



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

BRENNO MISQUITA SILVA

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DA AMPLIAÇÃO NA REDE DE GASES EM
HOSPITAL DE REFERÊNCIA PARA TRATAMENTO DE COVID-19**

FORTALEZA

2021

BRENNO MISQUITA SILVA

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DA AMPLIAÇÃO NA REDE DE GASES EM
HOSPITAL DE REFERÊNCIA PARA TRATAMENTO DE COVID-19

Trabalho final de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. André Casimiro de Macedo.

FORTALEZA

2021

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)

S578a Silva, Brenno Misquita.

Avaliação técnico-econômica da ampliação na rede de gases em hospital de referência para tratamento de COVID-19 / Brenno Misquita Silva. – 2021.

74 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. André Casimiro de Macedo.

1. Oxigênio medicinal. 2. SARS-COV-2. 3. Coronavírus. I. Título.

CDD 660

BRENNO MISQUITA SILVA

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DA AMPLIAÇÃO NA REDE DE GASES
EM HOSPITAL DE REFERÊNCIA PARA TRATAMENTO DE COVID-19

Trabalho final de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Casimiro de Macedo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Rílvia Saraiva Santiago
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Petrônio Clemente de Oliveira Bastos
White Martins Gases Industriais Ltda

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida. Aos meus pais Isabel e Arnaldo, pelo apoio incondicional sempre em tudo que me proponho a fazer. A Isabel Maria de Misquita Silva por sempre ter me motivado e pelos exemplos práticos e diários de que com esforço e sacrifício é possível vencer qualquer desafio.

À Universidade Federal do Ceará por proporcionar um ensino de qualidade com excelentes professores e parcela importante na formação como profissional e principalmente, pessoa. Aos professores Hosiberto Sant'Ana e Filipe Xavier por permitirem uma experiência acadêmica no Grupo de Pesquisa em Termofluidodinâmica Aplicada (GPTA) e por demonstrar que além de excelentes profissionais são pessoas extraordinárias.

Ao meu amigo e professor orientador, André Casimiro por dedicação, orientação, paciência e conhecimentos transmitidos durante a elaboração do presente trabalho e nos demais anos de graduação.

A empresa White Martins Gases Industriais do Nordeste Ltda por promover a experiência intensa como profissional e por todos os desafios propostos e lições duras aprendidas. Ao meu colega Sebastião Júnior por transmitir diariamente os seus conhecimentos e por ser exemplo de comprometimento, resiliência e humildade.

Aos amigos do CAEQuilíbrio composto por Gabriella Freitas, Mateus Silas, Yanka Falketo, Rebecca Holanda, Daniel Mesquita, Davi Abreu, Dayane Wendy, Catarine Alves e Larissa Castro por provar que pessoas diferentes podem coexistir e se tornar um grupo unido, forte e se tornar grandes amigos. Agradecimento especial a Gabriella Freitas por toda parceria, amizade e momentos compartilhados.

À Letícia Lima por aturar todos os meus choros e reclamações durante a graduação e por seu apoio mesmo que a distância porém sempre presente.

RESUMO

O oxigênio desde a sua descoberta é visto como gás essencial para vida humana. Em 2019, com a evolução mundial de COVID-19/SARS-COV-2, capaz de obstruir as artérias pulmonares dificultando a respiração e causando afecções similares à pneumonia, demandou intensificação de demandas para suporte à saúde. Em particular, os gases medicinais, como o oxigênio, demandado em grandes quantidades e com pureza elevada para os sistemas de saúde e hospitalar e unidades de tratamento intensivo para o combate do COVID-19 e sua evolução clínica em pacientes. O trabalho consiste no projeto de uma ampliação de rede para gases oxigênio, ar medicinal e vácuo clínico para uma unidade hospitalar de tratamento intensivo de um hospital de referência. Uma unidade de tratamento intensivo, com 12 leitos, foi projetada com rede de gases para atender pacientes em tratamento intensivo. O projeto, fiel às normas brasileiras vigentes, apresenta o dimensionamento dos leitos, consumo, fontes de suprimentos, dimensionamento dos equipamentos e análise de custos e investimentos. Na primeira etapa, foram avaliados o consumo de gases, o material necessário para construção e os equipamentos, tais como bomba de vácuo clínico e compressor de ar medicinal. Após esta primeira etapa foram dimensionadas a rede de gases considerando a demanda do hospital de referência. A conclusão deste trabalho apresenta uma breve análise econômica para investimento na construção desses 12 leitos de UTI para um hospital de referência tendo em vista que apresentaram viabilidades econômicas no cenário realista e no otimista, o que não foi obtido no pessimista.

Palavras-chave: Oxigênio medicinal. SARS-COV-2. Coronavírus.

ABSTRACT

Oxygen since its discovery is seen as an essential gas for human life. In 2019, with the worldwide evolution of COVID-19/SARS-COV-2, capable of obstructing the pulmonary arteries hindering breathing and causing diseases similar to pneumonia, it required intensification of demands for health support. In particular, medicinal gases, such as oxygen, demanded in large quantities and with high purity for health and hospital systems and intensive care units to combat COVID-19 and its clinical evolution in patients. The work consists of the design of a network expansion for oxygen gases, medicinal air and clinical vacuum for an intensive care hospital unit of a reference hospital. An 12-bed intensive care unit was designed with a gas network to assist patients in intensive care. The project, faithful to current Brazilian standards, presents the dimensioning of beds, consumption, sources of supplies, equipment sizing and cost and investment analysis. In the first stage, the consumption of gases, the material necessary for construction and equipment, such as clinical vacuum pump and medical air compressor, were evaluated. After this first stage, the gas network was dimensioned considering and the demand of the reference hospital. The conclusion of this work presents a brief economic analysis for investment in the construction of these 12 ICU beds for a reference hospital, considering that presented economic viability in the realistic and optimistic scenarios, which was not obtained in the pessimistic.

Keywords: Medicinal oxygen. SARS-COV-2. Coronavirus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Unidade de Separação de Ar	17
Figura 2	– Fluxograma de distribuição de oxigênio	18
Figura 3	– Fluxograma da produção de ar medicinal	19
Figura 4	– Fluxograma da sucção da bomba de vácuo.....	20
Figura 5	– Fluxograma de instalação centralizada de gases medicinais.....	21
Figura 6	– Tanque Criogênico e Vaporizador Atmosférico.....	22
Figura 7	– Central de Cilindros reserva	23
Figura 8	– Compressor de ar sintético	24
Figura 9	– Módulo de Vácuo Clínico	25
Figura 10	– Régua Hospitalar.....	27
Figura 11	– Layout do compressor de ar.....	41
Figura 12	– Layout do módulo de vácuo	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ocupação de leitos de UTI no Ceará.....	15
Tabela 2 – Comparação entre os processo de separação de gases.....	16
Tabela 3 – Cor de identificação de gases e vácuo em serviços de saúde	26
Tabela 4 – Comprimentos equivalentes para válvulas e acessórios	31
Tabela 5 – Relação entre TIR e VPL	34
Tabela 6 – Custos com a rede de gases	39
Tabela 7 – Propriedades dos fluidos	44
Tabela 8 – Dados do processo	44
Tabela 9 – Custos Capex	45
Tabela 10 – Custos Opex	46
Tabela 11 – Custos com a rede de gases	46
Tabela 12 – Custos com os equipamentos rotativos	48
Tabela 13 – Custos com os equipamentos de infraestrutura.....	48
Tabela 14 – Custos com Oxigênio Líquido	49
Tabela 15 – Custos com energia elétrica	49
Tabela 16 – Receitas.....	50
Tabela 17 – Encargos.....	50
Tabela 18 – Indicadores cenário otimista	51
Tabela 19– Indicadores cenário realista	52
Tabela 20 – Indicadores cenário pessimista.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAPEX	Capital Expenditure
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EAS	Entidades de Assistência à Saúde
EVE	Estudo de Viabilidade Econômica
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
IRPJ	Imposto de Renda Pessoa Jurídica
ISS	Imposto Sobre Serviços
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPEX	Operational Expenditure
PIS	Programa Integração Social
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SRAG	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SUS	Sistema Único de Saúde
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VPL	Valor Líquido Presente
USA	Unidade de Separação de Ar

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$	Reais
%	Porcentagem
ε	Rugosidade
Re	Reynolds
hl	Perda de carga unitária
L	Comprimento total
D	Diâmetro interno
V	Velocidade
A	Área da seção
Q	Vazão
f	fator de atrito
K	Coefficiente de perda de carga
L_e	Comprimento equivalente
i	Taxa
t	Período
F	Fluxo de caixa
u	Viscosidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Justificativa.....	11
1.2	Objetivo Geral.....	11
1.3	Objetivos Específicos	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	Pandemia – Covid 19.....	12
2.2	Covid 19 – Brasil.....	13
2.3	Unidades de Terapia Intensiva	14
2.4	Gases medicinais	15
2.4.1	<i>Oxigênio medicinal.....</i>	18
2.4.2	<i>Ar medicinal.....</i>	18
2.4.3	<i>Vácuo clínico</i>	20
2.5	Instalação centralizada	21
2.5.1	<i>Central de suprimento</i>	21
2.5.1.1	<i>Tanque criogênico e vaporizador atmosférico.....</i>	22
2.5.1.1.1	<i>Central de cilindros reserva</i>	23
2.5.1.2	<i>Compressor de ar medicinal.....</i>	23
2.5.1.3	<i>Bomba de vácuo clínico</i>	24
2.5.2	<i>Tubulação de cobre.....</i>	25
2.5.3	<i>Válvulas.....</i>	26
2.5.3.1	<i>Válvulas de bloqueio (Gaveta, Esfera).....</i>	26
2.5.3.2	<i>Válvulas com único sentido de fluxo (Retenção).....</i>	26
2.5.4	<i>Postos de consumo</i>	27
2.5.5	<i>Réguas hospitalares</i>	27
2.5.6	<i>Painéis de alarme operacional e emergencial</i>	28
2.5.7	<i>Equipamentos de infraestrutura – Unidade de terapia intensiva.....</i>	28
2.6	Perda de carga.....	28
2.6.1	<i>Perdas maiores: Fator de atrito</i>	29
2.6.2	<i>Perdas menores.....</i>	30
2.7	Viabilidade econômica.....	31
2.7.1	<i>Projeção de custos.....</i>	32
2.7.2	<i>Projeção de receitas.....</i>	32

2.7.3	<i>Indicadores de viabilidade econômica</i>	32
2.7.3.1	<i>VALOR PRESENTE LÍQUIDO – VPL</i>	33
2.7.3.2	<i>TAXA INTERNA DE RETORNO – TIR</i>	33
2.7.3.3	<i>Payback</i>	34
2.7.3.4	<i>Taxa mínima de atratividade – TMA</i>	35
2.8	Legislação tributária	35
2.8.1	<i>IRPJ (Imposto sobre a renda das pessoas jurídicas)</i>	35
2.8.2	<i>PIS (Programa de Integração Social) / COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social)</i>	36
2.8.3	<i>ISSQN (Imposto Sobre os Serviços de Qualquer Natureza)</i>	36
2.9	Cenários econômicos	36
3	METODOLOGIA	37
3.1	Localização da unidade de tratamento intensivo	37
3.2	Estimativa de consumo e definição da fonte de suprimento	37
3.3	Rede centralizada de distribuição	38
3.4	Materiais e dispositivos	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	Dimensionamento da rede de gases hospital de referência	40
4.1.1	<i>Fonte de suprimento</i>	40
4.1.2	<i>Diâmetro da rede de distribuição de gases</i>	42
4.1.3	<i>Perdas de carga</i>	44
4.2	Custos	45
4.2.1	<i>Rede de gases</i>	46
4.2.2	<i>Bomba de vácuo e compressor de ar medicinal</i>	47
4.2.3	<i>Equipamentos da unidade de tratamento intensivo</i>	48
4.2.4	<i>Oxigênio Líquido</i>	48
4.2.5	<i>Energia elétrica</i>	49
4.3	Receitas	49
4.4	Encargos	50
4.5	Viabilidade econômica	50
4.5.1	<i>Cenário otimista</i>	51
4.5.2	<i>Cenário realista</i>	51
4.5.3	<i>Cenário Pessimista</i>	52
5	CONCLUSÃO	54

5.1	Sugestão de trabalhos	54
	REFERÊNCIAS	56
	ANEXO A – PLANTA BAIXA HOSPITAL DE REFERÊNCIA	59
	ANEXO B – FATORES DE SIMULTANEIDADE E DEMANDA POR	
	POSTOS DE CONSUMO CONFORME NBR ABNT 12188:2016	60
	ANEXO C – FLUXO DE CAIXA ACUMULADO CENÁRIO OTIMISTA	65
	ANEXO D – FLUXO DE CAIXA ACUMULADO CENÁRIO REALISTA ...	66
	APÊNDICE A – CÁLCULOS DA PERDA DE CARGA PARA REDE	
	OXIGÊNIO.....	67
	APÊNDICE B – CÁLCULOS DA PERDA DE CARGA REDE DE AR.....	68

1 INTRODUÇÃO

O surto atual do novo coronavírus SARS-CoV-2 (doença coronavírus 2019; anteriormente 2019 - nCoV), com epicentro na província de Hubei da República Popular da China, se espalhou para muitos outros países. Em 30 de janeiro de 2020, o Comitê de Emergência da OMS declarou uma emergência de saúde global com base nas crescentes taxas de notificação de casos em locais chineses e internacionais. O sinal clínico inicial da doença relacionada com a SARS-CoV-2-COVID-19 que permitiu a detecção de casos foi pneumonia. Sinais proeminentes de pneumonia viral incluem diminuição da saturação de oxigênio, desvios dos gases sanguíneos, alterações visíveis por meio de radiografias de tórax e outras técnicas de imagem, com anormalidades em vidro fosco, consolidação irregular, exsudato alveolar e envolvimento interlobular, eventualmente indicando deterioração (VELAVAN; MEYER, 2020).

De acordo com Werneck e Carvalho (2021) em meados de abril de 2020, poucos meses depois do início da epidemia na China em fins de 2019, já haviam ocorrido mais de 2 milhões de casos e 120 mil mortes no mundo por COVID-19. No Brasil, até então, tinham sido registrados cerca de 21 mil casos confirmados e 1.200 mortes pela Covid-19.

A Pandemia do Covid-19 trouxe consequências devastadoras para a humanidade. Além do número de pessoas mortas pela doença, os impactos econômicos e sociais ainda são incalculáveis. Considerando a velocidade de propagação do vírus e a possibilidade de bloqueio completo da transmissão em um grande contingente populacional suscetível, é razoável pensar na presença da doença por um longo período.

Cerca de 25% das pessoas diagnosticadas com COVID-19 tornaram-se graves, e destes, 80% necessitaram ser internadas em leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI), logo, é imprescindível uma quantidade de leitos de terapia intensiva possa atender à demanda (PEDROSA; ALBUQUERQUE, 2020).

As unidades de terapia intensiva são indicadas para oxigenoterapia, onde pacientes são tratados com inalação de oxigênio para manter as funções vitais do corpo e promover a oxigenação dos tecidos e combater a insuficiência respiratória causada pelo vírus.

Na tentativa de atender uma demanda exponencial por leitos para tratamento de Covid-19, o sistema público e privado direcionam os seus recursos para hospitais de campanha ou ampliações de unidades de tratamento intensivo, para atender casos de baixa até alta complexidade.

Os Hospitais de Campanha têm como característica principal ser uma estrutura hospitalar que pode ser colocada em operação rapidamente, de caráter temporário, e, na maior parte das vezes, voltada ao atendimento de pacientes com condições médicas semelhantes, como consequência de pandemias ou catástrofes de causas naturais ou humanas. Tem papel decisivo e consagrado para o atendimento de vítimas de terremotos, tsunamis e enchentes. Militares e organizações humanitárias têm grande experiência na operação de Hospitais de Campanha para o atendimento de feridos em guerras e para o atendimento de refugiados. É curioso notar que Hospitais de Campanha foram utilizados em escala mundial, pela última vez, para o tratamento da pandemia de gripe espanhola, também uma doença respiratória viral, há mais de um século (SCHETTINO; MIRANDA, 2020).

O Sistema Único de Saúde (SUS), como um dos maiores e mais robustos sistemas públicos de saúde do mundo, em meio a uma grande crise, produziu respostas. A ampliação de leitos para tratamento covid, quer seja em hospitais convencionais ou em unidades de campanha, tem o seu custo e a decisão de ampliar leitos para a unidade de tratamento intensivo não é simples. Desta forma, torna-se essencial basear a decisão em uma minuciosa análise econômico-financeira para verificação da viabilidade do projeto de ampliação.

O presente trabalho consiste na análise técnica para ampliar 12 leitos de UTI de um hospital referência, seguindo de análise de viabilidade econômica baseado em métricas econômicas no projeto de ampliação de leitos para tratamento covid-19. O estudo de viabilidade econômica aborda uma série de métricas relacionadas ao retorno de capital ou investimento que o processo poderá proporcionar aos investidores, podendo serem positivos ou negativos. As análises serão baseadas com base em fluxo de caixa para 10 anos inserido em cenários econômicos e seus principais indicadores de VPL (Valor Líquido Presente), Payback, TIR (taxa interna de retorno) considerando uma TMA (taxa mínima de atratividade).

1.1 Justificativa

Levando em considerações as questões de saúde exaltadas pela crise pandêmica se faz necessário investimentos em unidades de tratamento intensivo para tratar os pacientes de covid-19 com tratamentos gasoterápicos. A análise técnico e econômico é necessária para promover estímulos para iniciativa com objetivo de promover os investimentos em unidades de terapia intensivo para covid-19, garantindo segurança e qualidade no tratamento dos pacientes do hospital.

1.2 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral dimensionar a rede para gases medicinais e vácuo com objetivo de atender a demanda de uma unidade de tratamento intensivo de um hospital de referência, visando segurança e projeto de acordo com normas brasileiras.

1.3 Objetivos Específicos

- Determinar os consumos e fontes de suprimento de gases medicinais e vácuo clínico;
- Projetar a rede de gases;
- Determinar a Viabilidade econômica do projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado o início do coronavírus e seus impactos, as unidades de terapia intensiva e gases medicinais. E posteriormente, análise da importância da viabilidade econômica.

2.1 Pandemia – Covid 19

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a pandemia causada por um novo coronavírus, denominado cientificamente como SARS-CoV-2, foi iniciada em 31 de dezembro de 2019 após relatório de um grupo de casos de 'pneumonia viral' em Wuhan, na República Popular da China.

Ao constatarmos o impacto causado por esse novo vírus, observamos que se os estudiosos do clima diziam que a vida estava ameaçada pelo Antropoceno, o novo coronavírus tomou o protagonismo ao se tornar o perigo mais imediato à população humana. A pandemia se mostrou um potente desarticulador de nossos sistemas sociais e econômicos, tornando-se uma ameaça civilizatória. Esse evento crítico é atribuído a um hábito alimentar chinês, mas presente em outros países, como o Brasil, o consumo de carne fresca de animais domesticados e selvagens. As primeiras fontes de informações sobre a origem do novo coronavírus apontaram que este teria vindo de serpentes. Logo depois, especulou-se sobre o morcego e o pangolim. Este último, conforme matéria publicada no jornal El País (CRIADO, 2020), foi apontado como o vetor mais provável do contágio humano do novo coronavírus.

Duarte (2020) em seu estudo aponta como que o surto COVID-19, causado pelo SARS-CoV2, tenha começado no mercado de frutos do mar de Huanan. A origem do vírus provavelmente se deu por seleção natural. Vários estudos apontam que o morcego é o reservatório natural de diversos coronavírus, dentre os quais poderiam incluir-se o SARSCoV-2, transmitindo ao homem via pangolim ou por outros animais selvagens que possam ter sido comercializados no mercado. Entretanto, ainda que improvável, são necessárias maiores investigações para que se possa descartar uma provável liberação do SARS-CoV2.

Segundo Perrota(2020), a propagação de doenças zoonóticas é um problema grave, que não respeita fronteiras geopolíticas e acompanha os sistemas de produção alimentar, seja o global/industrial ou o local/artesanal. A consideração de

animais como vilões epidêmicos não é um problema relacionado apenas aos animais selvagens e aos “mercados úmidos”, mas se trata de uma ameaça à saúde pública presente em todos os sistemas agroalimentares. E cabe ainda ressaltar que o regime de produção industrial também nos torna vulneráveis a outros problemas de saúde humana, devido as adulterações feitas por empresas em carnes destinadas a venda e consumo. Apesar desses problemas presentes no regime industrial de produção animal, parece haver uma condenação moral mais enfática aos mercados chineses como fonte de risco e perigo. Questões como essas poderiam indicar que as denúncias de contágio contribuiriam para reforçar o que seria o caráter moralmente reprovável das atividades realizadas nos “mercados úmidos” chineses.

Desde o início da pandemia, diferentes meios de comunicação reportaram o aumento de discriminação aos chineses, associando seus hábitos à culpa pelo surto de Covid-19. A “cultura”, ou mais especificamente, os modos tidos como inadequados de coexistência entre humanos e animais assumem um papel importante na consideração sobre os fatores que causam a transmissão de doenças zoonóticas. E, desse modo, os chineses, de uma maneira generalizada, personificam práticas e valores entendidos como culpados pela situação causada pelo novo coronavírus.

2.2 Covid 19 – Brasil

Não houveram conclusões sobre a data ou período exatos que o vírus ingressou no Brasil. De acordo com G1 (2020), o primeiro caso de covid-19 no Brasil foi confirmado no dia 26 de fevereiro de 2020, após um senhor de 61 anos que esteve na Itália dias antes, apresentar sintomas respiratórios em sua volta ao país. Antes do primeiro caso, o governo federal declarou (04/02/2020) estado de emergência para conter o novo coronavírus chinês.

Após a declaração de estado de emergência, iniciativas foram tomadas para iniciar a contenção do vírus no país. As iniciativas adotadas foram: uso de máscaras e álcool em gel; intervenção para construção de hospitais de campanha; aquisição de equipamentos de suporte a saúde e ampliação de leitos de UTI. Segundo Conass (2021) foram utilizados, pelos entes federados, três tipos de estratégias para a adequação do parque hospitalar às necessidades de atenção ante a pandemia: a contratação de novos leitos do setor privado; a construção de hospitais

de campanha; e a conversão de leitos já existentes, destinando-os a atenção a pacientes com Covid.

2.3 Unidades de Terapia Intensiva (UTI)

Dentre as iniciativas adotadas com base na declaração de estado de emergência foram ampliações de leitos de UTI covid-19.

De acordo com Conass (2021), estima-se que 50% das infecções pelo novo coronavírus sejam assintomáticas. Do total de sintomáticos, aproximados 20% demandam internação hospitalar, dos quais, aproximadamente um quarto necessita de cuidados intensivos. Dessa forma, em torno de 5% dos infectados demandarão cuidados intensivos, com letalidades que oscilam entre 50% e 65%.

Esse perfil de demanda assistencial faz com que, em períodos de altas taxas de transmissão, grande contingente de pacientes demande simultaneamente leitos hospitalares de internação, como ficou demonstrado em vários países, no curso dessa pandemia. Esse foi um dos motivos para a adoção de estratégias sanitárias de redução ou retardo da transmissão do vírus, na tentativa de evitar que os sistemas de saúde, em especial seu componente de atenção hospitalar, se tornasse incapaz de atender à demanda.

A Tabela 1 mostra a taxa de ocupação de leitos de UTI no estado do Ceará do período de maio de 2020 até fevereiro de 2021. Nesse período, a média de ocupação de leitos de UTI foi 68,38%.

Tabela 1 – Ocupação de leitos de UTI no Ceará

Data	Taxa de ocupação de leitos (%)
05/05/2020	79,79
05/06/2020	75,31
05/07/2020	75,33
05/08/2020	67,2
05/09/2020	58,19
05/10/2020	57,61
05/11/2020	60,27
05/12/2020	65,9
05/01/2021	62,96
05/02/2021	80,64

Fonte: Dados compilados da Plataforma Integra Sus (Autor).

Conass (2021) externa que uma das características marcantes do parque hospitalar brasileiro é o seu baixo grau de incorporação tecnológica. Isso está associado a uma grande concentração de leitos em hospitais de pequeno porte. Dos hospitais, 66% contam com menos de 50 leitos, 70% dos quais contam com menos de 30 leitos, e, juntos, esses hospitais detêm 42% do total de leitos disponíveis no país. Na pandemia, esse parque de pequenos hospitais evidenciou sua utilidade. Foi o local de acesso para muitos brasileiros. No entanto, evidenciou também suas limitações diante da necessidade dos pacientes. O suprimento de oxigênio, por exemplo, em parte das vezes é feito por meio de cilindros, o que veio a constituir-se em obstáculo à atenção a pacientes que evoluíam com Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) e que demandam altos fluxos de oxigênio. Nesse contexto, um único paciente pode consumir, em menos de 18 horas, todo o oxigênio disponível nesse tipo de hospital, cuja reposição pode não se dar com a prontidão necessária.

2.4 Gases medicinais

As Entidades de Assistência a Saúde (EAS) quando possuem leitos de enfermaria e UTI, obrigatoriamente precisam possuir um sistema de suprimento de gases medicinais. Segundo Anvisa (2020) consistem em medicamentos que em sua forma gás, gás liquefeito ou líquido criogênico isolados ou associados entre si e

administrados em humanos para fins de diagnóstico médico, tratamento ou prevenção de doenças e para restauração, correção ou modificação de funções fisiológicas. Os gases medicinais são utilizados em hospitais, clínicas de saúde ou outros locais de interesse à saúde, bem como em tratamentos domiciliares de pacientes. São exemplos de gases medicinais: oxigênio medicinal; ar sintético medicinal; óxido nítrico medicinal e dióxido de carbono medicinal. Para unidades de terapia intensiva (UTI) é usado oxigênio, ar medicinal e vácuo clínico, conforme estabelecido por ABNT (2016).

Os gases medicinais como oxigênio e ar medicinal são provenientes da destilação fracionada do ar atmosférico para produção de oxigênio e nitrogênio líquido, oriundos do processo criogênico. Smith e Klosek (2001) compara os processos de separação de gases conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação entre os processo 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.

Dentre os processos o mais viável e atualmente o mais usado é o processo criogênico por apresentar elevado grau de pureza e permitir maior capacidade de produção de subproduto.

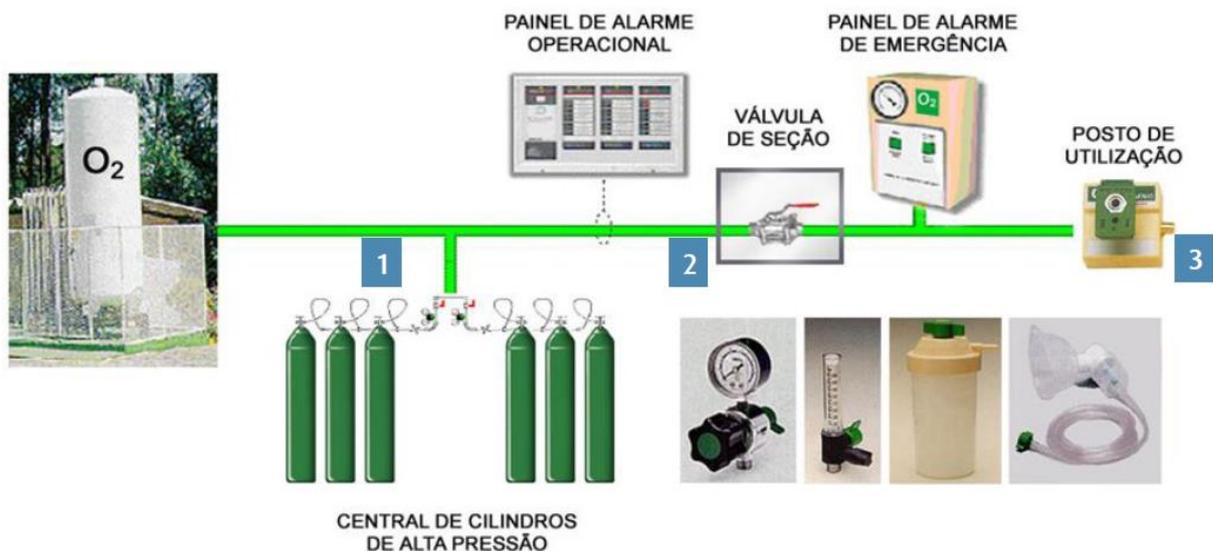
Santos (2002) resume o processo criogênico em filtragem, compressão e resfriamento do ar atmosférico. Obter os produtos da destilação fracionada criogênica como nitrogênio, oxigênio e em casos de complexidade, o argônio. O ponto de ebulição dos componentes como referência para separação e liquefação dos gases.

O estudo realizado por Zhu *et al.* (2010) destaca de forma simples uma ASU (Air Separation Unit) conforme mostra Figura 1. A separação dos gases

2.4.1 Oxigênio medicinal

O gás oxigênio está presente no ar atmosférico a uma concentração de 21% e é inalado até os pulmões, perfundindo pelo sangue e atingindo as células de todos os seres vivos denominados aeróbios, através do processo de respiração. O oxigênio é componente essencial para manter o metabolismo das células e deve ser fornecido continuamente para os tecidos do corpo. Em determinadas patologias ou condições clínicas, onde há um processo respiratório deficiente ou a necessidade de incrementar a oxigenação dos tecidos, faz-se necessária a administração de oxigênio a concentrações mais elevadas do que 21% (AIR LIQUIDE, 2019). A Figura 2 representa o fornecimento de oxigênio medicinal por tanque criogênico.

Figura 2 – Fluxograma de distribuição de oxigênio



Fonte: White Martins(2017)

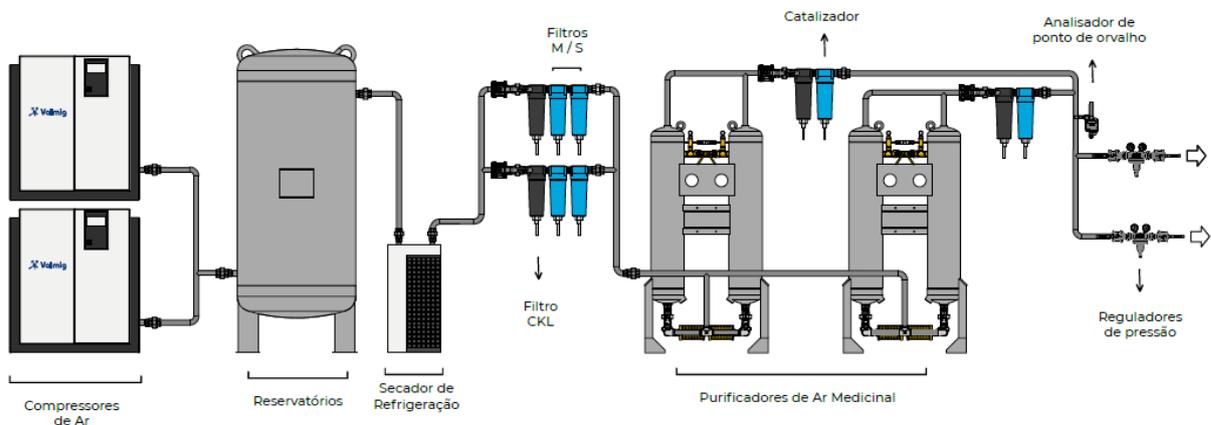
O suprimento primário é via tanque criogênico, composto por um sistema secundário, conforme ABNT NBR 12.188:2016 via central de cilindros reserva. O oxigênio parte do tanque onde passa por válvulas de seção de painéis de alarme, onde finalmente vai para consumo via postos de utilização.

2.4.2 Ar medicinal

O ar sintético medicinal é um gás inerte, incolor e é mimético, ou seja, simula as condições do ar atmosférico. É composto pela mistura dos dois principais

componentes presentes na atmosfera: aproximadamente 21% de oxigênio em nitrogênio balanço. O ar sintético medicinal é utilizado em procedimentos relacionados à manutenção da respiração fisiológica, como por exemplo: ventilação mecânica, Anestesia, Ressuscitação, em nebulizações para tratamentos via inalação onde o ar é o “veículo” para as medicações (AIR LIQUIDE, 2019). O ar sintético produzidos por compressores é representado no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma da produção de ar medicinal



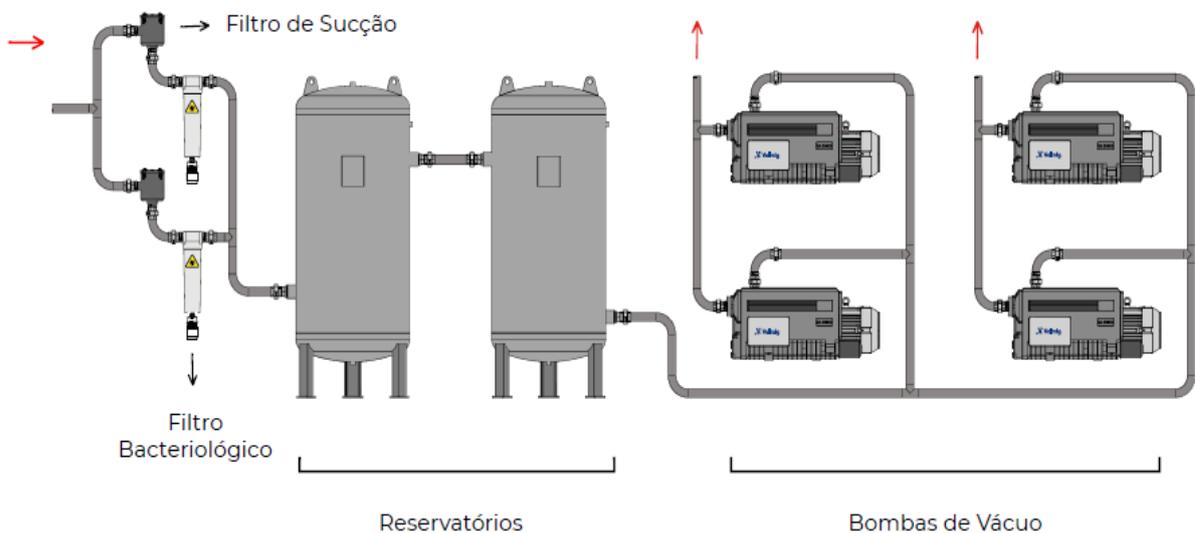
Fonte: Valmig(2019).

O ar atmosférico é captado pelos compressores de ar, onde são armazenados no pulmão (reservatórios) onde atua como ponto de armazenamento entre o consumo e a rede de consumo. Com isso, reduz as partidas excessivas do compressor, economizando em energia elétrica e aumentando a vida útil do equipamento. Após o armazenamento no reservatório, o ar passa por separadores condensados onde separa qualquer líquido ou vapor que possa ter no ar comprimido. Com a passagem pelo separador, o ar comprimido segue para os filtros coalescentes onde são removidos as partículas sólidas e água. Com a remoção de água e partículas solidas, segue para o purificador de ar de ar que fornece a pureza necessária que o ar comprimido que o hospital necessita. É formado por duas colunas com elementos adsorventes próprios para uso em ar respirável, que trabalham de forma alternada para garantir a regeneração do dessecante. Por fim o ar passa por filtros de carvão ativado onde ocorre a remoção de odores, vapor de óleo e hidrocarbonetos onde em seguida passa por filtro catalizador H_2 onde o CO (Monóxido de carbono), gás letal, presente no ar seja convertido em CO_2 (Dióxido de carbono), um gás não letal e passa por regulador de pressão e um analisador do ponto de orvalho.

2.4.3 Vácuo clínico

O Vácuo Clínico é fundamental para o funcionamento e higiene de uma unidade de tratamento intensivo, pois com esse sistema é possível coletar líquidos e materiais contaminantes dos pacientes, diminuindo o risco de contaminação do profissional da saúde e os demais pacientes. A Figura 4 exemplifica o funcionamento do sistema:

Figura 4 – Fluxograma da sucção da bomba de vácuo



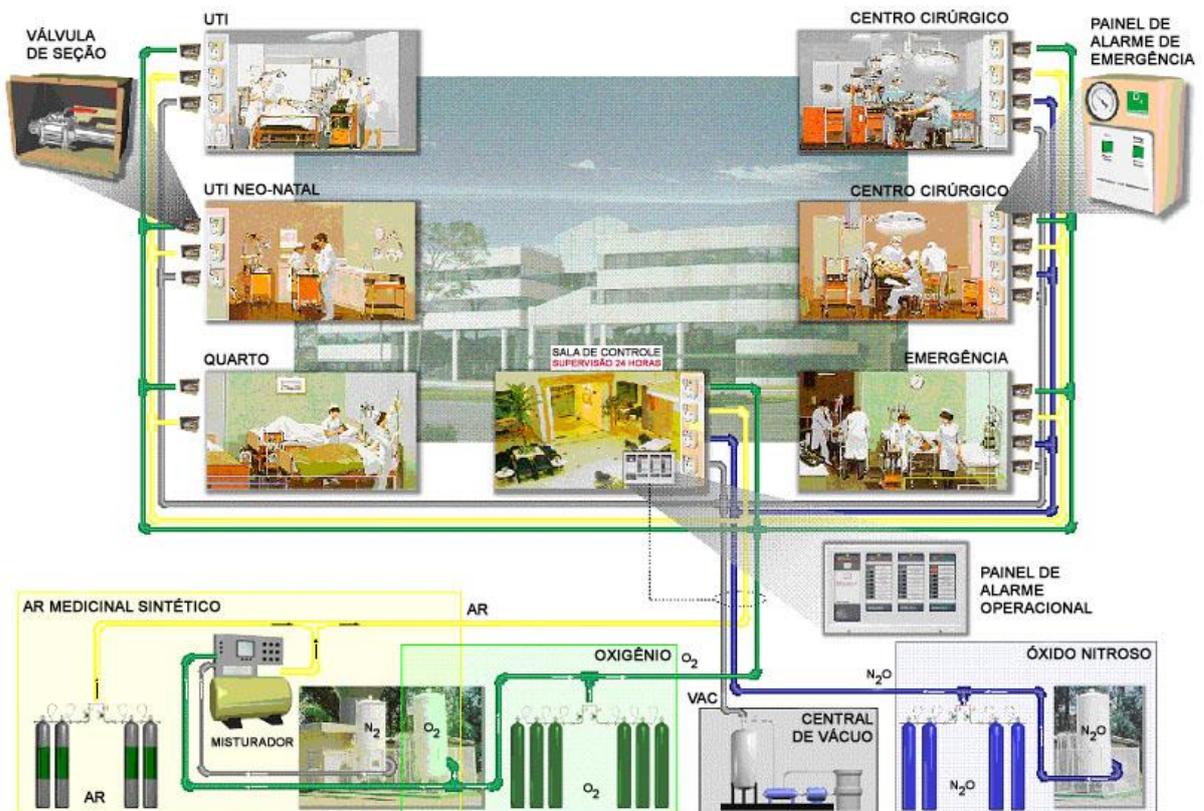
Fonte: Valmig (2019).

O processo consiste na passagem do ar contaminado por filtros coalescentes que são projetados para proteção do sistema de saída do ar. Garantem a remoção de partículas sólidas e água. Os filtros bacteriológicos removem os contaminantes bacterianos e outros (sólidos e líquidos) do lado da sucção das bombas de vácuo, evitando os danos a bomba de vácuo e possível infecção biológica do ambiente (VALMIG, 2019).

2.5 Instalação centralizada

A ABNT (2016) define como sistema centralizado o conjunto formado por central de suprimento, rede de distribuição e postos de utilização, destinado a fornecer suprimento contínuo de gases medicinais, gases para dispositivos médicos e vácuo, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de instalação centralizada de gases medicinais



Fonte: White Martins, 2017.

2.5.1 Central de suprimento

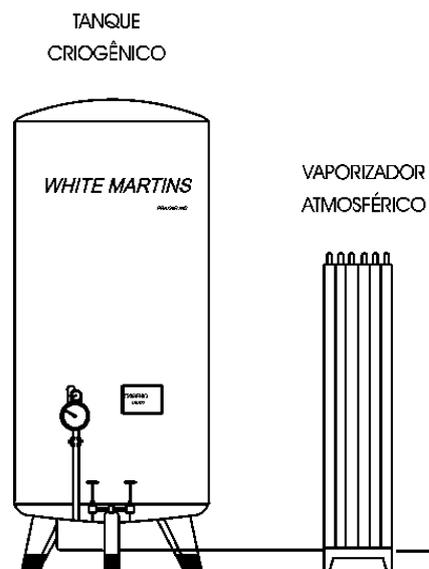
A central de suprimento é o conjunto formado pelos suprimentos primário e secundário ou reserva para cada tipo de gás ou vácuo clínico, interconectados de maneira específica, de modo a permitir suprimento contínuo à rede de distribuição. Em suma, temos que o central de suprimento é composto por equipamento que irá centralizar o fornecimento contínuo do gás com o objeto de garantir a qualidade do gás no ponto de consumo com total segurança. As suas principais vantagens é

segurança no EAS de acordo com a legislação, elimina o manuseio de cilindros no interior do EAS e permite o uso racional. No caso do oxigênio medicinal, temos o tanque criogênico com vaporizador e central de cilindros. Para o ar medicinal temos o compressor de ar. No caso do vácuo temos o modulo de vácuo, representado pela bomba de vácuo.

2.5.1.1 Tanque criogênico e vaporizador atmosférico

Consiste em um aparelho específico que conserva as propriedades termodinâmicas. Estes aparelhos assemelham-se a uma garrafa térmica (Figura 6), mantendo o produto a baixa temperatura e pressão regulável. Para evitar o equilíbrio térmico entre o ambiente e o produto, estes equipamentos são compostos por dois recipientes, separados por isolantes térmicos: Perlita (derivado de rocha vulcânica) e vácuo (por ser o ar um condutor). Vaporizadores são acessórios colocados na tubulação de saída do líquido de reservatórios criogênicos, com a finalidade de vaporizar o produto líquido, através de uma troca térmica com o meio em que se encontra o vaporizador. No caso do medicinal, os vaporizadores utilizados são do tipo atmosférico.

Figura 6 – Tanque Criogênico e Vaporizador Atmosférico

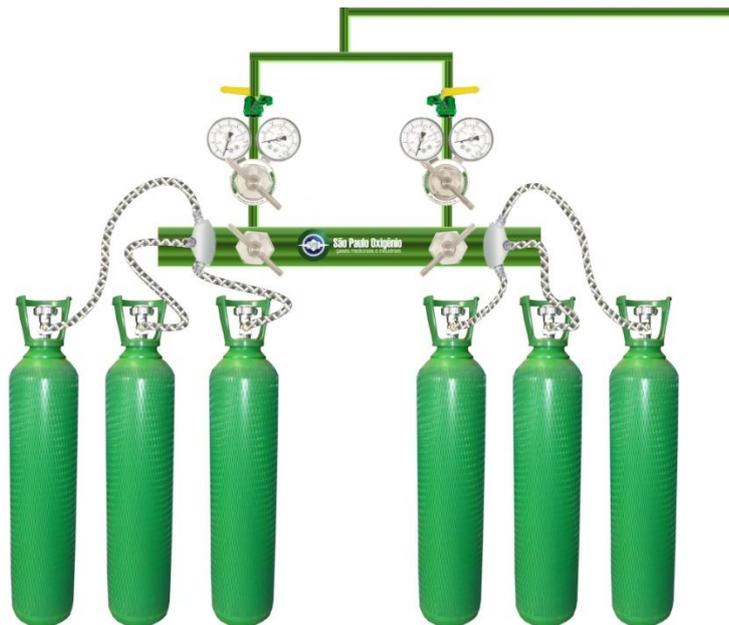


Fonte: White Martins (2017).

2.5.1.1.1 Central de cilindros reserva

Este equipamento (Figura 7) entra em operação quando o suprimento por via tanque criogênico é comprometido. Permite o suprimento em diversas capacidades desde 1+1 até 12+12 cilindros e são compostas de sistema duplo regulagem e bloqueio, alívio, chicotes e tubulações de interligação, para fornecimento ininterrupto de gás caso este suprimento seja acionado. Tal equipamento é projetado levando em conta a média dos consumos mensais dos últimos 12 meses e para ter autonomia de no mínimo 6 horas, tempo necessário para reparar o suprimento primário via tanque criogênico. O suprimento secundário via cilindros é necessário conforme elencado por ABNT (2016).

Figura 7 – Central de Cilindros reserva



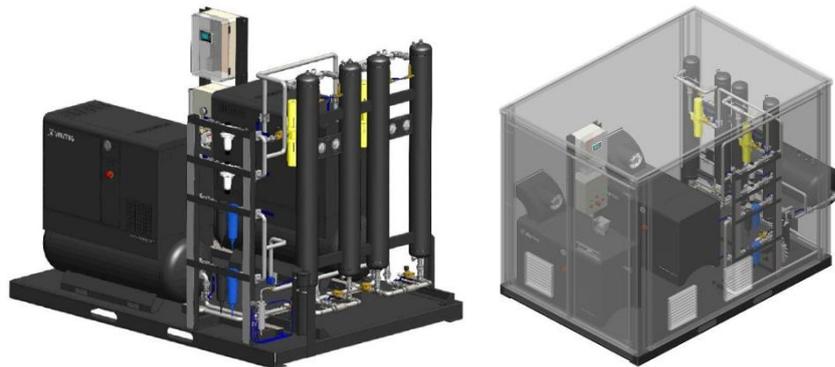
Fonte: São Paulo Oxigênio.

2.5.1.2 Compressor de ar medicinal

Equipamentos projetados para produzir Ar Respirável dentro das especificações exigidas para o uso medicinal, isento de umidade, microrganismos e resíduos poluentes. Seu eficiente sistema de filtração reduz consideravelmente a presença de bactérias e impurezas no ambiente hospitalar. Os compressores (Figura

8) são projetados conforme normas de segurança, logo, são entregues em formato duplex. Quando um compressor tem o seu funcionamento comprometido, logo temos um compressor que mantém o fornecimento de ar medicinal, sem comprometer a vida dos pacientes.

Figura 8 – Compressor de ar sintético

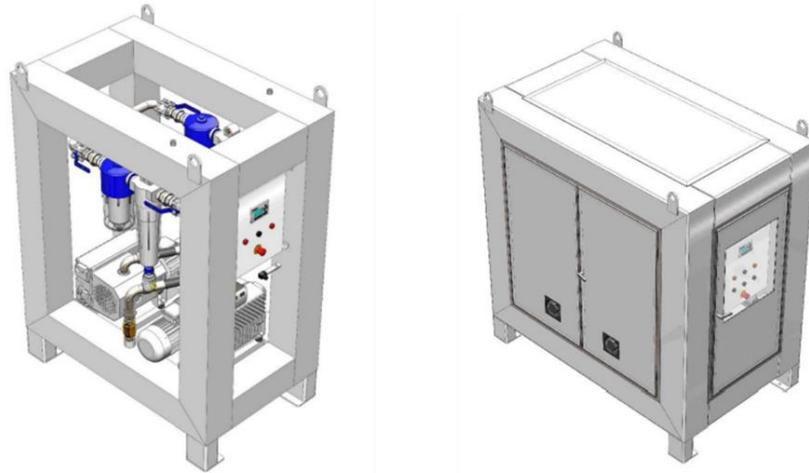


Fonte: Valmig(2019).

2.5.1.3 Bomba de vácuo clínico

O sistema de vácuo medicinal deve ser adequado conforme norma ABNT (2016) equipado com sistema de filtração prevenindo a contaminação do ar por bactérias e reduzindo sensivelmente o risco de infecção hospitalar. Estes equipamentos são compostos por filtros bacteriológicos em paralelo para desinfecção. Possuem também reservatório para armazenagem do vácuo para minimizar oscilação de vácuo, como mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Módulo de Vácuo Clínico



Fonte: Valmig (2019).

2.5.2 Tubulação de cobre

Materiais de cobre com condutos fechados destinados ao transporte de fluidos. Funcionam como condutos forçados, isto é, sem superfície livre, com fluido tomando toda a área da seção transversal. A necessidade da existência dos tubos decorre principalmente do fato do ponto de geração ou armazenagem dos fluidos estarem, em geral, distantes do ponto de utilização.

Os tubos utilizados são do tipo sem costura conforme ASTM B 75. A ligação entre os tubos acontece através de soldas pois apresentam: resistência, estanqueidade perfeita, boa aparência e facilidade de aplicação. Os tubos devem ser sinalizados e pintados com as respectivas cores, simbolizando o gás que representam, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Cor de identificação de gases e vácuo em serviços de saúde

Gás	Cor de identificação	Padrão Munsell
Ar comprimido medicinal	Amarelo-segurança	5 Y 8/12
Ar sintético medicinal	Amarelo-segurança	5Y 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: ABNT, 2016 (adaptado).

2.5.3 Válvulas

As válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, regular e interromper o fluxo de uma tubulação. A quantidade de válvulas usada em uma instalação deverá ser o mínimo indispensável, pois além do alto custo, aumentam a possibilidade de vazamento, despesas com manutenção e introduzem grande perda de carga na rede (WHITE MARTINS, 2017).

2.5.3.1 Válvulas de bloqueio (Gaveta, Esfera)

Destinam-se, principalmente, a estabelecer ou interromper o fluxo. Devem funcionar completamente abertas e provocam perdas de carga elevadas.

2.5.3.2 Válvulas com único sentido de fluxo (Retenção)

Tais válvulas permitem escoamento do fluido em apenas um sentido. Quando houve tendência a inversão do fluxo, elas fecham-se automaticamente.

2.5.4 Postos de consumo

Equipamento ou conjunto de equipamentos destinados a fornecer um ajuste fino da pressão no ponto de utilização, podendo também controlar a vazão. O tipo de posto usado em centros cirúrgicos, unidades de terapia intensiva são do tipo embutido.

2.5.5 Réguas hospitalares

São painéis que possuem multifuncionalidades para o paciente de um leito de unidade de tratamento intenso. O leito de uma unidade de tratamento intensivo deve ter em sua proximidade, equipamentos que garantam um tratamento adequado e esteja pronto para qualquer tipo de imprevisto, como uma insuficiência respiratória. O sistema separa os gases medicinais e o vácuo antes deles chegarem ao painel das réguas de gases. A régua também contém tomadas e aparelhos necessários para procedimentos vitais ao paciente. É possível ter como acessórios opcionais luzes, campainhas para enfermagem ou outros acessórios que podem maximizar o conforto de quem está no leito. Em resumo as réguas consistem em uma estrutura modular que permite diversas composições, combinando as saídas de gases medicinais com um sistema elétrico composto por tomadas, chamada de enfermeira, interruptores, Bipsoro (WHITE MARTINS, 2017). A Figura 10 traz um exemplo de régua medicinal.

Figura 10 – Régua Hospitalar



Fonte: TMED (2020).

2.5.6 Painéis de alarme operacional e emergencial

O painel de alarme operacional é acionado quando a fonte de suprimento primário é comprometida e passa a ser consumido a partir do suprimento secundário. O alarme deve ser sonoro e visual, sendo que este último só pode ser apagado com o restabelecimento do suprimento primário ou principal.

O painel de alarme de emergência é acionado quando a pressão da rede atingir o valor mínimo de operação. É obrigatório a instalação em unidade de terapia intensiva. Devem ser de fácil identificação de acordo com o setor que está monitorando e independentes dos alarmes operacionais (WHITE MARTINS,2017).

2.5.7 Equipamentos de infraestrutura – Unidade de terapia intensiva

A Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é uma área fundamental nos estabelecimentos hospitalares, fornecendo uma estrutura robusta para o suporte à vida do paciente. Ela é montada com uma grande quantidade de aparelhos médicos que objetivam acompanhamento dos dados vitais e substituição de funções de um órgão doente ou em falência. Assim, os equipamentos de UTI são elementos decisivos para que essa unidade terapêutica possa ser colocada em funcionamento e para que ela auxilie no salvamento de vidas. Ferrari (2021) traz em seu guia os equipamentos de suporte a vida em uma UTI. São eles:

- a) Desfibrilador;
- b) Oxímetro;
- c) Eletrocardiógrafo;
- d) Ventilador pulmonar;
- e) Monitor multiparamétrico;
- f) Camas.

2.6 Perda de carga

Fox et al. (2010) revela que a perda de carga é a definição de perdas maiores, h_l , causadas por efeitos de atrito no escoamento completamente desenvolvido em tubos de seção constante, com as perdas localizadas, h_{lm} , causadas

por entradas, acessórios, variações de área e outras. Por isso considera-se as perdas maiores e menores separadamente.

2.6.1 Perdas maiores: Fator de atrito

A perda de carga maior pode ser expressa como a perda de pressão para escoamento completamente desenvolvido através de um tubo horizontal de área constante. Como a perda de carga representa a energia mecânica convertida em energia térmica por efeitos de atrito, a perda de carga para escoamento completamente desenvolvido em tubos de área constante depende tão somente dos detalhes do escoamento através do duto.

Para escoamento laminar temos:

$$h_l = \left(\frac{64}{Re}\right) \frac{L V^2}{D} \quad (1)$$

Onde:

h_l = Perda maior;

Re = N^o de Reynolds;

L = Comprimento total do tubo (m);

D = Diâmetro interno do tubo(m);

V = Velocidade do escoamento(m/s)

Para escoamento turbulento temos:

$$h_l = f \frac{L V^2}{D} \quad (2)$$

Para evitar a necessidade do uso de métodos gráficos na obtenção de f para escoamentos turbulentos, usa-se expressões matemáticas para ajuste de dados. A expressão mais usual para o fator de atrito é a de Colebrook,

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{e}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (3)$$

2.6.2 Perdas menores

Fox *et al.* (2010) explica que o escoamento em uma tubulação pode exigir a passagem do fluido através de uma variedade de acessórios, curvas ou mudanças súbitas de área. Perdas de cargas adicionais são encontradas, sobretudo, como resultado de separação do escoamento. Estas perdas serão relativamente menores, se o sistema incluir longos trechos retos de tubo de seção constante. As perdas de carga menores (ou localizadas), tradicionalmente são calculadas através da equação:

$$h_{lm} = K \frac{V^2}{2} \quad (4)$$

em que o coeficiente de perda, K , deve ser determinado pela equação:

$$h_{lm} = f \cdot \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2} \quad (5)$$

em que L_e é o comprimento equivalente de tubo reto.

Para escoamento em curvas e acessórios de uma tubulação, o coeficiente de perda, K , varia com a bitola (diâmetro) do tubo do mesmo modo que o fator de atrito, f , para o escoamento através de um tubo reto.

As perdas em escoamento através de válvulas e acessórios também podem ser expressas em termos de um comprimento equivalente de tubo reto, como mostra a Tabela 4:

Tabela 4 – Comprimentos equivalentes para válvulas e acessórios

Tipo de Acessório	Comprimento Equivalente (L_p/D)
Válvulas (completamente abertas)	
Válvula de gaveta	8
Válvula globo	340
Válvula angular	150
Válvula de esfera	3
Válvula de retenção globo	600
Válvula de retenção angular	55
Válvula de pé com crivo: disco solto	420
Disco articulado	75
Cotovelo padrão 90°	30
Cotovelo padrão 45°	16
Curva de retorno, modelo estreito	50
Tê padrão: escoamento principal	20
Tê padrão: escoamento principal	60

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

Todas as resistências são dadas para válvulas totalmente abertas; as perdas aumentam muito quando as válvulas estão parcialmente fechadas. O projeto de válvulas varia significativamente entre os fabricantes.

2.7 Viabilidade econômica

Lima (2018), em sua publicação, explica que o Estudo de Viabilidade Econômica (EVE) é uma projeção financeira que tem o objetivo de analisar a viabilidade de um empreendimento e minimizar seus riscos que gera informações suficientes para saber se sua ideia será lucrativa, trazendo o retorno financeiro no tempo esperado. O estudo é indicado para desenvolvimento de projetos para expansão de mercado, por exemplo. O estudo é estruturado em três etapas:

- a) Projeção de custos;
- b) Projeção de receitas;

c) Elaboração de indicadores econômicos.

2.7.1 Projeção de custos

Os custos serão projetados em custos com capital e custos operacionais. Mendes (2019) traz a definição de Capex e Opex. O Capex, do inglês *capital expenditure*, é um termo que reflete às despesas ou investimentos em bens de capital de uma empresa, por isso também é chamado de “despesas de capital”. Capex é o dinheiro gasto para comprar, reparar, atualizar ou melhorar um ativo fixo da empresa, como um escritório ou edifício, negócio ou equipamento. É um desembolso único, não recorrente, e afeta um ativo de longo prazo — ou algo que não pode ser deduzido integralmente no ano em que foi comprado. Por isso, geralmente, é enxergado como investimento e não como gasto. O Opex, que tem como origem o termo *operational expenditure*, refere-se às despesas operacionais da organização. O Opex ou as despesas operacionais, por sua vez, como o próprio nome sugere, incluem a maioria das despesas para operar a linha de negócios principal da empresa. Vale dizer que esses gastos não resultam em ativos de capital. Em vez disso, eles servem inteiramente para “operar” os negócios, como salários dos funcionários, etc.

2.7.2 Projeção de receitas

Lima (2019) sugere a construção de uma projeção de receita utilizando a estimativa de demanda obtida na pesquisa de mercado. As receitas são projetadas de acordo com a capacidade de atendimento ao mercado.

2.7.3 Indicadores de viabilidade econômica

Após a definição de custos e receitas, são elaborados os cenários que impactam ou venham a impactar os custos, receitas e por consequência os indicadores. Lima (2018) sugere utilizar os cenários otimista, realista e pessimista. Os valores do fluxo de caixa são adequados em cada cenário para que os resultados de cada indicador permitam a avaliação de forma mais segura dos resultados. Os indicadores tem a função de mensurar e tornar numérico os resultados obtidos com

as análises, e seja possível tirar conclusões mais compatíveis com a realidade possíveis. Estes indicadores são:

- a) Valor Presente Líquido (VPL) – Diferença entre o valor investido e o valor resgatado ao final do investimento, trazida ao Valor Presente;
- b) Taxa Interna de Retorno (TIR) – Taxa obtida pela projeção dos retornos de capital do fluxo de caixa, ou seja, é a taxa de retorno que zera o VPL, considerando o valor do dinheiro no tempo;
- c) PayBack – Resultado dos dois indicadores anteriores que revela o tempo de retorno líquido do valor investido inicialmente;
- d) Taxa Mínima de Atratividade (TMA) – Analisa se o retorno do Investimento considerando se o capital tivesse sido investido em outra forma de rendimento ou investimento. É como um custo de oportunidade do negócio.

2.7.3.1 Valor Presente Líquido – VPL

Quintella (2018) define o VPL como melhor procedimento para comparar projetos com o mesmo horizonte de tempo. O indicador é o valor presente($t=0$) que equivale o fluxo de caixa de um projeto, calculado a uma determinada taxa de desconto. Representa a soma algébrica das receitas e custos de um projeto atualizados a uma taxa de juros que reflita o custo de oportunidade do capital. O projeto será viável quando apresentar o VPL positivo. É calculado considerando a seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F(t)}{(1+i)^t} \quad (6)$$

Onde $F(t)$ indica o fluxo de caixa no período t .

2.7.3.2 Taxa Interna de Retorno – TIR

Brito (2011) afirma que a Taxa Interna de Retorno (TIR), é um dos principais métodos de análise de investimentos, seja para avaliar a viabilidade de projetos ou

para acompanhar e comparar a rentabilidade de investimentos. Também é utilizado para se conhecer a taxa de juros de empréstimos e financiamentos. A TIR é a taxa de juros com a qual o Valor Presente Líquido (VPL) de um fluxo de caixa futuro analisado se iguala ao valor presente do investimento, ou seja, uma taxa média e uma mínima a que o investimento tem retorno, o que ocorre quando o valor presente é igual a zero (BRITO, 2011). A Tabela 5 representa o que foi mencionado anteriormente:

Tabela 5 – Relação entre TIR e VPL

TIR Maior que a Taxa Mínima de Atratividade	Valor Presente líquido é positivo	Investimento é viável
TIR menor que a Taxa Mínima de Atratividade	Valor Presente líquido é negativo	Investimento não é viável

Fonte: Dicionário Financeiro (2019).

Quintella (2018) mostra que a TIR de um determinado projeto é a taxa de juros i^* que satisfaz a equação:

$$\sum_{t=0}^n \frac{F(t)}{(1+i^*)^t} = 0 \quad (7)$$

2.7.3.3 Payback

O *payback* é uma das métricas mais utilizadas para estudo de viabilidade econômica atualmente, seu número retorna o tempo necessário para que todo o investimento inicial retorne e seja liquidado, ou seja, demonstra se o investimento imposto em certo negócio irá retornar em um tempo mais ou menos hábil.

Essa métrica possui algumas fraquezas, dentre essas, ela não considera o aspecto tempo em relação ao valor dinheiro, ou desvalorização do mesmo, e não leva em consideração os fluxos de caixas que retornam após o prazo do *payback* que podem ou não ser significativos. O *payback*, normalmente, é um cálculo em períodos de tempo, seja ele meses ou anos (MORAES, 2016).

A Equação 8 corresponde ao cálculo do *payback* simples.

$$Payback = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganho no período}} \quad (8)$$

2.7.3.4 Taxa Mínima de Atratividade – TMA

Conceitualmente, a Taxa Mínima de Atratividade - TMA, também denominada de taxa de desconto que representa o custo do capital próprio, pode ser definida como a taxa de juros que o capital seria remunerado numa outra melhor alternativa de utilização, além do projeto em estudo. Em outras palavras, para um órgão de fomento ou instituição de financiamento, o custo de investir certo capital num projeto corresponde ao possível lucro perdido pelo fato de não serem aproveitadas outras alternativas de investimento viáveis no mercado. Em termos gerais, a TMA é uma taxa que deve ser composta por uma taxa de juros básica (livre de risco) e uma taxa de juros que representa a compensação pelo risco que o investidor deseja correr para investir seu capital. A partir de observações em trabalhos realizados, pode-se concluir, razoavelmente, que a taxa de desconto no Brasil, em termos reais, sem consideração da inflação, oscila entre 12 e 20% ao ano. Isto não exclui, no entanto, a possibilidade de que a taxa de desconto se modifique ao longo do tempo e que sofra alguns ajustes para diferentes níveis de risco de projetos alternativos (QUINTELLA,2018).

2.8 Legislação tributária

A arrecadação de impostos é um dos custos mais elevados em qualquer produto ou serviço no país. Os impostos a depender do segmento, chega a pagar quase 50% de todo o faturamento em impostos, esses serão apresentados na seção presente.

2.8.1 IRPJ (*Imposto sobre a renda das pessoas jurídicas*)

Segundo a Receita Federal em seu website, estão sujeitos ao IRPJ pessoas jurídicas e pessoas físicas a elas equiparadas, domiciliadas no Brasil, de acordo com o artigo 153, inciso III, da Constituição Federal. A alíquota aplicada é de 15% sobre o lucro real, presumido ou arbitrado apurado pelas pessoas jurídicas em

geral, seja comercial ou civil o seu objeto. Cobra-se um adicional de 10% sobre a parcela do lucro que exceder R\$ 20.000,00 / mês. Para o IRPJ, a alíquota é de 15% para todo lucro até R\$ 20.000,00 por mês e 25% para todo lucro que passar esse limite. Para a CSLL, a alíquota é sempre 9% sobre a base de cálculo.

2.8.2 PIS (Programa de Integração Social) / COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social)

De acordo com a receita federal em seu website, as contribuições para Pis/Pasep e Cofins possuem regras bastante similares, variando conforme seus contribuintes. Para as pessoas jurídicas de direito privado, incide a contribuição não cumulativa para ambos. Essas contribuições compreendem como receita a totalidade das receitas auferidas, independente da atividade exercida pela empresa ou classificação contábil. A apuração é mensal. O total de receitas corresponde receita bruta, que engloba a venda de bens e serviços, com exceção das vendas canceladas, do IPI e de tributos de ST, sendo a tarifa de 1,65% aplicada para pagamento do PIS e 7,6% referente ao pagamento de COFINS.

2.8.3 ISSQN (Imposto Sobre os Serviços de Qualquer Natureza)

Tem como fato gerador a prestação dos serviços constantes da lista anexa ao Código Tributário Municipal. Contribuinte é o prestador do serviço.

2.9 Cenários econômicos

Ávila (2015) indica que análise de cenários é necessária quando se tem um estudo econômico. Pois ela insere em situações favoráveis ou desfavoráveis no seu projeto. Os cenários indicados são otimista e pessimista. Lima (2018) sugere utilizar os cenários otimista, realista e pessimista.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização da unidade de tratamento intensivo

Deve ser previsto espaço físico adequados para os suprimentos primários e secundários. A principal recomendação da ABNT (2016) é para que os sistemas estejam em local que permita a ampla ventilação e afastados de descarte de lixo hospitalares, comuns, entulhos e combustível. O local deve ser iluminado que permita o fácil acesso da manutenção e de pessoas devidamente autorizadas pela EAS. Para os compressores deve ser instalado a captação do ar afastado da exaustão da bomba de vácuo. O local deve ser nivelado e projetado para suportar o equipamento e afastado dos sistemas de água e esgoto. A proteção das chuvas deve ser considerada. Distanciamento de portas e janelas de aproximadamente 3 metros deve ser considerado. Devem ser isolados acusticamente, com aterramento adequado e sistema elétrico adequado. O local da unidade de tratamento e fontes de suprimento estão na planta baixa conforme indicado no Anexo A.

3.2 Estimativa de consumo e definição da fonte de suprimento

A ampliação de rede de gases será proposta para um hospital de referência que disponibilizará 12 leitos de UTI para tratamento covid-19. Considerando que cada leito será para tratar os pacientes SRGA considerando um consumo de 15 litros/min, o consumo mensal médio estimado é de aproximadamente 657 m³, logo teremos uma expectativa no aumento de consumo mensal de 7884 m³ de oxigênio líquido. O ar medicinal é de acordo com a demanda por paciente, podendo ter consumo médio mensal igual ao oxigênio. Entretanto, o oxigênio é o gás indicado para tratar pacientes com covid-19, que possuem dificuldades respiratórias e necessita de ventiladores e oxigênio para respirar. O tratamento intensivo com oxigênio permite ao paciente uma vantagem e rapidez na melhora do quadro clínico.

Conforme a norma RDC 50 (2002) e ABNT (2016), temos que a fonte de suprimento adequado para suprir os 12 leitos de UTI consiste em tanque criogênico de oxigênio líquido, compressor de ar sintético e bomba de vácuo clínico. O tanque criogênico já é existente por se tratar de ampliação. Sendo assim, apenas analisado a estocagem para confirmar se atende à demanda da ampliação de 12 leitos de UTI.

3.3 Rede centralizada de distribuição

Após a definição do consumo e leitos será necessário a definição da rede de instalação que irá suprir a demanda de gás do setor de UTI conforme fator de simultaneidade, vazão de projeto por posto de consumo e número de leitos. A rede canalizada partirá da fonte de suprimento até a unidade de terapia intensiva, onde descenderá para os leitos, saindo nos pontos de consumo para o paciente. O caminhamento da tubulação deverá ligar os pontos de modo a permitir um equilíbrio na distribuição dos gases com relação às vazões e pressões requeridas em cada ponto de utilização. O ponto de consumo será através de régua hospitalares. A definição da metragem é depois de identificar o número de postos de consumo dimensionados para atender ao setor de UTI. O cálculo dos diâmetros das tubulações será efetuado levando em conta os dados de vazão e pressão requeridos nos equipamentos que utilizarão os fluidos. O cálculo será iniciado pelo posto de utilização mais desfavorável, em termos de pressão de trabalho e vazão. Soma-se as vazões instantâneas e determinaremos as distâncias dos ramais alimentados ou até a tomada do próximo posto de consumo.

3.4 Materiais e dispositivos

Os materiais são selecionados com base na representação da planta baixa conforme Anexo A. Com tubulação de cobre, equipamentos, conexões e válvulas. A Tabela 6 refere-se aos materiais e equipamentos estimados para projeto da rede de gases.

Tabela 6 – Custos com a rede de gases

Item	Unidade	Quantidade
Caixa seção sem válvula esfera	UN	3
Conector	UN	75
Cotovelo Cobre 90°	UN	57
Luva Cobre Encaixe	UN	40
Painel de Alarme Emergencial Ar Medicinal	UN	1
Painel de Alarme Emergencial Oxigênio	UN	1
Painel de Alarme Emergencial Vácuo	UN	1
Posto Consumo Embutido Ar Medicinal	UN	25
Posto Consumo Embutido Oxigênio	UN	25
Posto Consumo Embutido Vácuo	UN	25
TE Normal Cobre	UN	72
Tubo Cobre Diam. 15 mm	MT	270
Tubo Cobre Diam. 22 mm	MT	177
Suporte Tubo Cobre	UN	150
Válvula Esfera Latão	UN	42
Réguas Medicinais	UN	12

3.5 Coleta de custos e receitas

Após o levantamento e dimensionamento, será a vez de coletar os custos e as receitas que darão base para o estudo de viabilidade econômica. Esta etapa inicial é importante pois os custos e receitas serão importantes para uma avaliação de viabilidade econômica refina e assertiva. Nesta seção serão considerados investimentos, custos operacionais, encargos, impostos, tributos e as receitas que irão compor a análise econômica.

3.6 Cenários – Cálculo de viabilidade econômica

Após a coleção de custos e receitas, iremos inserir a análise econômica em 3 cenários: otimista, realista e pessimista conforme sugerido por Lima (2018) na Seção 2.8 deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão tratados os resultados que encorpam o dimensionamento da rede de gases do hospital de referência e o modelo de viabilidade econômica e finalmente, o resultado esperado. Desse modo, será abordado tanto o dimensionamento quanto os cenários de viabilidade e suas respectivas considerações com o intuito de moldar todas as métricas econômicas que serão esplanadas.

4.1 Dimensionamento da rede de gases hospital de referência

O dimensionamento da fonte de suprimento e da rede de distribuição de gases foi com base na ABNT (2016) que retrata as diretrizes normativas para dimensionamento considerando a ampliação de leitos para UTI tratamento covid-19. O dimensionamento foi com base na planta baixa do hospital de referência conforme Anexo B.

4.1.1 Fonte de suprimento

Considerou-se para fim de cálculos a vazão de 15 L/min para oxigênio, ar medicinal e vácuo clínico. O oxigênio resulta em uma estimativa de aumento de consumo mensal em 7884 m³ considerando ocupação dos leitos de 100%. O tanque criogênico possui capacidade de aproximadamente 5000 m³, o que gerará aumento de 4 viagens para abastecimento do tanque considerando que o ponto de reposição de oxigênio é 50%.

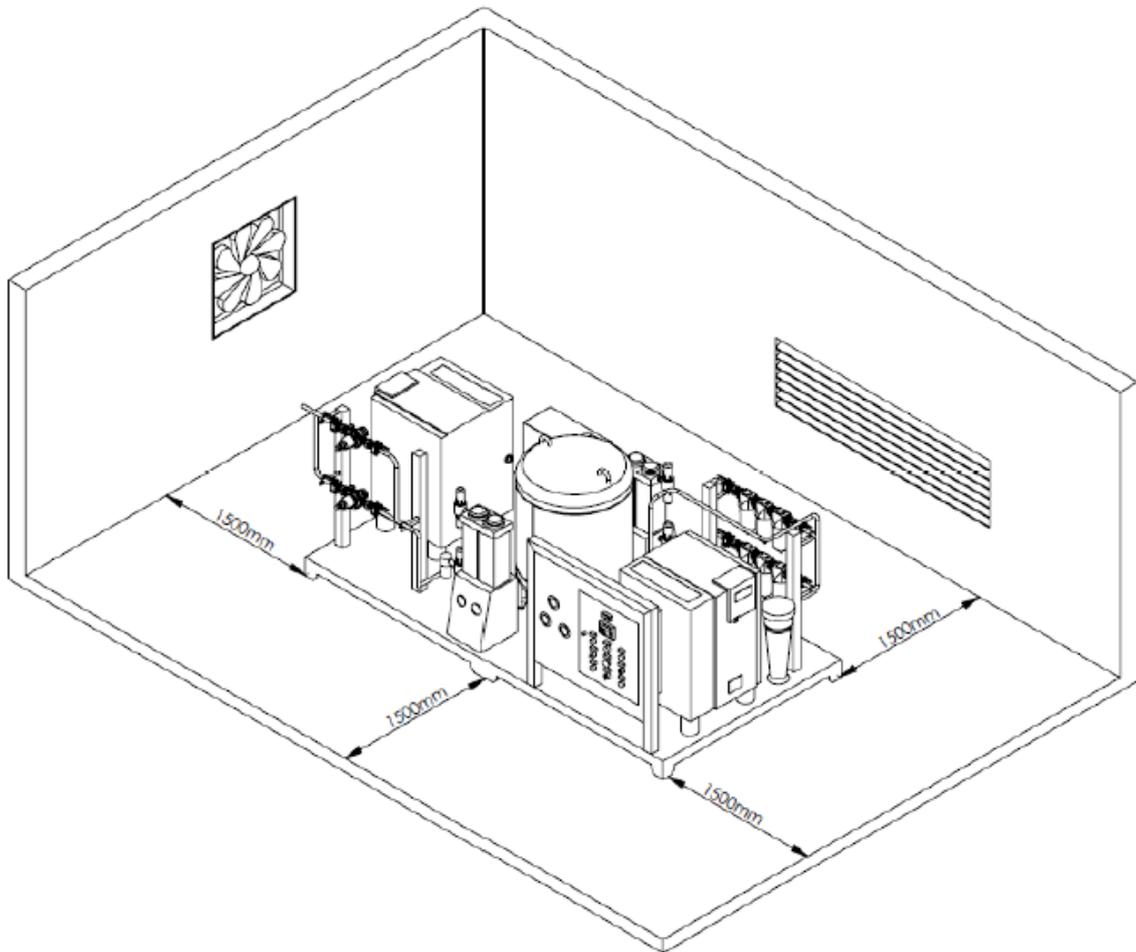
Considerando a vazão de ar medicinal no ponto de consumo igual a vazão de oxigênio, temos que o volume mensal de ar medicinal e a estocagem será o mesmo visto para oxigênio.

Para o ar temos que a vazão é 10,8 m³/h. Para estas vazões o a aquisição de compressor de ar medicinal por apresentar maior segurança no fornecimento em relação ao suprimento de cilindros. Adotaremos uma margem de segurança de 50% de modo a compensar as perdas por conta de vazamentos e considerando futuras ampliações, logo temos:

$$Q_{\text{compressor}} = 1,5 \times Q = 1,5 \times 10,8 = 16,2 \text{ m}^3/\text{h} \quad (9)$$

Logo teremos um compressor com capacidade de fornecer ar medicinal a 16,2 m³/h em sistema duplex, com equipamento reserva conforme sugerido na ABNT (2016). A Figura 11 representa o layout do compressor de ar sugerido conforme dimensionamento.

Figura 11 – Layout do compressor de ar



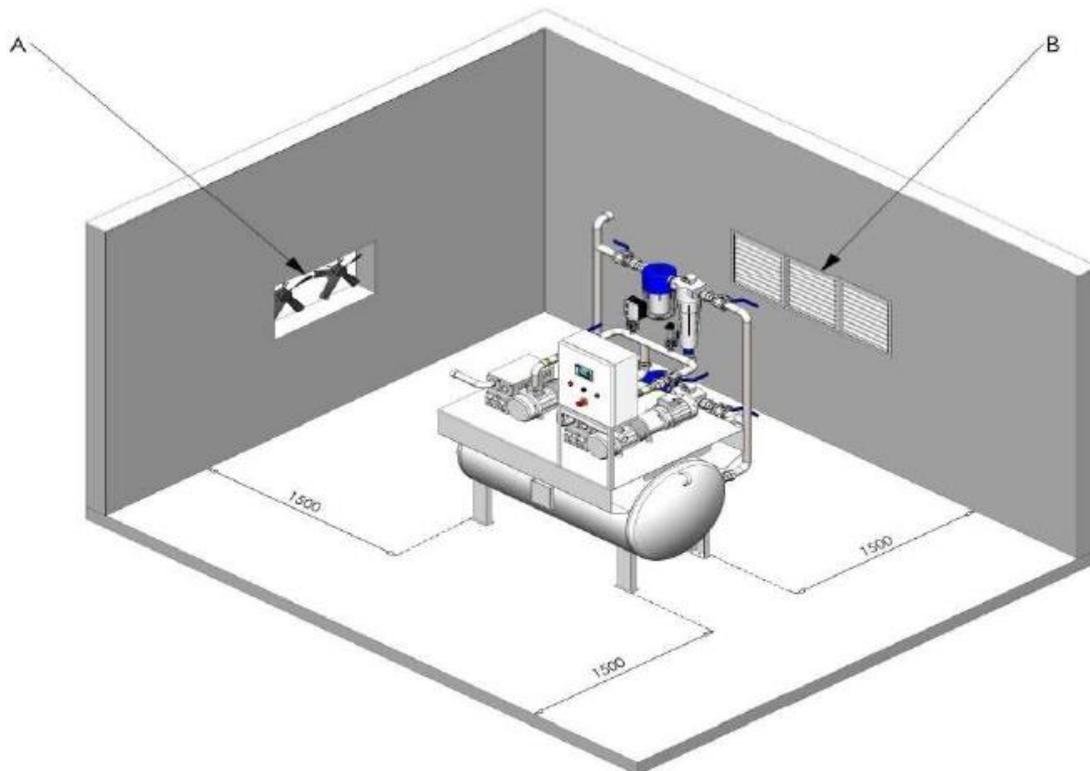
Fonte: Valmig (2019).

Para o sistema de vácuo temos a mesma vazão no ponto de consumo de 15 L/min. Com isso temos que a vazão calculada é de 10,8 m³/h. Inserindo 50 % de fator de segurança de modo a compensar as perdas por conta de vazamentos e considerando futuras ampliações, temos:

$$Q_{\text{v\u00e1cuo}} = 1,5 \times Q = 1,5 \times 10,8 = 16,2 \text{ m}^3/\text{h} \quad (10)$$

Logo teremos uma bomba de v\u00e1cuo 16,2 m³/h em sistema duplex, com equipamento reserva conforme sugerido na ABNT (2016). A Figura 12 representa o layout da bomba de v\u00e1cuo sugerido conforme dimensionamento.

Figura 12 – Layout do m\u00f3dulo de v\u00e1cuo



Fonte: Valmig (2019).

O m\u00f3dulo de v\u00e1cuo dever\u00e1 ser instalado no centro do espa\u00e7o ou local reservado. Este espa\u00e7o dever\u00e1 permitir acesso para eventuais manuten\u00e7\u00f5es ou reparos e permitir a entrada e sa\u00edda de ar.

4.1.2 Di\u00e2metro da rede de distribui\u00e7\u00e3o de gases

O dimensionamento da tubula\u00e7\u00e3o de uma EAS \u00e9 baseado da norma ABNT NBR 12.188 que usa como par\u00e2metros, o fator de simultaneidade, n\u00famero de postos de consumo por leito e vaz\u00e3o de projeto em L/min por leito, considerando que os leitos s\u00e3o todos UTI. As tabelas com os par\u00e2metros est\u00e3o no Anexo B. Logo temos que a vaz\u00e3o estimada para a rede de gases ser\u00e1:

- a) Oxigênio: $60\text{L/min} \times 12 \text{ postos de consumo} \times 80\% \times 0,06 = 34,56 \text{ m}^3/\text{h}$;
- b) Ar Medicinal: $60 \text{ L/min} \times 12 \text{ postos de consumo} \times 80\% \times 0,06 = 34,56 \text{ m}^3/\text{h}$;
- c) Vácuo Clínico: $40 \text{ L/min} \times 12 \text{ postos de consumo} \times 50\% \times 0,06 = 14,4 \text{ m}^3/\text{h}$.

Considerando que a vazão de projeto será considerando apenas um posto de consumo por leito para os gases e vácuo. Os números de postos considerado na norma são para construção, como fator de segurança sugere-se dois postos por gases para um eventual problema em um posto, será usado outro para garantir o fornecimento de gás.

Após a estimativa de consumo baseados na norma teremos que dimensionar o diâmetro que irá garantir a vazão requerida no posto de consumo. Teles (2014) Sugere a determinação do diâmetro em função da velocidade econômica. Consideraremos um diâmetro mínimo de 15 mm para oxigênio, ar medicinal e vácuo conforme o diâmetro nominal mínimo sugerido na ABNT (2016) pegando como referência o ponto mais afastado de modo a garantir uma vazão mínima. Iremos usar como referência o leito próximo aos painéis de alarme.

O cálculo da velocidade é calculado com base na Equação 9:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (11)$$

Logo, para oxigênio e ar medicinal temos que:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (8 \cdot 10^{-4})}{\pi \cdot (2,25 \cdot 10^{-4})^2} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{(706 \cdot 10^{-6})} = 4,53 \text{ m/s}$$

Para vácuo clínico temos que:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (3,3 \cdot 10^{-4})}{\pi \cdot (15 \cdot 10^{-3})^2} = \frac{1,33 \cdot 10^{-3}}{(706 \cdot 10^{-6})} = 1,84 \text{ m/s}$$

Teles (2014) revela que para velocidades menores que a velocidade econômica o diâmetro escolhido é válido. Para fluidos gasosos e ar comprimido a velocidade econômica é 20 m/s. O diâmetro será 15 mm para oxigênio, ar medicinal e vácuo clínico conforme tabela ABNT NBR 12.188. Para compensar a perda de carga usaremos 15 mm na descida do ponto de consumo, na ramificação 22 mm e na linha tronco 28 mm.

4.1.3 Perdas de carga

As perdas de carga são calculadas considerando os dados e propriedades dos fluidos conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Propriedades dos fluidos

Fluido	Densidade (Kg/m³) a 21,1 °C 1 atm	Viscosidade (cP) a 25°C 1 atm
Oxigênio (O ₂)	1,4289	0,02075
Ar Medicinal	1,2	0,01820

Fonte: Adaptado de Gama Gases (2016); White Martins (2018).

Com as propriedades do fluido temos os dados de processo conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Dados do processo

Comprimento equivalente (m)	Rugosidade (ϵ, mm)	Vazão (m³/h)	Diâmetro interno (pol)
660,75	0,00150	2,88	0,590

Fonte: Autor.

A equação usada para cálculo da perda de carga é a de Colebrook (Eq.3). Usada quando você tem diâmetro e vazão conhecido. E são calculados na planilha elaborada por Clovis Sawaia Tofik com base na literatura de Serghides Estimate Friction Factor accurately (1984). A equação usa as variáveis A, B e C para calcular o fator de atrito, que então resulta na queda de pressão. As variáveis são obtidas com os dados dos fluidos e condições do processo. A queda de pressão na rede de

oxigênio no ponto mais distante do suprimento primário é de 0,25 kgf/cm². Para a rede de ar comprimido temos que a queda de pressão ocasionada pela perda de carga é 0,21 kgf/cm². A diferença é dada pela densidade e viscosidade dos fluidos pois as demais variáveis do processo é igual para ambos os fluidos. O comprimento equivalente foi calculado nos materiais apresentados na Seção 3.4. Para fins de cálculos foi desconsiderado as perdas de carga causadas pelas ramificações e variações de diâmetro. O diâmetro usado para cálculos foi de 15 mm, por ser o diâmetro mínimo exposto por ABNT (2016). O exposto em norma é que a pressão no posto de consumo tem que ser no mínimo de 4 kgf/cm² e pressão de entrega máxima de 8 kgf/cm². A referência para os cálculos é o ponto de consumo mais afastado do suprimento primário exibidos na planta baixa do Anexo A. Os cálculos são detalhados na planilha destacada no Apêndice A e B do presente trabalho.

4.2 Custos

No capítulo de metodologia foram citados alguns dos custos coletados para a análise de viabilidade da ampliação. Esses custos são explanados em maiores detalhes e, por final, serão classificados em OPEX e CAPEX, que significam respectivamente custos operacionais previstos e o outro o investimento em equipamentos de infraestrutura para a unidade de tratamento intensivo covid-19. Em resumo, temos os custos fixos e operacionais retratados nas Tabela 9 e Tabela 10 resumidos em CAPEX e OPEX.

Tabela 9 – Custos Capex

CAPEX	Valor (R\$)
Rede de Gases	56.996,55
Bomba de Vácuo	126.825,00
Compressor de Ar	243.927,00
Desfibrilador	97.350,00
Oxímetro	32.400,00
Eletrocardiógrafo	75.080,00
Ventilador Pulmonar	637.500,00
Monitor multiparamétrico	420.000,00

Camas	198.000,00
-------	------------

Tabela 10 – Custos Opex

OPEX	VALOR (R\$/ANO)
Energia Elétrica	22.251,84
Oxigênio	510.883,20
Folha Salarial	1.255.272,00
Medicamentos, Manutenção e Exames	118.044,00

4.2.1 Rede de gases

Os custos com a rede de gases foram baseados na Seção 3.4 com base na planta baixa no Anexo A. A Tabela 11 refere-se aos materiais e equipamentos usados na construção e estrutura da unidade de tratamento intensivo. Está considerando a rede para os 3 gases e seus respectivos equipamentos e acessórios. Os itens orçados são da Eluma, mercado livre e TMED.

Tabela 11 – Custos com a rede de gases

Item	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Caixa seção sem válvula esfera	UN	3	510,37	1.531,10
Conector	UN	75	4,72	354,12
Cotovelo Cobre 90°	UN	57	3,08	175,30
Luva Cobre Encaixe	UN	40	1,78	71,37
Painel de Alarme Emergencial Ar Medicinal	UN	1	319,77	319,77

Tabela 11 – Custos com a rede de gases (Continuação)

Item	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Painel de Alarme				
Emergencial	UN	1	352,64	352,64
Oxigênio				
Painel de Alarme				
Emergencial	UN	1	328,49	328,49
Vácuo				
Posto Consumo				
Embutido Ar	UN	25	46,32	1.158,00
Medicinal				
Posto Consumo				
Embutido Oxigênio	UN	25	46,32	1.158,00
Posto Consumo				
Embutido Vácuo	UN	25	46,32	1.158,00
TE Normal Cobre	UN	72	5,65	406,68
Tubo Cobre Diam. 15 mm	MT	270	16,09	4.343,08
Tubo Cobre Diam. 22 mm	MT	177	25,39	4.494,57
Suporte Tubo Cobre	UN	150	17,38	2.606,71
Válvula Esfera Latão	UN	42	77,87	3.270,42
Réguas Medicinais	UN	12	2.939,02	35.268,29

4.2.2 Bomba de vácuo e compressor de ar medicinal

De acordo com o consumo estimado baseado no número de leitos e as vazões de projeto exibidos na ABNT (2016) estimamos os equipamentos rotativos. Ambos os equipamentos são cotados do fabricante paulista Valmig (Tabela 12).

Tabela 12 – Custos com os equipamentos rotativos

Equipamentos	Quantidade	Custo Unitário(R\$)	Custo Total(R\$)
Compressor de Ar medicinal Airmed 25 m ³ /h 4 kW	1	243.927,00	243.927,00
Bomba de Vácuo Clínico Aspmig 21 m ³ /h 0,9 kW	1	126.825,00	126.825,00

4.2.3 Equipamentos da unidade de tratamento intensivo

Os equipamentos foram cotados (Tabela 13) no site licitações TCE com base no estimado no item 2.5.7 que trata dos equipamentos para uma UTI funcionar. Os equipamentos são para os 12 leitos e alguns deles foram estimados a mais para servir como backup (reserva, segurança, etc) no caso de ocorrer manutenção ou parada dos equipamentos.

Tabela 13 – Custos com os equipamentos de infraestrutura¹

Equipamento	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Desfibrilador	15	6.490,00	97.350,00
Oxímetro	12	2.700,00	32.400,00
Eletrocardiografo	12	14.590,00	175.080,00
Ventilador Pulmonar	15	42.500,00	637.500,00
Monitor	12	35.000,00	420.000,00
Multiparamétrico	12	16.500,00	198.000,00

4.2.4 Oxigênio Líquido

Por ser um produto essencial para o funcionamento da unidade de tratamento covid, estimou-se o custo com o oxigênio no mercado com base no consumo mensal estimado na Seção 4.1.1 representado na Tabela 14.

¹ Fonte: <https://licitacoes.tce.ce.gov.br/>

Tabela 14 – Custos com Oxigênio Líquido

Item	Quantidade mensal (m³)	Custo Unitário (R\$/m³)	Custo Mensal (R\$)	Custo Anual (R\$)
Oxigênio líquido	7884	5,40	42.573,60	510.883,20

4.2.5 Energia elétrica

Os custos de energia elétrica foram baseados nos equipamentos rotativos por serem os maiores consumidores e por funcionar em regime contínuo (ininterrupto). Os custos de energia abaixo foram estimados conforme potência dos equipamentos exibidos na Tabela 15 no item 4.4.2 considerando um custo unitário do kWh baseado em 2020 considerando o hospital como consumidor baixa tensão residencial.

Tabela 15 – Custos com energia elétrica

Item	Energia mensal (kWh)	Custo unitário (R\$/kWh)	Custo mensal de energia (R\$)	Custo total anual (R\$)
Compressor de ar	2880	0,5226	1.513,73	18.164,74
Bomba de vácuo	648	0,5226	340,59	4.087,07

4.3 Receitas

As receitas serão baseadas nas diárias repassadas pelo SUS ao hospital por leito de UTI. Sá, Rocha e Almeida (2015) em seu trabalho estima que o valor da diária de um paciente UTI repassado pelo SUS é R\$ 478,00 valor base de 2015. Iremos considerar para fins de cálculo que as receitas serão exclusivas provenientes do SUS. Aplicando as correções do valor de R\$ 478,00 de 2015 para 2021 considerando como base o IGP-DI, temos que a receita hoje seria R\$ 744,97 por diária de UTI repassados pelo SUS. As considerações são estimadas devido à dificuldade em ter valores para receitas. Logo, a Tabela 16 traz a projeção de receita para estudo econômico.

Tabela 16 – Receitas

Tipo	Valor diário (R\$)	Receita mensal (R\$/leito)	Nº leitos	Receita mensal total (R\$)	Receita anual (R\$)
Paciente Covid-19	744,97	22.349,10	12	268.189,20	3.218.270,40

4.4 Encargos

Os negócios, independentemente de quais sejam, estão sujeitos à encargos impostos pelo governo, esses podem ser mais severos ou menos. Nesse contexto, foram listados na Tabela 17 todos os encargos que cobrem os serviços nacionalmente, sendo esses, dependendo do cenário, considerados isentos ou não pelo governo, como forma de incentivo ao negócio:

Tabela 17 – Encargos

Encargos	Valor (R\$)	Período
PIS	34.071,84	Anual
COFINS	156.936,96	Anual
IRPJ + CSLL	702.086,40	Trimestral

4.5 Viabilidade econômica

Após todos os resultados em relação aos custos, receitas e hipóteses para os cenários, nessa etapa serão disponibilizados todos os resultados relacionados a viabilidade do projeto. Os cálculos realizados de VPL, TIR e Payback são expostos pelas respectivas equações, 6, 7 e 8, citadas no tópico 2.7 da revisão bibliográfica. A TMA será fixada para todos os cenários, considerando um valor médio de 16%, com base na oscilação exposta no item 2.7.3.4 do capítulo 2. Tais cenários (otimista, realista e pessimista) são projetados na perspectiva financeira do projeto e que são embasados nos indicadores econômicos.

4.5.1 Cenário otimista

No cenário, foi considerado uma taxa de ocupação de leitos de UTI de 100%. Casos em que a o vírus está em forte intensidade de contágio agravando em uso da capacidade total de leitos da unidade de terapia intensiva. O cenário usado foi com base em atualizações em picos da pandemia no ceará, em que a plataforma integra sus, em seu apice traz a taxa de ocupação de leitos próximo ao máximo de 100%. O Anexo C exibe o fluxo de caixa acumulado que refletem nos indicadores. A Tabela 18 retrata os indicadores em um cenário otimista:

Tabela 18 – Indicadores cenário otimista

Taxa Mínima de Atratividade	16,00%
Valor Presente Líquido	R\$ 714.150,33
Taxa Interna de Retorno	25,05%
Payback	5,7 anos

4.5.2 Cenário realista

No cenário realista, considera-se a taxa de ocupação de leitos de 75% dos leitos de UTI. Cenário em que os casos de contágio estão em menor intensidade porem não estabilizados. Os custos OPEX serão reduzidos junto com as receitas considerando a taxa de ocupação de 75%. Nos períodos destacados pela plataforma SUS, temos que em momentos em que os casos de infecção pelo coronavírus está próximo de uma estabilização ou controle, temos que a taxa de ocupação de leitos está próximo a 50%.O Anexo D mostra o fluxo de caixa acumulado para o cenário. Considerando o cenário intermediário entre o cenário pessimista e otimista temos o cenário realista representado por 75% representado na Tabela 19.

Tabela 19– Indicadores cenário realista

Taxa Mínima de Atratividade	16,00%
Valor Presente Líquido	R\$ 33.725,61
Taxa Interna de Retorno	16,45%
Payback	9,6 anos

4.5.3 Cenário Pessimista

No cenário realista, considera-se a taxa de ocupação de leitos de 50% dos leitos de UTI. Cenário em que os casos de contágio estão em menor intensidade e estabilizados considerando que a vacinação na população esteja concluída ou fase de finalização. Os custos OPEX serão reduzidos junto com as receitas considerando a taxa de ocupação de 50%.

Tabela 20 – Indicadores cenário pessimista

Taxa Mínima de Atratividade	16,00%
Valor Presente Líquido	- R\$ 646.699,11
Taxa Interna de Retorno	6,68%
Payback	Infinito

No cenário temos que o investimento no projeto é inviável por TIR apresentar um valor menor que TMA e por sugerir um VPL negativo, como mostra a Tabela 20.

Considerando que elaborou-se o estudo econômico considerando como receita o repasse do SUS, temos que o estudo é inviável para o cenário pessimista. Como alternativa para viabilizar, poderia ter em consideração outras receitas oriundas de repasses (estadual e municipal) e redução nos custos causados por incentivos fiscais, logo teríamos uma redução no tempo de *payback* e aumento no VPL e aumento no TIR de modo a tornar esse valor maior ou igual ao TMA, considerando que teríamos um VPL positivo, o que indicaria viabilidade no cenário pessimista. Por

mais que o sistema SUS não precise de retorno, é necessário saber qual o valor inicial ou mínimo para um projeto de ampliação desta natureza. Para o hospital da rede particular temos que as receitas diferem por serem oriundas de outras fontes como por exemplo, atendimento particular, via repasses e planos de saúde.

5 CONCLUSÃO

Finalmente, no presente trabalho foi concluído que a ampliação de leitos para tratamento de covid possui viabilidade técnica e econômica. Com relação a parte técnica temos os custos associados aos equipamentos e tubulações e perdas de carga. Mesmo desconsiderando a perda de carga na redução de diâmetro e ramificações temos que a queda de carga está dentro dos limites estabelecido. Na parte econômica temos a viabilidade em cenários otimista e realista, entretanto, se o hospital seguir o modelo conservador e tomar como método de projeção o valor inicial do cenário pessimista, talvez relutem um pouco há investir na ampliação, por conta de todos os resultados adquiridos negativamente nesse cenário.

Alguns pontos que foram observados nos cálculos é que três questões detratam bastante o VPL (Valor Presente Líquido) do hospital, esses são o valor dos encargos, folha salarial e custo do oxigênio, por ter parcela importante no fluxo de caixa.

Ademais, observamos nos cenários que a mudança na taxa de ocupação de leitos, pode alterar significativamente o resultado da viabilidade econômica, devido o impacto nos custos e receitas.

Por fim, conclui-se a importância desse passo para a formação do engenheiro, não só no aumento da abordagem sobre o tema nas cadeiras do curso, mas também da metodologia de ensino para esse assunto, pois conhecer economia, lidar com viabilidades econômicas e cenários diferentes, pode abrir um leque de insights para melhoria de processos, de produtos e de projetos de equipamentos, nos diferentes ramos que o engenheiro químico poderá seguir.

5.1 Sugestão de trabalhos

Visando agregar mais valor ao trabalho vigente e, também, dar continuidade ao assunto, segue algumas sugestões de futuros temas:

- a) Cálculo da perda de carga em uma tubulação de gases medicinais hospitalar considerando as ramificações e variações no diâmetro das tubulações.
- b) Cálculo da perda de carga em uma tubulação de gases medicinais hospitalar comparando os modelos da literatura de mecânica dos fluidos.

- c) Avaliação técnico-econômica para construção de hospital de campanha para tratamento covid-19.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. **Gases medicinais**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/medicamentos/gases-medicinais/gases-medicinais-informacoes-gerais>. Acesso em: 13 fev. 2021.

AIRLIQUIDE. **Ar Sintético Medicinal**. 2019. Disponível em: <<https://www.airliquidehealthcare.com.br/ar-sintetico-medicinal>>. Acesso em: 13 fev.2021.

AIRLIQUIDE. **Oxigênio Medicinal**. 2019. Disponível em:<<https://www.airliquidehealthcare.com.br/oxigenio-medicinal>>. Acesso em: 13 fev.2021

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: ABNT, 2016.

ÁVILA, RAFAEL. **Como fazer análise de cenários em um estudo de viabilidade econômica**. Disponível em: < <https://blog.luz.vc/como-fazer/como-fazer-analise-de-cenarios-em-um-estudo-de-viabilidade-economica/>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

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/anvisalegis/resol/2002/50_02rdc.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.

CONASS, Conselho Nacional de Secretários de Saúde –. **Acesso e Cuidados Especializados**. Brasília: Conselho Nacional de Secretários de Saúde – Conass, 2021. Disponível em: www.conass.org.br/biblioteca. Acesso em: 13 fev. 2021.

CRIADO, Miguel Ángel. **Crescem as evidências de que o pangolim foi o animal de origem do coronavírus**: Amostras de exemplares apreendidos há três anos estão infectadas com vírus muito semelhantes ao causador da pandemia. El País, Pandemia de Coronavírus, 2020. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/ciencia/2020-03-27/crescem-as-evidencias-de-que-o-pangolim-foi-o-animal-de-origem-do-coronavirus.html>, 27/03/2020.

DUARTE, Felipe Magalhães. COVID-19: origem do novo coronavirus. **Brazilian Journal of Health Review**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 3585-3590, 2020.

FERRARI.D. **A UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**: guia prático para familiares. Disponível em: <http://www.medicinaintensiva.com.br/uti-guia.htm>. Acesso em: 13 fev. 2021.

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

G1. GLOBO (São Paulo). **Primeiro caso confirmado de Covid-19 no Brasil ocorreu em SP e completa seis meses nesta quarta**. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/08/26/primeiro-caso-confirmado-de-covid-19-no-brasil-ocorreu-em-sp-e-completa-seis-meses-nesta-quarta.ghtml>. Acesso em: 13 fev. 2021.

LIMA, Cibelle. **Por Que Contratar um Estudo de Viabilidade Econômica Para Minha Ideia de Negócio?** 2018. Disponível em: <https://ucj.com.br/blog/estudo-de-viabilidade-economica-eve/>. Acesso em: 14 fev. 2021.

MENDES, Mariana. **Capex ou Opex: o que são, quais as diferenças e como priorizar**. 2019. Disponível em: <https://blog.beerorcoffee.com/2019/10/08/capex-ou-opex/>. Acesso em: 14 fev. 2021.

MORAES, Izaque de. **O que é e como calcular o Payback?** 2016. Disponível em: <https://www.contabeis.com.br/noticias/30249/o-que-e-e-como-calculiar-o-payback/>. Acesso em: 14 fev. 2021.

PEDROSA, Nathália Lima; ALBUQUERQUE, Nila Larisse Silva de. Análise Espacial dos Casos de COVID-19 e leitos de terapia intensiva no estado do Ceará, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 2461-2468, 2020.

PERROTA, Ana Paula. Serpentes, morcegos, pangolins e 'mercados úmidos' chineses: Uma crítica da construção de vilões epidêmicos no combate à Covid-19. **Dilemas: Revista de Estudos de Conflito e Controle Social**, Rio de Janeiro, v. 0, n. 0, p. 1-6, 2020.

QUINTELLA, Marcos. **Análise de Projetos de Investimentos**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2018.

Receita Federal. **Tributos federais administrados pela Receita Federal**. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/tributos>. Acesso em: 28 fev. 2021.

SÁ, Coriolano Antonio de Lemos; ROCHA, José Sebastião; ALMEIDA, Sídia Fonseca. ANÁLISE DE CUSTO-LEITO DE UTI HOSPITALAR. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2015, São Paulo. **ANÁLISE DE CUSTO-LEITO DE UTI HOSPITALAR**. São Paulo: Singep, p. 1-17, 2015.

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.

Organização Mundial da Saúde.OMS. **Doença por coronavírus (COVID-19)**. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus->

2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19. Acesso em: 12 fev. 2021.

SCHETTINO, Guilherme; MIRANDA, Rose. **HOSPITAIS DE CAMPANHA PARA O ENFRENTAMENTO DA COVID-19 NO BRASIL**. São Paulo: Coleção Covid-19, 2021. Disponível em: <https://www.resbr.net.br/wp-content/uploads/2021/01/covid19-volume5.pdf#page=125>. Acesso em: 12 fev. 2021.

SMITH, A.R; KLOSEK, J. A review of air separation technologies and their integration with energy conversion processes. **Fuel Processing Technology**, v. 70, n. 2, p. 115-134, 2001.

TELES, P. C. S. **Tubulações Industriais - materiais, projeto e montagem**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

VELAVAN, Thirumalaisamy P.; MEYER, Christian G. The COVID-19 epidemic. **Tropical Medicine & International Health**, v. 25, n.3, p. 278-280, 2020.

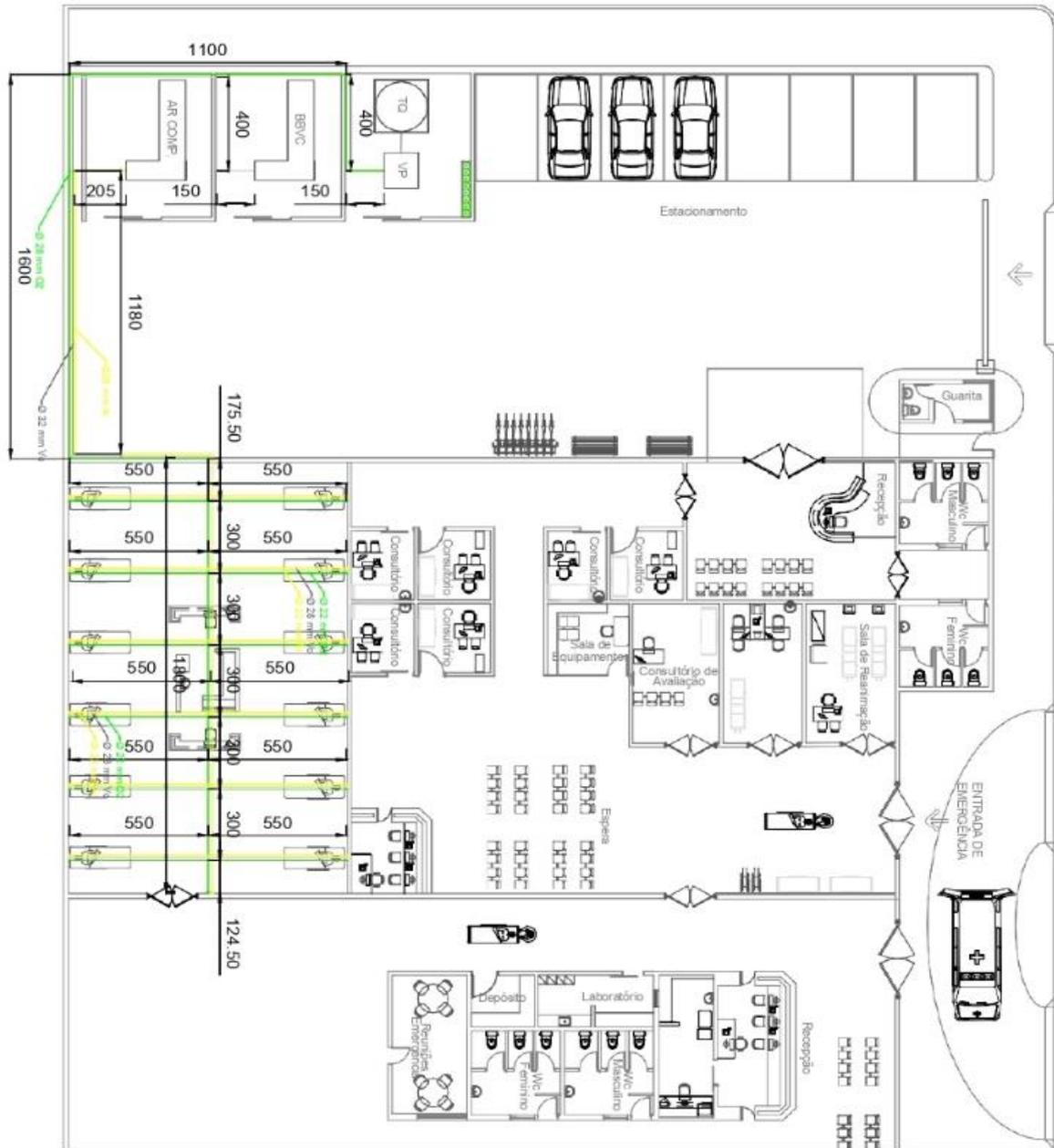
WERNECK, Guilherme Loureiro; CARVALHO, Marília Sá. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 5, 2020.

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

ZHU, Y.; LEGG, S.; LAIRD, C. D. Optimal design of cryogenic air separation columns under uncertainty. **Computers and Chemical Engineering**, v. 34, p. 1377-1384, 2010.

VALMIG. **Manual de vendas módulos de ar e vácuo medicinal**. 2019.

ANEXO A – PLANTA BAIXA HOSPITAL DE REFERÊNCIA



CONFERRIR E ADAPTAR MEDIDAS NA OBRA

PROJETO PLANTA BAIXA HOSPITAL:

DESENHO:
BRENO MISQUITA

DATA: JAN. 2021

FRANCHA:
01/01

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

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

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 de 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	-
Salas hemodinâmica	25	-	-	25
Salas 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
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 pré-parto/parto/pós-parto (PPP)	10	-	-	-
Sala de transfusão e de radioterapia	10	-	-	-
Sala de aplicação de quimioterápicos	10	-	-	10

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

Local	Fator de simultaneidade			
	Oxigênio Medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de tratamento hemodialítico	10	-	-	-
Câmara hiperbárica multipacientes	100	-	-	-
Câmara hiperbárica monopacientes	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
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 de 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	-	um 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	um para cada berço/incubadora	-	um por berço	um para cada berço/incubadora

Tabela B.2 – Número de postos por local de utilização (continuação)

Local	Número de postos			
	Oxigênio Medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
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
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 por leito
Sala de transfusão	um para cada leito	-	-	-

Tabela B.2 – Número de postos por local de utilização (continuação)

Local	Número de postos			
	Oxigênio Medicinal	Óxido nítrico medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
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 monopacientes	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 de 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
Salas hemodinâmica	10	-	-	20
Salas 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 de 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
Sala de transfusão	10	-	-	-

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

Local	Vazão de projeto por posto de utilização (L/min)			
	Oxigênio Medicinal	Óxido nitroso medicinal	Vácuo clínico	Ar medicinal
Sala de radioterapia	10	-	-	-
Sala de aplicação de quimioterápicos	10	-	-	20
Sala de tratamento hemodialítico	10	-	-	-
Câmara hiperbárica multipacientes	120	-	-	-
Câmara hiperbárica monopacientes	120	-	-	-

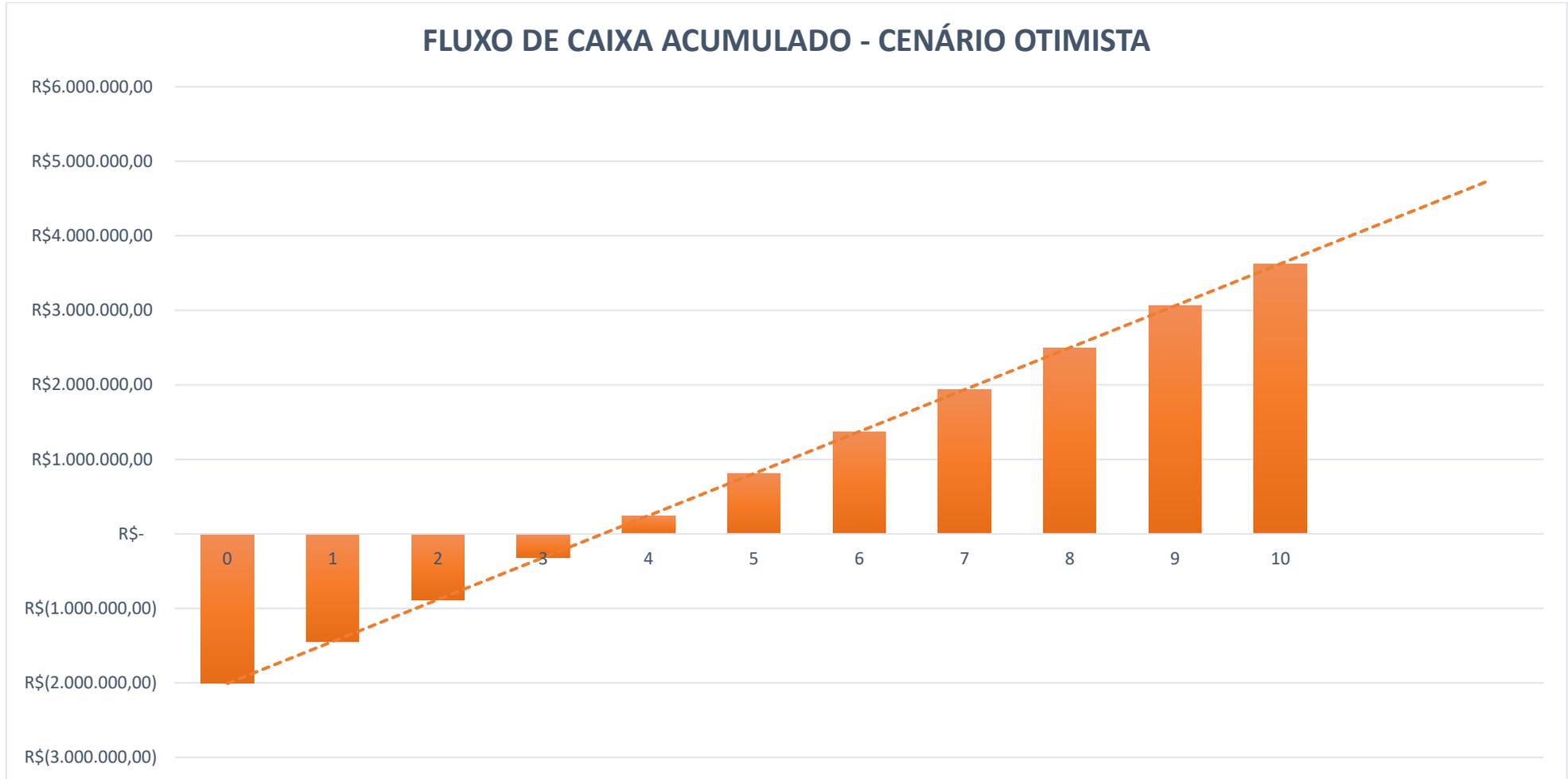
NOTA 1 Condições normais de temperatura e pressão.

NOTA 2 Pressão DE 300 mmHg de vácuo.

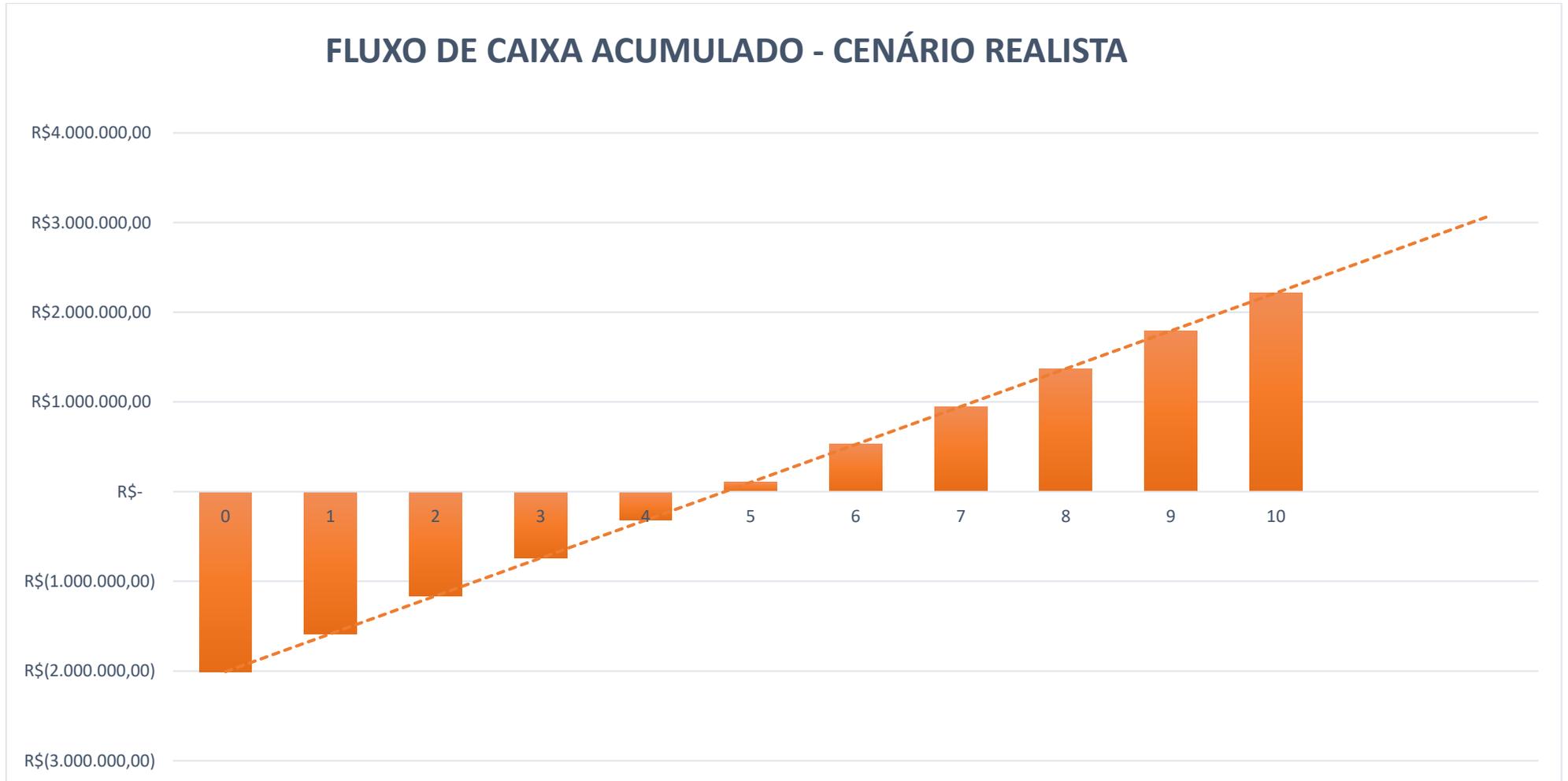
NOTA 3 Valores de referência para dimensionamento das redes de distribuição.

NOTA 4 Não aplicáveis ao dimensionamento das centrais de suprimento.

ANEXO C – FLUXO DE CAIXA ACUMULADO CENÁRIO OTIMISTA



ANEXO D – FLUXO DE CAIXA ACUMULADO CENÁRIO REALISTA



APÊNDICE A – CÁLCULOS DA PERDA DE CARGA PARA REDE OXIGÊNIO

PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES			
Memória de cálculo			
Serviço:			
Fluido: Oxigênio			
Material da linha: Cobre			
Propriedades do fluido		Características da linha	
Densidade (kg/m ³):	1,4289	Comprimento equivalente (m):	660,75
Viscosidade (cP):	0,02075	Rugosidade (ε, mm):	0,00150
		Rugosidade relativa (ε/D):	1,00E-04
Dados de processo			
Vazão (m ³ /h):	2,88	Perda de carga (kgf/cm ²):	0,25
Diâmetro interno tubo (pol):	0,590	Perda de carga (mca):	2,53
Fator de atrito:	0,0382	Velocidade (m/s):	4,54
Nº de Reynolds:	4,68E+03	Tipo de escoamento	Turbulento
Fórmulas:			
$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$ $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$ <p style="text-align: center;">Equação de Colebrook</p>		$f = \left(A - \frac{(B-A)^2}{C-2B+A} \right)^{-2} = 0,0382$ $A = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{12}{\text{Re}} \right) = 5,17\text{E}+00$ $B = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{2,51A}{\text{Re}} \right) = 5,11\text{E}+00$ $C = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{2,51B}{\text{Re}} \right) = 5,12\text{E}+00$	
Referência:			
T.K. Serghides, <i>Estimate friction factor accurately</i> - Chem. Engineering, March 5, 1984.			

APÊNDICE B – CÁLCULOS DA PERDA DE CARGA REDE DE AR

PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES			
Memória de cálculo			
Serviço: Ar comprimido Fluido: medicinal Material da linha: Cobre			
Propriedades do fluido		Características da linha	
Densidade (kg/m ³):	1,2	Comprimento equivalente (m):	660,75
Viscosidade (cP):	0,0182	Rugosidade (ε, mm):	0,00150
		Rugosidade relativa (ε/D):	1,00E-04
Dados de processo			
Vazão (m ³ /h):	2,88	Perda de carga (kgf/cm ²):	0,21
Diâmetro interno tubo (pol):	0,590	Perda de carga (mca):	2,15
Fator de atrito:	0,0387	Velocidade (m/s):	4,54
Nº de Reynolds:	4,48E+03	Tipo de escoamento	Turbulento
Fórmulas:			
$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$ $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,715} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$ <p style="text-align: center;">Equação de Colebrook</p>		}	
		$f = \left(A - \frac{(B-A)^2}{C-2B+A} \right)^{-2} = 0,0387$ $A = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,715} + \frac{12}{\text{Re}} \right) = 5,14E+00$ $B = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,715} + \frac{2,51A}{\text{Re}} \right) = 5,07E+00$ $C = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,715} + \frac{2,51B}{\text{Re}} \right) = 5,08E+00$	
Referência: T.K. Serghides, <i>Estimate friction factor accurately</i> - Chem. Engineering, March 5, 1984.			