



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE MEDICINA CLÍNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS MÉDICAS

NATHALIA PARENTE DE SOUSA MAIA

**UMA NOVA METODOLOGIA BASEADA NA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA E
SIMULAÇÃO REALISTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES DE
VENTILADORES MECÂNICOS CENTRADO NO USUÁRIO**

FORTALEZA

2014

NATHALIA PARENTE DE SOUSA MAIA

**UMA NOVA METODOLOGIA BASEADA NA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA E
SIMULAÇÃO REALISTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES DE
VENTILADORES MECÂNICOS CENTRADO NO USUÁRIO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Ciências Médicas do Departamento de Medicina Clínica da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Médicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alcantara
Holanda

FORTALEZA

2014

NATHALIA PARENTE DE SOUSA MAIA

**UMA NOVA METODOLOGIA BASEADA NA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA E
SIMULAÇÃO REALISTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES DE
VENTILADORES MECÂNICOS CENTRADO NO USUÁRIO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Ciências Médicas do Departamento de Medicina Clínica da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Médicas.

Aprovada em: __ / __ / __

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Alcantara Holanda (Orientador)
Doutorado em Pneumologia – Unifesp

Profa. Dr. Miguel Ramalho do Souto Gonçalves
Doutorado em Bio-Medicina – Universidade do Porto

Prof. Dr. Paulo Cesar Cortez
Doutorado em Engenharia Elétrica – UFPB

Prof. Dra. Daniela Gardano Bucharles Mont´Alverne
Doutorado em Pneumologia - Unifesp

*Quanto melhor é adquirir a sabedoria do que o ouro.
E quanto mais excelente é escolher o entendimento do que a prata.*

Provérbios 16:16

It is not easy to deal scientifically with feelings.

Sigmund Freud

AGRADECIMENTOS

Toda honra e glória seja dada a Ele, que me permitiu vivenciar tudo com tamanha intensidade, cuidado e amor. Obrigada por ser sempre o meu pilar central, meu Deus.

Aos meus Pais, José Nilson de Sousa e Anísia Maria Parente de Sousa, obrigada por acreditarem em mim, pelo apoio incondicional em todos os momentos e por todo o amor. À vocês, dedico este título.

Aos meus irmãos, Virgínia Parente de Sousa e Caio Ergos Parente de Sousa, obrigada por se fazerem presentes em minha vida. Esta etapa é também de vocês.

Ao meu marido, Naésio Pereira Maia, obrigada pelo incentivo diário, paciência, zelo e amor. Juntos seremos “mestres” em tudo.

Ao professor Marcelo Alcantara Holanda, orientador, obrigada por acreditar em cada passo, pelos desafios propostos, pelos ensinamentos e reflexões sobre a vida. A pesquisa e a ciência realmente são fascinantes. A vida não para.

Aos amigos do RespLab (Renata Vasconcelos, Raquel Sales, Luiz Henrique, Liégina Marinho, Andrea Nogueira, Clarissa Bentes, Suzy Montenegro, Juliana Arcanjo), obrigada por sermos uma equipe, e pela ajuda direta e indiretamente. Esta pesquisa é de todos nós.

À empresa Intermed/Carefusion, obrigada pela oportunidade de nos tornarmos usuários de uma interface a qual deveria ser sempre explorada, a parceria científica.

Às secretárias do departamento de Ciências Médicas, Ivone Souza e Rita de Cássia, obrigada pela atenção, disponibilidade e simpatia de sempre.

A todos que de alguma forma estiveram presentes em algum momento, obrigada pela ajuda e companheirismo. Nada foi por acaso.

RESUMO

UMA NOVA METODOLOGIA BASEADA NA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA E SIMULAÇÃO REALISTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES DE VENTILADORES MECÂNICOS CENTRADO NO USUÁRIO
NATHALIA PARENTE DE SOUSA MAIA. Dissertação (Mestrado). Programa de pós graduação *Strictu Sensu* em Ciências Médicas. Faculdade de Medicina da Universidade do Ceará. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alcantara Holanda.

Introdução: Novas interfaces homem-máquina foram desenvolvidas para incorporar os novos modos ventilatórios e parâmetros de ventilação. Múltiplos dados de monitorização e alarmes são apresentados nas interfaces gráficas, que muitos consideram ainda longe da ideal para os usuários primários, os profissionais de saúde. **Hipótese:** O não atendimento aos princípios heurísticos da interface homem-máquina pode comprometer a usabilidade de ventiladores pulmonares por seus usuários (médicos, enfermeiros, fisioterapeutas) **Objetivos:** Desenvolver uma nova metodologia de avaliação e implementação de melhorias na interface de um ventilador pulmonar mecânico de uma unidade de terapia intensiva (UTI) segundo princípios heurísticos. **Métodos:** Estudo experimental, utilizando-se duas metodologias: uma centrada na avaliação heurística por *expert*, e a segunda, centrada em uma avaliação comparativa por não *experts*. Realizou-se durante o período de janeiro de 2013 a março de 2014, no Laboratório da Respiração (RespLab). A pesquisa dividiu-se em 3 fases: 1ª) avaliação da usabilidade de seis habilidades (ligar; ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros; ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes; monitorar parâmetros de mecânica respiratória, acionar e ajustar o modo de ventilação não-invasiva) da interface por usuários *experts*; 2ª) Implementação das sugestões de melhorias na interface por uma equipe de engenheiros especialistas em ventilação mecânica; 3ª) Comparação entre interfaces (antiga e nova), por usuários não *experts*, avaliando 6 tarefas (ligar, ajuste do paciente, ajuste do modo de ventilação a volume controlado (VCV), mensuração da mecânica, ajuste do modo de ventilação a pressão controlada (PCV), ajuste do modo de ventilação a pressão de suporte (PSV). A análise da 1ª fase foi descritiva. Os desfechos da 3ª fase foram: tempo de execução e acertos das tarefas, e escore de usabilidade através da Escala Visual Analógica (E.V.A.). **Resultados:** 1ª fase: Participaram 8 profissionais *experts*. Ao total, foram listados 93 problemas. Os princípios mais infringidos foram: 5 (Prevenção de erro), 1 (Visibilidade do Status do Sistema) e 7 (Flexibilidade e eficiência de utilização). 2ª fase: repassados e discutidos todos os relatórios preenchidos pelos usuários *experts*. Modificações na interface foram realizadas seguindo as sugestões e princípios heurísticos. 3ª fase: ajuste do VCV, mecânica ventilatória e ajuste do PSV necessitaram de maior tempo para execução; $p=0,02$ para o tempo de execução da tarefa de ligar, quando usado pela primeira vez, para a interface antiga; $p=0,02$ para o ajuste correto do PSV quando realizado pela primeira vez na interface nova; $p=0,08$ para o escore de usabilidade, favorecendo a interface nova. **Conclusão:** Foi possível desenvolver uma nova metodologia de avaliação e implementação de melhorias na interface de um ventilador pulmonar mecânico de UTI segundo os princípios heurísticos. **Palavras-chaves:** Ventilação mecânica. Usabilidade. Avaliação heurística.

ABSTRACT

DEVELOPING USER CENTERED INTERFACES FOR MECHANICAL VENTILATORS A NEW METHOD BASED ON HEURISTIC EVALUATION AND REALISTIC SIMULATION

NATHALIA PARENTE DE SOUSA MAIA. Thesis (Master). Post-graduation Program in Medical Science. Universidade do Ceará. Supervisor: Marcelo Alcantara Holanda, PhD.

Introduction: New human-machine interfaces have been developed to incorporate the new modes and ventilatory parameters. Multiple monitoring data and alarms are presented in graphical interfaces, which many consider still far from ideal for the primary users, healthcare professionals. **Hypothesis:** Noncompliance with the heuristic human machine interaction can compromise the usability of lung mechanical ventilators by users (doctors, nurses, physiotherapists) **Objectives:** To develop a new methodology for evaluating and implementing improvements on a ventilator interface pulmonary mechanical intensive care unit (ICU) second heuristic principles. **Methods:** An experimental study, using two methodologies: one centered on heuristic evaluation by an expert, and the second one focused on a comparative assessment by non-experts. Was held during the period from January 2013 to March 2014, the Laboratory of Respiratory (RespLab). The research was divided into three steps: 1st) evaluating the usability of six abilities (connect, adjust or alter ventilation modes and their parameters; adjust and react appropriately to different types of alarms, monitor respiratory mechanical parameters, and set the trigger mode non-invasive) ventilation interface for experts users; 2nd) Implementation of suggestions for improvements to the interface by a team of specialist engineers in mechanical ventilation (MV); 3rd) Comparison between interfaces (old and new), for users not experts, assessing six tasks (call, adjust the patient, adjust the volume control ventilation (VCV), measurement of mechanical, adjust the pressure control ventilation (PCV), pressure support ventilation adjustment (PSV). The analysis of the 1st step was descriptive. The outcomes of the 3rd step were: execution's runtime and successes of tasks and usability score by analogic visual scale (AVS). **Results:** Step 1: Participants 8 professional experts. 93 problems were listed. The most violated principles: 5 (error prevention), 1 (Visibility of System Status) and 7 (Flexibility and efficiency of use). 2nd step: passed on and discussed all reports completed by experts users. Changes in the interface were performed following the suggestions and principles heuristics. 3rd step: VCV adjustment, mechanical ventilation and PSV adjustment required longer time to execute; $p = 0.02$ for the runtime of the task of connecting when first used, to the old interface; $p = 0.02$ for correct setting of PSV when first held in the new interface; $p = 0.08$ for the usability score, favoring the new interface. **Conclusion:** It was possible to develop a new methodology for evaluating and implementing improvements on a mechanical ventilator in ICU interface according to the heuristics.

Keywords: Mechanical ventilation. Usability. Heuristic evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Profissionais que utilizam o ventilador mecânico de acordo com o perfil de usuários: primários e secundários.	14
Figura 2. Registro da tela de monitorização do ventilador pulmonar mecânico. Há, aproximadamente, 13 variáveis de maior importância para a monitorização e vigilância.(1ª parte)	15
Figura 3. Registro da tela de monitorização do ventilador pulmonar mecânico. Há aproximadamente, 13 variáveis de maior importância para a monitorização e vigilância (2ª parte)	16
Figura 4. Classificação dos usuários primários do ventilador mecânico em <i>experts</i> e não <i>experts</i>	26
Figura 5. Linha do tempo relativa às fases da pesquisa	27
Figura 6. Classificação do problema por gravidade e indicação de correção	36
Figura 7. Linha do tempo referente a realização dos procedimentos da 1ª fase	38
Figura 8. Linha do tempo referente as etapas da 3ª fase da pesquisa	39
Figura 9. Mudanças realizadas na interface nova a indicação do botão liga/desliga	54
Figura 10. Mudanças realizadas na interface nova para a caracterização inicial do paciente	55
Figura 11. Mudanças realizadas na interface para a escolha de modos	58
Figura 12. Mudanças realizadas na interface para os ajustes dos parâmetros no modo VCV	59
Figura 13. Mudanças realizadas na interface os ajustes de parâmetros no modo PCV	60
Figura 14. Mudanças realizadas na interface os ajustes de parâmetros no modo PSV	61
Figura 15. Mudanças realizadas na interface os ajustes na mensuração da mecânica ventilatória	62
Figura 16. Mudanças realizadas na Tela cognitiva	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação das habilidades básicas necessárias ao correto manejo de um ventilador mecânico de UTI que podem ser executadas pelos usuários primários	29
Tabela 2. Relação das habilidades que foram investigadas durante a 1ª fase da pesquisa	30
Tabela 3. Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000 [®] para o cenário 1	31
Tabela 4. Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000 [®] para o cenário 2	32
Tabela 5. Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000 [®] para o cenário 3.	32
Tabela 6. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários <i>experts</i> para a habilidade 3	43
Tabela 7. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários <i>experts</i> para a habilidade 4	44
Tabela 8. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários <i>experts</i> para a habilidade 6	46
Tabela 9. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários <i>experts</i> para a habilidade 7	48
Tabela 10. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários <i>experts</i> para a habilidade 10	49
Tabela 11. Número de problemas encontrados pelos usuários <i>experts</i> , por habilidades, de acordo com a classificação de gravidade sugerida	50
Tabela 12. Quantidade de princípios heurísticos infringidos de acordo com a habilidade avaliada. Habilidade 3: Ligar e desligar o equipamento; Habilidade 4: Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros; Habilidade 6: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes; Habilidade 7: Monitorar parâmetros de mecânica respiratória; Habilidade 10: Acionar e ajustar o modo de ventilação não invasiva	51
Tabela 13. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 1	64
Tabela 14. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 2	66
Tabela 15. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 3	65
Tabela 16. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 4	66
Tabela 17. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 5	66
Tabela 18. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 6	67
Tabela 19. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 7	67

Tabela 20. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 8	68
Tabela 21. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 9	68
Tabela 22. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 10	69
Tabela 23. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 11	69
Tabela 24. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 12	70
Tabela 25. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 13	70
Tabela 26. Tabela com os valores das medianas sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface que foi utilizada pela primeira vez	71
Tabela 27. Tabela com os valores das medianas sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface que foi utilizada pela segunda vez	72
Tabela 28. Relação dos acertos e erros para cada tarefa para as interfaces que foram utilizadas pela primeira vez	73
Tabela 29. Relação dos acertos e erros para cada tarefa para as interfaces que foram utilizadas pela segunda vez	74
Tabela 30. Mediana e interquartile para as notas de usabilidade de acordo com a escala visual analógica de usabilidade	75

LISTA DE SIGLAS

Lista de siglas

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Cst	Complacência
f	Frequência respiratória
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MAUDE	<i>Manufacturer and User Facility Device Experience</i>
PCV	Ventilação controlada a volume
Pmus	Pressão muscular
PSV	Ventilação a pressão de suporte
Raw	Resistência das vias aéreas
UTIs	Unidade de Terapia Intensiva
VCV	Ventilação controlada a volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Ventilação mecânica	12
1.2 Usuários dos dispositivos de ventilação mecânica	13
1.3 Usuário vs Ventilador mecânico vs Carga cognitiva	14
1.4 Eventos Adversos associados à ventilação mecânica	16
1.5 Usabilidade	17
1.6 Avaliação Heurística	18
1.7 Hipóteses	22
1.8 Justificativa	23
2 OBJETIVOS	23
2.1 Geral	23
2.2 Específicos	23
3 METODOLOGIA	25
3.1 Tipo de estudo	25
3.2 Período e Local	25
3.3 Amostra	25
3.4 Delineamento da pesquisa	26
3.5 Equipamentos	28
3.6 Habilidades no manuseio de ventiladores mecânicos de UTI	28
3.7 Cenários clínicos	30
3.8 Princípios heurísticos segundo Jakob Nielsen	34
3.9 Classificação da gravidade do problema	36
3.10 Escala visual analógica (e.v.a.) de usabilidade	37
3.11 Teste teórico	37
3.12 Execução da avaliação	37
3.13 Execução dos testes comparativos com a nova interface (3ª fase)	39
3.14 Método estatístico	40
3.15 Comitê de ética	41
4 RESULTADOS	42
4.1 1ª fase	42
4.1.1 Problemas vs Classificação	50
4.1.2 Princípios heurísticos	51
4.2 2ª fase	53
4.3 3ª fase	64
4.3.1 Resultados individuais	64
5 DISCUSSÃO	76
5.1 Limitações do estudo	80
5.2 Implicações do estudo	81
6 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS	84
APENDICE A – Teste teórico	88
ANEXO A – Escala visual analógica para avaliação de facilidade de manuseio	89

1 INTRODUÇÃO

1.1 Ventilação mecânica

A ventilação mecânica teve seu primeiro relato de utilização em 1530 por Paracelsus. Ele utilizou um fole de gás conectado a um tubo para ventilar um paciente (PILBEAM, 1992).

Drinker (1929) desenvolveu o primeiro pulmão de aço, que ventilava os pacientes por pressão negativa, sendo este modelo amplamente utilizado nas décadas de 40 e 50 do século XX, em virtude da pandemia de poliomielite.

Nas décadas de 50 e 60 surgiram os primeiros ventiladores à pressão positiva (PILBEAM, 1992).

O uso da ventilação mecânica com pressão positiva se expandiu no mundo inteiro e foi o principal fator a impulsionar o surgimento das Unidades de Terapia Intensiva (UTI). No ano de 2012, havia cerca de 25.367 leitos de UTI distribuídos em 1.421 hospitais, nos 27 estados do Brasil. Estima-se que, em média, 40 a 50% dos pacientes internados em UTI recebam algum tipo de ventilação mecânica, invasiva ou não invasiva (AMIB, 2012).

Atualmente há uma grande variedade de ventiladores pulmonares. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Brasil, há 161 modelos (ANVISA, 2014), envolvendo sempre um grande número crescente de novas funcionalidades e recursos tecnológicos de *software* e de *hardware*, cada vez mais complexos (GONZALEZ-BERMEJO; LAPLANCHE; HUSSEINI; *et al* 2006).

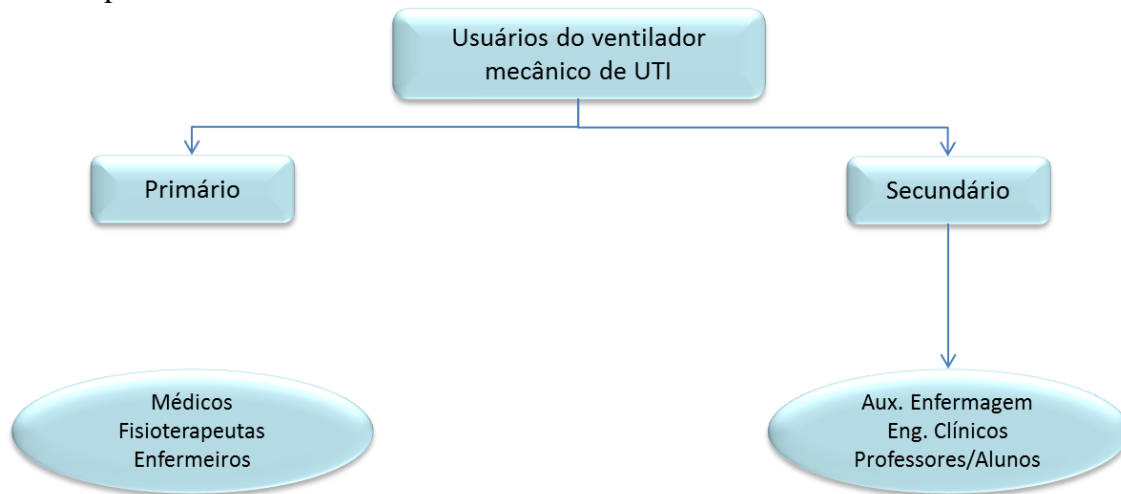
Novas interfaces homem-máquina foram desenvolvidas para incorporar os novos modos ventilatórios e parâmetros de ventilação. Múltiplos dados de monitorização e alarmes são apresentados nas interfaces gráficas, que muitos consideram ainda longe da ideal para os usuários primários, os profissionais de saúde (RICHARD; KACMAREK; 2009).

1.2 Usuários dos dispositivos de ventilação mecânica

Os profissionais de saúde são os principais usuários dos dispositivos de ventilação mecânica, incluindo o principal, o ventilador pulmonar mecânico. Dentre eles, podemos citar o médico, principalmente os intensivistas, anesthesiologistas e pneumologistas; o fisioterapeuta e o enfermeiro, principalmente os que atuam diariamente em UTIs. Estes são classificados como usuários primários do ventilador mecânico de UTI (figura 1).

Os usuários secundários são outros profissionais da saúde ou da engenharia e também estudantes, que utilizam o ventilador mecânico para outros fins que não o cuidado direto dos pacientes, como por exemplo, no ensino, no treinamento, na manutenção técnica e na pesquisa.

Figura 1. Profissionais que utilizam o ventilador mecânico de acordo com o perfil de usuários: primários e secundários.



1.3 Usuário vs Ventilador mecânico vs Carga cognitiva

Percebe-se que se fazem necessários treinamentos cada vez mais sofisticados e extensos, para manejo adequado destes aparelhos. Desta forma, não causa surpresa que o uso de ventilação mecânica se associa a erros humanos que podem comprometer a evolução, ou até mesmo a sobrevivência de pacientes graves no ambiente da terapia intensiva. (BRACCO; FAVRE; BISSONNETTE; *et al.* 2001)

Miller *et al.* (1956) e Cowan *et al.* (2001) afirmaram que a carga cognitiva estava relacionada a capacidade que a pessoa tinha de memória de trabalho. Muitos erros podem estar associados com a extensa carga cognitiva imposta nos ambientes de trabalho.

Em 1956, Miller afirmou que o ser humano teria uma capacidade de memória de trabalho de, aproximadamente, sete elementos. Já Cowam *et al.*(2001), relatou que essa capacidade seria de apenas quatro variáveis simultâneas.

Um trabalho apresentado durante o Simpósio Anual da Associação Americana de Informática Médica, em 2010, percebeu que, ao aumentar a carga cognitiva, durante uma simulação, houve erro de avaliação pelo profissional no cuidado de pacientes com hemorragia aguda pelo profissional. (PICKERING, 2010)

Sabe-se que a memória de trabalho do ser humano é limitada e reconhece-se que a quantidade de variáveis fisiológicas e funções apresentadas nas telas dos ventiladores mecânicos de última geração são claramente excessivas, como por exemplo, a modalidade que está sendo ventilada no momento, os parâmetros de ventilação e de monitorização, configurando aproximadamente 14 variáveis (figuras 2 e 3). Isso resulta em uma grande carga cognitiva sobre o usuário, o que pode comprometer o processo de análise e tomada de decisão em situações críticas, induzindo ao erro (COWAN, 2001).

Figura 2. Registro da tela de monitorização do ventilador pulmonar mecânico. Há, aproximadamente, 14 variáveis de maior importância para a monitorização e vigilância, indicadas pelas setas vermelhas. (1ª parte).



Figura 3. Registro da tela de monitorização do ventilador pulmonar mecânico. Há aproximadamente, 14 variáveis de maior importância para a monitorização e vigilância (2ª parte).



1.4 Eventos Adversos associados à ventilação mecânica

Os eventos adversos são definidos como qualquer ocorrência médica inconveniente, sofrida por um sujeito que participe de um estudo, ou que esteja em investigação clínica. Eles podem ser classificados quanto à previsibilidade, frequência, gravidade, causalidade e seriedade (MARODIN; GOLDIN, 2009).

Em 2002, uma comissão sentinela alertou que 87% dos casos de lesão e morte relacionados ao uso dos ventiladores mecânicos seriam evitáveis (JOINT COMMISSION, 2002). Nos Estados Unidos da América (EUA), somente em 2013, foram reportados 14

óbitos causados diretamente por ventiladores mecânicos naquele país, conforme dados levantados na plataforma MAUDE (*Manufacturer and User Facility Device Experience*) do FDA (*Food and Drug Administration*). Os números aumentam bastante quando se consideram as lesões não fatais causadas pelos ventiladores: 946 relatos de eventos adversos somente no ano passado, (MANUFACTURER AND USER FACILITY DEVICE EXPERIENCE, 2014; SOUSA; CARVALHO; HOLANDA, 2014). Nesta mesma plataforma MAUDE, durante o ano de 2014, até o período de junho, foram relatados 5 casos de óbitos, e em relação às lesões não fatais, foram relatados 567 eventos adversos.

Em relação ao Brasil, até o momento, não dispomos de dados estatísticos referentes a eventos adversos relacionados à ventilação mecânica.

Ainda são desconhecidos os fatores condicionantes para o aumento desses eventos adversos relacionados aos ventiladores mecânicos. Contudo, uma possível causa estaria relacionada a interface homem-máquina. De fato, a facilidade de utilização de interfaces de modernos ventiladores pulmonares de UTI mostrou-se inadequada em um ensaio de bancada com simulação de cenários clínicos. Relatou-se que há uma necessidade de aproximação entre o fabricante e os usuários finais, tornando a interface mais amigável, permitindo a qualquer profissional fazer ajustes necessários (RICHARD; KACMAREK, 2009; VIGNAUX; TASSAUX; PHILIPPE, 2009).

1.5 Usabilidade

Descrito pela *International Organization for Standardization* (ISO 9241), a usabilidade é definida como uma medida pela qual um produto pode ser manejado por usuários específicos para alcançar determinados objetivos com efetividade, eficiência e

satisfação, em um contexto real. Pode ser entendida como a qualidade da interface de um equipamento com o seu usuário (HIX; HARTSON, 1993; ABRAN; KHELIFI; SURYN, *et al.* 2003).

Para Jakob Nielsen (2012), a usabilidade pode ser definida como o quanto uma interface é fácil de ser usada, como também por cinco componentes de qualidade: aprendizado, eficiência, memória, erros e satisfação. O objetivo da avaliação de usabilidade é melhorar a interface a partir do reconhecimento e correção dos problemas, resultando em melhorias (DAVIDS; CHIKTE; HALPERIN, 2013).

Portanto, percebe-se a necessidade de que estes equipamentos estejam dentro do que os principais usuários primários (profissionais da saúde como os médicos, fisioterapeutas e enfermeiros de UTI) esperam encontrar, que a interface proposta seja fácil de manusear, que haja uma comunicação clara e que seja algo habitual no seu dia a dia.

Para se testar a usabilidade de interfaces dispõe-se de alguns métodos, como a análise do tipo “formal”; a “automática”, através de procedimentos computadorizados; a “empírica”, que consiste de um método de observação e monitoração, gerando aprendizado através de experiências vividas e observadas; e a “heurística”, conhecida também como uma forma de avaliação analítica, por ser um método de inspeção ou prognóstico. A avaliação heurística vem sendo bastante utilizada, sendo proposta por Jakob Nielsen (NIELSEN, 1990).

1.6 Avaliação Heurística

Esta avaliação foi originalmente desenvolvida como um método de engenharia, em que os avaliadores teriam algum conhecimento sobre os princípios de usabilidade (NIELSEN, 1992). Porém, percebeu-se que os testes de usabilidade utilizando os princípios heurísticos foram satisfatórios com *experts* no objeto a ser avaliado, mesmo não sendo *experts* em heurísticas.

É uma forma mais tradicional de estimativa de usabilidade de interfaces, que foi utilizada especificamente para páginas e programas na *web* pela primeira vez em 1994. Este método foi desenvolvido por Nielsen e Molich, em que um avaliador *expert* interage com a interface e julga a sua adequação comparando-a com princípios de usabilidade previamente reconhecidos, os chamados princípios heurísticos (NIELSEN, 1995).

Há pelo menos 10 princípios heurísticos bem definidos, são eles: 1) visibilidade do *status* do sistema; 2) correspondência entre o sistema e o mundo real; 3) controle do usuário e liberdade; 4) consistência e padrões; 5) prevenção de erros; 6) reconhecimento em vez de rechamada; 7) flexibilidade e eficiência de utilização; 8) estética e *design* minimalista; 9) reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros; 10) ajuda e documentação (NIELSEN, 1995).

1 Visibilidade do Status do Sistema: O sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, ou seja, todas as ações precisam de *feedback* apropriado e rápido.

2 Correspondência entre o sistema e o mundo real: O sistema deve falar a linguagem dos usuários, com palavras, frases e conceitos familiares aos usuários, seguindo as

convenções do mundo real, fazendo com que as informações apareçam em uma ordem natural e lógica.

3 Controle do usuário e liberdade: É necessário uma "saída de emergência" claramente marcada para sair do estado indesejado sem ter que passar por um extenso diálogo.

4 Consistência e padrões: Os usuários não devem ter que pensar se palavras diferentes, situações ou ações significam a mesma coisa. A linguagem deve ser a mesma, e nunca identificar uma mesma ação com ícones ou palavras diferentes. É fundamental tratar coisas similares, da mesma maneira, facilitando a identificação pelo usuário.

5 Prevenção de erros: Melhor do que boas mensagens de erro é um *design* cuidadoso que impede que um problema ocorra em primeiro lugar, ou eliminar as condições propensas. É fundamental uma opção de confirmação antes de se comprometer com a ação.

6 Reconhecimento em vez de chamada: Minimizar a carga de memória do usuário tornando visíveis opções que fazem determinadas ações. Instruções para a utilização do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis sempre que apropriado. A interface deve oferecer ajuda contextual, e informações capazes de orientar as ações do usuário – ou seja – que o sistema dialogue com o usuário.

7 Flexibilidade e eficiência de utilização: O sistema precisa ser fácil para usuários leigos, mas flexível o bastante para se tornar ágil a usuários avançados. Essa flexibilidade pode ser

conseguida com a permissão de teclas de atalhos.

8 Estética e *design* minimalista: Evitar que a interface fale mais do que o usuário necessita saber. É necessário que o sistema seja simples, direto e natural.

9 Ajuda os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar erros: As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicar com precisão o problema e sugerir uma solução construtiva.

10 Ajuda e documentação: Mesmo no melhor sistema pode ser necessário fornecer opções de ajuda e documentação. Qualquer informação deve ser de fácil pesquisa, oferecendo uma ferramenta de busca.

Esta avaliação é considerada como um método de inspeção que melhor prediz os problemas, frequentemente os mais graves, que serão enfrentados pelos usuários. (JEFFRIES; MILLER; WHARTON, *et al.* 1991).

A avaliação heurística vem sendo utilizada também em *sites* ou recursos de ensino, em equipamentos médicos como as bombas de infusão de medicamentos, sistemas de radioterapia e oxímetro por telefone; e *softwares* (DAVIDS; CHIKTE; HALPERIN, 2013; GRAHAM; KUBOSE; JORDAN, *et al.* 2004; ZHANG; JOHNSON; PATEL, *et al.* 2003; CHAN; ISLAM; ROSEWALL, *et al.* 2011; BOND; FINLAY; NUGENT, *et al.* 2014; JASPERS, 2009; HUDSON, *et al.* 2012; JOHNSON; JOHNSON; ZHANG, 2005).

Quando utilizada em ventiladores mecânicos, a avaliação heurística permitiu identificar problemas de usabilidade relativos à ventilação mecânica. Porém, é necessário

que o profissional que utilize esses equipamentos tenha conhecimento suficiente para realizar os ajustes que beneficiem o paciente (KATRE; BHUTKAR; KARMARKAR, 2010).

O objetivo da avaliação heurística, na ventilação mecânica, é detectar problemas de usabilidade que possam ser corrigidos, de preferência num modelo ou interface ainda não finalizada do dispositivo, ou do *software*, permitindo a implementação de melhorias que se façam necessárias.

1.7 Hipóteses

As hipóteses deste trabalho são enumeradas abaixo;

1. O não atendimento aos princípios heurísticos da interface homem-máquina pode comprometer a usabilidade de ventiladores pulmonares por seus usuários primários;
2. Uma avaliação heurística da usabilidade de ventiladores pulmonares pode ser feita através de simulação realista, visando identificar as oportunidades de melhoria;
3. A avaliação heurística por simulação realista, por sua vez, pode guiar o desenvolvimento de melhorias na interface usuário-ventilador;
4. Novas interfaces desenvolvidas seguindo os princípios heurísticos de usabilidade, podem melhorar a satisfação e a performance dos usuários primários de ventiladores pulmonares, otimizando e reduzindo erros em seu manuseio.

1.8 Justificativa

Entende-se que um método de desenvolvimento de interfaces em ventiladores mecânicos, utilizando a simulação realista com avaliação heurística, possibilitaria o desenvolvimento de interfaces mais intuitivas, otimizando a interação homem-máquina, melhorando a performance, tornando-os mais fáceis de manusear e reduzindo os erros no seu uso pelos profissionais de saúde.

Há uma necessidade real de otimização do trabalho e interação homem-máquina (profissional-ventilador mecânico). Analisando a aplicabilidade clínica desta pesquisa, os maiores beneficiados seriam os pacientes que necessitam de suporte ventilatório mecânico.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver uma nova metodologia de avaliação e implementação de melhorias na interface de um ventilador pulmonar mecânico de UTI segundo princípios heurísticos.

2.2 ESPECÍFICOS

a) Avaliar a usabilidade da interface de um ventilador pulmonar mecânico de UTI comercialmente em uso no Brasil e no exterior;

b) Comparar o desempenho de duas interfaces de um mesmo ventilador pulmonar mecânico, uma em uso comercial, e outra inovadora em fase de protótipo, modificada segundo os princípios heurísticos de usabilidade de Nielsen.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo experimental, por simulação realista, utilizando-se duas metodologias: uma centrada na avaliação heurística por usuários primários *experts* (KATRE; BHUTKAR; KARMARKAR, 2010; GONZALEZ-BERMEJO; LAPLANCHE; HUSSEINI, *et al.* 2006); e a segunda, centrada em uma avaliação comparativa por usuários primários não *experts*.

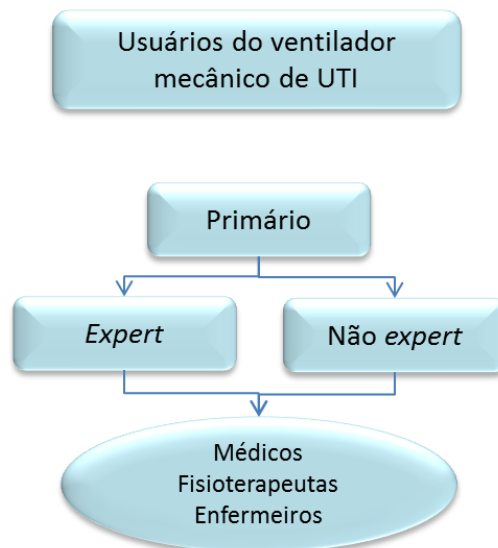
3.2 Período e Local

Realizou-se durante o período de janeiro de 2013 a março de 2014, no Laboratório da Respiração (RespLab), no Bloco de Biomedicina, do Departamento de Medicina Clínica, da Faculdade de Medicina.

3.3 Amostra de conveniência

Participaram dessa pesquisa profissionais de três categorias: médicos, fisioterapeutas e enfermeiros. Os profissionais, também denominados como usuários, foram classificados como *experts* e não *experts* (figura 4).

Figura 4. Classificação dos usuários primários do ventilador mecânico em *experts* e não *experts*.



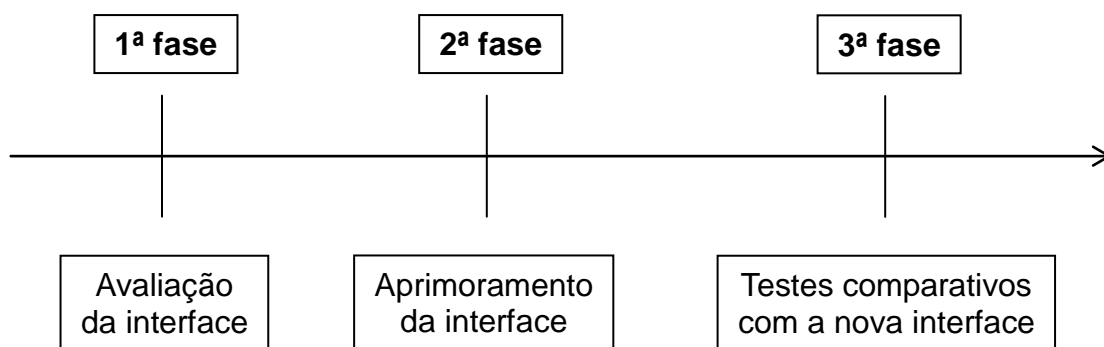
Como critérios de inclusão para os usuários *experts* têm-se: profissionais que tinham título de especialista ou pós-graduação em terapia intensiva e atuando diariamente na condução e no manejo de aparelhos de ventilação mecânica pulmonar no seu dia a dia, há pelo menos 10 anos. Para os critérios de exclusão têm-se: os profissionais não especialistas, que trabalhem somente em enfermarias, com menos de 10 anos de formação.

Como critérios de inclusão para os usuários comuns têm-se: os demais profissionais que tinham experiência e conhecimento sobre ventilação mecânica, com até cinco anos de formação, sem título de especialista, e que não cursaram pós-graduação em terapia intensiva. Em relação aos critérios de exclusão, são todos aqueles profissionais com menos de 5 anos de formação que trabalhem em UTI, ou tenha tido contato com o equipamento em estudo.

3.4 Delineamento da pesquisa

A pesquisa dividiu-se em três fases. A primeira, relacionada à avaliação da interface por usuários *experts* através da observação do atendimento ou não aos princípios heurísticos; a segunda, relacionada à implementação das sugestões de melhorias na interface obtidas durante a primeira fase; e a terceira, relacionada à comparação da nova interface, em versão de protótipo, em relação a atualmente em uso, desta vez por usuários não *experts* (figura 5).

Figura 5. Linha do tempo relativa às fases da pesquisa.



Na 1ª fase objetivou-se avaliar a usabilidade da interface através da avaliação heurística por *expert*, denominados também de usuários ou avaliadores, quanto ao desempenho dos ventiladores pulmonar mecânicos de UTI na execução das habilidades pré-definidas. A amostra dos avaliadores foi composta por profissionais de saúde (médicos, fisioterapeutas e enfermeiros) *experts* em ventilação mecânica. (NIELSEN, 2012).

Na 2ª fase todas as informações do relatório gerado na primeira fase (problemas, sugestões, princípios heurísticos infringidos e classificação), segundo a avaliação pelos usuários *experts*, foram repassadas e discutidas com a equipe responsável pelo desenvolvimento e aprimoramento da interface.

A equipe de desenvolvimento da nova interface foi liderada por dois engenheiros da empresa fabricante do ventilador mecânico analisado, Intermed/Carefusion, Cotia, São Paulo, Brasil. Após análise e discussão aprofundada de cada item pela equipe de desenvolvimento e dos pesquisadores, através de reuniões presenciais e por teleconferência, seguiram-se à implementação das mudanças solicitadas na interface, priorizando-se os problemas classificados como “críticos” e “importantes”.

Na 3ª fase objetivou-se realizar testes comparativos quanto ao desempenho das interfaces, a nova e a antiga, em relação ao tempo de realização e acerto na execução das tarefas, por usuários não *experts*.

3.5 Equipamentos

Foram necessários os seguintes equipamentos para a realização da simulação realista:

- a) Ventilador mecânico ix5® (Intermed/Carefusion);
- b) Simulador mecânico pulmonar ASL 5000® (IngarMedical);
- c) Protótipo Cabeça® (Handcrafted/Nasco Lifeform);
- d) Computador de mesa;
- e) Câmera de gravação áudio/vídeo Sony DX300®.

3.6 Habilidades no manuseio de ventiladores mecânicos de UTI

Foi realizado um levantamento das principais habilidades básicas necessárias para o correto (manuseio ou manejo) de um ventilador mecânico de UTI (tabela 1).

Tabela 1. Relação das habilidades básicas necessárias ao correto manejo de um ventilador mecânico de UTI que podem ser executadas pelos usuários primários.

Habilidades esperadas para manejo do ventilador pulmonar mecânico
H 1: Montar o ventilador pulmonar, adaptar circuitos e sistema de umidificação
H 2: Adaptar rede de gases e fonte de energia elétrica
H 3: Ligar e desligar o equipamento
H 4: Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros
H 5: Realizar o ajuste fino (sub-ajustes, ex.: rise time) dos parâmetros
H 6: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes
H 7: Monitorar parâmetros de mecânica respiratória
H 8: Detectar assincronia paciente ventilador
H 9: Administrar medicamentos inalatórios durante a ventilação mecânica
H 10: Acionar e ajustar o modo de Ventilação Não-invasiva (VNI)
H 11: Ajustar o ventilador durante aspiração traqueal
H 12: Desmontar o equipamento
H 13: Limpar e/ou desinfetar o aparelho e acessórios
H 14: Esterilizar peças e circuitos
H 15: Trocar filtros e circuitos

Estas habilidades foram definidas de forma arbitrária e baseando-se no senso comum pela equipe de pesquisadores uma vez que a literatura não as define claramente.

Durante a 1ª fase foram consideradas algumas habilidades referentes à ventilação invasiva que fosse transversal às categorias profissionais selecionadas, e também a ventilação não invasiva (tabela 2).

Tabela 2. Relação das habilidades que foram investigadas durante a 1ª fase da pesquisa.

Habilidades avaliadas para manejo do ventilador pulmonar mecânico
H 3: Ligar e desligar o equipamento
H 4: Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros
H 6: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes
H 7: Monitorar parâmetros de mecânica respiratória
H 10: Acionar e ajustar o modo de Ventilação Não-invasiva (VNI)

As habilidades escolhidas para serem avaliadas durante a 1ª fase se deu pelo motivo de serem tarefas usualmente desenvolvidas pelos profissionais aqui em observação.

Durante a 3ª fase, foram aplicadas somente as habilidades 3 (Ligar e desligar o equipamento), 4 (Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros) e 7 (Monitorar parâmetros de mecânica respiratória).

3.7 Cenários clínicos

Os cenários clínicos simulados foram utilizados para avaliação da interface no contexto de cada habilidade a ser avaliada. Os casos clínicos foram compostos com as características de pacientes correspondendo ao que de fato se encontra na realidade. Os casos simulados foram construídos visando a aplicação, pelo usuário, das recomendações e sugestões das atuais Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica (2013), seguindo as orientações de ventilação em pacientes críticos e em desmame.

Em seguida os cenários clínicos utilizados durante a 1ª fase.

1ª faseCenário 1 (Habilidades 3, 4 e 7) – Ligar, ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros e monitorar parâmetros de mecânica respiratória

Paciente do sexo masculino, 70kg, 1,68m, foi admitido na UTI com o diagnóstico de AVC, sensório rebaixado, sem doença pulmonar prévia e intubado. O ventilador já está ligado à rede gases e devidamente montado.

- a) Ligue o ventilador mecânico e ajuste os modos e parâmetros iniciais para o paciente na modalidade PCV;
- b) Ajuste para modalidade VCV;
- c) Meça os parâmetros de mecânica respiratória;
- d) Ajustar nível ideal da PS visando conforto do paciente, $f < 25\text{ipm}$ e $> 15\text{ipm}$ e $VC \geq 7\text{ml/kg}$.

Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®].

Tabela 3. Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®] para o cenário 1.

Tarefas	Cst (ml/cmH ₂ O)	Raw (cmH ₂ O/L.s)	f (irpm)	Pmus (cmH ₂ O)
a, b, c	45	5	0	0
D	40	12	12	8

Cenário 2 (Habilidade 6) – Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes

Paciente adulto, 60 kg como peso ideal, apresenta crise asmática, no momento encontra-se intubado. Sua tarefa é identificar os alarmes acionados e resolvê-los.

Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®].

Tabela 4. Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®] para o cenário 2.

Alarmes testados	Cst (ml/cmH ₂ O)	Raw (cmH ₂ O/L.s)	f (irpm)	Pmus (cmH ₂ O)
pressão alta	45	40	12	4
pressão baixa	45	4	12	4
VC alto	60	5	12	4
VC baixo	20	30	12	4
f elevada	45	20	20	4
f baixa	45	20	6	4
Apneia	45	20	4	4

Cenário 3 (Habilidade 10) – Acionar e ajustar o modo ventilatório não-invasivo

- a) Paciente do sexo masculino, diagnosticado com DPOC, 60 anos, no momento acordado e consciente. Grande fumante apresenta-se hipersecretivo, dispneico. Recomenda-se a utilização de ventilação não-invasiva na modalidade BiLevel.
- b) Paciente do sexo masculino, 50 anos, com edema pulmonar, hipertenso, apresentando desconfortável. Recomenda-se a utilização de ventilação não-invasiva na modalidade CPAP.

Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®] :

Tabela 5. Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®] para o cenário 3.

Tarefa	Cst (ml/cmH ₂ O)	Raw (cmH ₂ O/L.s)	F (ipm)	Pmus (cmH ₂ O)
A	35	20	35	15
B	25	20	25	20

2ª fase

Nesta fase, todas as informações do relatório gerado na primeira fase (problemas, sugestões, princípios heurísticos infringidos e classificação), segundo a avaliação pelos usuários experts, foram passadas para a equipe responsável pelo desenvolvimento e aprimoramento da interface.

A equipe de desenvolvimento foi liderada por dois engenheiros da empresa fabricante do ventilador mecânico analisado, Intermed/Carefusion, Cotia, São Paulo, Brasil. Após análise e discussão aprofundada de cada item pela equipe de desenvolvimento e dos pesquisadores, através de reuniões presenciais e por teleconferência, seguiram-se à implementação das mudanças solicitadas na interface, priorizando-se os problemas classificados como “críticos” e “importantes”.

3ª fase

Durante esta fase foi utilizado somente o cenário 1.

Cenário 1 (Habilidades 3, 4 e 7) – Ligar, Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros e Monitorar parâmetros de mecânica respiratória

Paciente do sexo masculino, 70kg, 1,68m, foi admitido na UTI com o diagnóstico de AVC, sensório rebaixado, sem doença pulmonar prévia e intubado. O ventilador já está ligado à rede gases e devidamente montado. a) Ligue o ventilador mecânico e ajuste os modos e parâmetros iniciais para o paciente na modalidade PCV; b) Ajuste para modalidade VCV; c) Meça os parâmetros de mecânica respiratória; d) Ajustar nível ideal da PS visando conforto do paciente, $f < 25\text{ipm}$ e $> 15\text{ipm}$ e $VC \geq 7\text{ml/kg}$.

Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®] :

Tabela 3. Configuração do paciente no simulador mecânico ASL 5000[®] para o cenário 1.

Tarefas	Cst (ml/cmH ₂ O)	Raw (cmH ₂ O/L.s)	F (ipm)	Pmus (cmH ₂ O)
a, b, c	45	5	0	0
D	40	12	12	8

Nesta fase, nenhum usuário teve conhecimento sobre o momento da avaliação do usuário anterior. É importante ressaltar que houve randomização para a escolha de qual interface seria primeiramente testada. Essa randomização foi realizada pelo usuário, através de dois envelopes iguais e fechados, contendo dentro a letra correspondente a interface que foi utilizada: A) antiga e B) nova. Em nenhum momento o usuário soube qual interface correspondia à letra.

3.8 Princípios heurísticos segundo Jakob Nielsen

Segue abaixo a relação dos 10 princípios heurísticos proposto por Nielsen (1990) com suas adaptações para a ventilação mecânica:

1 Visibilidade do Status do Sistema.

Ex.: Quando o ventilador está em espera, ele informa na tela? O ventilador informa quando o alarme foi ativado ou desativado?

2 Correspondência entre o sistema e o mundo real.

Ex.: O ventilador utiliza nomenclaturas dos modos e parâmetros ventilatórios seguindo as convenções atuais?

3 Controle do usuário e liberdade.

Ex.: Se por engano você mudar o modo ventilatório, o ventilador apresenta uma opção rápida de cancelar e voltar ao modo anterior? O ventilador permite ao usuário o controle dos ajustes, sem travar ou impedir alguma ação?

4 Consistência e padrões.

Ex.: O ventilador refere-se às ações comuns de acordo com as convenções atuais? (ajustar ou silenciar alarmes, medir mecânica, fazer calibração)

5 Prevenção de erros.

Ex.: O ventilador apresenta um botão de confirmação do tipo “confirmar” ou “aplicar”, antes que a alteração feita pelo usuário seja realizada?

6 Reconhecimento em vez de rechamada.

Ex.: O ventilador fornece orientações de acordo com o que você vai realizando na interface, como por exemplo determinadas ações como mudar de modo ventilatório, calcular mecânica respiratória ou colocar em modo de espera?

7 Flexibilidade e eficiência de utilização.

Ex.: O ventilador mecânico oferece teclas aceleradoras com fácil visualização e identificação para ações dos usuários como, por exemplo, ajustes pré-configurados dos modos ventilatórios, FIO₂ 100%, silenciar alarme?

8 Estética e design minimalista.

Ex.: O ventilador fornece apenas informações necessárias em sua tela de ajuste e monitorização?

9 Ajuda os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar erros.

Ex.: Quando algum alarme está tocando, você consegue identificar com facilidade qual o alarme foi ativado? Ao solucionar o alarme a interface do ventilador muda?

10 Ajuda e documentação.

Ex.: O ventilador oferece uma tecla “help” pra ajudar nas funções? O ventilador fornece relatórios sobre sua utilização, arquivos que possam ser registrados em prontuário, etc.?

3.9 Classificação da gravidade do problema

A classificação de gravidade dos problemas utilizada nesta pesquisa foi elaborada pelos pesquisadores, a fim de agrupar os problemas mais graves, e orientar a equipe sobre as mudanças mais emergenciais. O problema deve ser classificado de acordo com a necessidade da realização de correções. Portanto, as mudanças realizadas durante a segunda fase da pesquisa se concentraram predominantemente nos problemas de classificação importante e crítica (figura 6).

Figura 6. Classificação do problema por gravidade e indicação de correção.

CLASSIFICAÇÃO DO PROBLEMA	
1	Problema apenas estético
2	Problema mínimo (correção opcional)
3	Problema importante (correção indicada)
4	Problema crítico (correção necessária)

3.10 Escala visual analógica (e.v.a.) de usabilidade

Esta escala foi aplicada ao final de cada teste de avaliação de usabilidade durante a 3ª fase da pesquisa, para cada interface avaliada pelos usuários não *experts*, para avaliar a facilidade de uso do equipamento. A e.v.a. de usabilidade varia de 0 (zero – muito difícil de usar) a 10 (dez – muito fácil de usar) (ANEXO A) (GONZALEZ-BERMEJO; LAPLANCHE; HUSSEINI, *et al.* 2006).

3.11 Teste teórico

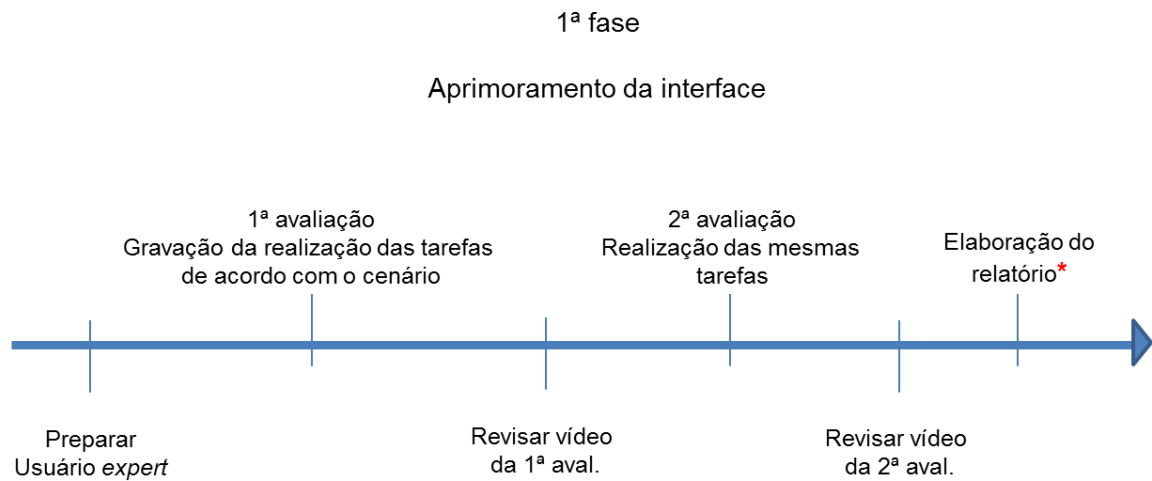
O teste teórico (APENDICE A) foi aplicado no início da 3ª fase objetivando esclarecimento de algumas condutas e dúvidas relacionadas à ventilação mecânica e homogeneizar conceitos atuais sobre a ventilação mecânica entre os usuários não *experts*.

Este momento teve como finalidade nivelar o conhecimento sobre ventilação mecânica dos usuários, para que a avaliação da usabilidade do ventilador mecânico pudesse ser menos interferida por este fator.

3.12 Execução da avaliação

Durante a 1ª fase a execução do processo de avaliação do ventilador pulmonar mecânico pelo método heurístico se deu da seguinte forma (figura 7):

Figura 7. Linha do tempo referente a realização dos procedimentos da 1ª fase.



*Principais pontos alterados e sugeridos; Princípios heurísticos infringidos; Classificação do problema.

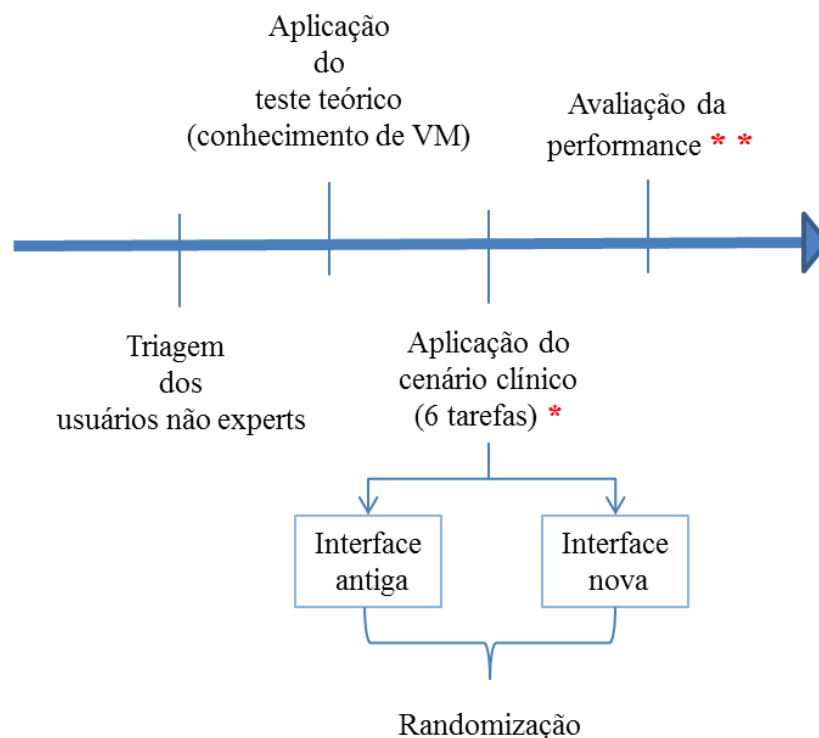
1. Explicou-se ao usuário expert todo o processo de avaliação do ventilador mecânico, e orientou-se ao avaliador desenvolver as tarefas destinadas utilizando o método “pensando alto” (*think-aloud*) (ERICSSON, SIMON, 2006), ou seja, realizando as habilidades/tarefas e comentando-as simultaneamente;
2. A realização das tarefas contida nos cenários foi documentada através de gravação de áudio e vídeo;
3. Em seguida, o usuário *expert* assistiu ao vídeo da resolução das suas tarefas, anotando os problemas relacionados ao ventilador. Este momento foi acompanhado pelo supervisor, que não realizou interferências;
4. Os passos 2 e 3 foram realizados novamente, de forma consecutiva;

5. Ao final, foi preenchido um relatório contendo as impressões do usuário *expert*, ou avaliador, quanto aos pontos fortes da interface e as oportunidades de melhorias, indicando os problemas, classificação da sua gravidade ou relevância, sugestão de melhorias, e os princípios heurísticos infringidos.

3.13 Execução dos testes comparativos com a nova interface (3ª fase)

Durante a 3ª fase a execução do processo de avaliação dos ventiladores pulmonares mecânicos se deu da seguinte forma (figura 8):

Figura 8. Linha do tempo referente as etapas da 3ª fase da pesquisa.



* Tarefas: Ligar o equipamento; Configurar o paciente; Ajustar a modalidade VCV; Mensurar a mecânica ventilatória; Ajustar a modalidade PCV; Ajustar a modalidade PSV

** Tempo de realização das tarefas, acertos das tarefas e EVA de usabilidade.

Utilizou-se somente o cenário clínico 1 da primeira fase, contendo 6 tarefas. As tarefas utilizadas para esta fase foram: Ligar, caracterizar o paciente no ventilador determinando seu peso ideal, ajustar corretamente a modalidade VCV, mensurar a mecânica ventilatória, ajustar as modalidades PCV e PSV. Cada tarefa tinha um tempo máximo de 180 segundos para ser concluída (GONZALEZ-BERMEJO, 2006)

Todos os testes comparativos foram realizados individualmente. Nenhuma informação sobre o manuseio dos equipamentos foi realizado antes, ou durante a aplicação dos testes comparativos, exceto que os aparelhos apresentavam a tecnologia *touch screen* e um botão que realizava a mesma função que o toque.

3.14 Método estatístico

Para a 1ª fase, avaliação da interface, somente foram apresentados os resultados de forma descritiva.

Os desfechos primários da pesquisa na 3ª fase (testes comparativos) consistiram no percentual de acertos ao final da realização das tarefas e no escore de EVA.

Os desfechos secundários foi o tempo (em segundos) utilizado pelo usuário para a realização da tarefa.

Aplicou-se o teste de Shapiro –Wilk para a avaliação das variáveis numéricas (escore de EVA e para tempo para a realização das tarefas) quanto a sua distribuição normal.

Para a comparação das interfaces, nova e antiga, quanto ao percentual de acertos nas tarefas, foi utilizado o teste exato de Fisher.

Para a comparação dos escores de EVA foi utilizado o teste t, pareado, bicaudal.

Para a comparação dos tempos de realização das tarefas, foi usado o teste t, não pareado.

Foi considerado um valor de $p < 0,05$ para significância estatística.

Os resultados foram expressos em tabelas com mediana e intervalo interquartil, ou porcentual, conforme apropriado.

3.15 Comitê de ética

A pesquisa seguiu os preceitos do CNS com base na Resolução 196/96, com aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Walter Cantídeo.

Número de protocolo: 034.04.11.

4 RESULTADOS

4.1 1ª fase

Participaram como usuários *experts* desta fase 08 profissionais de saúde (três médicos, três fisioterapeutas, dois enfermeiros).

Em todos os cenários os *experts* resolveram as tarefas propostas, assistiram aos seus vídeos, e então descreveram os problemas e as possíveis sugestões, designando os princípios heurísticos infringidos e classificando-os de acordo com a gravidade. As tabelas a seguir representam a descrição acima por habilidades.

Tabela 6. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários *experts* para a habilidade 3.

Habilidade 3			
Detalhamento da Tarefa: Ligar e desligar o equipamento			
Avaliadores	Problemas	Princ. Heurístico	Classif.
Avaliador 1	O aparelho demora para ligar e iniciar a calibração	1,7	2
Avaliador 2	Dificuldade em identificar botão de ligar o ventilador	2	3
Avaliador 3	O aparelho demora muito pra iniciar	7	2
Avaliador 4	A primeira mensagem ao ligar é rápida e em inglês	1,2,4	2
Avaliador 5	Dificuldade em saber a voltagem certa do aparelho (110 ou 220v?)	1	2

A demora para iniciar foi objeto de crítica pelos avaliadores e pela equipe de pesquisa. Além disso, na fase de inicialização a tela poderia mostrar uma mensagem e/ou mensagem de que o ventilador está na fase de inicialização (ocultar informações desnecessárias do sistema operacional)

Análise crítica

Tabela 7. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários *experts* para a habilidade 4.

Habilidade 4			
Detalhamento da Tarefa: Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros			
Avalladores	Problemas	Princ. Heurístico	Classif.
Avallador 1	Dúvida na tela se foi selecionado o modo desejado	5	2
	Ao se interromper e reiniciar a ventilação o ventilador não permite ao usuário rever os parâmetros do mesmo paciente	3	3
	Dificuldade em perceber que a sensibilidade estava a pressão	2,8	2
	Dificuldade em desligar a sensibilidade à pressão	5	3
Avallador 2	Dificuldade em encontrar ajustes da sensibilidade a fluxo	1	4
	O significado do botão "+" na tela de configuração do modo vcv não é intuitivo	2,8	2
	O que significa o "+" na tela de configurações do modo?	2,8	3
	Indicação se realmente o paciente esta em PSV na tela após ajuste	1,2,5,4	4
	Ajuste de 2 pressões na tela principal quando se necessita ventilar PSV	2,5	2
	Quando se aciona o "aplicar" não se registra a mudança se não estiver antes acionado o "enter", ou seja, confirmado (desnecessário 2x)	7	3
Avallador 3	Ajustes adicionais não são intuitivos (tecla "+")	2,7,8	3
	A sigla do peso está em inglês	2	2
	Achei desnecessária a barra de rolagem (ciclagem) da pressão de pico, pois já tem o valor da pressão de pico no canto superior direito	6,8	2
	Dificuldade em determinar peso pela altura; não é auto-explicativo	1,3,6	3
	Como saber se é peso ideal?	2,5,7	2
	Pressão média de via aérea desnecessária	8	1
Avallador 4	Barra na tela cognitiva separando pico da PEEP só confunde (da a entender que é pressão arterial)	8	2
	Apesar de inserir um novo paciente, os valores das tendências de outras situações (outro paciente) ainda ficam registrados	1	3
	Não se informa na tela do ventilador o tipo de umificação que está sendo usada	1,5	2
	Quando se aciona o "aplicar" não se registra a mudança se não estiver antes acionado o "enter", ou seja, confirmado (desnecessário 2x)	7	2
	Deveria ter um "local" só para PSV	1,2,4,5	4
	Não visualização dos ajustes de rise time e ciclagem	1,5,8	3
Avallador 6	Números de visualização na tela são pequenos	5	3
	Dificuldade em identificar mudança de SIMV para CPAP/PSV	1,2,4,5	3
	Deveria ser obrigatório informações ou comandos de calibração da máquina quando clicado em "novo paciente"	5	4

Habilidade 4

Detalhamento da Tarefa: Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros

Avaliadores	Problemas	Princ. Heurístico	Classif.
	Dificuldade em selecionar peso e paciente (masc. ou fem.)	5	4
	Tela de "configuração alarmes" muito parecida com a de "Ajustes". Modificar cores.	1,9,5,6,7	4
Avaliador 5	Tela de espera durante a fase de ajustes dos parâmetros, após ligar o equipamento, é desnecessária	8	1
	O painel principal consta de muita informação	9,7,3,5,10,2,1	4
	Barra de pressão pequena	9,8	2
Avaliador 7	Relação peso ideal x altura. A altura não é destacada como parâmetro chave. O equipamento induz o profissional a lançar o peso não considerando a altura	5	4
	A mudança de tela rápida dificulta a colocação de parâmetros	7	4
Avaliador 8	Na primeira vez que é utilizado, por um usuário sem treinamento prévio, as informações deveriam ser mais claras/explicativas	7	4

1. Foram recorrentes observações sobre o ajuste dos parâmetros com base no peso ideal. Na interface atual, o sistema não induz de modo claro a importância de levar em conta a altura do paciente. Trata-se de ponto muito relevante. Desenvolvemos um protótipo de interface que contempla esta questão (anexo 4.4).

2. Outro ponto recorrente foi a pouca disponibilidade de tempo para o usuário escolher o tipo de paciente, e os respectivos ajustes. Recomendamos que este tempo seja flexibilizado com sinalização para o usuário.

3. A tecla "+" nas telas de ajustes dos parâmetros de cada modo se mostrou pouco intuitiva. Recomendamos sua substituição pelos parâmetros em si (Ex.: Rampa) realmente necessários, ou usar o termo "demais ajustes". Achamos que "TGI" e "NEB" são ajustes transversais, ou seja, perpassam por todos os modos.

4. O modo PSV não é visualizado com facilidade pelo usuário, complicando seu ajuste. Faz necessário modificação da nomenclatura e/ou da disposição das opções na tela de seleção de modos, sendo importante incluir a sigla PSV (nome sugerido: PSV c/ Backup)

Análise Crítica

Tabela 8. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários *experts* para a habilidade 6

Habilidade 6			
Detalhamento da Tarefa: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes			
Avaliadores	Problemas	Princ. Heurístico	Classif.
Avaliador 1	O alarme demora a desativar automaticamente após ajustes	2,4	2
	Não identificação do motivo que levou ao alarme de pressão baixa	5	3
	Tocar sempre na tecla "aplicar" ao mudar parâmetros do alarme é desnecessário	5,7	3
	Sinalizar de forma clara que para aceitar as mudanças dos ajustes nos alarmes é necessário tocar na tecla "aplicar"	2,5	3
	Resposta lenta do aparelho ao comando de VC, f e VM. Demora para mudar após ajustado	2,4,7	4
	Tornar a tela mais sensível ao toque para resolução dos alarmes	3	4
	O alarme da apneia disparou com a frequência respiratória inferior a programada	4,5	4
	Os números pequenos dificultam a visualização dos parâmetros	1,5,9	4
	A tela possui muitos gráficos	5,8	3
	Na tela de configurações de alarmes: barra inferior, visualizada ao mudar os parâmetros, é desnecessária	8	1
Avaliador 8	O ventilador demora para cessar a retirada dos alarmes	4,7	2
	Ao abrir a tela de alarmes: um número já aparece em amarelo, e isso tende a induzir o profissional erroneamente	1,5,6,9	4
	Configuração do volume dos alarmes não visualizada facilmente	1,5,7	3
	Não identificado a utilização do número ao lado do alarme disparado (região superior da tela)	1,2,6	1
	A sinalização da quantidade de alarmes acionados é ruim	1,5,9,10	3
	A variação da escala do alarme do VC é muito alta (de 100mt em 100mt)	3,7	3
	Há demora no processamento dos ajustes realizados pelo profissional	1,5	4
	Para aceitação na mudança dos parâmetros de valores de alarmes é necessário muito APLICAR-APLICAR	1,5	4
	A barra vertical de pressão deveria representar valores de pressão insp. Máxima e mínima	7	2
	O tamanho da mensagem do alarme deveria ser maior para q a leitura seja mais rápida à distância	9	3
Avaliador 4	A segunda mensagem que aparece após a detecção do alarme inicial parece desnecessária porque o problema será resolvido no espaço de 1 minuto; isso confunde o operador	4	3
	Dificuldade de encontrar o ajuste do tempo de apneia, porque foge do padrão da tela	5,8,9	2
	Condensar o alarme da FIO2 na mesma tela, aumentando a área de apresentação para evitar "mais ajustes"	6,8	1
	Desnecessário o cronômetro da resolução do problema na barra superior	1,2,8	2

Habilidade 6

Detalhamento da Tarefa: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes

Avaliadores	Problemas	Princ. Heurístico	Classif.
	Não percebi o número ao lado do alarme acionado	1	1
Avaliador 6	Função do botão (número de alarmes) não ficou claro Atraso do ventilador na atualização dos parâmetros Ausência de ajuda na tentativa de identificar a causa do alarme	1 1,5 6,7	2 3 3
Avaliador 7	Quando aberta as janelas de alarmes, sempre o item "pressão inspiratória" aparece em destaque, "sugerindo" que o ajuste seja feito neste item Ausência da modalidade PSV O ícone de alarme de apneia não ganhou destaque Demora para aceitar os ajustes de parâmetros	1,5,7 4,5 5,8,9 1,5	3 4 3 3

Análise crítica Percebe-se que há lentidão na resposta de cessar o alarme em virtude das correções realizadas pelos avaliadores. Sugere-se que essas modificações sejam mais

Tabela 9. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários *experts* para a habilidade 7

Habilidade 7			
Detalhamento da Tarefa: Monitorar parâmetros de mecânica respiratória			
Avaliadores	Problemas Princ. Heurístico Classif.		
Avaliador 1	Dificuldade para visualizar pressão platô (apareceu no ciclo seguinte)	1,4,5	3
	Não consegui deixar a PEEP=0 para cálculo da autopeep, ficou igual a 1.	5	4
	Falta de clareza que devemos clicar na tecla "2" para visualizar a mecânica	1,5,8	2
	Dificuldade em identificar a tela com parâmetros da mecânica ventilatória	1,5,8	4
Avaliador 2	Indicador do auto-peep surge apenas após soltar o botão pausa expiratória	1	3
	Dificuldade em fixar pausa inspiratória (botão)	7	4
Avaliador 3	Falta de clareza e nomenclatura da tela cognitiva	1,2,8	3
	Curvas de monitorização deveriam não apresentar o sombreamento	8	2
	Difícil visualização da pressão platô	1,5	3
	Botão da mecânica respiratória é duro	Ergonomia	2
	Dúvida sobre o tempo necessário para mensuração da mecânica pulmonar	5,7	2
	Mecânica fracionada em duas telas dificulta visualização	1,7	4
Avaliador 4	Não se indica se há soma da peep com autopeep	7	4
	Tempo de pausa inspiratória aguardando aparecer o platô, o operador não sabe que vai surgir só quando solta o botão	1,7	4
	Qual a utilidade da resistência inspiratória ser medida continuamente. Acurácia?	8,5	1
Avaliador 6	Dificuldade em visualizar a tela de mecânica direta	5,2,4,7	3

O principal problema detectado foi a dificuldade para visualizar a tela de mecânica ventilatória e mensurar com segurança os valores de pressão de pausa e autopeep. Sugerimos agrupar as funcionalidade em uma única tela e um "help" sobre como medir a mecânica e significado dos resultados. (ex.: Ppausa >30cmH₂O e/ou AutoPeep > 10cmH₂O: risco para o paciente; deve haver ausência de esforço muscular respiratório para medida da pressão de pausa e auto-peep. A pausa na fase inspiratória seria automática, e de 2 segundos, e a pausa expiratória seria de 3 segundos, vindo na configuração de fábrica.

Análise Crítica

Tabela 10. Relação dos problemas, princípios e classificação pelos usuários *experts* para a habilidade 10

Habilidade 10			
Detalhamento da Tarefa: Acionar e ajustar VNI			
Avaliadores	Problemas	Princ. Heurístico	Classif.
Avaliador 3	não ficou claro a diferença entre pressão inspiratória e pressão de suporte	1, 3, 4, 5	3
	quanto de compensação de vazamento?	4, 9	2
	mesmo depois do ajuste, a curva de volume parece ter vazamento, pode parecer não está compensando	2, 5, 7	3
Avaliador 4	não conseguiu avaliar, ou seja, instalar CPAP na VNI	2,4,10	4
	todos os alarmes tocam por estar desconectado	1, 2, 5, 9	3
Avaliador 1	definir se o volume é o inspirado ou expirado	2, 3	2
	os alarmes de volume foram auto-desligado, porque?	5, 9	4
	não mostra a quantidade de vazamento	4, 9	3
	com a f zerada, a ciclagem estava sendo pelo Ti	5, 9	3
	VNI com SIMV e AC não tem muita utilidade	1, 2, 3, 5, 7	2
	permanece mostrando as duas pressões, mesmo com f zerada	1, 3, 4, 5	3
Análise crítica		Dificuldade em perceber a real pressão a ser ajustada	

4.1.1 Problemas vs Classificação

Agruparam-se os problemas de acordo com as habilidades estudadas. Analisado todas as habilidades, foram listados 93 problemas. De acordo com a classificação de gravidade dos problemas sugerida nesta pesquisa, 10 (10,75%) problemas foram classificados como estético, 30 (32,25%) como mínimo, 30 (32,25%) como importantes, e 23 (24,73%) como críticos. (tabela 11). Esta classificação orientou as mudanças mais emergenciais a serem realizadas na interface.

Tabela 11. Número de problemas encontrados pelos usuários experts, por habilidades, de acordo com a classificação de gravidade sugerida.

Classificação do problema					
Habilidades	Estético	Mínimo	Importante	Crítico	TO/TAL
3		3	1		4
4	2	11	9	9	31
6	4	6	14	8	32
7	1	4	4	6	15
10	3	6	2		11
TOTAL	10	30	30	23	93

3: Ligar e desligar o equipamento; 4: Ajustar ou alterar modos e seus parâmetros; 6: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes; 7: Monitorar parâmetros da mecânica ventilatória; 10: Acionar e ajustar o modo de ventilação não invasiva.

Em relação à habilidade 3 (H3: Ligar e Desligar o equipamento), foram listados quatro problemas, sendo a sua maioria considerados como “problema mínimo”, de acordo com a classificação de gravidade.

Na habilidade 4 (H4: Ajustar ou alterar modos e seus parâmetros), foram listados 31 problemas. Destes, nove (12,90%) foram descritos como “importante” e “crítico”.

Na habilidade 6 (H6: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes) foram encontrados 32 problemas, onde 14 (43,75)% foram considerados como importantes.

Na habilidade 7 (H7: Monitorar parâmetros da mecânica ventilatória) foram listados 15 problemas, em que seis (40%) foram descritos como “críticos”.

Na habilidade 10 (H10: Acionar e ajustar o modo de ventilação não invasiva), foram listados 11 problemas, seis (6%) considerados como “mínimos”.

4.1.2 Princípios heurísticos

A tabela 12 apresenta os princípios heurísticos que foram infringidos na interface segundo a avaliação pelos usuários experts para cada habilidade. Ao analisarmos a tabela, os *experts* designaram, ou relataram estarem infringidos, mais princípios para as habilidades 4 (Ajustar ou alterar modos e seus parâmetros) e 6 (Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes), um total de 67 e 66, respectivamente.

Tabela 12. Quantidade de princípios heurísticos infringidos de acordo com a habilidade avaliada. Habilidade 3: Ligar e desligar o equipamento; Habilidade 4: Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros; Habilidade 6: Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes; Habilidade 7: Monitorar parâmetros de mecânica respiratória; Habilidade 10: Acionar e ajustar o modo de ventilação não invasiva.

Princípio Heurístico	Habilidades					TOTAL
	Hab. 3	Hab. 4	Hab. 6	Hab. 7	Hab. 10	
1. Visibilidade do status do sistema	3	11	12	7	4	37
2. Correspondência entre o sistema e mundo real	2	10	5	2	5	24
3. Controle do usuário e liberdade		3	2		4	9
4. Consistência e padrões	1	3	5	2	5	16
5. Prevenção de erros		15	17	7	7	46
6. Reconhecimento em vez de chamada		3	4			7
7. Flexibilidade e eficiência de utilização	2	8	8	6	2	26
8. Estética e design minimalista		10	6	4		20
9. Ajuda os usuários a reconhecer/diagnosticar/recuperar erros		3	6		5	14
10. Ajuda e documentação		1	1		1	3
TOTAL	7	67	66	28	33	

Se avaliarmos os princípios em sua totalidade, destacam-se os princípios 5 (Prevenção de erro), 1 (Visibilidade do Status do Sistema) e 7 (Flexibilidade e eficiência de utilização) como aqueles mais infringidos.

4.2 2ª fase

Nesta fase, foram repassados e discutidos todos os relatórios preenchidos pelos usuários *experts*. A equipe responsável pelas mudanças na interface analisaram os problemas e sugestões, assim como os princípios heurísticos infringidos e a classificação dos problemas.

Foram necessárias 2 reuniões presenciais e 5 reuniões por teleconferência com toda a equipe de desenvolvedores da interface e de pesquisa. Foram realizadas as modificações das funcionalidades por ordem decrescente da classificação.

Nem todas as mudanças sugeridas puderam ser implementadas até a conclusão deste trabalho por razões de ordem técnica e de logística.

Abaixo, o comparativo, em relação às mudanças realizadas nas interfaces do ventilador pulmonar mecânico iX5[®].

Figura 9. Mudanças realizadas na interface nova a indicação do botão liga/desliga

Interface Antiga

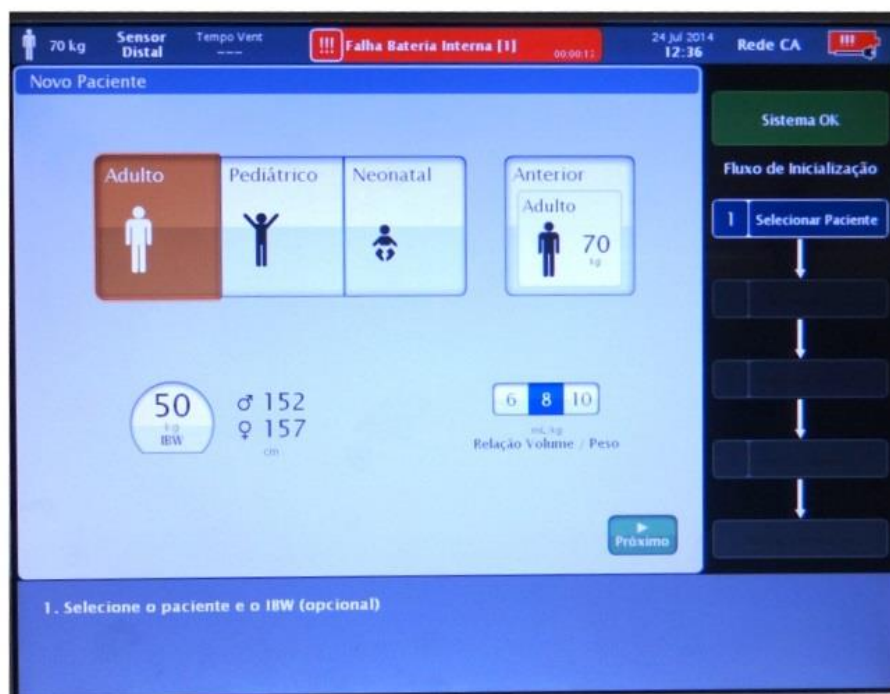
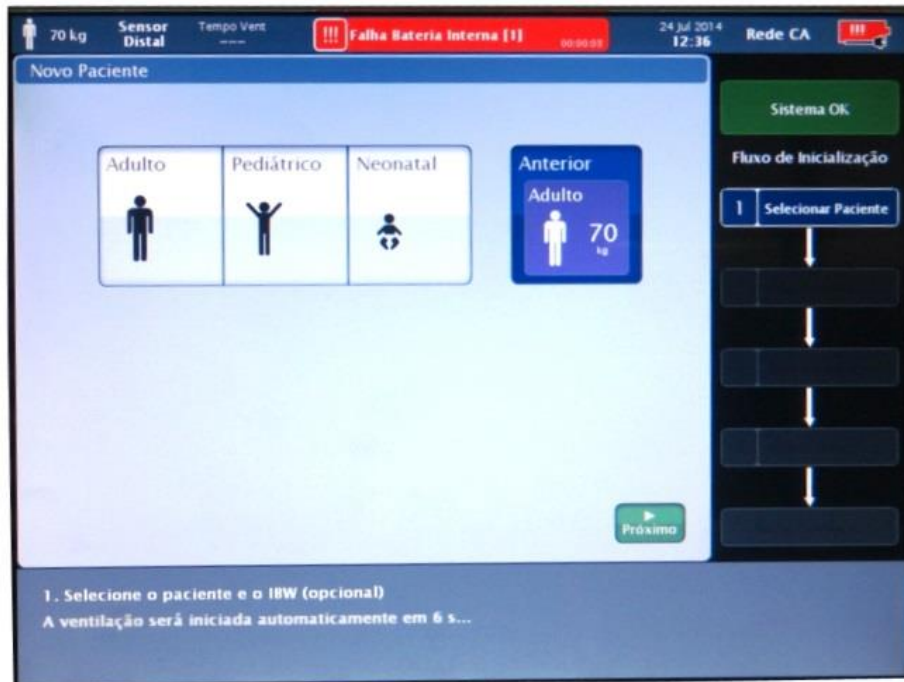


Interface Nova

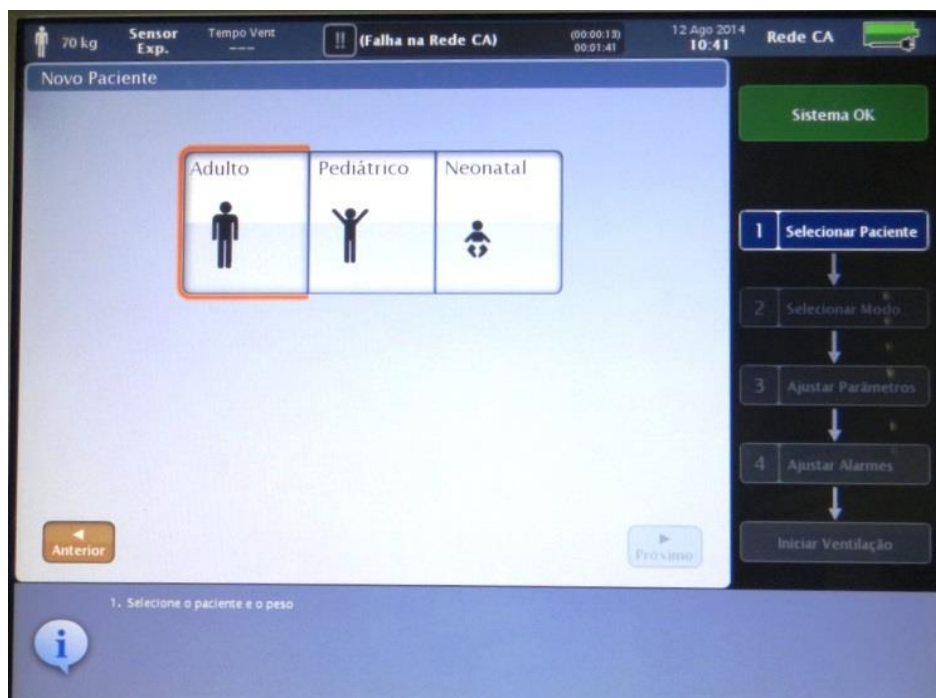
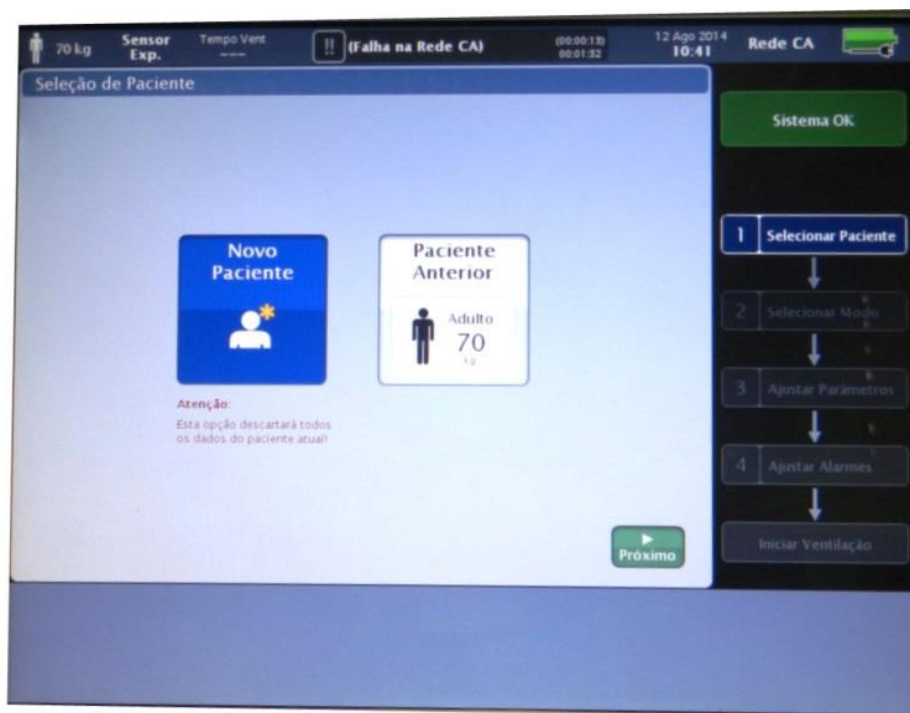


Figura 10. Mudanças realizadas na interface nova para a caracterização inicial do paciente

Interface Antiga



Interface nova



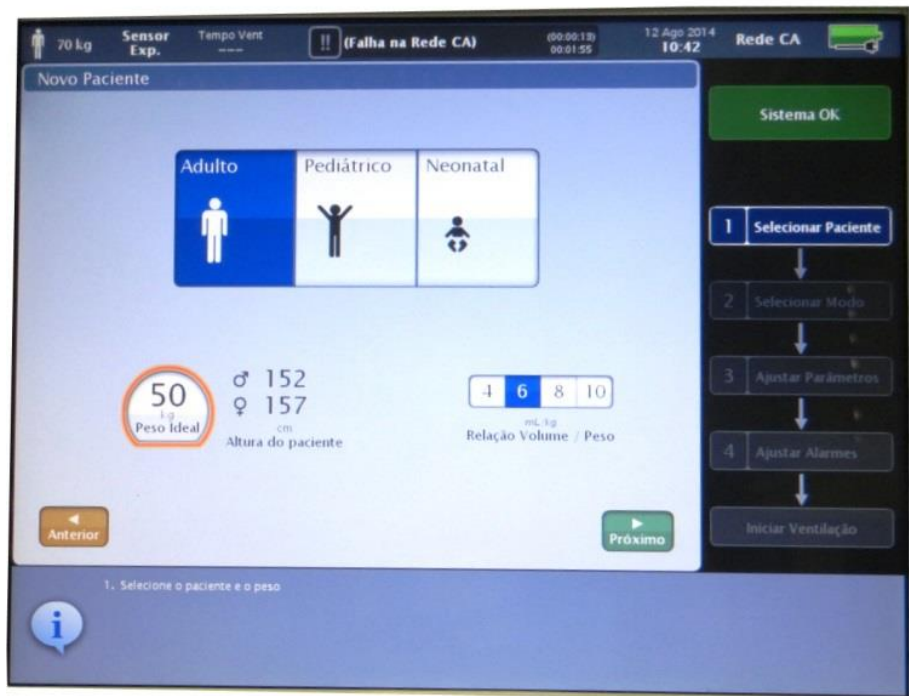
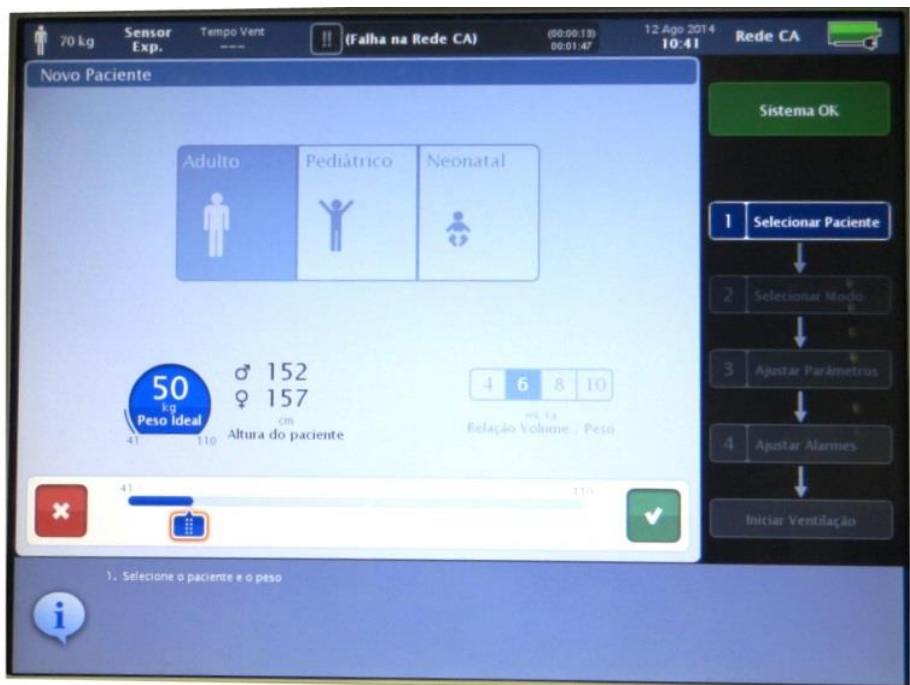
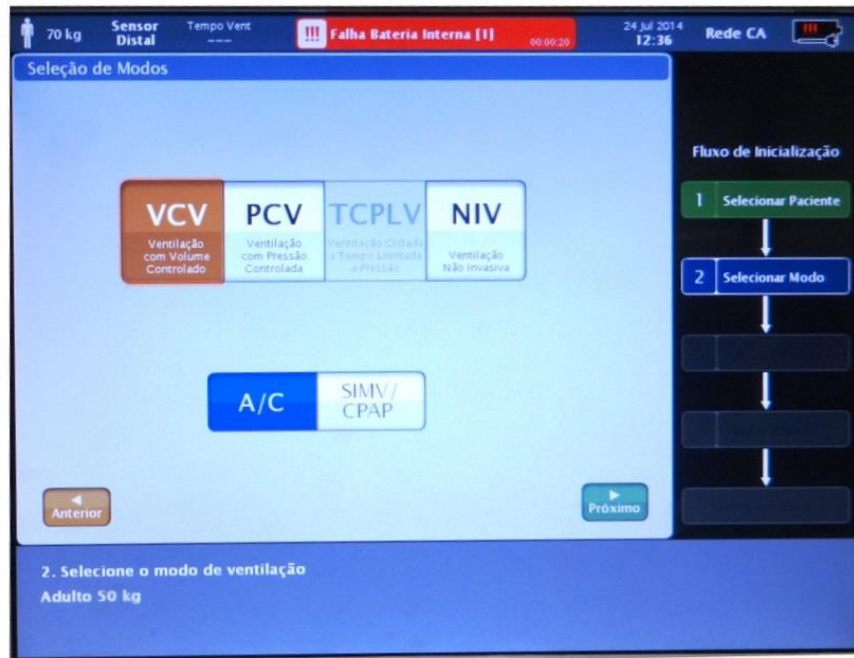


Figura 11. Mudanças realizadas na interface para a escolha de modos

Interface antiga



Interface nova

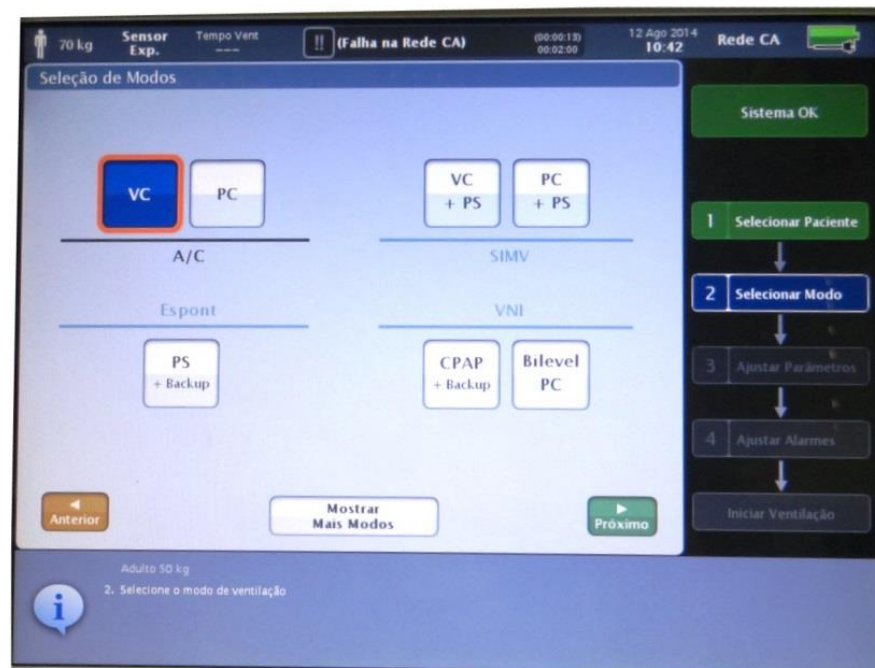
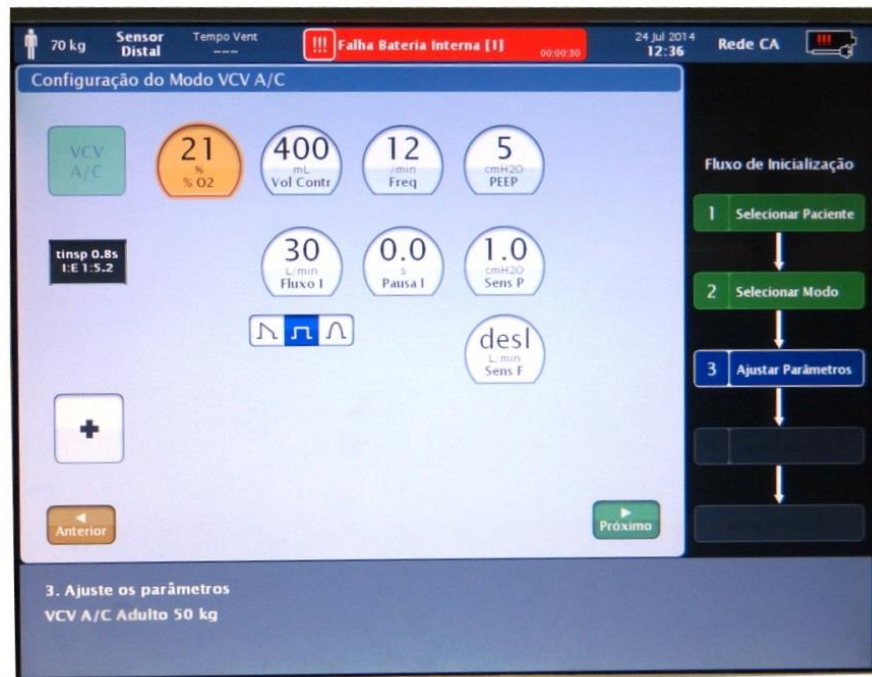


Figura 12. Mudanças realizadas na interface para os ajustes dos parâmetros no modo VCV

Interface antiga



Interface nova

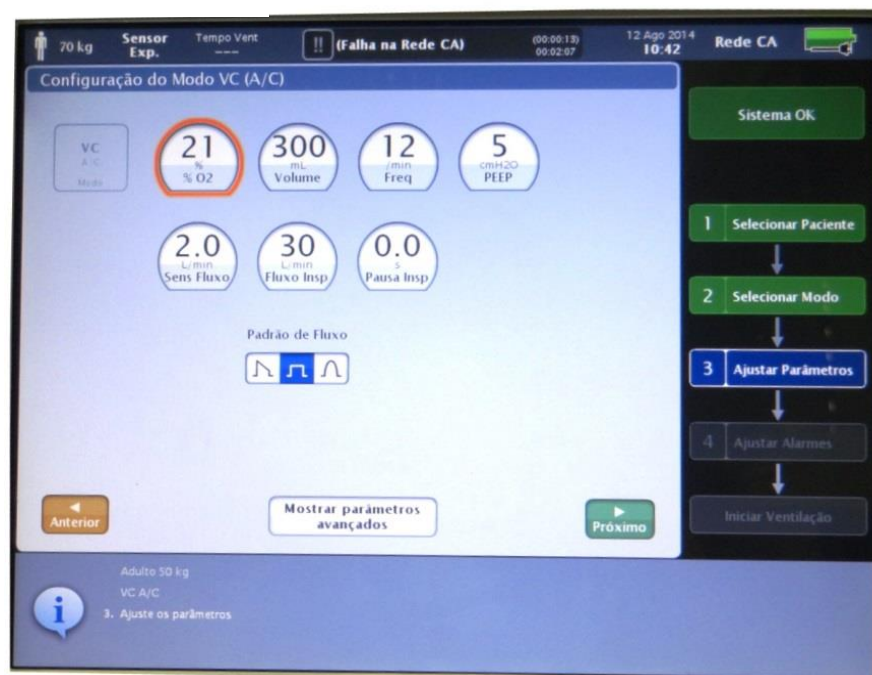
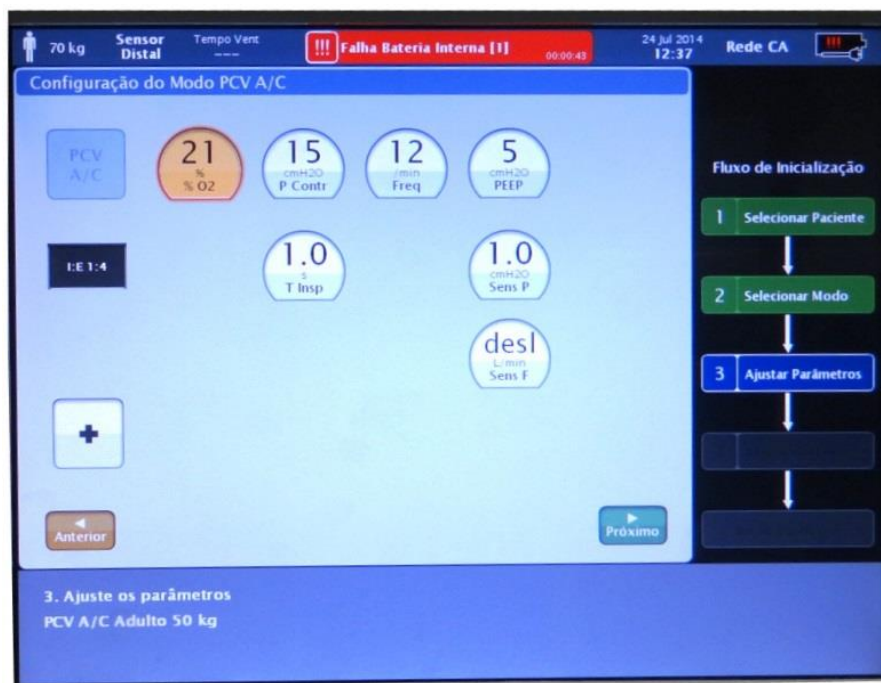


Figura 13. Mudanças realizadas na interface os ajustes de parâmetros no modo PCV
Interface antiga



Interface nova



Figura 14. Mudanças realizadas na interface os ajustes de parâmetros no modo PSV

Interface antiga

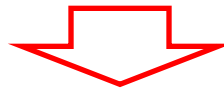


Interface nova



Figura 15. Mudanças realizadas na interface os ajustes na mensuração da mecânica ventilatória

Interface antiga



Interface nova

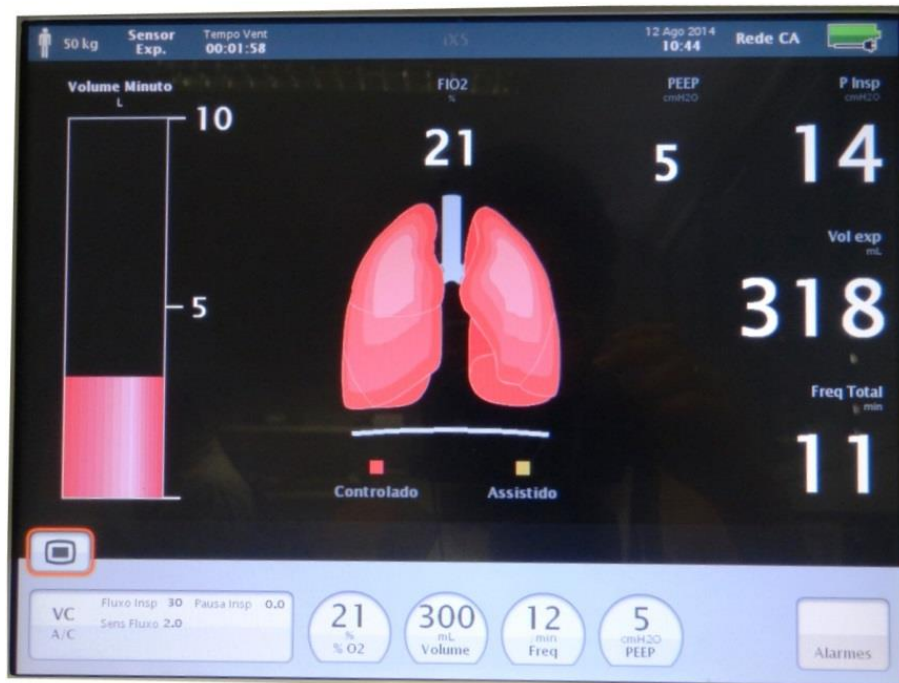


Figura 16. Mudanças realizadas na Tela cognitiva

Interface antiga



Interface nova



4.3 3ª fase

4.3.1 Resultados individuais

Participaram dessa fase 13 profissionais: 9 fisioterapeutas, 2 médicos e 2 enfermeiros.

Nas tabelas a seguir, da 13 a 25, encontram-se os resultados individuais dos profissionais relativos ao tempo de realização de cada tarefa em segundos, as tentativas de realização das tarefas, os acertos na suas execuções, e a nota, ou escore, de usabilidade de cada interface.

Tabela 13. Descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 1.

Tarefas	Professional 1 Desfechos			
	1ª vez (Interface nova)		2ª vez (Interface antiga)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	11	Sim	6	Sim
Ajuste do paciente	81	Não	20	Não
Ajuste VCV	169	Sim	122	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	x	Não
Ajuste PCV	114	Sim	53	Sim
Ajuste PSV	150	Sim	x	Não
Nota usabilidade (e.v.a.)	7		2	

Tabela 14. Tabela X. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 2.

Tarefas	Profissional 2 Desfechos			
	1ª vez (Interface antiga)		2ª vez (Interface nova)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	7	Sim	5	Sim
Ajuste do paciente	60	Não	32	Não
Ajuste VCV	163	Sim	77	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	71	Sim
Ajuste PCV	104	Sim	124	Sim
Ajuste PSV	x	Não	180	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	4		7	

Tabela 15. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 3.

Tarefas	Profissional 3 Desfechos			
	1ª vez (Interface antiga)		2ª vez (Interface nova)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	6	Sim	6	Sim
Ajuste do paciente	58	Não	76	Não
Ajuste VCV	x	Sim	5	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	91	Sim
Ajuste PCV	41	Sim	40	Sim
Ajuste PSV	x	Não	180	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	4		6	

Tabela 16. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 4.

Tarefas	Profissional 4 Desfechos			
	1ª vez (Interface nova)		2ª vez (Interface antiga)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	9	Sim	9	Sim
Ajuste do paciente	60	Sim	18	Sim
Ajuste VCV	180	Sim	120	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	97	Sim
Ajuste PCV	160	Sim	37	Sim
Ajuste PSV	150	Sim	180	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	9		8	

Tabela 17. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 5.

Tarefas	Profissional 5 Desfechos			
	1ª vez (Interface antiga)		2ª vez (Interface nova)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	31	Sim	5	Sim
Ajuste do paciente	4	Não	27	Não
Ajuste VCV	68	Sim	58	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	x	Não
Ajuste PCV	27	Sim	36	Sim
Ajuste PSV	x	Não	x	Não
Nota usabilidade (e.v.a.)	8		7	

Tabela 18. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 6.

Tarefas	Profissional 6 Desfechos			
	1ª vez (Interface antiga)		2ª vez (Interface nova)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	16	Sim	6	Sim
Ajuste do paciente	90	Sim	39	Sim
Ajuste VCV	170	Sim	44	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	x	Não
Ajuste PCV	60	Sim	95	Sim
Ajuste PSV	x	Não	90	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	3		5	

Tabela 19. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 7.

Tarefas	Profissional 7 Desfechos			
	1ª vez (Interface antiga)		2ª vez (Interface nova)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	84	Sim	4	Sim
Ajuste do paciente	85	Sim	37	Não
Ajuste VCV	x	Não	155	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	x	Não
Ajuste PCV	110	Sim	x	Não
Ajuste PSV	x	Não	68	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	0		5	

Tabela 20. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 8.

Tarefas	Profissional 8 Desfechos			
	1ª vez (Interface antiga)		2ª vez (Interface nova)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	43	Sim	3	Sim
Ajuste do paciente	20	Não	37	Sim
Ajuste VCV	97	Sim	67	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	87	Sim
Ajuste PCV	91	Sim	50	Sim
Ajuste PSV	162	Sim	58	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	8		9	

Tabela 21. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 9.

Tarefas	Profissional 9 Desfechos			
	1ª vez (Interface nova)		2ª vez (Interface antiga)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	123	Sim	14	Sim
Ajuste do paciente	88	Não	27	Não
Ajuste VCV	111	Sim	75	Sim
Mecânica ventilatória	159	Sim	74	Não
Ajuste PCV	180	Sim	108	Sim
Ajuste PSV	x	Não	x	Não
Nota usabilidade (e.v.a.)	5		3	

Tabela 22. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 10.

Tarefas	Profissional 10 Desfechos			
	1ª vez (Interface nova)		2ª vez (Interface antiga)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	40	Sim	40	Sim
Ajuste do paciente	49	Não	49	Não
Ajuste VCV	62	Sim	62	Sim
Mecânica ventilatória	95	Sim	95	Sim
Ajuste PCV	46	Sim	46	Sim
Ajuste PSV	113	Sim	113	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	4		5	

Tabela 23. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 11.

Tarefas	Profissional 11 Desfechos			
	1ª vez (Interface nova)		2ª vez (Interface antiga)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	47	Sim	45	Sim
Ajuste do paciente	98	Não	21	Não
Ajuste VCV	100	Sim	120	Sim
Mecânica ventilatória	64	Sim	x	Não
Ajuste PCV	84	Sim	67	Sim
Ajuste PSV	88	Sim	120	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	10		8	

Tabela 24. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 12.

Tarefas	Profissional 12 Desfechos			
	1ª vez (Interface nova)		2ª vez (Interface antiga)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	26	Sim	6	Sim
Ajuste do paciente	49	Não	46	Não
Ajuste VCV	124	Sim	67	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	x	Não
Ajuste PCV	116	Sim	116	Sim
Ajuste PSV	109	Sim	x	Não
Nota usabilidade (e.v.a.)	7		4	

Tabela 25. Tabela descritiva sobre o tempo de realização das tarefas, as tentativas de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface do profissional 13.

Tarefas	Profissional 13 Desfechos			
	1ª vez (Interface nova)		2ª vez (Interface antiga)	
	Tempo (s)	Acertos	Tempo (s)	Acertos
Ligar	91	Sim	4	Sim
Ajuste do paciente	60	Não	62	Não
Ajuste VCV	141	Sim	73	Sim
Mecânica ventilatória	x	Não	x	Não
Ajuste PCV	60	Sim	46	Sim
Ajuste PSV	60	Sim	44	Sim
Nota usabilidade (e.v.a.)	5		5	

As tabelas 26 e 27 apresentam os valores de medianas, com os respectivos interquartil (25% - 75%) e valores de p para o teste t, referente a 1ª e 2ª aplicação dos testes nas interfaces antiga e nova, para os desfechos em cada tarefa.

Tabela 26. Tabela com os valores das medianas sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface que foi utilizada pela primeira vez. *Não foi possível calcular o teste t devido a ultrapassagem do tempo limite de 180 segundos para a realização das tarefas.

Tarefas	Uso pela 1ª vez		Teste t
	Interface nova (n=6)	Interface antiga (n=7)	
	Tempo (s) (quartil 25-75%)	Tempo (s) (quartil 25-75%)	
Ligar	40 (40-99)	24 (23-40)	0,04
Ajuste do paciente	60 (60-82)	59 (59-78)	0,09
Ajuste VCV	124 (124-155)	130 (130-164)	0,41
Mecânica ventilatória	95 (95-127)	(X)	*
Ajuste PCV	114 (114-138)	76 (75-100)	0,44
Ajuste PSV	111 (111-140)	162 (162-162)	*

Tabela 27. Tabela com os valores das medianas sobre o tempo de realização das tarefas e os acertos das tarefas, para cada interface que foi utilizada pela segunda vez. *Não foi possível calcular o teste t devido a ultrapassagem do tempo limite de 180 segundos para a realização das tarefas.

Tarefas	Uso pela 2ª vez		Teste t
	Interface nova (n=7)	Interface antiga (n=6)	
	Tempo (s) (quartil 25-75%)	Tempo (s) (quartil 25-75%)	
Ligar	5 (5-5,8)	6 (6-11)	0,02
Ajuste do paciente	37 (37-39)	27 (27-38)	0,16
Ajuste VCV	63 (63-75)	120 (120-121)	0,75
Mecânica ventilatória	87 (87-89)	97 (97-130)	*
Ajuste PCV	50 (50-95)	67 (67-92)	0,55
Ajuste PSV	90 (90-180)	104 (104-135)	0,34

As tarefas de ajuste do VCV, mecânica ventilatória e ajuste do PSV necessitaram de maior tempo para serem executadas, independente se o equipamento foi utilizado na 1ª ou 2ª vez. Somente foi observado significância, independente da randomização das interfaces, para a tarefa de ligar ($p < 0,05$), com um tempo menor para a interface antiga.

As tabelas 28 e 29 apresentam os valores, em percentual, dos acertos para cada tarefa, juntamente com os valores do teste de Fisher.

Tabela 28. Relação dos acertos e erros para cada tarefa para as interfaces que foram utilizadas pela primeira vez.

Uso pela 1ª vez - Acertos				
Tarefas	Interfaces	Sim	Não	Teste de Fisher
Ligar	Antiga	100%	0%	*
	Nova	100%	0%	
Ajuste do paciente	Antiga	33%	67%	0,43
	Nova	14%	86%	
Ajuste VCV	Antiga	83%	17%	0,46
	Nova	100%	0%	
Ajuste da mecânica	Antiga	0%	100%	0,12
	Nova	43%	57%	
Ajuste PCV	Antiga	100%	0%	*
	Nova	100%	0%	
Ajuste PSV	Antiga	17%	83%	0,02
	Nova	86%	14%	

Para cada tarefa foi levada em consideração a correta conclusão da mesma. Percebeu-se que quando a interface nova foi utilizada pela primeira vez, esta obteve uma porcentagem acima de 50% para as tarefas de ligar, ajuste 50% do VCV, ajuste do PCV e ajuste do PSV, sendo significativa somente para a última tarefa ($p < 0,05$) (tabela 28).

Tabela 29. Relação dos acertos e erros para cada tarefa para as interfaces que foram utilizadas pela segunda vez.

Uso pela 2ª vez - Acertos				
Tarefas	Interfaces	Sim	Não	Teste de Fisher
Ligar	Antiga	100%	0%	*
	Nova	100%	0%	
Ajuste do paciente	Antiga	14%	86%	0,43
	Nova	33%	67%	
Ajuste VCV	Antiga	100%	0%	*
	Nova	100%	0%	
Ajuste da mecânica	Antiga	29%	71%	0,41
	Nova	50%	50%	
Ajuste PCV	Antiga	100%	0%	0,46
	Nova	83%	17%	
Ajuste PSV	Antiga	57%	43%	0,34
	Nova	83%	17%	

Em contrapartida, a interface nova quando utilizada pela segunda vez só não obteve porcentagem de acertos acima de 50% para a tarefa de ajustar o paciente. Nenhum resultado apresentou diferenças significativas (tabela 29).

Tabela 30. Mediana e interquartil para as notas de usabilidade de acordo com a escala visual analógica de usabilidade (n=13).

Interface antiga (interquartil 25-75%)	Interface nova (interquartil 25-75%)	Teste t pareado
4 (4-8)	7 (7-7)	0,08

Em relação a nota da escala visual analógica, a nova interface apresentou escore superior de usabilidade com uma tendência a significância estatística ($p = 0,08$).

5 DISCUSSÃO

O presente trabalho é o primeiro do gênero realizado no Brasil, sendo alguns aspectos da sua metodologia bastante inovadores. A pesquisa dividiu-se em 3 fases objetivando uma avaliação mais completa da usabilidade do ventilador mecânico.

Utilizaram-se como base para classificar os problemas encontrados nos equipamentos de ventilação mecânica os princípios heurísticos propostos por Jakob Nielsen. A interface foi avaliada por três categorias profissionais diferentes, *experts* e não *experts*: médicos, enfermeiros e fisioterapeutas, para caracterizar melhor a visão multiprofissional envolvendo o manuseio da ventilação mecânica.

Encontraram-se três trabalhos com metodologias similares que analisaram ventiladores pulmonares mecânicos quanto a sua usabilidade (GONZALEZ-BERMEJO, 2006; VIGNAUX, L. 2009; KATRE, D. 2010). Katre *et al.*(2010) basearam-se em três escalas (Nielsen, Zhang e Nielsen-Snheirderman) e elaboraram sua própria avaliação heurística direcionada para a avaliação de ventiladores mecânicos que tinham tecnologia *touch screen* (KATRE, 2010).

Gonzalez-Bermejo (2006) e Vignaux (2009) avaliaram de 7 a 11 ventiladores em relação às tarefas de ligar o equipamento, desbloquear o equipamento, ajustar e/ou mudar modos e parâmetros, ajustar alarmes, achar e ativar a pré-oxigenação e ajustar a modalidade PSV. Determinaram um tempo máximo de 180 segundos para a conclusão das tarefas, baseado no Comitê Francês de Assistência Respiratória Domiciliar, e utilizaram uma escala visual analógica para avaliar a facilidade de utilização do equipamento.

Todos estes três estudos acharam resultados similares. Perceberam que apesar da sofisticação dos equipamentos, ainda há falhas em suas interfaces, e que torna nítida a

necessidade de melhoria. Gonzalez-Bermejo *et al.* (2006) sugerem que os ventiladores mecânicos tivessem o mesmo procedimento de avaliação de eficácia que os medicamentos. Katre (2010) propõe que os ventiladores mecânicos sejam projetados de acordo com os princípios heurísticos.

Outro ponto comum em relação a esses trabalhos foi em relação a amostra dos avaliadores, sendo composta somente por uma categoria profissional da saúde, os médicos, que não foram definidos como *experts* e não *expert*. Isso pode se dar como uma limitação desses trabalhos, visto que há mais categorias profissionais que trabalham diretamente com os equipamentos de ventilação mecânica.

Esta pesquisa entendeu que para uma avaliação mais completa sobre os possíveis problemas de um ventilador mecânico seria necessário realizar testes com todas as categorias profissionais envolvidas no cuidado de pacientes em VM, como o fisioterapeuta e o enfermeiro, além do médico.

Contudo, viu-se a necessidade de se avaliar o desempenho dessa metodologia aplicada através de usuários *experts* e não *experts*.

Entendeu-se que, de acordo com os problemas, sugestões, classificação e princípios heurísticos infringidos, designados pelos *experts* durante a 1ª fase da pesquisa, as mudanças realizadas pela equipe de engenheiros durante a 2ª fase, o uso do equipamento poderia ser mais eficaz por qualquer usuário que interagisse com o ventilador mecânico durante a 3ª fase.

Em um estudo que avaliava os erros dentro de uma UTI, tendo como causas o planejamento, execução e vigilância, percebeu-se que 31% dos incidentes foram determinados como erros humanos, destes, 20% estavam relacionados ao sistema

respiratório, e ao analisar o risco de ocorrência de erros humanos ligados a intervenção técnica, a ventilação mecânica apresentava 26,4% de chances (BRACO, 2001).

Considerando que 40% a 50% dos pacientes que estão dentro de uma UTI fazem uso de um suporte ventilatório invasivo (AMIB, 2012), o risco de ocorrência poderá significar um número bem elevado, comprometendo cerca de 66% dos pacientes (BRACO, 2001).

Todos os problemas evidenciados durante a 1ª fase foram correlacionados com os princípios heurísticos. A quantidade de princípios infringidos não necessariamente foi proporcional aos problemas. Contudo, as habilidades que mais apresentaram princípios infringidos foram a 4 (Ajustar ou alterar modos ventilatórios e seus parâmetros) e 6 (Ajustar e reagir apropriadamente aos diferentes tipos de alarmes), com 67 e 66, respectivamente.

Os princípios mais infringidos foram o 5 (Prevenção de erro), 1 (Visibilidade do Status do Sistema), 7 (Flexibilidade e eficiência de utilização), 8 (Estética e design minimalista) e o 2 (Correspondência entre o sistema e mundo real).

Todos os princípios, de certa forma, estão interligados. Percebe-se que estes cinco (5 (Prevenção de erro), 1 (Visibilidade do Status do Sistema), 7 (Flexibilidade e eficiência de utilização), 8 (Estética e design minimalista) e o 2 (Correspondência entre o sistema e mundo real).) são fundamentais quando se refere a um ajuste correto da ventilação mecânica. Portanto, para se evitar qualquer tipo de erro, é necessário visualizar um caminho (ou mensagem) mais adequados.

Durante a 2ª fase, o estudo envolveu uma intensa e produtiva discussão entre a equipe de pesquisa: um médico, um fisioterapeuta e dois engenheiros especializados em ventilação mecânica.

Aqui de fato houve necessidade de se realiza uma atividade inter ou mesmo multidisciplinar, envolvendo a área de engenharia e da atenção a saúde.

Verificou-se que uma das grandes dificuldades inerentes a este trabalho diz respeito a pobreza na padronização de conceitos, terminologia e outros aspectos da VM.

Com o desenvolvimento crescente de novos aparelhos, e por sua vez das novas funcionalidades dos ventiladores mecânicos, é importante ressaltar que, apesar de muitos profissionais sentirem-se familiarizados com as nomenclaturas existentes, há uma necessidade de padronização da taxonomia utilizada, bem como uma melhor classificação e descrição dos modos ventilatórios e seus respectivos ajustes (CHATBURN, 2012; CHATBURN, 2007). Provavelmente, se uma avaliação de usabilidade já fosse validada, e fosse obrigatória a sua realização como forma de comprovar a eficácia da sua interface, buscando a padronização de alguns modos, parâmetros, curvas de ventilação, bem como a sua disponibilidade nas interfaces, muitos erros poderiam ser evitados.

Seria necessário, talvez, uma normatização para a organização das interfaces e da tela do ventilador que permitissem o seu manuseio adequado por qualquer profissional de saúde com experiência e conhecimento básico em ventilação mecânica, independente da marca ou do modelo de equipamento utilizado (LAURANCE, 2009). Isso tornaria o manuseio mais rápido, mais eficaz, com maior segurança para o profissional, e principalmente para o paciente.

Analisando os desfechos da 3ª fase, quanto ao tempo de execução das tarefas de acordo com o Comitê Francês de Assistência Respiratória Domiciliar (GONZALEZ-BARMEJO, 2006), percebe-se que as mais afetadas quanto a não conclusão, dentro do tempo limite de 180 segundos, foram as tarefas de mensuração da mecânica ventilatória e ajuste do modo PSV, principalmente quando na interface antiga.

Somente a tarefa de ligar obteve significância ($p < 0,05$) favorável para a interface antiga, em relação ao tempo de execução, quando usado pela 1ª vez. Contudo, vale ressaltar que a modificação realizada na interface nova implementou mais duas novas telas, resultando ao total de quatro, em contrapartida com a antiga que possuía somente duas.

Quanto aos acertos, somente a tarefa de ajuste do PSV atingiu o $p < 0,05$ quando da 1ª vez de uso, favorável a interface nova. A possibilidade para este resultado talvez se deva a mudança na nomenclatura para a modalidade PSV, minimização dos parâmetros em sua tela de ajuste, proporcionando menos confusão em sua terminologia.

Em relação ao escore de usabilidade (GONZALEZ-BARMEJO, 2006; VIGNAUX, 2009), a interface nova obteve valor maior, porém com uma tendência que pode ser confirmada se aumentado o número de participantes e a distribuição por categorias dos usuários não *experts*.

5.1 Limitações do estudo

É interessante observar que este é um estudo pioneiro quanto a nova metodologia empregada, portanto há uma escassez de artigos que a abordem. Vale ressaltar que o número de profissionais não *experts* está pequeno, observando-se uma necessidade de

maior equilíbrio na representação das categorias escolhidas (médicos, enfermeiros e fisioterapeutas).

Outra limitação é que a interface nova não foi testada novamente pelos usuários *experts*.

De certa forma, o número reduzido dos usuários não *experts* na 3ª fase pode comprometer os resultados do estudo.

É importante ressaltar, também, que há uma curva de aprendizado quando se utiliza a segunda interface, independente se ela tenha sido a interface antiga ou nova.

5.2 Implicações do estudo

A avaliação de interfaces de ventiladores pulmonares mecânicos por usuários *experts* mostrou-se factível. Alguns elementos são imprescindíveis para o teste: a parceria entre a equipe de desenvolvimento e de profissionais de saúde, a avaliação por simulação realista, e a realização subsequente de testes das novas funcionalidades por usuários não *experts*.

Com base nesta abordagem é possível caminhar no aperfeiçoamento da interface homem-máquina nos ventiladores mecânicos, de forma centrada nos principais usuários, e com grande potencial de prevenção de erros e melhor performance.

Apesar disso, a continuidade deve ser estendida a um número maior de situações críticas, de usuários e de novos ventiladores e funcionalidades.

É preciso observar, também, que há uma necessidade de como, e o quê, esta acontecendo a beira do leito, quais os principais eventos adversos e seu impacto na mortalidade dos pacientes, bem como a relação profissional-ventilador mecânico.

6 CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver uma nova metodologia de avaliação e implementação de melhorias na interface de um ventilador pulmonar mecânico de UTI segundo os princípios heurísticos.

- a) A usabilidade da interface do ventilador pulmonar mecânico permitiu avaliar a usabilidade, sendo identificadas oportunidades de melhorias, pelo não cumprimento dos princípios heurísticos de Jakob Nielsen, segundo a avaliação por usuários *experts*;
- b) Foram implementadas melhorias na interface com base na avaliação heurística dos usuários *experts*;
- c) A nova interface apresentou melhor performance quanto ao acerto do ajuste no modo PSV na interface nova durante a 1ª vez. Para as demais tarefas se requer uma melhor avaliação do processo.

7 REFERÊNCIAS

ABRAN, A. *et al.* Usability meanings and interpretations in ISO standards. **Software Qual J**, v. 11, p. 325–338, 2003.

BOND, R. R. *et al.* A usability evaluation of medical software at an expert conference setting. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 113, p. 383-395, 2014.

BRACCO, D. *et al.* Human errors in a multidisciplinary intensive care unit: a 1-year prospective study. **Intensive Care Med**, v. 27, p. 137-145, 2001.

CHAN, A. J. *et al.* Applying usability heuristics to radiotherapy systems. **Radiotherapy and Oncology**, v. 102, p. 142-147, 2012.

CHATBURN, R. L. *et al.* Determining the Basis for a Taxonomy of Mechanical Ventilation. **Respiratory Care**, v. 57, n. 4, april, 2012.

CHATBURN, R. L. Classification of Ventilator Modes: Update and Proposal for Implementation. **Respiratory Care**, v. 52, n. 3, march, 2007.

COWAN, N. The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 24, n. 3, p 87-185, 2001

DAVIDS, M. R.; CHIKTE, U. M. E; HALPERIN, M. L. An efficient approach to improve the usability of e-learning resources: the role of heuristic evaluation. **Adv Physiol Educ**, v. 37, p. 242–248, 2013.

ISO 9241

DRINKER, P.; SHAW, L. An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration. **JAMA**, 1929.

ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. Protocol Analysis: Verbal Reports as Data. Cambridge, MA: MIT Press, 1984.

DUMAS, J. S.; SALZMAN, M. C. Usability assessment methods. **Rev Hum Factors Ergonomics**, v. 2, p. 109–140, 2006.

GONZALEZ-BERMEJO, J. *et al.* Evaluation of the user-friendliness of 11 home mechanical ventilators. **Eur Respir J**. v. 27, p. 1236–1243, 2006.

GRAHAM, M. J. *et al.* Heuristics evaluation of infusion pumps: implications for patient safety in intensive care units, **International Journal of Medical Informatics**, v. 73, p. 771-779, 2004.

JASPERS, M. W. M. A. comparison of usability methods for testing interactive health technologies: Methodological aspects and empirical evidence, **International Journal of Medical Informatics**, v. 78, p. 340-353, 2009.

JEFFRIES, R. *et al.* User interface evaluation in the real world: a comparison of four techniques. In: *Proceedings of the 1991 CHI conference on Human Factors in Computing Systems*. New Orleans, LA: ACM, 1991, p. 119–124.

JOINT COMMISSION. Preventing ventilator-related deaths and injuries. **Sentinel Event Alert**. v. 25, feb, 2002.

JOHNSON, C. M.; JOHNSON, T. R.; ZHANG, J. A user-centered framework for redesigning health care interfaces. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 38, p. 75-87, 2005.

KATRE, D.; BHUTKAR, G.; KARMARKAR, S. Usability Heuristics and Qualitative Indicators for the Usability Evaluation of Touch Screen Ventilator Systems. **IFIP AICT** 316, p. 83–97, 2010.

HIX, D.; HARTSON, H. *Developing user interface, ensuring usability through product & process*. New York. John Wiley & sons, Inc, 1993;

HOLANDA, M. *et al.* Heuristic Evaluation of ICU Mechanical Ventilators: A New Methodology for the Design of User Centered Interfaces. **Chest**. v. 144, n. 4(Meeting Abstracts), p. 544A, october, 2013. doi:10.1378/chest.1704584

HUDSON, J. *et al.* Usability testing of a prototype Phone Oximeter with healthcare providers in high- and low-medical resource environments. **Anaesthesia**, v. 67, p. 957–967, 2012.

LAURENCE, V.; DIDIER, T.; PHILIPPE, J. Evaluation of the user-friendliness of seven new generation intensive care ventilators. **Intensive Care Med**, v. 35, p. 1687–1691, 2009.

MANUFACTURER AND USER FACILITY DEVICE EXPERIENCE. Food and Drug Administration. United States of America. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfMAUDE/search.CFM>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2014.

MARODIN, G.; GOLDIN, J.R. Confusões e ambiguidades na classificação de eventos adversos em pesquisa clínica. **Rev Esc Enferm**, v. 43, n. 3, p. 690-6, 2009.

NIELSEN, 2012. <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic Evaluation of user interfaces. **CI-II 90 procees&ngs**. Abril, 1990.

NIELSEN J. Nielsen Norman Group. Ten Usability Heuristics (online). <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. 1995. [10 julho 2013].

NIELSEN, J. How many test users in a usability study? (online). <http://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>. 2012 [10 julho 2013]

NIELSEN, J. Finding usability problems through heuristic evaluation. **CHI**, p. 3-7, May, 1992.

PICKERING, B. W. *et al.* The effect of cognitive load on provider performance, error and omission in a simulated ICU environment. **AMIA 2010**.

PILBEAM, S. P. Mechanical Ventilation 2nd Ed. ©1992 Mosby-Year Book, Inc.

RICHARD, J. C. M.; KACMAREK, R. M. ICU mechanical ventilators, technological advances vs. user friendliness: the right picture is worth a thousand numbers. **Intensive Care Med**, v. 35, p. 1662–1663, 2009.

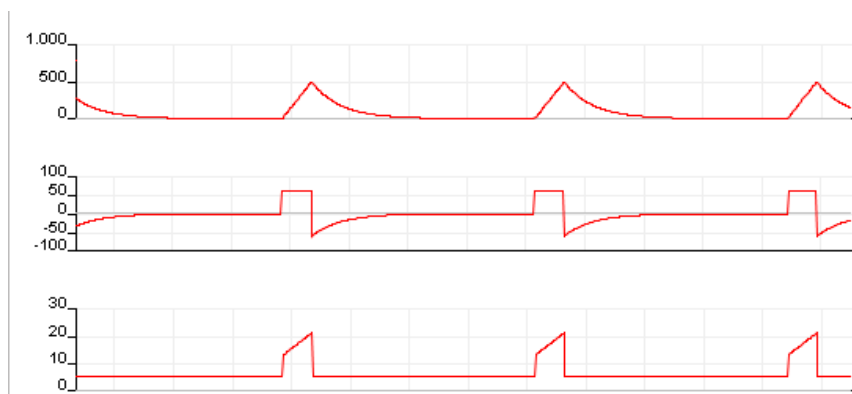
SOUSA, N. P.; CARVALHO, A. K.; HOLANDA, M. A. Ventilador versus profissional de saúde versus paciente, hora de conversarmos!. Xlung. Disponível em: <http://xlung.net/articles/14>. Acesso em: 03 mai 2014.

VIGNAUX, L.; TASSAUX, D.; PHILIPPE, J. Evaluation of the user- friendliness of seven new generation ICU ventilators. **Intensive Care Med**, v. 35, p. 1687-1691, 2009.

ZHANG, J. *et al.* Using usability heuristics to evaluate patient safety of medical devices. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 36, p. 23–30, 2003.

APENDICE A – Teste teórico

- 1) Quais recomendações dos ajustes iniciais para o paciente com insuficiência respiratória aguda que está intubado?
Modo:
Parâmetros:
- 2) Como deve ser ajustado o volume corrente na ventilação mecânica para um paciente de 1,70 com 80 kg do sexo masculino?
- 3) Quais os parâmetros de monitorização da mecânica respiratória na ventilação controlada?
- 4) Quais parâmetros de ajustes na modalidade PCV?
- 5) Como se deve proceder para mudar do modo VCV para PCV?
- 6) Quais os parâmetros de ajustes do modo PSV?
- 7) O paciente está sendo ventilado no modo VCV. Identifique as curvas de ventilação mecânica abaixo.



ANEXO 1 – Escala visual analógica para avaliação de facilidade de manuseio