

# SIMON: SISTEMA DE MONITORAÇÃO VENTILATÓRIA E AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO

## SIMON: VENTILATORY MONITORING SYSTEM AND AID DIAGNOSIS

Caroline Leitão Riella<sup>1</sup>  
Leonel Teixeira Pinto<sup>2</sup>

Data de entrega dos originais à redação em: 30/09/2015  
e recebido para diagramação em: 08/09/2016

*A ventilação mecânica é a forma mais avançada de suporte à vida. Em pacientes críticos doentes, os fatores associados às decisões que permeiam o ato de ventilar são determinantes na antecipação da morte do paciente e/ou chance de vida. Este estudo tem por objetivo desenvolver uma ferramenta que, ligada ao respirador, analisa os dados obtidos por este, armazenando-os em um banco de dados, emitindo alarmes em situações de emergência, e auxiliando os profissionais na tomada de decisões. O desenvolvimento desta ferramenta teve como colaboração doze profissionais intensivistas quanto à elegibilidade das variáveis pertinentes à monitoração dos pacientes em assistência ventilatória, através de um questionário de variáveis divididas quanto: mecânica respiratória, troca gasosa, sinais vitais e função respiratória. A base de dados de 150 pacientes permitiu a incorporação da ferramenta mais próxima do cenário real, além da motivação contínua no processo de aprendizagem, conhecimentos gerais e especializados, interdisciplinariedade e habilidades na tomada de decisão. O mesmo permite ainda, como ferramenta científica, pesquisas a partir destes dados armazenados. Com a possibilidade de análise de dados em tempo real, todo o histórico do paciente submetido à ventilação mecânica pode ser minuciosamente acompanhado, inclusive com a descrição de todas as intervenções e seus resultados. Fez-se possível desenvolver equações indicadoras de patologias respiratórias como Edema Agudo de Pulmão, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica e Pneumonia, relatórios e gráficos de pacientes com estas patologias e como as mesmas se comportam durante a evolução do paciente em assistência ventilatória. Esta ferramenta pode contribuir para pesquisas científicas vigentes na área para estudos de caso e análises estatísticas.*

*Palavras-chave: Ventilação Mecânica. Monitoração Ventilatória. Ferramenta de Ensino.*

*Mechanical ventilation is the most advanced form of life support. In critically ill patients, the factors associated with decisions that underlie the act of venting are critical in the anticipation of death and/or chance of life. This study aims to develop a tool which, connected to the respirator, analyzes the data obtained, by storing them in a database, sending alarms in emergency situations and thus helping professionals in decision-making. The development of this tool counted with the collaboration of twelve critical care professionals on the eligibility of variables for monitoring patients on mechanical ventilation, using a questionnaire with variables classified as: respiratory mechanics, gas exchange, vital signs and respiratory function. The 150 patient database allowed the incorporation of a tool which is closer to the real scenario, and the ongoing motivation in the learning process, knowledge and expertise, interdisciplinarity and skills in decision-making. It also allows, as a scientific tool, searches from those stored data. With the possibility of real-time data analysis, the entire history of the patient undergoing mechanical ventilation can be closely monitored, including the description of all interventions and their results. It made possible to develop indicator equations of respiratory diseases such as Acute Lung Edema, Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Pneumonia, reports and charts of patients with these diseases and how they behave during the evolution of patient ventilatory assistance. This tool can contribute to current scientific research in the area for case studies and statistical analyzes.*

*Keywords: Mechanical Ventilation. Ventilatory Monitoring. Teaching Tool.*

### 1 INTRODUÇÃO

A ventilação pulmonar mecânica é a substituição da respiração mecânica de um paciente quando o mesmo não realiza ou não é capaz de realizá-la de forma espontânea, no momento. A ventilação é de extrema importância para o tratamento de pacientes em estado crítico em unidades de terapia intensiva (TURRIN, 2011).

O ato de ventilar consiste em empurrar gases para dentro do pulmão de forma controlada através de uma pressão inspiratória ou volume inspiratório determinado (TURRIN, 2011).

Porém, o controle deste nível de pressão ou volume durante a inspiração do paciente pode ser

dificultado por lesões internas desconhecidas e/ou diferentes conforme cada paciente.

A monitorização durante a ventilação mecânica permite o acompanhamento dos parâmetros respiratórios. A acurácia desta interpretação baseada num banco de dados pode ajudar na caracterização da patologia de cada paciente e na interpretação dos diferentes componentes do sistema respiratório (GARCIA-PIETRO; RODRIGUES & ALBAICETA, 2014).

O uso de ferramentas computacionais de ensino em saúde justifica-se pela informação complexa e imprecisa quanto aos processos de tomada de decisão, inclusive no ato de ventilar um paciente. A possibilidade

1 - Pós Graduação em Engenharia Química - UFSC.

2 - Departamento de Engenharia Química - UFSC.

de uso destas ferramentas oferece novas formas de material didático, bem como a inclusão de arquivos de som, imagens e vídeos de maneira interativa (BARBOSA; MARIN, 2008).

Os cuidados intensivos representam grande desafio aos profissionais de saúde e estudantes. Além da complexidade da situação de saúde dos pacientes que se encontram neste cenário assistencial, os estudantes e profissionais da saúde precisam de noções básicas de monitoração de equipamentos que traduzem os parâmetros clínicos dos pacientes, compreender a complexidade da demanda assistencial e exercitar a articulação de tomadas rápidas de decisão, com toda uma bagagem de conhecimento previamente adquirido e crescente. O cenário clínico de pacientes em respiração artificial geralmente se apresenta como um local intenso de ritmo de trabalho, em instabilidade clínica e em risco de morte. Entretanto, apesar da variedade de situações clínicas que podem ser vivenciadas, nem sempre é possível ter controle sobre os tipos de experiência e/ou condições de habilidade, que aliadas à indisponibilidade de recursos didáticos necessários ao aprofundamento do conhecimento, podem acarretar na não sustentação teórica e lógica, apropriada às decisões (BARBOSA; MARIN, 2008).

Na medicina, a tecnologia desenvolvida em simulação cresce largamente para que estudantes e profissionais da saúde aprendam procedimentos invasivos. Por constituir uma tendência mundial, o uso de simuladores no âmbito médico tem por objetivo evitar os erros potenciais nos processos invasivos, o desconforto dos pacientes, e os riscos inerentes ao procedimento realizado (COLT; CROWFORD; GALBRAITH, 2001).

Baseado neste contexto aprendizado-teórico segue-se a proposta de determinar o uso de um sistema de Monitorização Ventilatória que, mantendo registrados todos os parâmetros clínicos do paciente e possibilitando estudos de caso e análises estatísticas, pode ser utilizado para o aprendizado das habilidades técnicas e avançadas necessárias ao manejo do paciente crítico em respiração artificial.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A ventilação mecânica pode provocar danos alveolares irreversíveis nos pulmões. Lesões alvéolo-capilares, alterações na permeabilidade e edema tem sido algumas das lesões mais decorrentes da falta de padrões ventilatórios.

Na prática clínica o estresse ventilatório causado pela ventilação mecânica conhecida como “convencional” é diretamente relacionada à falta de estudos acerca. Largas variações de suscetibilidade de cada indivíduo e o aparente sucesso na ventilação baseada em uma única estratégia geram resultados aceitáveis de oxigenação para o paciente porém causam efeitos devastadores em outros casos.

Algumas variáveis importantes na ventilação do paciente não são obtidas, em tempo real, pelo respirador, mas são de suma importância para a monitoração do mesmo.

Os parâmetros respiratórios mais comuns avaliados na ventilação mecânica são: SatO<sub>2</sub> (Saturação de oxi-hemoglobina), PaCO<sub>2</sub> (Pressão arterial de Gás

Carbônico), FiO<sub>2</sub> (Fração inspirada de oxigênio, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (índice de Tobin), PEEP (Pressão Positiva Expiratória Final), VC (Volume corrente espontâneo), VM (Volume minuto espontâneo), Pimax (Pressão inspiratória máxima), FR (Frequência respiratória).

Diversas situações clínicas estão associadas a distúrbios do equilíbrio ácido-base, e devem ser levadas em consideração conforme a patologia dos pacientes. Desta forma, para compreensão da ventilação mecânica faz-se necessário o conhecimento do distúrbio no equilíbrio ácido-base, determinado através do Ph. Acidemia corresponde ao pH do sangue arterial menor que 7,36 (H<sup>+</sup> > 44 nmol/L) e alcalemia corresponde ao pH do sangue arterial maior que 7,44 (H<sup>+</sup> < 36 nmol/L).

O impacto da ventilação mecânica sobre os pulmões dos pacientes ventilados artificialmente está relacionado com a capacidade de guiar os ajustes da ventilação. O desenvolvimento do conceito ventilação-associada ou ventilação-induzida pela injúria pulmonar tem causado uma larga onda de prevenção de patologias associadas. Diversas pesquisas tem tido como objetivo de seus trabalhos as medições e mensurações de parâmetros ventilatórios (HAGER et al., 2005; TERRAGNI et al., 2007).

A fim de se diminuir a margem acerto-erro sobre a ventilação de pacientes críticos, o uso de ferramentas como os computadores vem tomando espaço no auxílio à tomada de decisões ou no processo de tomada de decisão, utilizando-se da representação do conhecimento disponível sob um domínio particular, de forma que estas funções sejam executadas com base em um conhecimento representado por algum formalismo (ROQUE-SPECHT, 2002).

Na construção do conhecimento, as novas tecnologias têm evoluído com muita rapidez e já desempenham papel preponderante como elemento transformador quanto ao modo de acessar e organizar as informações, colocando novos desafios pedagógicos na tarefa de auxiliar e organizar novos conhecimentos (DOWBOR, 2001).

O uso de recursos atuais da tecnologia da informática traz novas formas de ler, escrever, pensar e agir. À medida que o usuário recebe as informações no computador, ele interpreta, se renova, se modifica, desenvolvendo seu processo de construção e elaboração do conhecimento. Assim, nesse processo, a cognição é entendida como prática e não como representação (MELO; DAMASCENO, 2005).

Algumas patologias mais frequentes possuem variâncias significativas na forma de ventilar estes pacientes e representam grande parte do empirismo quanto ao prognóstico respiratório dos pacientes. Algumas destas patologias como trauma cranioencefálico (TCE), doenças cardíacas e a Síndrome do Desconforto Respiratório do Adulto (SARA) necessitam de parâmetros ventilatórios específicos e diferenciados para que haja sucesso na ventilação mecânica.

Algumas considerações a respeito da ventilação destes pacientes caem sobre valores importantes de ventilação.

A exemplo, no paciente com TCE as variações de monitoração de parâmetros como o PEEP (pressão expiratória final nos alvéolos) podem causar, uma

redução do débito cardíaco, prejudicando sobremaneira o paciente ventilado artificialmente e um aumento da PIC (pressão intracraniana, não favorável à patologia (CARICATO et al., 2005).

No paciente cardíaco a ventilação mecânica em sido fortemente utilizada neste pacientes com falência cardíaca (SAKAKIBARA et al., 2010).

E por fim, os pacientes respiratórios com SARA, por exemplo, são bastante resistentes ao tratamento em ventilação mecânica, a hipótese de um dano pulmonar por uma hiperdistensão do pulmão relacionada a um grande volume pulmonar e pressões elevadas resultam em injúria pulmonar grave e levam a áreas colapsadas. A esperança de estratégias de ventilação podem evitar esta hiperdistensão pulmonar e o colapso alveolar, reduzindo o índice de falhas e o risco de morte (LORING; MALHOTRA, 2015).

### 3 METODOLOGIA

Para auxiliar o processo de ventilação, principalmente em situações de emergência/urgência é viável a utilização de uma ferramenta computacional, que pode reduzir o período de ventilação permitindo ao profissional da saúde mais tempo para o cuidado humanizado.

Antes da avaliação e levantamento das variáveis necessárias ao processo de tomada de decisão, foi estabelecido um fluxo das atividades envolvidas na fase de monitoração do paciente, que compreende o bom acompanhamento ventilatório dos pacientes críticos de Unidades de Terapia Intensiva. Para tanto, as variáveis utilizadas na qualificação do estado do paciente foram:

- sinais vitais: FR, FC, PA. Considerando o mínimo de sinais essenciais na monitoração de um paciente em ventilação mecânica;
- conforto do paciente (padrão respiratório, tiragens intercostais, uso de musculatura acessória, nível de consciência);
- gasometria: PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, pH;
- oximetria: SatO<sub>2</sub>; e
- parâmetros do ventilador: alerta da modalidade ventilatória (controlada, assistida, espontânea) e alerta de parâmetros.

O processo de monitoração é um processo cíclico e contínuo. Na definição dos parâmetros ventilatórios errados, retorna-se à verificação do estado do paciente ou encerra-se o processo seguindo os passos para possível retirada do paciente da ventilação mecânica.

O principal objetivo do software "SIMon" é o monitoramento dos dados medidos pelo aparelho ventilador mecânico durante a assistência ao paciente, através da emissão de um sinal sonoro quando um ou mais parâmetros encontram-se fora dos limites mínimos ou máximos pré-determinados. As variáveis mensuradas dos pacientes ficam arquivadas em um Banco de Dados, e podem ser utilizadas em análises de interesse dos profissionais da saúde responsáveis pelo acompanhamento do paciente.

O *software* possui vários relatórios e gráficos prontos, desenvolvidos para análise de variáveis monitoradas, como, por exemplo, valores máximos,

mínimos e médios: gráficos de parâmetros individuais em um grupo para períodos de tempo longos ou curtos. Além dos relatórios e gráficos existentes no sistema, o usuário pode criar, com extrema facilidade, quantos relatórios ou gráficos forem de seu interesse. Trata-se de uma ferramenta especialmente desenvolvida para permitir aos usuários sem conhecimento de programação, analisar dados de um banco de dados criando gráficos e relatórios que podem incluir equações matemáticas envolvendo esses dados.

Os parâmetros medidos pelo *software* são: FiO<sub>2</sub>, FR, VC<sub>e</sub>, Te, Ti, PEEP e P<sub>máx</sub>.

Estes dados são enviados pelo respirador para o computador em um arquivo tipo texto em tempo real. O sistema "SIMon" por sua vez lê esses dados e os copia para um banco de dados, a intervalos de tempo determinados pelo profissional da saúde, e permanecem armazenados no cadastro do paciente. O intervalo de tempo entre as medições pode variar de milissegundos a horas.

O *software* permite definir os limites desses parâmetros para cada patologia, sendo que não existe limite para o número de patologias a serem cadastradas.

Além do sinal sonoro emitido quando os limites são ultrapassados, é possível ativar um vídeo contendo informações sobre a patologia e os procedimentos a serem tomados em cada caso. Esses vídeos podem ser produzidos pelos próprios profissionais da saúde responsáveis pela utilização da ferramenta.

O *software* "SIMon" foi desenvolvido em *PowerPro*, ferramenta que utiliza a tecnologia DOOP (Direct Object Oriented Programming), desenvolvida pela empresa KNOB TECNOLOGIA.

A grande vantagem do uso da tecnologia DOOP é a flexibilidade do sistema, permitindo alterações e implementações no sistema com a possibilidade da criação de funções, gráficos, cálculos e relatórios de interesse da equipe, com extrema facilidade, pelo próprio usuário.

Tendo em vista que um dos objetivos fundamentais deste trabalho é a pesquisa científica, a escolha dessa ferramenta baseou-se na possibilidade de os próprios usuários desenvolverem pesquisas baseadas nos dados arquivados dos pacientes. Com os dados coletados ao longo do tempo, os pesquisadores terão um enorme banco de dados com informações reais sobre casos assistidos pelo sistema, com todos os parâmetros medidos, medicamentos ministrados, intervenções feitas, resultados da eficiência desses medicamentos e intervenções, entre outros.

A partir dos dados cadastrados podem ser desenvolvidos cálculos usando equações matemáticas envolvendo esses dados, e gerados relatórios e gráficos para análise da evolução de um paciente em particular, ou de um grupo de pacientes, por exemplo, que possuem a mesma patologia.

Trata-se, portanto, de uma ferramenta que permite a pesquisadores e estudantes desenvolverem trabalhos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado a partir de dados reais.

O *PowerPro* é desenvolvido com a linguagem de programação e com o banco de dados do Visual FoxPro 9.0 da Microsoft.

#### 4 DISCUSSÃO

Alguns respiradores permitem a geração de dados em forma de arquivos texto que podem ser enviados em tempo real para computadores pessoais. O software SIMon lê esses dados, também em tempo real, os analisa e armazena em um banco de dados.

Uma das finalidades do SIMon é emitir um sinal sonoro caso o valor de algum parâmetro, ou mais de um, estejam fora dos limites pré-estabelecidos. Todos os parâmetros podem ser definidos pelo profissional de saúde responsável e podem variar de patologia para patologia. Além de definir valores padrões por patologia, o médico responsável pelo paciente, pode modificar os valores dos parâmetros limites inclusive para um determinado paciente em particular, com base na patologia, sua gravidade, condições físicas e idade do paciente e em sua experiência profissional. É fundamental que o médico tenha essa liberdade, principalmente para pacientes especiais, pois um monitoramento mais preciso em certos casos, pode ser fundamental para a recuperação desses pacientes. Não existe limite para a quantidade de patologias e/ou casos clínicos especiais cadastrados.

Para cada patologia, e em função do parâmetro que encontra-se fora dos limites pré-estabelecidos, pode ser arquivado um vídeo, criado pelo próprio médico ou obtido de alguma instituição, que é acessado a partir do clique do mouse em um botão que aparece na tela. O objetivo dessa possibilidade é orientar enfermeiros para procedimentos a serem adotados para cada caso em particular, bem como para fins educacionais.

Na opção PESQUISAS são acessadas algumas pesquisas previamente definidas em forma de relatórios. O usuário poderá criar também suas próprias pesquisas.

SAIR permite a opção de sair do Simon.

O cadastro das patologias, as definições dos valores limites dos parâmetros para cada patologia, o intervalo de tempo entre medições e os vídeos a serem mostrados para cada situação, são preenchidos conforme mostrado na Figura 2.

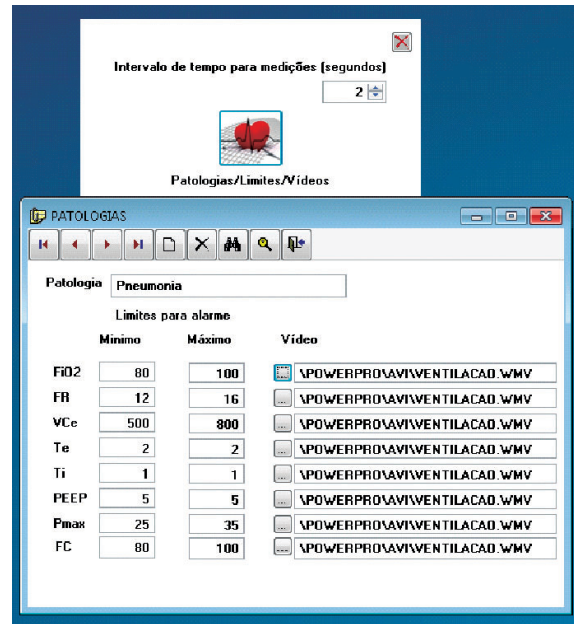


Figura 2 – Tela de cadastro das definições dos valores limites dos parâmetros para uma patologia e os vídeos a serem mostrados para cada situação

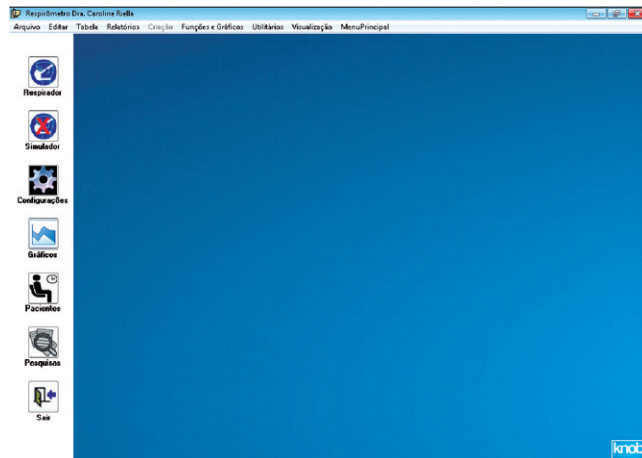


Figura 1 – Tela principal do Simon

A opção RESPIRADOR acessa diretamente a tela do “respirador”, onde é feito o acompanhamento dos dados do respirador. A tela do “respirador” pode ser acessada também a partir da tela de Cadastro de Pacientes.

A opção SIMULADOR acessa a tela do Simulador.

Dentre as CONFIGURAÇÕES permite a configuração de vários parâmetros como: tempo entre medições, patologias e vídeos correspondentes, sinal do alarme, textos para situações normais e de risco, entre outros.

Na opção GRÁFICOS existem alguns gráficos pré-definidos nessa opção. Entretanto o usuário poderá criar seus próprios gráficos de interesse.

PACIENTES acessa a tela de Cadastro de Pacientes.

Os textos a serem apresentados na tela do respirador podem ser alterados pelo usuário. Existem 3 textos: um para a situação em que o paciente encontra-se na “Situação NORMAL”, outro para quando o paciente encontra-se na “situação de ALARME” e um terceiro para a “Situação SIMULADOR”. A Figura 3 mostra a tela onde esses textos são digitados.

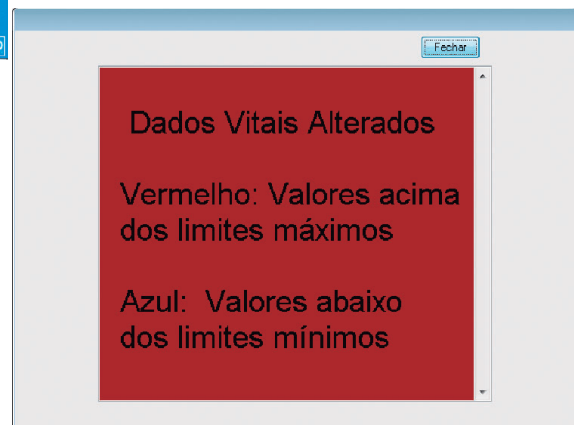


Figura 3 – Tela para inclusão do texto a ser exibido em caso de ALARME

Para criar um gráfico, a exemplo do gráfico de  $FiO_2$  em função do tempo, deve-se definir a tabela como GRI0; o campo do eixo X como G2 e o campo do eixo Y como G5. Como desejamos que o gráfico somente apresente os dados relativos ao paciente que está na tela, no campo "Expressão" deve ser digitado a seguinte expressão:

$C1 = m.C1$

Onde:

$C1 =$  campo que contém o nome do paciente

$m.C1 =$  contém o nome do paciente que aparece na tela.

Com isso, somente os dados do paciente que está na tela aparecem no gráfico.

É possível também definir uma expressão para que apareçam dados do paciente no título do gráfico automaticamente. Por exemplo, para aparecer o nome do paciente no título do gráfico, tem-se a seguinte expressão:

$\&"PACIENTE " + CAD01->C1$

Os gráficos podem conter expressões envolvendo campos existentes ao invés de simples valores dos bancos de dados. Essas expressões devem ser definidas em "Expressões do eixo Y" na tela de geração de gráficos. Assim, é possível avaliar correlações entre variáveis de interesse do usuário.

Os gráficos podem ser incluídos em relatórios, gerados no momento em que os mesmos são solicitados, e contendo os dados atualizados.

banco de dados. A facilidade com que estes relatórios são gerados, permite a qualquer aluno de mestrado ou doutorado, por exemplo, analisar a evolução de pacientes de uma determinada patologia em função dos procedimentos adotados durante sua internação.

O "SIMon" possui também um simulador. O simulador tem a função principal de treinamento das pessoas que irão utilizar o SIMon. Nesta opção, valores são alterados espontaneamente para simular uma situação de alarme. Com isso, o operador pode familiarizar-se com o sistema observando as situações de alarme, acionando os vídeos, fazendo intervenções, visualizando gráficos e relatórios e simulando tomadas de decisão. Quando o simulador estiver ativo, uma mensagem no topo da tela avisa que se trata de simulação.

O objetivo do simulador do SIMon não é "profissional da saúde", ou seja, por exemplo, simular efeitos de medicamentos em pacientes, prever evolução do quadro clínico, etc. O simulador simplesmente tem a função de treinamento das pessoas que irão utilizar o SIMon.

A intenção do programa não é substituir a decisão do profissional. A intenção é alertar ao profissional sobre a possibilidade de tratar-se de uma determinada patologia, levando em consideração as equações obtidas pelo programa e os valores medidos no paciente.

Nessa expressão, a suspeita de Embolia é detectada se a expressão lógica retornar ".T.", ou seja, for verdadeira.

$IIF(PH \geq 7.7 \text{ AND } FiO_2 = .21 \text{ AND } PaCO_2 \leq 25 \text{ AND } PaO_2 \leq 80 \text{ AND } PA\_O_2 \geq 30 \text{ AND } FR \geq 45 \text{ AND } FC \geq 120, .T., .F.)$

Os valores dessa expressão são os seguintes:

Se o valor do PH for Maior ou igual a 7,7 e  $FiO_2$  for igual a 0,21 e  $PaCO_2$  for menor ou igual a 25 e  $PaO_2$  for menor ou igual a 80 e FR for maior ou igual a 45 e FC for maior ou igual a 120.

Neste caso existe uma grande probabilidade de o paciente estar com **EMBOLIA PULMONAR**.

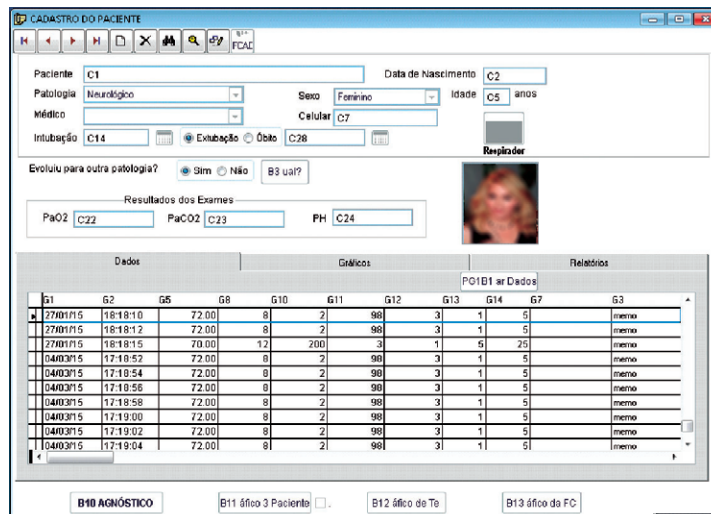


Figura 4 - Nomes dos campos

Quaisquer dados existentes em qualquer tabela ou grupos de tabelas podem ser manipulados e apresentados em relatórios criados pelo próprio usuário. O gerador de relatórios do sistema permite, além da inclusão de dados cadastrados, a possibilidade de cálculos e relacionamentos entre as tabelas.

A disponibilidade de um gerador de relatórios e de um gerador de gráficos para o usuário final, tem por objetivo permitir pesquisas com os dados obtidos durante o período em que os pacientes estiveram ou estejam submetidos à ventilação artificial. Com isso, vários estudos são possíveis até mesmo através de análises comparativas entre variáveis armazenadas no

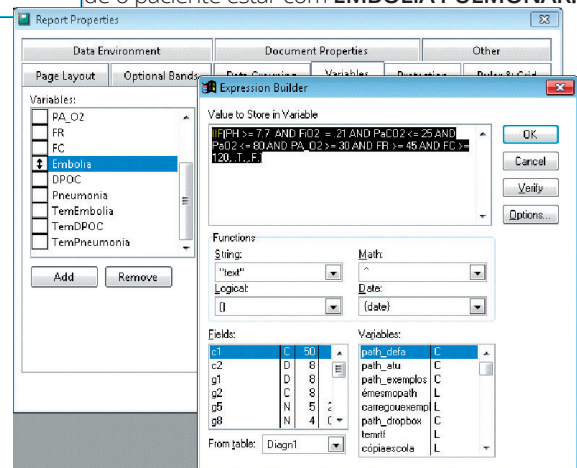


Figura 5 - Expressão Lógica que define a suspeita de Embolia

O SIMon é um sistema aberto permitindo ao usuário alterar ou criar novos relatórios como esse apresentado acima. Com isso existe uma enorme gama de possibilidades de alunos e profissionais da áreas desenvolverem novas soluções e realizarem pesquisas científicas com base nos dados cadastrados.

De forma semelhante podem ser criados gráficos que comparam valores de parâmetros de diversos pacientes como, por exemplo, de uma mesma patologia. Na figura abaixo é apresentado um gráfico com os valores de PaO<sub>2</sub> para três pacientes diagnosticados com Embolia, onde PaO<sub>2</sub> é obtido a partir da seguinte equação:

$$FiO_2 * (760-47) - 1.2 * (PaCO_2)$$

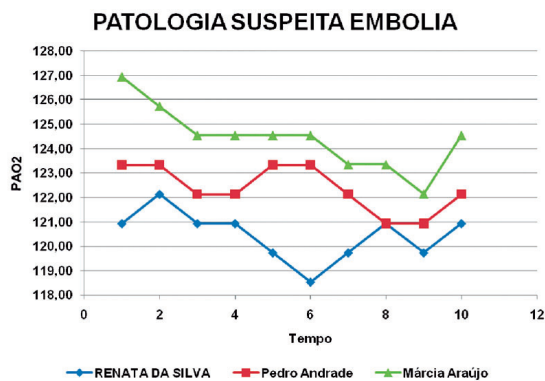


Figura 6 - PaO<sub>2</sub> de três pacientes com Embolia

## 5 CONCLUSÕES

Qualquer aplicativo educacional visa solucionar problemas que permeiam os aspectos educacionais inseridos no contexto, seja da saúde ou demais áreas. Qualquer aproximação à solução de problemas é bem vindo, afinal faz parte de qualquer processo educacional e de tomada de decisão.

O aparelho desenvolvido neste estudo foi totalmente baseado nos princípios mecânicos da ventilação, em termos de volume e pressão para quaisquer que sejam as patologias.

A aprendizagem com simulador pode ser comparada à atividade da prática normal, uma vez que condições são reproduzidas na condição exata que o profissional encontra o paciente.

A grande vantagem da ferramenta deste trabalho está na possibilidade de simular as condições de ventilação quantas vezes forem necessárias ao mesmo tempo em que cria condições de tomada de decisão em tempo real. Esta propriedade cria um ambiente seguro e confortável ao profissional na abordagem ao paciente.

A decisão de adotar um sistema de apoio à decisão nos cuidados na respiração artificial é algo complexo e que depende de vários fatores. Os responsáveis pela implementação são basicamente administradores e clínicos que conseguem na percepção holística de uma dificuldade somar a tecnologia à informação.

Ventilar o paciente não se trata de uma decisão simples. A resposta desta tomada de decisão repercute positiva e/ou negativamente, podendo colocar em risco

a vida do paciente e/ou prolongar a permanência do mesmo na respiração artificial.

A tarefa de elaborar um software foi um desafio, e como toda primeira experiência, trouxe dificuldades inerentes aos principiantes. A bibliografia existente na área de construção do software trata, tão somente, do desenvolvimento de sistemas, de aspectos relativos à ventilação, sua aplicação, classificação de patologias e conduta profissional. Por isso a maioria dos passos percorridos foi baseada na experiência prática e clínica de ventilação em situações de emergência e/ou urgência. A publicação de materiais na produção deste software foram fontes importantes para auxiliar no processo de ventilação.

Como qualquer outro campo de atuação humana, o ensino na área da saúde também se beneficiou com a popularização dos computadores, a exemplo dos trabalhos de criação de um sistema em realidade virtual para o aprendizado de técnica cirúrgicas, elaboração de programa de treinamento para musculatura respiratória em pacientes com distrofia muscular progressiva, para o ensino de habilidades psicomotoras ou a criação e execução de testes para estudantes de farmacologia.

De forma geral, o programa criado neste estudo mostrou-se eficiente para auto-aprendizagem e armazenamento de dados para pesquisas futuras.

O resultado do armazenamento de informações e aprendizagem quanto ao processo de ventilação é plenamente satisfatório, visto que a partir deste aprendizado que os alunos iniciam um treinamento intensivo, no qual os erros detectados poderão ser corrigidos em tempo real.

Como ponto negativo deste trabalho cita-se o fato do software não estar disponível, em tempo real. Sugere-se um aumento no número de simulações de patologias e casos clínicos, e inclusive a associação com outros dados importantes da ventilação mecânica.

Considera-se que a substituição da aula pelo material do estudo não prejudica a aprendizagem e que a estratégia de ensino atinge os objetivos propostos.

O aperfeiçoamento desta forma de ensino e armazenamento de dados pode facilitar o desenvolvimento da ventilação mecânica, estimular os usuários a explorarem o assunto e as publicações científicas acerca.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, SFF, MARIN, HF. **Simulação baseada na web**: uma ferramenta para o ensino da enfermagem em terapia intensiva. Rev Latino-am Enfermagem, 2009.

CARICATO, A; CONTI, G; DELLA, CF; MANCINO, A, SANTILLI, F, SANDRONI, C et al. **Effects of PEEP on the intracranial system of patients with head injury and suarachnoid hemorrhage**: the role of respiratory system compliance. J Trauma. 2005, 571 p.

COLT HG, CRAWFORD SW, GALBRAITH O. **Virtual reality bronchoscopy simulation**: a revolution in procedural training. Chest. 2001, 1333 p.

DOWBOR, L. **Tecnologias do conhecimento**: os desafios da educação. Petrópolis, 2001.

GARCIA-PIETRO, E; AMADO-RODRIGUEZ, L; ALBAICETA GM. **Monitorization of respiratory mechanics in ventilated patient.** Med Intensiva, 2014. 50p.

HAGER, DN; KRISHNAN, JA; HAYDEN, DL; BROWER RG. **Tidal Volume reduction in patients with acute lung injury when plateau pressures are not high.** Am J Respir Crit Care Med. 2005, 1241 p.

LORING, SH; MALHOTRA, A. **Driving Pressure and Respiratory Mechanics in ARDS.** N Engl J Med. 2015, 372 p.

MELO, FNP; DAMASCENO, MMC. **A construção de um software educativo sobre ausculta de sons respiratórios.** Rev Esc Enferm USP: 2006, 569 p.

ROQUE-SPECHT, V.F. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de riscos para aumento da segurança**

**alimentar – Estudo de caso em indústria de laticínios.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Florianópolis, 2002.

SAKAKIBARA, M; YAMADA, S; MATSUSHIMA, S; AKIMICHI, S; MASAKI, Y; HONMA T; KUBOTA, S; MATSUI, Y, TSUTSUI, H. Successful adaptive servo-ventilation for patients with acute cardiogenic pulmonary edema due to severe aortic stenosis. **Journal of Cardiology Cases.** 2010, 118 p.

TERRAGNI, PP; ROSBOCH, G; TEALDI, A; CORNO, E; MENALDO, E; DAVINI, O; et al. **Tidal hiperinsuflation during low tidal volume ventilation in acute respiratory distress syndrome.** Am J Respir Crit care Med. 2007, 160 p.

TURRIN, BB. **Projeto e Desenvolvimento de um sistema de controle para um dispositivo de ventilação.** Dissertação de Mestrado (Escola Politecnica USP). São Paulo, 2011.