



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA**

CAROLINE LEITÃO RIELLA

**SIMon: SISTEMA DE MONITORAÇÃO VENTILATÓRIA E
AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO**

**FLORIANOPOLIS
2016**

Caroline Leitão Riella

**SIMon: SISTEMA DE MONITORAÇÃO
VENTILATÓRIA E AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Química – Centro de Neuroengenharia Computacional da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica

Orientador: Prof. Dr. Leonel Teixeira Pinto

Florianópolis

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Riella, Caroline Leitão

SIMon: Sistema de Monitoração Ventilatória e Auxílio ao Diagnóstico /
Caroline Leitão Riella ; orientador, Leonel Teixeira Pinto; - Florianópolis, SC,
2016.

85 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Inclui referências

1. Engenharia Química. 2. ventilação mecânica. 3. monitoração
ventilatória. 4. ferramenta de ensino. I. Pinto, Leonel Teixeira. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
III. Título.

CAROLINE LEITÃO RIELLA

**SIMon: SISTEMA DE MONITORAÇÃO
VENTILATÓRIA E AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO**

Prof. Dr. Leonel Teixeira Pinto
Orientador

Prof^a. Dr^a. Cintia Soares
Coordenadora

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia Química pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

Banca examinadora:

Prof Dr Nivaldo Cabral Kuhnen

Prof. Dr. Darlan Lauricio Mattem
Membro Externo UDESC

Prof^a. Dr^a. Claudia Terezinha Kniess
Membro Externo, videoconferência UNINOVE

Prof. Dr. Kengo Imakuma
Membro Externo USP

Prof. Dr. Paulo Jose Knob
Membro Externo USP

Florianópolis, 11 de março de 2016

AGRADECIMENTOS

Não foi nada fácil chegar até aqui. E talvez só tenha sido possível porque com o tempo, você analisa que abrir mão de algo muito importante, só se faz quando se tem um motivo maior. Seja um propósito, uma crença, um valor íntimo, uma obstinação qualquer que te oriente para essa escolha que já se sabia que seria penosa.

Este trabalho tem vários nomes: Meus pais, meu irmão e meus amigos.

Agradeço o Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, que me permitiu trazer uma tese inovadora para a área, quase que audaciosa mediante o conteúdo programático do Programa.

Agraço meu orientador Leonel Teixeira Pinto. Nada fácil orientar uma fisioterapeuta, compreender o meu desejo em desenvolver este trabalho, defender meus ideais e manter-me “presente”, pois o desenvolvimento deste trabalho foi concomitante aos mais variados desafios profissionais.

Agradeço aos meus colegas de trabalho, do Hospital Nereu Ramos e da Prefeitura Municipal de Florianópolis, que de uma maneira ou de outra, estiveram ao meu lado, compreendendo meus anseios.

Agradeço à minha família e às referências positivas que me fizeram chegar até aqui. Em especial, também, a meu pai: Humberto Gracher Riella. Sua presença é marcante em toda esta minha obstinação profissional.

Agradeço ao Paulo Knob, que me adotou quase que como sua orientanda. Abraçou esta causa, esteve junto, perto, presente. Não há palavras para agradecê-lo.

E, por fim, agradeço aos meus professores deste Programa que fizeram das minhas limitações a minha superação, e de uma fisioterapeuta, uma pós graduada em Engenharia Química.

Esta tese foi um sacrifício voluntário por algo pleno, grandioso e meu. E, nestas análises descobri grandes perdas, mas que foram muito

positivas. Perdi a ansiedade, a insegurança e a ilusão. Aprendi a recomeçar agradecendo por vitórias tão pequenininhas...

”Como quando é noite e antes de dormir você se enche de gratidão (...) Que venha um sonho novo, então.”

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Representação esquemática de um ventilador conectado ao paciente.....	25
Figura 2:	Diagrama de atividades no processo de monitoração ventilatória.....	39
Figura 3:	Tela principal do sistema SIMon.....	50
Figura 4:	Tela para configuração de parâmetros do SIMon.....	52
Figura 5:	Tela de cadastro das definições dos valores limites dos parâmetros para uma patologia e os vídeos a serem mostrados para cada situação.....	53
Figura 6:	Escolha do som que será emitido pelo alarme.....	54
Figura 7:	Tela para inclusão do texto a ser exibido em caso de ALARME.....	55
Figura 8:	Tela de Gráficos com alguns gráficos pré-definidos.....	56
Figura 9:	Gráfico da Frequência Respiratória.....	56
Figura 10:	Gráfico apresentando as Extubações e Óbitos por patologia.....	57
Figura 11:	Tela para geração de gráficos no Excel.....	58
Figura 12:	Nomes das Tabelas.....	59
Figura 13:	Nomes das Tabelas.....	60
Figura 14:	Nomes dos campos.....	61
Figura 15:	Menu Relatórios.....	63
Figura 16:	Gerador de relatórios.....	64
Figura 17:	Relatório gerado a partir da estrutura.....	65
Figura 18:	Relatório com atendimentos por patologia e sexo.....	66
Figura 19:	Tela de Cadastro de Pacientes.....	67
Figura 20:	Tela principal do Respirômetro.....	68
Figura 20:	Tela principal indicando os valores limites ultrapassados..	69
Figura 21:	Vídeo.....	71
Figura 22:	Registro de uma intervenção.....	72
Figura 23:	Relatório de acompanhamento do paciente.....	73
Figura 24:	Expressão Lógica que define a suspeita de Embolia.....	76
Figura 25:	PaO ₂ de três pacientes com Embolia.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Variáveis de monitoração ventilatória.....	29
Quadro 2:	Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Mecânica Respiratória.....	40
Quadro 3:	Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Troca Gasosa.....	41
Quadro 4:	Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Sinais Vitais.....	41
Quadro 5:	Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Função Ventilatória.....	41

SUMÁRIO

01. INTRODUÇÃO.....	21
1.1 ORIGINALIDADE – PUBLICAÇÃO NA ÁREA.....	22
1.2 RELEVÂNCIA.....	23
1.3 OBJETIVO GERAL.....	23
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
2. REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1. PRINCÍPIOS BÁSICOS DOS VENTILADORES MECÂNICOS..	25
2.1.1 Parametros gerais e específicos na monitoração ventilatória.....	27
2.2. VARIÁVEIS DETERMINANTES NO CONTROLE BÁSICO DO VENTILADOR.....	29
2.3 SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO CLÍNICA.....	29
2.4 VENTILAÇÃO NO PACIENTE NEUROLÓGICO.....	31
2.5 VENTILAÇÃO NO PACIENTE CARDÍACO.....	33
2.6 VENTILAÇÃO NO PACIENTE RESPIRATÓRIO.....	34
2.7 A ENGENHARIA QUÍMICA.....	30
3.METODOLOGIA.....	37
3.1 O PROCESSO.....	37
3.2 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	39
3.3 INFORMAÇÕES PERTINENTES.....	41
3.4 A BASE DE DADOS.....	43
3.5 O SOFTWARE.....	44
3.5.1 Parâmetros medidos e princípio de operação.....	44
3.6 ESCOLHA DA TÉCNICA.....	45
3.7 EQUAÇÃO DE MODELAGEM DAS PATOLOGIAS.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 ESTRUTURA E FUNCIONALIDADES.....	49
4.2 O USO DO SOFTWARE.....	50
4.2.1 Configurações.....	52
4.2.2 Preenchimento da tela de Gráficos Excel.....	58
4.2.3 Gerador de relatórios.....	62
4.3 ANOTAÇÕES.....	71
4.4 VISUALIZAÇÃO DO QUADRO CLÍNICO DO PACIENTE.....	72
4.5 AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO.....	74
4.6 SIMULADOR.....	77
5. CONCLUSÃO.....	79
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

GLOSSÁRIO

PaO₂: Pressão arterial de oxigênio

PaCO₂: Pressão arterial de gás carbônico

FiO₂: Fração inspirada de oxigênio

PaO₂/FiO₂: Índice de Tobin

PaO₂[(A-a)2]: Diferença alvéolo-arterial

PEEP: Pressão Positiva Expiratória final

PIC: Pressão Intracraniana

pH: Relação ácido-básico

PA: Pressão Arterial

Pressão cuff: Pressão do balonete inserido na traqueia

Glasgow: Escala de coma

FR: Frequência Respiratória

FC: Frequência Cardíaca

Vce: Volume Corrente espontâneo

P_{max}: Pressão Máxima

Pe_{max}: Pressão expiratória máxima

Pi_{max}: Pressão inspiratória máxima

Te: Tempo expiratório

Ti: Tempo inspiratório

I:E: Relação inspiração/expiração.

RESUMO

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.

ABSTRACT

Mechanical ventilation is the most advanced form of life support. In patients critically ill patients, the factors associated with decisions that underlie the act of venting are critical in anticipation of the death of the patient and / or chance of life. This study aims to develop a tool that connected to the respirator, analyzes the data obtained by this, storing them in a database, sending alarms in emergency situations, and helping professionals in decision-making. The development of this tool was to collaboration twelve critical care professionals on the eligibility of variables for monitoring of patients on mechanical ventilation, using a questionnaire variables divided as: respiratory mechanics, gas exchange, vital signs and respiratory function. The 150 patient database allowed the incorporation of the next tool of the real scenario, and the ongoing motivation in the learning process, knowledge and expertise, interdisciplinarity and skills in decision making. The same also allows, as a scientific tool searches from these 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 it possible to develop indicators 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.

Key-Words: Mechanical Ventilation , Ventilatory monitoring , Teaching tool.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação pulmonar mecânica é a substituição da respiração natural 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 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 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, 2011).

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.

1.1 A ORIGINALIDADE – POUCA PUBLICAÇÃO NA ÁREA

A possibilidade de analisar casos clínicos reais com base em parâmetros obtidos durante o acompanhamento do paciente enquanto assistido por equipamento ventilatório é um grande desafio, tanto para especialistas como para alunos.

Analisar sintomas e parâmetros e, traçar curvas e parâmetros indicadores de diagnóstico é uma tarefa complexa. O desenvolvimento de um conhecimento computacional de apoio durante a assistência ventilatória mecânica em pacientes críticos faz parte de um consenso que não corrobora com o cotidiano clínico.

Utilizando um padrão de pesquisa com os descritores de palavras “*decision support system*” e “*mechanical ventilation*” foram encontrados 71 artigos, porém, apenas 26 de relevância nos últimos quatro anos de estudos. Realizado novamente o mesmo padrão de pesquisa com os descritores “*alerts system*” e “*mechanical ventilation*” não foi encontrado nenhum artigo. Desta maneira, a escassez de estudos na área quanto à criação de uma ferramenta de ensino e suporte à decisão em indivíduos que estejam em assistência ventilatória invasiva, sob a forma de respiração artificial, desenhou a motivação desta pesquisa.

1.2. RELEVÂNCIA

A importância deste estudo se deve ao fato da informática médica contribuir, significativamente na demonstração das alterações funcionais dos pacientes críticos em ventilação mecânica, de maneira idealmente contínua e precoce. Por meio do apoio ao processo decisório, é possível assegurar que os objetivos da ventilação mecânica sejam atendidos, auxiliando o profissional ou gestor da saúde nas atividades de tomada de decisão.

1.3. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta tese consiste na criação de uma ferramenta computacional.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- acompanhar em tempo real a condição ventilatória dos pacientes em respiração artificial, alertando para desvios das condições normais esperadas para cada patologia.
- armazenar todos os parâmetros de interesse em um banco de dados para posterior análise com fins educacionais e de pesquisa científica.
- desenvolver e utilizar uma base de dados de variáveis importantes ao processo de ventilação mecânica, obtida de casos reais, a fim de se ter subsídios para suporte pedagógico e pesquisa científica.
- desenvolver e construir um aplicativo que possa orientar o profissional de saúde sobre o possível diagnóstico do paciente, através de estudos de casos anteriores e da visualização gráfica de indicadores que caracterizam diversas patologias.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste espaço pode ser discutido o uso de ventiladores mecânicos como forma de manutenção de pacientes e tratamento de diversas patologias respiratórias.

Serão discutidas, ainda, algumas patologias importantes que necessitam de suporte ventilatório e que permeiam o ato de ventilar o paciente crítico, bem como a compreensão dos princípios básicos dos ventiladores mecânicos e as variáveis importantes no processo de ventilar.

2.1. PRINCÍPIOS BÁSICOS DOS VENTILADORES MECÂNICOS

A ventilação mecânica serve como manutenção da oxigenação de pacientes de maneira artificial até que estes estejam capacitados a reassumi-la (MADEIRAS, et al. 2012)

De maneira explicativa, segue a representação esquemática do funcionamento de um ventilador conectado ao paciente para compreensão.

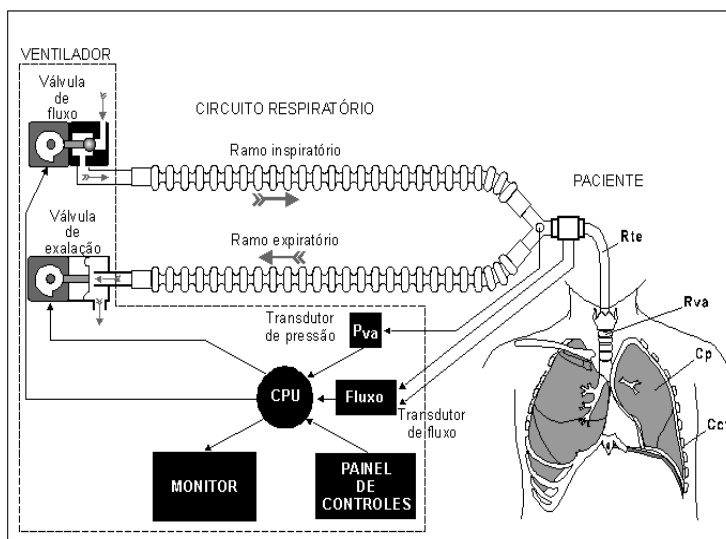


Figura 1: Representação esquemática de um ventilador conectado ao paciente.
Fonte: BONASA, 2000.

Onde:

Rte - Resistência do tubo endotraqueal. Representa a resistência que o paciente entubado deve vencer, ou seja, resistência, esta, exercida pelo tubo do ventilador.

Rva - Resistência da via aérea do paciente.

Cct - Complacência estática do pulmão do paciente. É a medida da elasticidade do pulmão e da caixa torácica em situação de repouso (LÓPES-HERCE, 2003).

Cp - Complacência dinâmica do pulmão do paciente. É a medida da elasticidade do pulmão e da parede torácica mais a resistência das vias aéreas (LÓPES-HERCE, 2003).

A ventilação mecânica se faz através da utilização de aparelhos que, intermitentemente, insuflam as vias respiratórias com volumes de ar (volume corrente). O movimento do gás para dentro dos pulmões ocorre devido à geração de um gradiente de pressão entre as vias aéreas superiores e o alvéolo, podendo ser conseguido por um equipamento que aumente a pressão alveolar.

Neste ar, controla-se a concentração de O_2 (FIO_2) necessária para se obter uma taxa arterial de oxigênio (pressão parcial de oxigênio no sangue arterial- PaO_2) adequada. Controla-se ainda, a velocidade com que o ar será administrado (fluxo inspiratório) e também se define a forma da onda de fluxo, por exemplo, na ventilação com volume controlado: “descendente”, “quadrada” (mantém um fluxo constante durante toda a inspiração), “ascendente” ou “sinusoidal”. O número de ciclos respiratórios que os pacientes realizam em um minuto (frequência respiratória - f) será consequência do tempo inspiratório (TI), que depende do fluxo, e do tempo expiratório (TE). O TE pode ser definido tanto pelo paciente (ventilação assistida), de acordo com suas necessidades metabólicas, como através de programação prévia do aparelho (ventilação controlada). O produto da frequência pelo volume corrente é caracterizado como volume minuto (VM). Desta forma, podemos modificar as variáveis conforme o tipo de patologia do paciente. Como exemplo: na intenção de ventilar um paciente em volume assistido/controlado, deve-se definir para o ventilador é o volume corrente (VC). E de acordo com a resistência e a complacência do sistema respiratório do paciente, uma determinada pressão será atingida na via aérea. Se, por outro lado, escolher-se como modo para o ventilador à pressão, faz-se necessário calibrar o pico de pressão

inspiratória (PPI), sendo o VC uma consequência dessa forma de ventilação.

O desafio maior para os profissionais da saúde que trabalham nesta área é a padronização de técnicas e estudos contínuos que possam diminuir o tempo de ventilação mecânica, levando em consideração as diferentes patologias e, conseqüentemente, a redução no número de óbitos e falhas na conduta (MADEIRAS, et al 2012).

Uma larga porcentagem de pacientes críticos necessitam da ventilação mecânica – a técnica oferece uma garantia de vida para o paciente, com maiores ou menores riscos. Diversos estudos associam a injúria pulmonar à ventilação mecânica prolongada criando cada vez mais estratégias que impeçam as conseqüências negativas aos pulmões e sistemas orgânicos (DE PROST; DREYFUSS, 2012).

2.1.1 Parâmetros Gerais e Específicos de Monitoração Ventilatória

A ventilação mecânica pode provocar danos alveolares irreversíveis nos pulmões (AMATO et al, 2015; AMATO et al, 2008). 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.

a. Oximetria de pulso

Através de um monitor a oximetria de pulso permite uma monitorização contínua e não invasiva da saturação parcial de oxigênio (SpO_2), que expressa a relação entre oxihemoglobina (O_2Hb) e a soma das concentrações de oxi e desoxihemoglobina (cHb).

O termo parcial é utilizado porque somente uma porção do total de hemoglobina é considerada, ou seja, aquela disponível para o

transporte de oxigênio, podendo ser referenciada como saturação funcional. A maior contribuição da oximetria está na facilidade de manuseio, incorporando-se ao diagnóstico e manipulação dos algoritmos que podem aumentar a eficiência do controle dos pacientes em uma unidade de terapia intensiva.

b. Análise Gasométrica

O reconhecimento dos mecanismos homeostáticos que controlam o equilíbrio ácido-base é fundamental, pois os distúrbios ácido-base estão associados a maiores riscos de disfunção de órgãos e sistemas e a prevalência de óbito em pacientes internados em terapia intensiva (RHODES, 2000). Para reconhecer esses mecanismos, o passo fundamental é a realização do diagnóstico do distúrbio do equilíbrio ácido-base, através da gasometria. Através dos dados da gasometria arterial é possível fazer o diagnóstico, entretanto, muitos artigos recomendam a utilização de fórmulas de compensação e dosagem de eletrólitos e outras substâncias para o correto diagnóstico. A análise dos gases arteriais e do pH é realizada rotineiramente em pacientes internados na terapia intensiva, sendo as suas principais indicações: 1) avaliação do distúrbio do equilíbrio ácido-base; 2) avaliação da oxigenação pulmonar do sangue arterial e 3) avaliação da ventilação alveolar pela medida da pressão parcial do gás carbônico do sangue arterial (PaCO_2) (ROCCO, 2013).

Para compreensão o distúrbio no equilíbrio ácido-base é determinado através do pH. O pH é o logaritmo negativo da concentração do íon H^+ , que é igual a concentração de íons H^+ quando o coeficiente de atividade é unitário.

Desta forma podemos considerar:

Ácido. Substância capaz de doar protons ou íons H^+ .

Base. Substância capaz de receber protons ou íons H^+ .

Acidemia. pH do sangue arterial menor que 7,36 ($\text{H}^+ > 44$ nmol/L).

Alcalemia. pH do sangue arterial maior que 7,44 ($\text{H}^+ < 36$ nmol/L).

Diversas situações clínicas estão associadas a distúrbios do equilíbrio ácido-base, e devem ser levadas em consideração conforme a patologia dos pacientes.

2.2. VARIÁVEIS DETERMINANTES NO CONTROLE BÁSICO DO VENTILADOR

Os parâmetros respiratórios mais comuns avaliados na ventilação mecânica segundo seus critérios, valores normais e respectivas unidades utilizados nesta pesquisa, encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis de monitoração ventilatória.

Critério	Valor / Unidade
SatO ₂ (Saturação de oxi-hemoglobina)	60% a 100%
PaCO ₂ (Pressão arterial de Gás Carbônico)	35 a 45 mmHg
FiO ₂ (Fração inspirada de oxigênio)	menor que 60%
PaO ₂ /FiO ₂ (índice de Tobin)	acima de 200 cmH ₂ O/%
PEEP (Pressão Positiva Expiratória Final)	menos que 5 cmH ₂ O
VC (Volume corrente espontâneo)	5 a 8 ml/kg de peso
VM (Volume minuto espontâneo)	6 a 10 litros/minuto
Pimax (Pressão inspiratória máxima)	Acima de -20 cmH ₂ O
FR (Frequência respiratória)	12 a 30 rpm

Fonte: RIELLA (2007)

O impacto da ventilação mecânica sobre os pulmões destes pacientes 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).

2.3 SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO CLÍNICA

Na indústria da aviação, o treinamento e o erro do operador é muitas vezes evitado a todo custo. Desta forma, o uso de computadores em aviação é regularmente utilizado para auxiliar os pilotos a manterem suas habilidades, ou se familiarizarem com situações problemáticas que podem ser encontradas.

O uso de programas como estratégia de aprendizagem trata-se de um evento que faz com que a situação seja a mais próxima da prática clínica possível. Deste programa pode-se ensinar teorias, como forma de

assistência, tecnologia e estudo de doenças. Sua ênfase dá-se na aplicação e integração do conhecimento, de doenças e decisões e muito se tem evoluído na descoberta de complexas doenças através da tecnologia avançada. A exemplo, computadores conectados a monitores hemodinâmicos permitem o estudo hemodinâmico através de dados de pacientes, sem que os mesmos estejam conectados. Simuladores de balões intra-aórticos conectados a uma bomba permitem a tradução eletrocardiográfica e das pressões internas no monitor. Enfermeiras podem aprender quanto ao tempo, solução de problemas e procedimentos mecânicos da bomba cardiovascular sem colocar em risco a vida dos pacientes (RAUEN, 2012).

O uso de ferramentas nada mais é do que computadores que tomam decisões ou auxiliam 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, 2012).

As aplicações baseadas referem-se frequentemente ao auxílio à tomada de decisões envolvendo a dedução de possíveis situações, a partir de observações e informações apresentadas. O sucesso do modelo deve-se à sua simplicidade e efetividade no tocante a sua construção, e à sua arquitetura estruturada de forma a facilitar o desenvolvimento e a manutenção. A parte mais difícil no desenvolvimento de uma simulação está na aquisição do conhecimento.

O conhecimento exige um processo de modelagem, ou seja, a criação de uma teoria, a mais próxima possível de uma situação real.

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, 2011).

Os recursos físicos e materiais que fazem parte do processo de ensinar servem como ferramentas auxiliares à mediação dos procedimentos, não podendo desconsiderar as possibilidades da informática entre as novas tecnologias denominadas interativas no interior do saber teórico-prático do campo de ensino (MELO; DAMASCENO, 2015).

A informática educativa serve como instrumento de apoio ao professor, funcionando como meio didático. Neste nível, o usuário pode explorar o uso do computador em situações de simulação que permitam

ao aluno praticar ou vivenciar situações abstratas ou reais, para as quais não se sinta preparado. Com o advento dos computadores vieram os softwares, isto é, programas que permitem o uso e aplicação de tecnologias de informática. Dentre os vários tipos de softwares figuram os educativos que são desenvolvidos, excepcionalmente, para uso e aplicação na educação, em função de usuários específicos, contendo conteúdos específicos, de estratégias e abordagens didáticas e psicopedagógicas específicas (VIDAL; MAIA; SANTOS, 2012).

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. Estudar a aprendizagem numa abordagem cognitiva implica em considerar as formas pelas quais as pessoas lidam com os estímulos, organizam os dados, percebem e resolvem os problemas, adquirem conceitos, empregam símbolos verbais, sendo considerada interacionista (MELO; DAMASCENO, 2005).

Nos últimos tempos, o uso dos computadores passou da categoria de “curiosidade” eletrônica à de equipamento indispensável em qualquer área de atuação. Quando se trata de elaborar recursos audiovisuais, os periféricos ocupam lugar de destaque. Periféricos são equipamentos associados a computadores e executores de uma atividade relacionada, normalmente, com o mundo exterior. Os equipamentos de multimídia são uma categoria de periféricos dedicada à obtenção e reprodução de sons e imagens e têm desempenhado mais do que a proposta original. A multimídia, por intermédio da capacidade de exibição dos sons e imagens, propicia ao usuário um entendimento mais rápido acerca do problema (CAROMANO; CORIGLIANO; PARDO, 2012).

2.4 VENTILAÇÃO NO PACIENTE NEUROLÓGICO

O trauma cranioencefálico (TCE) representa a maior causa de morte mundial em indivíduos com idade inferior a 45 anos, com maior predominância no sexo masculino. 40% das vítimas de trauma, 20% delas falecem no local ou no primeiro dia de internação e 80% entre os primeiros sete dias posteriores ao evento (ABREU; LANAJA DE ALMEIDA, 2009).

O TCE é uma lesão de natureza não degenerativa ou congênita, causada por uma agressão ou iniciada por um processo de aceleração ou desaceleração de alta energia do cérebro dentro do crânio, gerando um dano anatômico ou comprometimento funcional de estruturas como o couro cabeludo, crânio, meninges ou encéfalo. Pode ser provocada por acidentes de trânsito, quedas, agressões, perfuração por arma branca ou de fogo, atividades esportivas etc (ABREU; LANAJA DE ALMEIDA, 2009).

O rebaixamento do nível de consciência é o principal fator de risco para a broncoaspiração e posterior admissão de tratamento intensivo (UTI), que tem como objetivos detectar e fornecer a melhor condição de retorno à atividade funcional. Assim, pacientes com problemas relacionados ao sistema nervoso central (SNC) necessitam de uma assistência ventilatória diferenciada baseada em terapêuticas ventilatórias que apresentem controle da hipertensão intracraniana e parâmetros de monitoração neurológica (FREITAS et al; 2002).

A pressão intracraniana (PIC) é determinada pela pressão do parênquima cerebral, volume sanguíneo cerebral e volume do liquor. O aumento da PIC é comum após o TCE, quando a complacência intracraniana não consegue acomodar o aumento do volume. O valor normal da PIC em adultos é de 10mmHg, valores acima de 20 mmHg são indicativos de intervenção terapêutica. Valores entre 10 e 20 são considerados levemente aumentados e entre 20 e 40 mmHg são considerados os casos de hipertensão intracraniana (ZINK, 2001; DEEM, 2006).

Algumas considerações a respeito da ventilação destes pacientes caem sobre valores importantes de ventilação. A hiperventilação pode reduzir a PIC pela hipocapnia que induz a vasoconstrição cerebral. A PEEP aumenta a capacidade residual funcional, previne o uso de alta fração inspirada de oxigênio (FIO₂) e pode reduzir a incidência de lesão induzida pela ventilação mecânica. Porém, pode causar efeitos deletérios no compartimento cerebral pelo aumento da pressão intratorácica, que irá aumentar a pressão venosa central (PVC), influenciando o retorno do fluxo sanguíneo ao coração. Todas as variações de monitoração destes parâmetros podem causar, por fim, uma redução do débito cardíaco e um aumento da PIC, prejudicando sobremaneira o paciente ventilado artificialmente (CARICATO et al, 2005).

2.5 VENTILAÇÃO NO PACIENTE CARDÍACO

O choque cardiogênico é uma emergência médica comum. Consiste em grande parte das causas de hospitalização com um índice de mortalidade de 10 a 20% (FELKER et al, 2003; GIROU et al, 2003). Pacientes que não respondem bem à terapia medicamentosa necessitam de ventilação mecânica invasiva e traqueostomia, se necessário. A ventilação mecânica em sido fortemente utilizada neste pacientes com falência cardíaca (SAKAKIBARA et al, 2010).

O choque cardiogênico é o estágio caracterizado de falência respiratória. Clinicamente o choque cardiogênico apresenta como sintomas de evidentes de congestão (falta de ar, alta pressão jugular, edema, e ascite) e uma baixa perfusão (hipotensão, pulso estreito, confusão mental e oligúria), o cenário clínico é comumente descrito como hipotensão persistente e severa redução do índice cardíaco, com elevadas pressões diastólicas finais (NICOLAU; SELZMAN; FANG; STEHLIK, 2014).

Os casos de choque cardiogênico devem ser tratados emergencialmente, por exemplo com uma revascularização em casos de síndromes agudas, drenagem pericárdica ou cirurgia nos casos de complicação miocárdica (infarto) (NICOLAU; SELZMAN; FANG; STEHLIK, 2014).

O choque cardiogênico é o quadro mais grave de falência cardíaca e que necessita de aporte ventilatório. Algumas variáveis como: idade, anóxia cerebral, hipoperfusão, fração de ejeção no ventrículo esquerdo, pressão sistólica e clearance de creatinina definem um choque cardiogênico. O decréscimo na contratilidade do coração resultam em hipoperfusão e oferecem uma complicação inflamatória sistêmica como resposta ao choque (WERDAN; GIELEN; EBELT; HOCHMAN, 2013).

A fisiopatologia do choque cardiogênico é complexa e tem sido estudado sumariamente. Em resumo, a isquemia induz a uma profunda depressão da contratilidade miocárdica, com redução do índice cardíaco e da pressão sanguínea o que promove mais fortemente a isquemia coronariana. A redução do índice cardíaco causa uma severa hipoperfusão com o aumento da sensibilidade do lactato. Sabe-se que o choque cardiogênico não é somente atribuído à perda da função do ventrículo esquerdo mas também a problemas circulatórios (THIELE; OHMAN; DESCH; EITEL; de WAHA, 2015).

2.6 VENTILAÇÃO NO PACIENTE RESPIRATÓRIO

O uso da PEEP – pressão expiratória final – é uma realidade para se recrutar e manter os alvéolos pulmonares abertos e otimizar as trocas gasosas por combater espaços não ventilados nos pulmões.

Em situações especiais de pacientes respiratórios, a exemplo da SARA (Síndrome do Desconforto Respiratório do Adulto) necessita de valores específicos de PEEP para recrutar os alvéolos sem danificá-los. Na fase final da SARA, há um aumento da histerese pulmonar e a parte inferior da curva pressão-volume (P/V) sofre um inflexão ao qual implica presença de alvéolos colapsados. Estes alvéolos podem ser novamente recrutados se uma PEEP for ofertada, porém, esta PEEP deverá ter um valor suficiente para abrir alvéolos sem hiperdistendê-los. Para tanto, este valor de PEEP é obtido através da curva pressão-volume (P/V) construída à beira do leito. O valor da PEEP obtido seria classificado como “the best PEEP”, ou seja, PEEP ideal e o mesmo pode ocupar valores altos.

Pacientes respiratórios com SARA 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).

2.7 A ENGENHARIA QUÍMICA

A sociedade moderna atual herdou mais de um século de importantes contribuições dadas pela engenharia química, desde que ela foi reconhecida como profissão por George Davis, em 1887. No século XXI a incorporação da biologia aos fundamentos da engenharia, importantes avanços ocorrem em novas especializações capazes de encontrar novas soluções para o manuseio e fabricação de moléculas mais complexas, com ênfase em propriedades dos materiais e melhor aproveitamento dos recursos. Simulações da engenharia são tentativas analíticas ou numéricas de prever o comportamento dos produtos do processo no qual estamos interessados, para conhecimento mais profundo (PORTO, 2015).

As origens da Engenharia Química Moderna estão ligados aos principais laboratórios.

O termo “Engenharia Química” é creditado ao inglês George Davis e oferece muitas opções de trabalho como a produção de produtos químicos, e o desenvolvimento de produtos.

O surpreendente desenvolvimento científico e tecnológico do século XX torna difícil caracterizar e particularizar com respeito a qualquer ramo da ciência. Não há dúvida, porém, que a física viveu seus momentos de glória e com as perspectivas abertas pelas possibilidades de unificação e abordagens mais holísticas. Na interface deste novo milênio está um fenômeno revolucionário chamado tecnologia da informação, que permeia as atividades humanas, conectado através de uma grande rede, desde computadores até os mais simples equipamentos domésticos e de uso pessoal. Um bom exemplo de interdisciplinariedade e necessidade de trabalho em grupo. O engenheiro moderno tem de ser empreendedor, o que significa que se espera iniciativa, capacidade de liderança, e motivação e entusiasmo (PORTO, 2015).

Ao longo de sua história, a engenharia química foi devota de métodos e técnicas que desenvolveram e aprimoraram os processos químicos, otimizando-os e tornando-os competitivos. Com o crescente desenvolvimento de materiais, criam-se oportunidades concretas de se projetar produtos de necessidades específicas (ZAKON, 2010).

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.

A motivação do estudo surgiu a partir da necessidade evidenciada pelos profissionais intensivistas quanto às incertezas que permeiam as decisões acerca do controle e monitorização dos pacientes.

Neste capítulo encontra-se a sequência de passos que levaram à lista de dados necessários à tomada de decisão: os procedimentos de levantamento da base de casos (150), a entrevista com os profissionais (12) e a proposição do sistema de apoio à decisão.

3.1 O PROCESSO

Antes da avaliação e levantamento das variáveis necessárias ao processo de tomada de decisão, foi obtido o fluxo das atividades envolvidas na fase de monitoração do paciente.

O fluxo criado permite esclarecer a maneira com que os profissionais da saúde iniciam suas decisões e a sequência com que estas são tomadas.

Assim, inicialmente, o fluxo de atividades, teve por objetivo gerar um modelo no processo de monitoração ventilatória. A construção deste diagrama está voltada para o bom acompanhamento ventilatório dos pacientes críticos de Unidades de Terapia Intensiva. Para tanto, verificou-se a necessidade de algumas considerações relacionadas ao estado do paciente grave. 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: PaO₂, PaCO₂, pH;
- oximetria: SatO₂; e
- parâmetros do ventilador: alerta da modalidade ventilatória (controlada, assistida, espontânea) e alerta de parâmetros.

Para a qualidade relacionada ao estado do paciente considerou-se que um paciente em bom estado indica como resposta “SIM”, ou seja, significa que a decisão tomada gerou um resultado satisfatório na ventilação mediante a quantificação e observação dos sinais vitais, conforto do paciente, oximetria e gasometria. Já a resposta “NÃO”, é indicativa de um estado ruim, ou seja, significa um nível de desempenho abaixo do qual deveria ser a tomada de decisão numa medida urgente. Desta forma, portanto, não há resultado satisfatório mediante a quantificação e observação dos sinais vitais, conforto do paciente, oximetria e gasometria (Figura 2).

A bolinha totalmente preenchida caracteriza o início do processo. Dado que, inicialmente, não se tem posse de todo o conjunto de variáveis de monitoração para a tomada de decisão, o mesmo é caracterizado como um sub-conjunto, tendo-se os sinais vitais e parâmetros do ventilador (variáveis mínimas), já mencionados anteriormente. As decisões no processo são representadas graficamente na forma do losango, gerando dois caminhos de resposta: SIM (S) e NÃO (N), orientados pela flecha.

Cada ação realizada gera resultados expressos em outras ações ou em decisões.

O processo de monitoração é um processo cíclico e contínuo. Na definição dos tipos de alerta, retorna-se à verificação do estado do paciente ou encerra-se o processo seguindo os passos para possível desmame e extubação do paciente.

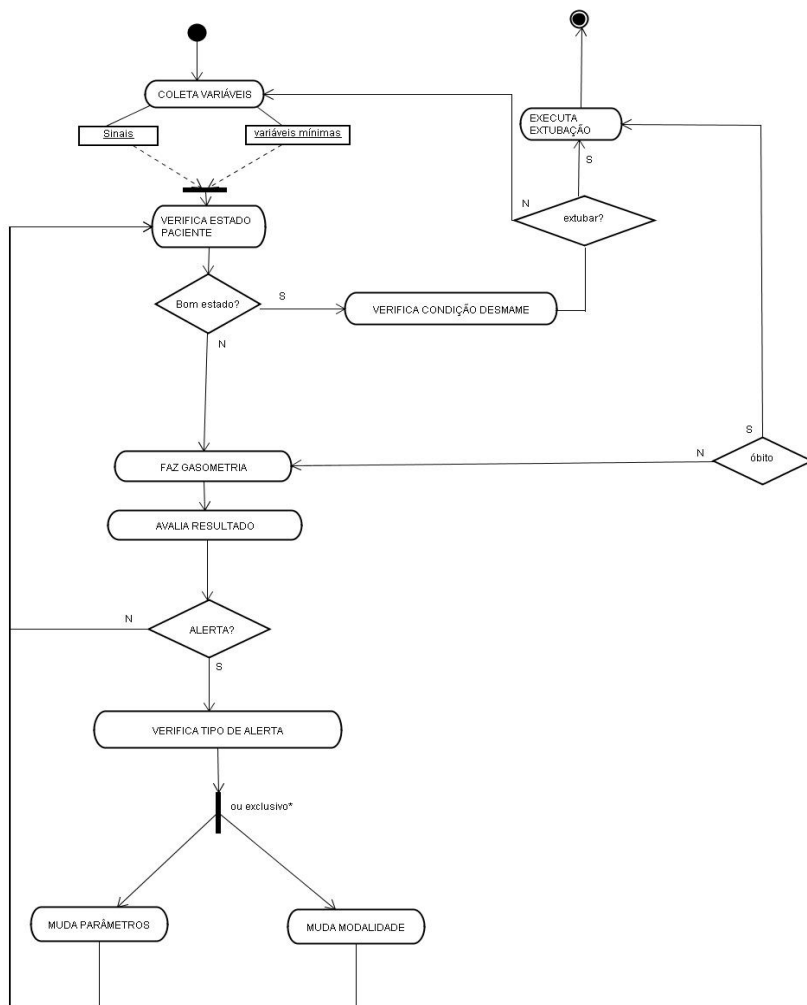


Figura 2 - Diagrama de atividades no processo de monitoração ventilatória.
Fonte: RIELLA, 2007.

3.2 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

Uma vez definido o processo de monitoração, realizou-se o levantamento das variáveis de monitoração ventilatória voltadas ao atendimento de pacientes críticos em Unidades de Terapia Intensiva,

visando atender a demanda do fluxo do processo de monitoração ventilatória. Para isso, foram contatados profissionais que atuam na área de ventilação mecânica, pessoalmente, solicitando o preenchimento de um questionário que continha todas as variáveis trazidas na literatura. O objetivo deste questionário é definir um conjunto de variáveis utilizadas pelos profissionais na monitoração do paciente em assistência ventilatória invasiva.

Assim, as variáveis puderam ser selecionadas conforme a marcação de um “x” mediante a apresentação do conjunto de variáveis em diferentes cenários (patologias).

A metodologia do estudo visou acomodar as variáveis, bem como os parâmetros pertinentes às mesmas, estabelecendo-se uma comparação entre as variáveis escolhidas pelos profissionais.

Admitiu-se, visando a maior abrangência possível ao estudo, um conjunto de cenários compostos por pacientes adultos e em assistência ventilatória invasiva, com diagnósticos de patologias neurológica, cardíaca, respiratória, pós operatório de cirurgia abdominal e/ou outras. Não fizeram parte dos estudos os neonatos e crianças.

Os doze (12) profissionais contatados trabalham em hospitais universitários dentro de Unidades de Terapia Intensiva.

As variáveis trazidas pela literatura na monitoração ventilatória foram divididas em quatro classes, com seus respectivos atributos conforme pode ser visto nos quadros 2, 3, 4 e 5.

Quadro 2 – Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Mecânica Respiratória.

Classe	Atributos
Mecânica Respiratória	Elastância
	Complacência
	Resistência nas vias aéreas
	Pressão de Suporte
	Pressão de Platô
	I:E
	Capacidades
	Volumes
	Auto-PEEP
	Curvas
	Fluxo

Quadro 3 – Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Troca Gasosa.

Classe	Atributos
Troca Gasosa	PaO ₂
	PaCO ₂
	FiO ₂
	FiO ₂ /PaO ₂
	PaO ₂ [(A-a)2]
	pH

Quadro 4 - Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Sinais Vitais.

Classe	Atributos
Sinais Vitais	PA
	Pressão cuff
	Glasgow
	PIC
	FR
	FC

Quadro 5 - Variáveis previamente selecionadas na literatura como atributos da classe Função Ventilatória.

Classe	Atributos
Função Ventilatória	V _{Ce}
	P _{e_{max}}
	P _{i_{max}}
	T _e
	T _i
	PEEP
	P _{max}

3.3 INFORMAÇÕES PERTINENTES

A metodologia da pesquisa está centrada na definição e no desenvolvimento computacional de apoio à decisão no acompanhamento e controle de pacientes de Unidades de Terapia Intensiva em ventilação mecânica.

O acompanhamento e controle são realizados por meio da monitoração das variáveis e modalidade ventilatórias acerca do estado do paciente, mediante uma gama de patologias.

Leva-se em consideração ainda, informações pertinentes ao prognóstico e evolução dos pacientes, dentro da peculiaridade de cada patologia: medicamentos, intervenções fisioterapêuticas, intervenções médicas, nutrição e comportamento das drogas.

A exemplo, a administração da medicação "propofol" (sedativo/hipnótico) às promove queda da frequência cardíaca no 3o. e 10o. minuto após a administração do medicamento com interferência direta sobre a evolução ventilatória do paciente.

A medicação "midazolam" (dormonid injetável - agente indutor do sono) promove analgesia com influência direta sobre os sinais vitais como a frequência cardíaca (FC).

Resultados das variáveis mediante literatura e entrevista.

Variáveis	Classes			Fonte da Consulta			UTILIDADE
	M R	T G	S V	F V	Entrevista	Literatura	
Complacência Dinâmica	X					x	N
Complacência Estática	X					X	N
Pressão de Suporte	X				X	x	N
Pressão de Platô	X					X	N
Elastância	X					X	N
Capacidades	X					X	N
Volumes	X				X	X	S
Auto-PEEP	X					X	N
Curvas	X					X	N
Fluxo	X					X	N

PaO ₂	X	X			X	X	S
PaCO ₂	X	X			X	X	S
FiO ₂	X	X			X	X	S
Pa ₂ /Fi ₂		X			X	X	S
PaO ₂ [(A-a)2]		X				X	N
PEEP	X			X	X	X	S
PIC			X		X	X	N
pH		X			X	X	S
PA	X		X		X	X	S
Pressão cuff	X		X			X	N
Glasgow	X		X		X	X	N
FR	X		X		X	X	S
FC	X		X		X	X	S
V _{Ce}	X			X	X		S
P _{max}		X		X		X	S
I:E	X			X	X	X	S

Fonte: RIELLA, 2007.

Onde: MR – Mecânica Respiratória

TG – Troca Gasosa

SV – Sinais Vitais

FV – Função Ventilatória

S – Sim quanto à utilidade, ou seja, variável útil na tomada de decisão.

N – Não quanto à utilidade, ou seja, variável não é utilizada na tomada de decisão.

3.4 A BASE DE DADOS

As bases de dados são compreendidas como fontes de informação eletrônicas, pesquisáveis de modo interativo ou conversacional através de um computador, com a finalidade de promover o acesso à informação; fornecer informações atualizadas, precisas e confiáveis; atender às necessidades do público alvo; fornecer mecanismos eficientes de recuperação. Este trabalho possui uma base de dados de 150 pacientes retirados através da coleta de informações do ventilador mecânico de cada paciente.

Os dados obtidos foram transcritos para um computador e separados conforme as variáveis retiradas da literatura e selecionadas pelo questionário com os doze profissionais.

3.5 O SOFTWARE

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.

3.5.1 Parâmetros medidos e princípio de operação

Os parâmetros medidos pelo *software* são: FiO_2 , FR, VC, Te, Ti, PEEP e $P_{\text{máx}}$.

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, também em tempo real, 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, ou para um paciente específico, 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.

3.6 A ESCOLHA DA TÉCNICA

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.

3.7 EQUAÇÃO DE MODELAGEM DAS PATOLOGIAS

A equação do gás alveolar (PAO_2) é compreendida através do valor de PaO_2 , obtido em exame gasométrico. E corresponde a propriedade de transferência de oxigênio dentro do sangue nos pulmões.

A interpretação clínica de PaO_2 está diretamente relacionada ao $PaCO_2$ e FiO_2 do paciente e da Pressão Barométrica (PB) do mesmo.

A equação corresponde:

$$PAO_2 = FiO_2 (PB - Ph_2O) - PACO_2 [FiO_2 + (1 - FiO_2)/R]$$

Equação dada em condições normais, tidas como não patológicas de um paciente.

O PaO_2 sozinho não determina uma patologia, porém a equação PAO_2 determina uma série de patologias, como edema agudo de pulmão, doença pulmonar obstrutiva crônica, pneumonia, entre outras.

Para esta equação, o PaO_2 equivale ao oxigênio inspirado pelo paciente menos ($PaCO_2 * 1.2$).

A pressão de vapor de água na atmosfera é dependente da temperatura corporal do paciente, tida como 47 mmHg em 37 graus Celsius. O valor de R corresponde a 0.8 (em condições NÃO PATOLÓGICAS).

$$PAO_2 = FiO_2(PB - 47) - 1.2 (PaCO_2)$$

FiO_2 corresponde a 0.21 no nível do mar.

Se a $PaCO_2$ aumenta, a PAO_2 e PaO_2 decrescem. Enquanto obteve-se como cálculo uma PAO_2 baseada em condições normais, a PaO_2 varia conforme a ventilação-perfusão do paciente (V-Q), que por sua vez varia conforme as patologias.

A capacidade de difusão pulmonar e o oxigênio contido dentro dos pulmões na artéria também sofrem influência de diferentes patologias, obtidas pela análise da curva da equação.

A diferença entre a PAO_2 e a PaO_2 é comumente referenciada como “gradiente A-a”, caracterizando, assim, uma série de patologias respiratórias.

A diferença PO_2 (alveolar – arterial), notada $P(A-a)O_2$, varia normalmente conforme a idade e a FIO_2 . Pacientes de média idade, respirando em ar ambiente, $P(A-a)O_2$ varia de 5 a 20 mmHg; em fração

inspirada (F_iO_2) de 0.1. Então $P(A-a)O_2 = 110$ mmHg para mais ou para menos, conforme patologia.

Se $P(A-a)O_2$ estiver elevada determina que há um defeito na transferência de gás dentro dos pulmões e o defeito será refletido na relação ventilação-perfusão (V-Q) do paciente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo é dedicado aos resultados obtidos com a aplicação do SIMon.

Refere-se à estrutura e funcionalidades do programa, ao uso do software e às visualizações possíveis do quadro clínico do paciente, conforme a patologia. Resultados quanto à configuração do programa, criação dos gráficos, geração dos relatórios serão discutidos neste capítulo.

A facilidade da ferramenta quanto ao armazenamento de informações, a capacidade de simulação, e a utilização do som e da parte visual com os vídeos, reforçam na discussão a avaliação pedagógica do programa e a capacidade de subsidiar as atividades acadêmicas.

4.1 ESTRUTURA E FUNCIONALIDADES

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 profissional 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 se encontra 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.

4.2 USO DO SOFTWARE

A tela principal do aplicativo SIMon encontra-se na Figura 3

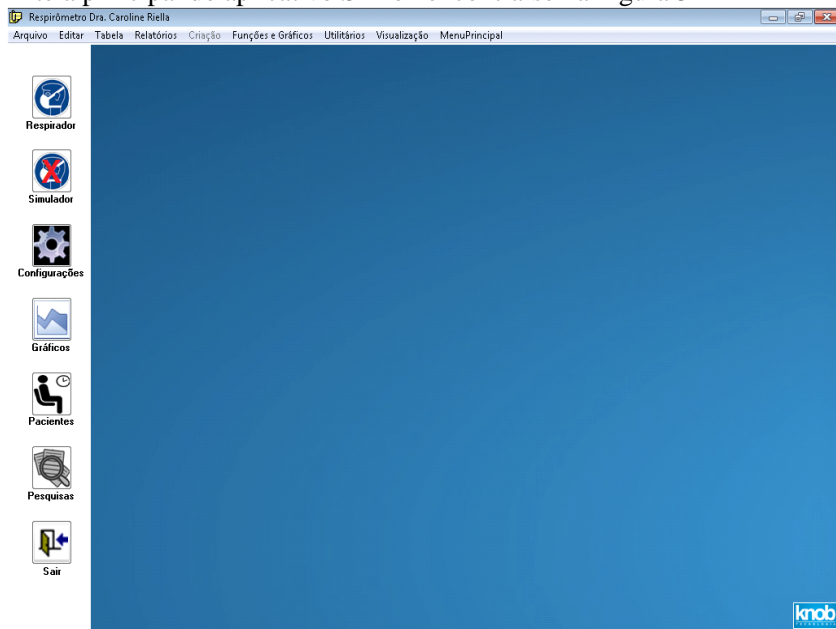









Figura 3 - Tela principal do sistema SIMon

As opções do sistema são:

 Respirador	Essa opção 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.
 Simulador	Essa opção acessa a tela do Simulador. O Simulador simplesmente gera dados automaticamente, emitindo alarmes e permitindo acesso aos vídeos. Sua função é de demonstração do sistema bem como para ser utilizado para treinamento.
 Configurações	Essa opção 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.
 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
 Pesquisas	Nessa opção são acessadas algumas pesquisas previamente definidas em forma de relatórios. O usuário poderá criar também suas próprias pesquisas.
 Sair	Opção para sair do SIMon

4.2.1 Configurações

Na opção “Configurações” podem ser configurados os seguintes parâmetros:

- Intervalo de tempo para medições
- Patologias e valores limites dos parâmetros para cada patologia bem como vídeos a serem acionados para cada patologia e parâmetro ultrapassado
- Som do alarme
- Texto para a situação normal (quando todos os parâmetros estão dentro da normalidade)
- Texto para situação de alarme
- Texto para o simulador

Essas opções estão mostradas na figura 4

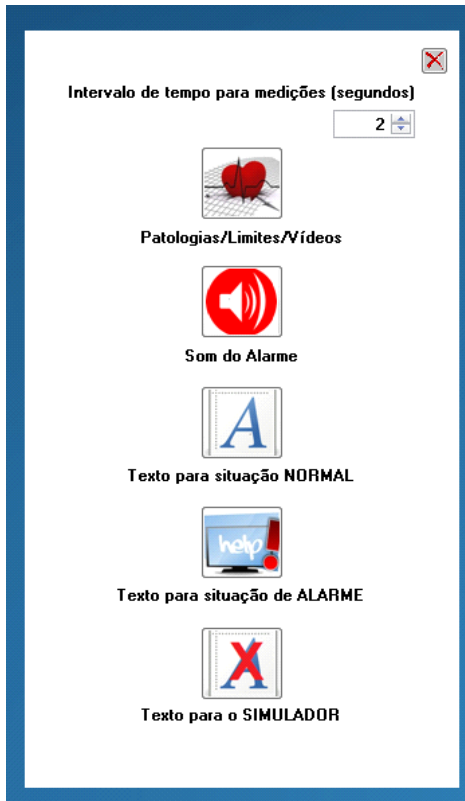


Figura 4 - Tela para configuração de parâmetros do SIMon

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 5.

Intervalo de tempo para medições (segundos)

2

Patologias/Limites/Vídeos

PATOLOGIAS

Patologia Pneumonia

Limites para alarme

	Minimo	Máximo	Vídeo
FiO2	80	100	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV
FR	12	16	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV
VCe	500	800	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV
Te	2	2	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV
Ti	1	1	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV
PEEP	5	5	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV
Pmax	25	35	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV
FC	80	100	\\POWERPRO\\AVI\\VENTILACAO.WMV

Figura 5 - Tela de cadastro das definições dos valores limites dos parâmetros para uma patologia e os vídeos a serem mostrados para cada situação.

O som emitido pelo alarme pode ser selecionado a partir de diversas opções cadastradas, conforme mostrado na Figura 6.

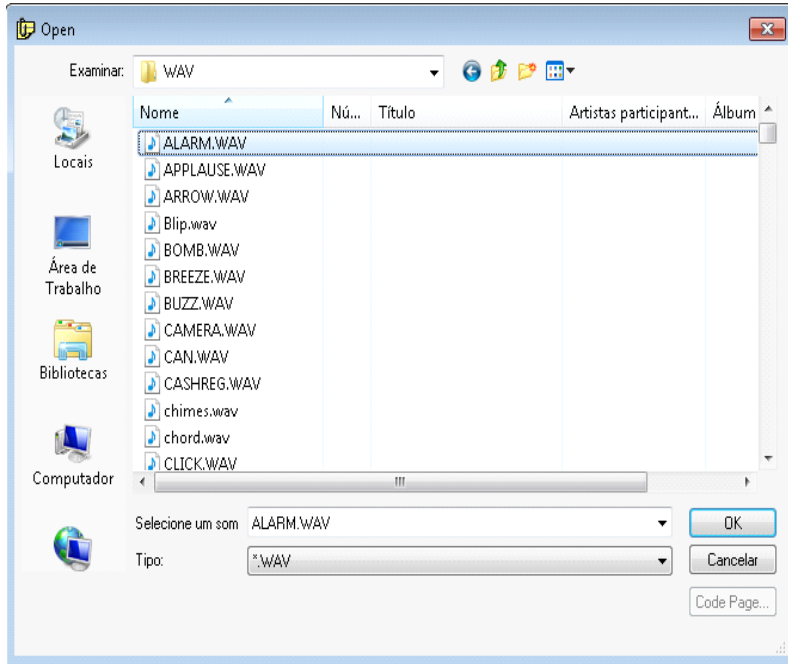


Figura 6 – Escolha do som que será emitido pelo alarme.

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 8 mostra a tela onde esses textos são digitados.

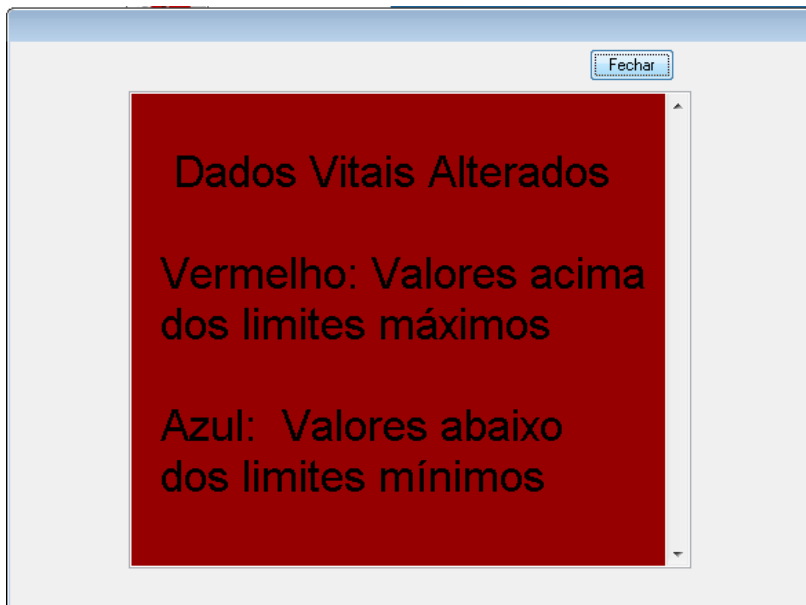


Figura 7 -Tela para inclusão do texto a ser exibido em caso de ALARME.

- GRÁFICOS

Existem alguns gráficos pré-definidos que podem ser acessados na opção “Gráficos”. Na Figura 8 é apresentada a tela com alguns gráficos pré-definidos. O usuário é capaz de criar seus próprios gráficos de interesse. Já na Figura 9 é apresentado um gráfico de Frequência Respiratória e na Figura 10 - um gráfico que mostra as Extubações e Óbitos por patologia.

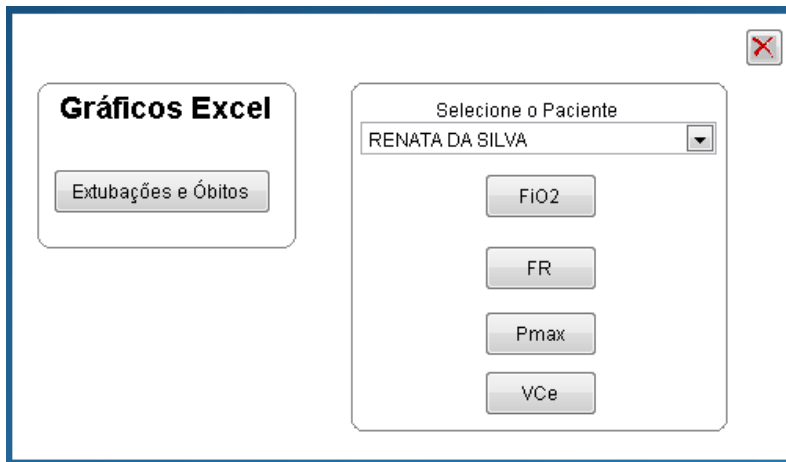


Figura 8 - Tela de Gráficos com alguns gráficos pré-definidos.

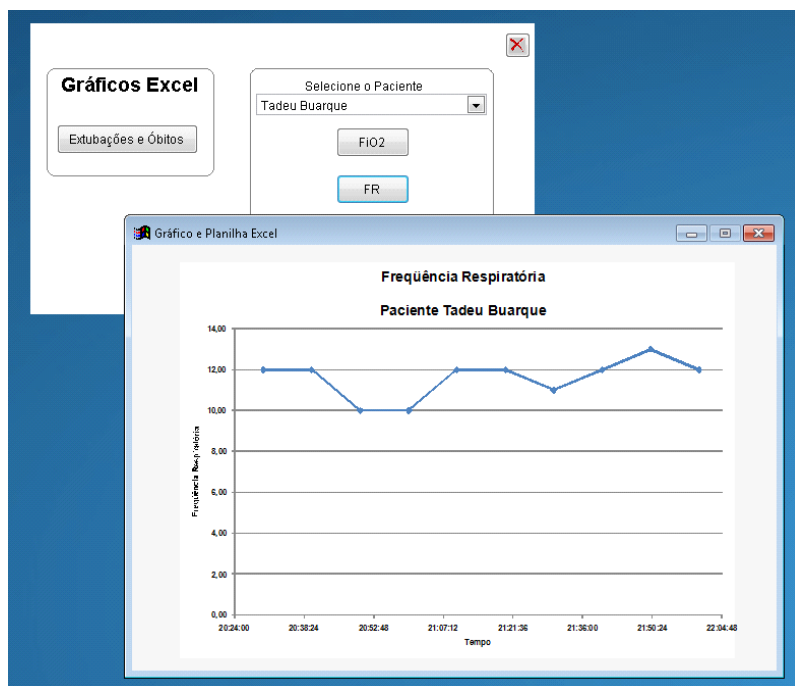


Figura 9 - Gráfico da Frequência Respiratória

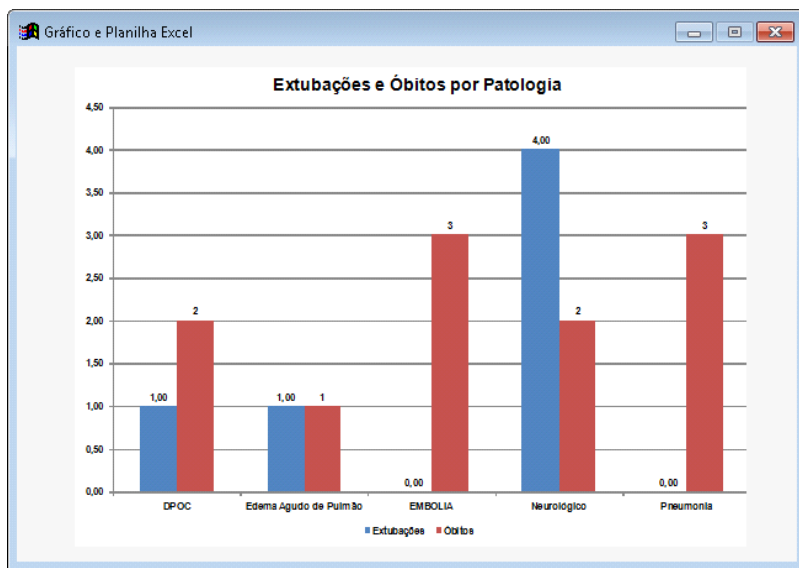


Figura 10 -Gráfico apresentando as Extubações e Óbitos por patologia

Além dos gráficos que acompanham o sistema, o próprio usuário pode criar gráficos com quaisquer variáveis existentes nas diversas telas de dados. A tela para a geração de gráficos é apresentada na Figura 11.

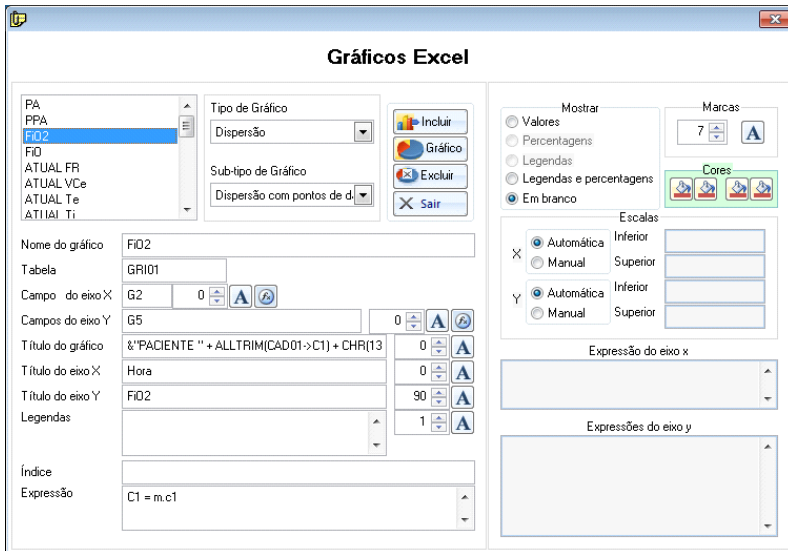


Figura 11- Tela para geração de gráficos no Excel

4.2.2 Preenchimento da tela de Gráficos Excel

Para criar um novo gráfico deve-se clicar no botão “Incluir”, dar um nome para o gráfico, definir a tabela para o local de leitura dos dados. O campo do eixo X e os campos do eixo Y devem ser separados por vírgula.

A tabela a ser utilizada no gráfico é preenchida automaticamente. Para saber os nomes das tabelas, deve-se utilizar a opção “Visualização” e “Nomes das Tabelas” (Figura 12).

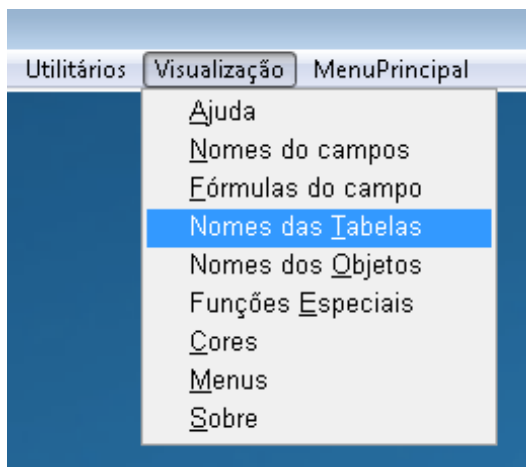


Figura 12 - Nomes das Tabelas

A opção “Nomes das Tabelas” (Figura 13) permite a visualização. Na existência de mais de uma tabela, o nome da tabela, em questão, armazena os dados da grade, denominada deGRI seguida dos dígitos da tabela principal. Se, por exemplo a tabela principal for CAD01, a tabela contendo os dados da grade será GRI01.

Nomes das Tabelas

Tela	Tabela
Evolução da Patologia	F0101
INTERVENÇÕES	CAD19
Cadastro de Inervenções	CAD20
GRAFICOS PARA RELATÓRIOS	CAD21
DADOS PARA O GRÁFICO PAO2	CAD22
PaO2	CAD23
Altas e Óbitos	CAD17
CADASTRO DE PACIENTES	CAD01
CADASTRO DE PATOLOGIAS	CAD02
CONFIGURAÇÕES DO RESPIRÔMET	CAD08
Dados dos Gráficos	CAD14
Evoluiu para outra patologia	CAD18
GRÁFICO	CAD10
Gráfico do Respirômetro	CAD16
Gráficos	CAD15
ID	CAD07
MÉDICOS	CAD09
Pesquisas	CAD13
REGISTRO DE GRÁFICOS	CAD05

Sair

Figura 13 – Nomes das Tabelas.

Os nomes dos campos podem ser visualizados com a opção “Visualização” e “Nomes dos Campos” como mostrado na figura 14.

CADASTRO DO PACIENTE

Paciente: C1 Data de Nascimento: C2
 Patologia: Neurológico Sexo: Feminino Idade: C5 anos
 Médico: Celular: C7
 Intubação: C14 Extubação Óbito: C28
 Respirador
 Evoluiu para outra patologia? Sim Não B3 ual?
 Resultados dos Exames
 PaO2: C22 PaCO2: C23 PH: C24

Dados Gráficos Relatórios

FG1B1 ar Dados

G1	G2	G5	G8	G10	G11	G12	G13	G14	G7	G3
27/01/15	18:18:10	72.00	8	2	98	3	1	5		
27/01/15	18:18:12	72.00	8	2	98	3	1	5		memo
27/01/15	18:18:15	70.00	12	200	3	1	5	25		memo
04/03/15	17:18:52	72.00	8	2	98	3	1	5		memo
04/03/15	17:18:54	72.00	8	2	98	3	1	5		memo
04/03/15	17:18:56	72.00	8	2	98	3	1	5		memo
04/03/15	17:18:58	72.00	8	2	98	3	1	5		memo
04/03/15	17:19:00	72.00	8	2	98	3	1	5		memo
04/03/15	17:19:02	72.00	8	2	98	3	1	5		memo
04/03/15	17:19:04	72.00	8	2	98	3	1	5		memo

B10 AGNÓSTICO B11 áfico 3 Paciente B12 áfico de Te B13 áfico da FC

Figura 14-Nomes dos campos.

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.

4.2.3 Gerador de Relatórios

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.

Para gerar um relatório deve-se utilizar a opção “Relatórios” e em seguida “Criar Relatório” como mostrado na figura 15.

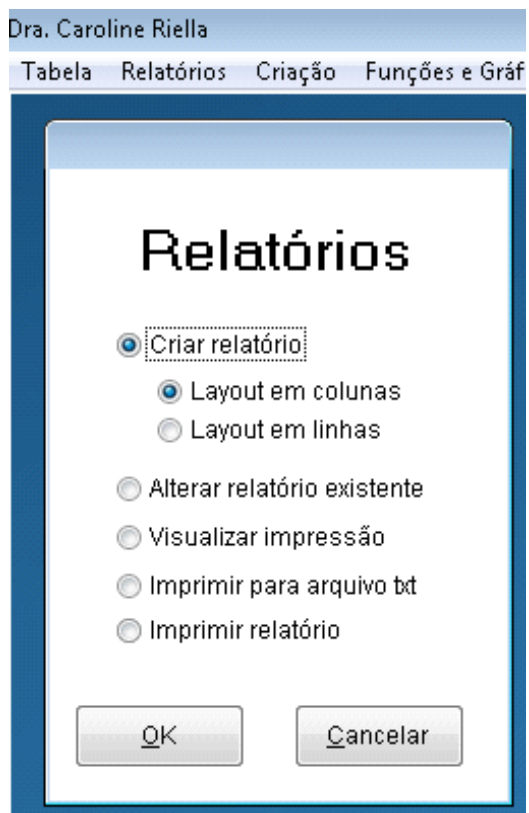


Figura 15 - Menu Relatórios

Em seguida deve-se nomear um relatório e incluir os campos desejados no gerador de relatórios como mostrado na figura 16.

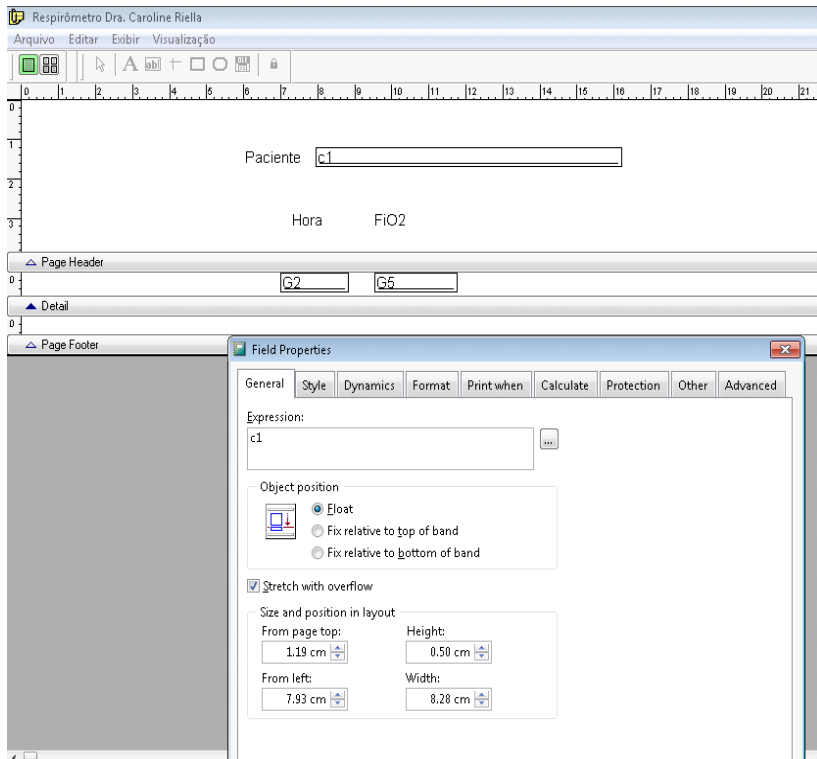


Figura 16- Gerador de relatórios

O relatório gerado a partir da figura 16 encontra-se na figura 17.

Paciente Tadeu Buarque

Hora	FiO2
21:50:00	0.24
22:00:00	0.25
20:30:00	0.21
20:40:00	0.22
20:50:00	0.23
21:00:00	0.21
21:10:00	0.20
21:20:00	0.21
21:30:00	0.20
21:40:00	0.23

Figura 17 - Relatório gerado a partir da estrutura

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 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.

- PESQUISAS

A opção de Pesquisas apresenta dois relatórios envolvendo todos os dados registrados, que são: o número de atendimentos por patologia e sexo; e os números de extubação e óbito por patologia. Esses relatórios servem como exemplo das possibilidades de análise dos dados cadastrados utilizando-se a ferramenta de criação de relatórios. O

usuário pode criar seus próprios relatórios. A Figura 18 mostra o relatório com atendimentos por patologia e sexo.

Atendimentos por Patologia e sexo

Patologia DPOC	
Sexo Masculino	Paciente
	Tadeu Buarque
	TOTAL 1
TOTAL 1	

Patologia Edema Agudo de Pulmão	
Sexo Feminino	Paciente
	Maria
	TOTAL 1
Sexo Masculino	Paciente
	Paulo da Silva Albuquerque
	TOTAL 1
TOTAL 2	

Patologia EMBOLIA	
Sexo Feminino	Paciente
	Márcia Araújo
	RENATADA SILVA
	TOTAL 2

Figura 18 - Relatório com atendimentos por patologia e sexo

- UTILIZANDO O SIMon

Passo 1 – Cadastro do Paciente

Estando as patologias de interesse cadastradas, o uso do SIMon inicia pelo Cadastro do Paciente. A tela de Cadastro de Pacientes é mostrada na Figura 19

CADASTRO DO PACIENTE

Paciente: Ana da Silva Data de Nascimento: 20/05/1983

Patologia: Neurológico Sexo: Feminino Idade: 31 anos

Médico: Celular:


Intubação: 27/05/2013 Extubação Óbito: 02/06/2013

Evoluiu para outra patologia? Sim Não Qual?

Resultados dos Exames

PaO₂: 143.00 PaCO₂: 37.00 PH: 7.02

Respirador



Dados Gráficos Relatórios

Limpar Dados

Data	Hora	FiO ₂	FR	VCe	Te	Ti	PEEP	Pmax	FC	Observações
12/12/14	15:14:14	73.00	2	5	12	1	6	30		memo
12/12/14	15:14:16	73.00	2	5	12	1	6	30		memo
12/12/14	15:14:18	73.00	2	5	12	1	6	30		memo
12/12/14	15:14:20	73.00	2	5	12	1	6	30		memo
12/12/14	15:14:22	73.00	2	5	12	1	6	30		memo
12/12/14	15:14:24	73.00	2	5	12	1	6	30		memo
12/12/14	15:14:27	70.00	12	200	3	1	5	25		memo
12/12/14	15:14:27	71.00	9	3	-1	3	1	5		memo
12/12/14	15:14:32	72.00	1	1	2	-1	3	1		memo
12/12/14	15:14:34	73.00	1	5	0	2	-1	3		memo

DIAGNÓSTICO Gráfico 3 Pacientes Gráfico de Te Gráfico da FC

Figura 19- Tela de Cadastro de Pacientes

Nessa tela devem ser preenchidos os dados do paciente como: nome, data de nascimento, patologia caso já exista um diagnóstico, médico responsável, entre outros.

Caso já existam resultados de exames laboratoriais, devem ser preenchidos também os campos: PaO₂, PaCO₂ e pH.

Os dados que aparecem preenchidos na grade como data, hora, FiO₂, etc., são preenchidos automaticamente quando o SIMon estiver ligado ao respirador como será visto no passo 2.

Passo 2 – Ativação do “Respirador”

Selecionando a opção “Respirador”, aparecerá a tela do *software* (Figura 20).

Paciente **Ana da Silva**

Patologia **Neurológico** Data de Nascimento **20/05/1988**

Médico **Dr. Marcos** Idade **31** anos

Evoluiu para outra Patologia? Sim Não

PaO2 **143** PaCO2 **37** pH **7.0**

Atributos	Valores medidos e limites		
	Medidos	Mínimos	Máximos
FiO2		70	90
FR		12	16
VCe		200	400
Te		3	3
Ti		1	1
PEEP		5	5
Pmax		25	35
FC		80	100

10

Anotações

Ativar Vídeo

Desativar Alarme

Sair

Figura 20 - Tela principal do Respirômetro.

O primeiro campo desta tela é o nome do paciente. Caso o paciente já esteja cadastrado, basta selecioná-lo. Para um novo paciente que ainda não esteja cadastrado deve-se clicar no botão à direita do nome para aparecer a tela de Cadastro de Pacientes. Os campos: Data de nascimento, Idade, Patologia, Médico, PaO₂, PaCO₂, pH e a foto do paciente, são preenchidos automática e sucessivamente.

Para ativar o *software*, basta clicar no botão “Ativar o Respirômetro” no canto superior direito da tela. A partir deste momento, os valores medidos pelo ventilador mecânico são lidos pelo SIMon e registrados na ficha do paciente (Figura 21) em intervalos de tempo definidos pelo profissional responsável.

A cada intervalo pré-definido, a exemplo, cinco segundos, os valores medidos serão exibidos na tela da figura 6.

Sempre que algum valor medido estiver acima ou abaixo dos valores limites, emite-se um aviso sonoro e, os valores medidos que estiverem acima do limite máximo aparecerão em “vermelho”. Os valores abaixo do valor mínimo aparecem em “Azul”. Adendo ao aviso sonoro é possível a elaboração de um texto, escrito pelos profissionais da saúde responsáveis (Figura 21).

Concomitante à facilidade de retenção na memória da ferramenta, muitos resultados de estudos com simuladores, reforçam a importância da utilização do som incluído na simulação, em geral a maioria dos avaliadores na avaliação pedagógica, discordam que o som seja um meio alternativo e desnecessário (BARBOSA; MARIN, 2008).

Preenchidos os dados do paciente o botão “ATIVAR RESPIRADOR” deve ser pressionado. Com o *software* ativado, imediatamente é mostrado na tela, no canto superior direito, um quadro em cores verde e amarela que ficam se alternando para que o operador saiba que o sistema está ativo, monitorando, a partir dali os dados.

Paciente: Ana da Silva

Patologia: Neurológico

Médico: Dr. Marcos

Data de Nascimento: 20/05/1955

Idade: 61 anos

Evoluiu para outra Patologia? Sim Não

Respirômetro Ativado

PaO2 143 PaCO2 37 pH 7.0

Atributos	Valores medidos e limites		
	Medidos	Mínimos	Máximos
FiO2	73.00	70	90
FR	2	12	16
VCe	5	200	400
Te	12	3	3
Ti	1	1	1
PEEP	6	5	5
Pmax	30	25	35
FC	88	80	100

Dados Vitais Alterados

Vermelho: Valores acima dos limites máximos

Azul: Valores abaixo dos limites mínimos

Anotações

Ativar Vídeo

Desativar Alarme

Sair

Figura 21- Tela principal indicando os valores limites ultrapassados.

No lado esquerdo da tela aparecem todos os parâmetros que estão sendo monitorados: FiO_2 , FR, VC, Te, Ti, PEEP e $P_{m\acute{a}x}$, bem como seus valores máximos e mínimos permitidos para cada patologia do paciente. Qualquer valor acima ou abaixo dos limites permitidos conforme idade e/ou patologia do paciente um alarme sonoro é emitido e um texto em fundo vermelho, que pode ser alterado pelo usuário, aparece na tela indicando que um ou mais parâmetros encontram-se fora dos limites pré-estabelecidos. Ao mesmo tempo, os valores medidos,

fora dos limites, aparecem em vermelho ou azul: em vermelho, acima do valor máximo permitido e em azul, abaixo do valor mínimo permitido.

Passo 3 - Vídeo

A implementação de um link “vídeo” permite um aprendizado a nível acadêmico e quanto à tomada de decisão dos profissionais. Para cada situação e patologia pode ser criado um vídeo com orientações ao procedimento e/ou decisão, detalhes da patologia, cuidados com o paciente entre outros.

Dentre os pontos positivos quanto à usabilidade da ferramenta estão a fácil visualização, que permite ao aluno e profissional da saúde pensar e relembrar o conteúdo, e a não exigência de grandes conhecimentos em relação ao uso de computadores. A contribuição para a resposta rápida mediante questões, o estímulo a percepção dos sons, bem como o recurso de imagens são métodos eficazes no processo decisório.

Na sonorização do alarme, um vídeo estará disponível para que o assistente possa assistir. Esse vídeo pode ser produzido pelo profissional responsável, visando orientar os assistentes sobre os procedimentos a serem tomados nos casos de emergência e/ou urgência. Inúmeros vídeos podem ser vinculados ao *software* em função das diferentes patologias, com instruções específicas para cada caso. O vídeo a ser acionado para cada situação deve ser selecionado pelo profissional responsável.

Como sugestões durante o processo de criação da ferramenta foram citadas a criação de uma janela (como fonte bibliográfica) e a inclusão de *links* de vídeos que tornassem possível a visualização de tomadas de decisão e valores referenciais.

Para ativar o vídeo basta clicar no botão “Vídeo”. O vídeo selecionado é, então, ativado (Figura 22).

Paciente **Ana da Silva**

Patologia **Neurológico** Data de Nascimento **20/05/1955**

Médico **Dr. Marcos** Idade **61** anos

Evoluiu para outra Patologia? Sim Não

PaO2 143 PaCO2 37 pH 7.0

Atributos	Valores medidos e limites		
	Medidos	Mínimos	Máximos
FID2	73.00	70	90
FR	2	12	16
VCa	5	200	400
Te	12	3	3
Ti	1	1	1
PEEP	6	5	5
Pmax	30	25	35
FC	88	80	100

ALARME DESATIVADO

Anotações

Desativar Vídeo

Desativar Alarme

Sair

Figura 22 – Vídeo.

4.3 ANOTAÇÕES

Sempre que for feita uma intervenção no paciente como, uso de medicamento, alteração nos parâmetros do respirador, fisioterapia, et. Esta intervenção pode registrada no histórico do paciente clicando o botão “Anotações” da Figura 23.

Na tela mostrada pela Figura 23 as anotações poderão ser feitas, e ficam registradas a data e a hora desta anotação.

Paciente **Ana da Silva**

Patologia **Neurológico** Data de Nascimento **20/05/1955**

Médico **Dr. Marcos** Idade **61 anos**

Respirômetro Ativado

Evoluiu para outra Patologia? Sim Não

Atributos	Valores medidos e limites		
	Medidos	Mínimos	Máximos
FiO2	73.00	70	90
FR	2	12	18
VCe	5	200	400
Te	12	3	5
Ti	1	1	1
PEEP	6	5	5

Azul: Valores abaixo dos limites mínimos

INTERVENÇÃO

Data: 12/12/2014 Hora (HH:MM): 11:28

Intervenção: PROPOFDL

Descrição: Medicado com PROPOFDL

PaO2: 143.00 PaCO2: 37.00 PH: 7.02

OK Cancelar

Anotações Ativar Vídeo Desativar Alarme

Figura 23- Registro de uma intervenção

Essas anotações ficam registradas no histórico do paciente e são de suma importância para a avaliação do resultado obtido com essa intervenção.

4.4 VISUALIZAÇÃO DO QUADRO CLÍNICO DO PACIENTE

Sempre que o médico ou o atendente desejar visualizar a evolução do paciente durante o período de entubação, pode acessar o relatório apresentado na Figura 24

Anotações feitas durante o acompanhamento do paciente

Ana da Silva

Patologia: Neurológico

Idade: 61 anos

Sexo: Feminino



Resultados dos Exames	PaO2	143	PaCO2	37.0	PH	7.02
-----------------------	------	-----	-------	------	----	------

VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS NO PERÍODO							12/12/2014 (09:00:00)
							12/12/2014 (09:38:00)

VALORES	FI02	FR	VCe	Te	Ti	PEEP	Pmax
MÍNIMO	35.00	20	230	1	1	5	30
MÁXIMO	35.00	65	550	2	2	5	30

INTERVENÇÃO 1	12/12/14 09:09:00
Paciente passou de Ventilação controlada para ventilação espontânea Medicado com FENTANIL a 2 ml/h	
INTERVENÇÃO 2	12/12/14 09:24:00
Como a ventilação espontânea provocou aumento da frequência respiratória acima de 60, foi utilizada novamente a ventilação controlada	

PACIENTE Ana da Silva
Patologia: Neurológico
FREQUÊNCIA RESPIRATORIA

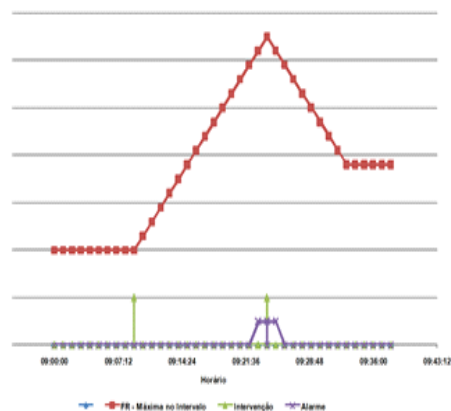


Figura 24 - Relatório de acompanhamento do paciente

Esse relatório apresenta os valores máximos e mínimos de todos os parâmetros medidos durante o período de entubação, todas as intervenções feitas e um gráfico da frequência respiratória.

O Gráfico registra os momentos das intervenções (seta verde), os intervalos de tempo em que o alarme foi acionado e, neste exemplo, a variação da Frequência respiratória onde pode ser observada sua variação após as intervenções: após a primeira intervenção, às 09:09:00H (“paciente passou de Ventilação controlada para ventilação mecânica”) a frequência respiratória aumentou e após a segunda intervenção 09:24:00H (“o paciente voltou à ventilação controlada”), o frequência respiratória voltou a diminuir.

A exemplo, inúmeros outros relatórios podem ser desenvolvidos pelo usuário, com valores medidos e/ou calculados. Para que os usuários possam desenvolver relatórios semelhantes, um treinamento de poucas horas é necessário para quem não possui conhecimentos de informática. Pessoas com algum conhecimento podem desenvolver relatórios observando como esses relatórios foram criados, pois todos os relatórios, gráficos e cálculos existentes no SIMon são “abertos” e passíveis de alterações.

4.5 AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO

Durante o período em que o paciente encontra-se entubado, nem sempre o profissional responsável está presente. Normalmente quem assiste esses pacientes não é somente o médico responsável, mas os demais profissionais da saúde. Por isso pode ser de grande valia uma avaliação geral do estado do paciente, com base em parâmetros definidos pelo médico responsável, que definem ou indicam a possibilidade de tratar-se de patologia específica.

É possível, com base na equação obtida de gás alveolar, juntamente com os parâmetros do aparelho, definir, ou melhor, suspeitar de que o paciente possui determinada patologia.

“Paciente Renata da Silva, 27 anos, chegou à emergência com dor em “pontada” com horas de duração. Ela não é fumante. O Ph corresponde a 7.75, PaCO₂ 21 mmHg, PaO₂ 73 mmHg. Sem diagnóstico no momento.”

Conforme caso e seguido a equação do gás alveolar:

$$PAO_2 = FiO_2 (PB - 47) - 1,2(PaCO_2)$$

$P(A-a)_2=33$ mmHg (110-73 mmHg), indicando um desequilíbrio ventilação-perfusão e uma anormalidade no parênquima do pulmão.

A hiperventilação (aumento da FR) devido à dor pleurítica e a PaO_2 de 73 mmHg indicam uma elevação da $P(A-a)$, ou seja na troca gasosa da paciente.

A equação do gás alveolar mostra uma hiperventilação.

A PAO_2 deveria ter um valor acima de 200 mmHg e a PaO_2 acima de 80 mmHg. As observações foram obtidas através da equação do gás alveolar.

Diversas patologias possuem características específicas que podem ser percebidas com base na equação e nos valores do obtidos pelo programa.

O SIMon usa essa possibilidade, permitindo a identificação de três patologias: Pneumonia, Embolia e DPOC, entre outras. Os usuários podem criar ou alterar os parâmetros que definem patologias e com isso obter a identificação de outras de seu interesse.

A intenção dessa opção 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.

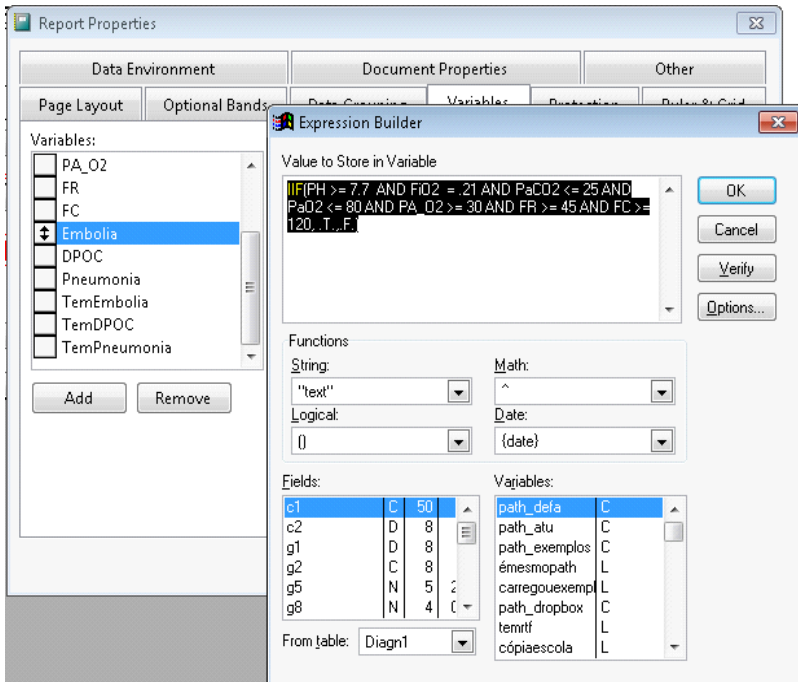


Figura 25 - Expressão Lógica que define a suspeita de Embolia.

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

IIF(PH >= 7.7 AND FiO₂ = .21 AND PaCO₂ <= 25 AND PaO₂ <= 80 AND PA_O₂ >= 30 AND FR >= 45 AND FC >= 120, .T.,.F.)

Os valores dessa expressão são os seguintes:

- Se o valor do PH for Maior ou igual a 7,7 e
- FiO₂ for igual a 0,21 e
- PaCO₂ for menor ou igual a 25 e
- PaO₂ for menor ou igual a 80 e
- FR for maior ou igual a 45 e
- FC for maior ou igual a 120

Existe uma grande probabilidade de o paciente estar com **EMBOLIA PULMONAR**.

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 área 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 PaO₂ para três pacientes diagnosticados com Embolia, onde PaO₂ é obtido a partir da seguinte equação:

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

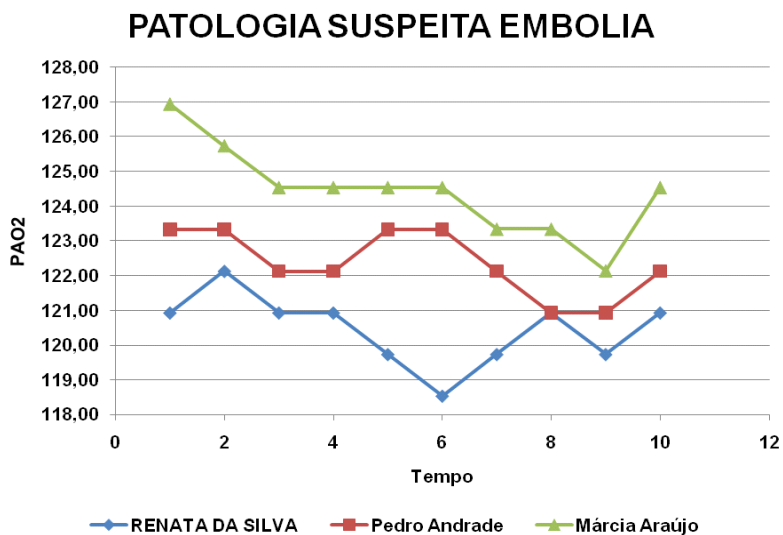


Figura 26 - PaO₂ de três pacientes com Embolia.

4.6 SIMULADOR

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.

5. CONCLUSÃO

O uso da ventilação mecânica oferece boas oportunidades de carregar futuros estudos da mecânica respiratória. Baseada em diferentes técnicas, valores e cálculos torna-se possível determinar o estado do sistema respiratório e aplicar um tratamento para o paciente. As medidas, porém, possuem limitações e o tratamento difere para cada paciente. Um banco de dados, baseado em sólidas evidências colabora para a “concretização” das medidas respiratórias, clareando a ação de ventilar um paciente mediante o empírico, subjetivo.

O banco de dados em ventilação mecânica permite interpretar um quadro clínico dentro do contexto de cada paciente.

A utilização de recursos da informática no processo de ensino-aprendizagem torna necessária não somente a incorporação de conhecimentos inerentes à saúde, mas também a busca e o aperfeiçoamento de conceitos fundamentados a ergonomia de software e na pedagogia para desenvolvimento e aperfeiçoamento na saúde.

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 vinda, 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 dados reais 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 reproduzir 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 técnicas 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 os alunos iniciam um treinamento intensivo, no qual os erros detectados poderão ser corrigidos 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.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.O.; LANAJA DE ALMEIDA, M. Manuseio da ventilação mecânica no trauma cranioencefálico: hiperventilação e pressão positiva expiratória final. *Rev Bras Ter Intensiva*. v. 21(1), p. 72-79, 2009.

AMATO, M.B et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. v. 372, p.747-55, 2015.

AMATO, M.B et al. Effect of protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. v. 338, p. 347-54, 2008.

ANDRADE, F.C; ANDRADE JUNIOR, FC. Usos e abusos da hiperventilação nos traumatismos cranioencefálicos graves. *Arq. Neuropsiquiatria*. v.58(3-A), p. 648-655, 2000.

BARBOSA, R.A.G; MARIN, M.J.C. Avaliação da função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. *Rev.Bras. Anestesiologia*. v. 52(6), p. 689-99, 2002.

BERGAMASCO, V.D; MARTA, G.N; KOWALSKI, L.P; CARVALHO, A.L. Perfil epidemiológico do câncer de cabeça e pescoço no estado de São Paulo. *Rev Bras Cir Cabeça Pescoço*. v. 37(1) p. 15-9, 2008.

BONASA, J. Principios Básicos dos Ventiladores Artificiais. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, São Paulo. v.4, p. 69-124, 2000.

CARICATO, A; CONTI, G.; DELLA, C.F; MANCINO, A.; SANTILLI, F.; SANDRONI, C. et al. Effects of PEEP on the intracranial system of patients with head injury and subarachnoid hemorrhage: the role of respiratory system compliance. *J Trauma*. v. 58 (3), p. 571-6, 2005.

CARITÁ, E.C; NINI, R.A; MELO, A. Sistema de auxílio aos diagnósticos de enfermagem para as vítimas de trauma no atendimento avançado pré hospitalar móvel utilizando as Taxonomias NANDA e NIC. *J Health Inform*. v. 2(4), p. 87-94, 2010.

CAROMANO, F.A; CORIGLIANO, A., PARDO, M.S. Organização e Avaliação de um software para ensino de ausculta respiratória. Rev. Fisioter. Univ. São Paulo. v.9(1), p. 1-8, 2012.

COLT, C.M; CROWFORD, K.; GRAWBRAITH, T.M. Effect cardiopulmonar by-pass on pulmonar gas Exchange: a prospectiverandomizedstudy .Am. Thorac. Surg. v.69(1), p. 140-5, 2011.

DEEM, S. Management of acute brain injury and associated respiratory issues. Respir Care. v.51 (4), p.357-67, 2006.

De PROST, N.; DREYFUSS, D. How to prevent ventilator induced lung injury? Minerva Anesthesiol. v. 78, p. 1054-66, 2012.

DOWBOR, L. Tecnologias do conhecimento: os desafios da educação. Petrópolis: Vozes; 2011.

FELKER, G.M; ADAMS JUNIOR, K.F; KONSTAM, M.A, O'CONNOR, C.M; GHEIORGUIADE, M. The problem of descompensated heart failure: nomenclature, classification, and risk stratification. Am Heart J. v.145(2suppl), p. 18-25, 2003.

FREITAS, G.R et al. Terapia Intensiva em neurologia e neurocirurgia. Rio de Janeiro: Revinter, 2002.

GARCIA-PIETRO, E.; AMADO-RODRIGUEZ, L.; ALBAICETA, GM.. Monitorization of respiratory mechanics in ventilated patient. Med Intensiva. v. 38 (1), p.49-5, 2014.

GIROU, E; BRUN-BUISSON, C.;TAILLÉ, S.; LEMAIRE, F.; BROCHARD, L. Secular trends and nosocomial infections and mortality associated with noninvasive ventilation in patients with exacerbation of COPD and pulmonary edema. J Am Med Assoc. v. 290, p.2985-91, 2003.

HAGER, D.N; KRISHNAN, J.A; HAYDEN, D.L; BROWER, R.G. Tidal Volume reduction in patients with acute lung injury when plateau pressures are not high. Am J Respir Crit Care Med. v.172, p.1241-5, 2005.

LOPEZ-HERCE, C.J. New modalities of mechanical ventilation. *Pediatr (Barc)*. v. 59(1)p. 95-102, 2003.

LORING, S.H; MALHORTA, A. Driving Pressure and Respiratory Mechanics in ARDS. *N Engl J Med*. v. 8, p.372, 2015.

MADEIRAS, J.G.; LACERDA, J.V.; TAVEIRA, T.; PATRICIA, C. Análise do tempo de desmame da ventilação mecânica invasiva na UTI do Hospital Santa Casa de Maringá no ano de 2010. *Brasilian Journal Of Physical Therapy*. v.16 Suppl, p. 245-245, 2012.

MARIN, L. Arterial blood gas analysis and lactate. *Curr Opinion Crit Care*. v. 6, p.227-231, 2000.

MELO, F.N.P; DAMASCENO, M.M.C. A construção de um software educativo sobre ausculta de sons respiratórios. *Rev Esc Enferm USP*: v.40(4), p. 563-569, 2006.

NICOLAU, J.N.; SELZMAN, C.H.; FANG, J.C.; STEKLIK, J. Pharmacologic therapies for acute cardiogenic shock. *Cuur Opin Cardiol*. v.29, n.3, p. 250-257, 2014.

PORTO, M.L. A Evolução da Engenharia Química - Perspectivas e Novos Desafios. Disponível em: <http://http://hottopos.com/regeq10/luismar.htm>. 2010.

RAUEN, J. Processos interacionais discente/docente em espaço virtual de aprendizagem: análise com base na teoria da relevância. *Revista do Programa de Pós Graduação em Letras e do Centro de Estudos Luso-afro-brasileiro da PUC, Minas Gerais*. 2012.

RIELLA, C.L. Sistema de apoio à decisão na monitoração do paciente em assistência ventilatória invasiva. *Dissertação de Mestrado*. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba. 2007.

ROCCO, J.R. Diagnostico dos distúrbios do metabolismo ácido-base. *Artigo de Revisão*. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. v.4, p. 183-192, 2013.

RODRIGUES, C.D.A.; ALBAICETA, R.A.R.A. Lesão Pulmonar e ventilação mecânica em cirurgia cardíaca. *Rev Bras Ter Intensiva*. v. 22(4): p. 375-383, 2010.

ROQUE-SPECHET, 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, Santa Catarina, 2012.

SAKAKIBARA, M.; YAMADA, S.; MATSUSHIMA, S.; AKIMICHI, S.; MASAKI, Y.; HONNA, 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*.v.2, p. 115-118, 2010.

TERRAGNI, P.P; ROBSBOCH, 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*. v. 175, p.160-6, 2007.

THIELE, H.; OHMAN, E.M.; DESCH, S.; EITEL, I.; de WAHA, S. Management of cardiogenic shock. *European Heart Journal*. v. 36, p. 1223-1230, 2015.

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

VIDAL, E.M; MAIA, J.E.B; SANTOS, G.L.S. Educação, informática e professores. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2012.

WERDAN, K.; GIELEN, S; EBELT, H.; HOCHMAN, J. Mechanical circulatory support in cardiogenic shock. *European Heart Journal*, 2016.

ZAKON, A. A expansão da engenharia química no terceiro milênio. VI Encontro de Educação em Engenharia, 2010.

ZINK, B.J. Traumatic brain injury outcome: concepts for emergency care. *Ann Emerg Med*. v. 37 (3), p. 318-22, 2001.

II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. J Bras Pneumol. v. 30(supl5), 2004.