

Projeto Ventilador Pulmonar

Instituto Alberto Luiz Coimbra - COPPE/UFRJ
Com colaboração do
Faculdade de Medicina / UFRJ
Hospital Universitário Clementino Fraga Filho / UFRJ
Instituto Nacional de Tecnologia

Equipe do Projeto

- Luciano Menegaldo
Coordenador do Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ
- Antonio Gianella Neto
Professor Aposentado Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ
- Jurandir Nadal
Professor Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ
- Alexandre Visitaner Pino
Professor Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ
- Frederico Caetano Jandre de Assis Tavares
Professor Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ
- Gabriel Casulari da Motta Ribeiro
Pós-Doutor PEB-COPPE/UFRJ e Prof. Substituto IBCCF/UFRJ
- José Luis Silveira
Professor Programa de Engenharia Mecânica – COPPE/UFRJ
- Diamantino Salgado
Chefe do CTI do HUCFF/UFRJ
- Fernando Silva Guimarães
Professor Associado da Faculdade de Medicina/UFRJ
- Rafael Galliez
Professor Adjunto - Faculdade de Medicina/UFRJ
- Fernanda Carvalho de Queiroz Mello
Professora Diretora IDT
- Jorge Lopes
Tecnologista Sênior - Instituto Nacional de Tecnologia
- Rosana Lopes Cardoso
Diretora Adjunta da Divisão Médica do HUCFF/UFRJ
- Edson H. Watanabe
Professor Programa de Engenharia Elétrica – COPPE/UFRJ
- Romildo Dias Toledo Filho
Diretor da COPPE/UFRJ

Projeto Ventilador Pulmonar

Em face da possível urgência em oferecer dispositivos de assistência ventilatória que possam ser produzidos em massa, apresentamos nossa proposta em domínio público:

A Figura 1 é um dos esquemas das montagens em testes iniciais. Constituintes são um gerador de CPAP de Boussignac (Vygon, França), uma válvula de PEEP (tipo *spring load*), paciente – representado pelo modelo mecânico do sistema respiratório TTL (Michigan Instruments, EUA) – conectado ao sistema por um filtro HME, válvula de agulha para ajuste do fluxo de gás que suprirá o CPAP de Boussignac na fase inspiratória, válvula solenoide (tudo-ou-nada, normalmente fechada) que será acionada por micro controlador programado a estabelecer a frequência respiratória e a razão TI:TE (razão entre tempo inspiratório e tempo expiratório – *duty cycle* da onda).

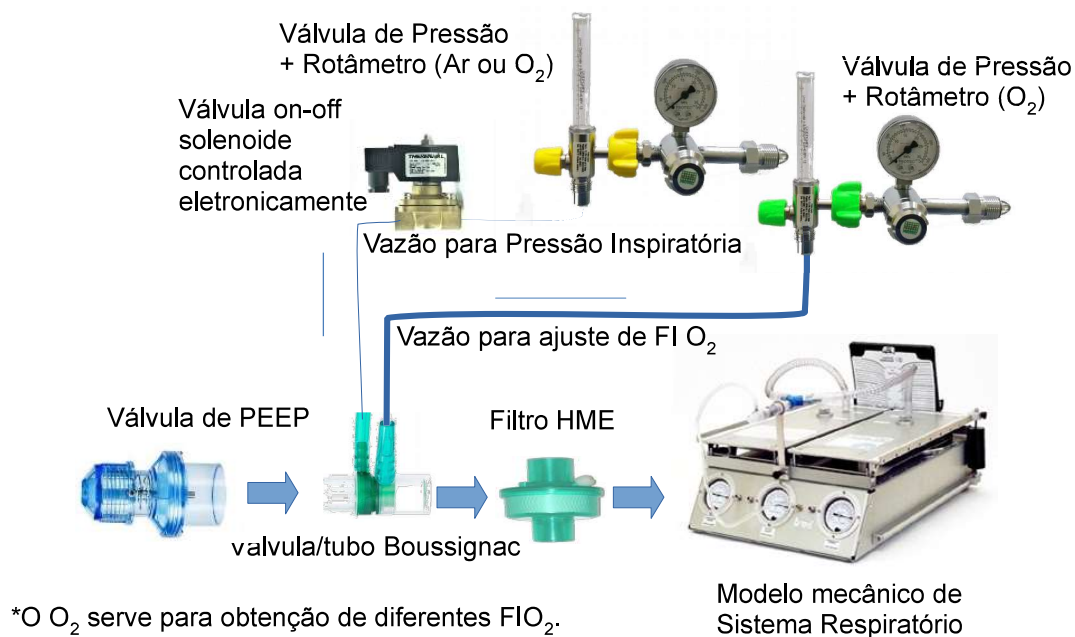


Figura 1.

A Figura 2 mostra o esquema de uso tradicional da válvula/tubo Boussignac com indicação de vazões comumente empregadas para CPAP (uso para o qual a válvula foi desenhada).

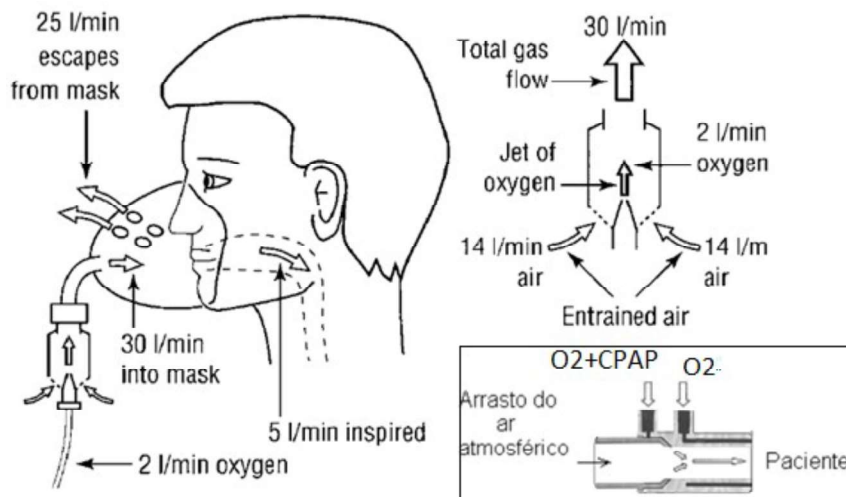


Figura 2

Testes iniciais foram realizados com o paciente simulado pelo TTL, com resistência parabólica nº 20 e complacência nominal de 0,05 L/cmH₂O (resultados semelhantes foram encontrados para modelo com resistência de 10 cmH₂O/L/s e complacência de 0,04 L/cmH₂O conforme sugerido na literatura para modelo deste tipo de lesão – ARDS). Os sinais foram medidos na entrada de vias aéreas do paciente simulado. Os níveis de PEEP obtidos com essa montagem cobrem uma faixa do histograma apresentado em [https://www.esicm.org/blog/?p=2628]. O volume corrente (respirado a cada ciclo respiratório) ficou em torno de 500 mL, pois a excursão de pressão escolhida foi em torno de 10 cmH₂O (neste modo ventilatório o volume é uma consequência das características mecânicas do sistema respiratório e da excursão de pressão escolhida, mas protege o pulmão contra pressões excessivas que podem agravar a lesão pulmonar). O sinal de vazão (chamado de fluxo na área médica) – com formato típico do modo PCV (ventilação com controle de pressão) – e o sinal de pressão na entrada das vias aéreas (boca) são apresentados na Figura 3 (as unidades são L/s e cmH₂O respectivamente). Nos ensaios, o chaveamento do solenoide foi manual, portanto a frequência respiratória não permaneceu constante.

A excursão do sinal é regulada pelo fluxo que passa pela válvula pneumática.

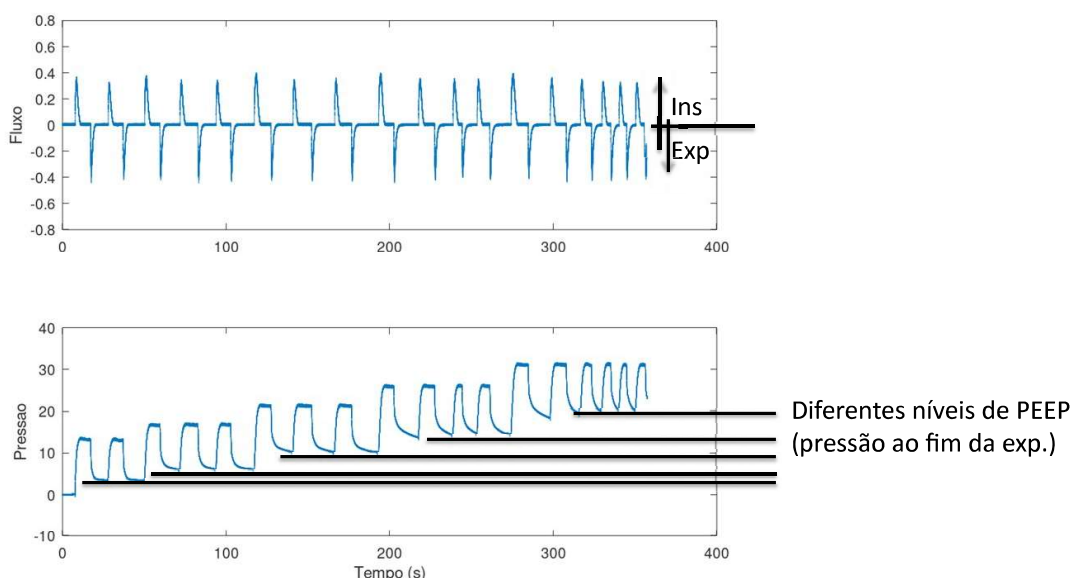


Figura 3.

Outras montagens são possíveis, por exemplo, dispensando a válvula de PEEP e acrescentando um ramo em paralelo ao ramo do solenoide (Figura 4). Este ramo adicional teria um fluxo contínuo e regulado para oferecer a PEEP desejada (via tubo Boussignac). O inconveniente é o aumento da demanda de O₂. O uso da válvula de PEEP, apesar de reduzir o consumo de gases pode impedir uma inspiração espontânea do paciente o que poderia ser contornado com válvulas unidirecionais. A pressão no CPAP de Boussignac também pode ser gerada por ar comprimido, acrescentando O₂ no gás inspirado por arrasto de um fluxo contínuo na entrada de O₂ suplementar. Os níveis de concentração inspirada de O₂ (F_IO₂) que podem ser atingidos ainda não foram testados nesta montagem.

Os registros e o rotâmetro poderiam ser substituídos por uma única válvula de agulha, além de algumas outras combinações de ligação de ar ou O₂ e até mesmo da válvula de PEEP que poderia ser feita com selo de água. A fonte de pressão é comum nos hospitais, mas o

consumo excessivo de gás pode inviabilizar o uso de muitos destes respiradores devido à demanda e carga gerada. Alternativas poderiam usar motores como os de sopradores e secadores de cabelo, mas a pressão deve chegar pelo menos aos 40 cmH₂O e o controle do sistema fica mais complexo. O uso de foles ou outras válvulas solenoides podem ser pensados, mas acredito que isso complique o projeto apesar dele ficar mais versátil. O acionamento da válvula solenoide também poderia ser feito por circuitos osciladores mais simples como aqueles comumente produzidos pelo circuito integrado temporizador 555 (componentes mais comuns e circuito mais simples). Frequências da ordem de 10 ciclos por minuto e razão TI:TE da ordem de 1:2 ou 1:1 são comuns. Caso seja desejado é possível usar um medidor de coluna d'água ou deixar uma entrada para medidas esporádicas com manômetros. O uso de micro controlador, por outro lado, poderia permitir a monitoração das pressões e outros sinais com relativa facilidade, desde que disponíveis os transdutores apropriados. A relação custo-benefício e dificuldade de obtenção das peças devem ser levadas em conta.

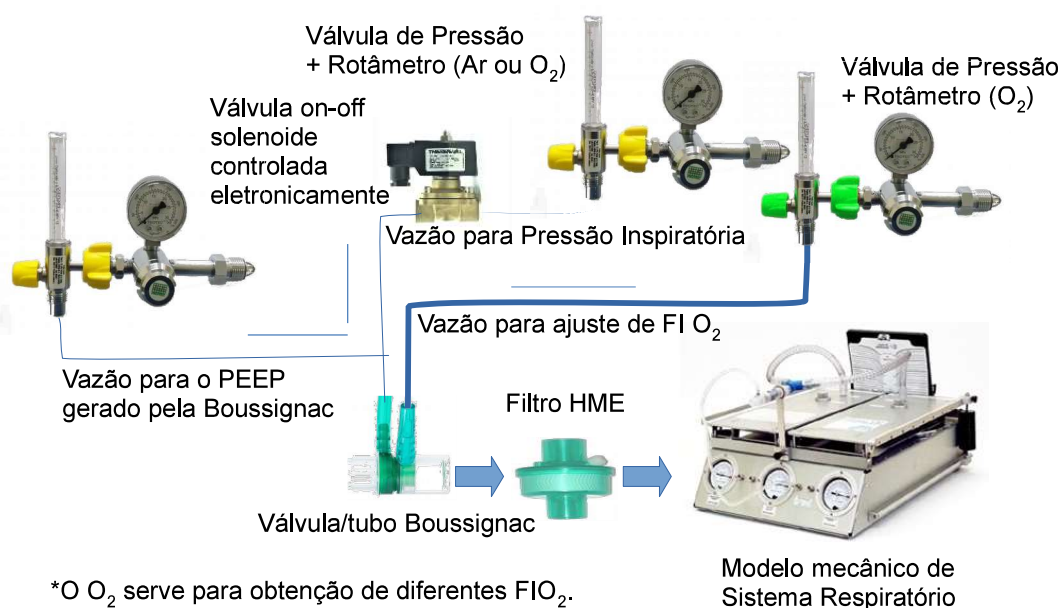


Figura 4

A conexão ao paciente pode ser feita com máscaras não invasivas (apresentam problemas de vazamento e podem contaminar o ambiente), capacetes, ou tubo endotraqueal. O uso capacetes não é comum e, caso adotado, é necessário definir como fabricá-lo.

Os principais gargalos para a fabricação em massa dessa montagem são: tubo de Boussignac, válvula solenoide, válvula de PEEP e conexões com dimensões e pesos reduzidos. Qualquer solução, até mesmo para o controle da válvula solenoide deve avaliar a facilidade de produção descentralizada ou de distribuição.

Além dos dispositivos presentes nas montagens apresentadas, é fundamental a existência de uma válvula de segurança de pressão (pop off – como aquelas que existem em panela de pressão, por exemplo). Também deve existir um modo de impedir que a conexão à atmosfera seja bloqueada, sob o risco de aumento substancial da pressão interna.

Aguardamos as críticas e sugestões.

Contatos: pino@peb.ufrj.br (Alexandre V. Pino), agn@peb.ufrj.br (Antonio Giannella Neto), gabrielcasulari@peb.ufrj.br (Gabriel Casulari M. R.) e jandre@peb.ufrj.br (Frederico C. Jandre A. T.)