa é a aplicação do princípio de Venturi, onde ar comprimido ou oxigênio é usado para produzir o vácuo necessário (SANTOS, 2002). O conjunto composto por bomba

de vácuo, a tubulação e o aspirador, onde ficam armazenadas as substâncias que são retiradas do paciente, é essencial para manter a higiene no ambiente hospitalar, pois permite a sucção de substâncias contaminantes, que são armazenadas em um reservatório específico. Posteriormente, esse reservatório é limpo e esterilizado, prevenindo o risco de contaminação cruzada e garantindo a segurança dos pacientes e da equipe (MIMBARCAS JUNIOR, 2018).

Para o dimensionamento da rede de vácuo, é necessário considerar uma pressão abaixo da atmosférica de, no mínimo, 300 mmHg na central de vácuo. Nos pontos de uso mais distantes, a pressão máxima absoluta deve ser de 460 mmHg, garantindo a eficiência e o funcionamento adequado do sistema em toda a rede (ABNT, 2016b).

Outro gás essencial é o ar medicinal. O ar medicinal apresenta as características inodoro, incolor, atóxico e não corrosivo (DINIS, CAPOULAS, NEVES, 2012). Segundo Castanheira et al. (2014), é aplicado em terapias respiratórias, em ambientes que requer uma atmosfera mais pura, isenta de poeira e microrganismos. Podendo ser utilizado para ventilação mecânica, aspiração por Venturi, e para conduzir medicamentos através de nebulização. Além disso, o ar medicinal é utilizado para a movimentação mecânica de equipamentos, como aparelhos de anestesias e na higienização e secagem de equipamentos médicos.

O ar medicinal pode ser obtido de duas maneiras. A primeira consiste em filtrar e comprimir o ar atmosférico diretamente no EAS, embora essa solução apresente desafios com a manutenção de compressores e filtros, afetando a qualidade do ar devido a problemas como filtragem insuficiente, umidade excessiva e vapor de óleo proveniente do compressor. A segunda forma envolve a mistura de oxigênio (21%) e nitrogênio (79%), resultando em um ar sempre seco, estéril e inerte. Essa mistura pode ser comprada pronta em cilindros ou preparada no EAS a partir dos gases oxigênio e nitrogênio armazenados em tanques criogênicos (BRASIL, 2002a; SANTOS, 2002).

O ar atmosférico é comprimido por meio de compressores, alcançando uma pressão de até aproximadamente 7 kgf/cm². Após esse processo, ele passa a ser chamado de ar comprimido medicinal, pronto para uso em aplicações clínicas e hospitalares. Importante ressaltar que concentração de partículas sólidas, bem como líquidos presentes é influenciada pela proximidade aos centros urbanos e industriais. Assim, é necessário que sejam utilizados filtros e secadores para realizar a limpeza do ar medicinal e possibilitar o seu uso em aplicações medicinais (DUARTE, 2017; SANTOS, 2002).

Existem normas que visam a sistematização dos gases referentes à armazenagem e manutenção dos gases medicinais como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Normas vigentes para sistematização da infraestrutura relacionada aos gases medicinais

NORMA	CARACTERÍSTICA
ABNT NBR 11906: 2011	Conexões roscadas para postos de utilização sob baixa pressão, para gases medicinais, gases para dispositivos médicos e vácuo clínico, para uso em estabelecimentos de saúde (ABNT, 2011a).
ABNT NBR 12176: 2010	Cilindros para gases - Identificação do conteúdo (ABNT, 2010c).
ABNT NBR 11725: 2008	Conexões e roscas para válvulas de cilindros para gases (ABNT, 2008).
ABNT NBR 15943: 2011	Diretrizes para um programa de gerenciamento de equipamentos de infraestrutura de serviços de saúde e de equipamentos para a saúde (ABNT, 2011).
ABNT NBR 5462: 1994	Confiabilidade e manutenibilidade (ABNT, 1994).
ABNT NBR ISO 31000: 2018	Gestão de riscos – Diretrizes (ABNT, 2018).
ABNT ISO/TR 24971: 2022	Dispositivos médicos - Orientações sobre a aplicação da ABNT NBR ISO 14971 (Aplicação de gerenciamento de risco a dispositivos médicos) (ABNT, 2022).
ABNT NBR IEC 31010: 2021	Gestão de riscos - Técnicas para o processo de avaliação de riscos (ABNT, 2021).
ABNT NBR 14978-1: 2020	Conversores de volume de gás: Terminologia, classificação, faixas de medição e condições estipuladas de funcionamento (ABNT, 2020a).
ABNT NBR ISO 14971: 2020 ERRATA 1: 2020	Produtos para saúde — Aplicação de gerenciamento de risco a produtos para saúde (ABNT, 2020b).
ISO 7396-1: 2016	Sistema de canalização de gases medicinais comprimidos e vácuo (ABNT, 2016c).
ABNT NBR 12858: 2016	Gases e misturas gasosas utilizados em laboratório de emissão veicular — Determinação da concentração, grau de pureza mínima e contaminantes (ABNT, 2016a).
ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017	Sistema de qualidade para laboratório de calibração e ensaio - Identificação de conteúdo (ABNT, 2017).
ABNT NBR 13164: 2023	Equipamento ventilatório e de anestesia — Conjuntos de mangueira sob baixa pressão para uso com gases medicinais e vácuo (ABNT, 2023).
ABNT NBR 13206: 2010	Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos – Requisitos (ABNT, 2010b).
ABNT NBR 5410: 2004 VERSÃO CORRIGIDA: 2008	Instalações elétricas de baixa tensão (ABNT, 2010a).
ABNT NBR 12188: 2016	Sistemas centralizados de suprimento de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviços de saúde (ABNT, 2016b).
ABNT NBR - ISO 8573: 2013	Ar Comprimido – Contaminantes e classes de pureza (ABNT, 2013).

2.1.4 Central de Suplementação de Ar Medicinal

Conforme descrito na Seção 2.1.3, o ar medicinal é fundamental para o funcionamento eficiente do ambiente hospitalar. Neste sentido, seu fornecimento é indispensável, uma vez que é essencial no tratamento de doenças respiratórias. Para a eficácia do procedimento deve-se dirigir o ar medicinal diretamente aos pulmões por meio da inalação utilizando nebulizadores, os quais conduzem os medicamentos que são convertidos da forma líquida para a forma de vapor (DUARTE, 2017).

Neste sentido, serão apresentados mais detalhes do fornecimento do ar medicinal por meio de compressor. Ressalta-se que a norma que estabelece as diretrizes dos Sistemas centralizados de oxigênio, ar, óxido nitroso e vácuo para uso medicinal em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde é a ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b).

2.1.4.1 Ar Medicinal Comprimido

O ar medicinal comprimido consiste na captação do ar atmosférico através de compressores de ar que elevam a pressão do ar atmosférico até cerca de 7 kgf/cm². De acordo com (DUARTE, 2017) o ar atmosférico é constituído de 78% de Nitrogênio 21% de Oxigênio, 0,934% de Argônio, 0,00005% de Hidrogênio, 0,001818 Neônio, 0,0005239% de Hélio, 0,0001139% de Criptônio, 0,0000086% de Xenônio 0,02-0,04% de Dióxido de Carbono.

Para que o ar comprimido seja adequado para uso em aplicações medicinais, ele deve passar por um processo de purificação. Esse tratamento é realizado por meio de filtros e secadores, com o objetivo de eliminar partículas sólidas, contaminantes líquidos e odores (DUARTE, 2017). A Tabela 2 apresenta a composição química estabelecida pela ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b) para o ar medicinal comprimido. Ressalta-se que Balanço é o gás puro desconsiderando o ar atmosférico.

Com o intuito de entender melhor o funcionamento do fornecimento deste gás nos ambientes hospitalares, a partir deste ponto, será retratada a formação do sistema central de ar medicinal comprimido em ambientes hospitalares determinado pela ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b).

A central de suprimento deve conter no mínimo um compressor como suprimento primário e um suprimento secundário ou reserva, composto por ou mais compressores, com capacidades equivalentes. Pode-se utilizar também um suprimento reserva por cilindros. A central de suprimento secundário, equipada com um ou mais compressores, deve ser capaz de entrar em operação automaticamente por meio da diferença de pressão. Além disso, precisa

ter a opção de funcionamento manual, podendo operar de forma alternada ou em paralelo, garantindo continuidade e flexibilidade no fornecimento do sistema de ar medicinal. Entretanto, quando a central não estiver ligada ao suprimento elétrico de emergência com capacidade para atender à quantidade de compressores instalados, deve ser previsto um sistema com suprimento reserva de cilindros (ABNT, 2016b).

Tabela 2. Composição química do ar medicinal comprimido

Componente	Símbolo	Concentração Permitida
Nitrogênio	N_2	Balanço
Oxigênio	O_2	20,4% a 21,4% v/v de oxigênio;
Monóxido de Carbono	CO	500 ppm máx v/v
Dióxido de Enxofre	SO_2	1 ppm máx. v/v
Dióxido de Nitrogênio	NO_2	2 ppm máx. v/v
Óleos e partículas sólidas	-	0,1 mg/m³ máx. v/v
Vapor de água	-	67 ppm máx. v/v (Ponto de orvalho – 45°C, referido à pressão atmosférica)

Fonte: (ABNT, 2016).

O dimensionamento da quantidade de compressores utilizados deve ser feito em função do consumo efetivo médio, do consumo máximo provável e das variáveis de distribuição do fornecedor do gás. A configuração do sistema de fornecimento de ar medicinal comprimido é constituída pelos compressores, além desses os componentes como reservatórios, sistema de filtragem do ar, sistema de secagem do ar, analisadores do ar e sistema de controle, formam a central de suprimento de ar medicinal comprimido (ABNT, 2016b).

A central de ar medicinal deve estar localizada em recinto bem iluminado, de fácil acesso a pessoas com permissão. A capacidade do(s) compressor(es) deve ser tal que 100% do consumo máximo provável possa ser mantido com um compressor de backup (ABNT, 2016b).

O ponto de captação do ar para o compressor de ar comprimido medicinal deve ser estrategicamente posicionado a pelo menos 3 metros de distância de fontes potenciais de contaminação, o que inclui centrais de gases oxidantes, sistemas de exaustão de vácuo clínico, fornos, descargas de motores de combustão, ventilação e áreas com resíduos ou entulhos. Essa

medida visa garantir que o ar captado esteja livre de contaminantes, preservando a qualidade necessária para uso medicinal (ABNT, 2016b).

2.1.4.2 Ar Medicinal Sintético

O ar medicinal sintético é uma mistura de O_2 e N_2, basicamente, realizada através do armazenamento desses gases em tanques criogênicos, estes são enviados a um equipamento, denominado misturador, que garante a fusão dos gases na proporção adequada conforme composição do ar respirável. Sua composição é muito importante para garantir a eficiência de sua ação (Vide Tabela 3). Após a mistura os gases são enviados à rede de canalização da unidade hospitalar (DUARTE, 2017).

Tabela 3. Composição química do ar medicinal sintético

Componente	Símbolo	Concentração Permitida
Nitrogênio	N_2	Balanço
Oxigênio	O_2	19,5% a 23,5% v/v de oxigênio
Monóxido de Carbono	CO	5 ppm máx. v/v
Dióxido de Carbono	CO_2	300 ppm máx. v/v
Dióxido de Enxofre	SO_2	1 ppm máx. v/v
Dióxido de Nitrogênio	NO_2	2 ppm máx. v/v
Óleos e partículas sólidas	-	0,1 mg/m³ máx. v/v
Vapor de água	-	67 ppm máx. v/v

Fonte: (ABNT, 2016).

A obtenção do oxigênio e nitrogênio se dá por meio de um processo chamado de destilação fracionada criogênica, que consiste na liquefação do ar para separação dos produtos através dos pontos de ebulição de cada componente. Como visto anteriormente, o ar atmosférico é composto por uma mistura de gases e o processo de separação desses inicia-se com a captação do ar, sua limpeza e resfriamento em -200°C (BRASIL, 2002a). A partir de então, inicia-se o processo de separação dos principais componentes do ar atmosférico seco: oxigênio, nitrogênio (QIAN et al., 2014).

De acordo com Yu, Sean, Carl (2011), o método destilação criogênica é extremamente eficiente e possui um bom custo-benefício para produzir em larga escala o O_2 e N_2 na fase gasosa.

A central de fornecimento de ar medicinal sintético é composta por cinco equipamentos principais: tanques criogênicos de nitrogênio e oxigênio, evaporadores, misturador de gases, central de reserva de cilindros e analisador de gases. Cada um desses

componentes é projetado com especificações de pureza que atendem aos requisitos para uso medicinal, garantindo a qualidade e a segurança dos gases fornecidos para aplicações clínicas (DUARTE, 2017).

Segundo a ABNT NBR 12188: 2016, a fonte de oxigênio pode ser a mesma que é utilizada para suprimento de oxigênio medicinal, desde que forneça uma concentração de oxigênio com variação mínima de 99% v/v de oxigênio (ABNT, 2016b).

As instalações da central de fornecimento devem ser elevadas em relação ao solo, localizadas ao ar livre e de fácil acesso para caminhões de abastecimento, além de permitir a entrada de pessoal autorizado. É essencial que estejam distantes de redes elétricas de alta e baixa tensão, bem como de tubulações que transportem produtos inflamáveis ou combustíveis de qualquer tipo (DUARTE, 2017).

A central de fornecimento de ar medicinal sintético deve contar com um suprimento reserva dimensionado com base no consumo efetivo médio. Caso esse dado não seja fornecido pelo EASs, o dimensionamento deve considerar o consumo máximo provável e as variáveis de distribuição do fornecedor. O dispositivo especial de mistura deve possuir um sistema de análise contínua da qualidade do ar gerado, além de um mecanismo de intertravamento que interrompa automaticamente o fornecimento para a instituição de saúde caso as especificações técnicas não sejam atendidas. A área destinada à central deve ser construída em concreto, devidamente cercada e aterrada (incluindo cercas, tanques e evaporadores), além de possuir duas portas que permaneçam sempre desobstruídas para garantir segurança e acesso adequado (ABNT, 2016b).

No sistema central de ar medicinal é necessário haver um ponto de água, uma tomada elétrica e um ponto de iluminação. O suprimento reserva, o qual é utilizado em caso de falha ou manutenção do tanque primário, deve estar conectado com as respectivas válvulas abertas, pronto para entrada (ABNT, 2016b).

Atualmente, a legislação brasileira não prevê uma norma específica que regule a construção de um sistema concentrador. No entanto, recomenda-se a adoção de boas práticas no fornecimento de gases medicinais para garantir o funcionamento eficiente e seguro dos sistemas. Essas práticas incluem o cumprimento de procedimentos padronizados e a implementação de ações preventivas para evitar falhas e garantir a qualidade do fornecimento dos gases. Além disso, os fabricantes de gases frequentemente adotam padrões mais rígidos, baseando-se em experiências adquiridas e nas exigências de regulamentações internacionais, o que contribui para a segurança e confiabilidade (DUARTE, 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo ocorreu, por meio de visita *in loco,* nas instalações de ar medicinal de um estabelecimento assistencial de saúde público**,** situado no munícipio de Uberlândia.

O estudo teve ínicio no mês de setembro de 2023 e término em outubro 2023.

Foi realizada a avaliação do tratamento e purificação do ar medicinal no EAS e a verificação da central de suprimento e armazenamento do ar medicinal com o objetivo de avaliar a conformidade do ar medicinal com normas vigentes.

Neste trabalho a análise de conformidades do sistema de ar medicinal do HC-UFU foi realizada utilizando-se as normas ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b); RDC 50, (ANVISA, 2002), NR-13 (BRASIL, 1978) e ABNT NBR 12176: 2004 (ABNT, 2004b).

Toda a visita foi guiada pelo técnico responsável pela manutenção e verificação diária do sistema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SISTEMA DE SUPRIMENTO POR COMPRESSORES DE AR

O sistema de gases medicinais no estabelecimento assistencial de saúde estudado é composto por um conjunto de estações, são essas: Central de suprimentos; Rede de distribuição; Sistemas de alarmes e monitoração; postos de distribuição.

Importante ressaltar que antes da implantação de qualquer sistema é necessário o dimensionamento do projeto. Integrando o serviço de atendimento prestado no EAS estão o oxigênio (O_2), dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2) e nitrogênio (N_2), localizados por toda a unidade com reserva de cilindros.

O volume de fornecimento e estoque foram avaliados de acordo com suprimento do gás específico, e quantificadas na análise de risco de suprimento. Para a previsão de consumo total e dos setores do hospital, foi feita a aplicação dos dados fornecidos pela ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), na sua pág. 25, tabelas B1/B2 e B3, que na verdade reproduzem os números sugeridos pela RDC 50 (ANVISA, 2002), sendo de uso obrigatório no projeto de tubulação, e, portanto, foram utilizadas no dimensionamento da tubulação. Cabe também salientar que, muitos estabelecimentos de saúde no Brasil, inclusive o que está em estudo, foram inaugurados antes mesmo da criação da RDC 50 (ANVISA, 2002).

De acordo com o técnico responsável pela unidade, não se tem informações sobre o memorial de cálculo utilizado no dimensionamento da tubulação do sistema central atual, que foi construído há vários anos. Todavia, o que se tem conhecimento é que ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), estabelece que o consumo máximo provável é a soma das estimativas de consumo para cada seção do EAS, computados a vazão por postos, o número de postos e fator de simultaneidade, em suas páginas 17 a 19, C.1 e C.3.

De forma a entender como pode ser feita a estimativa da vazão do ar medicinal, por meio do estudo intitulado "Análise da Implantação da Central de Compressores de Ar Comprimido para Geração de Ar Medicinal", Viginéski (2016) propôs um método para determinar a vazão do ar medicinal, conforme mostra a Equação 1:

$$Vazão\left(m^3.h^{-1}\right) = \frac{\frac{Nº\ de\ leitos * F_{simultaneidade}}{100} * F_{demanda}}{100} \qquad (1)$$

Em que:

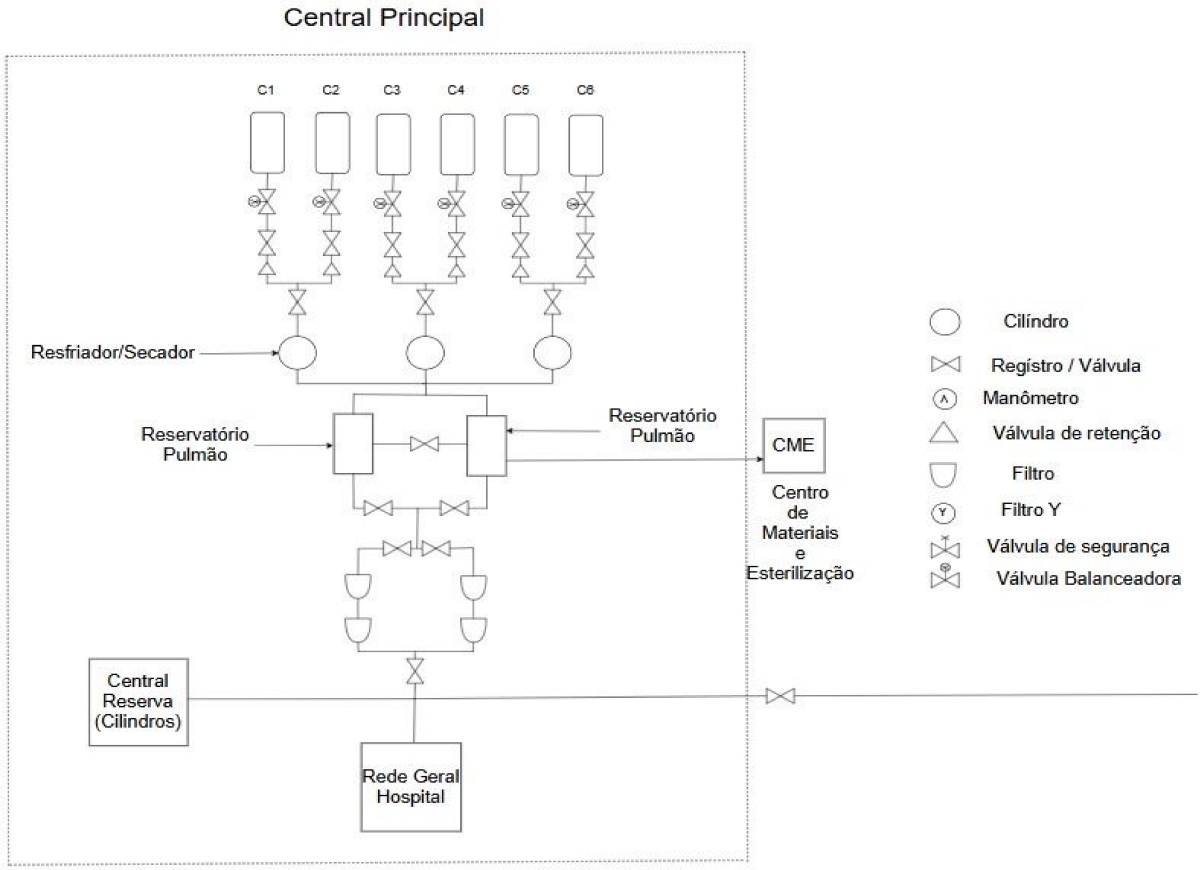
- A vazão representa a quantidade de ar medicinal necessária ($m^3.h^{-1}$);
- O número de leitos é multiplicado pelo fator de simultaneidade, conforme indicado pela ABNT NBR 12188:2016 (ABNT, 2016b);
- O resultado é então multiplicado pelo fator de demanda, previamente convertido para a unidade de medida em questão ($m^3.h^{-1}$).

A Equação 1 pode ser usada como objeto de estudo para o dimensionamento do ar medicinal necessário, pois é estimada levando em consideração o número de leitos, a simultaneidade das demandas e as necessidades específicas do estabelecimento de saúde em análise, parâmetros esses estabelecidos pela ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b).

O sistema de suprimento e armazenamento do ar medicinal do EAS analisado é estabelecido de acordo com a demanda do ar medicinal atual do estabelecimento seguindo as premissas do memorial de cálculo apresentado (ANEXOS A e B), sendo atualmente de 103 $kg.h^{-3}$ ou 88,3 $m^3.h^{-1}$. O sistema atua automaticamente, quando a pressão atinge o *setpoint* de baixa (7.2 $kgf.cm^{-2}$ ou bar), os compressores são ligados e, quando atinge o *setpoint* de alta (8.2 $kgf.cm^{-2}$ ou bar), os compressores são desligados.

No caso da EAS em estudo, o ar medicinal é produzido *in loco*, na central de ar medicinal, formada por quatro secadores, seis compressores, bombas, concentradores e sistemas de tratamento compostos por filtros e secadores (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma representativo Central Principal



Fonte: Autoria própria

A sucção do ar é feita na atmosfera por meio dos compressores de ar medicinal, sendo localizada a uma distância mínima de 3 m das centrais de oxigênio, e distante de lugares que possam apresentar contaminação, conforme determina a ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b).

A central é composta por um sistema com seis compressores em paralelo, sendo cada compressor responsável por uma parcela da demanda total de ar. Isso garante que, mesmo que um dos compressores falhe, o sistema continue funcionando (Figura 2).

Figura 2. Sistema de suprimento central com compressores de ar e sistema de filtragem do ar comprimido



Fonte: Autoria própria

De acordo com a ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), a quantidade de compressores deve ser definida em razão da demanda do hospital. No caso estudado, conforme foi projetada, a quantidade de compressores supre o atendimento do hospital de forma eficiente, sendo que até o momento o sistema não apresentou falhas.

O ar comprimido vindo dos compressores passa por três filtros, que são essenciais para garantir a qualidade e pureza do ar medicinal, conforme mostrado na Figura 2. Não é realizada análise da qualidade do ar medicinal após a saída do filtro, todavia, para garantia de qualidade é feita uma troca dos elementos filtrantes dos filtros periodicamente conforme padrão do estabelecimento.

A ABNT NBR ISO 8573: 2013 (ABNT, 2013), indica que os possíveis contaminantes do ar possam estar na forma sólida como a poeira atmosférica ou por corrosão existente dentro do sistema de ar comprimido. Na forma líquida os principais agentes são a água oriunda da condensação e o óleo lubrificante, ressalta-se que os compressores da atual central em estudo são isentos de óleo. Na forma gasosa os contaminantes são semelhantes, pois são os vapores d'água e do lubrificante do compressor.

Neste contexto, foi sugerido ao técnico responsável realizar a avaliação sobre o ar medicinal comprimido que sai dos filtros de acordo com os parâmetros exigidos pela norma ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), citados na Tabela 2 deste estudo. A norma ABNT NBR ISO 8573- 1:2013 (ABNT, 2013), classifica a quantidade máxima de particulados do ar comprimido que podem estar presentes na sua utilização final.

O Quadro 2 exibe as classificações de pureza de ar comprimido para cada contaminante. Apesar da Classe 0 não possuir valores especificados, geralmente essas informações são fornecidas pelos fabricantes. Conforme abordado no parágrafo anterior a norma ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), não determina a quantidade máxima de partículas contaminante.

Quadro 2. Classificação ABNT NBR ISO 8573- 1:2013 (ABNT, 2013) para particulados presentes no ar comprimido.

ABNT NBR ISO 8573-1:2013 CLASSE	**Particulados**			
	Número máximo de partículas por m³			**Concentração**
	0,1 0,5 micras	**0,5 1 micras**	**1 5 micras**	**mg/m³**
0	Especificados pelo fabricante			
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100	
3		≤ 90.000	≤ 1.000	
4			≤ 10.000	
5			≤ 100.000	
6				≤ 5
7				5 10
8				
9				
X				> 10

Fonte: Adaptado de (ABNT, 2013).

Após passar pelos filtros, o ar então se direciona para o processo de secagem para absorção de toda umidade deste ar medicinal. No sistema estudado existem três secadores instalados em conjuntos, com arranjos de válvulas, para atender à continuidade de operação do sistema na eventualidade de falha de um conjunto em serviço (Figura 3).

A ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), determina que a quantidade de filtros e secadores devem estar determinados e de acordo com a demanda do estabelecimento. Assim, conforme apresentado nesta Seção, a quantidade de filtros e secadores foram dimensionados respeitando a demanda do sistema sendo totalmente eficiente e sem falhas até o momento.

Figura *3***.** Sistema de secagem do ar medicinal



Fonte: Autoria própria

Na central de suprimento de ar medicinal é necessário realizar o controle de todo fornecimento. Dessa forma, os compressores são providos de chaves de controle, dispositivos de partida de motor com proteção contra sobrecarga, revezamento manual e automático das unidades no caso de haver queda de pressão do suprimento primário, monitorado pelo painel de controle (Figura 4).

FIGURA *4***.** Sistema de análise da pressão do processo da compreensão, filtragem e secagem e painel de controle



Fonte: Autoria Própria

Os parâmetros são analisados diariamente pelo técnico responsável por meio da leitura de dados da central, são esses:

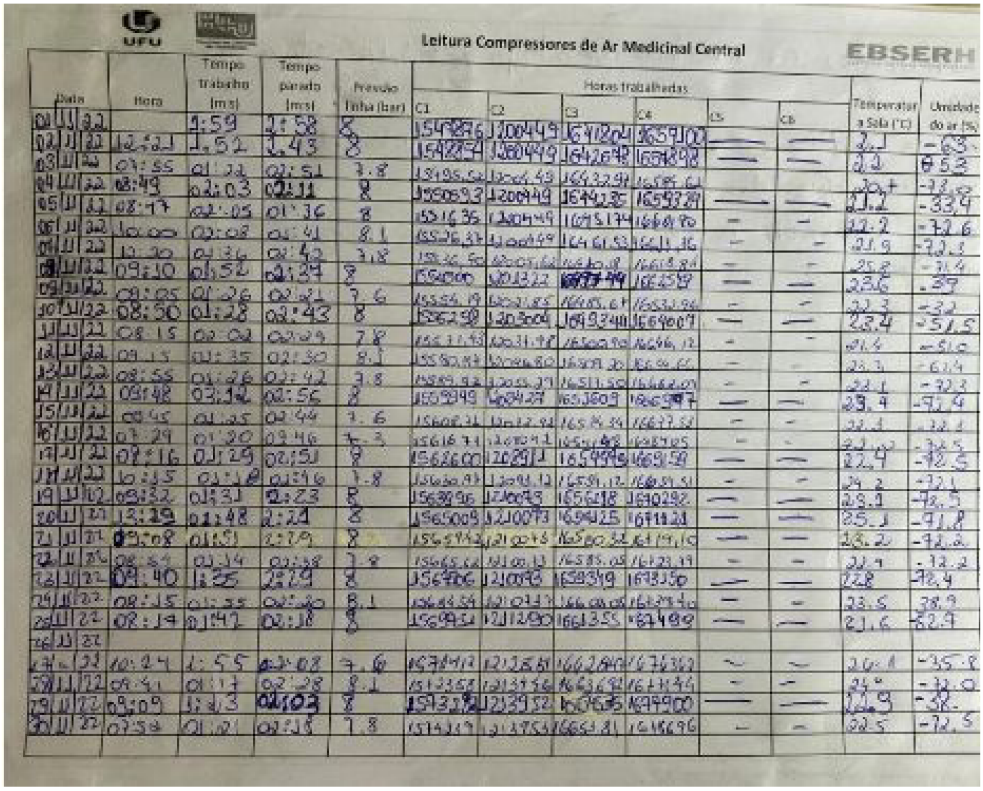
- **Horas trabalhadas:** refere-se ao ohmímetro do equipamento, é a soma total de todo tempo de vida trabalhado;

- **Tempos de trabalho e paradas:** refere-se ao tempo de funcionamento até o seu desligamento. pois o equipamento liga e desliga. As paradas são entre um tempo de ligamento e outro, o sistema para de trabalhar pois atingiu a pressão desejada nos reservatórios pulmões, para evitar ao aumento de pressão no sistema, e por consequência, a causa de danos;
- **Temperatura da sala:** a temperatura média não deve ultrapassar 25°C, quando esta sobe é ajustado o ar-condicionado para temperatura menor. Em virtude da durabilidade dos compressores, secadores e demais equipamentos, o ambiente da central de suprimentos é refrigerado por equipamentos de ar-condicionado e ventilação mecânica, mantendo a temperatura em 22ºC. Segundo a RDC 50 (ANVISA, 2002), as instalações de refrigeração são itens essenciais em toda base. No estabelecimento analisado o sistema de refrigeração foi elaborado previamente junto com o projeto arquitetônico da central de suprimento;
- **Umidade do ar medicinal:** a umidade é verificada em relação ao Ponto de Orvalho, o painel (Figura 3) indica a temperatura de orvalho com faixa de medição entre -80 ºC a 20 °C, em que o ponto de orvalho ideal deve ser menor que -45,5 °C, sendo essa a adequada umidade absoluta do produto.
- **Pressão:** o sistema tem um limite mínimo de pressão e um limite máximo, denominados *setpoints* de alta e baixa. Quanto a pressão diminuiu abaixo do *setpoint* de baixa (7,2 kgf.cm^{-2}), o sistema liga. Assim a pressão vai aumentando gradativamente até atingir o *setpoint* de alta (8,2 kgf.com^{-2}), quando o sistema é desligado.

Quando apresentarem algum registro divergente, os parâmetros podem resultar em atuações distintas. A explicação fornecida pelo técnico é que cada situação é analisada individualmente e as atuações são ajustadas conforme a necessidade (Figura 5).

No caso de a temperatura da sala estar alta, pode ser indicativo de um problema no ar-condicionado, portanto, é importante verificar seu funcionamento e, se necessário, solicitar a manutenção. Outro caso seria se houver um aumento significativo nos tempos de trabalho da central, isso pode indicar uma perda de eficiência nos compressores ou um aumento no consumo de ar medicinal do hospital. Nesses casos é recomendado solicitar manutenção para identificar e resolver o problema dos compressores, ou considerar a aquisição de novos equipamentos.

Figura *5*. Ficha manuscrita de Registros da central de Ar Medicinal do EAS



Fonte: Autoria Própria

No EAS em estudo, o setor de gases medicinais possui 3 sistemas de reservatórios, sendo o sistema primário e secundário, e uma reserva de emergência.

No setor primário (central de ar medicinal) existe a reserva do gás feita por pulmões - sendo a principal fonte de abastecimento de ar medicinal para o hospital.

Assim como na central de suprimento, o armazenamento do ar medicinal deve atender às normas ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b) e RDC 50 (ANVISA, 2002). Todavia, o tanque pulmão de armazenamento de ar comprimido deve atender aos requisitos de segurança da norma regulamentadora NR-13 do Ministério do Trabalho e Emprego, de 08 de junho de 1978 (BRASIL, 1978), atualizada em janeiro de 2023, que trata sobre as diretrizes de caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento. É uma referência pois não consta nas referencias

Os tanques pulmão são instalados externamente ao gabinete dos compressores, conforme a NR-13 (BRASIL, 1978) estabelece, sendo formados por duas cadeias de geração e purificação, independentes e idênticas, com capacidade de produção de no mínimo 60 m³/h por cadeia. Os pulmões são interligados, abastecendo a rede de ar medicinal de todo o complexo do estabelecimento, suprindo as necessidades imediatas e eventuais picos de

consumo requeridos pelo estabelecimento sem causar oscilações de pressão na rede (Figura 6).

Figura *6***.** Central de armazenamento de ar medicinal por pulmões



Fonte: autoria própria

Todo o sistema de pulmões do EAS, em estudo, está localizado acima do solo, ao ar livre pode ser visto na Figura 6, conforme todos os critérios da ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b). Os ambientes são exclusivos para os equipamentos do sistema e não possuem ligação direta com locais de uso ou armazenagem de produtos inflamáveis, nem acesso a pacientes e/ou de funcionários não autorizados, conforme exigências da ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b).

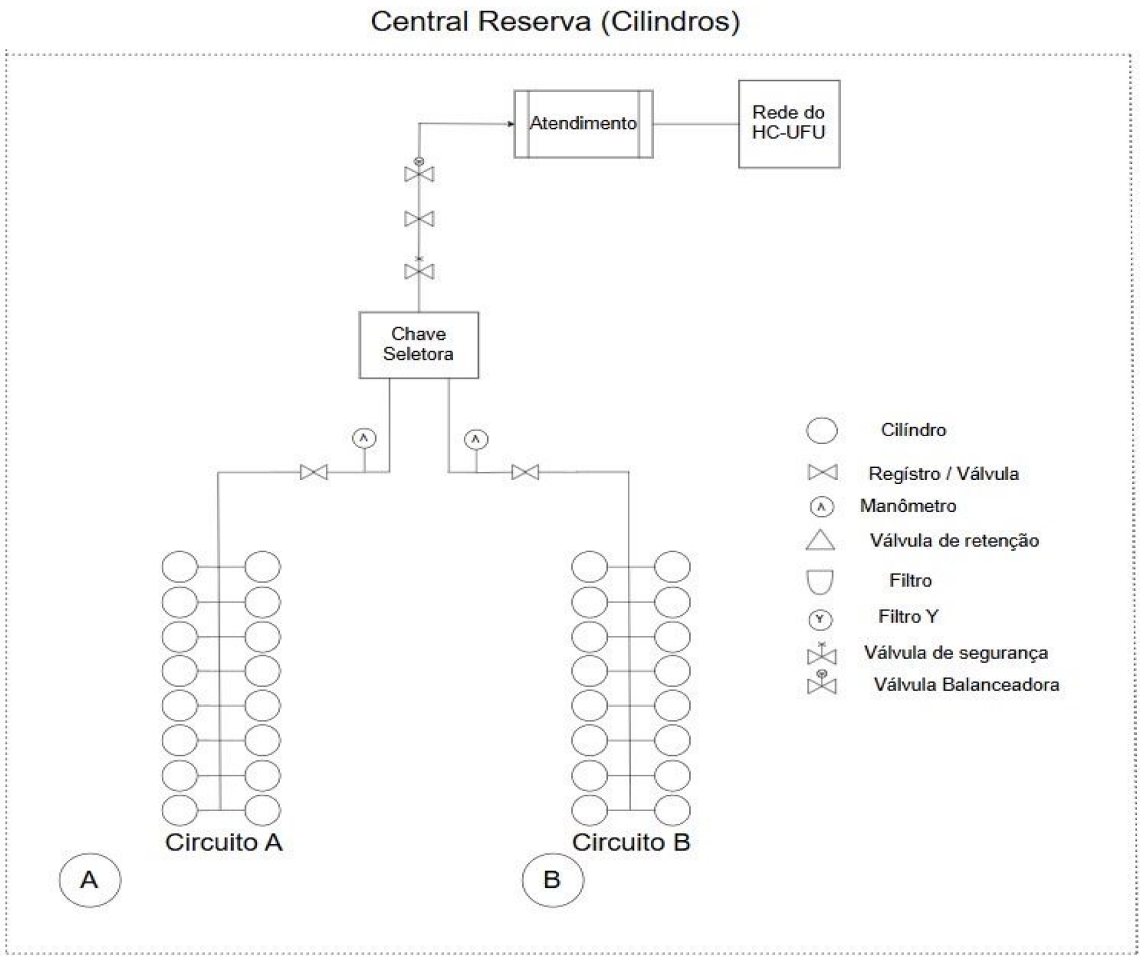
Na unidade de saúde estudada a presença de dispositivos de segurança, como válvulas de segurança e manômetros são utilizados para proteção dos equipamentos que estão submetidos a pressão manométrica, independente da ação do operador e de acionamento por fonte externa de energia. O técnico é responsável por inspecionar e executar a manutenção dos referidos equipamentos que ofereçam riscos aos trabalhadores, mesmo em demandas que são acompanhadas, quando executadas por terceiros, ele faz anotações diárias com as informações colhidas nos manômetros e válvulas do reservatório. Neste setor todos os equipamentos estão de acordo conforme as exigências da ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b) e NR–13 (BRASIL, 1978).

4.3 SISTEMA DE SUPRIMENTO DE RESERVA POR CILINDROS

O sistema reserva presente no estabelecimento analisado é ativado automaticamente em caso de falhas dos compressores da central principal, sendo que há também a emissão de alarmes visuais e sonoros, com função de alertar que o sistema entrou em sua reserva.

A reserva de cilindros, contendo ar medicinal em estado gasoso, é constituída por dois circuitos (A e B) conectados à rede de baterias, cujas válvulas são mantidas permanentemente abertas e são ativadas automaticamente por pressão (Figura 7). Em caso de acionamento da reserva um dos circuitos (A ou B) será acionado para alimentar o hospital e a discadora acionará o técnico para ir até o local.

Figura 7. Fluxograma central reserva por cilindros



Fonte: autoria própria

É incumbência do técnico monitorar a pressão e o consumo do hospital, assegurando que o circuito (A ou B) possua cilindros em quantidade adequada para abastecer o hospital.

Ao se esgotar o gás do circuito A, o técnico deverá ajustar a válvula para alternar para o circuito B. Durante esse intervalo, o técnico contatará a concessionária White Martins para a reposição dos cilindros vazios do circuito A e continuará a operação até que o sistema principal seja restabelecido. Nesse meio tempo, a equipe deve buscar soluções para a central principal e acionar a White Martins sobre a emergência.

Até o momento foi informado que nunca foi necessário utilizar o sistema central de reserva pelo estabelecimento. A ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), estabelece que este sistema deve ser formado por duas baterias de cilindros. Na central analisada existem os dois conjuntos independentes os quais, alternadamente, fornecem o gás à rede de distribuição. Próximo à válvula reguladora de pressão há um manômetro a montante, para indicar a pressão de cada bateria de cilindros e outro para indicar a pressão na rede (Figura 8).

Figura *8***.** Sistema reserva de ar medicinal em cilindros



Fonte: autoria própria

Neste processo a ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b) e RDC 50 (ANVISA, 2002), estabelecem o uso das válvulas reguladoras de pressão as quais devem estar antes da conexão do suprimento reserva para serem capazes de reduzir a pressão de estocagem para a pressão de distribuição, que deve ser sempre inferior a 785 kPa (8 $kgf.cm^{-2}$), e sejam capazes também de manter a vazão máxima do sistema centralizado, de forma contínua. Ademais, a norma determina que para o suprimento de reserva o cálculo seja do consumo efetivo médio, definido como a média aritmética do consumo do EAS dos últimos 12 meses.

No EAS estudado, o reservatório em cilindros tem capacidade para operar com a mesma capacidade do abastecimento diário por compressores, enquanto durar os estoques do circuito. No caso estudado, a reserva de cada circuito A e B, pode abastecer o consumo normal por um tempo de até 2h e 30min. A ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), prevê que o sistema de reserva por cilindros deve ser capaz de operar por cinco horas ininterruptas, e que a capacidade da central deve ser no mínimo de 150% do consumo efetivo médio do período de reposição estabelecido em contrato de fornecimento de gás. Atualmente, no estabelecimento, a fornecedora do estabelecimento consegue reabastecer os cilindros 1h após a abertura do chamado, sendo assim o hospital excede em 250% do tempo recomendado pela norma.

A central de reserva não fica localizada no mesmo espaço que os compressores de ar medicinal, sistemas de vácuo e outros equipamentos. A temperatura ambiente nos espaços de armazenamento é entre 10ºC e 40ºC. Todo o sistema é protegido de fonte de calor (incineradores, caldeiras etc.), conforme orientado pela ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b).

Segundo a norma ABNT NBR 12176: 2010 (ABNT, 2010c), os cilindros devem ser identificados pela cor de cada gás que é estabelecida pelo código internacional de cores como mostra a Tabela 4. Assim, pode-se visualizar que de acordo com a Figura 9 a identificação dos cilindros da central de reserva está de acordo com a norma.

Tabela *4*. Identificação das cores dos cilindros para gases medicinais

Componentes	Cores
Ar comprimido Medicinal	Cinza-claro na calota e no corpo do cilindro e a cor verde em uma faixa no centro do corpo
O2 Medicinal	Cor Verde no cilindro por inteiro
N2O medicinal	Cor azul marinho no cilindro por inteiro

Fonte: ABNT NBR 12176: 2010 (ABNT, 2010c)

O estabelecimento também possui reservatórios em cilindros localizados em alguns setores da unidade de saúde, estando os mesmos devidamente identificados conforme exigência da ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b). No entanto, a regulamentação não prevê a necessidade de reserva em cilindros em setores do estabelecimento, todavia, a prática é adotada, principalmente nos setores críticos, para evitar problemas no fornecimento do ar medicinal aos pacientes e em casos emergenciais (Figura 9).

Figura *9*. Central de reservatório de ar medicinal em cilindros – setores hospitalares



Fonte: autoria própria

4.4 CENTRAL DE SUPRIMENTO E ARMAZENAMENTO SECUNDÁRIO – CENTRAL ONCOLOGIA

O EAS também conta com uma central de suprimento secundário que opera em menor capacidade para atender eventuais demandas do estabelecimento no setor de oncologia. A central secundária possui quatro compressores, dois filtros e dois secadores, todavia, este tipo de fonte de ar medicinal não é destinado à operação normal e não entra em rodízio com os demais tipos de suprimento sendo acionada eventualmente e previamente para testes.

Os compressores operam em paralelo com capacidade de abastecer toda ala oncológica em sua capacidade plena. Segundo a ABNT NBR 12188: 2016 (ABNT, 2016b), o sistema secundário abastecido via compressor deve ter capacidade de 100% da demanda, estando, assim, em acordo com a norma (Figura 10).

Figura 10. Sistema central de suprimento de ar medicinal com compressores de ar



Fonte: Autoria própria.

O secador presente nesta unidade é de adsorção que exige manutenção do líquido adsorvente, o qual deve ser trocado em períodos que variam conforme a umidade do ambiente. A Figura 11 apresenta a central de armazenamento secundário formada por dois pulmões reservatórios de ar medicinal em ambiente fechado, o ambiente é sinalizado e os pulmões ficam ao lado dos painéis de controle da central de produção.

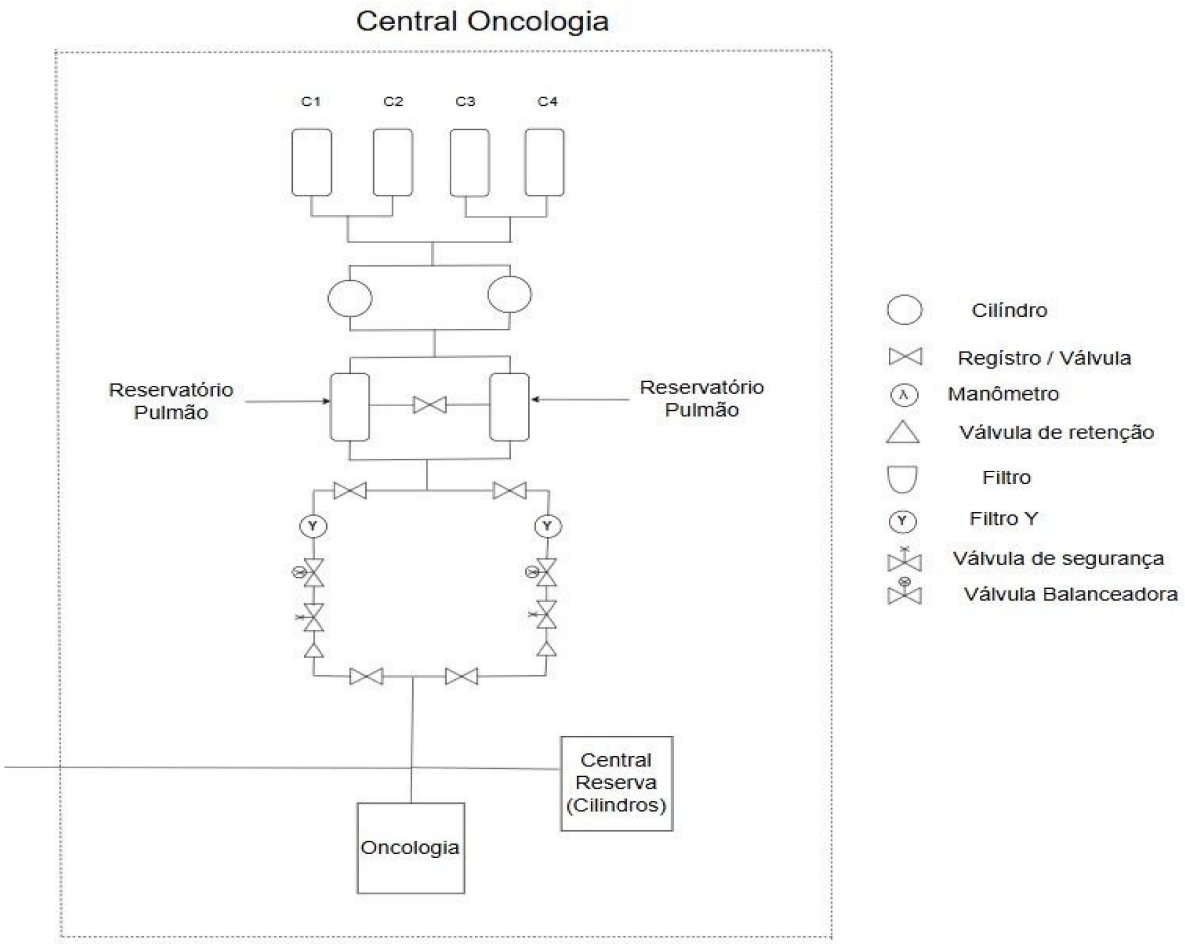
Figura 11. Central de armazenamento secundário



Fonte: Autoria própria

A central está em conformidade com a NR-13 (BRASIL, 1978) sendo o ambiente seguro e afastado de quaisquer riscos e contatos com o ambiente externo, possui saídas de emergência e é monitorado constantemente. A Figura 12 apresenta o fluxograma da central secundária – oncologia.

Figura 12. Fluxograma central de armazenamento secundário – oncologia



Fonte: Autoria própria.

4.5 MEDIDAS ADICIONAIS OBSERVADAS

A fim de complementar o entendimento nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs), é importante analisar os impactos do ar medicinal na saúde dos pacientes e profissionais de saúde e se existem medidas adicionais que podem ser implementadas para melhorar a qualidade do ar medicinal.

Nesse sentido, a melhor maneira de alcançar bons resultados na eficiência operacional, é avaliar a qualidade de serviços de saúde por meio de um processo periódico e reservado, como é feito no estabelecimento em estudo.

Conforme evidenciado ao logo da visita ao EAS, o sistema central de ar medicinal apresenta conformidade com as normas analisadas devido aos processos operacionais de melhoria contínua que apresenta em virtude da gestão clínica evidente no estabelecimento. Desta forma, destaca-se que os principais benefícios encontrados foram: segurança para os pacientes e profissionais em virtude da regularização do sistema; qualidade da assistência; monitoramento de todos os processos por técnicos capacitados; melhora do desempenho institucional; caminho para a melhoria contínua.

Durante a visita foi possível observar que a presença de um sistema de reserva por cilindros e um sistema secundário, é uma prática adotada que visa a melhoria e segurança no fornecimento do ar medicinal. Como bem destacado por (BRASIL, 2024), significa afirmar que o estabelecimento estudado possui um plano de contingência, onde se tem um planejamento para contornar imprevistos ou riscos.

Foi observado o estabelecimento de saúde pode adotar a Manutenção Produtiva Total (TPM) como uma estratégia essencial para aumentar a produtividade e a disponibilidade dos equipamentos. A TPM é um conjunto de práticas que visa evitar manutenções desnecessárias e preservar a qualidade dos serviços, promovendo a eficiência e a segurança nas operações. Para isso, é fundamental implementar avaliações preventivas e preditivas detalhadas, permitindo a detecção precoce de possíveis falhas e evitando risco ao paciente. Essas ações contribuem para um gerenciamento mais eficaz do sistemas de gases e garantindo a continuidade dos processos operacionais no ambiente hospitalar.

Neste sentido, a avaliação da melhoria da eficiência mecânica dos componentes é fator importante para analisar detalhadamente o desempenho dos equipamentos médicos e de suporte. Foi possível identificar que o sistema de ar medicinal precisa de supervisão e manutenções constantes, o que permite prolongar a vida útil dos equipamentos, como

compressores, filtros e outros, mas também melhora a eficiência operacional, resultando em um atendimento mais eficaz e seguro para os pacientes.

Ademais, os treinamentos específicos, para a equipe de manutenção, adotados, são estratégias essenciais que permitiram alcançar a eficiência operacional do estabelecimento, ressalta-se que estes devem se manter visando sempre a contínua melhoria das operações.

Outro aspecto importante seria a implementação de um sistema Supervisório Remoto para controle e acompanhamento à distância dos ativos. Com este sistema, é possível monitorar em tempo real o desempenho dos equipamentos e identificar rapidamente quaisquer anomalias.

Por fim, a instalação de câmeras em áreas de acesso restrito e salas de máquinas, juntamente com detectores de fumaça e sistemas de incêndio, é essencial para garantir a segurança no ambiente hospitalar. Essas medidas não apenas protegem os ativos do hospital, mas também garantem a integridade física dos colaboradores e pacientes. Em caso de emergência, a rápida detecção e resposta a incidentes pode prevenir danos significativos e salvar vidas.

A integração dessas tecnologias de segurança com o sistema Supervisório Remoto potencializa a eficácia das ações de monitoramento e intervenção, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

5 CONCLUSÕES

O sistema de suprimento por compressores de ar demonstrou-se eficiente e robusto na garantia do fornecimento de ar medicinal conforme as normas estabelecidas, como a ABNT 12188:2016 (ABNT, 2016b) e a RDC 50 (ANVISA, 2002). Com seis compressores operando em paralelo, o sistema proporciona uma distribuição equitativa da demanda, assegurando uma contingência eficaz em caso de falhas em um dos compressores.

A aplicação de filtros e secadores adequados, conforme as especificações normativas, reforça a qualidade e pureza do ar medicinal, garantindo uma produção contínua sem apresentar falhas até o momento. Além disso, a supervisão e manutenção técnica constante, somada ao sistema de reserva ativado automaticamente em emergências, demonstram um cuidado adicional na segurança do suprimento de ar.

A presença de sistemas de reserva em cilindros, e sua adoção em setores hospitalares, evidencia um planejamento abrangente para evitar interrupções no fornecimento, apesar de não ser uma prática regulamentada. A central de armazenamento, em conformidade com a NR-13 (BRASIL, 1978), garante a segurança na distribuição e armazenamento do ar medicinal, promovendo a operacionalidade eficiente do sistema.

O sistema secundário (oncologia) já está operando em sua capacidade total e é capaz de suprir o estabelecimento de forma completa. Desta forma, esse item está conforme a norma, que exige a utilização de um sistema de reserva (cilindros) ou um sistema secundário.

Desta forma, a busca pela gestão clínica demonstra um comprometimento contínuo com a excelência, segurança e qualidade na prestação de serviços de saúde, incorporando diretrizes internacionais de segurança do paciente e processos de melhoria contínua, corroborando os benefícios evidentes para os pacientes, profissionais de saúde e o desempenho institucional como um todo.

A constante análise e monitoramento dos equipamentos e procedimentos refletem uma abordagem proativa para garantir a operacionalidade eficaz dos sistemas.

REFERÊNCIAS

ABBADE, E. B. O impacto da gestão EBSERH na produção dos hospitais universitários do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 999-1013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 1994. **NBR 5462 – Confiabilidade e Manteabilidade**. Informações gerais, 37p. Disponível em: https://ufsb.edu.br/propa/images/dinfra/coman/Legisla%C3%A7%C3%B5es/NBR-5462.pdf. Acesso em: 05 out 2024.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2008. **NBR 11725 – Conexões e roscas para válvulas de cilindros para gases**. Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 31 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2010a**. NBR 5410- Instalações elétricas de baixa tensão**. Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 209p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5810747/mod_resource/content/1/NBR5410%20-%20Instala%C3%A7%C3%B5es%20el%C3%A9tricas%20de%20baixa%20tens%C3%A3o.pdf Acesso em: 20 fev. 2024.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2010b. **NBR 13206:2010 - Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos** – Requisitos. Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 29p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2010c. **NBR 12176 - Cilindro para gases –** Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 9p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2011a. **NBR 11906 - Conexões roscadas para postos de utilização sob baixa pressão, para gases medicinais, gases para dispositivos médicos e vácuo clínico, para uso em estabelecimentos de saúde**. Rio de Janeiro, 9p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2011b. **NBR 15943 – Diretrizes para um programa de gerenciamento de equipamentos de infraestrutura de serviços de saúde e de equipamentos para a saúde**. Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 10p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2013. **NBR ISO 8573-1:2013 Ar comprimido —** Contaminantes e classes de pureza. Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 31 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2016a. **ABNT NBR 12858:2016 - Gases e misturas gasosas utilizados em laboratório de emissão veicular**- Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 30p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS., revisão 2016b. **NBR 12188 - Sistemas centralizados de suprimento de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviços de saúde**. Informações gerais, 2022.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2016c. **ISO 7396-1:2016 - Sistemas de canalização de gases medicinais —** Parte 1: Sistemas de gasodutos para gases medicinais comprimidos e vácuo — Alteração 1 – Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 27p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2017. **NBR ISO/IEC 17025:2017 - Sistema de Qualidade para Laboratórios de Calibração e Ensaio - Identificação de conteúdo. Rio de Janeiro, 30p.**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2018. **NBR 31000 - Gestão de riscos —** Diretrizes. Informações gerais, 17p. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/centrais-de-conteudo/iso-31000-de-2018-gestao-de-riscos-pdf. Acesso em: 20 fev. 2024.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2020a. **NBR 14978-1 - Conversores de volume de gás -** Parte 1: Terminologia, classificação, faixas de medição e condições estipuladas de funcionamento. Informações gerais, 20 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, corrigida 2020b. **NBR ISO 14971:2020 Versão Corrigida:2020 - Dispositivos médicos —** Aplicação de gerenciamento de risco a dispositivos médicos. Informações gerais, 10p. Disponível em: https://www.normasabnt.org/abnt-nbr-iso-14971/. Acesso em: 20 fev. 2024.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2021. **NBR IEC 31010 - Gestão de riscos** - Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Informações gerais, 26p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, revisão 2022. **ISO/TR 24971- Dispositivos médicos -** Orientações sobre a aplicação da ABNT NBR ISO 14971.Informações gerais. 20 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13164:2023 - Equipamento ventilatório e de anestesia —** Conjuntos de mangueira sob baixa pressão para uso com gases medicinais e vácuo. Informações gerais, 2022. 35 p.

AIR LIQUIDE HEALTHCARE. **Engenharia e Manutenção. Air Liquide Healthcare**, 2018. Disponível em: https://br.healthcare.airliquide.com/nossas-solucoes/gases-e-misturas-para-equipamentos/alphagaz-misturas-de-gases. Acesso em: 18 fev. 2024.

AIR LIQUIDE HEALTHCARE. **O papel dos gases medicinais em internações hospitalares**. 2023. Disponível em: https://br.healthcare.airliquide.com/o-papel-dos-gases-medicinais-em-internacoes-hospitalares. Acesso em: 10 dez. 2023.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Segurança no Ambiente Hospitalar. Brasília, 1995. 172 p. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/ seguranca_hosp.pdfs. Acesso em: 25 out. 2023.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RDC nº 870, de 17 de maio de 2024. **Dispõe sobre a notificação, o registro e as mudanças pós-registro de gases**

medicinais enquadrados como medicamentos. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3428523/RDC_870_2024_.pdf/f56f27f3-87be-43c0-ac3d-6393ffa4735a . Acesso em: 24 out. 2024.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RDC 50, de 21 de fevereiro de 2002. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde".** Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0050_21_02_2002.html .Acesso em: 20 dez. 2023.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Gases medicinais - Informações gerais**, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/medicamentos/gases-medicinais/informacoes-gerais#:~:text=O%20que%20s%C3%A3o%20gases%20medicinais?%202. Acesso em: 20 set. 2023.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Instrução Normativa ANVISA - IN N° 301, de 17 de maio de 2024**, 2024. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3428523/IN_301_2024_COMP.pdf/1e0e6783-d9f0-4383-890c-c08fa2c2cc97. Acesso em: 20 set. 2023.

BORGES, J. C. P.; BARCELOS, M.; RODRIGUES, M. S. Empresarização da saúde pública: o caso da EBSERH. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 12, n. 4, p. 75, 6 dez. 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978- NR 13. "**Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento**". Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

BRASIL - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: capacitação a distância. Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde**, Projeto REFORSUS. Brasília, DF: MS, 2002a. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/515514330/Ministerio-Da-Saude-Equipamentos-Medico-hospitalares-e-o-Gerenciamento-Da-Manutencao . Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE - Biossegurança, produtos perigosos, gases, climatização e higiene: sistema de armazenamento e instalação de gases. In: SAÚDE, Ministério da. **Saúde ambiental e gestão de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002b. p. 1-450.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Resolução nº 70**, de 1 de outubro de 2008. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0070_01_10_2008.html. Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. SUPREMO TRIBUNAL DE JUSTIÇA. Ação Direta nº 4.895. **Declaração de Inconstitucionalidade dos Arts**. 1º A 17 da Lei N. 12.550/2011. Brasília, 2013. Disponível:

https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/stf/1163772921/inteiro-teor-1163772984. Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. **Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares**: sobre. Sobre. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/ebserh/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/sobre. Acesso em: 30 nov. 2023.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (STF). **Plenário confirma validade de lei que autorizou criação da Ebserh**. 2020. Disponível em: https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=457185&ori=1. Acesso em: 23 out. 2024.

BRASIL. **Guia para elaboração de planos de contingência**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/emergencia-em-saude-publica/guia-para-elaboracao-de-planos-de-contingencia. Acesso em: 29 out. 2024.

CAMARGO, B. A. P., et al. Oxigenoterapia inalatória em pacientes pediátricos internados em hospital universitário. **Revista Paulista de Pediatria**, vol. 26, n. 1, Botucatu, 2008, p. 43-47.

CASTANHEIRA, N. P.; et al. Gerenciamento do consumo do oxigênio durante a inalo terapia: oportunidade para redução de custos através da capacitação dos profissionais. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v. 5, n. 3, p. 8-30, 2014.

COSTA, G. A. D. **Regulação dos gases medicinais no brasil**. 2022. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito da Regulação, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2022.

DUARTE, C. D. S. **Análise de fornecimento de ar medicinal por meio de destilação criogênica em uma instituição hospitalar**. 2017. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

DINIS, E.; CAPOULAS, M.; NEVES, V. **Manual de Gases Medicinais**. Ordem dos Farmacêuticos–Conselho do Colégio de Especialidade de Farmácia Hospitalar, 2012. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/392242820/Manual-Gases-Medicinais. Acesso em: 30 mai 2024.

EBSERH - EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES. HC-UFU - **Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia. 2023**. Disponível em: https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-sudeste/hc-ufu. Acesso em: 20 out. 2023.

EBSERH - EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES. Sobre os Hospitais Universitários Federais. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/sobre-os-hospitais-universitarios-federais. Acesso em 20 out. 2024.

INFARMED - INSTITUTO NACIONAL DA FARMÁCIA E DO MEDICAMENTO. **Deliberação n.º 56/CD/2008**, de 21 de fevereiro 2008. Disponível em: https://www.infarmed.pt/documents/15786/1068535/052-A_Delib_56_2008.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

LOPEZ, M. P.; ABREU, F. R. **Central de gases medicinais: coração de uma instituição hospitalar. Caderno de Estudos Tecnológicos** - Faculdade de Tecnologia de Bauru, v. 01, n.01, 2013.

MEDEIROS, A. C.; ARAÚJO-FILHO, I. Centro cirúrgico e cirurgia segura. **Journal Of Surgical And Clinical Research**, v. 8, n. 1, p. 77- 105, 2017.

MIMBARCAS JUNIOR, G. V. **Iniciando o processo de gestão de gases medicinais em um hospital filantrópico**. 2018. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

MSD MANUALS. Oxigenoterapia. In: **Distúrbios pulmonares e das vias respiratórias: reabilitação para distúrbios pulmonares e das vias respiratórias**. 2024. Disponível em: https://www.msdmanuals.com/pt/casa/dist%C3%BArbios-pulmonares-e-das-vias-respirat%C3%B3rias/reabilita%C3%A7%C3%A3o-para-dist%C3%BArbios-pulmonares-e-das-vias-respirat%C3%B3rias/oxigenoterapia?ruleredirectid=762. Acesso em: 29 out. 2024.

PEREIRA JÚNIOR, N. **POLÍTICA, PLANEJAMENTO E GESTÃO EM HOSPITAIS UNIVERSITÁRIOS FEDERAIS**. 2018. 155 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Coletiva, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

QIAN, F.; et al. **An Advanced Cryogenic Air Separation Process Based on Self-Heat Recuperation For CO2 Separation**, 2014.

SILVA, M. D. L. **Plano de gestão em gases medicinais em hospitais** EBSERH. 2019. 246 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

SANTOS, R. A. L. **Sistemas centralizados de gases e vácuo medicinais – Uma abordagem para o gerenciamento da tecnologia médico hospitalar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

UFU - UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – **Hospital de Clínicas de Uberlândia - HCU**. 2023. Disponível em: https://ufu.br/unidades-organizacionais/hospital-de-clinicas-de-uberlandia-hcu. Acesso em: 25 out. 2023.

VIGINESKI, I. W. D. S. **Análise da Implantação da central de compressores de ar comprimido para geração de ar medicinal no Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia**. 2016. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

WANG, W. L. et al. Meta-analysis: The use of carbon dioxide insufflation vs. room air insufflation for gastrointestinal endoscopy. **Alimentary Farmacology and Terapeutics**. v. 35, p. 1145- 1154, 2012.

YU, Z.; SEAN, L.; CARL, D.L. **Optimal Operation of Cryogenic Air Separation Systems With Demand Uncertainty And Contractual Obligations**, 2011.

ANEXOS

ANEXO A

MEMORIAL DE CÁLCULO

GASES MEDICINAIS

HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANEXO A

1. OBJETIVO

O presente memorial de cálculo descreve os procedimentos de cálculos utilizados para dimensionamento da tubulação para o Projeto de Gases Medicinais para **OBRA DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

2. CÁLCULOS DE PREVISÃO DE CONSUMO DE GASES MEDICINAIS

Para a previsão de consumo total e dos andares, foi feita a aplicação dos dados fornecidos pela Norma NBR 12.188/2012 na sua pág.25, Anexo B, tabelas B1/B2 e B3, que na verdade reproduzem os números sugeridos pela RDC 50 e que são muito adequados ao projeto de tubulação, e portanto foram utilizados no dimensionamento da mesma, mas que devem ser analisados com precaução quando do dimensionamento das centrais de gases medicinais e vácuo como explicamos ao final deste capítulo. Passamos a seguir às tabelas de previsão de consumo considerando inicialmente o hospital como um todo e a seguir à previsão de consumo andar por andar:

PLANILHA DE CÁLCULO DE CONSUMO GERAL (CENTRAIS)

CÁLCULO DE PREVISÃO DE CONSUMO CONF. RDC 50 (ANVISA) e NBR 12.188 (ABNT)	HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE UBERLÂNDIA (GERAL)									SIMULTANEIDADE			
SETOR	PTS.CONSUMO	AR	real	O_2	real	VÁC	real	N_20	real	O_2	AR	VÁC	N_2O
SALA DE INALAÇÃO	7	20	20	10	10	0	0	0	0	100%	100%		
SALAS DE SUTURAS/CURATIVOS	3	0	0	10	1	0	0	0	0	10%			
SALA DE TRAUMA/DE PROCEDIMENTOS INVASIVOS DE EMÊRGNCIA	11	40	32	60	48	40	32	15	2	80%	80%	10%	10%
SALA DE EMÊRGENCIA	17	20	16	10	8	40	32	0	0	80%	80%	10%	10%
ENFERMARIA+PROCEDIMENTOS+ISOLAMENTO+PREP+OBS+CARDIO	261	20	3	10	2	40	6	0	0	15%	15%	10%	
SALA DE EXAMES E CURATIVOS DE QUEIMADOS/BALNEOTERAPIA	1	40	20	60	30	40	20	15	8	50%	50%	80%	50%
QUARTO/ÁREA COLETIVA DE UTI	30	60	48	60	48	40	32	0	0	80%	80%	50%	
SALA DE RAIO X INTERVENCIONISTA	8	60	15	60	15	40	10	15	1,5	25%	25%	10%	10%
SALA DE CINESIOTERAPIA	1	20	5	10	3	0	0	0	0	25%	25%	0%	
SALA DE ULTRASSONOGRAFIA	5	0	0	10	1	0	0	0	0	10%			
SALA DE EXAMES ENDOSCÓPICOS + PREPARO E RECUPERAÇÃO	5	20	2	10	1	0	0	0	0	10%	10%		
SALA DE INDUÇÃO E RECUPERAÇÃO PÓS-ANESTÉSICA	21	40	28	60	42	40	28	0	0	70%	70%	70%	
SALA DE RAIO X GERAL	3	20	2	20	2	20	2	0	0	10%	10%	10%	
SALA DE CIRURGIA	20	40	40	60	60	40	40	15	15	100%	100%	100%	100%
	Total L/min		4598		4922		4988		339,6				
	Total m^3/hora		275,88		295,3		299,28		20,376				

*Obs: nas colunas ar/O_2/vácuo o nºrefere-se ao consumo por ponto conforme RDC-50, em litros/min

O no. real refere-se ao mesmo valor corrigido pela simultaneidade indicada na NBR 12.188/12

ANEXO A

PLANILHA DE CÁLCULO DE CONSUMO PARA O TÉRREO

CÁLCULO DE PREVISÃO DE CONSUMO CONF. RDC 50(ANVISA) e NBR 12.188(ABNT)	Hospital Universitário de Uberlândia - Pavimento Térreo									SIMULTANEIDADE			
SETOR	PTS.CONSUMO	AR	real	O_2	real	VAC	real	N_2O	real	O_2	AR	VAC	N_2O
SALA DE INALAÇÃO + NEBULIZAÇÃO + REIDRATAÇÃO	7	20	20	10	10	0	0	0	0	100%	100%		
SALAS DE SUTURAS/CURATIVOS	3	0	0	10	1	0	0	0	0	10%			
SALA DE TRAUMA/DE PROCEDIMENTOS INVASIVOS DE EMERGÊNCIA	10	40	32	60	48	40	32	15	2	80%	80%	10%	10%
SALA DE EMERGÊNCIA	17	20	16	10	8	40	32	0	0	80%	80%	10%	10%
ENFERMARIA + ESPERA MACAS + ELETRO CARDIO + OBSERVAÇÃO	58	20	3	10	2	40	6	0	0	15%	15%	10%	
SALA DE RAIO X INTERVENCIONISTA	1	60	15	60	15	40	10	15	1,5	25%	25%	10%	10%
SALA DE EXAMES DE TOMOGRAFIA, RMN	1	40	24	60	36	40	24	15	1,2	60%	60%	60%	8%
SALA DE ULTRASSONOGRAFIA	1	0	0	10	1	0	0	0	0	10%			
SALA DE EXAMES ENDOSCÓPICOS + PREPARO E RECUPERAÇÃO	5	20	2	10	1	0	0	0	0	10%	10%		
SALA DE RAIO X GERAL	1	20	2	20	2	20	2	0	0	10%	10%	10%	
	Total l/min		947		830		1248		17,7				
	Total m³/hora		56,82		49,8		74,88		1,062				

PLANILHA DE CÁLCULO DE CONSUMO PARA O 1º PAVIMENTO

CÁLCULO DE PREVISÃO DE CONSUMO CONF. RDC 50(ANVISA) e NBR 12.188(ABNT)	Hospital Universitário de Uberlândia - 1° Pavimento									SIMULTANEIDADE			
SETOR	PTS.CONSUMO	AR	real	O_2	real	VAC	real	N_2O	real	O_2	AR	VAC	N_2O
PREPARO/OBSERVAÇÃO+ESPERA INTERNADOS+ELETRO CARDIO	38	20	3	10	2	40	6	0	0	15%	15%	10%	
SALA DE RAIO X INTERVENCIONISTA	6	60	15	60	15	40	10	15	1,5	25%	25%	10%	10%
SALA DE EXAMES DE TOMOGRAFIA, RMN	3	40	24	60	36	40	24	15	1,2	60%	60%	60%	8%
SALA DE ULTRASSONOGRAFIA	5	0	0	10	1	0	0	0	0	10%			
SALA DE RAIO X GERAL	2	20	2	20	2	20	2	0	0	10%	10%	10%	
	Total l/min		280		264		364		12,6				
	Total m³/hora		16,8		15,8		21,84		0,756				

PLANILHA DE CÁLCULO DE CONSUMO PARA O 2º PAVIMENTO

CÁLCULO DE PREVISÃO DE CONSUMO CONF. RDC 50 (ANVISA) e NBR 12.188 (ABNT)	Hospital Universitário de Uberlândia - 2º Pavimento									SIMULTANEIDADE			
SETOR	PTS.CONSUMO	AR	real	O_2	real	VAC	real	N_2O	real	O_2	AR	VAC	N_2O
ENFERMARIA + ISOLAMENTO	75	20	3	10	1,5	40	6	0	0	15%	15%	10%	
	Total L/min		225		112,5		450		0				
	Total m³/hora		13,5		6,8		27		0				

PLANILHA DE CÁLCULO DE CONSUMO PARA O 3º PAVIMENTO

CÁLCULO DE PREVISÃO DE CONSUMO CONF. RDC 50 (ANVISA) e NBR 12.188 (ABNT)	Hospital Universitário de Uberlândia - 3º Pavimento									SIMULTANEIDADE			
SETOR	PTS.CONSUMO	AR	real	O_2	real	VAC	real	N_20	real	O_2	AR	VAC	N_2O
ENFERMARIA + ISOLAMENTO	75	20	3	10	2	40	6	0	0	15%	15%	10%	
	Total L/min		225		112,5		450		0				
	Total m³/hora		13,5		6,8		27		0				

PLANILHA DE CÁLCULO DE CONSUMO PARA O 4º PAVIMENTO

CÁLCULO DE PREVISÃO DE CONSUMO CONF. RDC 50 (ANVISA) e NBR 12.188 (ABNT)	Hospital Universitário de Uberlândia - 4º Pavimento									SIMULTANEIDADE			
SETOR	PTS.CONSUMO	AR	real	O_2	real	VAC	real	N20	real	O_2	AR	VAC	N2O
SALA DE TRAUMA/DE PROCEDIMENTOS INVASIVOS DE EMERGENCIA	1	40	32	60	48	40	32	15	2	80%	80%	10%	10%
ENFERMARIA + ISOLAMENTO	15	20	3	10	2	40	6	0	0	15%	15%	10%	
SALA DE EXAMES E CURATIVOS DE QUEIMADOS/BALNEOTERAPIA	1	40	20	60	30	40	20	15	8	50%	50%	80%	50%
QUARTO/ÁREA COLETIVA DE UTI	30	60	48	60	48	40	32	0	0	80%	80%	50%	
SALA DE CINESIOTERAPIA/MECANOTERAPIA	1	20	5	10	3	0	0	0	0	25%	25%	0%	
	Total L/min		1542		1543		1102		9				
	Total m³/hora		92,52		92,6		66,12		0,54				

PLANILHA DE CÁLCULO DE CONSUMO PARA O 5º PAVIMENTO

CÁLCULO DE PREVISÃO DE CONSUMO CONF. RDC 50 (ANVISA) e NBR 12.188 (ABNT)	Hospital Universitário de Uberlândia - 5º Pavimento									SIMULTANEIDADE			
SETOR	PTS.CONSUMO	AR	real	O_2	real	VAC	real	N_20	real	O_2	AR	VAC	N_2O
SALA DE INDUÇÃO E RECUPERAÇÃO PÓS-ANESTÉSICA	21	40	28	60	42	40	28	0	0	70%	70%	70%	
SALA DE CIRURGIA	20	40	40	60	60	40	40	15	15	100%	100%	100%	100%
	Total L/min		1388		2082		1388		300				
	Total m³/hora		83,28		124,9		83,28		18				

3.0 DEMONSTRATIVO DE CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÃO

Visando demonstrar nosso procedimento de cálculo de bitola de tubulação de cobre ou outro material para tubulações de gases passamos a seguir à revisão dos cálculos executados para um dos pavimentos, e para tanto escolhemos o 5º pavimento, que nos permite demonstrar tais procedimentos.

Para o cálculo da vazão partimos do consumo previsto na Norma NBR12.188/2012 tabela B.3 pág. 25, onde para uma sala cirúrgica a vazão prevista para cada um dos gases medicinais é a seguinte:

ANEXO A

Gases Medicinais	Vazão (l/min)	Simultaneidade %	Vazão Corrigida
			l/min / m3/h
Oxigênio	60	100	60 3.6
Óxido Nitroso	15	100	15 0.9
Vácuo Clínico	40	100	40 2.4
Ar Medicinal	40	100	40 2.4

Portanto cada sala deverá possuir tubulação capaz de suportar as vazões acima.

Para exemplificar e delimitar as vazões máximas de cada diâmetro de tubulação passaremos a seguir à nossa planilha de DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÃO com os dados encontrados para Oxigênio, Ar, vácuo, Óxido Nitroso, Nitrogênio e Dióxido de Carbono considerando inicialmente as vazões máximas dentro das bitolas disponíveis para o projeto.

Portanto para Oxigênio considerando 30 m de tubulação como máximo dentro da sala cirúrgica e como a tubulação mínima disponível no mercado com as conexões adequadas é a de 15 mm, acionamos a planilha de cálculo para essa condição limite para todos os gases de cada uma das salas cirúrgicas para demonstrar que a tubulação de 15 mm é suficiente para atender internamente.

Como ilustração passamos a seguir os resultados obtidos nos acionamentos da planilha há para cada um dos gases:

ANEXO A

Entrada de Dados

Fluido	2	Nitrogênio
Pressão Inicial	6	bar g
Temperatura	20	°C
Vazão	23	Nm3/h
Comprimento Reto	30	m
Material da tubulação	3	Cobre

Resultados

Diâmetro Selecionado	5/8	polegada
	15	mm

Pressão Final	5,94	bar g
Delta P	0,06	bar
Delta P/(m)	1,86	mbar/m
Velocidade	5,62	m/s
Fator z (compressib.)	0,999	
Vazão Real	3,6	m3/h
Mol	28,01	kg/kgmol
Densidade	8,039	kg/m3
Viscosidade Cinemát.	2,15E-06	m2/s
Reynolds	39275	
Fator f	0,02202	
Compr. Equivalente	0	m

Entrada de Dados

Fluido	6	CO2
Pressão Inicial	6	bar g
Temperatura	20	°C
Vazão	20	Nm3/h
Comprimento Reto	30	m
Material da tubulação	3	Cobre

Resultados

Diâmetro Selecionado	5/8	polegada
	15	mm

Pressão Final	5,94	bar g
Delta P	0,06	bar
Delta P/(m)	1,90	mbar/m
Velocidade	4,71	m/s

Fator z (compressib.)	0,962	
Vazão Real	3,0	m3/h
Mol	44,01	kg/kgmol
Densidade	13,107	kg/m3
Viscosidade Cinemát.	1,07E-06	m2/s
Reynolds	66246	
Fator f	0,01960	
Compr. Equivalente	0	m

Entrada de Dados

Fluido	1	Oxigênio
Pressão Inicial	6	bar g
Temperatura	20	°C
Vazão	22	Nm3/h
Comprimento Reto	30	m
Material da tubulação	3	Cobre

Resultados

Diâmetro Selecionado	5/8	polegada
	15	mm

Pressão Final	5,94	bar g
Delta P	0,06	bar
Delta P/(m)	1,97	mbar/m
Velocidade	5,36	m/s
Fator z (compressib.)	0,995	
Vazão Real	3,4	m3/h
Mol	32,00	kg/kgmol
Densidade	9,213	kg/m3
Viscosidade Cinemát.	2,17E-06	m2/s
Reynolds	37054	
Fator f	0,02232	
Compr. Equivalente	0	m

ANEXO A

Entrada de Dados

Fluido	7	Ar Comp.
Pressão Inicial	6	bar g
Temperatura	20	°C
Vazão	23	Nm3/h
Comprimento Reto	30	m
Material da tubulação	3	Cobre

Resultados

Diâmetro Selecionado	5/8	polegada
	15	mm

Pressão Final	5,94	bar g
Delta P	0,06	bar
Delta P/(m)	1,93	mbar/m
Velocidade	5,62	m/s
Fator z (compressib.)	0,998	
Vazão Real	3,6	m3/h
Mol	28,96	kg/kgmol
Densidade	8,317	kg/m3
Viscosidade Cinemát.	2,17E-06	m2/s
Reynolds	38793	
Fator f	0,02209	
Compr. Equivalente	0	m

ANEXO A

Entrada de Dados

Fluido	8	Vácuo
Pressão Inicial	0,9	bar g
Temperatura	20	°C
Vazão	10	Nm3/h
Comprimento Reto	30	m
Material da tubulação	3	Cobre

Resultados

Diâmetro Selecionado	3/4	polegada
	15	mm

Pressão Final	0,89	bar g
Delta P	0,01	bar
Delta P/(m)	0,46	mbar/m
Velocidade	5,04	m/s
Fator z (compressib.)	0,999	
Vazão Real	5,7	m3/h
Mol	32,00	kg/kgmol
Densidade	2,506	kg/m3
Viscosidade Cinemát.	7,97E-06	m2/s
Reynolds	12632	
Fator f	0,02903	
Compr. Equivalente	0	m

ANEXO A

Entrada de Dados

Fluido	9	N2O
Pressão Inicial	6	bar g
Temperatura	20	°C
Vazão	10	Nm3/h
Comprimento Reto	30	m
Material da tubulação	3	Cobre

Resultados

Diâmetro Selecionado	5/8	polegada
	15	mm

Pressão Final	5,99	bar g
Delta P	0,01	bar
Delta P/(m)	0,49	mbar/m
Velocidade	2,43	m/s
Fator z (compressib.)	0,995	
Vazão Real	1,5	m3/h
Mol	32,00	kg/kgmol
Densidade	9,242	kg/m3
Viscosidade Cinemát.	2,16E-06	m2/s
Reynolds	16843	
Fator f	0,02698	
Compr. Equivalente	0	m

Conclusão:

As tabelas acima mostram as vazões possíveis com a tubulação de 15 mm para a pressão de 6 bar e vácuo com 100 mbar abs, ou seja, - 0,9 mbar relativo.

ANEXO B
MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

1. APRESENTAÇÃO

Considerando a importância dos gases medicinais para o complexo hospitalar no que diz respeito ao suporte à vida, alto custo relacionado e complexidade de armazenamento e utilização contínua, situação em que o Ar Medicinal se enquadra,

Considerando a necessidade de pleno atendimento às normas de segurança e da saúde, em especial a **ABNT NBR 12188:** Sistemas centralizados de suprimento de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviços de saúde **(ABNT, 2016), ANVISA RDC 50, de 21 de fevereiro de 2002 (ABNT, 2002), NR-13 (Ministério do Trabalho, 2022 20) e ABNT NBR 12176: 2010 (ABNT, 2010).**

Pedido de Serviço de Manutenção ou Ordem de Serviço (PSM ou OS): Solicitação feita via sistema para serviço de manutenção predial e de ativos.

2. OBJETIVO (S)

O presente manual tem como objetivo sistematizar e padronizar a metodologia de manutenção do Sistema de Ar Medicinal no HC-UFU.

3. DESCRIÇÃO

Diagrama de atribuições relacionadas à Equipe Técnica (ET) e/ou Equipe de Fiscalização Contratual (EFC) e Contratada de Manutenção do HC-UFU:

ATIVIDADES	ATRIBUIÇÃO	INSTRUMENTO
Idealizar, Desenvolver, Contratar, Analisar e aprovar os projetos das instalações das Centrais de Ar Medicinal, componentes, acessórios e auxiliares.	EFC/ET	Projeto Executivo encaminhado pela contratada
Acompanhar e fiscalizar a instalação e/ou desinstalação do tanque, central e componentes	EFC	Projeto Executivo encaminhado pela contratada
Analisar e aprovar o Plano de Manutenção Preventiva	EFC	Plano de Manutenção encaminhado pela contratada
Fiscalizar as manutenções corretivas e preventivas	EFC	Documentos comprobatórios (ex.: Ordem de Serviço) e Livro de Leituras Diárias
Verificar as documentações referentes a NR-13	EFC	Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e Prontuário de Vasos de pressão.
Verificar periodicamente os níveis de pressão no tanque e na central de modo a certificar a segurança e operacionalidade do sistema	CONTRATADA DE MANUTENÇÃO	Livro de Leituras Diárias
Realizar purga de vasos pressurizados quando necessário	CONTRATADA DE MANUTENÇÃO	Livro de Leituras Diárias
Providenciar a instalação das válvulas	CONTRATADA DE	Livro de Leituras Diárias

reguladoras de pressão nos cilindros transportáveis	MANUTENÇÃO	

Outras atividades e atribuições implementadas no presente manual:

ATIVIDADES	ATRIBUIÇÃO	INSTRUMENTO
Verificação dos cilindros de gases medicinais (ex.: estanqueidade, validade etc)	CONTRATADA DE MANUTENÇÃO	Livro de Leituras Diárias e PSM
Execução do acompanhamento de recebimento de gases	EFC	Anexo – Livro de Leituras Diárias
Anexar todos os documentos, e-mails, notas e outros pertinentes ao fornecimento de cilindros gases medicinais	CONTRATADA DE MANUTENÇÃO e EFC	Arquivos físicos, Emails e Sistema SEI

3.1. SISTEMA DE AR MEDICINAL HC-UFU

O HC-UFU conta com 02 (duas) centrais de ar medicinal capazes de produzir o gás medicinal para todas as unidades do complexo hospitalar, são elas:

- Central Principal de Ar Medicinal: Localizada ao térreo entre os blocos 4D, 2M e 2K;
- Central de Ar Medicinal da Oncologia: Localizada no andar técnico do bloco 4A (Hospital do Câncer).

São partes do sistema também os sistemas reserva de cilindros presentes:

- Central Principal de Reserva de Cilindros: Localizada ao térreo entre os blocos 4D, 2M e 2K;
- Central Oncologia de Reserva de Cilindros: Localizada no estacionamento do bloco 4A (oncologia).

3.2. NORMATIVO

A NBR 12.188 indica 02 (duas) opções possíveis (colunas) para instalação de centrais de ar medicinal:

ANEXO B
MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

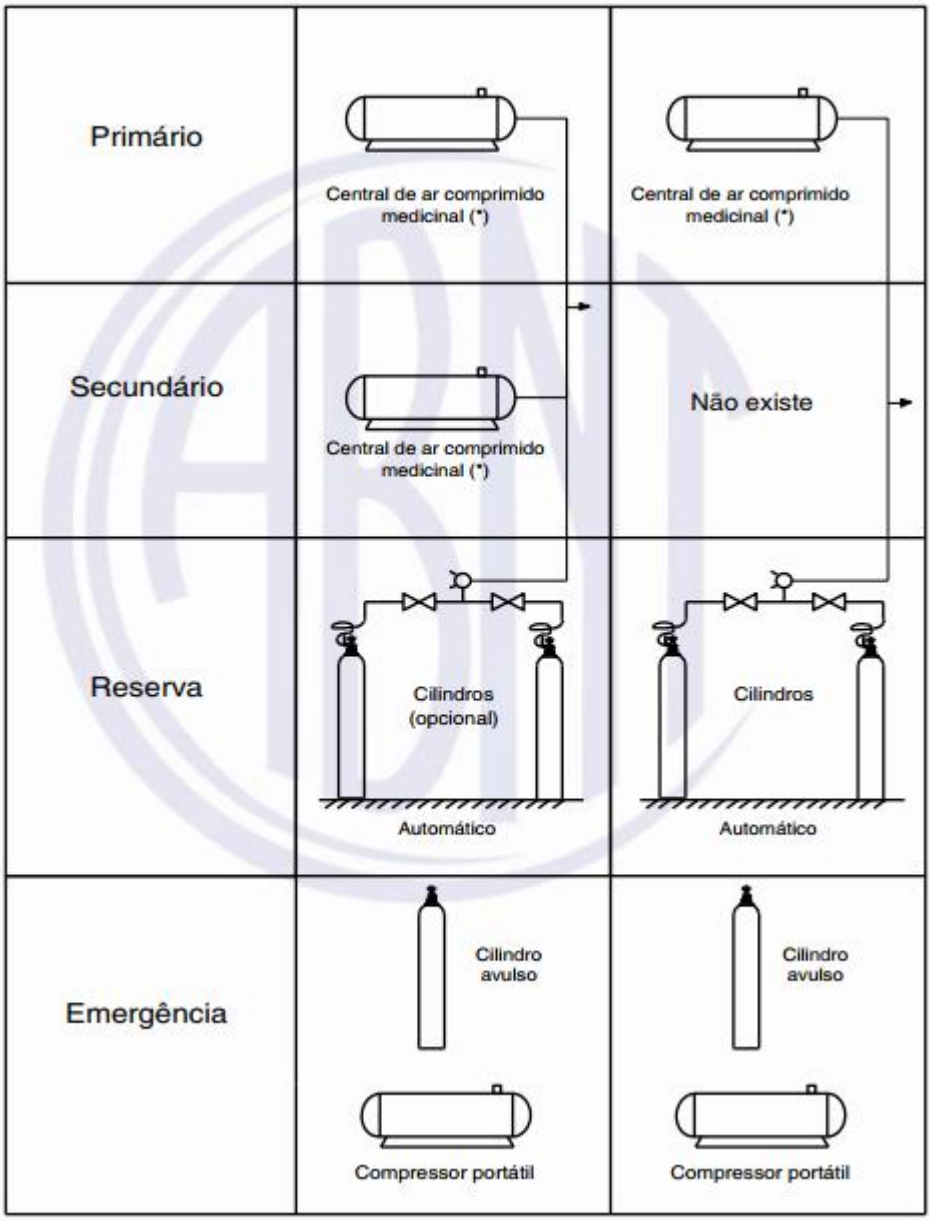


Figura 13 – Esquema de instalação de centrais de ar comprimido (NBR 12.188, figura E.1)

E a central onde é produzido o ar medicinal deve ser instalada conforme a seguir:

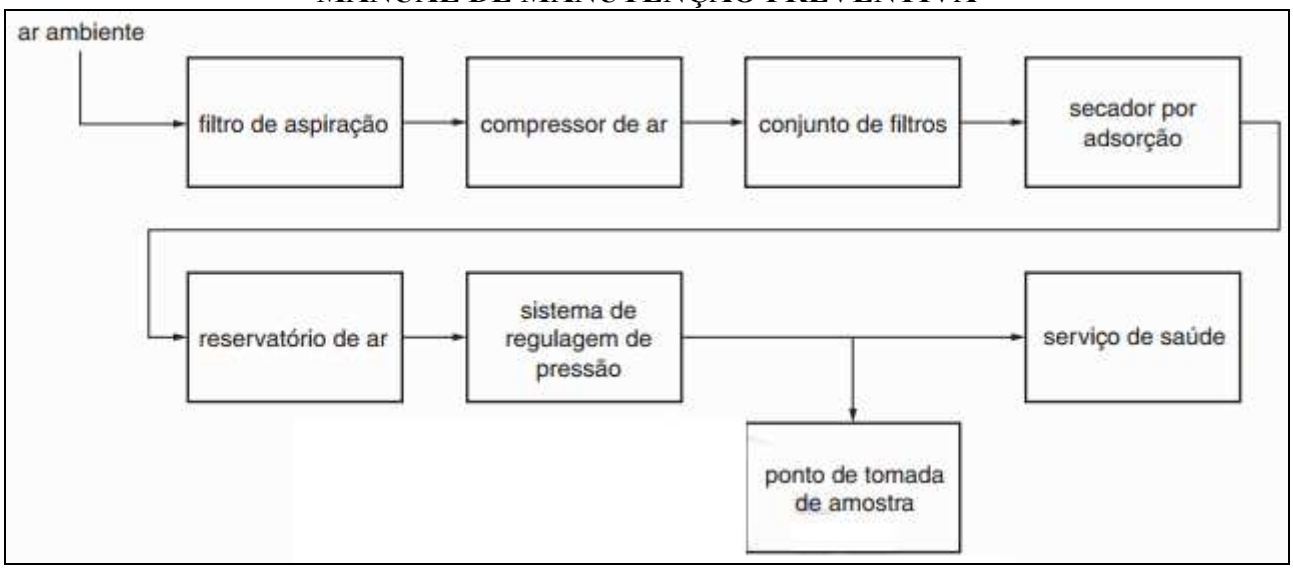


Figura 14 – Esquema de instalação de ar comprimido medicinal

3.3. CENTRAL PRINCIPAL DE AR MEDICINAL DO HC-UFU

A Central Principal de Ar Medicinal é composta por 06 (seis) compressores que podem trabalhar de forma simultânea.

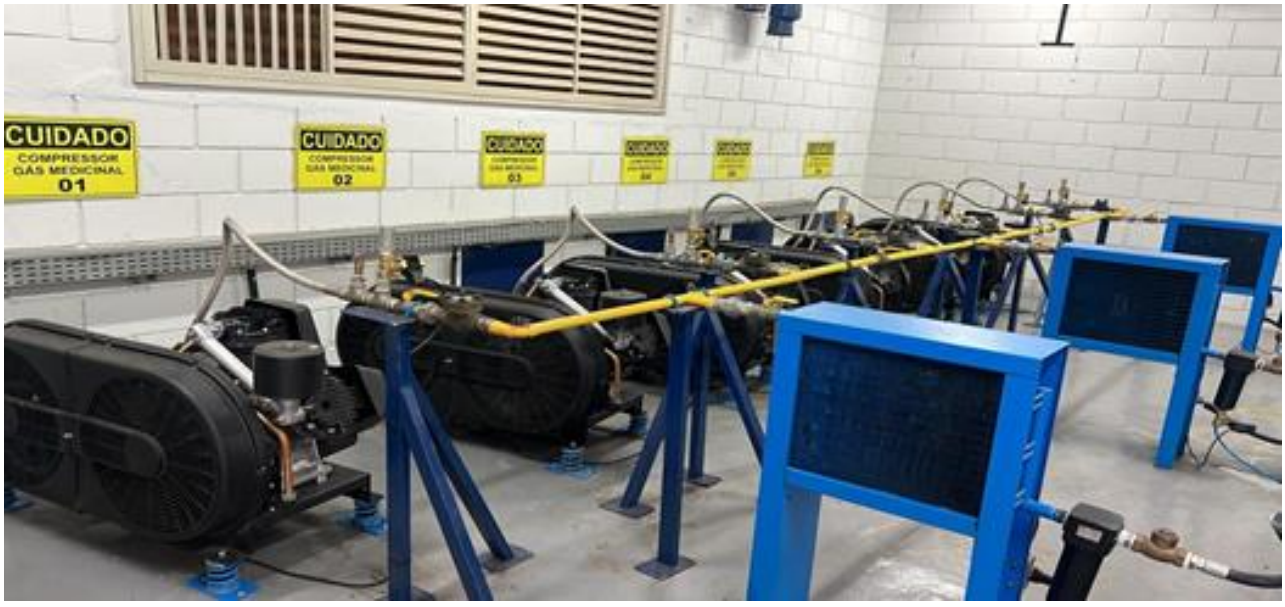


Figura 15 – Central Principal de Ar Medicinal, indicando os compressores e trocadores de calor para secagem.

São 03 (três) linhas independentes contendo 02 (dois) compressores. Cada linha é composta por 01 (um) trocador de calor, 01 (secador) por adsorção:

ANEXO B
MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA



Figura 16 – Secadores da Central Principal de Ar Medicinal

A Central Principal de Ar Medicinal é composta pelos instrumentos (ex.: pressostatos, manômetros, sensor de umidade). Esses são responsáveis pelos controles limitadores de pressão, ligamento/desligamento dos equipamentos, sequenciamento da ligação, sensor de umidade e manômetro com visor para leituras diárias de parâmetros de manutenção.

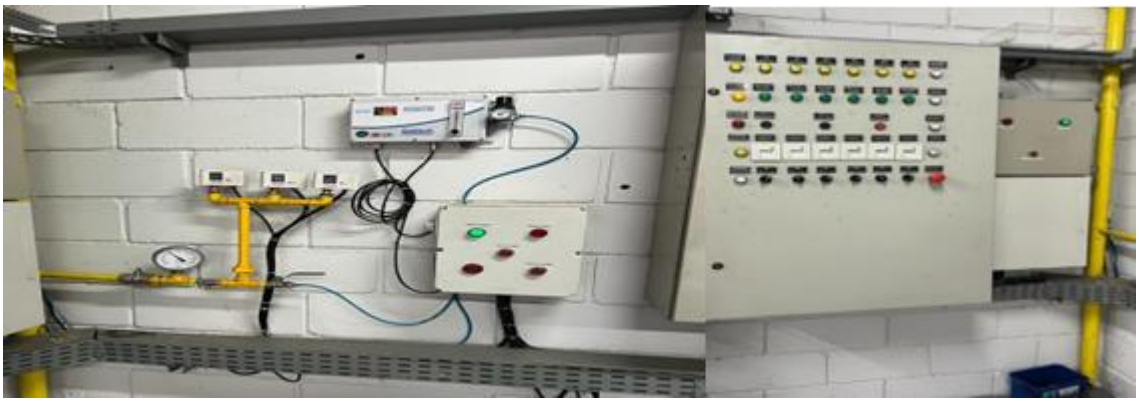


Figura 17 – Instrumentação e painel de comando da Central Principal de Ar Medicinal

Na área externa da Central Principal de Ar Medicinal existem 02 (dois) reservatórios (pulmões), responsáveis por fazer uma acumulação temporária do ar medicinal pressurizado, promovendo a possibilidade de ligamento/desligamento dos compressores. Os componentes externos são montados da seguinte forma:

ANEXO B
MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA



Figura 18 – Reservatórios (pulmões), filtros, válvulas e demais instrumentos

A Central de Ar Medicinal Oncologia é análoga à Central Principal, contendo basicamente os mesmos componentes, conforme imagens a seguir:



Figura 19 – Central de Ar Medicinal Oncologia. 04 compressores em duas linhas em paralelo.

ANEXO B
MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA



Figura 20 – Reservatórios (pulmões) e instrumentos da Central de Ar Medicinal Oncologia

Ambas as unidades contam com o Sistema de Emergência contendo cilindros de gases medicinais:



Figura 21 – Central Principal de Emergência (cilindros) de Ar Medicinal



Figura 22– Central de Emergência (cilindros) de Ar Medicinal Oncologia

3.4. MANUTENÇÃO CORRETIVA (EVENTUAL)

- Troca de correias;
- Troca de válvulas solenoides;
- Troca de mancais;
- Troca de rolamentos;
- Reparo no sistema de captação de ar;
- Troca de polias;
- Limpeza de serpentina;
- Reparo nos secadores;
- Reparo no quadro elétrico de comando e proteção;
- Troca regulagem e reparo em pressostatos;
- Troca de válvulas de retenção

3.5. PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Serviços preventivos Diários

- Analisar as variáveis mecânicas do sistema;
- Certificar o funcionamento dos compressores;
- Certificar o funcionamento do sistema de climatização da sala;
- Inspecionar o intervalo de funcionamento dos compressores;

- Certificar o funcionamento do sistema de alarme de emergência;
- Anotar os dados e eventos no caderno do local.

Manutenção Mensal

- Verificar as correias do motor;

Manutenção Trimestral

- Limpar filtro do Carter;
- Limpar elementos do filtro.

Manutenção Semestral

- Realizar o reaperto de bornes e componentes dos quadros elétricos;
- Realizar a limpeza de ares-condicionados na casa de máquinas;

3.6. SERVIÇOS REALIZADOS NOS CILINDROS DE AR MEDICINAL (SIST. EMERGENCIAL)

Serviços corretivos

- Troca de cilindros vazios;
- Troca de válvulas;
- Troca dos cilindros dos cilindros dos circuitos;
- Reparo no sistema de alarme;
- Troca de conexões;
- Troca dos manômetros.

Serviços preventivos Diário:

- Analisar as variáveis mecânicas do sistema;
- Verificar pressão dos circuitos;
- Verificar possíveis vazamentos.
- Registrar no Livro de Leituras diárias as pressões dos circuitos (A e B) disponíveis no sistema.

3.7. DOCUMENTOS TÉCNICOS CONTRATUAIS PARA FISCALIZAÇÃO

Os documentos presentes neste processo são solicitados na Ata da 1ª Reunião e anexados no processo de documentos técnicos contratuais:

- Proposta da Contratada, Contrato Assinado ou Termo de Referência
- Ata da 1ª Reunião
- Projeto Executivo
- Anotação De Responsabilidade Técnica (ART) de vasos de pressão
- Laudo de Calibração de instrumentos e válvulas de segurança
- Plano de Manutenção

ANEXO B
MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

As **manutenções corretivas e preventivas** realizadas pela empresa contratada devem ser acompanhadas, registradas no Livro de Leituras Diárias (verso da folha) e anexadas as Ordens de Serviços (OS) com a descrição detalhada da manutenção realizada pela empresa, de acordo com o Plano de Manutenção aprovado previamente pela EFC.

3.8. LIVRO DE LEITURAS DIÁRIAS

O HC-UFU dispões de 02 (dois) livros para os registros diários, um para a Central de Gases da Oncologia e outro para a Central Principal de Gases, conforme os anexos do presente Manual. Esses registros contém a identificação da data, horário, níveis e pressões dos tanques, pressões dos sistemas de reserva de cilindros e assinatura do técnico responsável.

Os documentos Anexos a esse Manual apresentam os modelos para os Livro de Leituras Diárias e descrição de seus itens.

3.9. DISPOSIÇÕES GERAIS

Demais intercorrências, devem ser registradas e informadas ao Chefe de Manutenção Predial (UMP), ao chefe do Setor de Infraestrutura Física (SIF) e ao gestor do contrato. Tal informativo pode ser via Ofício ou e-mail, registrado no processo de fiscalização técnica.

4. DOCUMENTOS RELACIONADOS

Anexo I – ANEXO MA.SIF.XXX LIVRO DE LEITURAS DIÁRIAS DO SISTEMA DE AR MEDICINAL (CENTRAL).docx
Anexo II – ANEXO MA.SIF.XXX LIVRO DE LEITURAS DIÁRIAS DO SISTEMA DE AR MEDICINAL (ONCOLOGIA).docx

5. REFERÊNCIAS

ABNT NBR 12188: Sistemas centralizados de suprimento de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviços de saúde

RESOLUÇÃO ANVISA RDC 50, de 21 de fevereiro de 2002

NR-13 CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO, TUBULAÇÕES E TANQUES METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO

ABNT NBR 12176: Cilindros para gases - Identificação do conteúdo

6. HISTÓRICO DE REVISÃO

Nº versão	Data	Descrição das alterações
00	00/00/0000	Publicação Inicial

APROVAÇÕES	Nome	Cargo	Assinatura	Data
Elaboração / Revisão	Vitor Alberto Lemes Monteiro	Engenheiro Mecânico	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
	Thiago Junior de Carvalho	Engenheiro Civil	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica

ANEXO B
MANUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

	Daniel Rodrigues Pascoal	Arquiteto	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
	Geórgia Maria Bulhões Cortez	Assistente Administrativo	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
Análise	Marcelo Caetano de Sousa	Chefe da Unidade de Projetos e Obras	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
Validação	Adriana Oliveira Nogueira Monteiro	Chefe da Unidade de Gestão da Qualidade	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
Aprovação	Luciano Martins da Silva	Superintendente Colegiado Executivo	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
	Tulio Gonçalves Gomes	Gerência Administrativa Colegiado Executivo	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
	Liliane Barbosa da Silva Passos	Gerencia de Atenção à Saúde Colegiado Executivo	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
	Alessandra Carla de Almeida Ribeiro	Gerência de Ensino e Pesquisa Colegiado Executivo	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica
Homologação		Analista da Unidade de Gestão da Qualidade	Assinatura Eletrônica	Data da Assinatura Eletrônica