

UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

PROPOSTA DE USO DE MOTOR RADIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE
RESPIRADORES MECÂNICOS DE BAIXO CUSTO COM BOLSAS DE AMBU

TIAGO VINÍCIUS DO NASCIMENTO SPRICIDO

MARINGÁ – PR
2020

Tiago Vinícius do Nascimento Spricido

**PROPOSTA DE USO DE MOTOR RADIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE
RESPIRADORES MECÂNICOS DE BAIXO CUSTO COM BOLSAS DE AMBU**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Me. Fábio Victor Bueno de Moraes.

MARINGÁ – PR

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO
TIAGO VINÍCIUS DO NASCIMENTO SPRICIDO

**PROPOSTA DE USO DE MOTOR RADIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE
RESPIRADORES MECÂNICOS DE BAIXO CUSTO COM BOLSAS DE AMBU**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR
Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Me. Fábio Victor Bueno Morais.

Aprovado em: 12 de novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Fábio Victor Bueno de Morais - Unicesumar

Prof. Dr. Marcos Vinicius Bueno de Morais - Universidad Católica del Maule

Prof. Me. Anderson Rodrigues - Unicesumar

PROPOSTA DE USO DE MOTOR RADIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE RESPIRADORES MECÂNICOS DE BAIXO CUSTO COM BOLSAS DE AMBU

Tiago Vinícius do Nascimento Spricido

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um levantamento bibliográfico e o desenvolvimento do projeto de um respirador mecânico de emergência, bem como um demonstrativo de custos para a compra dos equipamentos e fabricação do mesmo. O equipamento idealizado tem como função auxiliar na respiração de pacientes que estejam incapacitados de realizar esta função sozinhos, seja por problemas respiratórios comumente conhecidos, mas principalmente os afetados pela COVID 19, dispondo da ideia de um motor radial. A motivação dessa pesquisa é a escassez destes equipamentos em meio a atual pandemia de coronavírus, tratando de um ventilador mecânico que tenha seu funcionamento e montagem simples, mas que tenha a eficiência desejada viabilizando seu custo, assim possibilitando o acesso a este equipamento tão essencial, neste período alarmante.

Palavras-chave: Baixo Custo. Eficiente. Escassez

PROPOSAL TO USE A RADIAL ENGINE FOR DEVELOPING LOW-COST MECHANICAL RESPIRATORS WITH AMBU BAGS

The present work aims to present a bibliographic survey and the development of the design of an emergency mechanical respirator, as well as a cost statement for the purchase of equipment and its manufacture. The idealized equipment has the function to assist the breathing of patients who are unable to perform this function alone, either due to commonly known respiratory problems, but mainly those affected by COVID 19, utilizing the idea of a radial motor. The motivation of this research is the scarcity of this equipment in the midst of this pandemic, considering a mechanical ventilator that has a simple operation and assembly, but also has the desired efficiency making its cost viable, thus enabling access to this essential equipment in this alarming time period.

Keywords: Efficient. Low Cost. Scarcity

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual encontra-se em meio a uma pandemia, e até o momento não se sabe quando esse surto pandêmico irá acabar, e cada vez mais as pessoas estão buscando informações que norteiam soluções e precauções de modo a evitar com que esse vírus se alastre e a sociedade fique em estado de mais calamidade. Uma preocupação evidente com o aumento de pacientes e pessoas contaminadas com este vírus, por todos além das Autoridades e os órgãos da saúde, é de que não se tenham equipamentos suficientes para atender esta demanda. Nos casos mais graves da COVID-19 os pacientes desenvolvem dispneia que é a dificuldade de respirar caracterizada por respiração rápida e curta, geralmente associada a doença cardíaca e pulmonar, e é em relação aos equipamentos que entra os respiradores mecânicos, para suprir essa falta de ar. Basicamente ele ajuda os pulmões a inspirar e expirar. Nos respiradores isso é chamado de pressão positiva e negativa. No entanto, esses equipamentos são muito onerosos e tem projetos muito complexos e este é um dos motivos de hospitais não terem tantos equipamentos como esse, além da necessidade habitual não demandar esse tipo de equipamento, fazendo com que isto se torne um problema, pois não se tem a quantidade necessária para atender os pacientes necessitados. Os governos vêm buscando comprar esses equipamentos imediatamente, porém, não há total acessibilidade, devido à grande procura mundial do produto e a complexidade de se produzir o mesmo.

Diante disso cria-se uma necessidade instantânea em ajudar nesse cenário alarmante, além de que é difícil outros profissionais se envolverem na área que não a medicina, onde essa atuação irá lidar com vidas que estejam em risco. E por se tratar de vidas, deve-se tomar total diligência para que não haja nenhuma falha grave que possa ocasionar prejuízos aos pacientes que estejam em tratamento contra o vírus da COVID-19. Dessa forma, essa pesquisa tem como objetivo desenvolver um projeto de respirador de emergência (*pandemic ventilators*) que tem como base o funcionamento de um motor radial, de modo a suprir as demandas da unidade de saúde.

A utilização da ventilação mecânica, significou um relevante avanço no tratamento dos pacientes com insuficiência respiratória, e tem passado por constantes evoluções ao longo do tempo, buscando oferecer aos pacientes um tratamento mais eficiente e de maior qualidade.

Entende-se a ventilação mecânica como um método artificial que visa à manutenção da ventilação nos pacientes que se encontram impossibilitados de respirar de forma espontânea (LUCÍNIO; PAGANO; FRANCO, 2006). Desta forma, a ventilação mecânica constitui a aplicação, de forma invasiva ou não, de uma máquina que substitui, parcial ou totalmente, a atividade ventilatória do paciente (CRESPO, 1996 apud DREYER; ZUNIGÃ, 2010).

Assim, a ventilação mecânica é considerada um dos principais recursos de suporte à vida utilizados na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) (CRESPO, 1996 apud DREYER; ZUNIGÃ, 2010). E de acordo com Lucinio, Pagano e Franco (2006) a evolução dos ventiladores contribuiu para a expansão das opções de tratamentos dos pacientes com insuficiência respiratória.

Ante o exposto, pode-se perceber que os ventiladores mecânicos evoluíram buscando proporcionar aos pacientes com insuficiência respiratória um tratamento mais eficaz que possibilite um retorno prévio à respiração espontânea.

Quanto aos objetivos, à ventilação mecânica visa melhorar as trocas gasosas, atenuar a dificuldade respiratória, alterar as relações pressão-volume, permitir a reparação dos pulmões e vias aéreas e evitar complicações (PÁDUA; MARTINEZ, 2001).

Os primeiros aparelhos com as características dos ventiladores mecânicos que temos hoje surgiram no final do século XIX, desenvolvido por Alfred Woillex, esse mesmo consistia em fazer pressão negativa na caixa torácica, enquanto as vias aéreas do paciente tinham contato com a pressão atmosférica normal, assim, a entrada de ar nos pulmões se dava por pressão negativa. Apesar de ser antiga a ideia de insuflar os pulmões através da utilização de uma pressão positiva da boca até a traqueia, foi somente a partir da década de 1920 que essa prática começou a ser aplicada, com o advento da anestesia geral e a intubação endotraqueal (PÁDUA; MARTINEZ, 2001).

No início com os ventiladores à pressão negativa, era feita através dos pulmões de aço, em pacientes com paralisia dos músculos respiratórios. No entanto, posteriormente, devido às dificuldades encontradas para ventilar os pacientes que possuíam lesões parenquimatosas graves, houve o desenvolvimento de aparelhos que aplicavam pressão positiva diretamente nas vias aéreas, os ventiladores à pressão positiva, cuja utilização foi amplamente difundida (PÁDUA; MARTINEZ, 2001).

Slutsky (1994) apud Dreyer e Zunigã (2010) acrescentam que na década de 50, as epidemias de poliomielite resultaram em uma importante evolução na assistência ventilatória, sendo que os ventiladores à pressão positiva ganharam uma posição de destaque no tratamento dos pacientes que apresentavam insuficiência respiratória.

Condições clínicas aumentam as pressões de oposições ao movimento dos gases, assim exigindo mais esforço do paciente, levando a fadiga muscular (CARVALHO et al. 1997). Outras condições como as causadas pela Covid impedem ou dificultam a ventilação espontânea por comprometer a musculatura (ORLIKOWSKI et al., 2004). É importante salientar que a ventilação mecânica não é uma forma de terapia e que sua utilização é temporária.

A ventilação mecânica pode ser feita de duas maneiras, a invasiva com tubos endotraqueal ou tubo de traqueostomia e a não invasiva que é feita através de máscaras faciais, máscara laríngea ou nasal. De forma didática, o ciclo respiratório, durante a ventilação com pressão positiva nas vias aéreas, pode ser dividido em quatro fases, sendo: fase inspiratória, mudança da fase inspiratória para a fase expiratória, fase expiratória, mudança da fase expiratória para a fase inspiratória (PÁDUA; MARTINEZ, 2001).

A escolha da modalidade de ventilação mecânica a ser utilizada determina como será a interação entre o ventilador e o paciente. Diante disso, frisa-se que inicialmente e durante os períodos de instabilidade, o modo de ventilação deverá permitir o controle máximo da ventilação (DREYER. ZUNIGÃ, 2010). Destarte, nota-se que apesar de existirem várias modalidades de ventilação mecânica que podem ser usadas nos pacientes com insuficiência respiratória, a escolha de uma modalidade dependerá das necessidades apresentadas por cada paciente (ANDRADE, 2011). Na visão de Lucinio, Pagano e Franco (2006) as modalidades de ventilação mecânica são: ventilação controlada (CMV), ventilação assistida (AMV), ventilação assistida-controlada (A/C), ventilação mandatória intermitente (SIMV), ventilação de pressão de suporte (PSV), ventilação com pressão controlada (PCV) e ventilação contínua nas vias aéreas (CPAP).

Todavia, apesar de a ventilação mecânica ser fundamental para a manutenção da vida em pacientes que se encontram impossibilitados de respirar espontaneamente, não é isenta de complicações. De acordo com Dreyer e Zunigã (2010) a ventilação mecânica repercute sobre diversos órgãos e sistemas, estando associada a complicações frequentes, sendo algumas potencialmente letais.

2 DESENVOLVIMENTO

Os respiradores hospitalares são compostos por vários sensores de pressão e composição do ar, inclusive eles são ativados de acordo com a respiração do paciente e não impondo um fluxo forçado que é o que ocorre no caso de respiradores de emergência. Então quando se tem um fluxo forçado, pode acabar prejudicando uma área muito sensível do corpo humano, que são os alvéolos dos pulmões, podendo ocasionar uma inflamação ou até mesmo o rompimento do mesmo, que são os responsáveis pela troca de oxigênio e dióxido de carbono com sangue.

Outra diferença entre um respirador hospitalar e um respirador de emergência é na filtragem do ar que saem dos pulmões do paciente contaminado. O respirador hospitalar faz essa filtragem e no caso dos pandemic ventilators é utilizado um tipo de bolsa chamada de AMBU ou ressuscitador descartável e neste caso essa bolsa não faz a filtragem do ar para o ambiente, dessa forma se espalha uma carga viral podendo contaminar outras pessoas no ambiente. Portanto, o ensejo é desenvolver um respirador barato e eficiente, que seja de qualidade.

No Brasil segundo o Ministério da Saúde existe um total de 67.005 respiradores sendo 72% no Sistema Único de Saúde e 28% no Sistema Privado, mas desse total 3.600 ou estão em manutenção, ou ainda não foram instalados. Considerando que no Brasil temos 211 milhões de habitantes temos 3,17 equipamentos para cada 10 mil habitantes, um número muito abaixo do que se necessita e está vivendo nesse cenário de pandemia. Sendo que o mínimo desejável de leitos de UTI no Brasil é de 10 leitos a cada 100 mil habitantes segundo a Portaria no 1.101, de 12 de Junho de 2002, do Ministério da Saúde. Fonte dos dados: CNES.

No mundo todo já são mais de 1.421.650 (Um milhão quatrocentos e vinte um mil, seiscentos e cinquenta) pessoas que tiveram em seus laudos obituários a decorrência de sua morte o corona vírus e são mais de 60.420.355 (Sessenta milhões quatrocentos e vinte mil, trezentos e cinquenta e cinco) pessoas que foram testadas e notificadas com COVID-19. Desse total de pessoas que foram testadas e que contraíram o vírus 5.512.847 (Cinco milhões quinhentos e doze mil, oitocentos e quarenta e sete) são no Brasil, além de 170.799 (cento e setenta mil, setecentos e noventa e nove) mortes, dados esses segundo o site Google Notícias no dia 26 de novembro de 2020. Esses dados junto das evoluções diárias estão representados nas figuras 12, 13 e 14

No caso do Corona Vírus alguns pacientes desenvolvem a síndrome respiratória aguda grave onde os alvéolos se enchem de fluido e a área disponível para realizara troca de oxigênio fica reduzida isso significa que precisam fazer mais esforço para respirar o que implica nos músculos fazerem mais esforços assim cansando os mesmos. E caso não se tenha ajuda de um respirador mecânico o nível de oxigênio no sangue fica perigosamente baixo, podendo fazer com que os pacientes venham à óbito.

Seu funcionamento tem como base um cilindro que fornece oxigênio puro, que passa por uma válvula reguladora de vazão. Outro circuito fornece ar comprimido vindo de um compressor ou alternativamente vindo de um cilindro de ar comprimido que também passa por uma válvula reguladora de vazão. Essas válvulas são controladas por um sistema eletrônico que regula a relação da mistura em uma câmara. Em seguida, o sistema regula a pressão e a vazão do gás que é enviado então diretamente para os pulmões do paciente. O ar com dióxido de carbono é expelido pelos pulmões de forma passiva, ou seja, a bomba não suga o ar, ele então volta por outro tubo para o equipamento passando antes por um filtro por conta do vírus. Nos pacientes de casos mais leves não é necessário fazer a intubação endotraqueal, podendo ser feita por uma máscara facial, nasal ou bucal, e por ser introduzido diretamente até a traqueia pela boca, nariz ou por uma traqueostomia como o ar não passa pelas vias aéreas superiores ele não é umedecido e aquecido e por isso o respirador deve possuir um umidificador, que adiciona calor e umidade ao ar para não danificar o tecido pulmonar. O volume a pressão e a frequência em que o ar é bombeado aos pulmões precisa ser cuidadosamente controlado para não causar lesões, evitando prejudicar ainda mais a condição já delicada do paciente. Em alguns casos, inflar e desinflar totalmente os alvéolos infeccionados como a respiração normal, poderia causar lesões graves nos alvéolos, e uma técnica utilizada é aumentar a pressão do ar dentro deles para que nunca desinflen totalmente. Essa técnica geralmente é utilizada junto com medicamentos para paralisar os músculos e sincronizar a respiração do paciente com o equipamento.

Os ventiladores computadorizados monitoram o paciente e auxiliam na respiração, desta maneira eles bombeiam o oxigênio quando identificam que o paciente quer inspirar, podendo verificar diversos fatores, como exemplo aumentos no fluxo de ar. Esse controle é feito por softwares sofisticados, juntamente com sensores no paciente e controladores no equipamento. Tanto seu software e seu hardware podem demandar meses para serem desenvolvidos e testados, e ainda tem que se considerar o tempo de aprovação e homologação pela Anvisa no caso dos respiradores para o Brasil. Devido a isso seu valor pode variar

bastante, um exemplo são os respiradores comprados pelo governo brasileiro que chegam ao valor de R\$: 50.000 mil reais (cinquenta mil reais) enquanto que os de baixo custo variam em torno de R\$: 5.000 (cinco mil reais)

O primeiro Motor Radial do mundo foi construído em 1903 por Jacob Ellehammer (1871-1946). O motor construído por Ellehammer possuía três cilindros refrigerados a ar que foi usado como base para um modelo mais potente de cinco cilindros em 1907 o qual foi instalado em seu triplano e fez uma série de voos curtos. Em meados de 1900 a indústria aeronáutica precisava de aviões fortes e potentes, justamente para atender a demanda das duas grandes guerras que utilizavam aviões para o carregamento de tropas e suprimento populacional. A única tecnologia existente para se realizar tais atividades, eram os aviões que continham motor radial.

O motor radial tem funcionamento simples, e seu design faz com que os cilindros formem um raio em volta de uma manivela central de pinos essa chamada de biela mestra a qual todas as outras bielas articuladas são conectadas e as permite girar à medida que o virabrequim se movimenta. Os pistões atuam sucessivamente sobre esse raio.

Por esse arranjo um motor muito curto e compacto é obtido, com um mínimo de peso, e uma rotação de virabrequim regular e equilíbrio perfeito de forças e inércia. E é referente a esse mecanismo que será baseado o projeto de um respirador mecânico de emergência.

O virabrequim é um mecanismo para a transformação de um momento em rotação. No caso do projeto o mesmo recebe a força através do motor transformando-o em momento, transmitido aos demais componentes acoplados nas extremidades de seu eixo, fazendo com que as bielas se movimentem impulsionando os pistões.

Com o mesmo mecanismo de um motor radial em vez do pistão causar a compressão para a combustão, ele irá pressionar o AMBU assim insuflando o pulmão do paciente com oxigênio. Diferentemente do motor onde é necessária uma durabilidade e onde irá envolver grandes temperaturas no caso do respirador mecânico esses elementos podem ser de plástico assim diminuindo seu custo, e seu peso atingindo da mesma forma a sua necessidade, podendo ter sua estrutura de acrílico. A escolha do motor radial leva em conta a quantidade de pistões que ele possui, assim podendo atender mais pacientes, mas também a pausa realizadas por ele no momento em que o pistão sobe e causa a compressão, essa pausa é muito

próxima de como ocorre a respiração de um ser humano, que se dá por uma insuflação, uma leve pausa e depois a expiração.

Para a execução do projeto irá se utilizar de nove ressuscitadores manual que é mais conhecido como AMBU (Artificial Manual Breathing Unit), que é uma Unidade Manual de Respiração Artificial, ou Reanimador Manual. O mesmo possui uma válvula unidirecional em sua parte inferior, sendo assim o ar somente entra na bolsa por essa válvula que para o caso deste projeto será acoplado um reservatório de oxigênio. Também em sua parte inferior ligamos o oxigênio vindo diretamente do cilindro. Já em sua parte superior também temos uma válvula unidirecional com uma membrana bico de pato só que diferentemente da válvula inferior nessa o ar somente sai do AMBU e não entra. E junto dela há uma válvula de segurança, para caso a pressão seja muito grande exista uma forma de escape. Dessa forma o oxigênio é introduzido no AMBU e quando pressionado libera o gás para o paciente. No entanto o mesmo precisa expirar e para isso logo após o AMBU será utilizado um filtro HEPA junto de um tubo corrugado que vem do paciente assim o ar contaminado não é jogado para o ambiente conforme figura 2.

E para o caso dos pacientes de que não podem ter seus pulmões esvaziados totalmente, decorrente das inflamações em seus alvéolos serão utilizados junto do filtro HEPA uma válvula PEEP assim pode ser regulado a quantidade de ar que vai sair.

A válvula de PEEP (Pressão Positiva Expiratória no final da Expiração) tem por finalidade manter uma pressão positiva pré-determinada ao final da expiração.

O filtro HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), ou dispositivo de filtração de alta eficiência de partículas se enquadra na categoria dos filtros hidrofóbicos que são aqueles que tem grande eficiência de filtração, mas não tem grande excelência em aquecer e umidificação do ar.

Geralmente são constituídos por membranas de fibra de vidro ou cerâmica. O filtro tem como função nesse equipamento proteger, o ventilador mecânico. O mesmo deve ter um poro mínimo de 0.2 μm e eficácia mínima de 99,5% de filtração para bactérias e vírus. O Filtro HEPA, possui volumetria ampla que varia de 150 a 1500 ml, dessa forma atende pediatria, quanto adultos.

Para maior segurança dos profissionais de saúde e demais pessoas que se encontram no ambiente de serem contaminados será utilizado mais um filtro o HMEF

O filtro HMEF tem como funcionalidade o da via aérea superior que é de aquecer e umidificar ao ar que vai até o paciente, já que o mesmo perde essa funcionalidade quando é entubado. Ele irá atuar entre o tubo corrugado que chega até o paciente e a peça Y do circuito do ventilador que liga o ramo inspiratório e o ramo expiratório.

O filtro HMEF é classificado como um filtro misto, pois possui adequada propriedade de produção de umidade e calor, e ótima ação de barreira microbiológica exercida por membrana eletrostática, ou seja, trocador de calor e umidade com poder de filtração. A imagem do mesmo está na figura 10.

O projeto será totalmente em Tecnil um material derivado do Nylon, ele é um composto de base polimérica geralmente formado por poliamidas com adição de fibras, podendo ser vegetais ou minerais. Segundo Contant (2004), compósitos poliméricos são materiais constituídos por uma matriz polimérica acrescido de um reforço. Com essa junção de matérias teria uma elevada resistência a corrosão e uma melhora nas propriedades mecânicas. O Tecnil geralmente é comercializado em tarugos, barras, chapas entre outras formas. Junto da máquina que irá se utilizar de um molde o Tecnil será derretido e posteriormente injetado no molde, assim formando a peça.

Segundo Dasgupta & Hammond (1996), os polímeros mais representativos desse grupo são as poliamidas 6 e 6.6, que segundo Factori (2009) são polímeros obtidos a partir do ácido dicarboxílico, do ácido hexandiólico (ácido adípico) e o hexano-1,6-diamina, através do aquecimento entre a amina e o ácido carboxílico, havendo a eliminação de uma molécula de água formando um composto amida. Essa reação é repetida por variadas vezes até que se forme um polímero de cadeia longa. As poliamidas segundo Bassani (2002) representam uma classe de polímeros de diversos usos na engenharia por apresentarem propriedades como boa resistência, estabilidade dimensional e fácil processamento.

Quando necessário a adição de fibras nestes compostos representa um ganho em suas propriedades, segundo o estudo de Fiori (2009), a adição da fibra de vidro acarretou maior estabilidade dimensional e maior resistência a tração na ruptura. Este é um compósito que pode ser moldado para a obtenção de peças rígidas utilizadas na indústria automobilística.

Segundo a companhia Ferro e Aço Paraná (2015), o composto apresenta excelente propriedades elétricas, mecânicas e térmicas proporcionando aplicação em quase todas as áreas da engenharia. Segundo Silva (2017), as principais aplicações para o Tecnil são a confecção de peças mecânicas, roldanas, dentre outras aplicações neste ramo.

Para proporcionar a rotação desejada para o projeto e rotacionar o virabrequim para que as bolsas de AMBU sejam insufladas por completo, irá se utilizar de um motor redutor. Um motor redutor é um equipamento mecânico que tem como função principal a redução da rotação de um motor ou dispositivo, é composto por um conjunto de coroa e parafuso com rosca sem fim ou de engrenagens, o conjunto é montado em uma estrutura com um sistema de lubrificação (TELECURSO, 2000). Os redutores são equipamentos destinados a reduzir velocidade, transmitir movimentos e multiplicar torque. São compostos por eixos, engrenagens, pinhões, rolamentos e retentores. A relação de transmissão permite que o movimento de rotação seja transmitido através das engrenagens, sendo esta relação o principal parâmetro para se iniciar a especificação de um redutor (NAMIHIRA, 2014).

Dessa forma temos o desenvolvimento e construção de ferramentas e máquinas que requerem alto torque em velocidades de eixo ou RPM relativamente baixas. Eles permitem o uso de motores com poucos cavalos de potência, proporcionando uma grande força motriz em baixas velocidades, como as que são necessárias em elevadores, guindastes, camas de hospital, macaco para carros e robôs.

Em sua grande maioria os motores elétricos síncronos de corrente alternada têm intervalos de saída de 1.200 a 3.600 rotações por minuto. Eles também têm as especificações de torque em velocidade normal e em velocidade de perda. A engrenagem de redução usada nos motores redutores é projetada para reduzir a velocidade de saída ao mesmo tempo, em que aumenta a força de torque. O aumento no torque é inversamente proporcional à velocidade de redução. A engrenagem de redução permite que pequenos motores elétricos sejam capazes de mover grandes cargas, embora mais lentamente que os grandes motores elétricos. Essas engrenagens consistem em duas outras engrenagens, uma pequena que move outra engrenagem maior. Pode haver vários destes conjuntos de engrenagens de redução em uma única caixa de redução.

Nesse projeto irá se utilizar de um motor redutor para se ter a mesma função dos ponteiros de um relógio. Reduzir a velocidade de rotação do motor em que um pequeno motor síncrono gira a 1.200 RPM, mas é reduzido a 12 RPM para fazer funcionar o respirador de emergência. A quantidade de força empregada no mesmo deve ser suficiente para rotacionar o virabrequim por completo e desinflar as bolsas de AMBU.

Também se fará necessário o uso de um Arduino que é um micro controlador de placa única, projetado para tornar acessível o processo de utilização da eletrônica em projetos

multidisciplinares. Em termos leigos o Arduino é um computador minúsculo que pode ser programado para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes que se conectar a ele.

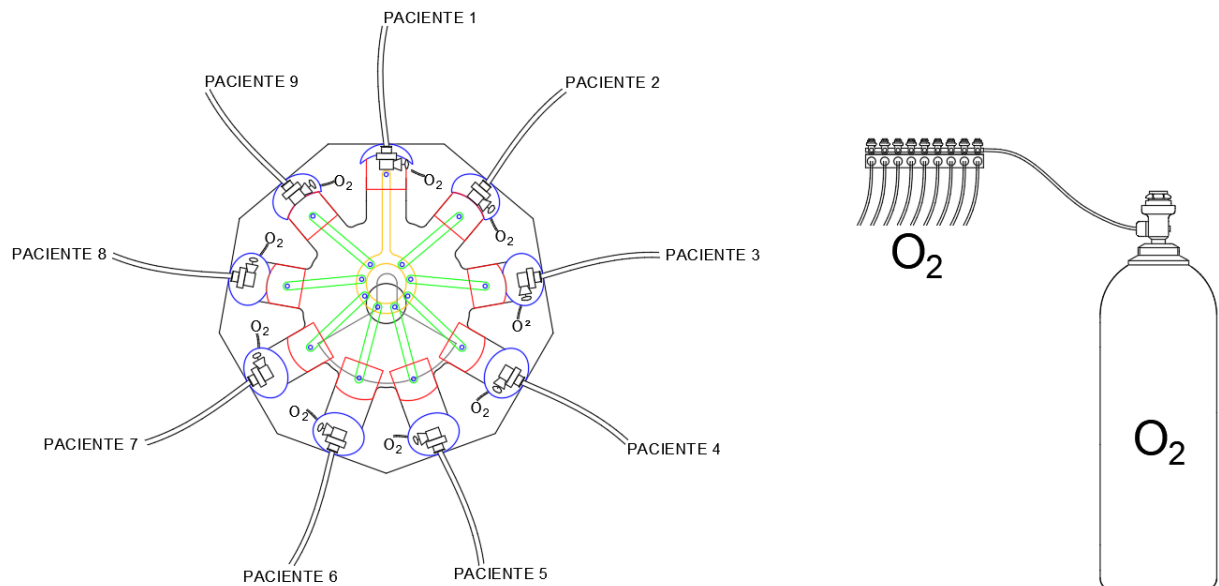
A placa Arduino é composta de um microprocessador Atmel AVR. Para programar o mesmo é necessário utilizar o IDE dele, que é um software livre que permite fazer uma programação a linguagem que ele entende. No caso do Arduino a linguagem é baseada em C/C++ e pode ser estendida através de bibliotecas C++.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

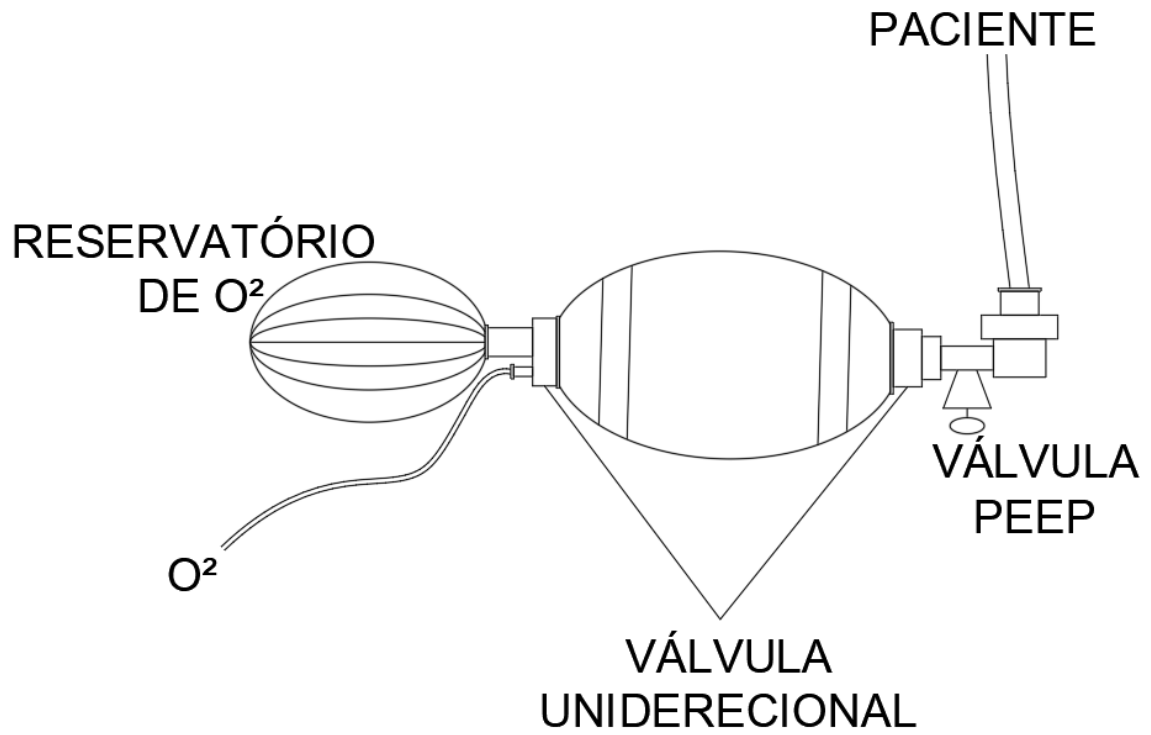
A princípio o projeto foi desenvolvido no AutoCAD em 2D e posteriormente passado para o Solidworks em 3D, ficando mais didático o entendimento de seu funcionamento que conta com nove pistões de topo convexo que vão ser utilizados para desinflar as bolsas de AMBU, sendo que oito desses nove pistões são acoplados em bielas estáticas e apenas um é ligado a biela mestra.

Será utilizado também um virabrequim para transformar em torque a movimentação gerada pelo motor assim fazendo a movimentação de todo o conjunto do ventilador mecânico de emergência. Serão necessários nove pinos de trava para a junção dos pistões com as bielas. Uma trava de fixação será acoplada entre o virabrequim e as bielas para que o sistema não realize movimentos indesejados. A figura abaixo representa como será o sistema.

Figura 1 – Respirador Mecânico de Emergência com Sistema de Motor Radial



Fonte: Foto do autor (2020).

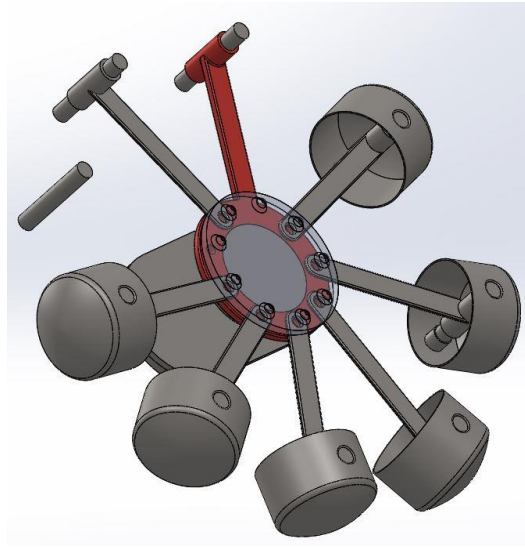
Figura 2 – AMBU

Fonte: Foto do Autor (2020).

Figura 3 – Válvula Peep

Fonte: Lumiar Healtcare (2020)

Figura 4 – Representação respirador de emergência



Fonte: Foto do Autor (2020).

Rolamentos de 19mm serão utilizados nas bielas. e a camisa dos pistões terá um diâmetro de 150mm além de ser dividido em duas partes, a frontal e traseira.

O motor e o sistema irão trabalhar em 12 RMP que é a frequência respiratória de uma pessoa em repouso, sendo que esta que pode variar entre 12 e 20 respirações por minuto. Considerando que o volume de ar inspirado a cada respiração é em média de 500 ml em um adulto. Assim será adotado a velocidade mais baixa para que seu funcionamento não seja prejudicial aos alvéolos do paciente. Sendo que o motor tem uma voltagem de 12V com uma corrente mínima de 5A e máxima de 10A tendo um peso de 1,3Kg e exercendo um torque nominal de 6Nm e 35Nm de torque máximo, assim podendo rotacionar os componentes do ventilador de emergência além de conseguir desinflar as bolsas de AMBU que o sistema entrará em contato mesmo com a resistência gerada pelas mesmas.

Figura 5 – Motor

Fonte: L11 Shop

Os diversos componentes que utilizarão o Tecnil para sua fabricação têm discriminado na tabela a seguir o volume de material a ser injetado, bem como seu peso e preço.

Tabela 1 – Volume, peso e preço do material a ser injetado

ITENS	UN	VOLUME (mm ³)	PESO – TECNIL (g)	PREÇO - TECNIL (R\$)
PISTÃO	9	118014,33	105,03	-
CAMISA DO PISTÃO	2	3502531,13	3117,25	-
BIELA	8	90942,42	80,94	-
BIEL MESTRA	1	402061,74	357,83	-
VIRABREQUIM	1	2923229,87	2601,67	-
PINOS DE TRAVA	9	73472,58	65,39	-
TRAVA DE FIXAÇÃO	1	499350,52	444,42	-
TOTAL	-	12,38L	11,82Kg	600,00

Esses serão confeccionados através de moldes onde barras, tarugos que podem ter diversos diâmetros ou outras formas do Tecnil são colocadas no funil e derretidas, assim a

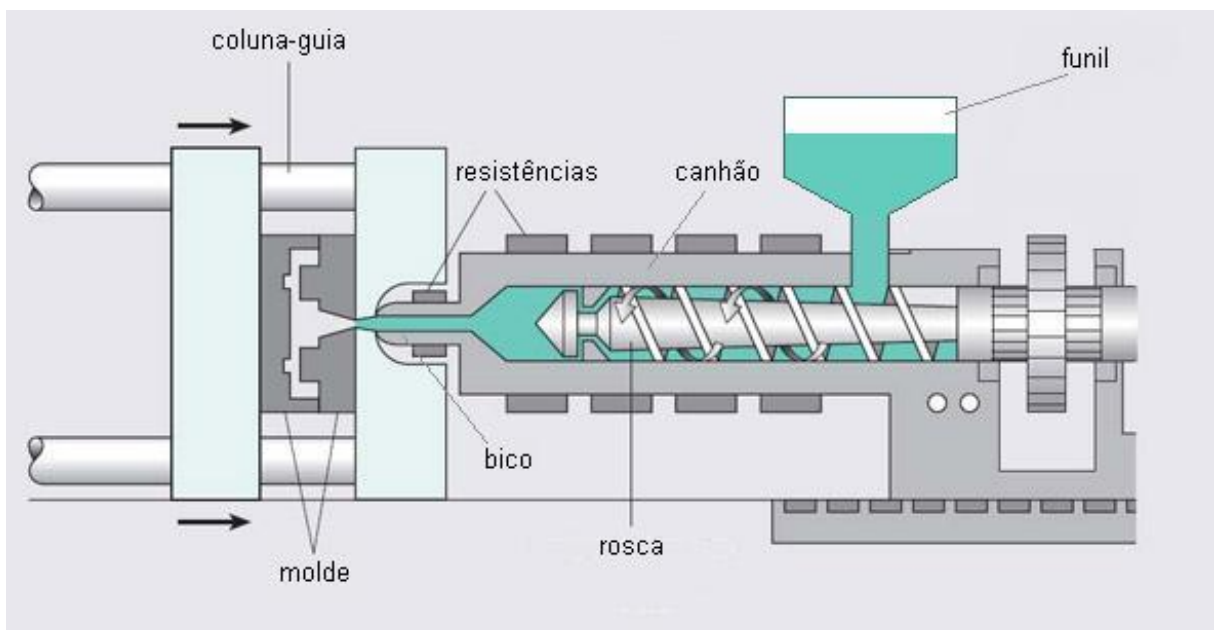
máquina do molde empurra o líquido através de uma rosca até o bico do molde, onde o Tecnil é injetado no mesmo e assim se espera o resfriamento para que a peça esteja pronta.

Figura 6 - Tarugo de Tecnil



Fonte: Plásticos Macedo (2018).

Figura 7 – Máquina de Injeção de Plástico



Fonte: Union (2020)

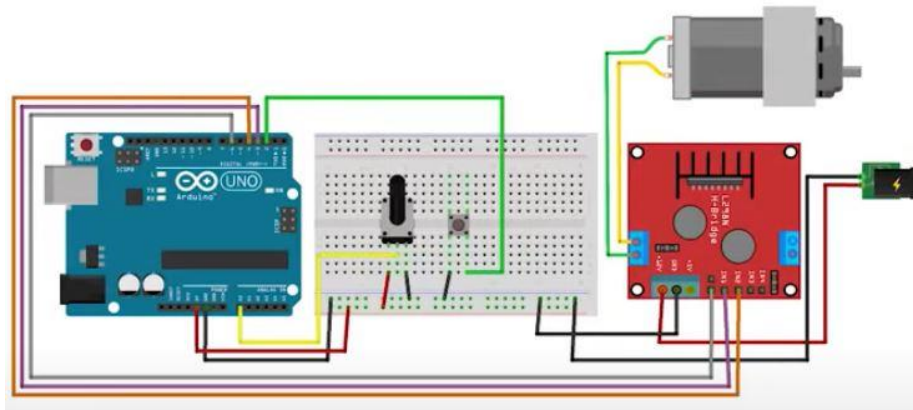
Os demais componentes que complementam na fabricação do respirador de emergência podem ser comprados já prontos, os mesmos estão discriminados na tabela a seguir.

Tabela 2 – Preços dos componentes do projeto

ITENS	UN	PREÇO (R\$)
ROLAMENTO 19mm	8	120,00
AMBU	9	1.225,00
FILTRO HMEF	9	120,00
FILTRO HEPA	9	210,00
CONECTOR Y	9	252,00
TRAQUEIA CORRUGADA	9	1.080,00
MOTOR COM CONTROLADOR	1	300,00
TOTAL	-	3.307,00

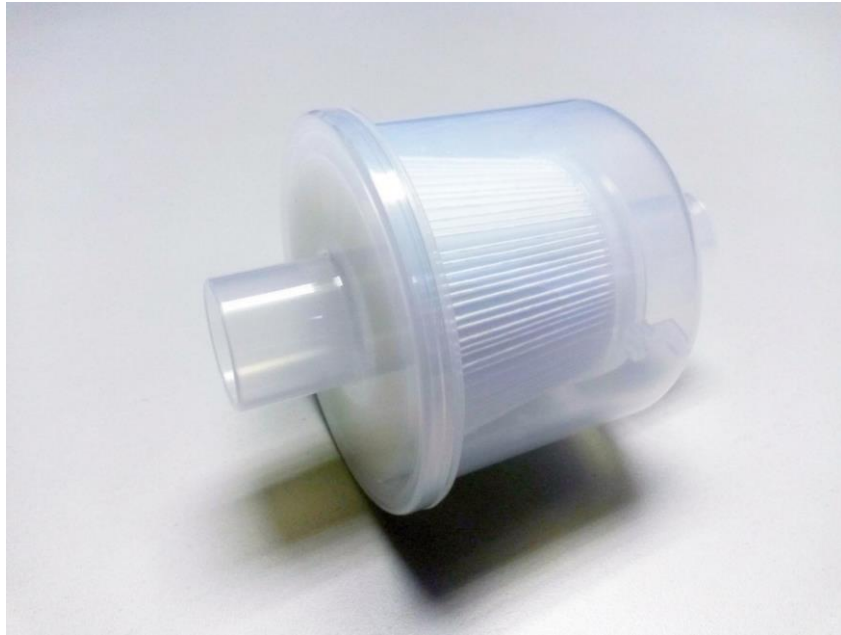
O circuito entre a alimentação, o controlador e motor que é responsável pelo funcionamento do sistema, que possibilita aumentar ou diminuir a velocidade quando desejado estão representados conforme a figura a seguir.

Figura 8 – Circuito



Fonte: Manual do Mundo (2019)

Figura 9 – Filtro Hepa



Fonte: Max Medical (2020)

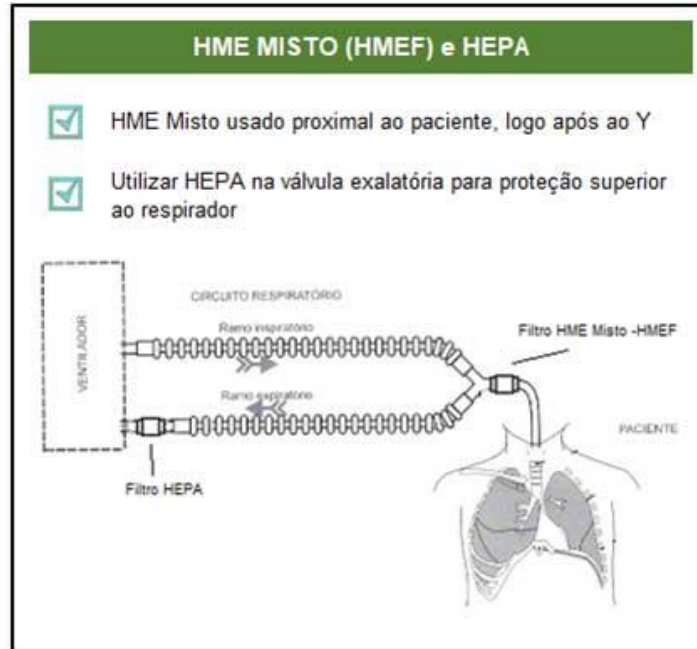
Figura 10 – Filtro HMEF



Fonte: BeCare (2020)

Os filtros HEPA e HMEF serão dispostos no sistema da seguinte forma.

Foto 11 – Filtros HMEF e HEPA.



Fonte: BeCare (2020)

Figura 12 – Visão Geral dos Casos

Paraná

Total de casos

214.210

Recuperados

-

Mortes

5.216



Brasil

Total de casos

6.166.898

+47.898

Recuperados

5.512.847

Mortes

170.799

+654



Global

Total de casos

60.420.355

Recuperados

38.717.768

Mortes

1.421.650

Fonte: Google Notícias (26 de novembro de 2020)

Figura 13 – Evolução Diária de Novos Casos

Evolução diária



Fonte: Google Notícias (26 de novembro de 2020)

Figura 14 – Evolução Diária de Mortes

Evolução diária



Fonte: Google Notícias (26 de novembro de 2020)

Gráfico 1 – Respiração Humana


Fonte: Estratégia Concursos (2020)

O valor do respirador de emergência ficará em torno de R\$4.000,00 com todos os equipamentos necessários para sua execução, valor do material a ser injetado e da mão de obra utilizada para a fabricação do mesmo.

As dimensões de cada componente que compõe o projeto do ventilador mecânico de emergência com peças feitas por injeção de Tecnil estão descritas a seguir.

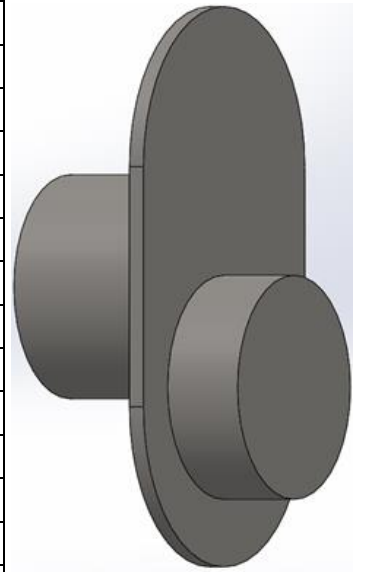
Tabela 3 – Dimensões dos componentes do projeto

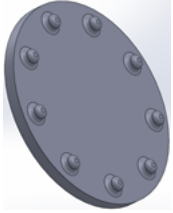
BIELA ESTÁTICA		
ALTURA	290mm	
LARGURA	35mm	
ESPESSURA	6,35mm	
DIÂMETRO INFERIOR	19mm	
DIÂMETRO DO SUPORTE	24,5mm	
COMPRIMENTO DO SUPORTE	80mm	

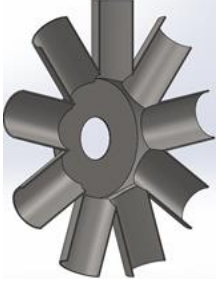
BIELA MESTRA		
---------------------	--	---

		
ALTURA	470mm	
LARGURA	35mm	
ESPESSURA	12,7mm	
DIÂMETRO INTERNO	140mm	
DIÂMETRO EXTERNO	220mm	
DIÂMETRO DO SUPORTE	25,4mm	
COMPRIMENTO DE SUPORTE	80mm	

PISTÃO		
ALTURA	85mm	
CABEÇA DO PISTÃO CONCAVA	140mm	
ESPESSURA	3mm	
DIÂMETRO	150mm	

VIRABREQUIM		
ALTURA	350mm	
LARGURA	150mm	
ESPESSURA	10mm	
DIÂMETRO	140mm /lado	
RAIO	100mm / lado	
ALTURA DEGRAL LADO MOTOR	100mm	
ALTURA DEGRAL LADO BIELA MESTRA	50mm	

FIXADOR		
DIÂMETRO	440mm	
FIXADOR DE BIELAS	25mm	

CAMISA DO PISTÃO		
DIÂMETRO GERAL	922mm	
DIÂMETRO INTERNO	140mm	
CAMISA DO PISTÃO	150mm	

4 CONCLUSÃO

Após a realização desse levantamento bibliográfico, é possível tecer algumas considerações sobre os aspectos históricos da ventilação mecânica.

Em meio a uma pandemia que o mundo se encontra o foco é a cura, por isso grande parte dos esforços é para chegar a uma vacina que combata o vírus. No entanto, não se pode esquecer que enquanto essa solução mais efetiva não chega, o equipamento mais necessário neste quadro são os respiradores mecânicos. O alto custo de produção e sua complexidade na hora de produzi-los acaba atrasando a chegada e a grande necessidade dos equipamentos nos leitos de hospitais.

Um projeto simples sem grandes complexidades, que visa ser barato e eficaz em um momento de emergência, até que seja possível a utilização de um respirador hospitalar. Com todos os sensores, e licenças expedidos pela ANVISA. Já que em um quadro onde se lida com vidas, não pode haver erros ou falhas graves à saúde do paciente, e sim uma maneira de ajudar o infectado a se manter vivo e com sua saúde em bom estado.

O valor do projeto, ficou acima do valor inicial pensado, mas mesmo com esse custo acima o pandemic ventilator projetado é cerca de 10% do valor de um respirador hospitalar, sendo que o mesmo possibilita nove pacientes utilizarem. O valor sendo dividido por paciente chega a 1,2% de um respirador hospitalar. O que abre a possibilidade de ser utilizado em casos mais simples onde o paciente precisa de um respirador, mas sua saúde não está tão debilitada ou até mesmo em casos extremos onde o paciente precisa da ventilação mecânica, mas não tem previsão de conseguir um leito com um respirador hospitalar, assim os médicos optando pela tentativa de utilizar e ter sucesso na utilização de um ventilador de emergência.

Assim, percebe-se que o conhecimento sobre a ventilação mecânica vem aumentando progressivamente nos últimos anos. Todavia, muitos desafios ainda precisam ser superados, relacionados principalmente, a redução das complicações resultantes da utilização da ventilação artificial, e a padronização no desmame da ventilação mecânica baseando-se em evidências científicas. Desta forma, será possível prestar uma assistência de maior qualidade e com custos mais acessíveis aos pacientes.

REFERÊNCIAS

ALJAZEERA. **Ventilators explained: Key device in fight against coronavirus**. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/news/2020/03/ventilators-explained-key-device-fight-coronavirus-200329065155185.html>. Acesso em: 2 jul. 2020.

ANDRADE, G. R. **Desmame da ventilação mecânica**: revisão da literatura. Curso de Especialização em Enfermagem Intensiva de Alta Complexidade, Universidade Gama Filho, São Paulo, 2011.

BASSANI, A.; PESSAN, L. A.; HAGE JR., E.: **Propriedades Mecânicas de Blendas de Nylon-6/ Acrilonitrila-EPDM-Estireno (AES) Compatibilizadas com Copolímero Acrílico Reativo (MMA-MA)**. *Polímeros: ciência e tecnologia*, vol. 12.2002.

BECARE. **Filtro respiratório, qual usar? HME ou HEPA**. Disponível em: <https://becaremat.com.br/filtro-respiratorio-qual-usar-hme-hepa/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BHATRAJU, P. K. *et al.* Covid-19 in Critically Ill Patients in the Seattle Region - Case Series. **The New England Journal of Medicine**, Massachusetts, v. 1, n. 1, p. 2012-2022, fev./2020. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2004500>. Acesso em: 28 jun. 2020.

BRAIN, MARSHALL. **Como funcionam os motores radiais**. Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/motores-radiais3.htm>. Acesso em: 15 out. 2020.

CADASTRO NACIONAL DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE. **Secretária de Atenção à Saúde**. Disponível em: http://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp?VEstado=00. Acesso em: 28 jun. 2020.

CO, M. C. *et al.* Airframe e Powerplant MECHANICS: GENERAL HANDBOOK. **U.S. DEPARTAMENT OF TRANSPORTATION**, Washington DC, v. 1, n. 1, p. 1-521, jan./1970. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_65-9A.pdf. Acesso em: 28 jun. 2020.

CONTANT, S.; LONA, L. M. F: **Predição do comportamento térmico de tubos compósitos através de redes neurais**. Polimeros: Ciência e tecnologia, vol. 14, nº5, 2004.

DASGUPTA, S.; HAMMOND, W.B.; GODDARD, W. A.: Crystal structures and properties of nylon polymers from theory. Journal of American Chemical Society, 1996.

DREYER, E.; ZUNIGÃ, Q. G. P. Ventilação mecânica. In: CINTRA, E. A.; NISHIDE, V. M.; NUNES, W. A. **Assistência de enfermagem ao paciente gravemente enfermo**. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2010. p. 351 – 366.

GOLDMAN L., AUSIELLO D. **Abordagem do paciente com sinais vitais anormais**. Schringer DL. *Cecil Textbook of Medicine*. 23ª ed. Filadélfia, Pa: Saunders Elsevier; 2007: cap 7.

GOOGLE NOTÍCIAS. **Coronavírus (COVID-19)**. Disponível em: <https://news.google.com/covid19/map?hl=pt-BR&gl=BR&ceid=BR%3Apt-419>. Acesso em: 8 out. 2020.

LUCINIO, N. M.; PAGANO, C.; FRANCO, S. A. O. Ventilação mecânica invasiva. In: KNOBEL, E.; LASELVA, C. R.; MOURA JÚNIOR, D. F. **Terapia Intensiva: enfermagem**. São Paulo: Editora Atheneu, 2006. p. 131 – 143.

MCROBERTS, Michael; **Arduino: Básico**. 2. Ed. São Paulo: novatec 2015. P. 6-8.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Ministério da Saúde adquire 6,5 mil respiradores fabricados no Brasil**. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46689-ministerio-da-saude-adquire-6-5-mil-respiradores-fabricados-no-brasil-5>. Acesso em: 12 jul. 2020.

NAMIHIRA, Eder Masahiko, **Projeto mecânico de um redutor de engrenagens sem-fim numa esteira transportadora inclinada. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá: UEP, 2014**. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/124320/000805673.pdf?sequence=1>
Acesso em: 15 out. de 2020.

PÁDUA, A. I.; MARTINEZ, J. A. B. Modos de assistência ventilatória. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 34, n. 2, p. 133-142, abr/jun. 2001. Disponível em: < http://www.fmrp.usp.br/revista/artigos_2001.htm#vol34n2. Acesso em: 08 out. 2020.

POGGIALI, F. S. J. **Durabilidade de estruturas de concreto em usinas siderúrgicas.** Monografia (Aperfeiçoamento / Especialização), Especialização em Construção Civil – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, J. V. S. **Estudo da potencialidade de incorporação de resíduo de Tecnil como adição em concretos de cimento Portland.** 2017. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Pau dos Ferros, 2017.

TELECURSO 2000 PROFISSIONALIZANTE. **Mecânica: Processos de Fabricação.** São Paulo. 1997. 159p.

THE GUARDIAN. **How ventilators work and why they are so important in saving people with coronavirus.** Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/27/how-ventilators-work-and-why-they-are-so-important-in-saving-people-with-coronavirus>. Acesso em: 2 jul. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Q&A: Influenza and COVID-19 - similarities and differences.** Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-similarities-and-differences-covid-19-and-influenza#>. Acesso em: 12 jul. 2020.