

Carta Fina/GEPRO nº 0241/2021

Brasília, 22 de julho de 2021.

A Sua Senhoria a Senhora  
Vanessa Fernandes dos Santos  
Coordenadoria de Acompanhamento e Avaliação  
Superintendência Científica, Tecnológica e de Inovação – SUCTI  
Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal  
Granja do Torto, Lote 4, Parque Tecnológico Biotic, 3ª andar.  
Brasília-DF – CEP: 70.297-400

**Assunto:** Encaminhamento Prestação de Contas Final  
**Ref.:** Finatec 6920 - Processo nº 00193-00000515/2020-13

Senhora Vanessa,

Em conformidade com as determinações do Termo de Outorga nº 00193-00000515/2020-13, Celebrado entre a Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos – FINATEC, Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito federal – FAPDF, com vista ao apoio administrativo e financeiro às atividades do projeto intitulado "EIXO1 - Implementação de Acessórios para Ventilação Múltipla", sob a coordenação técnica do Prof. Marcelino Monteiro de Andrade, encaminhamos para avaliação dessa Fundação a Prestação de Contas Final, relativa ao período de 05.08.2020 à 06.07.2021.

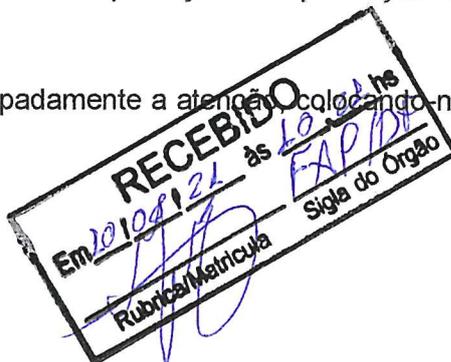
*Certos que cumprimos com as obrigações previstas no referido Termo de Outorga, solicitamos que quando da aprovação da prestação supracitada sejamos comunicados oficialmente.*

No mais, agradecemos antecipadamente a atenção, colocando-nos à disposição para os esclarecimentos necessários.

Atenciosamente,



Luiza Lavocat Galvão de Almeida Coelho  
Gerente de Projetos



# Relatório Final

EDITAL / CONVÊNIO	Convênio 03/2020		
Termo de Outorga nº	00193-00000515/2020-13	Número do Processo	00193-00000515/2020-13
Nome do Outorgado	Marcelino Monteiro de Andrade		
Título do Projeto	Implementação de Acessórios para Ventilação Múltipla		
Instituição Executora	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos - FINATEC		
Instituição Gestora	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos - FINATEC		
Área de Conhecimento	Engenharia Biomédica		
Tema/linha temática	Instrumentação Biomédica		
Valor Financiado	R\$ 17.700,00		
Prazo de vigência	05/08/2020 à 06/07/2021		

## Resumo

Em cenários de elevada ameaça a vida humana alternativas não convencionais devem ser investigadas para contrapor as incertezas. Nesse sentido, o projeto é justificado ao objetivar uma frente de investigação científica para avaliar a viabilidade de duplicação da capacidade de um ventilador pulmonar convencional. Os resultados coletados ampliaram a capacidade e percepção da equipe do projeto, na medida que indicaram que os desafios para uma solução segura são elevados. Nesse sentido, sem um controle adicional robusto e eletrônico, com sensoriamento adequado é pouco provável que uma duplicação de circuitos ventilatórios apresente o sucesso esperado na aplicação. Concluindo, os ensaios e seus resultados analisados indicam que um aprendizado na equipe foi internalizado, que será compartilhado no ensino, pesquisa e extensão. Contudo, para a devida aplicação da solução uma continuidade do projeto se torna necessária.

## Palavras-Chave

Ventilação mecânica, insuficiência respiratória, instrumentação eletromecânica

## Síntese para Publicação

Concepção, caracterização e avaliação funcional de um dispositivo tecnológico, que sendo aplicado em ventiladores mecânicos pulmonares, possibilite a assistência ventilatória mecânica a mais de um paciente, dobrando a capacidade de ventilação mecânica em unidades de assistência à saúde.

## **1. DESCRIÇÃO DO PROJETO**

### **1.1. Introdução**

O projeto corresponde à concepção, caracterização e avaliação funcional de um dispositivo tecnológico, que sendo aplicado em ventiladores mecânicos pulmonares, possibilite a assistência ventilatória mecânica a mais de um paciente. Essa solução é referenciada em alguns trabalhos acadêmicos, sendo seu uso adotado na Itália e Nova York, devido à ausência de outros recursos efetivo provocado pela ausência de ventiladores em decorrência da COVID-19. Obviamente, é uma alternativa extrema à convencional, que somente deve ser usada em casos de catástrofes combinado com a ausência de ventiladores em número suficiente. Nesse contexto de sobrecarga do sistema de saúde, o paciente não teria uma alternativa viável para sua sustentação vital ventilatória. Assim, o projeto não busca aplicar alterações no equipamento eletromecânico de ventilação mecânica, sendo totalmente direcionado à concepção de circuitos ventilatórios, ramos expiratório e inspiratório, combinado com um conjunto de válvulas e filtros para manter o funcionamento em limiares de risco mínimo às possíveis lesões pulmonares induzida pelo ventilador mecânico. O ventilador deve manter os modos e parâmetros ventilatórios previamente programados, e as válvulas e dispositivos dos circuitos ventilatórios garantir uma individualização de acordo com a demanda da impedância do sistema respiratório e clínica de cada paciente. Apesar que a ventilação mecânica ser conduzida de forma individualizada para garantir o melhor resultado e minimizar os efeitos deletérios, principalmente a lesão induzida pela ventilação mecânica. No último ano o mundo enfrentou a pandemia que infelizmente em alguns países muitos indivíduos morreram por falta de leito e/ou assistência ventilatória, por ausência de ventilador mecânico. Neste sentido, baseado em experiências passadas e as evidências científicas da ventilação múltipla, o presente projeto foi conduzido para minimizar a mortalidade por falta de assistência ventilatória.

### **1.2. Objetivos Propostos**

Objetivo desenvolver dispositivo, a partir de acessórios que acoplado a um ventilador mecânico pulmonar para promover a ventilação mecânica para 2 (duas) pessoas simultaneamente, com requisitos clínicos seguros.

### **1.3. Objetivos Alcançados**

**1.3.1. Na sua avaliação, o(s) objetivo(s) da pesquisa foram atingidos?**

Os objetivos do projeto foram parcialmente atingidos, na medida que os resultados experimentais foram limitados ao ambiente laboratorial de pesquisa e com a solução estritamente mecânica.

#### 1.4. Equipe de execução

Membros	Instituição	Participação
Marcelino Monteiro de Andrade	Faculdade do Gama	Coordenador
Sergio Ricardo Menezes Mateus	Faculdade da Ceilândia	Pesquisador - Clínico
José Felício da Silva	Faculdade do Gama	Pesquisador - Instrumentação
Luiz Rocaratti	Instituto de Física	Pesquisador - Instrumentação
Amilton dos Reis Capristano	-	Engenheiro - Instrumentação

## 2. ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO

O projeto foi apresentado com 6 (seis) etapas de execução, sendo que 3 (três) foram executadas (montagem e teste do circuito respiratório, montagem e teste do sistema de instrumentação e teste e validação em bancada), uma encontra-se em desenvolvimento (artigo Científico) e duas foram eliminadas (Coleta dos sinais de CO<sub>2</sub> e da Fração inspirada de O<sub>2</sub> – FIO<sub>2</sub> e Avaliação em situações real em UTI).

As atividades não realizadas são justificadas por dois aspectos principais, os valores dos componentes envolvidos que sofreram ajustes e tornaram o orçamento impraticável (coleta dos sinais de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) e os atrasos nas aquisições dos componentes que inviabilizaram a realização (avaliação em situações real em UTI), sendo necessário o ajuste nas etapas de execução. Os ensaios realizados são apresentados nos cenários abaixo, sendo os mesmos realizados no Laboratório de Física da Universidade de Brasília e conduzidos pelo Professor Luiz Roncaratti.

**CENÁRIO 1:** Neste cenário foram ligados dois circuitos em paralelo com dois pulmões de teste, sendo um com simulador. Nas extremidades para identificar o comportamento do ventilador pulmonar em relação ao desempenho frente aos dois pacientes simulados com a utilização dos pulmões de teste. Neste cenário não foi implementado nenhum recurso adicional uma vez que seria apenas para verificar se o ventilador conseguiria promover a ventilação. Foi concluído que é possível manter a ventilação pulmonar em dois pacientes

distintos simultaneamente. Não foi analisado neste cenário o impacto e/ou riscos futuros provenientes deste tipo de uso do ventilador pulmonar.

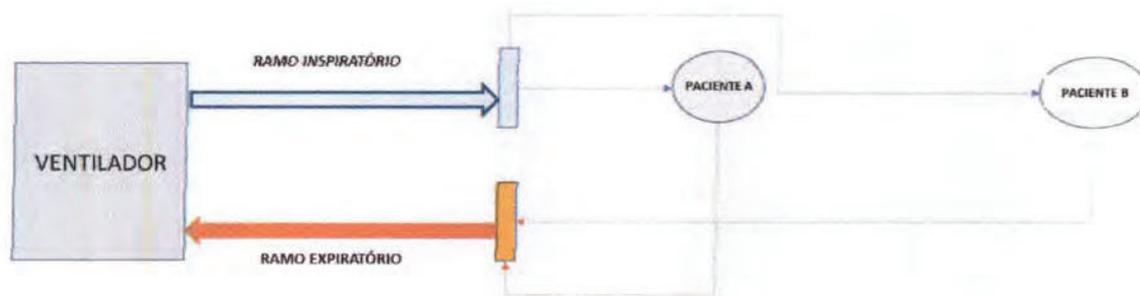


Figura 1: Primeiro do Cenário

**CENÁRIO 2:** Aqui será apresentado a montagem do circuito com a utilização de duas válvulas limitadoras de pressão nos ramos inspiratórios e duas válvulas unidirecionais nos ramos expiratórios. As válvulas limitadoras de pressão têm o objetivo de limitar a pressão inspiratória de forma independente para cada paciente. As válvulas utilizadas não possuem graduação e isto é um fator limitante uma vez que não há como medir com exatidão em quanto está sendo limitada a pressão inspiratória no paciente. As válvulas unidirecionais foram utilizadas com o intuito de evitar que o ar proveniente de um paciente retorne no ramo expiratório do outro paciente. Também foi sugerido a utilização de mais duas válvulas unidirecionais nos ramos inspiratórios para evitar que o volume de gás direcionado para um paciente sofra alterações ou retorne para o outro paciente em caso de variação de resistência das vias aéreas, complacência ou variação de pressão. Não foi testado o cenário com as válvulas unidirecionais nos ramos inspiratórios porque não havia válvulas disponíveis.

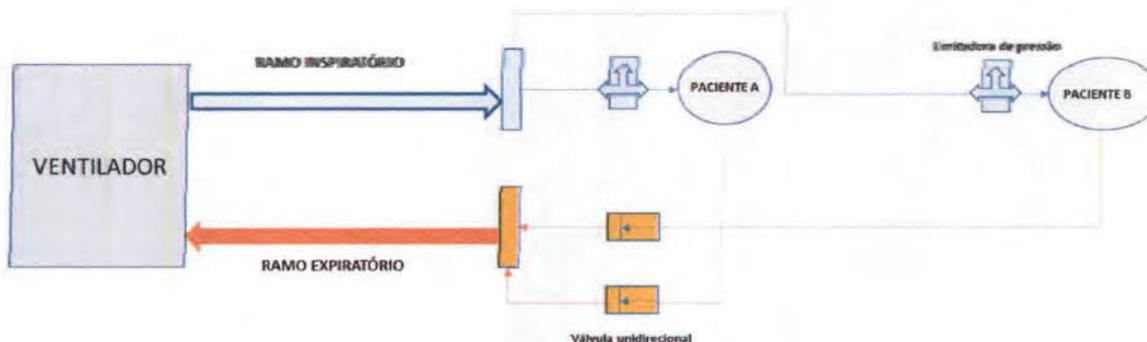


Figura 2: Segundo do Cenário

Neste cenário foi realizada a variação das resistências respiratórias dos pacientes

individualmente e a resistência pulmonar de um dos pulmões que permitia este ajuste. Foi ligado no paciente A o controle eletrônico do aparelho, ou seja, sensor de fluxo e pressão. O paciente B foi ligado em paralelo, porém sem nenhum tipo de controle do ventilador mecânico pulmonar. Quando variou a resistência do paciente B o ventilador fez o controle e não apresentou nenhuma variação em relação ao paciente A. Também foi observado variação no volume de um dos pacientes em relação ao outro sem que o ventilador pulmonar indicasse qualquer tipo de alarme ou falha. Isto ocorreu porque a eletrônica do equipamento estava monitorizando o paciente A e o equipamento entendia o paciente B como um volume morto ou inexistente.

### **3. RESULTADOS ALCANÇADOS NO PERÍODO**

Avaliando os resultados dos experimentos, em especial no cenário 2, em uma situação real isto poderia levar o paciente B a hipoventilação ou apneia com consequência de parada cardiorrespiratória ou alteração da mecânica respiratória sem que o equipamento detectasse qualquer tipo de alarme ou falha. Quando foi feita a variação da resistência no simulador A estando o mesmo com a monitorização do ventilador pulmonar acoplada a este simulador observou que foi realizada a correção pelo ventilador apresentando alarmes e correções de fluxos e limites de pressões, porém o simulador B recebeu um volume a mais sem qualquer tipo de controle o que poderia em uma situação real levar o paciente a uma *condição de barotrauma causado pelo excesso de pressão ou um volutrauma causado por um excesso de volume*. Em se tratando destas condições poderia causar lesão induzida pelo ventilador e até a outras complicações graves que não serão citadas neste momento devido as limitações dos estudos realizados no momento. Com isso conclui-se que o *risco de ventilar dois pacientes simultaneamente sem um tipo de controle independente se torna inviável inclusive com o risco de óbito de ambos sendo observado uma relação direta nas variações de volumes e pressões de vias aéreas quando os dois ou um dos pacientes apresentarem evoluções das disfunções respiratórias como por exemplo aumento da resistência das vias aéreas, redução de complacência ou outras condições clínicas que poderiam contribuir para a evolução do quadro do paciente*. Acreditamos que é necessário prosseguir nos estudos e testes para identificar uma forma de minimizar os riscos potenciais e tornar esta condição mais estável e com prevenção da lesão induzida pelo ventilador. Na *sequência são apresentadas as montagens físicas realizadas*.



*Fig1. Equipamentos utilizados. Da esquerda para direita, simulador pulmonar, ventilador mecânico portátil, ventilador hospitalar e cilindros de gases.*



*Fig2. Circuito pulmonar bifurcações, montado no ventilador hospitalar.*



*Fig3. Detalhes do circuito bifurcado montado no ventilador pulmonar.*

**3.1. Houve resultados de melhoria da infra-estrutura, ou seja, melhorias nas instalações físicas da sua instituição, tais como, laboratórios, equipamentos, etc?**

SIM  NÃO

**Descrever**

Os materiais de consumo adquiridos no projeto foram integralizados em laboratório de pesquisa para novas avaliações do presente projeto e outros relacionados. A aquisição de itens tais como placa de aquisição e processamento da National, cilindro e suporte para cilindro de O2, enriquece a parte infraestrutura do grupo.

**3.2. Gerou publicações técnico-científicas?**

SIM  NÃO

**Descrever**

Os experimentos de coletas baseados em protocolo experimental somente foram realizados nos meses de fevereiro e março de 2021, estando o material em análise para futura publicação em evento científico.

**3.3. Realizou serviços especializados para a comunidade?**

SIM  NÃO

**3.4. Houve capacitação de recursos humanos?**

SIM  NÃO

**Descrever**

A capacitação é limitada à própria equipe executora do projeto que adquiriram novas percepções e avaliação das limitações envolvidas a partir dos experimentos realizados

**3.5. Houve difusão e divulgação da Tecnologia/Informação pesquisada?**

SIM  NÃO

**Descrever**

Entrevista com a equipe de divulgação do Finatec foi realizada, com a gravação de um vídeo de esclarecimentos e apresentação do projeto à comunidade em geral.

#### 4. INDICADORES DE PRODUÇÃO

4.1. Produção Bibliográfica	QUANTIDADE	
	NACIONAL	INTERNACIONAL
<i>Em Construção</i>		

#### 5. PARCERIAS INSTITUCIONAIS

A parceria envolve três dos quatro campus da Universidade de Brasília (Darcy, Ceilândia e Gama), a FAP-DF (Fundação de Apoio à Pesquisa do DF) e a Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec).

#### 6. DIFICULDADES ENCONTRADAS E SUGESTÕES

As dificuldades apresentadas se concentraram principalmente nos prazos para o repasse de recursos e na aquisição dos materiais para o projeto, conforme relatos constantes nos relatórios de acompanhamento.

O projeto teve uma aprovação preliminar em abril/20, sendo que somente em janeiro/21 as aquisições mínimas foram realizadas para a realização dos primeiros experimentos. Salientando que os experimentos foram realizados prontamente, contudo, já em fase de prorrogação do projeto.

Essas incertezas comprometeram o fluxo de trabalho, já que a manutenção da mobilidade da equipe e sua disponibilidade se torna mais desafiadora, considerando que a distribuição das etapas e atividades passam a ser executadas em datas distantes do planejamento inicial.

#### 7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O entendimento da equipe é de um trabalho que poderá ter desdobramentos, com novas realizações e orientações. Nesse sentido, é importante a alocação de equipe de pesquisadores alunos, em graduação (iniciação científica) e pós-graduação para o devido suporte de desenvolvimento. Os resultados indicaram que a proposta é mais desafiadora que inicialmente observada por hipótese, sendo de fundamental necessidade um aprofundamento de desenvolvimento de dispositivos específicos de controle para a sua

viabilidade. E como entregável imediato temos uma maior compreensão do problema de pesquisa e a perspectiva da redação de um trabalho em evento científico.

## 8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA *(O preenchimento deste campo é obrigatório)*

- Greg Neyman, Charlene Babcock Irvin, A Single Ventilator for Multiple Simulated Patients to Meet Disaster Surge, 2006 Society Academic Emergency Medicine.
- Lorenzo Paladino, Mark Silverberg, Jean G. Charchaflihb, Julie K. Eason, Brian J. Wright, Nicholas Palamidessi, Bonnie Arquilla, Richard Sinert, Seth Manoach. Increasing ventilator surge capacity in disasters: Ventilation of four adult-human-sized sheep on a single ventilator with a modified circuit. 2008, Resuscitation n°77, pg 121-126
- Smith, R. Brown, J.M.; Simultaneous ventilation of two healthy subjects with a single ventilator. Letter to Editor, 2009, Resuscitation n°80, PG. 1087.
- Richard D Branson, Thomas C Blakeman, Bryce RH Robinson, Jay A Johannigman Use of a Single Ventilator to Support 4 Patients: Laboratory Evaluation of a Limited Concept 2012, Respiratory Care Vol 5 N°3
- Lugones, I. Orofino R., et all. A New Medical Device to Provide Independent Ventilation to Two Subjects Using a Single Ventilator: Evaluation in Lung-Healthy Pigs. Anesthesiology Research and Practice Volume 2020, Article ID 8866806,
- Matthew A. Levin, M.D., Anjan Shah, M.D., Ronak Shah, M.D., et all. Differential Ventilation Using Flow Control Valves as a Potential Bridge to Full Ventilatory Support during the COVID-19 Crisis - From Bench to Bedside. Anesthesiology 2020; XXX:00–00.
- Grant H. Chen<sup>1</sup>, Samuel Hellman<sup>2</sup> et all. Regulating inspiratory pressure to individualise tidal volumes in a simulated two-patient, one-ventilator system. *British Journal of Anaesthesia*. 2020. doi: 10.1016/j.bja.2020.07.014

## 9. INFORMAÇÕES E AVALIAÇÃO GERAL

### 9.1. O resultado do projeto terá inovação tecnológica?

( ) SIM ( x ) NÃO

#### **Qual inovação?** *(O preenchimento deste campo é obrigatório)*

A continuação deste trabalho poderá contribuir de maneira significativa com a inovação na linha voltada para a ventilação de pacientes seja não invasiva ou invasiva.

A inovação trará principalmente ganhos para a sociedade principalmente em regiões *distantes de grandes centros permitindo assim, que em caso desastres haja o atendimento imediato de pacientes usando a tecnologia desenvolvida, bem como em novos episódios de pandemia onde o sistema de saúde não esteja preparado para uma grande demanda de assistência ventilatória.*

**9.2. O resultado do projeto (tecnologia gerada) poderá ser repassado a terceiros?**

( ) SIM ( x ) NÃO

**De que forma?**

No momento não existe tecnologia gerada. Contudo, com uma possível continuidade um controlador eletrônico, com o objetivo de manter os parâmetros de ventilação seguros para os pacientes ventilados, pode ser desenvolvido e repassado para terceiro.

**9.3. O resultado do projeto será passível de proteção (patentes, cultivares, direitos autorais, softwares e outros)?**

( ) SIM ( x ) NÃO

**O que pode ser protegido?**

No momento não existe tecnologia patenteável. Contudo, com uma possível continuidade um controlador eletrônico, com o objetivo de manter os parâmetros de ventilação seguros para os pacientes ventilados, possui potencial de patente.

**9.4. Há relação da pesquisa com atividades de ensino e de extensão na sua instituição (Indissociabilidade Ensino, Pesquisa e Extensão Universitária)?**

( x ) SIM ( ) NÃO

**De que forma?**

Em fluente a relação entre pesquisa, ensino e extensão e os conhecimento adquiridos na presente pesquisa serão incorporados ao ensino e extensão. Em especial, nos programas de saúde do curso de fisioterapia realizados no campus Ceilândia, na formação da comunidade interna de estudantes e suas parcerias com a comunidade de profissionais que buscam o campus para formação continuada.

**9.5. Durante a execução da pesquisa está tendo momentos de interação e integração com a sociedade civil?**

( ) SIM ( x ) NÃO

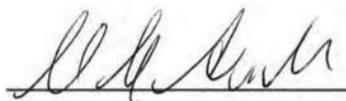
**9.6. Qual o público-alvo poderá se beneficiar com os resultados da pesquisa apoiada?**

Primeiramente, os pesquisadores que trabalham com ventilação mecânica que receberão

uma melhor compreensão dos limites da implementação de dispositivos de duplicação de circuitos ventilatórios em ventiladores, por meio das contribuições do projeto. Em um segundo momento, na formação de ensino dos alunos de graduação e pós-graduação que terão suas aulas enriquecidas com novas percepções relacionada ao tema. E ocorrendo o início de um projeto com maior dimensão temporal de orientação na pós-graduação, é possível a concepção de tecnologias e sua aplicação em cenário real.

**9.7. Qual o número estimado, direta e indiretamente, de pessoas que poderão se beneficiar com os resultados da pesquisa?**

No presente momento, a pesquisa beneficia todos os alunos em formação na graduação e pós-graduação da Universidade de Brasília, em especial no campus da Ceilândia, que possuem em seus currículos a formação em ventilação mecânica. Numericamente, são turmas regulares de 60 alunos por semestre. Em um segundo momento, com a concepção do artigo científico, esse escopo se amplia na medida que a contribuição passa a envolver pesquisadores externos a UnB, com números de pessoas beneficiadas na dimensão de centenas e distribuídas em vários estados brasileiros e no exterior.

 Brasília, 09 de Agosto de 2021.  
MARCELINO ADRIANO