



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MÔNICA DE CASTRO FERREIRA

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO
MEDICINAL EM HOSPITAL DE GRANDE PORTE

FORTALEZA

2018

MÔNICA DE CASTRO FERREIRA

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO
MEDICINAL EM HOSPITAL DE GRANDE PORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alexandre Costa Rocha.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F442d Ferreira, Mônica de Castro.
Dimensionamento de rede de distribuição de ar comprimido medicinal em hospital de grande porte /
Mônica de Castro Ferreira. – 2018.
81 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Paulo Alexandre Costa Rocha.
1. Ar comprimido. 2. Ar medicinal. 3. NBR 12188. 4. Dimensionamento de tubulação. I. Título.
CDD 620.1
-

MÔNICA DE CASTRO FERREIRA

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO
MEDICINAL EM HOSPITAL DE GRANDE PORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Mecânica
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheira Mecânica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Alexandre Costa Rocha (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a Maria Alexandra de Sousa Rios
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Claus Franz Wehmann
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, por darem tudo que podiam
para que eu fosse a melhor versão de mim.
A Deus que é pedra fundamental da minha
família e luz a qualquer momento.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Alexandre Costa Rocha, pela orientação durante a elaboração do trabalho e pela dedicação em ser a melhor versão de si dentro e fora da sala de aula, e aos professores da banca examinadora pela disposição em participar dessa avaliação.

À toda minha família, em especial meu irmão Matheus e meus pais Pedro e Zilvanda, pelo apoio incondicional durante toda a vida e suporte nos momentos bons e ruins da graduação, maiores exemplos de dedicação e amor.

Aos meus amigos de infância, Gabriel, Jessiane e Luma, que sempre me apoiaram e são força e inspiração nas adversidades da vida.

Aos meus amigos do CEFET, Alan e Isaac, por saberem o exato momento de falar e precisamente o que falar para me motivar.

A todos meus companheiros de intercâmbio em Leeds-UK195 e também aos amigos de graduação, em especial Daniel, Jean, Victor, Pedro Vitor, Leonardo, Bruno, Lucas, Pâmela, Samyo, Matheus, Jefferson e agregados, pelas boas conversas e lembranças nos corredores do bloco 711 e no café do trailer.

Aos meus amigos denominados Ciganos, em especial a Isabela, Joel, Igor, Tales, Caio, Ítalo, Bruno, Lucas, Germano, Eugênio e Diego, que me acolheram em sua turma posterior e me ensinam todos os dias que amigos são a família que nós escolhemos.

Aos colegas da White Martins, em especial meu tutor e chefe Petrônio Bastos, pela orientação, aprendizado e confiança no meu desenvolvimento como profissional.

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos.”

(Marie Curie)

RESUMO

A utilização de ar como medicamento levou ao desenvolvimento do ar medicinal comprimido como insumo essencial em ambientes hospitalares. No entanto, é necessária a garantia da qualidade, segurança e eficiência de distribuição desse gás aos pacientes. Para a manutenção desses quesitos, no Brasil a Norma Brasileira (NBR) 12188 de 2016 integra as principais informações para dimensionamento, execução e montagem de uma rede de suprimento de ar medicinal comprimido. O presente trabalho dispõe de um estudo de caso no dimensionamento de uma rede de distribuição ar comprimido medicinal em hospital de grande porte, de modo a garantir o cumprimento dos padrões regulamentados. Utilizando técnicas para seccionamento de áreas por utilização, cálculos de vazão de projeto indicado pelas normas e resoluções brasileiras e recursos de dimensionamento de redes de distribuição pneumáticas dispostos por Fialho (2004) para cálculo do diâmetro interno mínimo da tubulação, a metodologia é aplicada em um estabelecimento de assistência à saúde pública de nível terciário. Esse, composto de enfermarias, isolamentos e salas de observação geral, unidades intermediárias (UI), unidades de tratamento intensivo (UTI) e salas de centro cirúrgico. Os números de postos pedidos pela contratante do serviço são cruzados com as informações normativas, além de estabelecido *layout* e dimensionadas as tubulações. Por fim, a rede de distribuição é dimensionada por área e suas devidas ramificações apresentando uma vazão de projeto total de pico de 468,3 m³/h. O projeto também prevê futuras ampliações, onde é sugerido o equipamento principal de fornecimento da rede, fazendo considerações ao superdimensionamento causado pelo pedido da contratante nas salas de cirurgia.

Palavras-chave: Ar medicinal. Ar comprimido. NBR 12188. Dimensionamento de tubulação.

ABSTRACT

Using air as medicine has led the development of compressed medicinal air to a essential input in hospital facilities. However, it is necessary to guarantee the quality, safety and efficiency of air distribution to patients. In order to maintain these requirements, in Brazil the Brazilian Norm (NBR) 12188 from 2016 integrates the main information for designing, execution and assembling of a compressed medical air supply network. The present work provides a case of study based on the pipe dimensioning of a medical compressed air distribution network in a large hospital toward to ensure compliance with regulatory standards. The methodology is applied in a tertiary-level public health care facility. It is implemented techniques to sectioning areas according to their application, design flow calculations indicated by Brazilian standards and resolutions, and pneumatic dimensioning distribution network resources provided by Fialho (2004) in order to calculate the minimum piping internal diameter. The public health care facility is comprised of wards, isolation and general observation rooms, intermediate units (IU), intensive care units (ICU) and operating rooms. The number of outlets requested by the contractor of the service is checked with the normative information, in addition to the established layout and pipe dimensioning. Finally, the distribution network is dimensioned in compliance with the area and their ramifications presenting a total peak design flow of 468,3 m³/h. Furthermore, the project predicts future expansions, where the main network supply equipment is suggested with observations related to oversizing caused by the contractor request in operating rooms.

Keywords: Medical air. Compressed air. NBR 12188. Pipe dimensioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Pressões absoluta e manométrica relativas aos níveis de referência mostrados.....	19
Figura 2	– Diagrama de fluxo unifilar simplificado para uma planta de separação criogênica de gases.....	28
Figura 3	– Estrutura de pratos de separação em coluna criogênica.....	29
Figura 4	– Esquema de funcionamento de um misturador de ar medicinal sintético.....	30
Figura 5	– Principais componentes da produção de ar comprimido medicinal.....	31
Figura 6	– Principais modelos de compressores.....	32
Figura 7	– Faixas de operação de diferentes tipos de compressores.....	33
Figura 8	– Tipos de compressores recomendados para utilização medicinal.....	34
Figura 9	– Esquema de instalação de ar comprimido medicinal.....	38
Figura 10	– Projeto Instituto Dr. José Frota II.....	46
Figura 11	– Instalação de ar medicinal por níveis do IJF 2.....	47
Figura 12	– Localização da central de suprimento de ar medicinal comprimido do IJF 2...	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição de custo de uma instalação de ar comprimido em 10 anos.....	18
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Condições da atmosfera padrão nos EUA ao nível do mar.....	20
Tabela 2	– Composição do ar seco ao nível do mar (relativamente constante até 25 km de altitude)	22
Tabela 3	– Presença de água no ar atmosférico.....	23
Tabela 4	– Requisitos de qualidade do ar distribuído por central de suprimentos com dispositivo de mistura.....	25
Tabela 5	– Comparação entre processos de separação de gases.....	26
Tabela 6	– Ponto de ebulição dos gases.....	27
Tabela 7	– Requisitos de qualidade do ar distribuído por central de suprimentos de ar comprimido medicinal com compressor.....	31
Tabela 8	– Cor de identificação de gases e vácuo para uso em serviços de saúde.....	37
Tabela 9	– Vão máximo entre os suportes dos tubos.....	42
Tabela 10	– Comprimento equivalente dos acessórios da rede de distribuição de ar comprimido medicinal do IJF 2.....	44
Tabela 11	– Características dimensionais dos tubos da rede de distribuição.....	45
Tabela 12	– Número totais de leitos e pontos de consumo de ar medicinal.....	48
Tabela 13	– Vazão de projeto de ar medicinal comprimido por nível do IJF 2.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASU	<i>Air Separation Unit</i>
EAS	Estabelecimento de Assistência à Saúde
EUA	Estados Unidos da América
HPC	<i>High-Pressure Column</i>
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IJF	Instituto Dr. José Frota
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITM	<i>Ion Transport Membrane</i>
LPC	<i>Low-Pressure Column</i>
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
PAE	Painel de Alarme de Emergência
PAO	Painel de Alarme Operacional
PSA	<i>Pressure Swing Adsorption</i>
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SEINF	Secretaria Municipal da Infraestrutura
SEGA	Sistema de Exaustão de Gases Anestésicos
SI	Sistema Internacional
TSA	<i>Temperature Swing Adsorption</i>
UI	Unidade Intermediária
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE SÍMBOLOS

Ar	Argônio
CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de carbono
d_i	Diâmetro interno
f	Umidade absoluta
$f_{m\acute{a}x}$	Umidade máxima
g	Gravidade
h	Altura
H_2	Hidrogênio
He	Hélio
Kr	Criptônio
L_t	Comprimento total
n	Número de mols
N_2	Nitrogênio
Ne	Neônio
NO_2	Nitroso
NO_x	Óxidos de nitrogênio
O_2	Oxigênio
$p_{absoluta}$	Pressão absoluta
$p_{atmosf\acute{e}rica}$	Pressão atmosférica
$p_{manom\acute{e}trica}$	Pressão manométrica
P	Pressão de regime
$P1$	Pressão de entrada
$P2$	Pressão de saída
Q	Vazão de projeto ou volume de ar corrente do trecho
R	Constante universal dos gases ideais
SO_2	Dióxido de enxofre
T	Temperatura
$V1$	Volume na entrada
$V2$	Volume na saída
Xe	Xenônio

ΔP	Perda de carga admitida
γ	Peso específico
μ	Viscosidade
ρ	Massa específica
φ	Umidade relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	16
2.1 Ar Comprimido: Contexto Histórico e Econômico	16
2.2 Conceitos e Propriedades Físicas do Ar	18
2.2.1 Pressão	19
2.2.2 Gás Ideal	20
2.2.3 Umidade	21
2.3 Gases Medicinais	23
2.4 Sistemas Centralizados de Ar Medicinal Comprimido	24
2.4.1 Ar Sintético Medicinal	25
2.4.2 Ar Comprimido Medicinal	30
2.4.2.1 Compressores de Ar	32
2.4.2.2 Resfriadores	35
2.4.2.3 Filtros	35
2.4.2.4 Secadores de Adsorção	36
2.5 ABNT NBR 12188: Qualidade e Segurança	36
2.5.1 Tubulações e distribuição	37
2.5.2 Segurança operacional	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 Localização da central de suprimento principal e reserva de ar medicinal	40
3.2 Estabelecimento da vazão de projeto	41
3.3 Seleção e esboço de <i>layout</i> da tubulação	41
3.4 Determinação de vazão por seções	43
3.5 Dimensionamento da tubulação	43
3.6 Seleção do compressor	44
4 ESTUDO DE CASO	46
4.1 Parâmetros de Projeto	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1 Localização da central de suprimento principal e reserva de ar medicinal	49
5.2 Estabelecimento da vazão de projeto	49
5.3 Seleção e esboço de <i>layout</i> da tubulação	51
5.4 Determinação de vazão por seções	52
5.5 Dimensionamento da tubulação	52
5.6 Seleção do compressor	53

6 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXO A – FATORES DE SIMULTANEIDADE E DEMANDA POR POSTOS DE CONSUMO SEGUNDO ABNT NBR 12188:2016	58
ANEXO B – PLANTAS BAIXAS: IMPLEMENTAÇÃO, DETALHAMENTO E ENCAMINHAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE AR MEDICINAL COMPRIMIDO SUGERIDO AO IJF 2.....	63
APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO	77

1 INTRODUÇÃO

Patologias e condições clínicas de diferentes naturezas podem alterar o comportamento do corpo humano e prejudicar a habilidade natural de respirar, seja na deficiência ou a perda total do funcionamento dos pulmões. Assim, o metabolismo do paciente é diretamente afetado, impedindo ou limitando a absorção de oxigênio necessário. Frente a essa realidade, a indústria medicinal enxergou o ar respirável como medicamento. Utilizado em máquinas e equipamentos desenvolvidos para tratamentos gasoterápicos, o ar sintético medicinal é um dos principais insumos nas técnicas relacionadas à preservação da respiração fisiológica: empregado na ventilação mecânica, para pacientes com deficiência pulmonar; durante anestésias e reanimações; ainda em nebulizadores, que permitem tratamentos via inalação usando o ar como veículo de medicações (AIR LIQUIDE, 2018).

Ainda nos estágios iniciais da civilização humana tomou-se o ar como elemento primordial na sobrevivência. Quando percebido que o ar dos pulmões ajudaria na geração do fogo houve uma revolução no modo de sobrevivência na humanidade. Parascandola e Ihde (1969) lembram que a alquimia, por mais de 1,5 milênio, tratava o ar como elemento e não como uma substância em estado gasoso. E ainda, que nada sugeria a mistura de gases, onde era muito mais fácil estudar o tangível (sólidos e líquidos) do que o intangível.

Hoje, como uma importante fonte para condução de energia em diversas áreas da indústria, o ar comprimido é utilizado principalmente na conversão da energia pneumática em mecânica. Contudo, as aplicações do ar comprimido não são limitadas a operações de controle. Frente a crescente demanda pelo consumo de ar sintético em instituições hospitalares junto às limitações físicas de estocagem do mesmo, a oportunidade de geração, distribuição e consumo de ar medicinal produzido por compressores fez-se necessidade em muitos estabelecimentos de cuidados de saúde.

Os gases medicinais são definidos pela Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) 69/2008 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como “medicamentos dispostos na forma de gás, gás liquefeito ou líquido criogênico isolados ou associados entre si aplicados em seres humanos para fins de diagnóstico médico, tratamento ou prevenção de doenças e para restauração, correção ou modificação de funções fisiológicas”. A produção desses gases é considerada pela ANVISA (2008) como um processo industrial especializado, que por não ser executado em laboratórios farmacêuticos convencionais, precisam ter seu controle de qualidade e especificidades de produção identificados e fiscalizados. Além disso a RDC 50/2002 da ANVISA corrobora com a ABNT NBR 12188 (ASSOCIAÇÃO

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016) fortalecendo as regras e requisitos mínimos para centrais de suprimentos de ar comprimido medicinal com compressor de modo a garantir a qualidade do ar fornecido para o estabelecimento de saúde, comparável a qualidade do ar medicinal sintético e de modo que esse fornecimento não seja interrompido, já que é um medicamento essencial de suporte à vida.

1.1 Justificativa

Levando em considerações questões econômicas, capacidade física e segurança da área hospitalar, a utilização de compressores para geração e fornecimento de ar medicinal de forma segura e eficiente para um hospital de rede pública fez-se opção para as necessidades em questão. O correto dimensionamento e escolha de equipamentos adequados ao suprimento do estabelecimento de saúde permitem garantia de qualidade no ar medicinal fornecido, além de evitar danos a rede de distribuição e interrupção do fornecimento de medicamento vital a certos pacientes.

1.2 Objetivo geral

Propôs-se no presente trabalho, dimensionar uma rede de distribuição de ar medicinal fornecido por compressores para um hospital de grande porte na região metropolitana de Fortaleza, visando projeto e segurança de abastecimento segundo normas brasileiras.

1.3 Objetivos específicos

- Identificar os princípios fundamentais e normas para dimensionamento correto e eficiente de uma rede de distribuição de ar medicinal comprimido;
- Identificar os principais componentes e equipamentos de um sistema de ar medicinal fornecido por compressores;
- Pontuar os padrões de qualidade de gases medicinais exigidos pelas principais instituições reguladoras da indústria medicinal;
- Estabelecer a capacidade de fornecimento necessária, segundo NBR 12188;
- Selecionar compressor adequado ao abastecimento.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

A ampla gama de aplicações do ar comprimido nos segmentos industriais incentivou o desenvolvimento de máquinas e equipamentos para usos diversos desde o transporte de insumos, passando por linhas de montagens até embalagem dos produtos. Uma notável aquisição da engenharia para produção e logística em muitas operações fabris, e por isso a disponibilidade abundante do insumo não limita a criatividade do uso das leis de compressão dos gases em favor da ciência e tecnologia. No entanto, as operações medicinais trouxeram um novo patamar de exigência de qualidade do ar quando utilizado como medicamento. Assim, da geração, distribuição e até o consumo final pelos pacientes e equipamentos medicinais deve-se seguir rigorosamente as normas e padrões de qualidade e segurança.

2.1 Ar Comprimido: Contexto Histórico e Econômico

Produzir fogo, movimentar e fabricar peças, nada disso seria possível sem o ar em que estamos imersos. Sua utilização na forma comprimida é anterior aos anseios de alçar voo de Leonardo Da Vinci e contribuíram para o ascendente papel do ar comprimido na indústria depois da primeira metade do século XIX. Parker (2006) lembra as bíblicas referências ao uso do ar comprimido na fundição de metais como prata, ferro e chumbo, que demonstram a relevância da produção e construção de energia e máquinas pneumáticas. Essas últimas inicialmente dotavam de um cilindro de madeira e êmbolo, e ainda reutilizavam a energia gerada pela dilatação do ar aquecido. Alexandria, ainda no século III a.C., tinha a primeira Escola de Mecânicos fundada por Ctesibios, precursor da técnica de comprimir o ar.

Depois de séculos negligenciados pela falta de equipamentos e incentivos em aplicações práticas, estudiosos como Galileu, Guericke, Boyle e Bacon retomaram os estudos sobre o ar e observaram as leis naturais de expansão e compressão dos gases culminando na invenção de Evangelista Torricelli para medição da pressão atmosférica com tudo de mercúrio (PARKER, 2006). Depois disso, o surgimento da primeira máquina acelerou a indústria de forma geral. Nos séculos seguintes, as maneiras de aplicar o ar comprimido se tornaram diversas e as técnicas foram aprimoradas, transformando todos os seguimentos industriais.

Rocha e Monteiro (2009) afirmam que o tema ar comprimido pode ser debatido e estudado em três partes: geração, distribuição e consumo. A primeira referente a captação, compressão, tratamento e armazenamento do ar. A segunda tratando do transporte do ar

comprimido até seus pontos de consumo. Por fim, o último pode abranger diversos segmentos industriais. Com aplicações limitadas a imaginação dos engenheiros dos dias atuais, algumas se tornaram referências: como em ferramentas tipo rompedores ou martelos pneumáticos, na transformação de energia pneumática em mecânica; e também na automatização de estações de montagem, controle de válvulas e pistões pneumáticos que permitem a integração de uma linha de produção com atuadores de velocidade e precisão controladas.

Na indústria cimenteira é comum o uso de ar comprimido para transporte pneumático e descarregamento de vagão de cimentos, onde como um processo de extrusão pulsante, uma pequena quantidade de ar movimentada grandes quantidades de um sólido. Ainda alta reatividade do cimento com água e óleos exige tratamento especial do ar para ser seco e limpo. O segmento de produção de eletrônicos utiliza ar comprimido para processos que separam, prensam, perfuram e posicionam componentes; a indústria têxtil comprime o ar para texturizar e pintar os tecidos de todas as naturezas; no setor automotivo, a pintura dos carros é feita utilizando robôs pneumáticos; os segmentos de bebidas e alimentos utilizam o ar comprimido no engarrafamento, empacotamento, transporte para distribuição e outras inúmeras aplicações desde a produção até a logística, exigindo alta qualidade do ar para evitar contaminação das bebidas e alimentos por impurezas, óleos ou qualquer outro tipo de agente contaminante. Por fim, mas não somente, as aplicações de ar comprimido na indústria medicinal ultrapassaram o setor de utilidades e chegaram a ser insumo direto para consumo de pacientes, podendo-se dizer que é aplicado na manutenção da vida.

Segundo Atlas Copco (2015), em um período de 10 anos de implantação, um sistema de ar comprimido tem 73% das despesas totais contabilizadas pelo consumo de energia elétrica, enquanto 19% dos gastos representam a parcela do investimento inicial, conforme Gráfico 1. Os custos com energia elétrica podem chegar a 40% das despesas totais de uma indústria (FIRJAN, 2017). A nível mundial 2% do consumo de energia elétrica provem da utilização de compressores de ar (ATLAS COPCO, 2014). Sabendo-se que em 2014 a eletricidade brasileira era a 11ª mais cara do mundo custando 310,67 R\$/MWh, enquanto em 2017 o valor era de 402,30 R\$/MWh subindo cinco posições no *ranking* mundial (FIRJAN, 2017), a crescente elevação dos preços impacta diretamente na matriz orçamentária das indústrias consumidoras de ar comprimido.

Para ilustrar as perdas em termos financeiros Metalplan (2017) afirma que são geradas 6 bilhões de toneladas de ar comprimido anualmente, requerendo 500 bilhões de kWh, o que representa um custo de 30 bilhões de dólares à indústria. Além disso, a realidade tarifária

brasileira no consumo de energia elétrica, impostos como ICMS, de 27% no caso do Ceará, e o PIS/CONFINS a nível federal (METALPLAN, 2017) pesam sobre as despesas.

Gráfico 1 – Distribuição de custo de uma instalação de ar comprimido em 10 anos



Fonte: Adaptado de Atlas Copco (2015).

O crescimento do mercado atual exigiu das companhias a diminuição dos custos operacionais para seguir com preços competitivos que satisfaçam clientes e acionistas. Vista as condições da matriz energética brasileira com a escassez de recursos hídricos e o crescente consumo de energia térmica para suprir a demanda de geração de energia elétrica (FIRJAN, 2017), é necessário a correta aplicação, dimensionamento, manutenção e consumo consciente do ar comprimido em todos os seguimentos industriais.

2.2 Conceitos e Propriedades Físicas do Ar

A compreensão da utilização da energia mecânica na compressão do ar é tão relevante quanto as propriedades físicas inerentes a ele. O conceito de fluido para engenharia faz-se relevante a esse estudo, onde segundo Fox et al. (2009, p. 3)

[...] um fluido é uma substância que se deforma continuamente sob aplicação de uma tensão de cisalhamento (tangencial), não importando o quão pequeno seja o seu valor. Como o movimento do fluido continua sobre a aplicação dessa, definimos o fluido também como uma substância que não pode sustentar uma tensão de cisalhamento quando em repouso.

Magee e Tooley (2011) identificam os fluidos como líquidos e gases, onde suas propriedades físicas alteram o comportamento do fluxo que também dependem da geometria

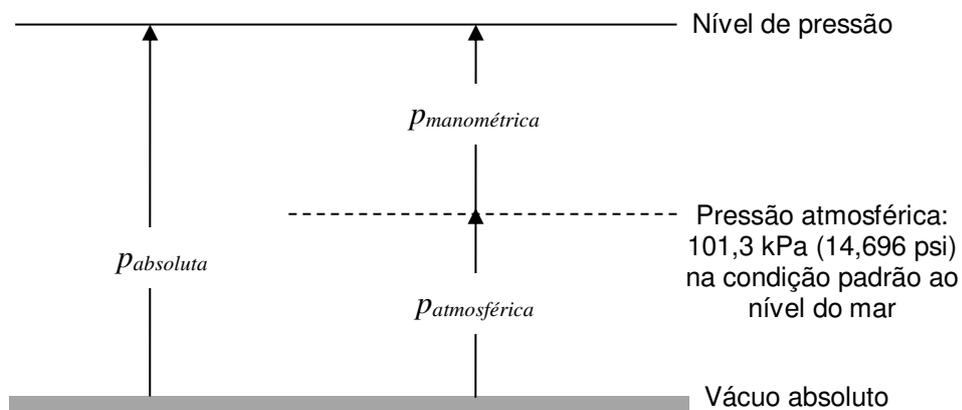
dos dutos e tubos que percorrem e do regime de pressão submetidos. Portanto, sem o conhecimento sobre o comportamento do ar quando comprimido e conceitos como o de gás ideal e pressão, o estudo sobre o fluido em questão fica comprometido.

2.2.1 Pressão

Considerada uma característica macroscópica de um sistema, a pressão é avaliada por Moran et al. (2014) como uma propriedade importante na predição do comportamento do sistema, a qual pode-se atribuir um valor em um dado tempo sem o conhecimento do histórico comportamental do sistema. Gaffney e Marley (2018) citam a predição do comportamento de uma massa fixa de gás somente pela pressão, temperatura e volume. Dentro de um recipiente, as moléculas de gases estão em constante colisão com as paredes do mesmo. Essas colisões exercem uma força sobre a superfície do recipiente, assim, quanto maior o número de colisões por área da superfície, maior a pressão do gás.

No entanto, a determinação da pressão de um fluido não é tão trivial. Fox et al. (2010) lembra que a gravidade como única força de campo do sistema e o eixo de referência na mesma direção gravitacional devem ser levados em consideração. É importante estabelecer o nível de referência para os valores de pressão para a consistência dos cálculos (FOX et al, 2010). Como indicado na Figura 1, a pressão absoluta toma o vácuo absoluto (pressão zero) como nível de referência, enquanto a pressão manométrica usa a pressão atmosférica como referencial.

Figura 1 – Pressões absoluta e manométrica relativas aos níveis de referência mostrados.



Fonte: Adaptado de Fox et al. (2010).

Nas condições citadas, pode-se conferir a validade da Equação 2.1.

$$p_{manométrica} = p_{absoluta} - p_{atmosférica} \quad (2.1)$$

Como o primeiro a sugerir que o ar atmosférico tinha peso, Torricelli provou que a pressão atmosférica sobre a superfície de um fluido poderia conduzi-lo por um tubo vazio até certa altura (GAFFNEY; MARLEY, 2018), juntando as considerações anteriores de Fox et al. (2010) para hidrostática é possível chegar à equação 2.2. Magee e Tooley (2011) concluem que pressão atmosférica que nos cerca é o peso da atmosfera sobre nós ou um determinado ponto na superfície terrestre, atuada pela aceleração da gravidade, comportando-se como um recipiente pressurizado. Assim, verifica-se que a pressão atmosférica varia de acordo com a altitude local e peso específico do ar atmosférico. Fox et. al. (2010) adota o padrão de atmosfera americano em relação ao nível do mar, como indicado na Tabela 1, para fins práticos.

$$p = \rho gh \quad (2.2)$$

Tabela 1 – Condições da atmosfera padrão nos EUA ao nível do mar.

Propriedade	Símbolo	SI	Inglês
Temperatura	T	15 °C	59 °F
Pressão	p	101,3 kPa (abs.)	14,696 psia
Massa Específica	ρ	1,125 kg/m ³	0,002377 slug/ft ³
Peso Específico	γ	---	0,07561 lbf/ft ³
Viscosidade	μ	$1,789 \times 10^{-5}$ kg/ (m · s) (Pa · s)	$3,737 \times 10^{-7}$ lbf · s/ft ²

Fonte: Adaptado de Fox et al. (2009).

2.2.2 Gás Ideal

As leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac descrevem o comportamento dos gases baseadas em três propriedades: temperatura, pressão e volume. Gaffney e Marley (2018) destacam que as leis podem ser combinadas em uma única lei para encontrar as propriedades quando mais de uma propriedade muda. Tal lei determina uma equação geral dos gases, a qual afirma que a razão entre o produto da pressão e volume e a temperatura absoluta de uma massa de gás fixa em Kelvin permanece constante. No entanto, limitada a uma massa de gás constante, a lei combinada dos gases é insuficiente para descrever o comportamento desses. Avogrado

propôs então que à mesma pressão e temperatura, volumes iguais de gases continham o mesmo número de moléculas independente da natureza química e propriedades físicas (GAFFNEY; MARLEY, 2018). Sendo assim, à determinada uma pressão e temperatura, existe proporcionalidade entre o volume e número de mols (n) de um gás. Combinando então as três leis e a hipótese de Avogrado, pode-se chegar a lei dos gases ideais (Equação 2.3), onde sendo R é a constante universal dos gases ideais, o produto entre pressão e volume de um gás ideal é igual ao produto da temperatura absoluta desse gás, a quantidade do gás e a constante universal dos gases (FOX et al., 2010; GAFFNEY; MARLEY, 2018).

$$pV = nRT \therefore p = \rho RT \quad (2.3)$$

Destacando que o ar atmosférico é mistura de vários gases, deve-se ressaltar que cada gás da mistura tem uma pressão parcial, idealmente, como se ele sozinho ocupasse o mesmo volume que a mistura a uma mesma temperatura. Portanto, a pressão total da mistura é a soma das pressões parciais dos gases na mistura. Na pneumática, entretanto, gases ideais e gases reais são apresentados em diferentes termos. Eletrobrás et al. (2009) afirma que a medida que há alta elevação de pressão, grande queda de temperatura e/ou o gás seja de liquefação complexa o compor nota-se o afastamento do comportamento de gás ideal. Entretanto, pode-se tratar gases reais como ideais tirando casos bem específicos de combinações de propriedades extremas.

2.2.3 Umidade

A turbulência geral da atmosfera permite tratar o ar seco como uma mistura de gases quase imutável, uma composição padrão de aproximadamente 78% de Nitrogênio, 21% de Oxigênio e 1% de outros gases, conforme Tabela 2. No entanto, as condições climáticas e localização geográfica influenciam diretamente na concentração de vapor de água na atmosfera. O ar atmosférico, então, deve ser tratado como uma mistura binária de ar seco e vapor de água resultando no ar úmido.

A umidade é importante propriedade para os estudos de transferência de calor, viscosidade e densidade do ar, impactando nas propriedades de transporte do ar além de resultar outros problemas quando presente no ar comprimido. Telles (2001) reconhece o problema da água condensada pelo resfriamento do ar úmido no processo de compressão, em todas as tubulações de ar comprimido industriais. Na indústria medicinal, o vapor de água é tido como

um dos contaminantes do ar que podem, juntamente ao comprometimento da velocidade do ar comprimido, causar escoriações no compressor, nos equipamentos a jusante ou até queda da pressão, incluindo a possibilidade de entupimento dos acessórios de saída para consumo e oxidação dos componentes.

Tabela 2 – Composição do ar seco ao nível do mar (relativamente constante até 25 km de altitude).

Gás	Volume (%)
Nitrogênio, N ₂	78,084
Oxigênio, O ₂	20,9476
Argônio, Ar	0,934
Dióxido de Carbono, CO ₂	0,0314
Neônio, Ne	0,001818
Hélio, He	0,000524
Criptônio, Kr	0,000114
Xenônio, Xe	0,0000087
Hidrogênio, H ₂	0,00005
Metano, CH ₄	0,0002
Óxido Nitroso, NO ₂	0,00005
Ozônio	0-0,000007

Fonte: Atlas Copco, 2015.

Paralelamente, Sparks e Chase (2016) inferem que o total de água presente no ar úmido é diretamente proporcional a temperatura do ar ambiente e inversamente proporcional a pressão atmosférica. Para o controle da umidade presente no ar comprimido, a umidade relativa do ar é um dos parâmetros utilizados na engenharia, onde umidade relativa (φ) é definida como a razão entre umidade absoluta (f) e umidade máxima (f_{max}). Sendo umidade absoluta o volume de vapor de água contido em 1 m³ de ar, e umidade máxima o volume máximo de vapor de água que 1 m³ de ar pode conter a uma certa temperatura (BOSCH, 2008). Ainda, f_{max} varia com a temperatura de orvalho, também denominada ponto de vapor, por identificar a temperatura do gás para obtenção de vapor de água condensado, como indica a Tabela 3.

Tabela 3 – Presença de água no ar atmosférico.

Ponto de Vapor	Umidade Máx.
(°C)	(g/m³)
-20	0,880
-10	2,156
0	4,868
10	9,356
20	17,148
30	30,078
40	50,672
50	82,257
60	129,020
70	196,213
80	290,017
90	417,935

Fonte: Adaptado de Bosch, 2008.

2.3 Gases Medicinais

Frente a crescente demanda por novas tecnologias e aplicações hospitalares, a engenharia clínica acompanha o fornecimento de gases medicinais a um estabelecimento assistencial de saúde (EAS) de modo a suprir ininterruptamente tais gases e adequar seu uso a cada setor hospitalar. ANVISA (2008) classifica os gases quanto as condições de armazenamento como: “gás comprimido, qualquer gás ou mistura de gases que exerça no recipiente uma pressão absoluta maior ou igual a 280 kPa a 20°C; gás liquefeito, gás embalado sob pressão que é parcialmente líquido (gás sobre um líquido) acima de -50°C; gás ou líquido criogênico, gás refrigerado e liquefeito com ponto de ebulição menor ou igual a -150°C na pressão absoluta de 101,3 kPa”. Os gases medicinais são também definidos pela ANVISA (2008) como gás, gás liquefeito ou líquido criogênico, misturados ou não, com o objetivo de prevenir ou medicar patologias em seres humanos de modo a diagnosticar, reparar, reinstaurar ou alterar funções fisiológicas. No entanto, a regulamentação para a produção desses produtos tem qualidade e segurança fiscalizados e normatizados pela ANVISA (2008) e pela ABNT NBR 12188 (2016), já que é um processo industrial especializado não realizado em laboratórios farmacêuticos convencionais. Portanto, como definido pela RDC 70/2008, gases medicinais de

uso consagrado são aqueles com utilização clínica conhecida a mais de uma década e onde suas propriedades clínicas, pré-clínicas e farmacêuticas são legitimadas por materiais bibliográficos (ANVISA, 2008). Ainda nessa resolução são listados os gases medicinais de uso consagrado como: ar medicinal, ar medicinal sintético, dióxido de carbono medicinal, nitrogênio medicinal, óxido nitroso medicinal e oxigênio medicinal.

O ar medicinal pode ser definido como um medicamento regulamentado e de produção controlada obtida através da mistura de oxigênio e nitrogênio medicinal estéril ou por meio de filtragem e limpeza do ar externo. Como medicamento, o ar medicinal é utilizado de forma gasoterápica, ou seja, administrado para absorção do organismo do paciente. Seu uso pode ser ilustrado com a ventilação pulmonar e inalação, com o objetivo de transporte de medicamentos; tratamentos intensivos por meio de ventilação mecanizada, em detrimento a deficiência ou perda da habilidade respiratória; centros cirúrgicos, utilizando como diluidor de anestésicos (DUARTE, 2017). Ainda como insumo hospitalar, ele pode ser aplicado em ferramentas médicas pneumáticas, como serras, martelos e furadeiras cirúrgicas, além de ser utilizado na sala de expurgos para limpeza e descontaminação de equipamentos e acessórios médico-cirúrgicos. Pela extensa aplicação, mas levando em consideração a variedade de tamanho e foco dos EAS, diferentes modais de fornecimento de ar medicinal foram criados como formas de suprimento desse medicamento. Sendo os principais modelos de armazenamento e distribuição: por cilindros ou central de cilindros, tanques criogênicos junto a um dispositivo especial de mistura, e geração e distribuição por compressores.

2.4 Sistemas Centralizados de Ar Medicinal Comprimido

O conjunto constituído pelos suprimentos primários e secundários ou reservas para cada tipo de gás medicinal, quando conectados entre si no objetivo de suprir continuamente a rede de distribuição de uma instalação de gases medicinais é denominado central de suprimento (ABNT, 2016). Um sistema centralizado é o agrupamento composto pela central de suprimento, rede de distribuição e postos de consumo medicinais. O ar medicinal, como anteriormente destacado, pode ser suprido de diferentes formas, podendo destacar para EAS de maior complexidade, centrais de suprimento de ar sintético medicinal e centrais de ar comprimido medicinal. Sendo o ar sintético medicinal referente ao fornecimento através de dispositivo especial de mistura e o ar comprimido medicinal através de compressores. Cada tipo de suprimento tem variáveis diferentes de armazenamento, consumo, custo e até mesmo

disponibilidade física do EAS para suportar os equipamentos, que devem ser levadas em consideração durante o projeto de aplicação (SANTOS, 2002).

2.4.1 Ar Sintético Medicinal

A ISO 7396-1 (*International Organization for Standardization*, 2016), observa um padrão de qualidade do ar que ABNT NBR 12188 (2016) absorveu, assim a fabricação do ar medicinal sintético deve ser seguida de acordo com a Tabela 4. A norma brasileira também requisita a pureza mínima de 99% do nitrogênio e de 99% oxigênio medicinal da mistura. Esses gases consagrados por si só têm utilizações importantes em ambiente hospitalar. Para a produção do ar medicinal sintético, é preciso entender a separação do nitrogênio e oxigênio do ar. Nesse contexto, sendo líquidos de forma criogênicos e armazenados em tanques estacionários que são vaporizados para depois passar pelo processo de mistura.

Tabela 4 – Requisitos de qualidade do ar distribuído por central de suprimentos com dispositivo de mistura.

Componentes	Simbologia	Concentração permitida (v/v)
Nitrogênio medicinal	N ₂	Balanço
Oxigênio medicinal	O ₂	19,95% a 23,63%
Vapor de água	-	67 ppm máx.

Fonte: Adaptado de ABNT, 2016.

O nitrogênio medicinal (N₂), também denominado azoto (ANVISA, 2008), é um gás inodoro e incolor que pode ser fornecido comprimido ou liquefeito sendo classificado pela NR-15 como um gás asfixiante simples (WHITE MARTINS, 2018). Sua aplicação em forma gasosa destina-se ao uso como meio de deslocamento de equipamentos cirúrgicos sendo fonte de pressão para instrumentos pneumáticos, além de aplicado em misturas como elemento de balanço, enquanto que em estado criogênico é reconhecido pelo processo de resfriamento e congelamento de amostras (AIR LIQUIDE, 2012).

Enquanto o oxigênio medicinal (O₂) é um gás inodoro, incolor quando comprimido, é azul pálido quando liquefeito, sendo denominado oxidante, ou seja, pode causar ou intensificar e acelerar o processo de combustão (WHITE MARTINS, 2018; LYMAN, 2018). Com inegável papel no suporte à vida, encontra-se em aproximadamente 21% na atmosfera e

pode ser aplicado de diversas formas. Na medicina, ele pode ser utilizado como veículo para outros medicamentos, durante inalação; em tratamentos intensivos e parte da mistura gasosa que intensifica os halogenados anestésicos; tratamento de hipóxia (baixo nível de oxigênio em tecidos e sangue); terapias hiperbáricas, quando intoxicação por monóxido de carbono; e ainda associado a outros gases em misturas especiais (AIR LIQUIDE, 2012).

Smith e Klosek (2001) classificam o processo de separação de gases em processos não-criogênicos e processos criogênicos. Métodos de adsorção, processos químicos, membranas poliméricas e membrana de transporte de íons (ITM), são processos não-criogênicos; enquanto uma unidade de separação de gases (ASU) convencional utiliza múltiplas colunas criogênicas de separação. A seleção do processo de separação é baseada em vários fatores determinantes: pureza, número de produtos e subprodutos, ponderação entre custos de capital e consumo energético, e integração entre a unidade separadora e o consumidor. A Tabela 5 resume os fatores de decisão trazidos por Smith e Klosek (2001).

Tabela 5 – Comparação entre processos de separação de gases

Processo	Status	Capacidade de produção de subproduto	Limite de pureza (vol %)
Adsorção	Semi-aperfeiçoado	Baixa	95
Processos químicos	Em desenvolvimento	Baixa	+ 99
Criogênico	Aperfeiçoado	Excelente	+ 99
Membranas poliméricas	Semi-aperfeiçoado	Baixa	~ 40
ITM	Em desenvolvimento	Baixa	+ 99

Fonte: Adaptado de Smith e Klosek, 2001.

O processo de separação dos gases de maneira criogênica é a opção mais adequada em escala industrial. O processo criogênico é genericamente resumido em filtragem, compressão e resfriamento do ar atmosférico (SANTOS, 2002). Pode-se obter como produto da destilação fracionada criogênica o nitrogênio, oxigênio e, em plantas de separação mais complexa, o argônio. Utiliza-se do ponto de ebulição de cada componente para o controle e separação através da liquefação dos gases (Tabela 6).

Tabela 6 – Ponto de ebulição dos gases

Gases presentes na atmosfera	Temperatura de ebulição (a 1 bar)	Temperatura de ebulição (a 1,55 bar)	Temperatura de ebulição (a 6,2 bar)
Oxigênio (O ₂)	-183,0 °C	-178,6 °C	-162,3 °C
Argônio (Ar)	-185,9 °C	-181,6 °C	-164,4 °C
Nitrogênio (N ₂)	-195,8 °C	-191,9 °C	-176,4 °C

Fonte: Linde, 2017; White Martins, 2013.

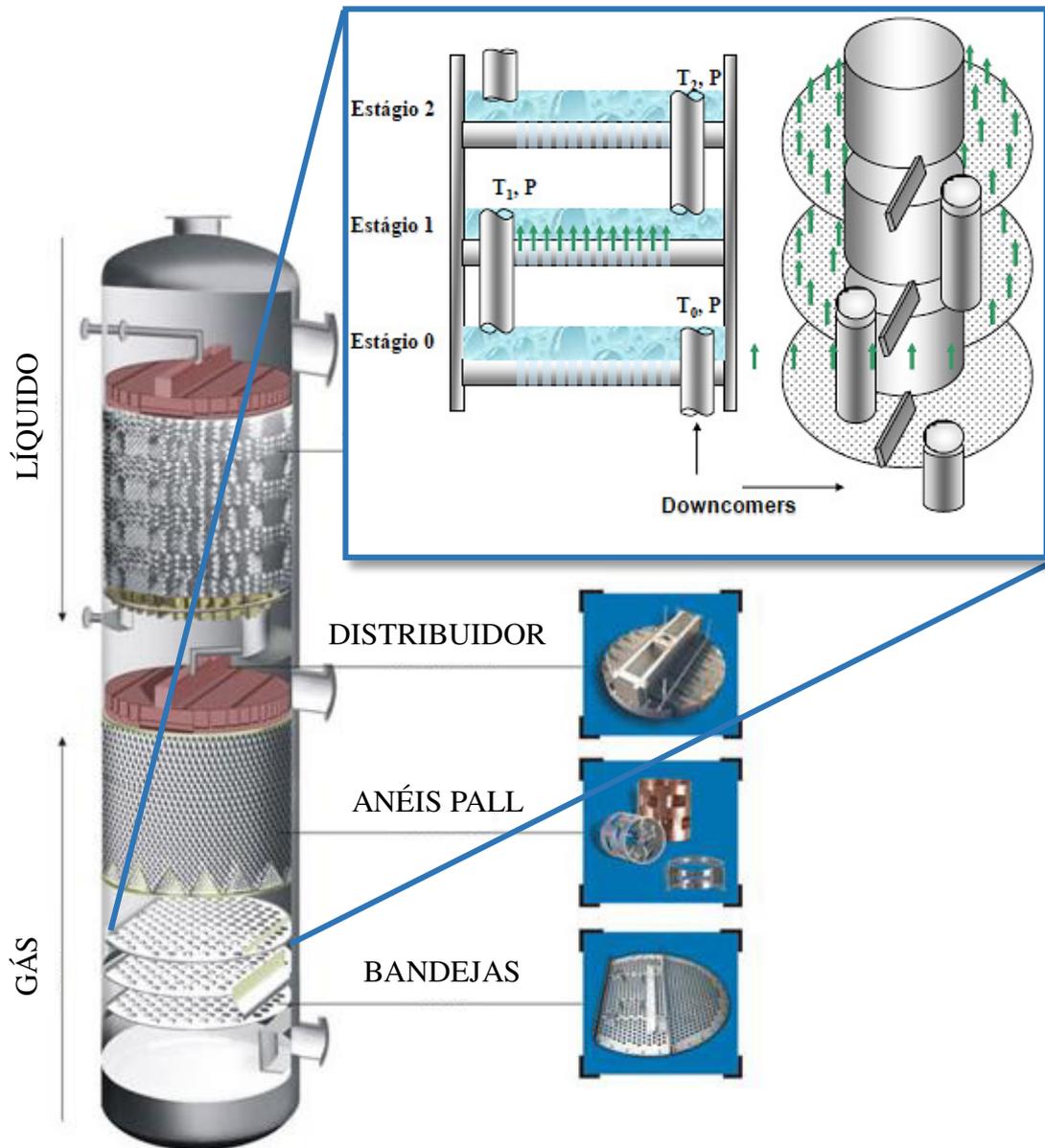
Zhu et al. (2010) em um estudo da otimização das colunas de separação de ar destaca a estrutura simplificada de uma ASU em particular de acordo com a Figura 2. A separação dos gases liquefeitos é feita pela altura de posicionamento das bandejas das colunas de destilação criogênica como mostrado na Figura 3. Castle (2002) descreve de forma sucinta os passos de uma planta de separação de gás.

Primeiramente o ar passa pelos primeiros filtros de partículas sólidas e é comprimido até aproximadamente 6 bar (LINDE, 2017). Depois o ar segue para resfriamento por contato direto com água, seguindo então para os secadores de adsorção pelos moleculares de sieves usando tecnologia PSA (*Pressure Swing Adsorption*) ou TSA (*Temperature Swing Adsorption*) onde são livres de dióxido de carbono, hidrocarbonetos e vapor de água.

Seguindo para o arrefecimento do ar para liquefação no trocador de calor na “*Cold Box*”, essa armazena além do trocador de calor as colunas de destilação de alta e baixa pressão, onde a maior troca de calor da operação (LINDE, 2017). Os produtos gasosos da separação são aquecidos para segregação trabalhando os fluxos e contra-fluxos, principalmente usando as baixas temperaturas do nitrogênio residual do processo.

Por fim, segue para as colunas de destilação. O fluxo de ar filtrado e resfriado segue para a coluna de alta pressão (HPC) onde ocorre a pré-separação do denominado oxigênio cru, líquido com 38-40% de oxigênio e nitrogênio puro no topo da coluna (CASTLE, 2002). A HPC com aproximadamente 5,6 bar (LINDE, 2017) gera aumento no diferencial das temperaturas de ebulição entre o oxigênio e o nitrogênio. O líquido rico em oxigênio é então aquecido para ser reprocessado na coluna de baixa pressão (LPC) com aproximadamente 1,5 bar onde no fundo da coluna é condensado o oxigênio puro (99,995%) e nitrogênio residual do topo segue para troca de calor nos processos anteriores. Quando a engenharia da planta de separação é mais desenvolvida, entre o topo e o fundo da LPC é retirado o argônio cru que passa por outra coluna estagiada para refino do argônio.

Figura 3 – Estrutura de pratos de separação em coluna criogênica

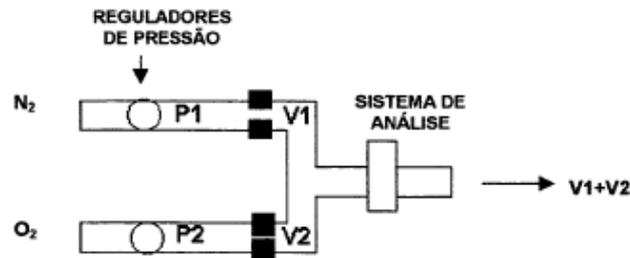


Fonte: Adaptado de White Martins, 2017; Ambani Metals, 2016.

Depois de armazenados em tanques diferentes, o oxigênio e nitrogênio liquefeitos são separadamente vaporizados com auxílio de trocadores de calor denominados vaporizadores, seguindo então com a mesma pressão até a entrada do dispositivo de mistura. O misturador utiliza dois gases em tubulações independentes que, a uma mesma pressão, passam por orifícios de diâmetros calculados e calibrados de modo que se permita uma proporcionalidade da mistura adequada ao sistema, como na Figura 4. Nesta, P_1 igual a P_2 e os orifícios são tais que garantam

a proporção de 0,79 V1 e 0,21 V2, tendo-se então a produção do ar medicinal sintético, seguindo para armazenamento em um tanque pulmão da mistura.

Figura 4 – Esquema de funcionamento de um misturador de ar medicinal sintético



Fonte: Santos (2002).

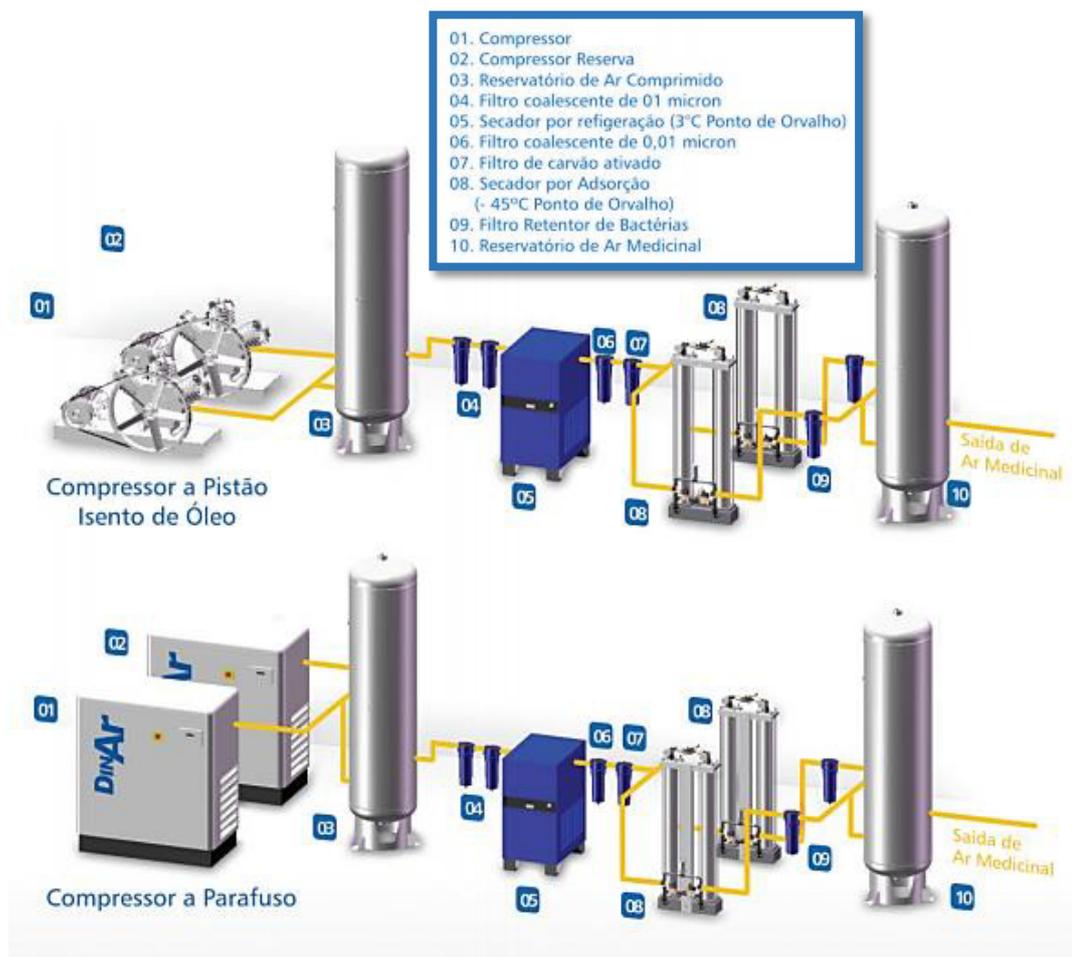
2.4.2 Ar Comprimido Medicinal

Segundo a norma ABNT NBR 12188 (2016), a possibilidade de fornecimento de ar medicinal utilizando compressores como central de suprimento primária deve seguir diversas exigências quanto a especificação dos equipamentos, qualidade do ar e ainda segurança do fornecimento contínuo. Um suprimento primário de ar comprimido medicinal com compressor consiste em etapas, essas compreendendo a produção, tratamento e distribuição do ar. A Figura 5 representa um fluxograma de uma usina geradora de ar medicinal típica.

Primeiramente ocorre a captação e compressão do ar ambiente pelos compressores que seguem para reservatório de separação dos condensados. A segunda fase garante a qualidade do ar por meio de filtragem e secagem com uso de filtros coalescentes de 1 a 0,1 microm, secador por refrigeração, filtro de carvão, secadores por adsorção, finalizados por um filtro bacteriológico. Na terceira e última fase, com o ar medicinal já gerado, este é então armazenado para seguir para distribuição após análise e regulagem de pressão (DINATEC, 2011).

Esse sistema permite a produção e armazenamento centralizado de ar medicinal comprimido a ser distribuído por rede canalizada. No entanto, a utilização medicinal exige um alto nível de qualidade do produto final, que é fornecido como medicamento (ANVISA, 2002), fazendo necessária adequação da produção às especificações da Tabela 7 (ABNT, 2016).

Figura 5 – Principais componentes da produção de ar comprimido medicinal.



Fonte: Dinattec, 2011

Tabela 7 – Requisitos de qualidade do ar distribuído por central de suprimentos de ar comprimido medicinal com compressor.

Componentes	Simbologia	Concentração permitida (v/v)
Nitrogênio medicinal	N ₂	Balanço
Oxigênio medicinal	O ₂	20,4% a 21,4%
Monóxido de Carbono	CO	5 µg/g máx.
Dióxido de Carbono	CO ₂	500 µg/g máx.
Dióxido de Enxofre	SO ₂	1 µg/g máx.
Óxidos de Nitrogênio	NO _x	2 µg/g máx.
Óleos e particulados sólidos	-	0,1 mg/m ³ máx.
Vapor de água	-	67 µg/g máx.

Fonte: Adaptado de ABNT, 2016.

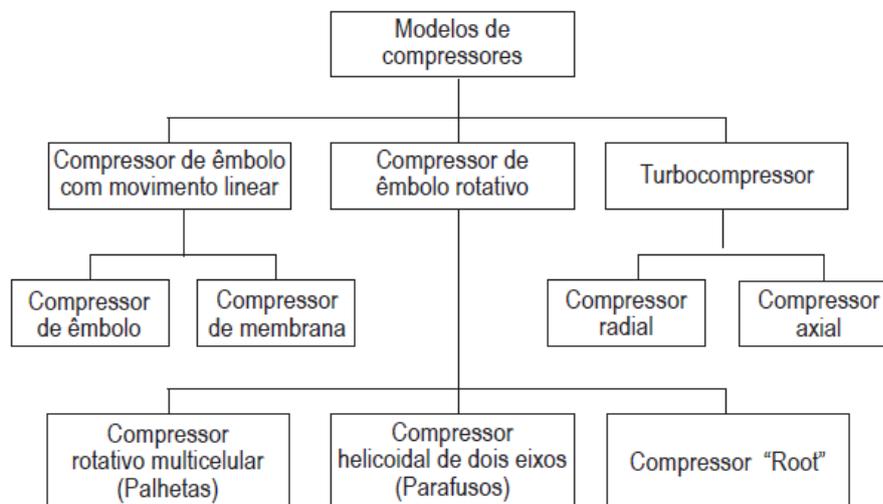
2.4.2.1 Compressores de Ar

Silva (2009) fala que o desenvolvimento industrial deriva de uma constante inovação tecnológica na produção de novas máquinas e outros processos de transformação, não negando o papel importante da compressão de gases nesse desenvolvimento. Silva (2009) ainda comenta que o vasto campo de aplicação exigiu do mercado produtos cada vez mais eficientes que respeitassem as características dos gases, controle de contaminação, temperatura, pressão e vazões de projeto ainda somadas ao respeito à legislação ambiental.

Não diferentemente, as aplicações de gases comprimidos em ambiente hospitalar, transformaram um item de utilidades em equipamento de produção em larga escala de medicamento. No entanto, as vantagens de utilização de compressores na fabricação de ar medicinal com eficiência exigem um bom planejamento, correto dimensionamento do equipamento, rede de distribuição e manutenção, além de uma cuidadosa seleção e adequação do equipamento principal de fornecimento.

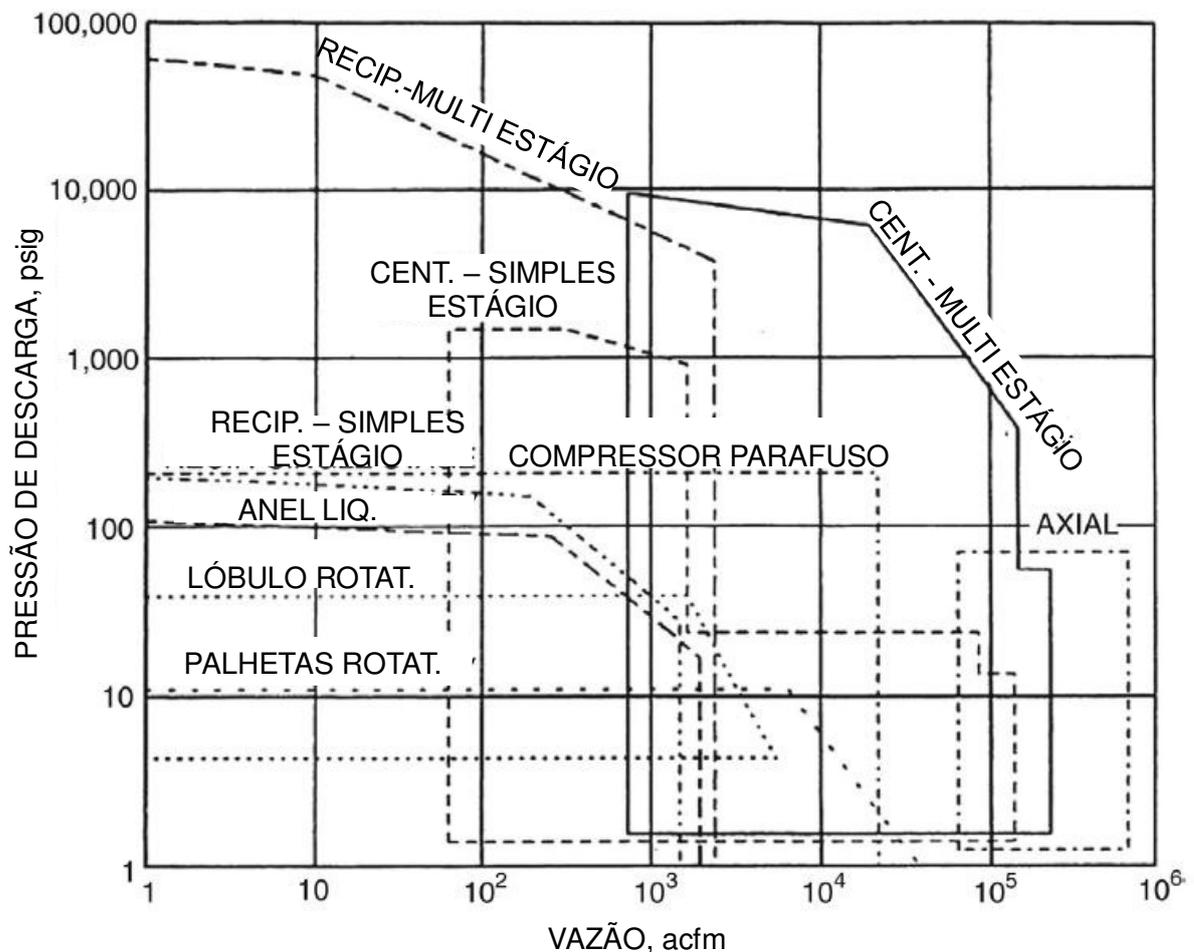
Como principal componente na instalação de uma planta de ar comprimido medicinal, o compressor é classicamente uma máquina de fluxo que tem como objetivo maior imprimir energia para o fluido gasoso em forma de aumento de pressão, de modo que haja deslocamento do fluido por diferencial de pressão. No entanto, Eletrobrás et al. (2009) afirmam que devido aos diversos campos de aplicação e demandas de fornecimento, esse equipamento pode ser construído de diversas formas, como apresenta a Figura 6.

Figura 6 – Principais modelos de compressores.



Atlas Copco (2015) vai além da classificação construtiva e divide os compressores por princípio de funcionamento: compressores de deslocamento positivo e compressores dinâmicos. Na compressão por deslocamento positivo, o ar é levado para uma ou mais câmaras de compressão que então são fechadas pela entrada. Gradativamente o volume de cada câmara é diminuído e o ar comprimido internamente. Quando a pressão atinge a taxa de compressão projetada a válvula ou porta de saída é aberta para que o ar seja descarregado, enquanto que na compressão dinâmica o ar é atraído entre pás ou lâminas rapidamente para um rotor de compressão e acelerado a alta velocidade. O gás é descarregado por difusor onde a energia cinética é transformada em pressão estática, onde a maioria desses é projetada para grandes taxas de fluxo.

Figura 7 – Faixas de operação de diferentes tipos de compressores.



Fonte: Forsthofer, 2017.

O controle de óleos e particulados requisitados normativamente infere na seleção de compressores não lubrificados ou isentos de óleo para assegurar a qualidade do ar medicinal (SILVA, 2009), onde (RDC 50, 2002) o ar gerado

[...] deve ser isento de óleo e de água, desodorizado em filtros especiais e gerado por compressor com selo d'água, de membrana ou de pistão com lubrificação a seco. No caso de utilização de compressores lubrificados a óleo, é necessário um sistema de tratamento para a retirada do óleo e de odores do ar comprimido.

Forsthoffer (2017) argumenta a capacidade de fornecimento de diferentes tipos de compressores, segundo Figura 7. Atlas Copco (2018) compara os tipos de compressores quanto as faixas de operação e requisitos de normas que atendem como Figura 8, nos quais se destacam compressores de êmbolo, parafuso e lóbulos para diferentes faixas de vazão, pressões de operação e conformidade normativa.

Figura 8 – Tipos de compressores recomendados para utilização medicinal.



Fonte: Atlas Copco, 2018.

a) Compressores de membrana

Fundamentalmente constituídos de um receptor cilíndrico em cujo interior se desloca em movimento retilíneo alternativo que age direta ou indiretamente uma membrana ou diafragma flexível. Assim o êmbolo fica separado da sucção e compressão do ar, ou seja, não tem contato com as partes deslizantes. Silva (2009) confirma pela configuração do elemento de compressão em diafragma não exige lubrificação para as vedações do pistão e da haste, assegurando a não contaminação do ar pelo elemento hidráulico e permitindo a produção de ar com elevada pureza. Para compressão de ar a 7kgf/cm², esse modelo de dois estágios exige 15% menos

potência comparado com compressores do mesmo tipo de estágio único (SANTOS, 2002).

b) Compressores parafuso

Máquinas rotativas de deslocamento positivo onde a ação de dois parafusos de construção helicoidal engrenados em sentido contrário produzem pressão. O rotor macho tem perfil convexo, enquanto o rotor fêmea tem perfil côncavo. Silva (2009) indica que esse tipo de compressor, quando isentos de óleo, exigem maior tecnologia, maior número de estágios e apresentam alto nível de desgaste, refletindo num maior custo operacional.

c) Compressores de lóbulos (*roots*)

Sendo máquinas de deslocamento positivo, essas possuem dois lóbulos inseridos um ao outro, onde as rotações são sincronizadas pelo auxílio de duas engrenagens (motriz e movida). Assim, o rotor que possui a engrenagem motriz gira inversamente à engrenagem movida.

2.4.2.2 Resfriadores

Como o processo de compressão do ar aumenta a temperatura do mesmo, muitos compressores possuem resfriador que permite a troca de calor a ar ou água para redução da temperatura do ar comprimido. Santos (2002) ainda afirma que esses, também denominados *aftercoolers*, promovem a eliminação de umidade existente no ar comprimido.

2.4.2.3 Filtros

O controle de qualidade do ar medicinal comprimido tem requisitos conhecidos e determinados por norma, como visto anteriormente. No entanto, a natureza do ar e dos equipamentos que os comprimem colocam em questão a água e o óleo como principais contaminantes, seja em forma de vapores ou aerossóis. Santos (2002) argumenta os principais tipos de filtros utilizados na compressão de ar medicinal: coalescentes, carvão e bacteriológicos.

Os filtros coalescentes agem aglomerando partículas de 0,1 a 0,8 microm, formando partículas maiores para então serem descartadas. Atualmente, são manufacturados com fibra de borosilicato onde a técnica de plissagem permite uma grande capacidade de armazenamento de

particulados e um baixo custo. Apesar da eficiência da coalescência para manter livre de partículas sólidas o ar, odores e vapores de água e óleo não são removidos nesse processo. É nesse caso que são utilizados filtros “absorvedores”, carvão ativado (SANTOS, 2002). Por último, porém não exigido por norma, o ar pode ainda ser filtrado contra agentes patológicos através de filtros bacteriológicos, ou ainda eliminar esses patógenos com filtros bactericidas

2.4.2.4 Secadores de Adsorção

A secagem por adsorção é um processo químico baseado no princípio de que o ar úmido flui sobre um material higroscópico (geralmente materiais em sílica gel, molecular sieve ou alumina ativa) onde o ar segue seco (ATLAS COPCO, 2015). Secadores de adsorção são geralmente construídos em duas colunas, permitindo a secagem do ar enquanto a segunda coluna passa pelo processo de regeneração.

Santos (2002) afirma que a regeneração é o processo de eliminação do vapor de água adsorvido que pode ser feita por: oscilação térmica ou oscilação de pressão. Oscilação térmica, mais conhecido como TSA (*Thermal Swing Adsorption*) consiste em limpar o material adsorvente saturado com ar seco quente, enquanto oscilação de pressão denominado PSA (*Pressure Swing Adsorption*) utiliza ar seco frio pressurizado.

A regeneração TSA utiliza de 5 a 6% do ar comprimido seco e puro, aquecido eletricamente ou a vapor por aquecedor até 180 a 250°C, enquanto a outra coluna age na secagem ativa. Produzindo alternância em que o ciclo varia de 4 a 8 horas. Em contrapartida, a regeneração PSA despressuriza a coluna em regeneração para retirar a umidade do material adsorvente. Para isso, Santos (2002) indica o uso de 9 a 14% do ar comprimido seco e puro enquanto o ciclo de operação cai para até 8 minutos.

2.5 ABNT NBR 12188: Qualidade e Segurança

Tratando de ambientes hospitalares brasileiros, a norma técnica ABNT NBR 12188 (Sistemas centralizados de suprimentos de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviços de saúde) norteia projetos de instalações de fornecimento centralizado de gases medicinais consagrados. Publicada pela última vez em 2016, tem como objetivo principal estabelecer os requisitos mínimos de qualidade dos gases, dimensionamento da vazão de projeto, alocação de equipamentos principais de fornecimento, assim como métodos e equipamentos de segurança e monitoramento para a não interrupção de fornecimento

do sistema centralizado de gases medicinais consagrados. Com o auxílio da RDC 50 (ANVISA, 2002), que dispõe do regulamento técnico para planejamento, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistências de saúde, a ABNT NBR 12188 fornece parâmetros de projeto para atender as necessidades do EAS.

2.5.1 Tubulações e distribuição

Para garantir a economia, segurança e correta operação e dimensionamento dos equipamentos centrais de fornecimento, a rede distribuição precisa ser corretamente instalada e otimizada para diminuição de perdas de cargas. Tomando como base NBR 12188 (ABNT, 2016), cada área hospitalar possui requisitos mínimos de postos de consumo por leito, vazões de projeto por posto de utilização e ainda fator de simultaneidade (Anexo A) para o correto dimensionamento do consumo do ambiente ou de todo complexo de saúde.

Além disso, a limpeza da tubulação, características dimensionais, material de fabricação e métodos de soldagem, assim como distanciamento de instalações elétricas e suportes, e casos especiais como em centros cirúrgicos ou UTI's (Unidades de Tratamento Intensivo) são estabelecidos na NBR 12188 (ABNT, 2016). Para fins normativos também discrimina o padrão de cores para cada gás e vácuo clínico, como na Tabela 8.

Tabela 8 – Cor de identificação de gases e vácuo para uso em serviços de saúde

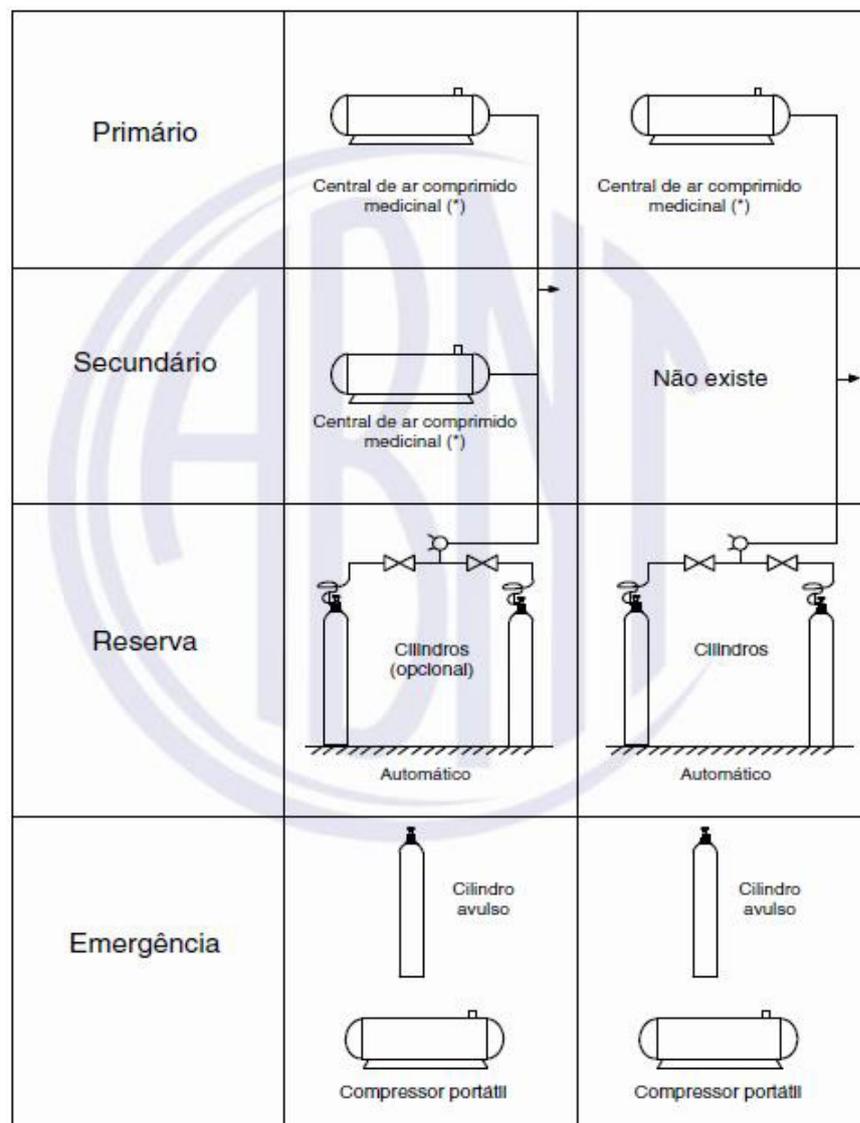
Gás	Cor de identificação	Padrão Munsell
Ar comprimido medicinal	Amarelo-segurança	5 Y 8/12
Ar sintético medicinal	Amarelo-segurança	5 Y 8/12
Óxido nitroso medicinal	Azul-marinho	5 PB 2/4
Oxigênio medicinal	Verde-emblema	2,5 G 4/8
Vácuo clínico	Cinza-claro	N 6,5
Nitrogênio medicinal	Preta	N 1
Dióxido de carbono medicinal	Branco-gelo	N 8,5
SEGA (Sistema de Exaustão de Gases Anestésicos)	Violeta	2,5 P 3/8

Fonte: Adaptado ABNT, 2016.

2.5.2 Segurança operacional

A segurança do fornecimento e distribuição ininterrupta para o estabelecimento assistencial de saúde também é tratada normativamente pela NBR 12188 (ABNT, 2016) e como resolução da diretoria colegiada na RDC 50 (ANVISA, 2002). Essas, portanto, deixam claro que os equipamentos de suprimento de gases principal, no caso de ar medicinal comprimido, devem conter no mínimo um compressor que atenda 100% da necessidade do EAS e uma fonte de suprimento reserva, que pode ser outro compressor equivalente ou uma central reserva de cilindros de ar sintético medicinal conforme Figura 9.

Figura 9 – Esquema de instalação de ar comprimido medicinal.



(*) Composta por compressor, purificador e secador de ar comprimido

Válvulas de seção devem ser instaladas na saída da central de suprimentos, além das unidades de tratamento intensivo, centros cirúrgicos e obstétricos, identificados como pontos críticos e essenciais de abastecimento. Também é frisada a importância da limpeza dos postos de consumo, conexões e acessórios segundo as normas ABNT NBR 13730, ABNT NBR 13164 e ABNT NBR 11906, a fim de evitar qualquer forma de interrupção ou acidente entre os gases e os acessórios.

Por fim, sistemas de alarmes e monitoramento são destacados como garantia que os requisitos de distribuição sejam acompanhados pelas equipes de manutenção, enfermagem e engenharia clínica local.

3 METODOLOGIA

O dimensionamento de uma rede de suprimentos centralizada de ar medicinal comprimido segue as mesmas concepções de uma rede de ar comprimido industrial, diferenciando-se pelas requisições especiais referente a qualidade do ar e também pelos dispositivos de monitoramento e emergência. Os requisitos incluem controle de água, óleo e partículas, pressurização da distribuição, limpeza e material adequado para instalação de dutos, garantindo a qualidade e eficiência da distribuição.

A metodologia seguida apresenta etapas apropriadas ao dimensionamento da rede de distribuição de ar comprimido medicinal de acordo com os requisitos propostos pela ABNT NBR 12188 e RDC 50. As etapas são detalhadas segundo as considerações técnicas previstas nas normas citadas anteriormente, de modo que permita a concepção do dimensionamento e a garantia de qualidade de produção e distribuição do ar medicinal comprimido para o EAS.

3.1 Localização da central de suprimento principal e reserva de ar medicinal

Nessa etapa, deve ser prevista a alocação física das centrais de ar comprimido medicinal principal e da central reserva. Incluem-se como equipamentos principais e reserva os compressores, reservatório, secadores, filtros e ainda central de cilindros reservas. A recomendação principal é que o sistema de captação de ar esteja em local amplamente ventilado e longe de ambientes de depósito de lixos, entulhos e combustíveis, evitando a contaminação do ar por poluição, patógenos e possível combustão.

Segundo ABNT NBR 12188, necessitam serem observados os seguintes critérios para alocação da central:

- Local em ambiente iluminado, com fácil acesso a manutenção e restrito a pessoas estranhas;

- Ponto de captação do ar para o compressor de ar comprimido medicinal manter distância mínima de 3 metros de central de gases oxidantes, exaustão de sistemas de vácuo hospitalares, forno, motores de combustão e ventilação, e ainda revolvimento de entulhos e resíduos, evitando captação de ar contaminado;

Ainda por normas internas à companhia contratada o local deve:

- Ser nivelado e projetado para suportar o peso do equipamento e de eventuais manutenções, distanciado de canalizações de esgoto e água;

- Ser protegido contra intempéries e ventilado, permitindo a livre captação de ar para tratamento;
- Distanciar de pelo menos 3 metros de portas e janelas do EAS, por segurança física e auditiva. Em casos de ultrapassar nível de ruído permitido, deve ser isolado acusticamente;
- Separar por meio de paredes de centrais de outros gases e vácuo;
- Dimensionar cabos de alimentação de energia e aterramento adequado ao equipamento, seguindo fabricante.

3.2 Estabelecimento da vazão de projeto

Paralelamente a etapa anterior, é indicada a utilização conforme Anexo A, previsto na ABNT NBR 12188, da vazão de projeto do sistema. Primeiramente, as informações de postos de consumo de ar medicinal são cruzadas segundo projeto SEINF e as exigências normativas, onde a existência de postos de consumo maiores que a normativas não é considerado incorreto. Depois são avaliados seus coeficientes de simultaneidade, o qual representa uma média percentual de utilização de postos de uma área do EAS, e vazão por posto de consumo, para o correto dimensionamento de acordo com o Anexo A. As informações foram associadas e cada nível deve ter sua vazão de projeto estimada. A ABNT NBR 12188 no entanto alerta que os valores de referência para dimensionamento da rede de distribuição descritos só têm validade quando:

- Em condições normais de temperatura e pressão;
- Não aplicáveis ao dimensionamento das centrais de suprimento.

3.3 Seleção e esboço de *layout* da tubulação

Esse momento refere-se ao traçado da passagem da tubulação de fornecimento na planta baixa do ambiente consumidor de ar medicinal comprimido. O esboço deve compreender as tubulações e acessórios, além de sinalizar trocas de seções e diâmetros nominais das tubulações, de forma que seja possível cálculo de comprimento equivalente da seção.

Durante essa etapa devem ser estabelecidos critérios de instalações que facilitem futuras manutenções ou ampliações no estabelecimento de assistência à saúde. Dessa forma ramificações e seções principais devem seguir por corredores, de modo a evitar que futuras

manutenções precisem de acesso as salas de ocupação por pacientes. Além disso, ABNT NBR 12188 exige critérios de montagem que devem ser considerados no *layout*:

- Tubulações não podem ser apoiadas umas sobre as outras e devem ser fixadas por abraçadeiras, suportes ou ganchos, conforme distanciamento descrito na Tabela 9;

Tabela 9 – Vão máximo entre os suportes dos tubos.

Diâmetro externo mm	Vão máximo (vertical) m	Vão máximo (horizontal) m
Até 15	1,8	1,5
De 22 a 28	2,4	2,0
De 35 a 54	3,0	2,5
Maior que 54	3,0	3,0

Fonte: ABNT, 2016.

- Devem ser distanciadas pelo menos 50 mm de eletrodutos de baixa tensão e 150 mm de tubos aquecidos em qualquer direção e sentido.

- UTI e centro cirúrgico devem ter sistema de bloqueio parcial para manutenção;

- Em caso de instalações subterrâneas, devem sempre estar localizados em canaletas projetadas para passagem de veículos pesados;

- Proibida a instalação de tubulação de gases medicinais em poços, salas de máquinas de elevadores, monta-cargas, tubos de queda, nutrição parenteral, lactário e cozinha;

- Caso instalação exposta a choque mecânico ou abalroamento de veículos, a tubulação deve ser devidamente protegida;

- Tubulações de ar medicinal devem ser embutidas nas paredes, como mandatório nos centros cirúrgicos e obstétricos e terapia intensiva;

- Não podem ser instaladas tubulações em túneis, sulcos ou condutos que permitam exposição a óleos e graxas;

- Devem ser previstas as instalações de válvulas de seções logo na saída da central de suprimento e pelo menos antes do primeiro ramal em local acessível para manutenção;

- As válvulas devem ser instaladas de modo a não comprometer a distribuição entre os ramais;

- Deve ser prevista a instalação de válvulas a montante do painel de alarme de emergência em centros cirúrgicos e UTI's, atendidos pela tubulação principal da rede;

- A distância mínima entre os centros de cada posto de consumo deve ser de 15 cm;
- Carece de instalação de PAO (painel de alarme operacional) para sinalização em caso de falha no suprimento primário e ativação do suprimento secundário, de modo que seja constantemente observado pela equipe técnica;
- No caso de compressores de ar medicinal, o PAO deve também sinalizar quanto ao nível de umidade presente;
- Deve ser prevista a instalação de PAE (painéis de alarme emergenciais) mandatoriamente em centros cirúrgicos e UTI's.

3.4 Determinação de vazão por seções

Essa fase do projeto consiste no seccionamento do *layout* esboço realizado na etapa 3.3 em áreas de distribuição de utilização semelhantes para determinação da vazão em cada seção. Assim, deve ser calculada a vazão de projeto da seção semelhante ao item 3.2. Na divisão o setor deve receber nomenclatura ou numeração adequada, e as seções devem ser realizadas quando há mudança de vazões e diâmetro da rede. Com a determinação de vazão nas seções é possível partir para os cálculos de dimensionamento da rede. Portanto, como base para os outros processos, essa etapa é realizada manualmente contabilizando de tubulação e acessórios.

3.5 Dimensionamento da tubulação

Nessa etapa, deve ser realizado o dimensionamento da tubulação de distribuição de ar comprimido de acordo com as informações anteriormente recolhidas de vazão, acessórios e comprimentos. Para isso é necessária a determinação de um método de dimensionamento. Visto que a ABNT NBR 12188 não estabelece o método a ser utilizado no dimensionamento, foi escolhido então o equacionamento proposto por Fialho (2004) que é uma abordagem da Equação de Weymouth com unidades de medida devidamente adequadas e descrita na equação 3.1:

$$d_i = 10 \left[\sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,85} \cdot L_t}{\Delta P \cdot P}} \right] \quad (3.1)$$

Na qual:

- d_i : diâmetro interno mínimo necessário para atender a demanda (mm);
- Q : vazão de projeto ou volume de ar corrente do trecho (m³/h);

- L_t : comprimento total da linha, (m);
- ΔP : perda de carga admitida (kgf/cm²);
- P : pressão de regime (kgf/cm²);

Assim, logo que feito como item 3.4, deve ser contabilizado o comprimento da linha avaliada, e quantificado tipo e quantidade de acessórios (curvas, reduções, tês e válvulas) do trecho em questão, de modo que possa ser calculado o comprimento equivalente dos acessórios, conforme Tabela 10, e esse somado ao comprimento real indicado no *layout*. Aplicando a Equação 3.1, cada linha deve ser devidamente dimensionada para o diâmetro interno comercial superior mais próximo.

Tabela 10 – Comprimento equivalente dos acessórios da rede de distribuição de ar comprimido medicinal do IJF 2.

COMPRIMENTO EQUIVALENTE DOS ACESSÓRIOS (m)				
DN (mm)	Cotovelo 90°	Tê 90°	Redução	Válvula esfera
15	1.1	2.3	0.3	0.1
22	1.2	2.4	0.3	0.1
28	1.5	3.1	0.4	0.2
35	2.0	4.6	0.5	0.3
42	3.2	7.3	0.8	0.4
54	3.4	7.6	0.9	0.7
66	3.7	7.8	0.9	0.8
79	3.9	8.0	1.0	0.9
104	4.3	8.3	1.1	1.0

Fonte: Adaptado de ELUMA, 2009; COMGAS, 2014.

A ABNT NBR 12188 detalha algumas considerações durante o dimensionamento das tubulações, como a utilização de tubos de cobre e as características dimensionais desses como referenciado na Tabela 11.

3.6 Seleção do compressor

Por fim, pode ser adicionado ao *layout* inicial as observações e adequações referentes ao diâmetro adequado em cada trecho. Além de somar todas as vazões de projeto, é possível dimensionar um equipamento principal de fornecimento junto aos fabricantes.

Tabela 11 – Características dimensionais dos tubos da rede de distribuição.

Diâmetro nominal mm	Diâmetro externo mm	X	Espessura mínima de parede mm	Pressão mínima de serviço MPa
15,0 ^a	15,00	X	0,80	6,91
22,0	22,00	X	0,90	5,24
28,0	28,00	X	0,90	4,09
35,0	35,00	X	1,10	4,00
42,0	42,00	X	1,10	3,32
54,0	54,00	X	1,20	2,81

^a Diâmetro mínimo admitido.

NOTA Para diâmetros acima de 54 mm consultar a ABNT NBR 13206.

Fonte: ABNT, 2016.

4 ESTUDO DE CASO

A metodologia descrita foi aplicada no dimensionamento da rede de ar medicinal comprimido proposto a um hospital público em construção localizado na região central da cidade de Fortaleza/CE. Como estudo de caso, foi então utilizado o Instituto Dr. José Frota II (IJF 2), que será construído como anexo ao Instituto Dr. José Frota (IJF), como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Projeto Instituto Dr. José Frota II.



Fonte: Mercurius Engenharia, 2016.

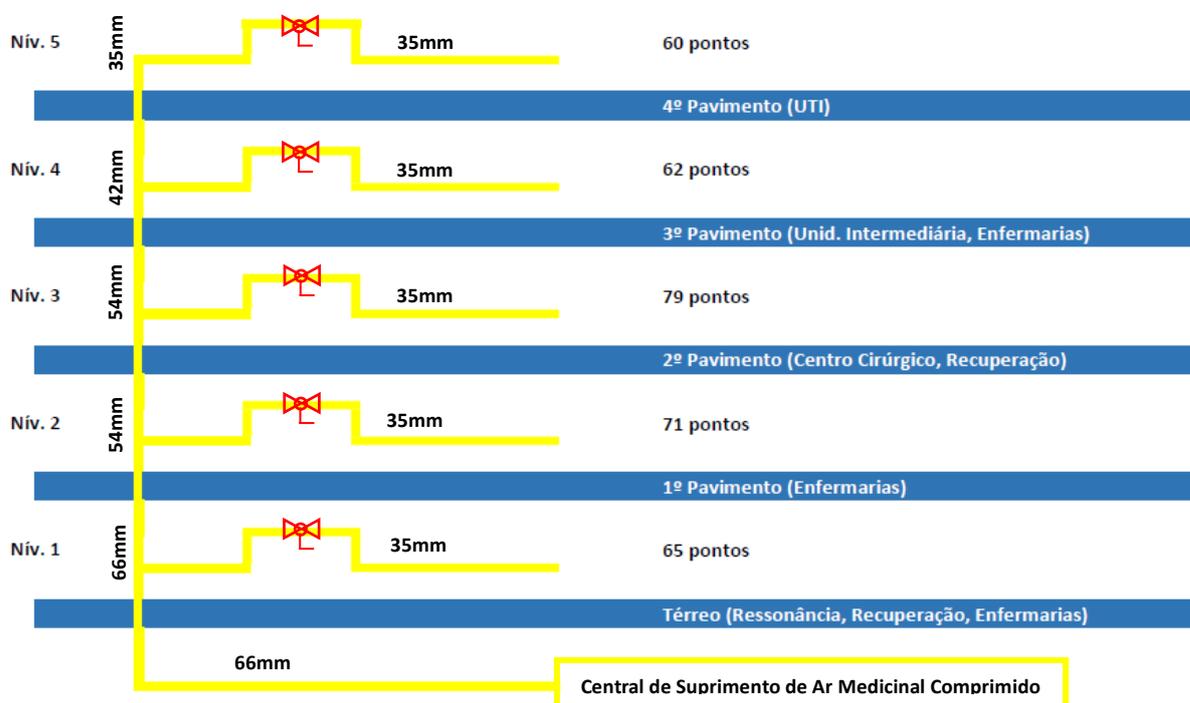
O Instituto Dr. José Frota é o maior EAS de urgência e emergência na rede pública de saúde da Prefeitura de Fortaleza. Classificado a nível terciário, ou seja, hospital de grande porte e atendimento de alta complexidade, é referência no Norte e Nordeste na assistência de vítimas com traumas complexos, como fraturas múltiplas, lesões vasculares e neurológicas graves, queimaduras e intoxicações.

4.1 Parâmetros de Projeto

Visto a importância do IJF na assistência pública de saúde, além da falta de leitos e superlotações em corredores hospitalares públicos, acrescidos à crescente populacional

fortalezense, a Prefeitura Municipal de Fortaleza criou o projeto IJF 2 para amenizar a demanda física e estrutural da rede hospitalar municipal. A idealização do projeto prevê a construção de leitos de enfermarias, isolamento e observação, unidades de tratamento intermediários, UTI's, centros cirúrgicos, indução e recuperação cirúrgica, além de uma futura ressonância magnética de alto campo. Isso tudo definido pela SEINF (Secretaria Municipal de Infraestrutura), segundo Anexo B, com desenho elaborado pela empresa contratada Architectus e projeto executado pela Mercurius Engenharia.

Figura 11 – Instalação de ar medicinal por níveis do IJF 2



Fonte: Autora, 2018.

O projeto é dividido por níveis (Figura 11), de modo a facilitar a manutenção da rede e a metodologia de dimensionamento, além de cada nível setorizar áreas para proporcionar monitoramento adequado da rede via painéis de alarmes de emergência. Em algumas áreas hospitalares, no entanto, a SEINF projeta maior número de postos de consumo por leitos cirúrgicos, de enfermarias e unidades de tratamentos intermediários que normatizado pela ABNT NBR 12188, como mostra Tabela 12.

Tabela 12 – Número totais de leitos e pontos de consumo de ar medicinal

Setor hospitalar	Nº de leitos	Nº de postos
Quartos/Enfermarias (internação)	150	150
UTI/UTI Pediátrica	49	98
Centro Cirúrgico/Salas Cirurg. Parto	9	36
Hemodinâmica	1	1
Isolamento/Observação Geral	10	10
Indução Anestésica	2	2
Recuperação Cirúrgica	20	40
TOTAL	241	337

Fonte: Autora, 2018.

O dimensionamento da rede de distribuição foi pedido a serviço da empresa White Martins como uma das prováveis executantes da instalação da rede de gases medicinais. Devido à ligação com a Praxair, procedimentos padrões de segurança ditos opcionais pela ABNT NBR 12188 precisaram ser acrescentados ao projeto, sendo o principal a manutenção de uma central reserva de cilindros de ar medicinal além das unidades compressoras reservas exigidas por norma.

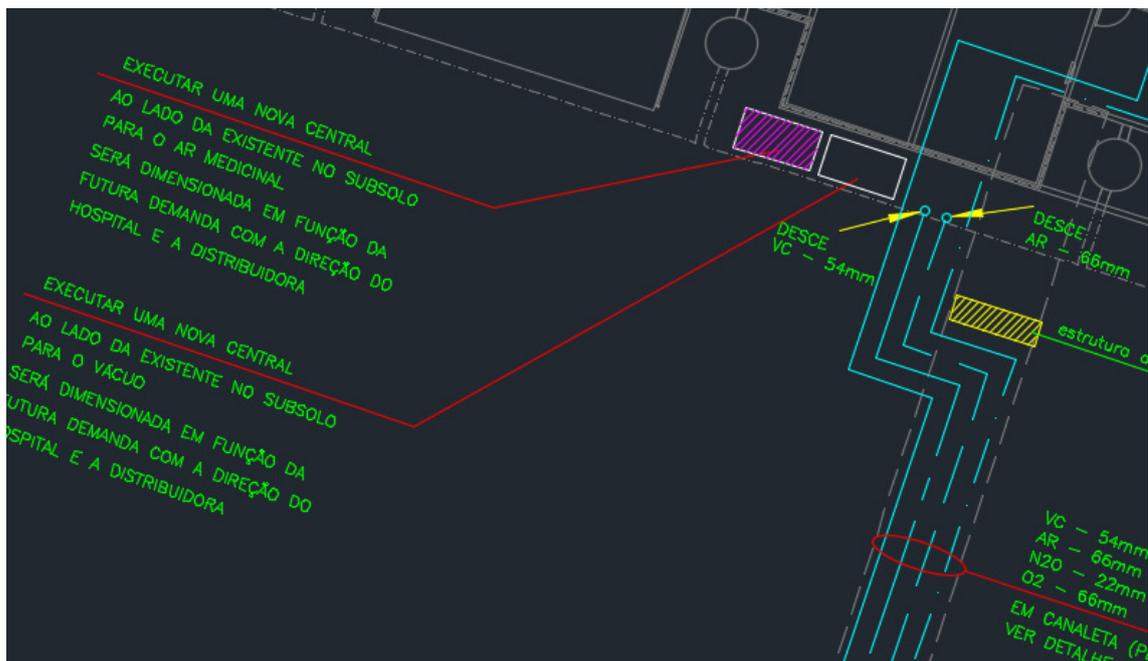
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Localização da central de suprimento principal e reserva de ar medicinal

A central de produção de ar medicinal comprimido, que inclui os compressores, filtros, secadores por adsorção, reservatórios e equipamentos de análise da qualidade do ar, foi inicialmente alocada em uma área disponibilizada no subsolo da edificação do IJF principal. Na Figura 12 a hachura e legenda indicam a nova área sugerida pela SEINF para alocação dos equipamentos primários e secundários de fornecimento, que corresponde a 3m de comprimento por 2m de largura.

Apesar da área inicial ser relevante para o posterior esboço do *layout* da rede de distribuição do ar medicinal, apenas após o real dimensionamento do sistema deve ser confirmado o local devido ao porte físico dos equipamentos.

Figura 12 – Localização da central de suprimento de ar medicinal comprimido do IJF 2.



Fonte: Autora, 2018.

5.2 Estabelecimento da vazão de projeto

Baseado nos dados fornecidos pelas tabelas dispostas no anexo da norma ABNT NBR 12188, aqui dispostos no Anexo A, a vazão de projeto da rede de distribuição de ar

medicinal foi calculada de acordo com o nível indicado no projeto e somadas ao final como disposto na Tabela 13, observando as disposições e requisitos segundo item 3.2.

Tabela 13 – Vazão de projeto de ar medicinal comprimido por nível do IJF 2.

Setor hospitalar	Nº de leitos	Nº de pontos	Fator de simultaneidade	Vazão de projeto (l/min)	Consumo estimado (l/min)	Consumo estimado (m³/h)
NÍVEL 1						
Quartos/Enfermarias (internação)	58	58	0,15	20	174	10,4
Isolamento/Observação Geral	7	7	0,15	20	21	1,3
NÍVEL 2						
Quartos/Enfermarias (internação)	70	70	0,15	20	210	12,6
Isolamento/Observação Geral	1	1	0,15	20	3	0,2
NÍVEL 3						
Centro Cirúrgico/Salas Cirurg. Parto	9	36	1,00	40	1440	86,4
Hemodinâmica/Raio X	1	1	0,25	20	5	0,3
Indução Anestésica	2	2	0,70	40	56	3,4
Recuperação Cirúrgica	20	40	0,70	40	1120	67,2
NÍVEL 4						
Quartos/Enfermarias (internação)	22	22	0,15	20	66	4,0
UTI/UTI Pediátrica	19	38	0,80	60	1824	109,4
Isolamento/Observação Geral	2	2	0,15	20	6	0,4
NÍVEL 5						
UTI/Isolamento Intensivo	30	60	0,80	60	2880	172,8
TOTAL	241	337	CONSUMO TOTAL		7805	468,3

Fonte: Autora, 2018.

As Unidades Intermediárias (UI's) foram dimensionadas como UTI's, devido ao padrão de postos de consumo pedidos pela SEINF e a carência desses tipos de leitos na rede

pública de saúde local. Além disso, a SEINF requisitou o dobro de postos de utilização recomendados por norma nas salas de cirurgia, o que pode levar ao superdimensionamento da rede. A solicitação gera um acréscimo de demanda de 43,2 m³/h de ar medicinal, representando aproximadamente 9,2% do consumo de pico do hospital.

5.3 Seleção e esboço de *layout* da tubulação

Foi utilizada tubulação de cobre circular Classe A para a distribuição do ar comprimido medicinal. Sabendo todos os requisitos de controle de umidade e contaminantes do ar, foi considerado no entanto a possibilidade de alguma falha no sistema de fornecimento principal que permitisse a distribuição de umidade pela rede. Assim, foi descartada a possibilidade de instalação de dutos fabricados em aço carbono pela possibilidade de oxidação interna. Também foi descartada a viabilidade econômica de instalação de rede de distribuição em aço inoxidável que pode chegar a 20 vezes o valor da tubulação de cobre. Consequentemente, a tubulação em cobre é a opção mais viável, recomendada e consagrada em instalações de ar medicinal comprimido.

O esboço da rede de distribuição foi realizado em planta baixa fornecida pela SEINF de modo unifilar, para melhor visualização, com as indicações dos respectivos acessórios à rede, posteriormente a ser adicionados os diâmetros nominais calculados como disponível no Anexo B realizado em CAD.

Viabilizando as manutenções e futuras ampliações do EAS, foi traçada a linha tronco da central de suprimento dentro de *shaft* específico para passagem de tubulação de gases, as linhas tronco de distribuição dos níveis foram traçadas preferencialmente sobre o forro nos corredores e espaços não ocupados por pacientes, e finalmente as ramificações e postos de consumo foram traçados embutidos às paredes especificadas como *dry-wall* que facilitam montagem e desmontagem quando necessário.

A tubulação foi traçada como a mais curta possível. Em ambientes de alta demanda e complexidade (UI, UTI, centro cirúrgico e salas de recuperação), a linha tronco do nível foi ambientada como circuito fechado em forma de anel, enquanto os ambientes de demanda mais baixa receberam configuração de circuito aberto.

Para o esboço também foi considerado as distâncias mínimas, limpeza e critérios de fixação indicados no item 3.3. Das disposições de válvulas de seção, cada nível recebeu uma válvula de seção específica de modo que quando acionada não interrompa a distribuição dos outros níveis. Além disso foram seccionadas as áreas dos níveis, recebendo também válvulas

de seções e PAE's para cada setor receber o devido monitoramento nos postos de enfermagem mais próximos.

5.4 Determinação de vazão por seções

Foram seccionadas as áreas seguindo o esboço unifilar da rede de distribuição do ar. Os critérios utilizados foram: linha tronco da central de produção de ar medicinal comprimido, linha tronco do setor seccionado por válvula de manutenção e ramificações que adentram a área ocupada pelo paciente. Essa segmentação foi escolhida devido à provável mudança de diâmetro inerente a demanda dos setores.

Disposto no Apêndice A, o cálculo da vazão de projeto foi realizado semelhantemente ao item 5.2, no entanto seccionado para futuro dimensionamento da tubulação responsável pela distribuição do ar medicinal.

5.5 Dimensionamento da tubulação

Em posse da capacidade de ar requerida estabelecida pelo o item 5.4, para o dimensionamento da tubulação foi necessária a contagem dos comprimentos horizontais reais dos trechos seccionados e seus respectivos acessórios (curvas, tês, reduções e válvulas). Os acessórios são tratados como pontos de singularidade e suas perdas foram calculadas em termos de comprimento equivalente como descrito na Tabela 10. Posteriormente foram somados comprimentos equivalentes ao comprimento real da tubulação, por cada trecho calculado.

Em cada trecho foi aplicado o método proposto por Fialho (2004) para determinação do diâmetro interno mínimo de cada trecho da rede de distribuição de ar medicinal. Fialho (2004) ainda discute que a queda de pressão máxima considerada seja de 0,5 kgf/cm², que foi assumida nos cálculos. A pressão de regime nos postos de consumo varia de 4 a 6 kgf/cm², sendo utilizado 6 kgf/cm² como padrão para dimensionamento.

De acordo com a Tabela 9, o diâmetro nominal mínimo admitido é de 15 mm, que representa diâmetro interno de 13,4 mm em tubulações de cobre Classe A. Portanto, mesmo que o trecho permita dimensionamento inferior, a tubulação deve seguir essa regra. Além disso, outros cuidados foram tomados quanto a escolha de tubulação prevendo futuras ampliações ou mudança de utilização de leitos.

No caso de enfermarias, isolamentos e observação geral foram utilizadas linhas troncos de diâmetro nominal de 22 mm; centros cirúrgicos e UTI's de 28 mm; e UI, devido à

grande quantidade de leitos na mesma linha tronco, necessitou utilização de tubulação de 35mm. Todas as linhas tronco de distribuição na entrada dos níveis foram dimensionadas para 35mm, além de todos os respectivos acessórios. Todos os cálculos foram realizados em planilhas eletrônicas a fim de diminuir o tempo e esforço do processamento dos dados, além de garantir fácil edição caso faça necessário processo iterativo.

O Apêndice A dispõe dos diâmetros nominais (DN) adotados para cada trecho segmentado e do diâmetro interno mínimo (DI) calculado de acordo com as considerações descritas.

5.6 Seleção do compressor

Foi finalizado o *layout* em planta baixa da rede de distribuição de ar comprimido medicinal ajustando e indicando os diâmetros a serem utilizados na montagem. Para dimensionamento do equipamento de fornecimento, foi calculada uma vazão de pico de 468,3 m³/h, ou seja, todos os postos sendo utilizados de acordo com a norma ABNT NBR 12188.

Como parceira da White Martins, a fabricante Valmig fornece centrais de suprimentos de ar medicinal que seguem a ISO 8573-1 Classe A e ABNT NBR 12188. Nas configurações acima citadas seria necessária a utilização do modelo Airmed-B-STD-400T-220T-MA-VSD. No entanto, como argumentado, o superdimensionamento do centro cirúrgico reduz essa vazão requerida para 425,1 m³/h, permitindo assim a seleção de um modelo de central com apenas dois compressores de vazões individuais de 440 m³/h, como o modelo Airmed-B-STD-440D-220T-MA-VSD.

Por fim, para fechamento das plantas do projeto foi reavaliado o local sugerido pela SEINF para acondicionamento da central de suprimento principal de ar medicinal. O compressor adotado tem dimensões máximas, quando instalado sobre base, de 4,3 m de comprimento e 2,4 m de largura. Nessas condições é necessária alteração civil no espaço físico reservado para acomodação do compressor, prevendo ainda distanciamento de 1 m em todas as direções para futuras manutenções.

6 CONCLUSÃO

O dimensionamento da rede de distribuição de ar comprimido medicinal para o IJF 2 foi realizado segundo metodologia descrita e de acordo com a norma ABNT NBR 12188 que regulamenta sistemas centralizados de suprimentos de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviço de saúde.

A literatura permitiu a compreensão do processo produtivo e a motivação de custo-benefício de compressores de ar na geração de ar medicinal em contrapartida a outros modais de fornecimento. Adicionado aos parâmetros iniciais exigidos pela SEINF no estudo de caso, foi possível a compreensão da necessidade de ampliação dos estabelecimentos de assistência a saúde pública.

Em busca da eficiência, a metodologia aplicada possibilitou a determinação das vazões de projeto de ar comprimido medicinal nos ambientes, onde foi adequado o correto diâmetro nominal necessário à montagem das tubulações de cobre conforme ABNT NBR 12188. Os trechos foram dimensionados de modo que admitissem futuras ampliações sem necessidade de grande modificação na linha tronco.

Considerada a instalação dos equipamentos de monitoramento e segurança da rede, os cálculos referentes a cada trecho seccionado foram integrados ao trabalho com auxílio de planilhas eletrônicas. Com os resultados provenientes do dimensionamento foi adequado o a disposição das tubulações e acessórios, então o *layout* final do projeto pode ser proposto. Apesar da empresa contratada questionar o superdimensionamento empírico das vazões descritas pela ABNT NBR 12188, essa foi tomada como principal fonte para seleção do equipamento principal de suprimento de ar medicinal comprimido.

Após a seleção do equipamento de suprimento de ar medicinal que cumpra as normas de qualidade do ar, vazão e monitoramento exigidos pela ABNT NBR 12188, foi encontrado um impasse na construção civil do local reservado para o acondicionamento do equipamento. Esse exige adequações nas edificações da área reservada para seu condicionamento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Regularização de Produtos – Medicamentos: Informações Gerais**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/medicamentos/produtos/gases-medicinais/informacoes-gerais>. Acesso em: 8 jun. 2018.
- AIRLIQUIDE. **Ar Sintético Medicinal**. 2012. Disponível em: <https://www.airliquidehealthcare.com.br/ar-sintetico-medicinal>. Acesso em: 8 jun. 2018.
- AIRLIQUIDE. **Nitrogênio Medicinal**. 2012. Disponível em: <https://www.airliquidehealthcare.com.br/nitrogenio-medicinal>. Acesso em: 28 ago. 2018.
- AIRLIQUIDE. **Oxigênio Medicinal**. 2012. Disponível em: <https://www.airliquidehealthcare.com.br/oxigenio-medicinal>. Acesso em: 28 ago. 2018.
- AMBANI METALS. **Distillation tray & columns**. 2016. Disponível em: <http://www.ambanimetal.com/distillation-trays-columns-ambani-metals.html>. Acesso em: 10 set. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12188**: Sistemas centralizados de suprimentos de gases medicinais de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviço de saúde. Rio de Janeiro, 2016. 33p.
- ATLAS COPCO. **Compressed Air Manual**. Bélgica: Atlas Copco Airpower NV, 2015. 8 ed. 146p. ISBN: 978-9-081-53580-9.
- ATLAS COPCO. **Eficiência Energética no Uso de Ar Comprimido**. X Fórum de Sustentabilidade do Sindipeças. São Paulo: Atlas Copco Airpower Ltda. 2014.
- ATLAS COPCO. **Medical Air Plant: uAIR Series**. Bélgica: Atlas Copco Airpower NV, 2017.
- BRASIL. Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre as “**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: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2002/50_02rdc.pdf. Acesso em: 8 jun. 2018.
- BRASIL. Resolução RDC nº 69, de 1 de outubro de 2008. Dispõe sobre as “**Boas Práticas de Fabricação de Gases Medicinais**”. Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/28253> Acesso em: 8 jun. 2018.
- COMGAS. Dimensionamento. 2014. Disponível em: https://www.comgas.com.br/wp-content/uploads/2017/05/RIP-2014_5-Dimensionamento-versao-marco-2014.pdf. Acesso em: 5 nov. 2018.

DINATEC. **Fluxograma de funcionamento central de ar medicinal**. 2011. Disponível em: <<http://www.dinatec.ind.br/downloads/Fluxogramas.pdf>>. Acesso em: 10set. 2018.

DUARTE, C. S. **Análise de fornecimento de ar medicinal por meio da destilação criogênica em uma instituição hospitalar**. Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

ELETROBRÁS et. al. **Compressores: guia básico**. Brasília: IEL/NC, 2008. 138p.

ELUMA. **Tubos e conexões de cobre**. 2009. Disponível em: <https://www.cfg.com.br/up_catalogos/Eluma_-_2009.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2018.

FIALHO, A. B. **Automação pneumática - projetos, dimensionamento e análise**. 2 ed. 638p. São Paulo: Érica, 2004. ISBN: 85-7194-961-1.

FIRJAN. **Boletim de conjuntura do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: Sistema FIRJAN, 2017.

FIRJAN. **Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil?**. Rio de Janeiro: Sistema FIRJAN, 2017.

FORSTHOFFER, M. S. **More best practices for rotating equipment**. 1 ed. 638p. Butterworth-Heinemann, 2013. ISBN: 978-0-12-809277-4.

FOX, R.W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P.J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

GAFFNEY, J.; MARLEY, N. **General chemistry for engineers**. 1. ed. 638p. Elsevier, 2014. ISBN: 978-9-081-53580-9.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7396-1: Medical gas pipeline systems – Part 1: Pipeline systems for compressed medical gases and vacuum**. Genebra, 2016. 178p.

LINDE. **Cryogenic air separation**. Pullach: Linde AG, 2017.

LYMAN, D. **Ambulatory Surgery Center Safety Guidebook**. 1 ed. 76p. Butterworth-Heinemann, 2018. ISBN: 978-0-128-49889-7.

MAGEE, P.; TOOLEY, M. **Fundamentals of anaesthesia for the FRCA - physics, clinical measurement and equipment**. 2 ed. 404p. Oxford, 2011. ISBN: 978-0-199-59515-0.

MERCURIUS ENGENHARIA. 2016. Disponível em: <<http://www.mercurius.com.br/obras/24-construcao-do-ijf-2.aspx>>. Acesso em: 5 nov. 2018.

METALPLAN. **Manual do Ar Comprimido**. São Paulo: Metalplan Airpower, 2017. 7 ed. 31p.

MORAN, M. J. et al. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 7. ed. Rio de Janeiro:

PARASCANDOLA, J.; IHDE, A. J. History of the Pneumatic Trough. *Isis*, Chicago, v. 60, n. 3, p. 351-361, 1969.

PARKER. **Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido**: Apostila M1004 BR. Jacareí: Parker Hannifi Ind. Com. Ltda, 2006. 75p.

ROCHA, C. A.; MONTEIRO, M. A. G. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido**. Rio de Janeiro: Eletrobrás; Procel, 2005. 208p.

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.

SILVA, N. F. **Compressores alternativos industriais**. 10 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 444p. ISBN: 978-85-7193-215-9.

SMITH, A. R.; KLOSEK, J. A review of air separation technologies and their integration with energy conversion processes. *Fuel Processing Technology*, v. 70, p. 115-134, 2001.

SPARKS, T.; CHASE, G. **Filters and filtration Handbook**. 6 ed. 444p. Butterworth-Heinemann, 2016. ISBN: 978-00-809-9396-6.

TELES, P. C. S. **Tubulações Industriais - materiais, projeto e montagem**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. ISBN: 978-85-216-1289-6.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

WHITE MARTINS. **Nitrogênio, líquido refrigerado**. Ficha de Informações e Segurança de Produtos Químicos. 2018.

WHITE MARTINS. **Oxigênio, líquido refrigerado**. Ficha de Informações e Segurança de Produtos Químicos. 2018.

WHITE MARTINS. **Treinamento de Instalação de Gases**. 2017.

**ANEXO A – FATORES DE SIMULTANEIDADE E DEMANDA POR POSTOS DE
CONSUMO SEGUNDO ABNT NBR 12188:2016**

Tabela B.1 – Fatores de simultaneidade (%) por área ¹

Local	Fator de simultaneidade			
	Oxigênio medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de inalação	100	–	–	100
Consultório odontológico	80	80	80	100
Sala de suturas/curativos	10	–	–	–
Sala de emergência	80	10	10	80
Quarto/enfermaria	15	–	10	15
Sala de exames e curativos	10	–	–	10
Sala de exames e curativos queimados/ balneoterapia	50	50	80	50
Área de cuidados e higienização de recém-nascido	10	–	70	10
Berçário de cuidados intermediários	10	–	10	10
UTI neonatal, pediátrica e de adulto	80	–	50	80
Sala de raios X intervencionista	25	–	10	25
Sala de raios X geral	10	–	10	–
Sala hemodinâmica	25	–	–	25
Sala de exames de tomografia, ressonância magnética	60	8	–	60
Sala de ultrassonografia e de exames de medicina nuclear	10	–	–	–
Sala de exames endoscópicos	10	–	–	10

Tabela B.1 (continuação)

Local	Fator de simultaneidade			
	Oxigênio medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de indução e recuperação pós-anestésica	70	–	70	70
Sala de cirurgia e de parto	100	100	100	100
Sala de pré-parto	100	–	–	100
Sala/quarto de pré-parto/parto/pós-parto	10	–	–	–
Sala de transfusão e de radioterapia	10	–	–	–
Sala de aplicação de quimioterápicos	10	–	–	10
Sala de tratamento hemodialítico	10	–	–	–
Câmara hiperbárica monopaciente	100	–	–	–
Câmara hiperbárica multipaciente	100	–	–	–
NOTA 1 Condições normais de temperatura e pressão.				
NOTA 2 Pressão de 300 mmHg de vácuo.				
NOTA 3 Valores de referência para dimensionamento das redes de distribuição.				
NOTA 4 Não aplicáveis ao dimensionamento das centrais de suprimento.				

Tabela B.2 – Número de postos por local de utilização

Local	Número de postos			
	Oxigênio medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de inalação	um para cada cadeira	–	–	um para cada cadeira
Consultório odontológico (quando no EAS)	–	–	um por equipo	um por equipo
Sala de suturas/curativos	um para cada dois leitos	–	–	–
Sala de trauma ou de procedimento invasivo de emergência	dois por leito	um para cada dois leitos, se tiver N ₂ O disponível	–	um por leito
Sala de emergência	dois por leito	–	um por leito	dois por leito

Tabela B.2 (continuação)

Local	Número de postos			
	Oxigênio medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Quarto/enfermaria	um para cada dois leitos ou um por leito isolado	–	um para cada dois leitos ou um por leito isolado	um para cada dois leitos ou um por leito isolado
Sala de exames e curativos da internação	–	–	–	um para cada dois leitos
Sala de exames e curativos de queimados/ balneoterapia	um para cada mesa	um para cada mesa, se tiver N ₂ O disponível	um para cada mesa	um para cada mesa
Área de cuidados e higienização de RN	um por berço	–	uma por berço	um por berço
Berçário de cuidados intermediários	um para cada berço/ incubadora	–	um por berço	um para cada berço/ incubadora
Berçário de cuidados intensivos – UTI neonatal	dois para cada berço/ incubadora	–	um por berço	dois para cada berço/ incubadora
Quarto/área coletiva de UTI adulto e pediátrico	dois para cada leito	–	um por leito	dois para cada leito
Sala de raios X intervencionista	um para cada sala	um para cada sala, se tiver N ₂ O disponível	um para cada sala	um para cada sala

Salas hemodinâmica	dois para cada sala	-	-	dois para cada sala
Salas de exames de tomografia, RMN	um para cada sala	um para cada sala, se tiver N ₂ O disponível	um para cada sala	um para cada sala
Salas ultrassonografia	um para cada sala	-	-	-
Sala de exames de medicina nuclear	um para cada sala	-	-	-
Sala de exames endoscópicos	um para cada sala	-	-	um para cada leito

Tabela B.2 (continuação)

Local	Número de postos			
	Oxigênio medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de indução e recuperação pós-anestésica	um para cada leito	-	um para cada sala	um para cada leito
Sala preparo anestésico	-	-	-	-
Sala de cirurgia	dois por sala cirúrgica	um para cada sala, se tiver N ₂ O disponível	um para cada sala	dois por sala cirúrgica
Sala de pré-parto	um para cada leito	-	-	um por leito
Sala de parto	um para cada mesa de parto	um para cada sala, se tiver N ₂ O disponível	um para cada mesa	um para cada mesa
Sala/quarto pré-parto/parto/pós-parto (PPP)	um para cada leito	-	-	um para cada leito
Sala de transfusão	um para cada leito	-	-	-
Sala de radioterapia	um para cada leito	-	-	-
Sala de aplicação de quimioterápicos	um por poltrona/leito	-	-	um para cada leito
Sala de tratamento hemodialítico	um por poltrona/leito	-	-	-
Câmara hiperbárica multipacientes	um para cada câmara	-	-	-
Câmara hiperbárica monopaciente	um para cada câmara	-	-	-

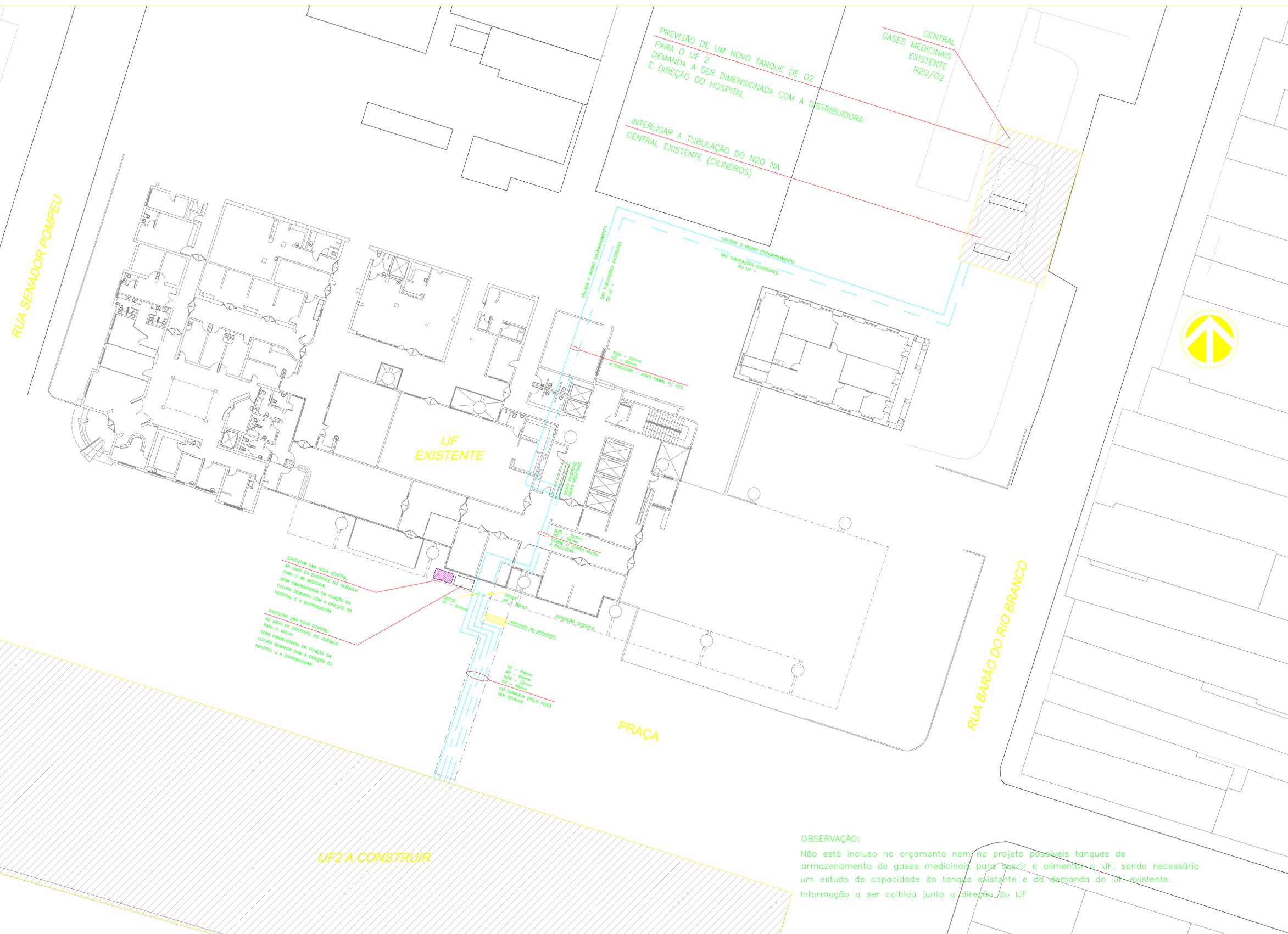
Tabela B.3 – Vazão de projeto, em litros por minuto, por posto de utilização

Local	Vazão de projeto por posto de utilização (L/min)			
	Oxigênio medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de inalação	10	–	–	20
Consultório odontológico	–	–	40	60
Sala de suturas/curativos	10	–	–	–
Sala de trauma ou de procedimento invasivo de emergência	60	15	-	40
Sala de emergência	10	–	40	20
Quarto/enfermaria	10	–	40	20
Sala de exames e curativos da internação	–	–	–	20
Sala de exames e curativos de queimados/balneoterapia	60	15	40	40
Área de cuidados e higienização de RN	10	–	40	20
Berçário de cuidados intermediários	10	–	40	20
Berçário de cuidados intensivos – UTI neonatal	60	–	40	60
Quarto/área coletiva de UTI	60	–	40	60
Sala de raios X intervencionista	60	15	40	60
Sala de hemodinâmica	10	–	–	20
Sala de exames de tomografia, RMN	60	15	40	40
Sala de ultrassonografia	10	–	–	–
Sala de exames de medicina nuclear	10	–	–	–
Sala de exames endoscópicos	10	–	–	20
Sala de indução e recuperação pós-anestésica	60	–	40	40
Sala preparo anestésico	–	–	–	–
Sala de cirurgia	60	15	40	40
Sala de parto	60	15	40	40
Sala/quarto pré-parto/parto/pós-parto (PPP)	10	–	–	20

Tabela B.3 (continuação)

Local	Vazão de projeto por posto de utilização (L/min)			
	Oxigênio medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de transfusão	10	–	–	–
Sala de radioterapia	10	–	–	–
Sala de aplicação de quimioterápicos	10	–	–	20
Sala de tratamento hemodialítico	10	–	–	–
Câmara hiperbárica multipacientes	120	–	–	–
Câmara hiperbárica monopaciente	120	–	–	–
NOTA 1 Condições normais de temperatura e pressão. NOTA 2 Pressão de 300 mmHg de vácuo. NOTA 3 Valores de referência para o dimensionamento das redes de distribuição. NOTA 4 Não aplicáveis ao dimensionamento das centrais de suprimento.				

**ANEXO B – PLANTAS BAIXAS: IMPLEMENTAÇÃO, DETALHAMENTO E
ENCAMINHAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE AR MEDICINAL
COMPRIMIDO SUGERIDO AO IJF 2**



OBSERVAÇÃO:
 Não está incluso no orçamento nem no projeto possíveis tanques de armazenamento de gases medicinais para suprir e alimentar a IJF, sendo necessário um estudo de capacidade do tanque existente e da demanda do IJF existente. Informação a ser colhida junto a direção do IJF

01 IJF 2 - PLANTA DE SITUAÇÃO
 Esc. - 1:100

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nítrico	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

SEIMA

ISS-C

ISS-P

ARCHITECTUS
 R. Canuto de Aguiar, n.1401
 Tel: (85)3456 9000
 architectusbr@gmail.com

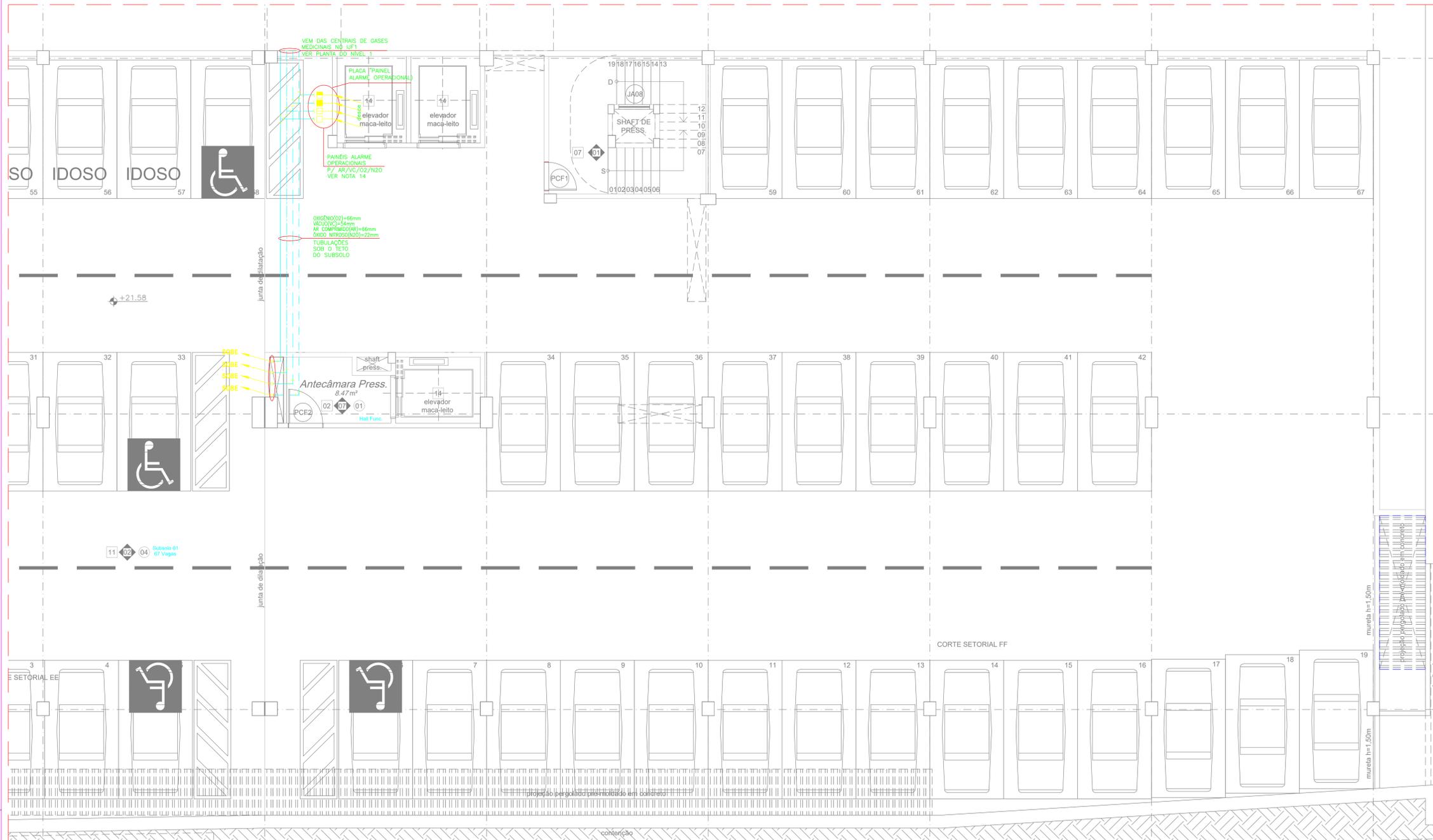
Prefeitura de Fortaleza
 SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Orgão: SEINF
 Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2
 Título: PROJETO GASES MEDICINAIS - PLANTA DE SITUAÇÃO
 Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO
 Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Data: DEZ-15
 Estado: INDICADA
 Folha: **01**
13

PRANCHA AO (1180x840mm)

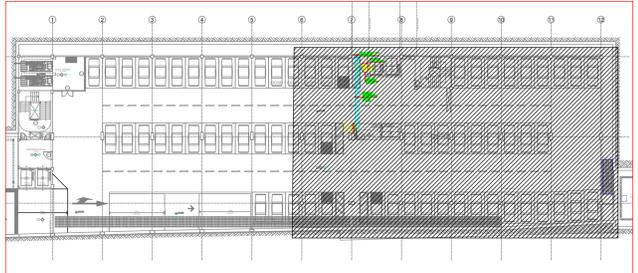
MOEDA DE INSTALAÇÃO



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VÁLVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PURGURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DOS PONTOS DE CONSUMO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES
 - 12 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRANCHA DE DETALHES
 - 13 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 14 - PARA O SISTEMA DE P.A.S. DE AR / O2 / VC SEUS UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA. A ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

03 LEGENDA GASES MEDICINAIS
ESC. ———— SIM

01 IJF- PLANTA NÍVEL SUBSOLO
ESC. ———— 1:50



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NÍVEL SUBSOLO
ESC. ———— SEM ESCALA

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

SEUMA
ISS-C
ISS-P

ARCHITECTUS
R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)3456 9000
architectusbr@gmail.com

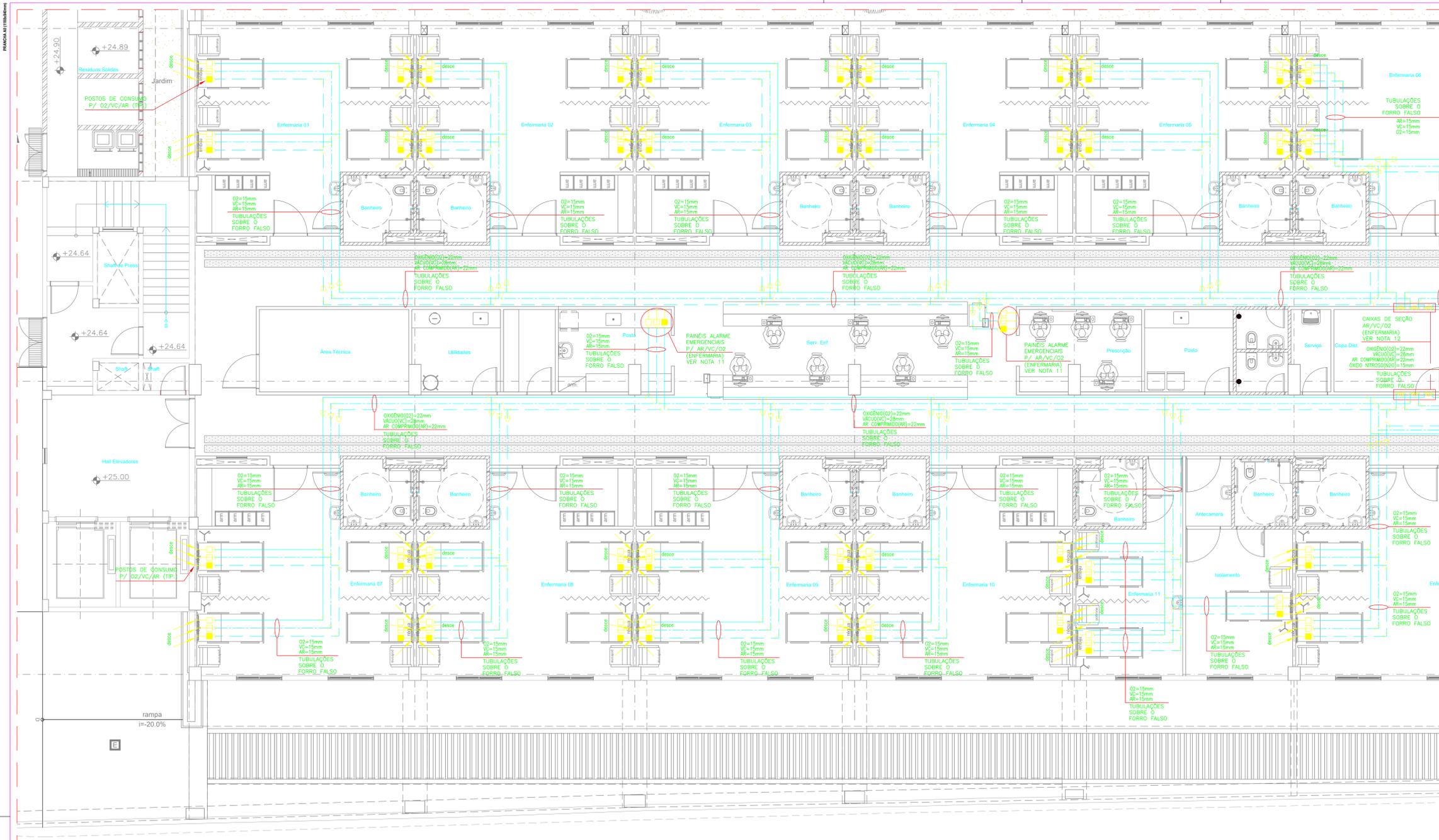
Prefeitura de Fortaleza
SEINF SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Órgão: SEINF
Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2
Título: PROJETO GASES MEDICINAIS - NÍVEL SUBSOLO
Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO
Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Data: DEZ-15
Esp.: INDICADA
Folha: **02** / **13**

Arquivo: 048_PE_GMED_IJF_01_GASES MEDICINAIS_R03.dwg
PRAXCHA_AG (118x840mm)

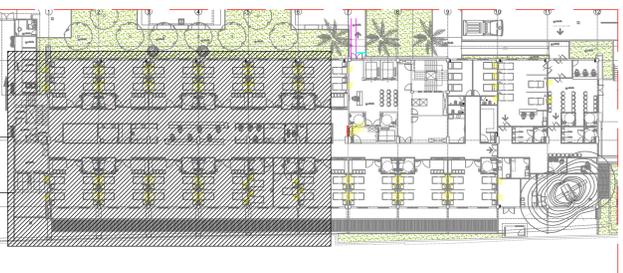
Coordenadora de Cadastro/Projeto/CCOAB, PC, ARQUITETA IJF, DAI, CADASTRO/PROJETO/ARQUITETA, ARQUITETA



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO OXIDO NITROSO
 - VALVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVACIONES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PURGURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS:
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DOS PONTOS DE CONSUMO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES
 - 12 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRANCHA DE DETALHES
 - 13 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 14 - PARA O SISTEMA DE P.A.S. DE AR / O2 / VC SERÃO UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA. A ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

03 LEGENDA GASES MEDICINAIS

01 IJF-PLANTA NIVEL 1 - SETOR 1



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NIVEL 1 - SETOR 1

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovado
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

SEMA

ISS-C

ISS-P

ARCHITECTUS

R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)3456 9000
architectusbr@gmail.com

Prefeitura de Fortaleza

SEINF
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Órgão: SEINF

Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2

Título do projeto: PROJETO GASES MEDICINAIS - NIVEL 1 - SETOR 1

Responsável Técnico: NEWTON MARRANHÃO

Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Arquivo: 048_PE_GMED_IJF2_001_GASES MEDICINAIS_R03.dwg

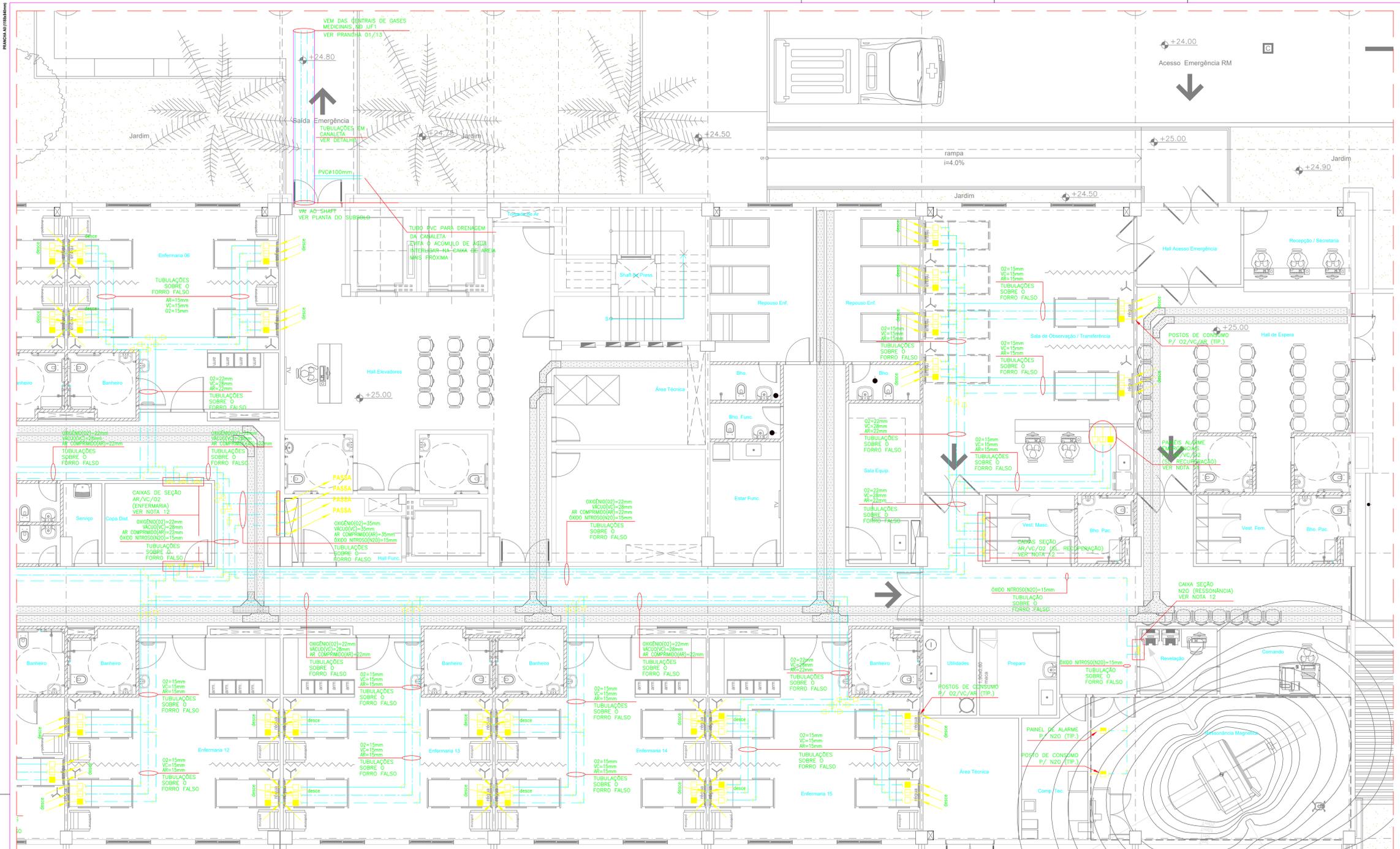
Prancha: AUI (118x840mm)

Data: DEZ-15

Estado: INDICADA

Folha: 03

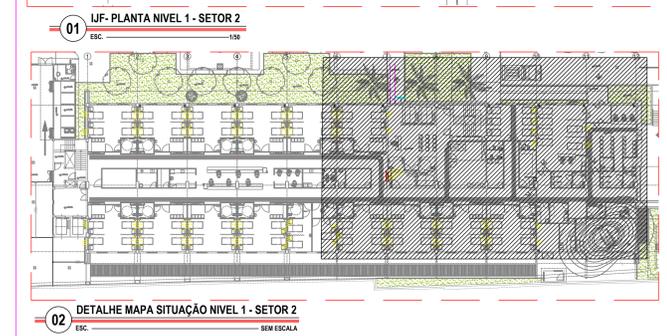
Total: 13



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VÁLVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO

- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVACIONES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DOS PONTOS DE CONSUMO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES
 - 12 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRANCHA DE DETALHES
 - 13 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 14 - PARA O SISTEMA DE PLACAS DE AR / O2 / N2O / VC SERÃO UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA. A ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

LEGENDA GASES MEDICINAIS



Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

SEMA

ISS-C

ISS-P

RESUMO

ISS-C

ISS-P

04

13

ARQUITECTUS

R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)456 9000
architectus@gmail.com

SEINF
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Prefeitura de Fortaleza

Unidade/Orgão: SEINF

Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2

Título do projeto: PROJETO GASES MEDICINAIS - NIVEL 1 - SETOR 2

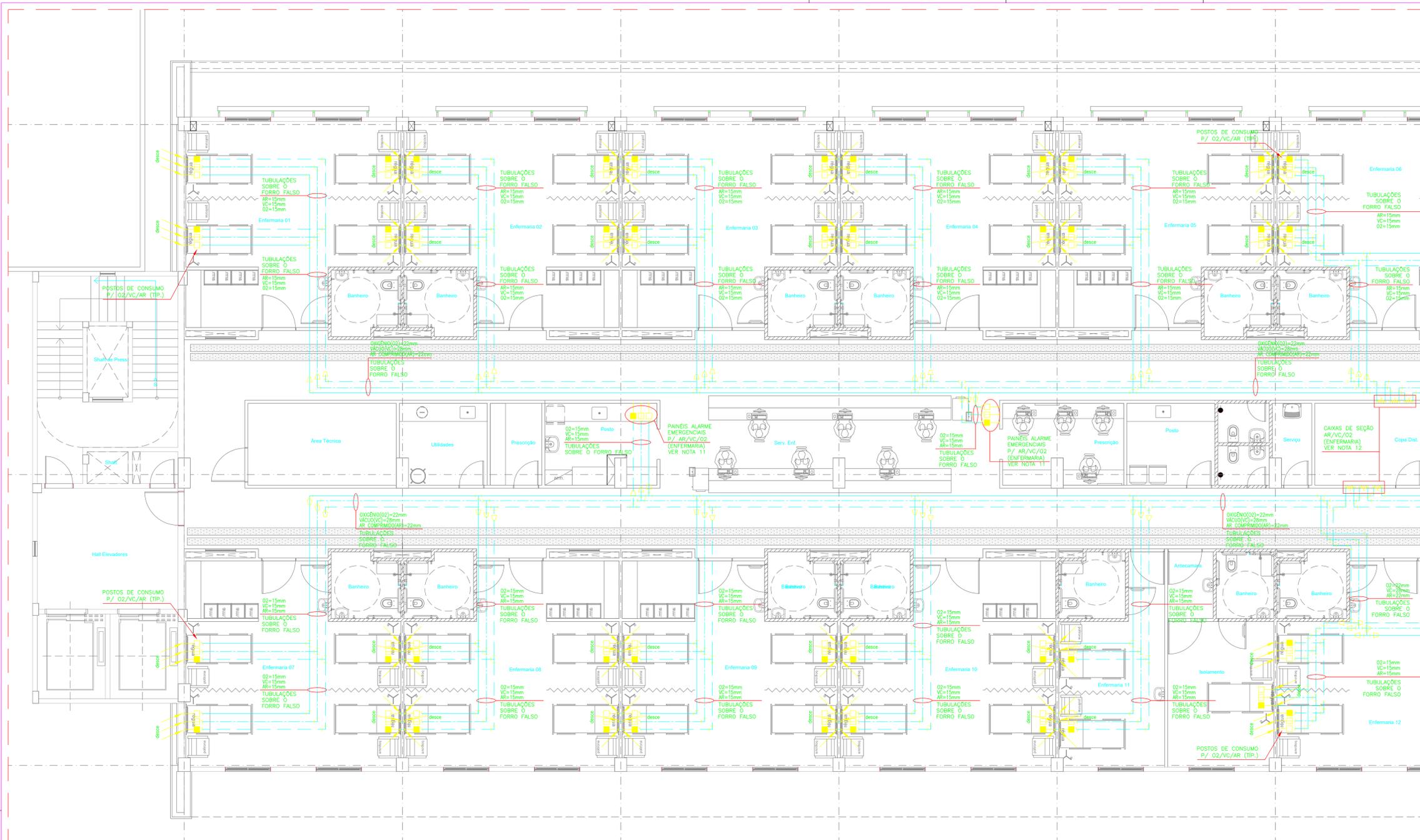
Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO

Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Arquivo: 048_PE_GMED_IJF_01_GASES MEDICINAIS_R03.dwg

PRAXINHA.A01 (118x840mm)

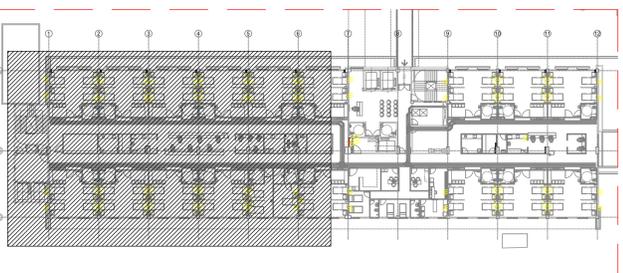
MANUELA DE MOURA



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VÁLVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVACIONES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS...
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DOS POSTOS DE CONSUMO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES...
 - 12 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRANCHA DE DETALHES...
 - 13 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 14 - PARA O SISTEMA DE FALAS DE AR / O2 / N2O / VC SEREM UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA A ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

03 ESC. SEM

01 IJF- PLANTA NIVEL 2 - SETOR 1
ESC. SEM



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NIVEL 2 - SEÇÃO 1
SEM ESCALA

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

SEMA
ISS-C
ISS-P

ARCHITECTUS
R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)3456 9000
architectusbr@gmail.com

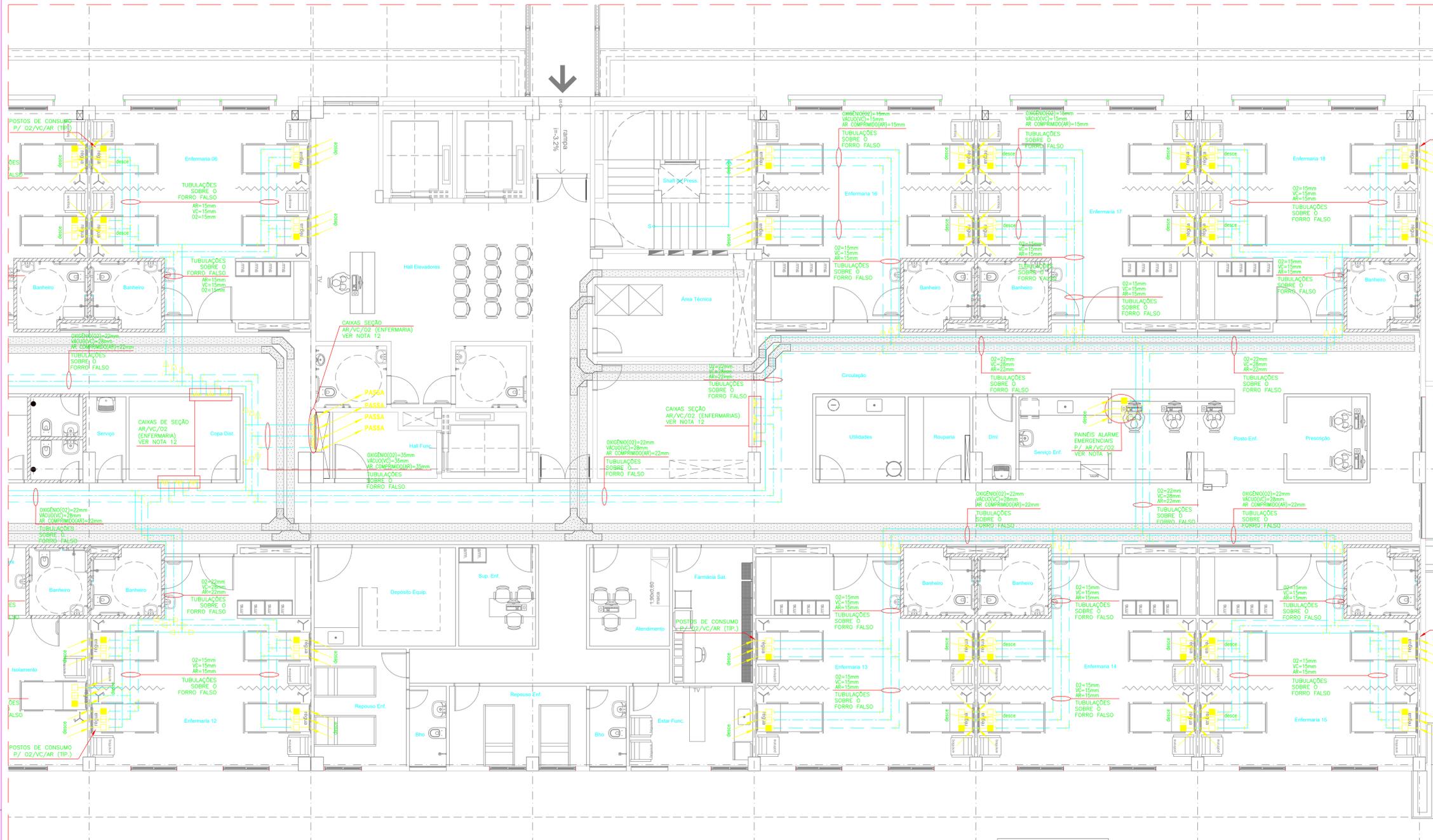
Prefeitura de Fortaleza
SEINF
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Orgão: SEINF
Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2
Título do projeto: PROJETO GASES MEDICINAIS - NIVEL 2 - SETOR 1
Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO
Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Data: DEZ-15
Espec: INDICADA
Folha: 05
13

PRANCHA_A01 (118x840mm)

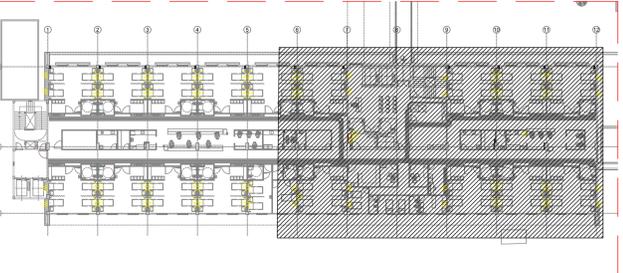
PROJEÇÃO DE INFRAESTRUTURA



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VALVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVÇÕES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DOS POSTOS DE CONSUMO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES
 - 12 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRANCHA DE DETALHES
 - 13 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 14 - PARA O SISTEMA DE P.A.S. DE AR F/ O2 / VC SEUS UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA E ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

03 LEGENDA GASES MEDICINAIS

01 IJF- PLANTA NIVEL 2 - SETOR 2



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NIVEL 2 - SEÇÃO 2

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

SEMA

ISS-C

ISS-P

ARCHITECTUS

R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)3456 9000
architectus@gmail.com

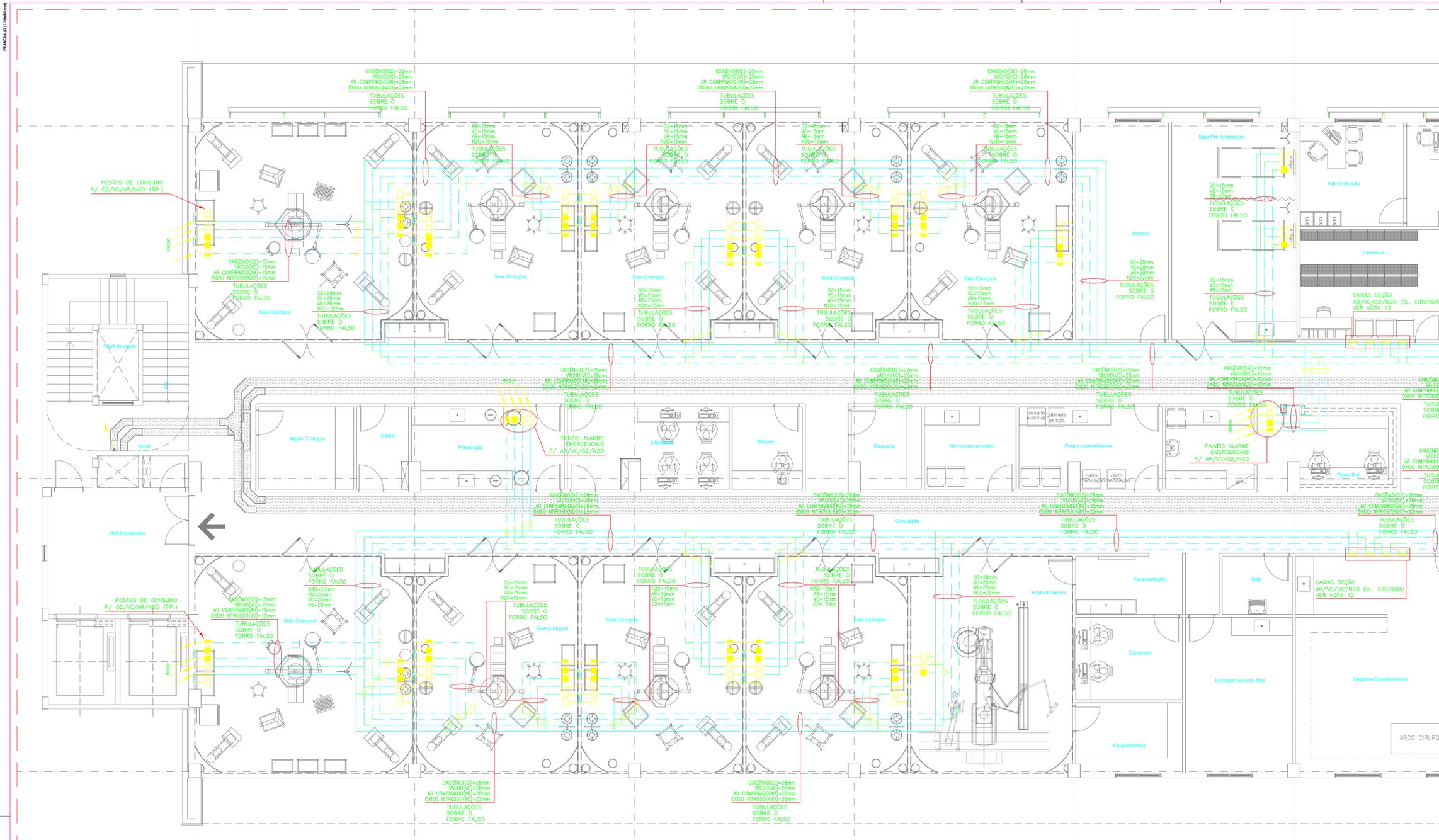
Prefeitura de Fortaleza

SEINF
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Órgão: SEINF
Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2
Título do projeto: PROJETO GASES MEDICINAIS - NIVEL 2 - SETOR 2
Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO
Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Data: DEZ-15
Esp.: INDICADA
Folha: 06
13

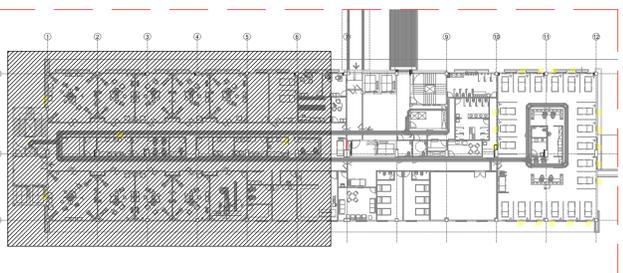
PRANCHA: AG (1198x840mm)



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VALVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVACIONES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kg/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES
 - 12 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 13 - PARA O SISTEMA DE ALARME DE AR / O2 / VC SEDEO UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA E ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

03 LEGENDA GASES MEDICINAIS
ESC. SIM

01 UF- PLANTA NIVEL 3 - SETOR 1
ESC. 1/100



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NIVEL 3 - SETOR 1
SEM ESCALA

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

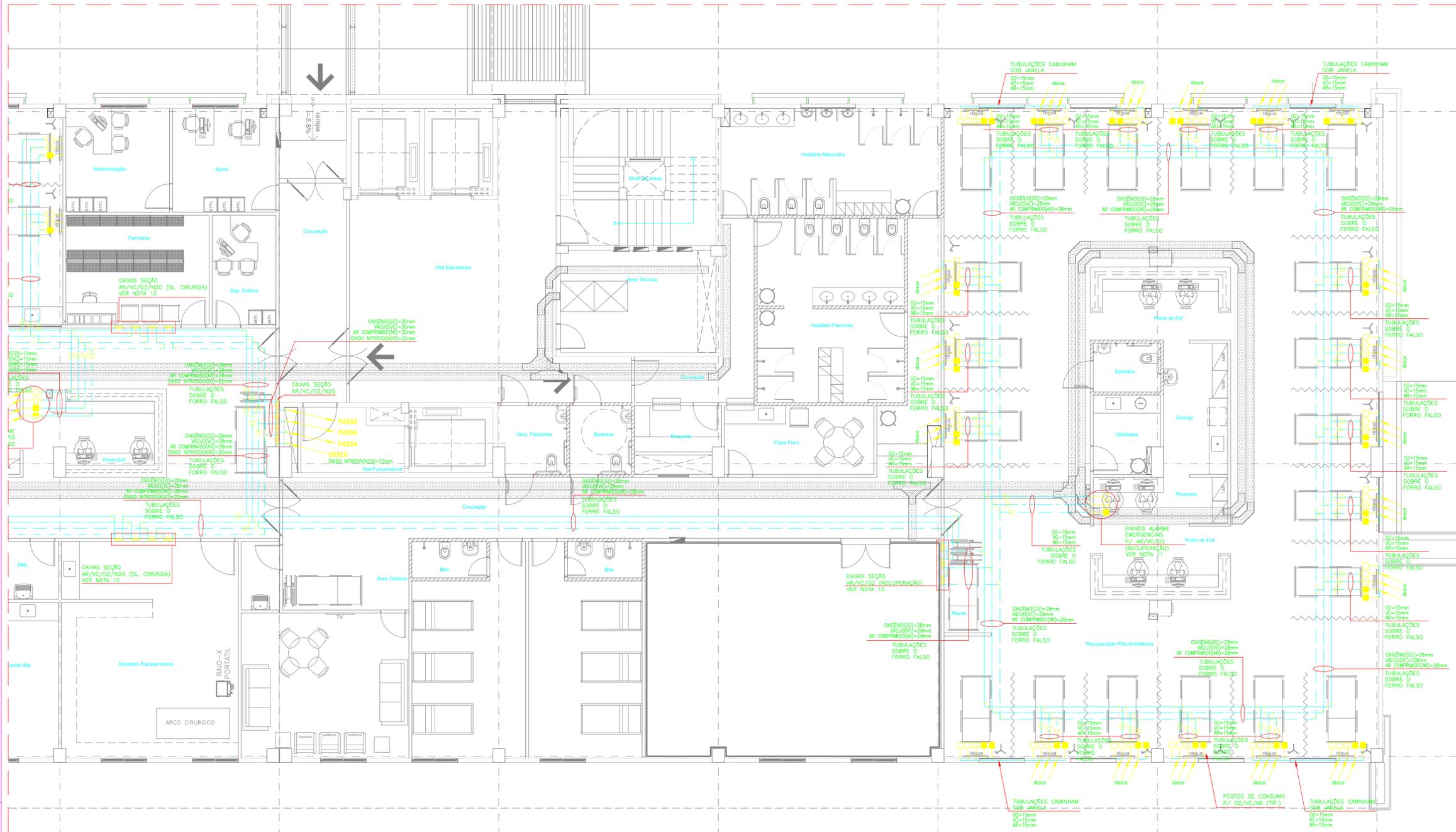
SEMA
ISS-C
ISS-P

ARCHITECTUS
R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)3456 9000
architectusbr@gmail.com

Prefeitura de Fortaleza
SEINF
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Órgão: SEINF
Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2
Título: PROJETO GASES MEDICINAIS - NIVEL 3 - SETOR 1
Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO
Coord. estáb. de projetos: MANUELA NOGUEIRA
Arquivo: 048_PE_GMED_IJF_01_GASES MEDICINAIS_R03.dwg
Data: DEZ-15
Espec: INDICADA
Folha: 07
13

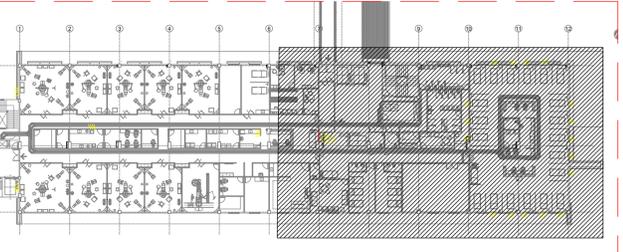
PROJEÇÃO DE INTERIORES



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VÁLVULA ESPERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVÇÕES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kg/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRANCHETA DE DETALHES
 - 12 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 13 - PARA O SISTEMA DE P.A.O. DE AR / O2 / N2O / VC SERÃO UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA. A ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSA SECCIONAMENTO.

03 ESC. SEM

01 IJF- PLANTA NIVEL 3 - SETOR 2
ESC.



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NIVEL 3 - SETOR 2
ESC. ESCALA

Revisão n°	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

SEUMA

ISS-C

ISS-P

CHXA

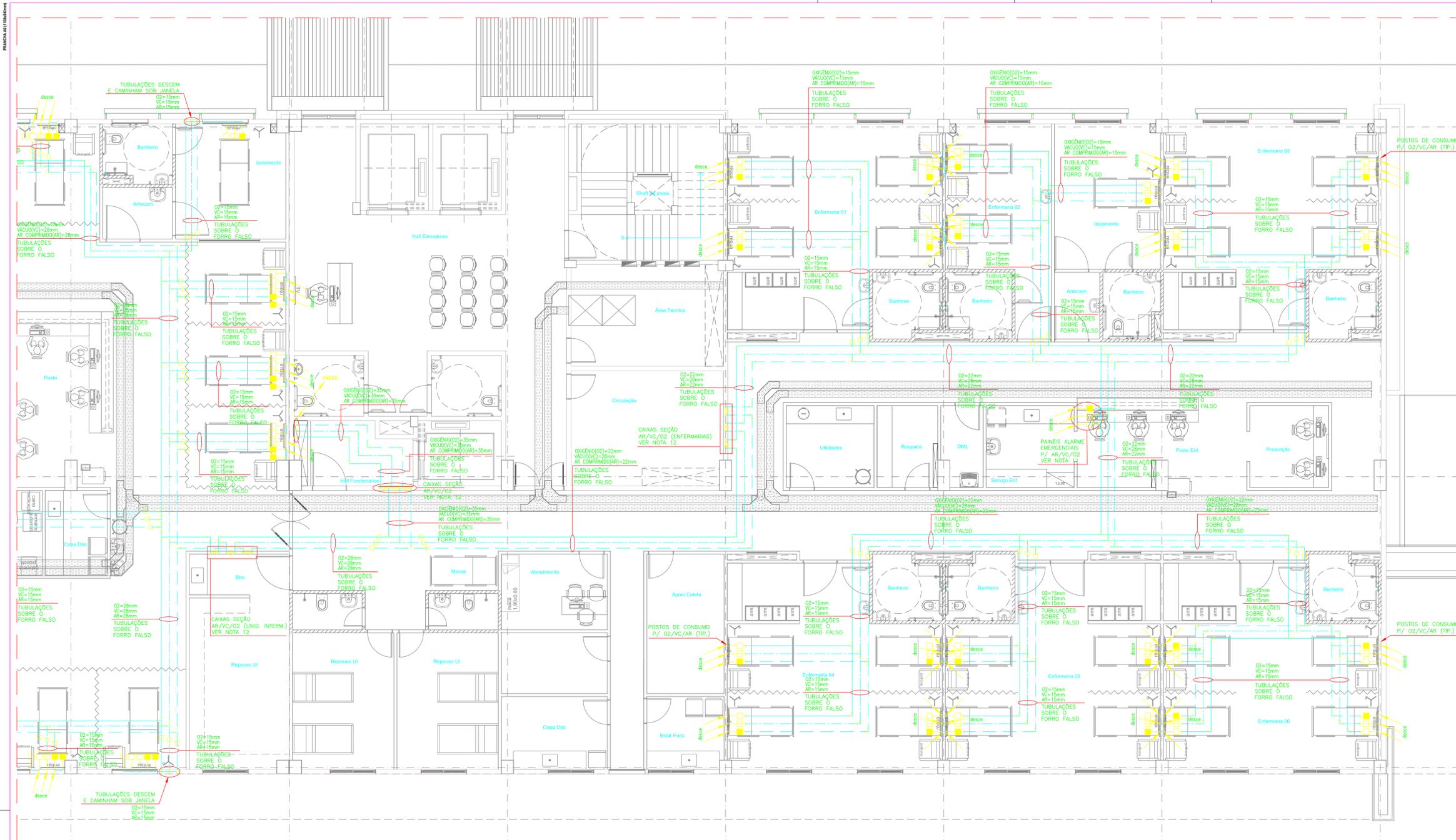
ARCHITECTUS
R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)3456 9000
architectusbr@gmail.com

Prefeitura de Fortaleza SEINF SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Órgão: SEINF
Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2
Título do projeto: PROJETO GASES MEDICINAIS - NIVEL 3 - SETOR 2
Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO
Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Data: DEZ-15
Espec: INDICADA
Folha: 08
13

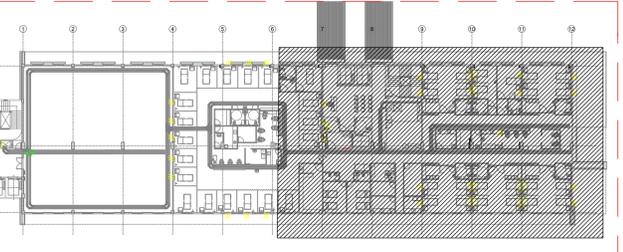
PRAXCHA.A01 (118x840mm)



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRIMIDO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VÁLVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM CORRE ASTM B-70, CLASSE 4, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TETRAFON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES VERIFICAR DETALHES NAS
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESCIDAS).
 - 11 - PARA DETALHES DOS PONTOS DE CONSUMO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES
 - 12 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRANCHA DE DETALHES
 - 13 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 14 - PARA O SISTEMA DO FALC. DE AR / O2 / VC / VC SEBEM UTILIZAR PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA, A ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVERÁ SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

03 ESC. SEINF

01 IJF- PLANTA NIVEL 4 - SETOR 2
ESC. 1/50



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NIVEL 4 - SETOR 2
SEM ESCALA

SEIIMA

ISS-C

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

CSXA

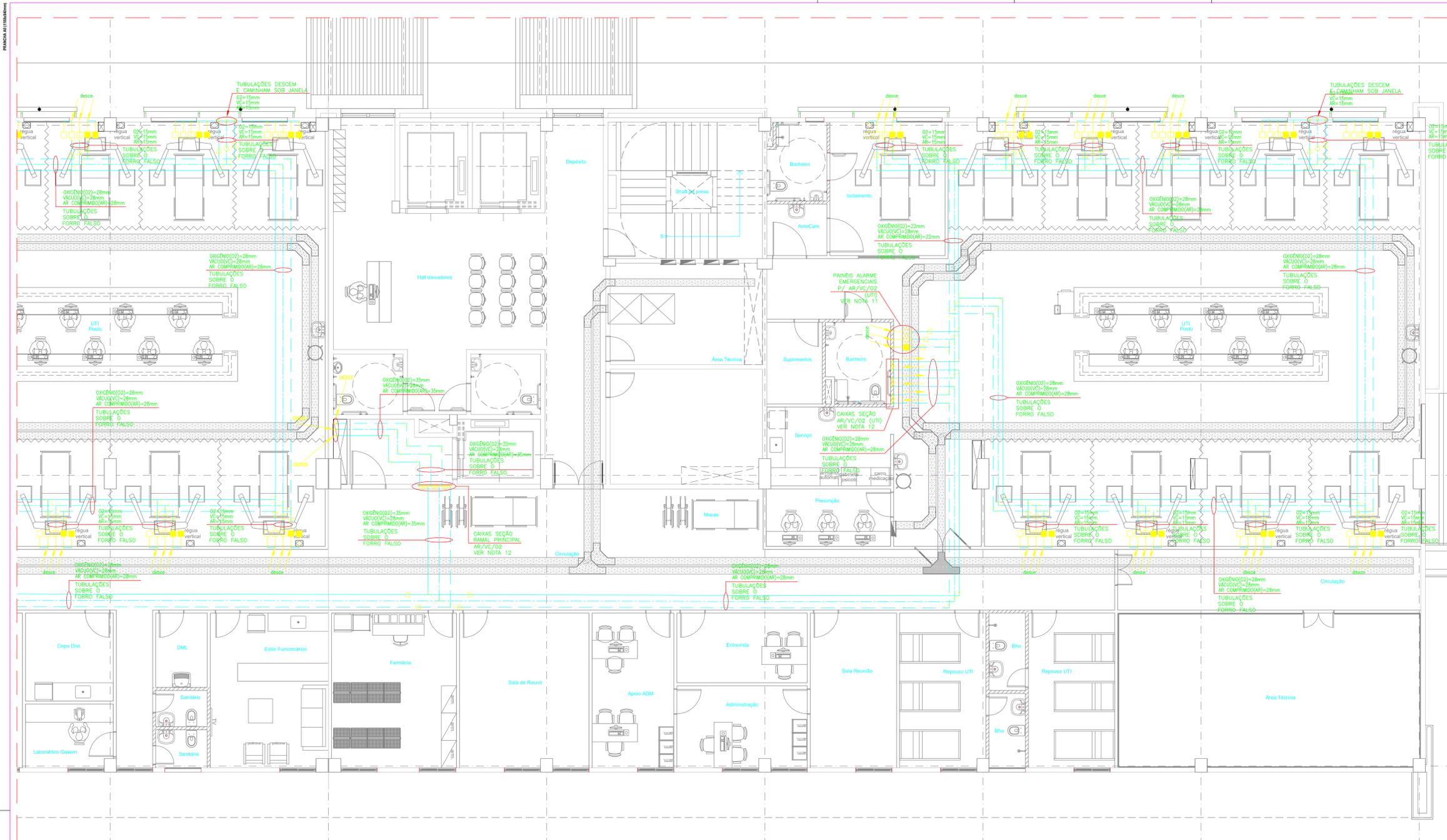
ISS-P

ARCHITECTUS
R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)456 9000
architectusbr@gmail.com

Prefeitura de Fortaleza
SEINF - SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Orgão: SEINF	Data: DEZ-15
Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2	Especie: INDICADA
Título: PROJETO GASES MEDICINAIS - NIVEL 4 - SETOR 2	Folha: 10
Responsável Técnico: NEWTON MARANHÃO	Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA
Arquivo: 048_PE_GMED_IJF2_001_GASES MEDICINAIS_R03.dwg	13

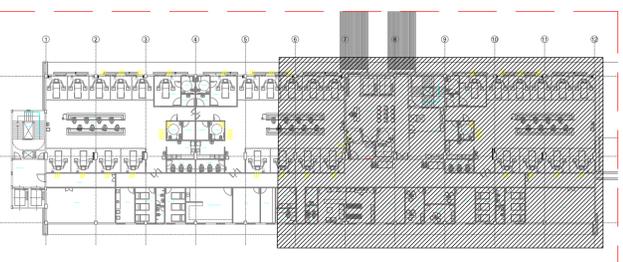
PRANCHA: A0 (1198x840mm)



- LEGENDA:**
- REDE OXIGÊNIO (O2)
 - REDE AR COMPRESSADO (AR)
 - REDE VÁCUO (VC)
 - REDE ÓXIDO NITROSO (N2O)
 - POSTO EMBUTIDO OXIGÊNIO
 - POSTO EMBUTIDO AR
 - POSTO EMBUTIDO VÁCUO
 - POSTO EMBUTIDO ÓXIDO NITROSO
 - VÁLVULA ESFERA EM CAIXA SEÇÃO
 - BUCHA REDUÇÃO
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO DAS REDES = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A PRATA.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.
 - 6 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DAS REDES VERIFICAR DETALHES NAS
 - 8 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 9 - PARA PURGA DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 10 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (SOMENTE DESECCAS).
 - 11 - PARA DETALHES DOS PONTOS DE CONSUMO E PAINÉIS DE ALARME VERIFICAR DETALHES
 - 12 - PARA DETALHES DAS CAIXAS DE SEÇÃO VERIFICAR A PRONHA DE DETALHES
 - 13 - VER ESTE DESENHO JUNTAMENTE COM O MEMORIAL DESCRITIVO.
 - 14 - PARA O SISTEMA DE P.A.C. DE AR / O2 / VO / N2O SERÃO UTILIZADOS PAINÉIS DE ALARME EMERGENCIAS COM BATERIA A ALIMENTAÇÃO PARA ESTES PAINÉIS DEVE SER FEITA DA REDE PRINCIPAL E ANTES DE QUALQUER RAMIFICAÇÃO QUE POSSUA SECCIONAMENTO.

03 LEGENDA GASES MEDICINAIS

01 IJF-FORÇA NÍVEL 5 - SETOR 2



02 DETALHE MAPA SITUAÇÃO NÍVEL 5 - SETOR 2

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

ARCHITECTUS
R. Canuto de Aguiar, n.1401
Tel: (65)3456 9000
architectusbr@gmail.com

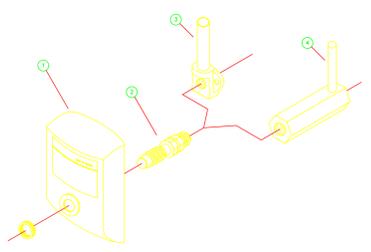
Prefeitura de Fortaleza
SEINF - SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA

Unidade/Orgão: SEINF
Nome do projeto: INSTITUTO DR. JOSÉ FROTA 2 - IJF2
Título do projeto: PROJETO GASES MEDICINAIS - NÍVEL 5 - SETOR 2
Responsável Técnico: NEWTON MARRANHÃO
Coord. técn. de projetos: MANUELA NOGUEIRA

Data: DEZ-15
Esp.: INDICADA
Folha: 12
13

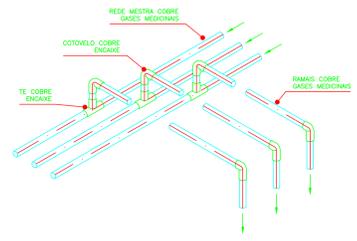
PRANCHA AG (118x840mm)

POS. QUANT.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	REFERÊNCIA	OBSERVAÇÃO
1	01 POSTO DE CONEXÃO PARA RETENÇÃO	LATÃO	LIG. MORTA	CONF. GAS
2	01 CONEXÃO DUPLO RETENÇÃO	LATÃO	LIG. MORTA	CONF. GAS
3	01 CONEXÃO SOLDA DA PARA POSTO APARENTE	LATÃO	LIG. MORTA	-
4	01 CONEXÃO SOLDA DA PARA POSTO EMBUTIDO	LATÃO	LIG. MORTA	-



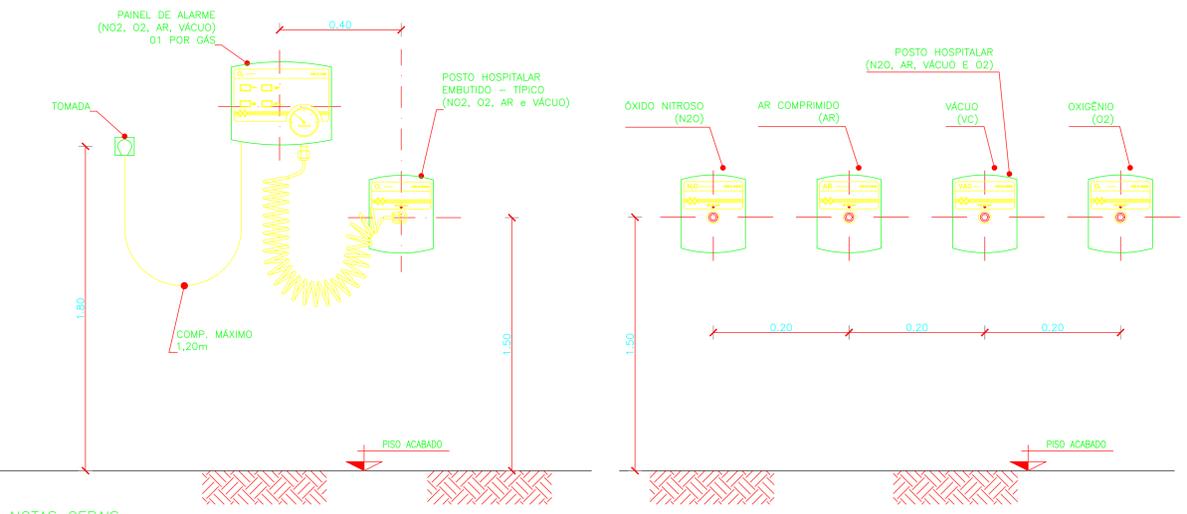
DETALHE TÍPICO INSTALAÇÃO PARA POSTO
SEM ESCALA

- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM MILÍMETROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO (DADOS REDES) = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A FRIO.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.



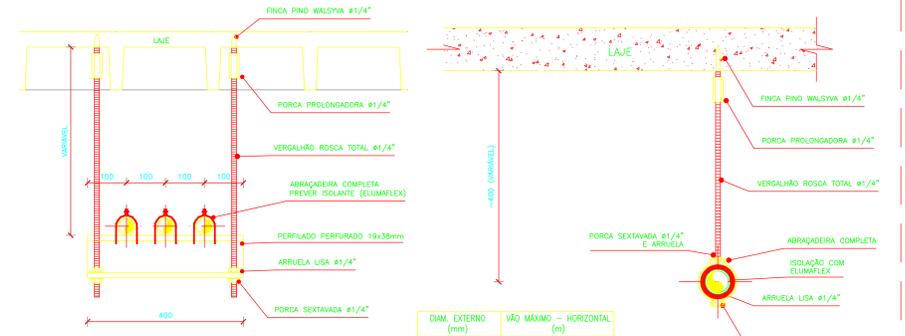
DETALHE TÍPICO DE SOBREPOSIÇÃO DE RAMAIS
SEM ESCALA

- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM MILÍMETROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÕES EM COBRE ASTM B-75, CLASSE A, EXTREMIDADES PLANAS, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - PRESSÃO DE TRABALHO (DADOS REDES) = 6,0 kgf/cm², EXCETO VÁCUO = 20mmHg.
 - 4 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A FRIO.
 - 5 - TODAS AS ROSCAS DEVERÃO SER VEDADAS COM FITA TEFLON.



VISTA DOS POSTOS DE GASES E PAINÉIS DE ALARME
SEM ESCALA

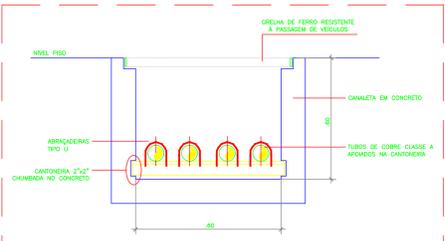
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - AS TUBULAÇÕES SERÃO TODAS EMBUTIDAS NA PAREDE.



DETALHE DA FIXAÇÃO DAS TUBULAÇÕES
SEM ESCALA

- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM MILÍMETROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - ABRAÇADORAS JÁ VEM COM OS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO.
 - 3 - MONTAR ESTE SUPORTE COM AS DISTÂNCIAS MÍNIMAS (CONF. TABELA).
 - 4 - TODO ESTE MATERIAL COM ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE GALVANIZADA.

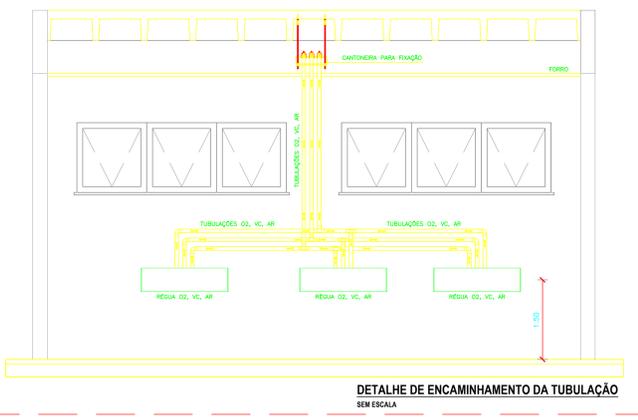
DIAM. EXTERNO (mm)	VÃO MÁXIMO - HORIZONTAL (m)
AB 15	3,5
DI 22 e 25	2,0
DI 35 e 54	2,5
Maior que 54	3,0



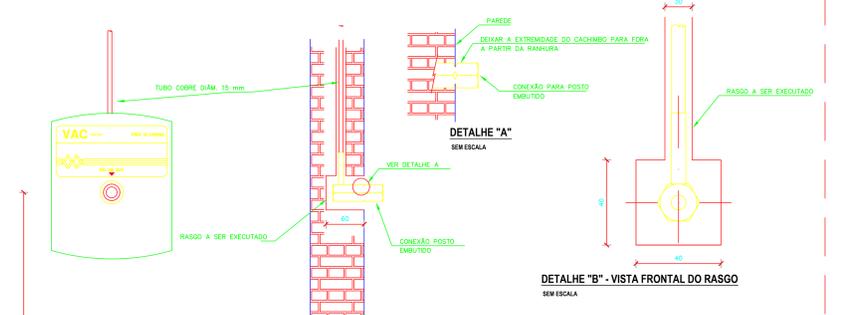
DETALHE DA CANALETA PARA TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS

- NOTAS GERAIS:**
- 1 - A NBR-1188 RECOMENDA O USO DE CANALETA PARA TUBULAÇÃO SUBTERRÂNEA
 - 2 - ESPAÇAMENTO DAS FIXAÇÕES CONFORME TABELA 2 - NBR-12188

DIAM. EXTERNO (mm)	VÃO MÁXIMO - HORIZONTAL (m)
AB 15	3,5
DI 22 e 25	2,0
DI 35 e 54	2,5
Maior que 54	3,0



DETALHE DE ENCAMINHAMENTO DA TUBULAÇÃO
SEM ESCALA



DETALHE "B" - VISTA FRONTAL DO RASGO
SEM ESCALA

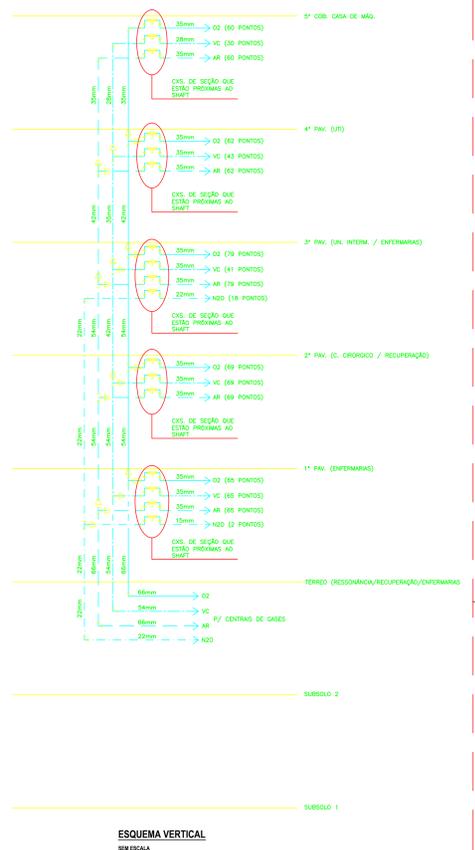
PADRÃO PI ORDEM DE MONTAGEM

- NAVO**
- N=OXÍDEO NITRÓSO
 - A=AR COMPRIMIDO
 - V=VÁCUO
 - O=OXIGÊNIO

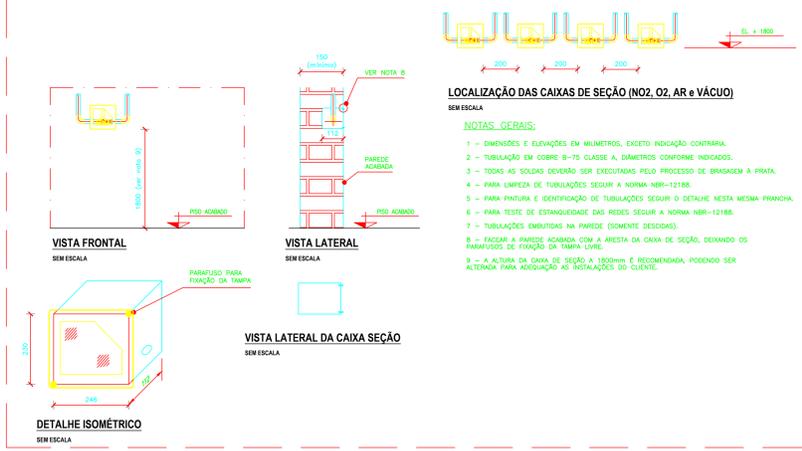
- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES EM MILÍMETROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.

INSTALAÇÃO DO POSTO DE CONSUMO

VISTA FRONTAL DO POSTO EMBUTIDO
SEM ESCALA

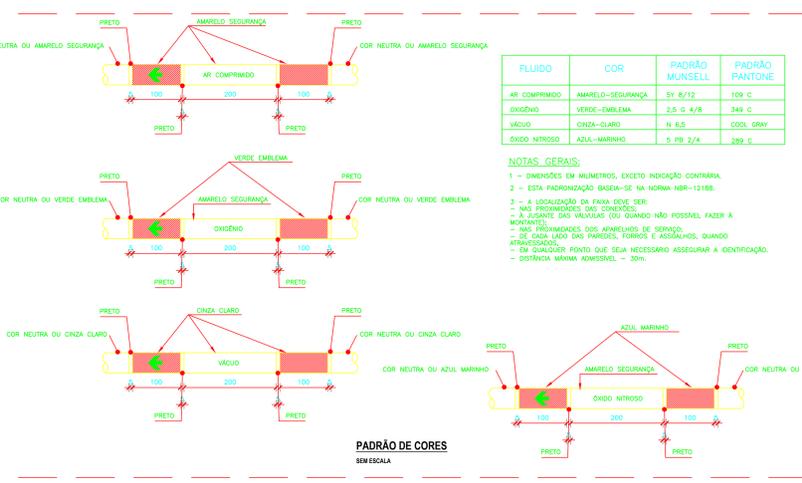


ESQUEMA VERTICAL
SEM ESCALA



LOCALIZAÇÃO DAS CAIXAS DE SEÇÃO (NO2, O2, AR e VÁCUO)
SEM ESCALA

- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM MILÍMETROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - TUBULAÇÃO EM COBRE B-75 CLASSE A, DIÂMETROS CONFORME INDICADOS.
 - 3 - TODAS AS SOLDAS DEVERÃO SER EXECUTADAS PELO PROCESSO DE BRASAGEM A FRIO.
 - 4 - PARA LIMPEZA DE TUBULAÇÕES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 5 - PARA PINTURA E IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES SEGUIR O DETALHE NESTA MESMA PRANCHETA.
 - 6 - PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE DAS REDES SEGUIR A NORMA NBR-12188.
 - 7 - TUBULAÇÕES EMBUTIDAS NA PAREDE (CONFORME SESSÃO 8).
 - 8 - FIXAR A PAREDE ACABADA COM A HASTE DA CAIXA DE SEÇÃO, DEIXANDO OS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DA TAMPA LIVRE.
 - 9 - A ALTURA DA CAIXA DE SEÇÃO A 1800mm É RECOMENDADA, PODENDO SER ADEQUADA AS INDICAÇÕES DO CLIENTE.



FLUIDO	COR	PADRÃO MUNSSELL	PADRÃO PANTONE
AR COMPRIMIDO	AMARELO-SEGURANÇA	5Y 8/12	109 C
OXIGÊNIO	VERDE-EMBLEMA	2,5 G 4/9	349 C
VÁCUO	CINZA-CLARO	N 8,5	COOL GRAY
OXÍDEO NITRÓSO	AZUL-MARRNHO	5 PB 2/4	289 C

- NOTAS GERAIS:**
- 1 - DIMENSÕES EM MILÍMETROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
 - 2 - ESTA PADRONIZAÇÃO BASEIA-SE NA NORMA NBR-12188.
 - 3 - A LOCALIZAÇÃO DA TAMPA DEVE SER:
 - NAS PAREDES: NAS EXTREMIDADES NÃO POSSÍVEL FAZER A MONTAGEM;
 - NAS TUBULAÇÕES: NOS PONTOS MAIS BAIXOS POSSÍVEL FAZER A MONTAGEM;
 - DE CADA LADO DAS PAREDES, FORROS E ASSALHADOS, QUANDO APLICÁVEL;
 - EM QUALQUER PONTO QUE SEJA NECESSÁRIO ASSEGURAR A IDENTIFICAÇÃO;
 - DISTÂNCIA MÁXIMA ADMISSÍVEL = 30m.

PADRÃO DE CORES
SEM ESCALA

Revisão nº	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Emissão Inicial	Dez/15	Newton	Newton
01	Revisão	Set/16	Newton	Newton
02	Revisão - Ponto de Óxido Nitroso	Set/17	Newton	Newton
03	Revisão conforme relatório e visita técnica	Nov/17	Newton	Newton

CSXA

APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO

NÍVEL	ÁREA	Comp. HORIZONTAL (m)	DN (mm)	CURVAS	TÊ	REDUÇÃO	VÁLVULA	VAZÃO (m3/h)	Comp. Eq. ACESSÓRIOS (m)	Comp. LINEAR (m)	DI MÍN. (mm)
SUBSOLO	Entrada – SHAFT	41,01	66	3				468,3	11,10	52,11	47,89
NÍVEL 1	Bypass SHAFT 1	2,15	35	4	1	1	1	11,7	13,40	15,55	9,60
	Ram. Enferm 01-06	41,30	22	6	6	1	1	4,32	22,00	63,30	8,79
	Enfermaria 01	16,79	15	5	1	1		0,36	8,08	24,87	2,91
	Enfermaria 02	13,85	15	7	3	1		0,72	14,88	28,73	3,87
	Enfermaria 03	17,05	15	7	3	1		0,72	14,88	31,93	3,95
	Enfermaria 04	13,45	15	7	3	1		0,72	14,88	28,33	3,86
	Enfermaria 05	17,99	15	7	3	1		0,72	14,88	32,87	3,98
	Enfermaria 06	18,55	15	14	4	2		1,08	25,15	43,70	4,89
	Ram. Enferm 07-15 + Isol.	63,62	22	7	8	1	1	6,3	28,00	91,62	10,89
	Enfermaria 07	15,40	15	5	1	1		0,36	8,08	23,48	2,88
	Enfermaria 08	14,02	15	7	3	1		0,72	14,88	28,90	3,87
	Enfermaria 09	17,40	15	7	3	1		0,72	14,88	32,28	3,96
	Enfermaria 10	14,02	15	7	3	1		0,72	14,88	28,90	3,87
	Enfermaria 11+Isol	26,46	15	11	4	1		0,9	21,58	48,04	4,66
	Enfermaria 12	12,90	15	5	1	1		0,36	8,08	20,98	2,81
	Enfermaria 13	17,28	15	7	3	1		0,72	14,88	32,16	3,96
	Enfermaria 14	14,12	15	7	3	1		0,72	14,88	29,00	3,88
	Enfermaria 15	12,44	15	14	4	2		1,08	27,00	39,44	4,79
	Ram. Obs. Transferência	34,20	22	5	1	1	1	0,9	8,18	42,38	4,54
	Transferência	22,08	15	13	5	1		0,9	26,08	48,16	4,66
NÍVEL 2	Bypass SHAFT 2	2,15	35	4	1	1	1	12,78	13,40	15,55	9,92
	Ram. Enferm 01-06	41,30	22	6	6	1	1	4,32	22,00	63,30	8,79
	Enfermaria 01	16,79	15	5	1	1		0,36	8,08	24,87	2,91
	Enfermaria 02	13,85	15	7	3	1		0,72	14,88	28,73	3,87
	Enfermaria 03	17,05	15	7	3	1		0,72	14,88	31,93	3,95
	Enfermaria 04	13,45	15	7	3	1		0,72	14,88	28,33	3,86
	Enfermaria 05	17,99	15	7	3	1		0,72	14,88	32,87	3,98

	Enfermaria 06	18,55	15	14	4	2		1,08	25,15	43,70	4,89
	Ram. Enferm 07-12 + Isol.	43,65	22	7	8	1	1	4,14	28,00	71,65	8,87
	Enfermaria 07	15,40	15	5	1	1		0,36	8,08	23,48	2,88
	Enfermaria 08	14,02	15	7	3	1		0,72	14,88	28,90	3,87
	Enfermaria 09	17,40	15	7	3	1		0,72	14,88	32,28	3,96
	Enfermaria 10	14,02	15	7	3	1		0,72	14,88	28,90	3,87
	Enfermaria 11	14,02	15	7	3	1		0,72	14,88	28,90	3,87
	Enfermaria 12+Isol	17,75	15	14	2	2		0,9	20,55	38,30	4,45
	Ram. Enferm 13-18	60,61	22	9	6	1	1	4,32	25,60	86,21	9,35
	Enfermaria 13	14,80	15	5	1	1		0,36	8,08	22,88	2,86
	Enfermaria 14	12,66	15	7	3	1		0,72	14,88	27,54	3,84
	Enfermaria 15	14,55	15	14	5	1		1,08	27,18	41,73	4,84
	Enfermaria 16	14,33	15	5	1	1		0,36	8,08	22,41	2,85
	Enfermaria 17	13,19	15	7	3	1		0,72	14,88	28,07	3,85
	Enfermaria 18	17,81	15	14	5	1		1,08	27,18	44,99	4,92
	Bypass SHAFT 3	2,15	35	4	1	1	1	157,26	13,40	15,55	25,11
	Ram. CC NORTE	75,05	28	8	12	1	1	49,68	38,80	113,85	24,41
	Sala 01	7,27	15	8	2	2		9,60	13,95	21,22	9,50
	Sala 02	5,08	15	10	2	2		9,60	16,15	21,23	9,50
	Sala 03	8,02	15	10	2	2		9,60	16,15	24,17	9,75
	Sala 04	8,02	15	10	2	2		9,60	16,15	24,17	9,75
	Sala 05	8,02	15	10	2	2		9,60	16,15	24,17	9,75
	Pré-Anestésico	8,99	15	5	1	1		1,68	8,08	17,07	4,77
	Ram. CC SUL	75,05	28	7	9	1	1	38,70	30,40	105,45	21,92
	Sala 06	7,27	15	8	2	2		9,60	13,95	21,22	9,50
	Sala 07	5,08	15	10	2	2		9,60	16,15	21,23	9,50
	Sala 08	8,02	15	10	2	2		9,60	16,15	24,17	9,75
	Sala 09	8,02	15	10	2	2		9,60	16,15	24,17	9,75
	Hemodinâmica	1,43	15	2		1		0,30	2,48	3,91	1,88
	Ram. Recuperação	87,46	28	9	18	1	1	36,96	54,40	141,86	22,87
	Recuperação/leito	3,74	15	68	20	16		1,85	6,26	0,50	2,44

NÍVEL 3

NÍVEL 4	Bypass SHAFT 4	9,90	35	6	1	1	1	113,76	17,40	27,30	24,93
	Ram. Und. Intermediária + Isol	77,94	35	9	20		1	109,62	59,20	136,84	33,95
	Isolamento	6,33	15	3			1	0,18	3,58	9,91	1,87
	Unidade Intermediária	1,49	15	68	20		16	5,76	6,59	8,08	6,48
	Ram. Enferm 01-06 + Isol	56,03	22	9	6	1	1	4,14	25,60	81,63	9,11
	Enfermaria 01	15,45	15	5	1		1	0,36	8,08	23,53	2,88
	Enfermaria 02 +Isol	16,84	15	9	4		1	0,90	19,38	36,22	4,40
	Enfermaria 03	20,86	15	12	3		1	0,72	20,38	41,24	4,16
	Enfermaria 04	15,1	15	5	1		1	0,36	8,08	23,18	2,87
	Enfermaria 05	11,1	15	7	3		1	0,72	14,88	25,98	3,79
	Enfermaria 06	13,38	15	14	5		1	1,08	27,18	40,56	4,82
NÍVEL 5	Bypass SHAFT 5	9,90	35	6	1	1	1	172,8	17,40	27,30	29,10
	Ram. UTI A-B	32,00	28	2	1	1		115,2	6,48	38,48	26,83
	Ram. UTI A+Isol	65,64	28	9	10	1	1	57,6	35,20	100,84	25,17
	UTI A/leito	1,91	15	38	11		9	5,76	6,96	8,86	6,60
	Ram. UTI B+Isol	65,64	28	9	10	1	1	57,6	35,20	100,84	25,17
	UTI B/leito	1,91	15	38	11		9	5,76	6,96	8,86	6,60
	Ram. UTI C+Isol	65,64	28	9	10	1	1	57,6	35,20	100,84	25,17
	UTI C/leito	1,91	15	38	11		9	5,76	6,96	8,86	6,60