

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE**

CAROLINA NAPOLI MADUREIRA SCHENEKENBERG

**ELEIÇÃO DE TÉCNICAS E PARÂMETROS VENTILATÓRIOS PARA O
PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA**

CURITIBA

2009

CAROLINA NAPOLI MADUREIRA SCHENEKENBERG

**ELEIÇÃO DE TÉCNICAS E PARÂMETROS VENTILATÓRIOS PARA O
PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.
Orientadora: Profa. Dra. Andreia Malucelli.

CURITIBA

2009

AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo, Luis Augusto, por todo o apoio e paciência durante esse tempo, pela sua dedicação para comigo e com nossos amados filhos.

Aos meus dois príncipes, Gabriel e Rafael, por permitirem que eu me ausentasse por longos períodos, e pelo carinho recompensante que me davam nos momentos em que estávamos juntos.

À minha mãe que sempre teve a certeza do meu sucesso e torceu por mim a cada segundo e às minhas queridas irmãs, que me ajudam sempre.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Andreia Malucelli que se dedicou com muita competência para a realização deste trabalho, me dando ânimo nas horas mais cansativas e não permitindo que eu me desviasse do caminho, pelas horas de orientação e leituras intermináveis de versões escritas, à ela o resultado deste trabalho.

Ao Prof^o Dr^o João da Silva Dias, pelas incansáveis explicações de temas muitas vezes complexos e idéias difíceis de serem elaboradas, pela disponibilidade de tempo e mesmo longe pelo cuidado e interesse durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha amiga e apoiadora desta pesquisa Anny Chi, obrigado pelo apoio e momentos tão agradáveis juntas.

Aos profissionais que, muito prontamente, se dispuseram a colaborar com a validação desta pesquisa.

RESUMO

O uso da ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca pode trazer algumas complicações respiratórias ao paciente. Para minimizar este risco é necessária a adaptação correta e rápida do ventilador mecânico. A dificuldade para isso está no número expressivo de variáveis para a regulação do ventilador mecânico e na obtenção de todas estas variáveis. Como o período de ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca, geralmente, não ultrapassa 12 horas, esse tempo deve ser otimizado para que o paciente possa estar em ventilação espontânea o mais rapidamente possível. Para isso, acredita-se que é necessária a redução no número de variáveis e o apoio de tecnologia computacional. Este trabalho propõe um conjunto de variáveis essenciais e o uso de Redes Bayesianas (RB), para auxiliar o profissional no momento da decisão. Para o desenvolvimento da RB fez-se necessário o uso de uma base de 137 casos clínicos, 107 casos foram utilizados para a construção da RB e 30 para a construção do padrão-ouro, o qual teve o auxílio de especialistas. A avaliação foi realizada por meio das medidas de validade operacionais de instrumentos, tabelas de contingência e curvas ROC. A análise dos resultados mostrou que a RB desenvolvida, apresentou um adequado desempenho para a eleição da modalidade e parâmetros ventilatórios. Os resultados com a RB foram semelhantes aos resultados indicados pela literatura, mostrando uma compatibilidade entre o raciocínio humano e o computacional. A RB pode ser utilizada como uma ferramenta de apoio à decisão para os profissionais da saúde, sendo que o seu uso nas rotinas clínicas poderá agilizar o atendimento dos pacientes, auxiliando o profissional no momento da tomada de decisão de qual a modalidade e parâmetros ventilatórios são os mais adequados.

Palavras-chaves: inteligência artificial, rede bayesiana, ventilação mecânica, cirurgia cardíaca.

LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Aquisição do conhecimento
AVE – Acidente vascular encefálico
CEC – Circulação extracorpórea
cmH₂O – Centímetros de água
CO₂ – Gás carbônico
CRF – Capacidade residual funcional
CV – Capacidade vital
DM – Diabetes mellitus
DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crônica
EUA – Estados Unidos da América
FiO₂ – Fração inspirada de oxigênio
FR – Frequência respiratória
HAS – Hipertensão arterial sistêmica
IA – Inteligência artificial
IAM – Infarto agudo do miocárdio
INCOR – Instituto do Coração de São Paulo
ipm - incursões por minuto
L/min – Litros por minuto
ml/kg – Mililitros por kilograma
P(A-a)O₂ – Pressão alvéolo-arterial de oxigênio
PaCO₂ – Pressão arterial de gás carbônico
PaO₂ – Pressão arterial de oxigênio
PCV – Ventilação controlada a pressão
PFN – Probabilidade de falso negativo
PFP – Probabilidade de falso positivo
pH – Potencial hidrogênico
Pimáx – Pressão inspiratória máxima
PO – Padrão ouro
PS – Pressão de suporte
PSV – Ventilação com pressão de suporte
RB – Rede bayesiana

RM – Revascularização do miocárdio
ROC - *Receiver Operating Characteristic Curve*
SaO₂ – Saturação arterial de oxigênio
SIMV – Ventilação mandatória intermitente sincronizada
SNC – Sistema nervoso central
TB – Teorema de Bayes
TPC – Tabela de probabilidade condicional
UML – *Unified modeling language*
UNICAMP – Universidade de Campinas
UTI – Unidade de terapia intensiva
V/Q – Ventilação/Perfusão
VA – Via aérea
VC – Volume corrente
VCV – Ventilação controlada a volume
VCVAC – Ventilação assisto-controlada a volume
VEF1 – Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VM – Ventilação mecânica
Vmin – Volume por minuto
VPN – Valor preditivo negativo
VPP – Valor preditivo positivo
VVM – Ventilação voluntária máxima

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Demonstração dos protocolos de ventilação mecânica para o pós-operatório de cirurgia cardíaca.....	28
TABELA 2 – Tabelas 2x2 geradas para o nó de saída modalidade VCVAC.....	51
TABELA 3 – Testes diagnósticos para o nó de saída modalidade “VCVAC” e PO...51	
TABELA 4 – Tabela de sensibilidade do nó de saída modalidade.....	53
TABELA 5 – Tabela de sensibilidade do nó de saída “FR1”.....	55
TABELA 6 – Tabela de sensibilidade do nó de saída “FiO ₂ ”.....	56
TABELA 7 – Avaliação da sensibilidade para o nó de saída fluxoinsp1.....	57
TABELA 8 – Avaliação da sensibilidade para o nó modalidade.....	57

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Representação da parte qualitativa da RB mostrando a relação de dependência entre nós e arcos que compõe a RB.....	32
FIGURA 2 – Representação da parte quantitativa da RB com os coeficientes de probabilidade condicional.....	33
FIGURA 3 - Tabela de contingência para resultados de testes.....	35
FIGURA 4 – Nós de entrada da RB correspondentes a classe SC.....	45
FIGURA 5 - Nós de entrada de RB correspondente as variáveis da classe EB.....	45
FIGURA 6 - Nós de entrada de RB correspondente as variáveis da classe MR.....	45
FIGURA 7 - Nós de saída da RB.....	46
FIGURA 8: Representação da parte qualitativa da RB.....	47
FIGURA 9 – Representação da parte quantitativa da RB.....	49
FIGURA 10 – Sensibilidade, especificidade e o valor do erro padrão para o nó de saída modalidade “VCVAC”	52
GRÁFICO 1 – Curva ROC do nó de saída modalidade “VCVAC” versus PO.....	52
QUADRO 1 – Escala de Ransay.....	18
QUADRO 2 – Valores dos parâmetros de indicação do uso de VM.....	21
QUADRO 3 – Variáveis divididas em classes.	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	CIRURGIA CARDÍACA.....	13
2.1.1	Circulação extracorpórea.....	16
2.1.2	Anestesia e a função respiratória.....	17
2.2	VENTILAÇÃO MECÂNICA.....	20
2.2.1	Modos ventilatórios.....	21
2.2.2	Parâmetros ventilatórios.....	24
2.3	VENTILAÇÃO MECÂNICA NA CIRURGIA CARDÍACA.....	26
2.4	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	28
2.4.1	Representação do conhecimento.....	30
2.4.2	Redes Bayesianas.....	31
2.4.2.1	Parte qualitativa da RB.....	32
2.4.2.2	Parte quantitativa da RB.....	33
2.5	MEDIDAS DE VALIDADE OPERACIONAIS DE INSTRUMENTOS.....	34
3	METODOLOGIA.....	37
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO.....	37
3.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO.....	37
3.3	FASES DO TRABALHO.....	38
3.4	BASE EMPÍRICA.....	41
3.5	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1	VARIÁVEIS ESSENCIAIS.....	42
4.2	PARTE QUALITATIVA DA RB.....	44
4.3	PARTE QUANTITATIVA DA RB.....	48
4.4	AVALIAÇÃO DA RB.....	50
4.4.1	AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE DOS NÓS DE SAÍDA EM RELAÇÃO AOS NÓS DE ENTRADA.....	53
5	CONCLUSÕES.....	58
6	REFERÊNCIAS	60
7	APÊNDICE.....	67
8	ANEXOS.....	78

1 INTRODUÇÃO

A cirurgia cardíaca teve seu início em 1956 com a primeira cirurgia utilizando circulação extracorpórea, realizada por Hugo Felipozzi, cirurgião do Instituto de Cardiologia “Sabbado D’Angelo” e vêm crescendo e se desenvolvendo (BRAUNWALD, 2003).

Os pacientes com indicação de cirurgia cardíaca, geralmente, compõem um grupo de risco cardíaco. Os fatores que levam a pessoa a ser incluída nesse grupo são: o tabagismo, mal estado nutricional, comorbidades como diabetes e hipertensão, hereditariedade, idade, sexo, entre outros (AMBROZIM et al. 2005). Esses fatores, quando associados às agressões cirúrgicas, poderão aumentar o risco cirúrgico dos pacientes, pois podem alterar a mecânica respiratória, a ventilação e o índice de troca gasosa no pós-operatório imediato (AMBROZIM et al., 2005). Por esses motivos, os pacientes em pós-operatório imediato são pacientes que necessitam de atenção especial em relação ao sistema respiratório.

Os pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca fazem uso de ventilação mecânica pelo fato de estarem sob efeitos de anestésicos, pelas repercussões sistêmicas da técnica cirúrgica e pelo uso de circulação extracorpórea (CEC) durante a cirurgia (ARCÊNCIO et al., 2008).

O uso da ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca pode trazer algumas complicações respiratórias ao paciente, sendo as mais comuns: as atelectasias, os barotraumas e as infecções respiratórias. Para minimizar o risco do paciente apresentar alguma dessas alterações é necessária a adaptação correta e rápida do ventilador mecânico (RENAULT et al., 2008; ARCÊNCIO et al., 2008).

A dificuldade encontrada para a realização da mais adequada adaptação do paciente em pós-operatório de cirurgia cardíaca na ventilação mecânica deve-se ao número expressivo de variáveis necessárias para a regulação do ventilador mecânico. Esse fato torna o processo de regulação de ventilação mecânica lento. Outro fator é que nem todos os serviços conseguem obter todas as variáveis, muitas vezes por falta de tempo hábil, apenas um profissional para muitos pacientes, ou por falta de material e equipamentos necessários.

Na literatura (PRADO, 1996; TAYLOR, KIRBY, 1992; AULER, OLIVEIRA, 2004; UMEDA, 2004) pode-se observar que existem diversos protocolos, criados de

acordo com a rotina de cada serviço. Consequentemente, variáveis importantes a serem avaliadas durante a eleição da modalidade ventilatória não estão presentes em alguns protocolos de serviço, fazendo com que a tomada de decisão clínica seja baseada em incertezas, o que dificulta a ação do profissional.

Como o período de ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca, geralmente, não ultrapassa 12 horas, esse tempo deve ser otimizado para que o mais rapidamente possível o paciente possa estar em ventilação espontânea. Para isso, neste trabalho acredita-se que reduzindo o número de variáveis para a escolha do modo e dos parâmetros ventilatórios, o profissional levará menos tempo para essa escolha e essa será mais assertiva, pois será baseada em variáveis previamente selecionadas.

Para a realização da seleção dessas variáveis pode-se lançar mão de sistemas computacionais, que utilizam o conhecimento do especialista para criar maneiras computacionais de apoiar a decisão do especialista.

A Inteligência Artificial (IA) é utilizada na área da saúde na tentativa de minimizar a imprecisão da decisão clínica do especialista, reduzindo a incerteza dos dados. Entre as técnicas de IA que podem ser utilizadas com esse intuito está a Rede Bayesiana (RB). Esta técnica utiliza de probabilidade para auxiliar o profissional no momento da decisão. Outra característica importante da RB é a capacidade de apresentar ao profissional um resultado mesmo que o número de variáveis de entrada utilizada seja incompleto. Além disso, permite que novos casos sejam inseridos na RB a qualquer momento (RUSSEL, NORVIG, 2004).

Neste contexto a RB pode ser uma técnica eficaz em ventilação mecânica, em que muitas vezes existem dados imprecisos. Neste trabalho propõe-se o uso da RB para dar apoio ao profissional da saúde no momento da eleição do modo e parâmetros ventilatórios para o paciente no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma rede bayesiana para auxílio à eleição de modos e parâmetros ventilatórios em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

1.2 Objetivos Específicos

- a) eleger variáveis necessárias para escolha de modos e parâmetros ventilatórios para pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca;
- b) avaliar a importância das variáveis na eleição dos modos e parâmetros ventilatórios;
- c) construir uma rede bayesiana tendo como entrada as variáveis essenciais e como saída os modos e parâmetros ventilatórios.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é dividido em cinco capítulos distintos. No Capítulo 1 são explicitados os objetivos almejados com a realização deste estudo. A revisão de literatura é apresentada no Capítulo 2, abordando como temas centrais a Cirurgia Cardíaca, a Ventilação Mecânica e a Inteligência Artificial. No capítulo 3 são descritos os passos metodológicos realizados neste trabalho. Os resultados e discussões, organizados de acordo com os passos metodológicos, são apresentados no Capítulo 4. O último capítulo destina-se as conclusões e trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica quanto a cirurgia cardíaca e suas implicações na mecânica respiratória, com ênfase na ventilação mecânica; assim como, quanto ao raciocínio probabilístico e Rede Bayesiana, técnica que será utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 CIRURGIA CARDÍACA

A Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular (2007) refere que o universo de pacientes com doenças coronarianas vem aumentando de forma progressiva em todo o mundo, uma vez que a população tem aumentado a expectativa de vida. No Brasil estima-se que anualmente 18.000 novos casos de doenças cardíacas são tratadas com cirurgia de revascularização do miocárdio (RM).

As indicações mais comuns para cirurgia cardíaca são as doenças valvares e das artérias coronárias (Pryor, Webber, 2002). Não menos importante, porém, de menor prevalência, aparecem as coarctações de aorta, distúrbios do ritmo cardíaco e os aneurismas ventriculares. Grande parte das cirurgias cardíacas são realizadas com a exposição do coração e dos grandes vasos via esternotomia mediana, a qual é conhecida como cirurgia a céu aberto. O paciente com indicação de cirurgia cardíaca apresenta particularidades ventilatórias e hemodinâmicas pelo fato de que no transoperatório são submetidos ao uso de circulação extracorpórea (CEC) (DAVID, GOLDWASSER, NÁCUL, 1997).

A cirurgia de RM está entre as mais realizadas no mundo, tornando-se um procedimento seguro e estabelecido no tratamento das doenças coronarianas (BRASIL, MARIANO, 2000), porém, o progresso no tratamento das doenças das artérias coronárias, tem levado os cirurgiões a uma mudança do tratamento cirúrgico desses pacientes.

Segundo Almeida (2006) o número de RM tem mostrado queda. Nos EUA, do ano de 1996 ao ano de 2004, houve uma queda de 20% no número de pacientes submetidos à RM, aumentando, simultaneamente, as intervenções não cirúrgicas, como a angioplastia. No Brasil, houve apenas um incremento do número de

angioplastias, sem redução no número de intervenções cirúrgicas. Entretanto, com o avanço das técnicas cirúrgicas os resultados pós-operatórios têm atingido valores de 98% de sobrevida pós-hospitalar (ALMEIDA, 2006). Acredita-se, na evolução através de pesquisas para melhorar as intervenções (angioplastias), podendo reduzir o número de pacientes submetidos à RM, visto que esse tratamento apesar de longamente estudado e comprovadamente eficaz na maioria dos casos, tem um custo muito maior do que a colocação de *stents* (ALMEIDA, 2006). A cirurgia cardíaca pode ser realizada com e sem o uso de CEC.

Durante a utilização da CEC, grande número de mediadores é produzido levando a diminuição da contratilidade ventricular, o aumento da permeabilidade e o aumento da resistência vascular, o que causa importante comprometimento da função pulmonar. Além da CEC, outros fatores, denominados como fatores de risco da doença coronariana, podem estar causando comprometimento pulmonar no paciente submetido à cirurgia cardíaca (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIRURGIA CARDIOVASCULAR, 2007).

Os principais fatores de risco estudados são: idade avançada, doenças pulmonares prévias, mal estado nutricional, função pulmonar alterada, tabagismo, obesidade e comorbidades associadas, como: Diabete Mellitus (DM), Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), Infarto do Miocárdio Prévio (IAM) e Acidente Vascular Encefálico (AVE). Portanto, uma avaliação prévia é importante, com a finalidade de minimizar os riscos cirúrgicos e prevenir as complicações pós-operatórias. Pacientes que apresentam fatores de risco no período antecedente a cirurgia apresentam maiores complicações no pós-operatório. Complicações essas conseqüentes das alterações na mecânica respiratória e das trocas gasosas (AMBROZIM, et al., 2005; FURTADO, 2002; GUIZILINI, 2005; GOMES, 2005; BARROSO, CARMONA, 2002; PATMANN, ANDERSON, 2001; JAEGER, KALIL, 2005).

Destacam-se a seguir alguns fatores de risco da doença cardíaca:

a) tabagismo: no Brasil, 80 a 100 mil pessoas morrem anualmente por doenças relacionadas ao fumo, sendo as complicações pulmonares e fatores de morbidade duas a seis vezes mais freqüentes em pacientes tabagistas em relação aos não fumantes (FURTADO, 2002; AMBROZIM, et al., 2005). A nicotina age em diversas áreas como seios carotídeos e quimiorreceptores aórticos, aumentando a pressão sanguínea sistólica e diastólica, freqüência cardíaca e vasoconstrição periférica. Como efeito direto da nicotina há um aumento da resistência vascular

coronariana, com prejuízo para o fluxo sanguíneo, em particular de pacientes com lesões estenóticas nessas artérias. Ocorre também a interferência do monóxido de carbono elevado no tabagista, que acaba por modificar o transporte de oxigênio e seu aproveitamento. O fumo é o maior fator de risco para tromboembolismo arterial e vasoespasma coronariano através de múltiplas vias (BARROSO, CARMONA, 2002). Dentre os fumantes, 25% sofrem de bronquite crônica e processos inflamatórios associados à freqüente impactação do muco pulmonar em bronquíolos e brônquios maiores, isso produz uma diminuição do transporte mucociliar aumentando o acúmulo de secreção na árvore brônquica. (WACHTER, et al., 2006).

b) desnutrição e obesidade: a desnutrição leva a uma diminuição da resposta a hipóxia, da massa muscular e da defesa pulmonar por deficiência proteico-calórica. A obesidade por sua vez, pelo aumento da resistência do tórax e pelo aumento do tecido adiposo nessa região, gera a diminuição das complacências pulmonares, em especial nas bases, ocorrendo a atelectasia (AMBROZIM, CATANEO, 2005; FILHO, LEITÃO, 2002).

c) infarto agudo do miocárdio prévio: o IAM tem uma incidência de 5 a 15% dos pacientes submetidos à RM, e suas conseqüências podem variar de alterações enzimáticas a taquiarritimias e óbito. As variáveis que predispõem a ocorrência de IAM no perioperatório são: fatores hormonais, reoperação, angina instável pré-operatória e sexo feminino (JAEGER, KALIL, 2005).

d) idade: o aumento da população idosa no Brasil levou a um crescimento no número de pacientes acima de 70 anos necessitando de RM (FILHO, LEITÃO, 2002). Nesses pacientes o procedimento sem CEC mostra-se consideravelmente menor na morbimortalidade em comparação com o procedimento utilizando CEC. No entanto, a idade avançada e o uso da CEC, têm sido considerados fatores de risco para morbimortalidade, como conseqüência de complicações cerebrais, renais e pulmonares (MILANI, et al., 2005). Lima et al., 2000, afirma que o elemento mais agressivo durante a cirurgia cardíaca é a CEC, sendo assim, cabe neste trabalho uma discussão mais detalhada sobre o seu uso e as repercussões que a CEC traz ao paciente.

2.1.1 Circulação Extracorpórea

A CEC é indispensável na maioria das cirurgias cardíacas, sendo responsável pelo grande avanço nesta especialidade (BRASIL e MARIANO, 2000). Pryor e Webber (2002) descrevem a CEC como sendo uma derivação cardiopulmonar, que envolve a colocação de uma cânula no átrio direito para desviar o sangue na direção da máquina onde é oxigenado e filtrado antes de ser bombeado novamente à circulação sistêmica, pela aorta ascendente. Os autores continuam descrevendo que é produzida uma parada diastólica hipotérmica pela administração de solução cardioplégica¹ fria, o que possibilita ao cirurgião operar com o coração parado.

David, Goldwasser, Nácul (1997) descrevem que o uso da CEC provoca alteração da homeostasia², uma vez que causa hipotermia, anticoagulação, trauma dos elementos celulares do sangue, hemodiluição e hipovolemia. Afirmam ainda os autores, que devido a esses fatores, o principal objetivo no pós-operatório imediato é a restauração da homeostasia, normalizando o volume intravascular, melhorando o débito cardíaco, redistribuindo o líquido intersticial e corrigindo possíveis discrasias sangüíneas.

Os pulmões não estão realizando suas funções durante o emprego da CEC, pois toda a oxigenação é realizada pela máquina. Isso significa que durante a cirurgia os pulmões encontram-se parcial ou totalmente colapsados (PRYOR e WEBBER, 2002). Partindo dessa premissa o comprometimento da função pulmonar é evidente. Além da redução significativa que a CEC proporciona aos pulmões, Guizilini et al. (2005) destacam como efeito deletério do uso da CEC a indução de uma resposta inflamatória. Esta resposta inflamatória produz o aumento da permeabilidade endotelial e a lesão parenquimatosa pulmonar, contribuindo para o surgimento de atelectasias, para o aumento do *shunt* pulmonar e para a redução da complacência e da troca gasosa (GUIZILINI et al. 2005, GOMES et al. 2005).

Barroso e Carmona (2002) consideram como uma das mais importantes complicações do uso da CEC o sangramento excessivo no pós-operatório imediato,

¹ Solução cardioplégica: solução que tem como função a proteção do miocárdio (músculo do coração) através de nutrientes, glicose, cálcio entre outros componentes, e promove através do uso de potássio a parada cardíaca em diástole, facilitando assim a manipulação durante o ato cirúrgico (OLIVEIRA, 2005).

² Homeostasia: condição pela qual o organismo se mantém dentro dos limites fisiológicos.

sendo necessário re-exploração cirúrgica, desta forma os riscos de infecções pós-cirúrgicas e o tempo de ventilação mecânica no pós-operatório, e consequentemente o risco de complicações ventilatórias.

Como tentativa para minimizar essas complicações, relativas ao uso da CEC, surgiram vários estudos comparativos entre as técnicas de revascularização do miocárdio com e sem CEC (GUIZILINI et al. 2005, LEGUISAMO, 2005, AMBROZIM, 2005, MORAES et al. 2006). A maioria dos estudos mostra que a intervenção sem CEC atenua a resposta inflamatória, determina melhor preservação do parênquima pulmonar e diminui a morbidade, incluindo as complicações respiratórias. Gomes et al. (2005) afirma que a RM sem CEC é segura e eficiente, apresentando resultados superiores à técnica convencional usando CEC, com redução de mortalidade e morbidade. Além da redução da mortalidade e morbidade, a RM sem o uso de CEC reduz o tempo de internamento dos pacientes, assim como as complicações comumente encontradas em pacientes pós-operatórios (LIMA et al., 2005), principalmente pela redução do tempo de anestesia no trans-operatório.

2.1.2 Anestesia e função respiratória

Os sedativos são rotineiramente utilizados em pacientes cirúrgicos ou em terapia intensiva. A ação dos sedativos está relacionada com a avaliação do nível de sedação, com o grau de depressão do sistema nervoso central (SNC) e com a dose aplicada. Segundo David (1996), altas doses de sedativos aplicados reduzem drasticamente o SNC e induzem a um estado de anestesia geral, com depressão dos controles vasomotores e respiratórios.

Os principais objetivos da anestesia geral são a perda da percepção e bloqueio da resposta geral ao estímulo. Com isso, ao ser submetido à anestesia geral, a pessoa perde a capacidade de contração da musculatura esquelética e das respostas autônomas (PRYOR e WEBBER, 2002). Vieira, Silva e Garcia (2002) colocam esses fatores como sendo os motivadores da necessidade de ventilação mecânica com intubação traqueal, como resultado do impedimento de qualquer esforço ventilatório por parte do paciente.

Para auxiliar na avaliação do nível de sedação e/ou anestesia oferecida ao paciente, criou-se a escala de Ransay (Consenso Brasileiro de Sedação e

Analgesia, 1996), detalhada no Quadro 1. A aplicação da escala é dada na avaliação direta do paciente e pesquisa de sinais de taquicardia³, midríase⁴ e hipertensão arterial (DAVID, GOLDWASSER E NACÚL, 1997).

Escala	Características clínicas do paciente
1	Ansioso e/ou agitado
2	Cooperativo, orientado e tranqüilo
3	Responde comandos
4	Desperto com estímulo glabelar ou estímulo sonoro alto
5	Resposta leve com estímulo glabelar ou sonoro baixo
6	Sem resposta

QUADRO 1 – Escala de Ransay

Fonte: Consenso Brasileiro sobre Sedação e Analgesia, 1996.

Dentre os mecanismos pulmonares compensatórios citados por Vieira, Silva e Garcia (2002), os mais importantes, causados pelos aspectos anestésicos são: má distribuição dos gases e alteração dos volumes pulmonares, propriedades mecânicas do sistema respiratório e o controle da ventilação.

O principal efeito anestésico é o de reduzir a contração muscular esquelética. Os músculos respiratórios que são classificados como músculos esqueléticos sofrem igualmente esses efeitos (FERNANDES e NETO, 2002).

Sendo assim, o diafragma, principal músculo da respiração, durante a anestesia está sem contração de suas fibras musculares, impedindo o músculo de realizar a sua função. A perda de seu tônus pode provocar o efeito *shunt* devido a atelectasias e hipoxemia pela indução do reflexo de vasoconstrição hipóxica. Esse fenômeno pode causar aumento do fluxo sanguíneo para as áreas mal ventiladas, não sendo efetivo para o processo de relação ventilação perfusão (relação V/Q) (VIEIRA, SILVA e GARCIA JR, 2002). Esse mecanismo de perda leva a capacidade residual funcional (CRF) do indivíduo a uma redução de pelo menos 30% nas primeiras 24 horas (PRYOR, WEBBER) (2002) e segue reduzindo por muitos dias, levando a perda do volume pulmonar e ao aumento da resistência vascular pulmonar (FERNANDES e NETO, 2002).

³ Taquicardia: refere-se ao aumento anormal da frequência cardíaca

⁴ Midríase: termo utilizado quando é observada a dilatação das pupilas, geralmente ocorre por reatividade à luz, porém, quando as pupilas aparecem fixas em dilatação sugerem lesão ou bloqueio de SNC, por sedativos, por exemplo.

Magnusson e Spahn (2003) destacam o alto grau de incidência de atelectasia durante e após a indução anestésica. Os fatores de maior contribuição para a formação de atelectasias são divididos, pelos autores, em três grandes grupos: as atelectasias causadas por compressão, que ocorrem quando a pressão transmural de distensão alveolar é reduzida; as atelectasias causadas por absorção, que ocorrem quando uma grande quantidade de gás é absorvida do alvéolo pelo sangue; e as atelectasias causadas por alteração do surfactante, que faz com que a tensão superficial do interior do alvéolo aumente pela redução da ação do surfactante.

Alguns fatores externos podem também contribuir para a formação de atelectasias durante a anestesia, como a obesidade, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), fração inspirada de oxigênio (FiO_2) e idade superior a 80 anos (MAGNUSSON e SPAHN, 2003).

Em pacientes na posição supina, a anestesia geral pode levar ao surgimento de áreas de atelectasias, diminuição do volume pulmonar, perda da CRF e alterações mecânicas na respiração. Todos esses fatores levam a anormalidades na relação V/Q (VIEIRA, SILVA e GARCIA JR, 2002). Pryor, Webber (2002) seguem destacando que, com a anestesia, a pressão pulmonar inspiratória também é reduzida, a sensibilidade do centro respiratório é diminuída e a eliminação do CO_2 fica comprometida. As perdas do sistema respiratório interferem diretamente na ventilação pulmonar, sendo que variáveis como o débito cardíaco, fluxo sanguíneo pulmonar e perfusão pulmonar sofrem a influência dos efeitos anestésicos.

A redução do débito cardíaco diminui drasticamente os valores de fluxo sanguíneo pulmonar e perfusão pulmonar, levando ao aumento do espaço morto fisiológico na tentativa de manter a relação V/Q (PRYOR, WEBBER, 2002).

Os músculos inspiratórios têm um fator importante na manutenção da ventilação pulmonar adequada, porém, durante a anestesia esses músculos tornam-se fortes responsáveis pela formação de áreas pulmonares atelectasiadas (DRUMOND, 2003).

Um outro prejuízo causado pela anestesia geral é o aumento da viscosidade do muco e a identificação de seu deslocamento. O *clearance* mucociliar cessa depois de noventa minutos de anestesia (PRYOR, WEBBER 2002). Essa condição é agravada após algum tempo de ventilação mecânica.

2.2 VENTILAÇÃO MECÂNICA

Assistência ventilatória mecânica é um importante sistema de suporte de vida, pois pode ajudar o paciente a realizar suas funções de ventilação e respiração (AZEREDO, 1997; ESTEBAN et al., 2000)

O objetivo da ventilação mecânica (VM) é suportar o paciente até que o problema básico seja resolvido, ou manter o suporte do paciente com problemas ventilatórios crônicos. Esses objetivos são atingidos através da melhoria da ventilação alveolar, oxigenação arterial, aumento do volume pulmonar ou diminuição do trabalho respiratório (III CONSENSO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA, 2007). A VM não deve ser considerada uma terapia curativa, mas um método de suporte para o paciente. O emprego deve ser criterioso e prudente, pois a aplicação da VM implica cuidados específicos – ganhos e perdas (SCANLAN, et al. 2000).

Algumas situações são consideradas de maior indicação para se iniciar a VM, como é o caso dos pós-operatórios, na depressão respiratória por anestesia ou sedativo e na presença de parâmetros clínicos que indiquem o uso (BIANCHI, et al. 2006; III CONSENSO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA, 2007), os quais são listados no Quadro 2.

Parâmetros Clínicos	Indicação de VM	Valor Normal
FR	Maior que 35 ipm	Entre 12 e 20 ipm
VC	Menor que 5 ml/kg	Entre 5 e 8 ml/kg
CV	Menor que 10 a 15ml/kg	Entre 65 e 75 ml/kg
VEF1	Menor que 10 ml/kg	Entre 50 e 60 ml/kg
Vmin	Maior que 10L/min	Entre 5 e 6L/min
VVM	Menor que 2xVC	Entre 120 e 180 L/min
P _{imáx}	Menor que -20 cmH ₂ O	Entre 80 e 120 cmH ₂ O
PaCO ₂	Entre 50 e 55mmHg	Entre 35 e 45mmHg
PaO ₂ (FiO ₂ - 21%)	Menor que 50mmHg	Maior que 75mmHg
PaO ₂ /FIO ₂	Menor que 200	Maior que 350
P(A-a)O ₂	Entre 30 e 60	Entre 350 e 450

QUADRO 2 – Valores dos parâmetros de indicação do uso de VM

Fonte: III CONSENSO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA (2007).

Para atingir os objetivos da VM é necessária a regulação adequada do ventilador, sendo assim importante ter conhecimento das possíveis formas de regulação, que são as modalidades ou modos ventilatórios e os parâmetros ventilatórios.

2.2.1 Modos ventilatórios

Os modos ventilatórios definem como serão iniciados, controlados e finalizados cada ciclo respiratório. Entende-se por ciclo respiratório o período entre uma inspiração e o início da próxima inspiração (SCANLAN et al., 2000). Pádua e Martinez (2001) dividiram o ciclo ventilatório durante a ventilação mecânica em quatro etapas, são elas: (i) fase inspiratória; (ii) fase de pausa inspiratória e mudança para fase expiratória; (iii) fase expiratória; e (iv) fase de mudança da fase expiratória para a fase inspiratória.

Observando as fases do ciclo ventilatório mecânico deve-se atentar para os modos de ventilação mecânica. Os modos ventilatórios podem ser classificados em três tipos distintos: os ciclos controlados, os ciclos assisto-controlado e o ciclo espontâneo, os quais são descritos a seguir:

a) Ciclo Controlado: ciclos ventilatórios controlados pelo respirador que obedecem aos parâmetros ajustados, podendo ser a volume ou a pressão. A partir do valor ajustado de frequência respiratória (FR), o respirador irá calcular janelas de tempo, de forma a manter a frequência ajustada para os ciclos controlados (PÁDUA,

MARTINEZ, 2001). Como exemplo calcula-se a janela de tempo para uma FR de 12 incursões por minuto (ipm): Tempo ciclo ventilatório = Tempo inspiratório + Tempo expiratório = 60 seg. Para uma FR ajustada a 12 ipm tem-se, $60 / 12 = 5$ segundos. Dessa forma, a cada 5 segundos o respirador irá iniciar um novo ciclo respiratório controlado. Este será iniciado pela abertura da válvula de fluxo inspiratório que irá se fechar após atingir o volume ou a pressão ajustada e abrirá a válvula expiratória ou de exalação. O ciclo controlado pode ser ofertado ao paciente sendo regulado tanto a volume quanto a pressão.

- *Ventilação controlada a volume (VCV)*: o respirador procura entregar ao paciente um valor pré-determinado de volume corrente (VC). Este volume será constante independente da resistência que o sistema respiratório ofereça, por esse motivo é regulada a pressão inspiratória limite que assegura um valor máximo de pressão produzido na via aérea. Quando esse valor é atingido são gerados alertas que possibilitam ao profissional responsável a regulação do respirador para que não aconteça trauma no pulmão (barotrauma ou volutrauma). Este valor da pressão está em torno de 35 cmH₂O (TAKEUCHI, et al., 2001). Esse modo ventilatório, além de assegurar o VC desejado ao paciente, o volume não é alterado pela impedância do sistema respiratório. Como desvantagens têm-se a possibilidade de ocasionar um barotrauma e pode-se gerar hipotrofia ou atrofia da musculatura respiratória (PINHEIRO, et al., 2002; PÁDUA, MARTINEZ, 2001).

- *Ventilação controlada a pressão (PCV)*: o respirador fornecerá em cada ciclo a quantidade de gás requerida pelo paciente para manter a pressão inspiratória constante, o valor dessa pressão é programada no ventilador, que mantém esse valor durante todo o ciclo ventilatório. A vantagem deste modo é assegurar uma pressão adequada nas vias aéreas, possibilitando realizar uma ventilação de proteção pulmonar e oferecer menor risco de barotrauma. Como desvantagem desse modo ocorre a hipotrofia ou atrofia da musculatura respiratória, além do VC ofertado depender da impedância do sistema respiratório (PÁDUA, MARTINEZ, 2001).

b) Ciclo Assisto-Controlado: ciclos onde o ventilador oferece um VC pré-determinado à medida que percebe o esforço inspiratório do paciente. Esse esforço deve ser suficiente para vencer o limiar de sensibilidade, gerada pela válvula de demanda do ventilador (PÁDUA, MARTINEZ, 2001). O ciclo assisto-controlado é oferecido pelo modo ventilação mandatória intermitente sincronizada.

- *Ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV):* o ventilador libera um volume previamente determinado na via aérea do paciente a intervalos de tempo específicos, gerando ciclos ventilatórios controlados, que nessa modalidade são chamados de ciclos mandatórios. Fora destes ciclos, o paciente irá respirar espontaneamente através do respirador, realizando ciclos ventilatórios espontâneos. Os ciclos mandatórios são controlados a volume de forma similar à modalidade VCV. O início de cada ciclo e a frequência respiratória são determinados pelo esforço inspiratório do paciente, que dispara as respirações (PÁDUA, MARTINEZ, 2001). Caso o paciente pare de respirar (apnéia), o respirador entrará automaticamente na modalidade VCV ou PCV, conforme programado, garantindo uma respiração de reserva (*backup*). As vantagens encontradas nesse modo são: a possibilidade da ventilação de pacientes mal adaptados a modalidades controladas e que não podem ser sedados e a segurança para pacientes com baixo nível de consciência, porém drive ventilatório preservado. Como desvantagens destacam-se o aumento do tempo de permanência do paciente no ventilador e a acomodação do paciente na máquina (BARTLETT, 2002).

c) Ciclo espontâneo: modo de ventilação espontânea onde o paciente inicia e termina a fase inspiratória. Isso significa que ele mantém controle de frequência, da duração da inspiração e do volume corrente (PÁDUA, MARTINEZ, 2001). O modo ventilação que oferece o ciclo espontâneo é o modo ventilatório com pressão de suporte.

- *Ventilação com Pressão de Suporte (PSV):* é a modalidade mais utilizada na atualidade para desmame, sendo utilizada somente com pacientes que se mantêm acordados e apresentam drive ventilatório preservado (BECK et al., 2001). É regulado um valor de pressão de suporte no ventilador que é mantido em um patamar constante durante toda a inspiração (suporte pressórico), através de um sistema automático que controla o fluxo fornecido, conforme a demanda do paciente (PÁDUA, MARTINEZ, 2001).

O fluxo inspiratório será interrompido e a expiração será iniciada quando o fluxo de demanda do paciente cair abaixo de 25% de seu valor máximo. Se devido a algum motivo o fluxo não cair até este valor, a inspiração será então interrompida após 5,5 segundos (PÁDUA, MARTINEZ, 2001).

2.2.2 Parâmetros ventilatórios

As diferenças entre cada modalidade ventilatória somente acontece devido à existência dos parâmetros ventilatórios. Os parâmetros são valores atribuídos a cada período do ciclo ventilatório e que juntos definem a maneira que o ventilador irá produzir um ciclo. A regulação desses parâmetros varia de acordo com a modalidade que se deseja utilizar para a ventilação do paciente. Dependendo da modalidade eleita alguns parâmetros não são regulados, pois são valores que não podem ser determinados, como é o caso do volume corrente quando se opta por utilizar a modalidade PCV. A seguir são descritos os parâmetros de concentração de oxigênio no ar inspirado, frequência respiratória, volume corrente, fluxo inspiratório, sensibilidade e pressão positiva expiratória final (Peep).

- Concentração de Oxigênio no ar inspirado (FiO_2): é a quantidade de oxigênio na mistura gasosa oferecida ao paciente durante cada inspiração. Seus valores variam de 21% até 100%. É recomendável que se inicie a ventilação com 100%, procurando reduzir, rápida e progressivamente, a valores de concentração mais seguros, que são valores abaixo de 60%. O ideal é manter uma FiO_2 suficiente para obter uma $SaO_2 > 90\%$, sem expor o paciente ao risco de toxicidade pelo oxigênio (PERKINS, et al., 2003; PÁDUA, MARTINEZ, 2001).
- Frequência Respiratória (FR): é a quantidade de incursões respiratórias que serão realizadas pelo ventilador e/ou pelo paciente no período de um minuto. Deve ser ajustada de acordo com a $PaCO_2$ e pH desejados. Em geral recomenda-se a FR entre 8 e 12 ipm, para a maioria dos pacientes estáveis (ALVAREZ, 2003 ; PÁDUA, MARTINEZ, 2001).

- Volume Corrente (VC): entende-se por volume corrente a quantidade de ar movimentado no sistema respiratório a cada respiração. O valor inicial adequado é de 8 a 10 ml/Kg, podendo ser realizado ajustes subsequentes, baseando-se inicialmente na PaCO_2 (ESTEBAN et al., 2000; PÁDUA, MARTINEZ, 2001).
- Fluxo Inspiratório: determina a velocidade com que o volume corrente será ofertado, determinando assim a relação “I:E” e o pico de pressão nas vias aéreas (VA). Um alto pico de fluxo produz um tempo inspiratório menor e o pico de pressão nas VA é maior (PATRONITI, PESENTI, 2003; PÁDUA, MARTINEZ, 2001).
- Sensibilidade: caracteriza-se pelo esforço do paciente para disparar uma nova inspiração, o valor recomendado está entre -0,5 e -2,0 cmH_2O (PATRONITI, PESENTI, 2003; PÁDUA, MARTINEZ, 2001).
- Peep: define-se como a pressão alveolar acima da pressão atmosférica ao final da expiração. A Peep impede o colapamento alveolar em pacientes entubados. O valor fisiológico está entre 3 e 5 cmH_2O (PATRONITI, PESENTI, 2003). Seu uso pode gerar efeitos indesejáveis tais como a diminuição do retorno venoso, podendo comprometer o débito cardíaco, hiperinsuflação pulmonar, diminuição da força dos músculos inspiratórios, porém apenas para valores acima de 10 cmH_2O (ESTEBAN, et al., 2000; PÁDUA, MARTINEZ, 2001).

A regulação dos parâmetros ventilatórios é essencial para o sucesso da ventilação do paciente, o correto uso da ventilação mecânica na cirurgia cardíaca é uma condição ao sucesso do pós-operatório.

2. 3 VENTILAÇÃO MECÂNICA NA CIRURGIA CARDÍACA

A assistência ventilatória mecânica representa parte fundamental dos cuidados pós-operatórios, pois, alterações pulmonares têm sido descritas desde os primórdios da cirurgia cardíaca e possuem incidência elevada. Grande número de pacientes submetidos a cirurgia cardíaca são admitidos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) sob efeito de anestésicos e necessitam de ventilação mecânica por curto período de tempo, que varia de 2 a 6 horas (MALBOUISSON, et al., p. 187, 2008).

Para o sucesso da ventilação do paciente no pós-operatório é necessário levar em consideração fatores importantes deste tipo de cirurgia, como, a função pulmonar pré-operatória, o tipo e o tempo de manipulação cirúrgica, o uso de CEC, número de drenos, alterações de débito cardíaco e função do ventrículo esquerdo (UMEDA, 2004). Todos estes fatores podem interferir na função pulmonar do paciente, causando alterações pulmonares prejudicando o pós-operatório.

As alterações pulmonares comumente encontradas na literatura (AMBROZIN, et al., 2005; BRASIL, MARIANO, 2000) e na prática clínica referentes a cirurgia cardíaca são a hipoxemia, a atelectasia e o edema intersticial alveolar. Para evitar essas alterações pulmonares são comuns os serviços de cirurgia cardíaca e terapia intensiva utilizarem protocolos de ventilação mecânica para o pós-operatório de cirurgia cardíaca. São encontrados na literatura diversos protocolos, como o protocolo da Universidade de Campinas (PRADO, 1996), o protocolo descrito no Critical Care (CIVETTA, TAYLOR, KIRBY, 1992), o protocolo do Hospital Universitário Clementino Fraga do Rio de Janeiro (1997), o protocolo do Instituto do Coração de São Paulo (AULER, OLIVEIRA, 2004) e o protocolo do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (UMEDA, 2004).

A Universidade de Campinas (UNICAMP) utiliza como protocolo do pós-operatório de cirurgia cardíaca iniciar preferencialmente a ventilação mecânica em ventilador a volume. A modalidade deve ser controlada com FiO_2 de 0,9 a 1,0; o volume corrente (VC) deve ser regulado de 12 a 15 ml/kg; a frequência respiratória (FR) de 8 a 12 ipm e o Peep de 2 a 5 cmH_2O . Aproximadamente 20 minutos após a regulagem inicial do ventilador deve-se coletar exames bioquímicos, em especial a gasometria arterial, para realizar então ajustes necessários na ventilação mecânica (PRADO, 1996).

Civetta, Taylor e Kirby (1992) destacam que para ser iniciada a ventilação do paciente na UTI deve-se respeitar inicialmente os ajustes utilizados no centro cirúrgico e traz como sugestão de regulação do ventilador utilizar a modalidade assisto controlada, a FiO_2 de 0,8 a 1,0, o VC de 12 a 15 ml/kg, porém, sem ultrapassar pressão inspiratória máxima de 35 cmH₂O, a FR deve ser suficiente para gerar volume minuto de 120 ml/kg e o fluxo inspiratório deve estar entre 30 e 40 L/min.

Desde 1997, o Hospital Universitário Clementino Fraga do Rio de Janeiro disponibiliza as rotinas do serviço para uso interno, entre elas um guia de manuseio do paciente em pós-operatório de cirurgia cardíaca, destacando-se a assistência ventilatória. Neste serviço é utilizado como modalidade ventilatória a modalidade controlada, o VC é calculado com valores de 8 a 10 ml/kg, a FiO_2 igual a 1,0, a FR de 10 a 14 ipm e a Peep de 3 a 5 cmH₂O. Essa regulação é utilizada até a superficialização anestésica, passando então para SIMV com PSV, sendo a FR e a pressão de suporte reduzida gradativamente.

De acordo com o Instituto do Coração de São Paulo (INCOR) (AULER, OLIVEIRA, 2004), inicialmente o ventilador mecânico deve estar regulado na modalidade assisto-controlada a volume, com parâmetros de: frequência respiratória (FR) de 12 ipm; fração inspirada de oxigênio (FiO_2) de 0,6; volume corrente (VC) de 8ml/kg; Peep de 5 cmH₂O e pressão de suporte (PS) de 10 cmH₂O no modo SIMV. Após a instalação da ventilação mecânica no paciente é solicitada avaliação clínica, radiografia de tórax e gasometria para então seguir o protocolo até o desmame e extubação.

O Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (UMEDA, 2004) utiliza como parâmetros iniciais a FiO_2 de 0,4; FR de 12 a 14 ipm; VC de 10 a 12 ml/kg e Peep de 3 a 5 cmH₂O.

Na Tabela 1 é apresentado um comparativo dos valores da ventilação mecânica para o paciente no pós-operatório de cirurgia cardíaca propostos pelos protocolos apresentados,. Observa-se que as variáveis citadas pelos protocolos apresentam grande variação na indicação de uso, por exemplo o valor para o uso da FiO_2 varia de 0,4 até 1,0 entre os protocolos estudados.

Tabela 1 – Demonstração dos protocolos de ventilação mecânica para o pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Protocolos	Unicamp	Critical Care	HUClementino Fraga	Incor	Dante Pazzanese
Ventilador					
MODO	Controlado	Assisto-controlado	Controlado	Assisto-controlado	
FiO ₂	0,9 a 1,0	0,8 a 1,0	1,0	0,6	0,4
VC (ml/kg)	12 a 15	12 a 15	8 a 10	8	10 a 12
FR (ipm)	8 a 12		10 a 14	12	12 a 14
Peep (cmH ₂ O)	2 a 5	5	3 a 5	5	3 a 5

As variáveis utilizadas para a escolha de modos e parâmetros ventilatórios são dados incertos e imprecisos, dificultando a decisão do profissional. A Inteligência Artificial, mais especificamente, a Rede Bayesiana, pode ser utilizada para auxiliar nesta escolha porque os métodos Bayesianos possibilitam representar numericamente o grau de certeza sobre condições de incerteza, e manipulá-lo de acordo com as regras definidas na teoria da probabilidade, pois a teoria Bayesiana está fundamentada nesta teoria HECKERMAN (1995).

2.4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Cientistas na área de IA perceberam que para obter um comportamento inteligente de um sistema fazia-se necessário não somente o desenvolvimento de métodos de raciocínio, mas também de um conhecimento incorporado ao sistema (RUSSEL, NORVIG, 2004).

A IA permite emular o raciocínio humano através de modelos computacionais, que são os chamados “Sistemas Especialistas” ou “Sistemas Baseados em Conhecimento”, os quais permitem que o computador represente o conhecimento

quando este não estiver disponível (FLORES, PEROTTO, VICARI, 2002; FERRARI, et al., 2003).

Uma definição bastante objetiva de IA é mencionada por RABUSKE (1995), como *“o resultado da aplicação de técnicas, recursos, especialmente de natureza não numérica, viabilizando a solução de problemas que exigiriam, do ser humano, certo grau de raciocínio e perícia, onde a solução destes problemas, com recursos tipicamente numéricos, torna-se muito difícil”*.

A área da Inteligência Artificial é responsável pela pesquisa e desenvolvimento de métodos que modelam e trabalham com o conhecimento. Na presença da incerteza, a IA é capaz de modelar e trabalhar com estas incertezas do mundo real através de sistemas computacionais (TIBIRIÇÁ, NASSAR, 2003).

Uma das áreas de estudo em IA é o desenvolvimento de sistemas que agem racionalmente. Dentro do contexto que age racionalmente duas abordagens podem ser utilizadas: o raciocínio lógico e o raciocínio probabilístico. Para o raciocínio lógico há a necessidade do conhecimento prévio de todo escopo do problema para então retirar seu conhecimento o que se torna uma limitação para situações de incerteza, como são os casos na área médica. Para essas situações o raciocínio probabilístico torna-se uma boa opção (MARQUES, DUTRA, 2003),.

O raciocínio probabilístico providencia mecanismos para tratar as incertezas inerentes ao processo de tomada de decisão, muito freqüentes na área da saúde. Para que possa atuar em situações de incerteza, o raciocínio probabilístico deve gerar níveis de confiabilidade para todo o conhecimento contido em sua base, além disso, deve ser capaz de gerar relações entre as sentenças criadas pela base de conhecimento (CHARNIAK, MCDERMOTT, 1991).

Na área da saúde muitas partes do raciocínio médico são formuladas em termos de probabilidade, tais como a probabilidade da ocorrência do sintoma *S* em um paciente com a doença *D*. A probabilidade é a forma preferida na área médica para expressar a incerteza (DEUTSCH et al. 1994).

A probabilidade representa eventos aleatórios, podendo um evento assumir valores compreendidos entre 0 (zero) e 1 (um). A probabilidade igual a 0 (zero) quando atribuída, expressa uma crença inequívoca de que a sentença seja falsa, enquanto que ao atribuir probabilidade igual a 1 (um) corresponde a uma crença inequívoca de que a sentença seja verdadeira. Deve-se lembrar que um grau de

crença difere de um grau de verdade. Sendo assim, uma probabilidade de 0,9 significa apenas um grau de crença de 90% e não que 90% seja verdadeira (RUSSEL; NORVIG, 2004). Quando se estudam eventos onde a ocorrência de um afeta a ocorrência do outro, diz-se que os dois são dependentes e as probabilidades entre eles são condicionais (MAGNANINI et al., 2003; IATROS, 2002).

2.4.1 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Representação do conhecimento pode ser entendida como sendo a forma de estruturar e codificar o conhecimento, visando a sua implementação por meio computacional (EVSUKOFF, et al., 2003).

Diferentes técnicas de representação do conhecimento podem ser utilizadas, sendo que algumas destas são utilizadas para manipular incertezas. Como exemplo de técnica de representação do conhecimento tem-se: a teoria de Dempster Shafer, os fatores de certeza, a lógica *fuzzy*, a lógica paraconsistente e as redes probabilísticas (TESSARI, 1998).

As redes probabilísticas são modelos baseados em representações gráficas das dependências probabilísticas do domínio de aplicação (FLORES, PEROTTO, VICARI, 2002). A utilização das redes probabilísticas tem como vantagem a possibilidade de representar e manipular o conhecimento com base em princípios matemáticos fundamentados. O princípio matemático utilizado para a representação do valor da probabilidade é o Teorema de Bayes (TB). O TB mostra uma maneira de calcular a probabilidade de um evento em particular, dado um conjunto de observações obtidas junto a um especialista.

O TB é utilizado para atualizar o conhecimento quando novos fatos são apresentados ao sistema, por relacionar probabilidades *a priori*, com probabilidade *a posteriori*, pois sua aplicação ocorre após o acontecimento do evento (TRALESKI, 2005, MATTOS, 2003). É um método de cálculo da probabilidade *a posteriori* a partir da probabilidade *a priori*, sensibilidade e especificidade, que são denominadas de “conjunto de probabilidades” (SHORTLIFFE e PERREAULT, 2001). Se houver m doenças e n sintomas, então é necessário conhecer $m \times n$ conjuntos de probabilidades. Portanto, quanto maior o número de doenças e sintomas, mais difícil e impraticável se torna a obtenção do conjunto de probabilidades. Esta explosão de

probabilidades necessárias torna impraticável a aplicação do TB em casos relativamente simples, quanto mais nos casos complexos (SHORTLIFFE E PERREAULT, 2001). Este esforço para a aplicação do TB pode ser amenizado com a utilização das Redes Bayesianas.

Em meados dos anos 60 o TB passou a ser aplicado em sistemas de IA com a publicação de *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems*, de Judea Pearl. Houve então uma aceitação da probabilidade e da teoria da decisão em IA, surgindo a Rede Bayesiana (RB) (RUSSEL, NORVIG, 1995).

2.4.2 REDES BAYESIANAS

Bayes sugeriu, através da regra de Bayes, a probabilidade de acontecer um evento com base no conhecimento humano, ou seja, nas situações em que não se pode medir a ocorrência do evento (RUSSEL, NORVIG, 1995).

A probabilidade pode ser dada através do conhecimento de um especialista sobre o mesmo (RUSSEL, NORVIG, 1995). O evento pode ser manipulado de acordo com regras definidas na teoria da probabilidade, onde dado dois eventos A e B é possível condicionar A à ocorrência de B. Assim pode-se trocar o foco do universo total para somente uma parte do espaço (MELLO, 2001).

A RB utiliza o conhecimento do especialista para representá-lo de forma computacional. Iniciou-se assim, na década de 1990, a maior parte das pesquisas a respeito da RB. Desde então, a RB é utilizada em várias áreas, incluindo a medicina (RUSSEL, NORVIG, 1995).

Sendo um método probabilístico, a RB apresenta resultados positivos no tratamento das incertezas. Assim, cresce o interesse por sistemas computacionais que empregam a RB para auxiliar na tomada de decisão, podendo ser utilizados no diagnóstico de enfermidades, ou mesmo no treinamento durante a formação de profissionais da saúde. Desta forma, a RB tornou-se uma ferramenta importante na representação do conhecimento e inferência sob condições de incerteza (MATTOS, 2003; ANDRADE, 1999).

As RB representam a incerteza no conhecimento através de grafos acíclicos e direcionados, que representam as dependências probabilísticas entre diversas

variáveis (RUSSEL, NORVIG, 1995). A RB é composta pela parte qualitativa e a parte quantitativa.

2.4.2.1 PARTE QUALITATIVA DA RB

A parte qualitativa da RB representa com nós as variáveis que correspondem as variáveis do sistema e seus valores, ligados por arcos direcionados (NEVES, 2001). Assim, um arco ligando as variáveis A e B ($A \rightarrow B$), indica que a variável **B** é a consequência e a variável **A** é a causa, numa relação de dependência. Para exemplificar, a Figura 1 mostra dois nós, onde cada nó representa as variáveis “modalidade ventilatória” (nó modalidade) e “frequência respiratória” (nó FR). Esta representação significa que a modalidade ventilatória é consequência da FR. Portanto, FR é a causa, numa relação de dependência. A parte qualitativa estrutura o conhecimento antes de qualquer probabilidade numérica ser determinada.

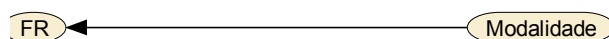


FIGURA 1 – Representação da parte qualitativa da RB mostrando a relação de dependência entre nós e arcos que compõe a RB.

2.4.2.2 PARTE QUANTITATIVA DA RB

A parte quantitativa da RB representa os coeficientes das probabilidades condicionais estimadas de cada valor, *a priori*, das hipóteses diagnósticas. A parte

quantitativa apresenta a probabilidade do paciente satisfazer um determinado critério (NEVES, 2001). A parte quantitativa pode ser obtida de duas formas: inserção direta das probabilidades nas Tabelas de Probabilidades Condicionais (TPC) pelos especialistas; e inserção dos casos diretamente de uma base de dados. As probabilidades podem ser obtidas de um arquivo de casos, calculados automaticamente, neste caso diz-se que a RB aprende com os casos.

Para que a RB aprenda com os casos é importante ter a certeza de que a base de casos utilizada é representativa, pois somente assim podemos dizer que a RB aprendeu com os casos. Caso contrário, a RB pode não corresponder com a realidade.

Na área médica uma RB poderia ser utilizada para determinar probabilisticamente a técnica ventilatória utilizada para ventilar um paciente em pós-operatório, como por exemplo, os nós de entrada seriam os dados clínicos do paciente, os quais estariam relacionados, através dos arcos, com o nó de saída modalidade ventilatória.

A Figura 2 ilustra as probabilidades do nó modalidade e do nó frequência respiratória (FR), assim como a relação condicional entre eles. As probabilidades foram obtidas através de uma base de casos.

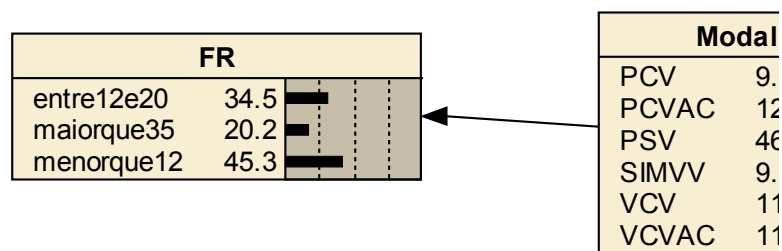


FIGURA 2 – Representação da parte quantitativa da RB com os coeficientes de probabilidade condicional.

Para se obter uma RB a partir de um conjunto de observações é necessário determinar sua estrutura, devido a grande quantidade de RBs que podem ser originadas a partir de um pequeno número de dados (MATTOS, 2003). A aprendizagem da RB descobre os relacionamentos entre as variáveis e a força desses relacionamentos. O processo de aprendizado é dividido em duas classes principais (TRALESKI, 2005):

- algoritmo baseado na busca heurística: dependente do processo de aprendizagem em relação à ordenação de variáveis;
- algoritmo baseado no conceito de independência condicional: define a direção e o sentido dos arcos, através da identificação das variáveis que são condicionalmente independentes.

É importante se ter um mecanismo consistente para a ordenação da RB, pois da mesma forma que melhora o processo de aprendizado pode inserir erros na RB (MATTOS, 2003).

Para avaliação da parte qualitativa e da parte quantitativa da RB são utilizadas medidas de validade operacionais de instrumentos, as quais identificam o acerto da RB.

2.5 MEDIDAS DE VALIDADE OPERACIONAIS DE INSTRUMENTOS

A avaliação de uma RB visa identificar o grau de acerto da RB e, portanto, o quanto o profissional pode confiar no resultado sugerido. Esta avaliação pode ser realizada por meio de medidas de validade operacionais de instrumentos, também chamadas de testes diagnósticos, através da criação de uma tabela de contingência ou tabela 2x2 (SHORTLIFFE e PERREAULT, 2001), sendo para isso necessário que os resultados sejam categóricos.

Os testes diagnósticos são: a sensibilidade, a especificidade, a probabilidade de falso negativo (PFN), a probabilidade de falso positivo (PFP), o valor preditivo positivo (VPP) e o valor preditivo negativo (VPN) (Figura 3).

Os resultados de um teste podem ser classificados segundo o grau de acerto dos mesmos. O objetivo de todo teste é servir como um critério para determinar se o resultado é normal ou anormal.

		DOENÇA		Total
		PRESENTE	AUSENTE	
Resultado do Teste	POSITIVO	VP	FP	VP + FP
	NEGATIVO	FN	VN	FN + VN
Total		VP + FN	FP + VN	

FIGURA 3 - Tabela de contingência para resultados de testes

Neste trabalho serão utilizadas as medidas de validade operacionais que serão descritas (NASSAR, 1998):

- A sensibilidade parte do princípio de que uma característica é encontrada em uma condição mais freqüentemente do que em outras, mas a associação não é absoluta (SHORTLIFFE e PERREAULT, 2001). O cálculo da sensibilidade é apresentado na Equação 6.

$$SENSIBILIDADE = \frac{VP}{VP + FN} \quad (6)$$

- Probabilidade de Falso Negativo (PFN) é a probabilidade do resultado do teste ser negativo para uma condição que é verdadeira. O cálculo da probabilidade de falso negativo é apresentado na Equação 7.

$$PFN = \frac{FN}{FN + VP} \quad (7)$$

- Probabilidade de Falso Positivo (PFP) é a probabilidade do resultado do teste ser positivo diante uma condição negativa, conforme a Equação 8.

$$PFP = \frac{FP}{FP + VN} \quad (8)$$

- A especificidade é a busca por um teste que garanta que não exista uma condição sendo que esta realmente não exista, segundo a Equação 9.

$$ESPECIFICIDADE = \frac{VN}{VN + FP} \quad (9)$$

- O Valor Preditivo Positivo (VPP) reflete a capacidade do teste em produzir decisões corretas. É a probabilidade de um teste ser positivo diante da presença de alguma condição, representado matematicamente pela Equação 10.

$$VPP = \frac{VP}{VP + FP} \quad (10)$$

- O Valor Preditivo Negativo (VPN) reflete a probabilidade do teste em apresentar resultado negativo frente a ausência de determinada condição, segundo a Equação 11.

$$VPN = \frac{VN}{VN + FN} \quad (11)$$

Com o *software* MedCalc⁵ é possível realizar a análise do desempenho dos testes diagnósticos e com a *Receiver Operating Characteristic Curve* (curva ROC), traçada pelo *software*, pode-se comparar o desempenho de dois ou mais testes diagnósticos (GRINER et al., 1981).

Um teste com perfeita discriminação tem uma curva ROC que passa pelo canto superior esquerdo (100% sensibilidade e 100% de especificidade). Por conseguinte, o ideal é aproximar a curva ROC para o canto superior esquerdo, onde é maior a precisão global do teste (ZWEIG e CAMPBELL, 1993).

A partir da curva ROC é possível estabelecer um ponto de corte, utilizado para que o valor contínuo apresentado pela RB seja categorizado e desta forma comparado ao Padrão Ouro (PO) com auxílio da tabela 2x2 e dos testes diagnósticos. Neste trabalho a escolha do ponto de corte se deu a fim de aumentar a especificidade ou sensibilidade da RB.

3. METODOLOGIA

⁵ MedCalc®, versão 8.1.1.0 demo. *Windows 98/NT/Me/2000/XP. Copyright©1993-2007 Frank Schoonjans.* Disponível em <http://www.medcalc.br>. Limitado em 26 colunas e 182 linhas.

Trata-se de uma pesquisa descritiva, aplicada e avaliativa, operacionalizada em 5 fases.

As fases de levantamento e seleção das variáveis, elaboração da base de casos clínicos e concepção do padrão ouro são classificadas como descritiva; a fase de construção da RB está classificada como aplicada e a fase de avaliação da RB está classificada como avaliativa.

Para melhor compreensão do trabalho faz-se necessário o entendimento do cenário de pesquisa, bem como do processo de trabalho utilizado.

3.1. Caracterização do Cenário

A pesquisa teve como cenário a unidade de terapia intensiva (UTI) de um hospital geral localizado no interior do estado do Paraná. A UTI estudada realiza o atendimento de pacientes adultos, no pós-operatório de cirurgia cardíaca e está classificado de acordo com a Portaria nº 466/MS/SVS de 04 de junho de 1998 como de porte IV, com parceria da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná (SESA), através da Central Estadual de Regulação do Sistema Único de Saúde

A UTI adulto possui 15 leitos equipados com monitores, respiradores, bombas de infusão, entre outros equipamentos para o suporte dos pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca e conta com pessoal treinado e habilitado para o atendimento destes pacientes.

3.2 Descrição do Processo de Atendimento

A descrição do processo de atendimento, conforme diagrama de atividades na figura 4, tem como objetivo descrever todo o processo que envolve o atendimento do paciente no pós-operatório de cirurgia cardíaca na UTI estudada.

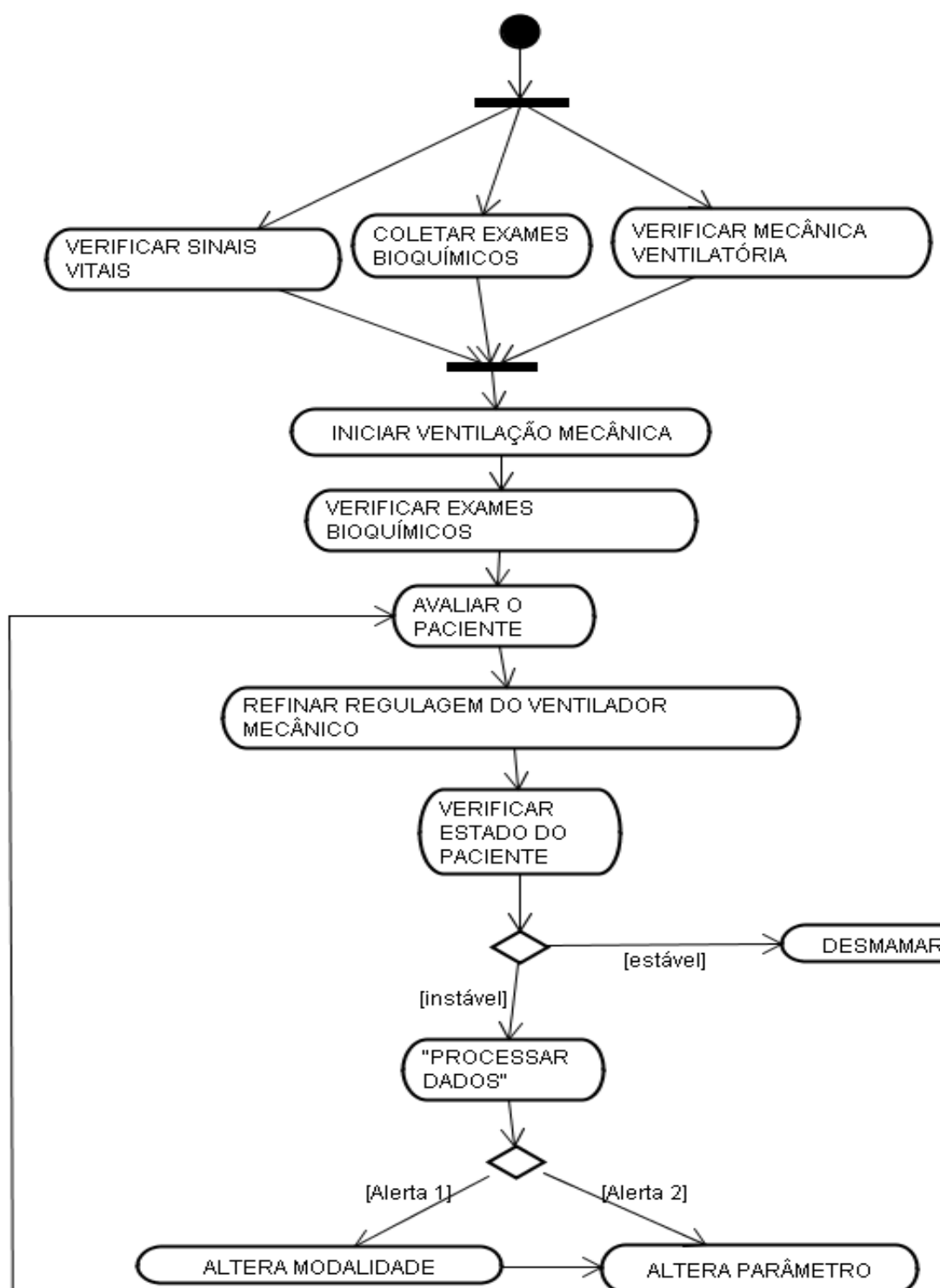


FIGURA 4: Diagrama de atividades referente ao processo de atendimento dos pacientes pós-operatório de cirurgia cardíaca da UTI estudada.

Quando o paciente é transferido do centro cirúrgico para a UTI, este é conectado à ventilação mecânica que é programado previamente de acordo com a rotina do serviço. São solicitados exames bioquímicos (creatinina, tempo de ativação

plaquetária, plaquetas, eletrocardiograma, balanço hídrico, pressão arterial de gás carbônico, hemoglobina, glicemia, saturação de oxigênio, relação pressão parcial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio) e é realizada uma avaliação tanto da mecânica ventilatória (volume corrente, volume minuto, pressão inspiratória máxima, fluxo inspiratório, *peep*), quanto dos sinais clínicos do paciente (frequência respiratória, temperatura, frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, *drive* ventilatório, pressão arterial média, sedação, *glasgow* e drogas vasoativas). Após uma média de 30 minutos são recebidos na UTI o resultado dos exames bioquímicos e então é realizado o refinamento da ventilação mecânica, que, de uma maneira geral, se restringe a mudança de alguns parâmetros ventilatórios. A partir desse momento é necessário o acompanhamento (monitoração) do paciente, a verificação de seu estado geral e adaptação com a ventilação mecânica. Estando o paciente estável é iniciado o processo de desmame da ventilação mecânica, aspecto que, neste trabalho, não será abordado.

3.3 Fases do Trabalho

Para a operacionalização da pesquisa, este foi dividido em 5 fases, descritas a seguir.

Fase 1 – Levantamento e seleção das variáveis

O levantamento das variáveis necessárias para a elegibilidade do melhor modo de ventilação mecânica e dos parâmetros ventilatórios, com base no quadro clínico do paciente no pós-operatório de cirurgia cardíaca, foi realizado por meio de consultas a 10 profissionais (6 médicos, 3 fisioterapeutas e 1 enfermeira) da área de cardiologia e terapia intensiva; pesquisa em livros e consensos em ventilação mecânica; e estudo de protocolos de serviços de referência em cardiologia.

Foi contabilizado um total de 62 variáveis agrupadas em classes nomeadas de acordo com a característica de utilização

Após o levantamento das variáveis foram selecionadas aquelas consideradas essenciais. Considerou-se variável essencial aquela utilizada por mais de 80% dos profissionais e que apresentaram grau de importância também maior de 80%.

Para isso foi elaborado um instrumento de validação (Apêndice A), no qual foram incluídas as variáveis e criadas faixas de valores que estas poderiam assumir, além de uma faixa indicativa do seu grau de importância, que varia de 0% (nunca utiliza a variável) a 100% (a utilização da variável acontece em todos os pacientes). Um espaço foi incluído para que o profissional apresentasse uma justificativa para o caso dele não utilizar a variável.

Todos os profissionais possuíam atuação superior a 5 anos na área de terapia intensiva, com participação direta e/ou indireta na monitoração dos pacientes críticos, através de prontuários e/ou acompanhamento ventilatório e estado do paciente.

Fase 2 - Elaboração da Base de Casos Clínicos

Para o desenvolvimento e avaliação da RB faz-se necessária a elaboração de uma base de casos clínicos. Com o intuito de se ter casos reais foi utilizada a base de casos da UTI estudada. Da base de casos foram utilizados 137 registros referentes ao pós-operatório de cirurgia cardíaca, entre 2006 e 2008, atendidos em uma UTI adulto.

Algumas destas variáveis, principalmente as relacionadas a ventilação mecânica, estavam ausentes, por não ser rotina do serviço o registro desses dados. Foi necessário então o preenchimento dos valores ausentes para ser possível o treinamento, testes e avaliação da RB. Este preenchimento foi realizado por especialistas.

Fase 3 – Concepção do padrão ouro

Dos 137 casos da base de casos clínicos foram selecionados 30 casos de maneira aleatória, para a concepção do padrão ouro (PO), repassados para quatro especialistas (envolvidos na fase 1) em cirurgia cardíaca, que analisaram o caso apresentado. A resposta para os casos clínicos foi realizada de maneira isolada por cada especialista. Posteriormente, a pesquisadora analisou os casos e selecionou os que não apresentavam as mesmas respostas. Foram então reunidos novamente os especialistas que desta vez discutiram em conjunto os casos clínicos selecionados e chegaram a um consenso em relação a cada caso.

Os especialistas atuavam a mais de 10 anos na área de terapia intensiva, possuem o título de médico especialista e participação direta na monitoração dos pacientes críticos e acompanhamento ventilatório.

Fase 4 – Construção da RB

Para a elaboração tanto da parte qualitativa quanto da parte quantitativa foi utilizado o *Shell Netica*®.

Para a criação da parte qualitativa da RB foram inseridas as 30 variáveis essenciais, com as faixas de valores correspondentes. Para a inserção no *Shell Netica* foram agrupadas as 6 variáveis relacionadas as modalidades ventilatórias (PCV, PCVAC, PSV, SIMVV, VCV, VCVAC) em uma variável única denominada modalidade.

A parte quantitativa foi criada com os 107 registros da base de casos clínicos, sendo retirados os casos utilizados para o PO.

A RB foi composta por 30 nós, sendo 24 nós de entrada (FR, Temperatura, PAS, FC, Drive, PAM, sedação, glasgow, DVA, ECG, balaço hídrico, PaCO₂, hemoglobina, glicemia, SatO₂, PaO₂/FiO₂, VC, Vmin, Creatinina, TAP, plaquetas, Pimáx, Fluxoinsp, Peep) e 6 nós de saída (modalidade, FR1, VC1, fluxoinsp1, FiO₂, Peep1).

Fase 5 – Avaliação da Rede Bayesiana

A avaliação foi realizada por meio das medidas de validade operacionais de instrumentos, descritas na seção 2.5 e foram criadas as tabelas de contingência ou tabela 2x2 (SHORTLIFFE, PERREAULT, 2001).

Para a construção da tabela 2x2 foi necessária a comparação dos 107 casos clínicos da RB com os 30 casos clínicos do PO. Por meio da planilha eletrônica Excel® foi gerada uma planilha denominada “tabela PO x RB variável estudada”, na qual foram avaliados os resultados gerados pela RB e comparados com o PO, foi considerado o valor 1 quando a variável era encontrada tanto no caso clínico da “tabela PO x RB”, como no caso clínico do PO; e valor 0 quando haviam resultados diferentes entre a “tabela PO x RB” e o PO da variável estudada.

Os valores resultantes da comparação da “tabela PO x RB variável” estudada com o PO foram transportados ao *software* MedCalc®. Este *software* foi utilizado para a elaboração das curvas ROC e obtenção do ponto de corte. Com isso pode-se verificar o grau de acerto da RB.

3.4. Base Empírica

- livros, periódicos da área de cirurgia cardíaca, cardiologia, anestesiologia: com publicação após o ano de 2000; consensos de ventilação mecânica, de sedação e analgesia; e protocolos de ventilação mecânica e cirurgia cardíaca;
- 137 casos clínicos da base de dados do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Ponta Grossa; e
- *shell* Netica para a elaboração da RB.

3.5. Considerações Éticas

Para o uso da base de casos clínicos foi entregue ao hospital um termo de compromisso de utilização de dados pelos pesquisadores (Anexo A). O hospital forneceu uma declaração para liberação da realização da pesquisa, a qual foi assinada pelo diretor clínico do hospital (Anexo B).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os valores encontrados no processo de avaliação da RB. Para melhor entendimento, os resultados foram organizados de acordo com os passos metodológicos: resultados referentes às variáveis essenciais; descrição da parte qualitativa da RB; descrição da parte quantitativa da RB; e avaliação das RBs modalidade e parâmetros ventilatórios e da sensibilidade de cada nó de saída em relação aos nós de entrada.

4.1 Variáveis Essenciais

Foram selecionadas 35 variáveis como sendo essenciais à prática da ventilação mecânica, as quais foram distribuídas em classes denominadas: sinais clínicos (SC), exames bioquímicos (EB), mecânica respiratória (MR), ventilação mecânica (VM) (QUADRO 3).

As variáveis que fazem parte da classe SC são: frequência respiratória (FR), temperatura (T), frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), escala de coma de glasgow, droga vasoativa (DVA), sedação, pressão arterial média (PAM) e drive ventilatório.

Na classe EB estão as seguintes variáveis: creatinina, tempo de ativação de protrombina (TAP), plaquetas, saturação arterial de oxigênio (SatO_2), relação entre pressão arterial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), balanço hídrico, hemoglobina, eletrocardiograma (ECG), glicemia e pressão arterial de gás carbônico (PaCO_2).

As variáveis da classe MR são: volume corrente (VC), peep, fluxo inspiratório (fluxoinsp), pressão inspiratória máxima (Pimax) e volume minuto.

Na classe VM estão as variáveis: modalidade, frequência respiratória (FR1), volume corrente (VC1), fluxo inspiratório (fluxoinsp1), fração inspirada de oxigênio (FiO_2) e peep (Peep1).

QUADRO 3 – Variáveis divididas em classes.

CLASSE	ATRIBUTO
SINAIS CLINICOS	FR
	T
	FC
	PAS
	Drive
	PAM
	Sedação
	Glasgow
	Drogas Vasoativas
EXAMES BIOQUÍMICOS	Creatinina
	TAP
	Plaquetas
	ECG
	Balanco hidrico
	PaCO ₂
	PaO ₂ /FiO ₂
	Hemoglobina
	Glicemia
	SatO ₂
MECÂNICA RESPIRATÓRIA	VC
	Volume minuto
	Pimax
	Fluxo inspiratório
	PEEP
MODALIDADE VENTILATÓRIA	PCV
	PCV/AC
	PSV
	VCV/AC
	VCV
	SIMV/V
PARÂMETROS DO VENTILADOR	FR
	VC
	FiO ₂
	Fluxo inspiratório
	Peep

A partir da seleção das variáveis foi possível verificar que 27 variáveis das 62 citadas pela literatura, principalmente pelos Consensos de Ventilação Mecânica, não são utilizadas no cenário descrito. Os profissionais relataram que a falta de tempo hábil, de equipamentos e de materiais foram fatores que justificaram o não uso da variável.

As variáveis excluídas foram: pressão SIMV, SIMV/PSV, CPAP, VAPS, BIPAP, volume SIMV/PSV, volume MMV, uréia, CKMB, débito cardíaco, P(A-a)O₂, capacidade vital, pressão expiratória máxima, espaço morto, resistência, complacência, capacidade vital, pressão inspiratória máxima, pressão expiratória máxima do ventilador, ondas de fluxo, pressão positiva inspiratória, complacência, resistência, sensibilidade, tempo inspiratório, tempo expiratório e volume minuto.

A redução do número de variáveis faz com que a escolha da técnica e parâmetros ventilatórios realizada pelo profissional diminua a possibilidade de erros, apóie o profissional na tomada de decisão e consequentemente aumente a agilidade do processo.

As variáveis consideradas essenciais para a eleição do melhor modo e parâmetros ventilatórios para o pós-operatório de cirurgia cardíaca foram utilizadas para a construção da parte qualitativa e quantitativa da RB.

4.2 Parte Qualitativa da RB

A parte qualitativa da RB foi construída através das 30 variáveis essenciais. As variáveis foram divididas em nós de entrada e nós de saída, sendo 24 nós de entrada e 6 nós de saída. Como existiam 6 variáveis correspondentes a modo ventilatório, estas foram transformadas em um único nó de saída denominado modalidade, para facilitar o manuseio da RB, pois como o paciente utiliza apenas um modo ventilatório não se viu a necessidade de criar nós diferentes para cada variável, como foi feito com as variáveis relacionadas a parâmetros ventilatórios.

Os nós de entrada correspondentes à avaliação dos sinais clínicos são apresentados na Figura 4.

FR entre12e20 33.3 maiorque35 33.3 menorque12 33.3	Balancohidrico nao 50.0 sim 50.0	DVA nao 50.0 sim 50.0
Temperatura entre36e37 33.3 maiorque38 33.3 menorque36 33.3	SatO2 entre80e89 33.3 maiorque90 33.3 menorque80 33.3	Sedacao nao 50.0 sim 50.0
FC entre90e140 33.3 maiorque140 33.3 menorque90 33.3	Glasgow entre11e13 20.0 entre14e15 20.0 entre3e5 20.0 entre6e8 20.0 entre9e10 20.0	PAM entre70e105 33.3 maiorque105 33.3 menorque70 33.3
PAS entre121e149 33.3 entre91e120 33.3 maiorque150 33.3		Drive nao 50.0 sim 50.0

FIGURA 4 – Nós de entrada da RB correspondentes as variáveis essenciais da classe denominada Sinais Clínicos

Os nós de entrada correspondentes aos exames bioquímicos são apresentados na Figura 5.

AP					
50.0					
50.0					
de3gpor100	33.3				
maiorque10gpor100	33.3				
menorque10gpor100	33.3				
cem	33.3				
maiorque100	33.3				
menorque100	33.3				
Plaquetas					
do	50.0				
l	50.0				
ECG					
alterado	50.0				
normal	50.0				
PaCO2					
entre35e45	33.3				
entre46e50	33.3				
maiorque50	33.3				

FIGURA 5 - Nós de entrada de RB correspondente as variáveis da classe denominada Exames Bioquímicos.

Os nós de entrada que correspondem à mecânica respiratória são apresentados na Figura 6.

≥e15	33.3				
que15	33.3				
maiorque60	33.3				
menorque40	33.3				
PImax					
1emenos29	33.3				
ios29	33.3				
	33.3				
Vmin					
entre5e6	33.3				
entre7e10	33.3				
menorque5	33.3				

FIGURA 6 - Nós de entrada de RB correspondente as variáveis da classe Mecânica Respiratória.

Os nós de saída correspondentes à modalidade e parâmetros da ventilação mecânica, são apresentados na Figura 7.

Modalidade	
PCV	16.7
PCVAC	16.7
PSV	16.7
SIMVV	16.7
VCV	16.7
VCVAC	16.7

FR1	
re12e20	33.3
iorque35	33.3
norque12	33.3

VC1	
entre5e8	50.0
menorque5	50.0

Fsp1	
3.3	
3.3	
3.3	

FIO2	
entre20e40	33.3
entre41e60	33.3
entre61e80	33.3

Peep1	
entre3e5	50.0
entre6e15	50.0

FIGURA 7 - Nós de saída da RB

Os nós de entrada são os valores que serão modificáveis durante a inclusão de cada novo caso clínico. Neste estudo as variáveis de entrada referem-se aos valores apresentados pelo paciente pós-operatório de cirurgia cardíaca no momento de sua chegada à UTI, e que irão interferir nos nós de saída.

Os nós de saída referem-se aos valores da modalidade ventilatória e dos parâmetros e serão apresentados pela RB de acordo com os valores de entrada.

Pode-se dizer que existe uma relação direta entre os nós de saída e os nós de entrada, por exemplo, variáveis como sedação e drogas vasoativas interferem diretamente na eleição da modalidade ventilatória do paciente pós-operatório de cirurgia cardíaca. Pacientes fazendo uso de sedação e/ou altas doses de drogas vasoativas têm como indicação o uso de modos ventilatórios controlados, pois além de não apresentarem autonomia respiratória apresentam instabilidade hemodinâmica.

A representação da parte qualitativa da RB pode ser observada na Figura 8.

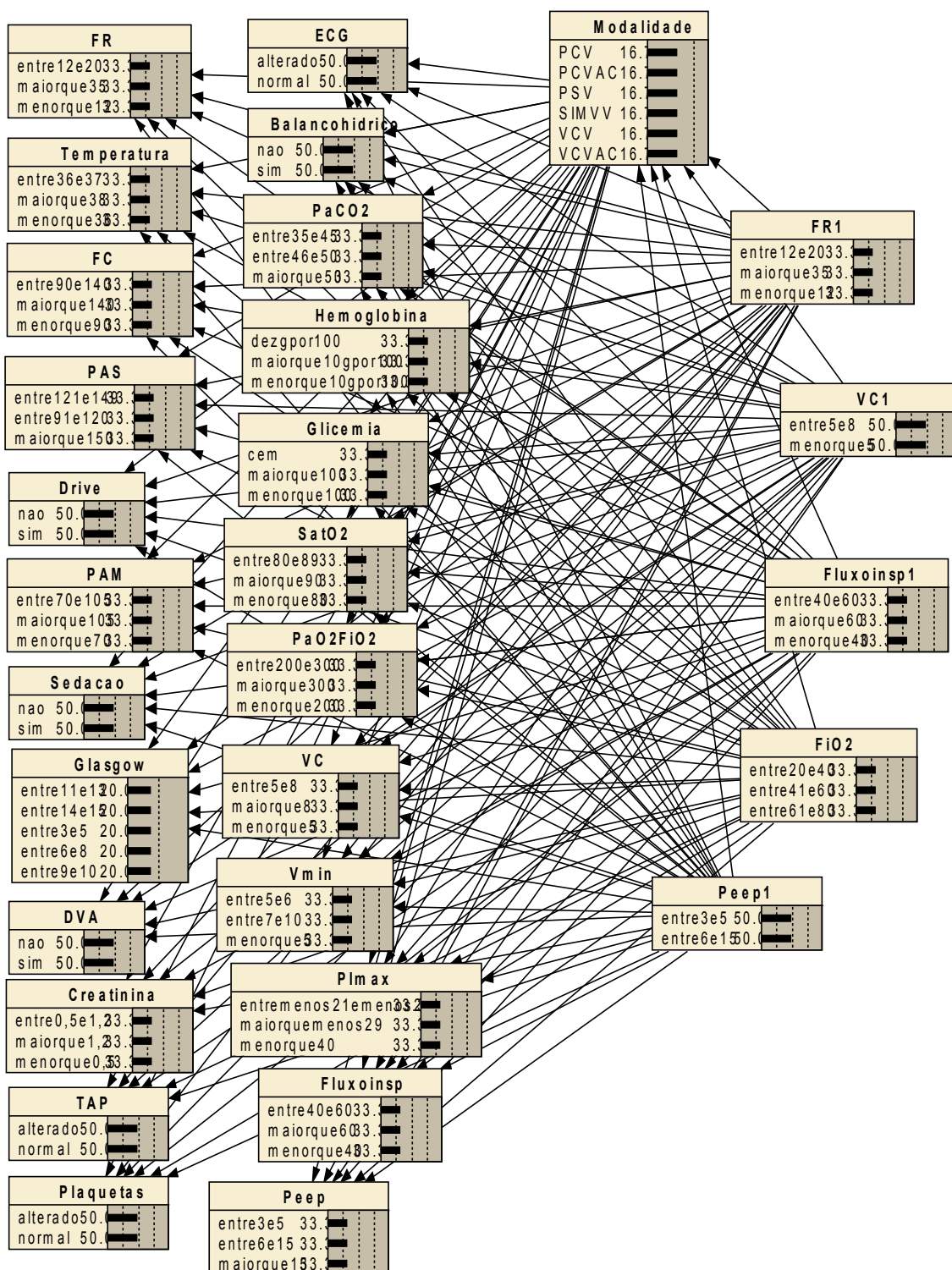


FIGURA 8: Representação da parte qualitativa da RB

A parte qualitativa da RB apresenta os nós de entrada referentes às classes de variáveis sinais clínicos, exame bioquímico e mecânica respiratória. Apresenta também os nós de saída referentes a modos e parâmetros ventilatórios. Os arcos representam o relacionamento entre os nós de entrada e saída. Com a parte qualitativa criada e a base de casos clínicos, foi criada a parte quantitativa da RB.

4.3 Parte Quantitativa da RB

Para a implementação da parte quantitativa da RB foram utilizados os casos clínicos descritos no Capítulo 4. A representação da parte quantitativa da RB pode ser observada na Figura 9.

Com a parte quantitativa de RB pode-se analisar o perfil da base de casos clínicos da UTI estudada dos pacientes pós-operatório de cirurgia cardíaca. Observa-se no nó modalidade que em 29,5% dos casos foram utilizados o modo ventilatório pressão de suporte (PSV), sendo essa modalidade recomendada pelo III Consenso de Ventilação Mecânica e pelo protocolo do INCOR, como sendo a ideal para o período pós-operatório, principalmente após algumas horas da chegada do paciente na UTI, pois neste período o paciente já apresenta redução da ação anestésica. Para o período imediato à chegada do paciente na UTI é recomendado o modo assisto-controlado.

Existiu, portanto, uma divergência dos casos clínicos da base com a encontrada na literatura, porém, essa divergência encontrada pode ser justificada pelo tempo que os pacientes permanecem no centro cirúrgico após o término da cirurgia e a técnica anestésica utilizada, que fazem com que os pacientes despertem em um período mais curto de tempo possibilitando assim o uso precoce da modalidade PSV.

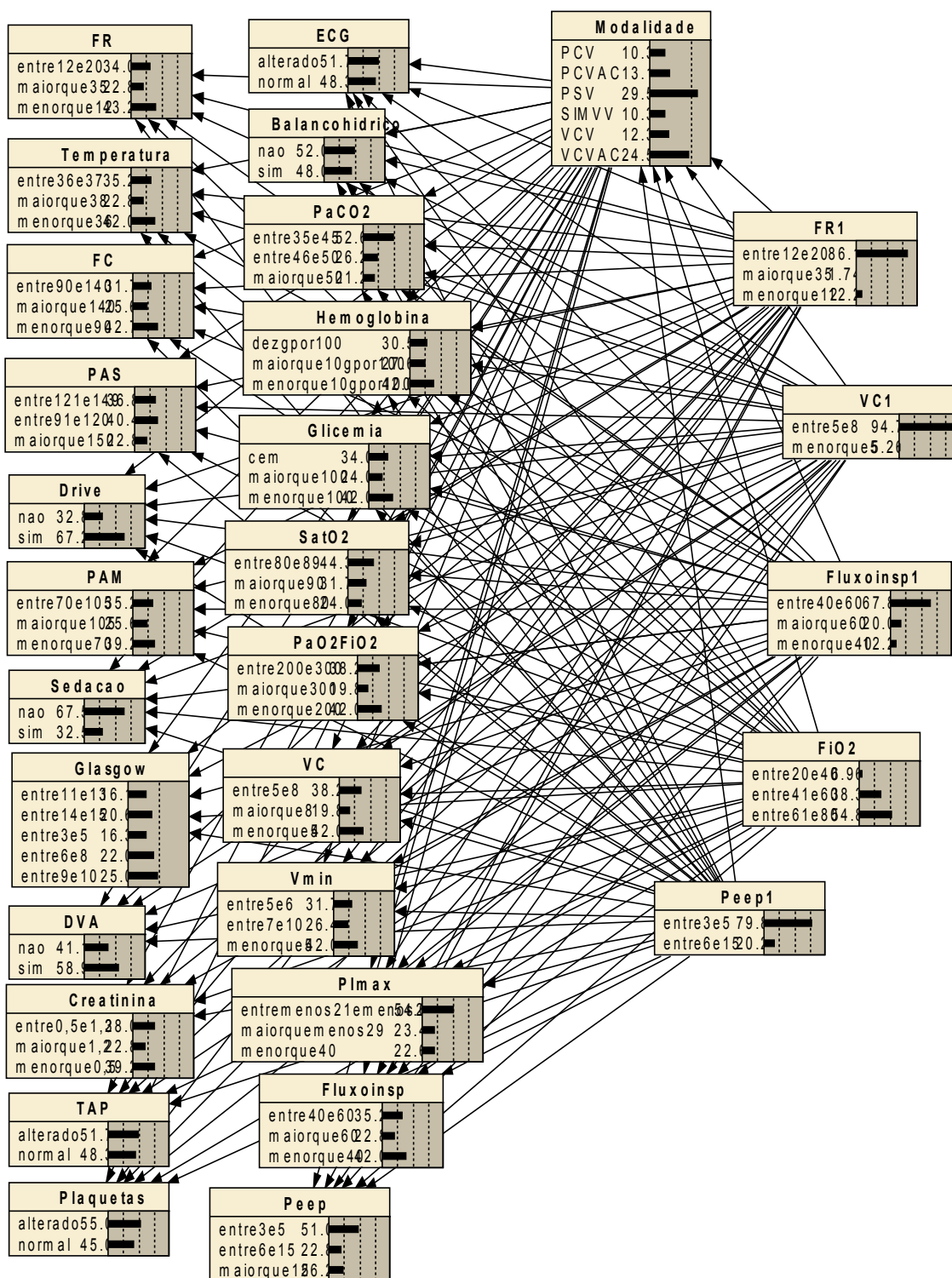


FIGURA 9 – Representação da parte quantitativa da RB

Nos nós de saída referentes a parâmetros observa-se que a faixa de valores do nó frequência respiratória (FR1) entre 12 e 20 ipm representou 86,1% dos casos; o nó volume corrente (VC1) nos valores entre 5 e 8 L/min representou 94,7% dos casos; o fluxo inspiratório (fluxoinsp1) representou 67,8% de utilização nos valores entre 40 e 60 L/min; a Peep1 representou 79,8% de uso entre 3 e 5 cmH₂O; e a fração inspirada de oxigênio (FiO₂) entre 61 e 80% representaram 54,8% dos casos.

Protocolos de serviços de referência como o Instituto do Coração de São Paulo (INCOR) utilizam valores para os parâmetros de ventilação mecânica semelhante aos encontrados com a RB. No INCOR são utilizados valores iniciais de: VC em torno de 8 ml/kg, sendo reduzido assim que possível para até 4 ou 5 ml/Kg; FR igual a 12 ipm; FiO₂ menor que 60%; Peep com valores em torno de 5 cmH₂O; e uma pressão de suporte de 10 cmH₂O, tanto para o modo PSV como para o modo SIMV (AULER, OLIVEIRA, 2004). Isso mostra que a RB apresenta um bom desempenho tornando-se uma boa técnica para apoiar a decisão médica.

4.4 Avaliação da RB

Para a avaliação do desempenho da RB foi comparado o Padrão Ouro (PO) com os resultados gerados pela RB. A avaliação foi realizada utilizando-se o cálculo das medidas de validade operacional de instrumento ou testes diagnósticos descritos na seção 2.5.

Para a avaliação foram realizados os seguintes cálculos: sensibilidade, especificidade, probabilidade de falso negativo (PFN), probabilidade de falso positivo (PFP) e valores preditivos positivo e negativo (VPP, VPN). Para a realização destes cálculos foi necessária a criação das tabelas 2x2 para cada nó de saída. A Tabela 2 mostra um exemplo da tabela 2x2 do nó de saída modalidade ventilação assisto-controlada a volume (“VCVAC”).

Tabela 2 – Tabelas 2x2 geradas para o nó de saída modalidade VCVAC.

Nó de saída modalidade "VCVAC"	PO		Total
	Sim	Não	
Sim	3	1	4
Não	0	26	26
Total	3	27	

Na Tabela 2 pode-se observar que dos 30 casos do PO, três casos apresentaram o modo VCVAC tanto no PO quanto na RB e 26 casos não utilizam o modo VCVAC, no PO, nem na RB.

Os resultados da RB dos 30 casos do PO foram inseridos no *software* MedCalc®, o qual gerou valores referentes aos testes diagnósticos e estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Testes diagnósticos para o nó de saída modalidade “VCVAC” e PO

Testes diagnósticos	Valores %
Sensibilidade	0,750
Especificidade	1,000
PFN	0,250
PFP	0,000
VPP	1,000
VPN	0,960

Na Tabela 3 nota-se que a RB alcançou valor ótimo para a especificidade, indicando que a RB não utiliza a modalidade “VCVAC”, quando esta realmente não é utilizada. Dos 26 casos que a RB indicou o não uso da modalidade, todos corresponderam ao PO.

Observando-se, porém, a sensibilidade da RB para o nó de saída “VCVAC” nota-se que a RB indicou o uso da modalidade para 4 casos clínicos, enquanto o PO indicou apenas 3. Para melhorar a sensibilidade da RB é preciso aumentar o número de casos clínicos com indicação para o uso da modalidade “VCVAC”.

Foram calculados no MedCalc os testes diagnósticos para todos os nós de saída (Apêndice B) e serviram como base para a geração das curvas ROC e os pontos de corte para cada nó de saída.

Para o nó de saída modalidade foram geradas 6 curvas ROC, uma para cada modo ventilatório contido neste nó, e ainda 5 curvas ROC para cada nó de saída

referente aos parâmetros ventilatórios, totalizando 11 curvas ROC. O Gráfico 1 representa a curva ROC para o nó de saída modalidade “VCVAC”.

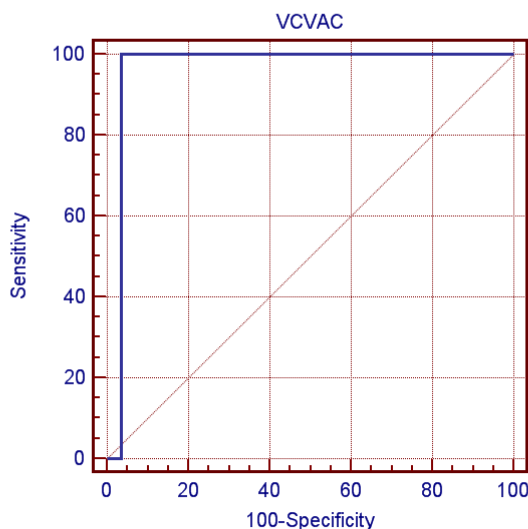


Gráfico 1 – Curva ROC do nó de saída modalidade “VCVAC” versus PO

O Gráfico 1 mostra a curva muito próxima do ponto ótimo, que é o ponto onde os valores de especificidade e sensibilidade atingem um, representando que todos os casos do nó de saída concordam com o PO. Na curva ROC do nó de saída modalidade “VCVAC” nota-se que houve a discordância entre alguns casos na RB e no PO, pois a especificidade está um pouco afastada do zero, fazendo com que a curva se afaste do ponto ótimo, porém, o desempenho da RB foi adequado.

O software MedCalc sugere através da curva ROC um valor do ponto de corte, que é o ponto onde a sensibilidade e a especificidade são otimizadas. O ponto de corte sugerido para o nó de saída modalidade “VCVAC” é maior que 0,013, o qual está representado na Figura 10 por um asterisco (*).

Criterion values and coordinates of the ROC curve

Criterion	Sensitivity	95% CI	Specificity	95% CI	+LR	-LR
≥ 0	100,00	30,5 - 100,0	0,00	0,0 - 12,9	1,00	
$> 0,013$ *	100,00	30,5 - 100,0	96,30	81,0 - 99,4	27,00	0,00
$> 15,8$	0,00	0,0 - 69,5	96,30	81,0 - 99,4	0,00	1,04
$> 16,6$	0,00	0,0 - 69,5	100,00	87,1 - 100,0		1,00

+LR : Positive likelihood ratio
-LR : Negative likelihood ratio

FIGURA 10 – Sensibilidade, especificidade e o valor do erro padrão para o nó de saída modalidade “VCVAC”.

Foi gerado um total de 11 pontos de corte, um para cada nó de saída. Em todos os nós de saída a RB apresentou um bom desempenho, tendo o nó modalidade “VCVAC” o melhor resultado.

4.4.1 Avaliação da sensibilidade dos nós de saída em relação aos nós de entrada.

Foi realizada a avaliação da sensibilidade das variáveis de entrada para cada variável de saída, sendo gerada, com o *Shell Netica*, tabelas de sensibilidade para cada nó de saída (Apêndice C). As tabelas foram utilizadas para a análise do comportamento das variáveis utilizadas para a eleição do modo e parâmetros ventilatórios para o pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Ao analisar o comportamento das variáveis foi possível observar qual das variáveis interfere mais na determinação do valor do nó de saída. A Tabela 4 mostra que o ganho de informação da variável PaCO_2 é 0,15630, isso significa que a indicação da modalidade ventilatória está intimamente relacionada com esta variável.

Tabela 4 – Tabela representando o ganho de informação do nó de saída modalidade

Ganho de Informação da Modalidade	
VARIÁVEL	Ganho de Informação
PaCO_2	0,15630
Pimax	0,14358
Peep	0,12903
Fluxoinsp1	0,09246
SatO2	0,08456
PAM	0,06882
Hemoglobina	0,06394
FC	0,05840
Creatinina	0,04981

Takeuchi (2001) já relata que os valores de PaCO_2 podem determinar a modalidade ventilatória no momento da indicação da ventilação mecânica em pacientes no período pós-operatório. Da mesma forma Alvarez (2003) e o III Consenso de Ventilação Mecânica apontam o resultado do exame como um dos fatores que interferem na regulação da ventilação mecânica.

A variável Pimáx, com valor de sensibilidade 0,14, aparece na segunda linha da Tabela 4, o que significa que é a segunda variável que mais interfere na determinação do valor do nó de saída. Entretanto, cabe ressaltar que essa variável não aparece entre as mais importantes na literatura pesquisada. Isso pode ser explicado pelo fato de alguns pacientes já chegarem na UTI com certa autonomia ventilatória, o que torna a força dos músculos inspiratórios uma variável importante para a determinação da modalidade ventilatória. Como um exemplo deste caso, se um paciente apresenta drive ventilatório preservado, porém, fraqueza da musculatura inspiratória (diafragma e intercostais), este paciente não sustentará a ventilação espontânea e será necessária a escolha de um modo controlado de ventilação.

Nota-se ainda, na Tabela 4, que alguns valores, como da variável creatinina, aparecem com o valor muito baixo, indicando pouca influência na eleição da modalidade ventilatória. Isto ocorre porque quando há alteração nos valores da creatinina, não há alteração na ventilação, não havendo necessidade de mudança da modalidade ventilatória. Porém, esta variável é relevante para eleição da modalidade quando não ocorre resposta satisfatória ao seu tratamento, ocasionando complicações da ventilação.

Na avaliação do nó de saída “FR1” em relação aos nós de entrada, apresentada na Tabela 5, observa-se que a modalidade respiratória tem valor de sensibilidade de 0,022, seguido de PaCO_2 , Pimáx e Drive. Estas variáveis estão relacionadas com a capacidade de ventilação espontânea do paciente, por esse motivo aparecem como importantes na eleição da FR. Sabe-se que, quanto maior a FR, menor será o valor de PaCO_2 , pelo fato do paciente, durante a hiperventilação (respiração com FR acima de 35 ipm) eliminar grande quantidade de CO_2 produzindo uma hipocapnia (PaCO_2 com valor abaixo de 35 cmH_2O).

Tabela 5 – Tabela representando o ganho de informação da “FR1”.

Ganho de Informação da “FR1”	
VARIÁVEL	Ganho de Informação
Modalidade	0,02276
PaCO ₂	0,02010
P _{imax}	0,01814
Drive	0,01658
Peep	0,01658
Sedação	0,01379
PaO ₂ FiO ₂	0,01143
VC	0,01143
FR	0,00944

Para que qualquer parâmetro seja regulado na ventilação mecânica no paciente em pós-operatório de cirurgia cardíaca é necessária a eleição da modalidade ventilatória ideal, isso justifica a modalidade estar entre as primeiras variáveis na maioria dos nós de saída relacionados aos parâmetros. A única exceção está no nó de saída “FiO₂” (Tabela 6), onde a variável de maior influência é a hemoglobina e a FC. Isso se justifica pelo fato da quantidade de oxigênio necessária para o paciente não depender da modalidade que o paciente irá ventilar e sim da capacidade de captação do oxigênio pelo sistema cardiovascular. Por esse motivo aparecem variáveis como “FC” e “Hemoglobina”, entre as que mais interferem no valor de FiO₂, as quais são responsáveis pela captação de oxigênio dos pulmões e transporte deste para todos os órgãos e tecidos.

Tabela 6 – Tabela representando o ganho de informação da “FiO₂”.

Ganho de Informação da “FiO ₂ ”	
VARIÁVEL	Ganho de Informação
FC	0,11935
Hemoglobina	0,11704
Vmin	0,11462
VC	0,10740
PaO ₂ FiO ₂	0,10740
Glicemia	0,10554
Fluxoinsp	0,09879
Temperatura	0,09879
DVA	0,09574

Como parte dos resultados da avaliação dos nós de saída em relação aos nós de entrada obteve-se a classificação das variáveis de entrada em ordem crescente de sensibilidade denominada “RANK”.

Para o nó de saída “fluxoinsp1” (Tabela 7) a classe que teve maior relevância foi os exames bioquímicos (EB) com 29,62%, seguido de mecânica respiratória (MR) com o valor muito próximo de 29,05%.

Entre o grupo de exames bioquímicos, a PaCO₂ é inversamente proporcional à ventilação alveolar e essa por sua vez determina o fluxo juntamente com o tempo inspiratório. A PaCO₂ aumentada gera a diminuição da ventilação alveolar e redução do fluxo inspiratório (SCANLAN, et al. 2000). Além da PaCO₂, a hemoglobina também determina o fluxo inspiratório, pois as concentrações muito baixas de hemoglobina podem levar a um aumento do fluxo inspiratório pela presença de

hipoxemia. O fluxo inspiratório depende do grau de esforço muscular respiratório, ou seja, um fluxo baixo representa maior esforço do paciente para a realização da inspiração. Sendo assim, pode-se justificar a importância das variáveis da classe mecânica respiratória (SCANLAN, et al. 2000). Isto ressalta a importância da MR, assim como dos EB, justificando a proximidade dos resultados.

Fluxoinsp1			
CLASSE	N° VAR	% VAR	RANK
EB	8	26,67	29,62
MR	5	16,67	29,05
SC	11	36,66	27,30
VM	6	20	14,03
	30	100	100

TABELA 7 – Avaliação da sensibilidade para o nó de saída fluxoinsp1

A Tabela 8 mostra que, para o nó modalidade, a classe de sinais clínicos (SC) na coluna do “RANK” representa 38,05% de interferência na eleição da modalidade, sendo então as variáveis relacionadas a sinais clínicos as de maior relevância durante a eleição da modalidade ventilatória para o pós-operatório de cirurgia cardíaca. Esse resultado é apoiado pelo protocolo do INCOR que coloca como prioridade na avaliação da ventilação mecânica no pós-operatório a avaliação clínica seguida de gasometria (AULER, OLIVEIRA, 2004).

MODALIDADE			
CLASSE	N° VAR	% VAR	RANK
EB	8	26,67	24,26
MR	5	16,67	19,48
SC	11	36,66	38,05
VM	6	20	18,19
	30	100	100

TABELA 8 – Avaliação da sensibilidade para o nó modalidade

Na avaliação dos nós de saída FiO₂, FR1, VC1 a maior influência também é da classe SC. As tabelas destas variáveis estão apresentadas no Apêndice D. Os protocolos utilizados na pesquisa e o III Consenso de Ventilação Mecânica já relatam que o exame físico do paciente interfere diretamente na escolha da ventilação mecânica, tanto para a modalidade quanto para os parâmetros ventilatórios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que muitas variáveis citadas pela literatura como necessárias para a eleição de modalidade e parâmetros ventilatórios não são utilizadas na prática clínica. Para o cenário estudado, foi encontrado como justificativa a falta de equipamentos, materiais e de tempo hábil para a coleta das variáveis.

Encontrou-se uma diversidade de protocolos de uso de ventilação mecânica em pós-operatório de cirurgia cardíaca e uma disparidade em relação a quais variáveis devem ser utilizadas. Esta dissertação propôs variáveis essenciais para a eleição de modalidades e parâmetros ventilatórios.

A análise dos resultados mostrou que a RB desenvolvida apresentou um adequado desempenho para a eleição da modalidade e parâmetros ventilatórios. Os resultados com a RB foram muito semelhantes aos resultados indicados pela literatura, mostrando assim uma compatibilidade entre o raciocínio humano e o computacional. A RB pode ser utilizada como uma ferramenta de apoio à decisão para os profissionais da saúde, sendo que o seu uso nas rotinas clínicas poderá agilizar o atendimento dos pacientes, pois auxiliarão o profissional no momento de tomada de decisão de qual a modalidade mais adequada.

Cabe ressaltar que a RB é um suporte à decisão do profissional e em nenhum momento substituirá o especialista. Isto pode ser ressaltado neste trabalho com os resultados que indicam o grupo das variáveis de sinais clínicos como o grupo de maior importância na escolha do modo e parâmetros ventilatórios. Sabe-se que os sinais clínicos são variáveis que exigem a presença do profissional junto ao paciente para a sua verificação. Dessa forma fica explícito a importância da permanência do profissional na UTI e a avaliação a beira do leito realizada pelo especialista.

Com o estudo foi possível também, analisar a importância e prioridade das variáveis essenciais na eleição da modalidade e parâmetros ventilatórios. Com isso é possível que a avaliação do paciente e a tomada de decisão sejam mais assertivas, reduzindo o tempo gasto e padronizando as decisões.

Devido ao aumento do número de cirurgias cardíacas no Brasil e as particularidades destes pacientes no período pós-operatório, há necessidade de pesquisas na área de ventilação mecânica em cirurgia cardíaca. Sugere-se a inclusão de um capítulo sobre cirurgia cardíaca, no Consenso Brasileiro de

Ventilação Mecânica, porque atualmente este não contempla especificidades da área.

A partir desta pesquisa surgem algumas perspectivas de trabalhos futuros, como:

- integrar a RB em um sistema de apoio à decisão;
- implantar a RB na UTI estudada, para a análise do desempenho da RB na prática clínica;
- ampliar a pesquisa para outras UTI's, com o aumento da população estudada e o uso de casos reais; e
- inserir variáveis na RB a fim de possibilitar o seu uso para diferentes patologias.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, RMS. A opção do melhor tratamento está oferecida ao paciente portador de doença coronariana multiarterial?. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**. São Paulo, v. 21, n. 3, 2006.

ALVAREZ, CA. Monitorización de la ventilación mecánica: gasometría y equilibrio acidobásico. **Sociedad española de cuidados intensivos pediátricos**, Madri, v. 59, p. 252 - 285, 2003.

AMBROZIN, ARP, et al. Aspectos da função pulmonar após revascularização do miocárdio relacionados com risco pré-operatório. **Jornal Brasileiro de Cirurgia Cardiovascular**. São Paulo, v. 20, n. 4, p. 408 – 415, 2005.

ANDRADE, PJN. Sistemas especialistas de apoio ao diagnóstico em medicina. Relações com o teorema de bayes e com a lógica do raciocínio diagnóstico. **Arq Bras Cardiol**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 6, 1999, p. 537-44.

ARCÊNCIO, L, et al. Cuidados pré e pós-operatórios em cirurgia cardiotorácica: uma abordagem fisioterapêutica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 3, 2008, p. 400-410.

AULER JR, OLIVEIRA E. **Pós-Operatório de Cirurgia Torácica e Cardiovascular**. São Paulo: Artmed, 2004.

AZEREDO, C. A. C. **Bom senso em Ventilação Mecânica**. Rio de Janeiro: Revinter, 1997.

BARROSO, R. C.; CARMONA, M. J. Avaliação da protamina na neutralização da heparina após circulação extracorpórea. **Revista Brasileira de cirurgia cardiovascular**. São Paulo, v. 17, n. 1, p.54 - 60, 2002.

BARTLETT RH. Use of the mechanical ventilator. **Critical Care**. 2002

BECK, J. et al. Electrical activity of the diaphragm during pressure support ventilation in acute respiratory failure. **Am J Respir Crit Care Med**, New York, v. 164, n. 3, p. 419-424, 2001.

BIANCHI RCG; SOUZA JN; GIACIANI CA; HÖEHR NF; TORO IFC. Fatores prognósticos em complicações pós-operatórias de ressecção pulmonar: análise de

pré-albumina, tempo de ventilação mecânica. **J Bras Pneumol.** v. 32, p. 489-94, 2006

BRASIL, L. A.; MARIANO, J. B. Revascularização do miocárdio sem circulação extracorpórea: experiência e resultados iniciais. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular.** São Paulo, v.15, n.1, p.6 – 15, 2000

BRAUNWALD, E. **Tratado de medicina cardiovascular.** 2. ed. São Paulo: Roca, 2003.

CHARNIAK E, MCDERMOTT D. Introduction to Artificial Intelligence. **Addison-Wesley, Reading,** Massachusetts, 1985.

CIVETTA, J.M.; TAYLOR, R.W.; KIRBY, R. **Critical Care.** Philadelphia: JB Lippincott Company, 1992.

_____. Consenso Brasileiro de Sedação e Analgesia. **J. de Anestesiol,** São Paulo, p. 75-94, 1996.

_____. III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. **J Pneumol,** Brasília, 54-70, 2007.

_____. II Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. **J Pneumol,** Brasília, v. 26, n. 2, p. 1-68, 2000.

DAVID, C. M.; GOLDWASSER, R.; NÁCUL, F. E. **Medicina Intensiva. Diagnóstico e Tratamento.** Rio de Janeiro: Revinter, 1997.

DAVID, C. **Ventilação Mecânica: da fisiologia ao consenso brasileiro.** Rio de Janeiro: Revinter, 1996.

DEUTSCH T; CARSON E; LUDWIG E. Dealing with Medical Knowledge - computer in clinical decision making. **Plenum Press,** New York and London, 1994.

DRUMOND GB. The abdominal muscles in anesthesia and after surgery. **British Journal of Anaesthesia.** v. 91, n. 1, p. 73-80, jul. 2003.

ESTEBAN, A. et al. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An International Utilization Review. **Am J Respir Crit Care Med**, New York, v. 161, n. 5, p. 1450-58, 2000.

EVSUKOFF AG; et al. **Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicação**. São Paulo: Editora Manole Ltda. 2003.

FERNANDES CR; NETO PRR. Os sistemas respiratórios e o idoso: implicações anestésicas. **Revista Brasileira de Anestesiologia**. Campinas, v. 52, n. 4, p. 461 – 470, 2002.

FERRARI AL; et al. Utilização de Rede Bayesiana Para Auxílio de Tomada de Decisão na Escolha de Clientela de Games. **Anais do V Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins**. Palmas. outubro, p. 237-242, 2003.

FILHO LJ; LEITÃO MC. Cirurgia de revascularização coronariana sem cec e sem manuseio da aorta em pacientes acima de 75 anos. **Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular**. v. 7, 2002.

FLORES, C. D.; PEROTTO, F.; VICARI, R.M. Sistemas baseados em conhecimento para área da saúde. **Anais do I Simpósio de Informática da região do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2002

FORSYTHE de; BUCHANAN BG. Knowledge Acquisition for Expert Systems: Some Pitfalls and Suggestions. **Transactions on Systems: IEEE Press**. v.19, p. 435-442, 1989.

FURTADO, RD. Implicações anestésicas do tabagismo. **Revista Brasileira de Anestesiologia**. São Paulo, v.23 n.5, p. 354 – 367, 2002.

GOMES W; et al. Revascularização da artéria marginal com uso da artéria torácica interna direita pediculada retroaórtica sem circulação extracorpórea. **Revista Brasileira de cirurgia cardiovascular**. São Paulo, v.17, n.1, p. 33-38, 2005.

GUIZILINI WJ; et al. Avaliação da função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio com e sem circulação extracorpórea. **Jornal Brasileiro de Cirurgia Cardiovascular**. São Paulo, v. 20, n. 3, p. 310 – 316, 2005.

GRINER et al. Selection and interpretation of diagnostic tests and procedures. **Annals of Internal Medicine**, p. 555-600. 1981

HECKERMAN, David. **A bayesian approach to Learning Causal**. Technical Report Msr-Tr-95-04. Microsoft Research, (1995). Disponível em: <<http://www.research.microsoft.com/research/dtg/heckerma/tr-95-04.htm>>.

IATROS. **Estatística e Pesquisa Científica para profissionais de Saúde**. 2002. Disponível: <http://www.vademecum.com.br/iatros/> Acesso em: 17 nov. 2007.

JAEGER, CP; KALIL, RA. Fatores preditores de infarto do miocárdio no período perioperatório de cirurgia de revascularização miocárdica. **Revista Brasileira de Cirurgia cardiovascular**. v. 20, n.3, p.291 – 295, 2005.

LEGUISAMO CP. A efetividade de uma proposta fisioterapêutica pré-operatória para cirurgia de revascularização do miocárdio. **Jornal Brasileiro de Cirurgia Cardiovascular**. São Paulo, v. 20, n. 2, p. 134 – 141, 2005.

LIMA, R; et al. Revascularização do miocárdio em pacientes octogenários: estudo retrospectivo e comparativo entre pacientes operados com e sem circulação extracorpórea. **Revista Brasileira de cirurgia cardiovascular**. São Paulo, v.20, n.1, p. 8-13, 2005.

MAGNANINI, M. M. F.; TORRES, T. Z. G.; PEREIRA, B. B. Probabilidade e distribuições de probabilidade. In: **Epidemiologia**. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 245-258.

MAGNUSSON L; SPAHN, DR. New concepts of atelectasias during general anaesthesia. **British Journal of Anaesthesia**. v.91, n.1, p. 61-72, jul. 2003.

MALBOUISSON LMS; et al. Impacto hemodinâmico de manobra de recrutamento alveolar em pacientes evoluindo com choque cardiogênico no pós-operatório imediato de revascularização do miocárdio. **Revista Brasileira de Anestesiologia**. v. 58, p. 112-123, 2008.

MARQUES, R. L., DUTRA, I. **Redes Bayesianas**: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. 2003. Disponível em: <<http://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/Bayesianas.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2007.

MATTOS, N. P. **Sistema de apoio à decisão para planejamento em saúde**. 2003. 86 f. Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2003.

MEDCALC®: versão 8.1.1.0 demo. Windows 98/NT/Me/2000/XP. Copyright© 1993-2007 Frank Schoonjans. Disponível em: <<http://www.medcalc.br>>.

MELLO, L.C. **Descoberta de conhecimento em banco de dados e RB**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001

MILANI R; BROFMAN P; MOUTINHO JA; BARBOSA L; GUIMARÃES M; BARBOSA A; PRECOMA D; VARELA A; SILVA FM. Revascularização total do miocárdio sem circulação extracorpórea em pacientes com disfunção ventricular esquerda. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 89, p. 11-15, 2007.

MORAES F; et al. Avaliação do *EuroSCORE* como preditor de mortalidade em cirurgia cardíaca de revascularização do miocárdio no Instituto do Coração de Pernambuco, **Jornal Brasileiro de Cirurgia Cardiovascular**. São Paulo, v. 21, n. 1, p. 29 – 34, 2006.

NASSAR, S. M. Informática e estatística: Uma interação entre duas ciências. Trabalho submetido ao concurso de Professor Titular. Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

NEVES, H. R. A. **Sistema especialista para determinar elegibilidade e prioridade em transplante de medula óssea**. Curitiba, 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2001.

PÁDUA AI; MARTINEZ JAB. Modos de assistência ventilatória. **Simpósio de Medicina Intensiva**, Ribeirão Preto, v. 34, p. 133 – 142, 2001.

PATMANN, S; SANDERSONI D; BLACKMORE M. Physiotherapy following cardiac surgery: Is it necessary during the intubation period?. **Australian Journal of Physiotherapy**. v. 47, p. 7 -16, 2001.

PATRONITI N; PESENTI A. Measurement of end-expiratory lung volume by oxygen washin–washout in controlled and assisted mechanically ventilated patients. **Intensive Care Medicine**. v.34, p. 2235 – 2240, 2008.

PEARL J. Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of plausible inference. **Morgan Kaufmann Publishers**. San Mateo, CA: 1988

PERKINS GD; MCAULEY DF; GILES S; ROUTLEDGE H; GAO F. Do changes in pulse oximeter oxygen saturation predict equivalent changes in arterial oxygen saturation? **Critical Care**, v. 7, p. 67 – 71, 2003

PINHEIRO B; HOLANDA MA; LARGES CM; SHIGUEOMI O. Ventilação mecânica volume-controlada *versus* pressão controlada em modelo canino de lesão pulmonar aguda: efeitos cardiorrespiratórios e sobre o custo de oxigênio da respiração. **J. Pneumologia** v. 28, 2002

PRADO, F. **Pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca: guia para intensivistas, anesthesiologistas e enfermagem especializada**. São Paulo: Atheneu, 1996

PRYOR, J. A.; WEBBER, B. A. **Fisioterapia para problemas respiratórios e cardíacos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

RABUSKE RA. **Inteligência Artificial**. Florianópolis: Ed. da UFSC. 1995

RENAULT, JA; COSTA-VAL, R; ROSSETTI, MB. Fisioterapia respiratória na disfunção pulmonar pós-cirurgia cardíaca. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**. Ribeirão Preto, v. 23, n.4, p. 562-569, 2008.

RUSSELL, S., NORVING, P. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

SAHEKI, A. H. et al. Construção de uma Rede Bayesiana aplicada ao diagnóstico de doenças cardíacas. ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 2003.

SCANLAN, C. L.; WILKINS, STOLLER, J.K, **Fundamentos de terapia respiratória de Egan**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2000.

SHORTLIFFE, E. H.; PERREAULT, L.E. **Medical informatics: computer applications in health care and biomedicine**. 2nd ed. New York: Springer, 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIRURGIA CARDIOVASCULAR, acessado em <http://www.sbccv.org.br/medica/default.asp>, Acesso em: ago, 2007.

TAKEUCHI M; SEDEEK KA; SCHETTINO GPP; SUCHODOLSKI K; KACMAREK RM. Peak pressure during volume history and pressure–volume curve measurement affects analysis. **Am J Respir Crit Care Med**, Massachusetts, v. 164(7), p. 1225 - 1230, 2001

TESSARI G. Raciocínio Probabilístico em Sistemas Especialistas. **Departamento de informática e de Estatística da UFSC**. Florianópolis-SC: p.1-24. 1998

TIBIRIÇÁ,A.G.; NASSAR,S.M. **Desenvolvimento de uma abordagem híbrida difuso-probabilística para a modelagem da incerteza**, 2003.

TRALESKI R. **Otimização de um algoritmo de estimativa de distribuição na tarefa de distribuição de características**. 2005, 77 f. Dissertação (Mestrado em Informática). Universidade Federal do Paraná, 2005.

UMEDA IIK. **Manual de fisioterapia na cirurgia cardíaca**. São Paulo: Manole, 2004

VIEIRA JE; SILVA BAR; GARCIA D. Padrões de Ventilação em Anestesia. Estudo Retrospectivo. **Rev Bras Anesthesiol**. v. 52, p. 756 – 763, 2002

WACHTER, S. B.; JOHNSON, K.;ALBERT, R.; SYROID, N.; DREWS, F.; WESTENSKOW, D. The evaluation of a pulmonary display to detect adverse respiratory events using high resolution human simulator. **Journal of the American Medical Informatics Association**. v. 13, p. 635 – 642, 2006

ZWEIG, M. H., CAMPBELL, G.. Receiver Operating Characteristic (ROC) Plots: A Fundamental Evaluation Tool in Clinical Medicine. **Clinical chemistry**, v. 39, p. 561-77, 1993.

ANEXO B - TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS

A/C Diretoria do Hospital Santa Casa de Misericórdia

TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS

Eu Carolina Napoli Madureira Schenekenberg, abaixo assinado, me comprometo a manter a confidencialidade sobre os dados coletados na base de dados do hospital, bem como a privacidade de seus conteúdos, como preconizam os Documentos Internacionais e a Res. 196/96 do Ministério da Saúde.

Ponta Grossa, 11 de agosto de 2007

ASS

ASS

ANEXO C – Termo de autorização de pesquisa

A/C Diretoria do Hospital Santa Casa de Misericórdia

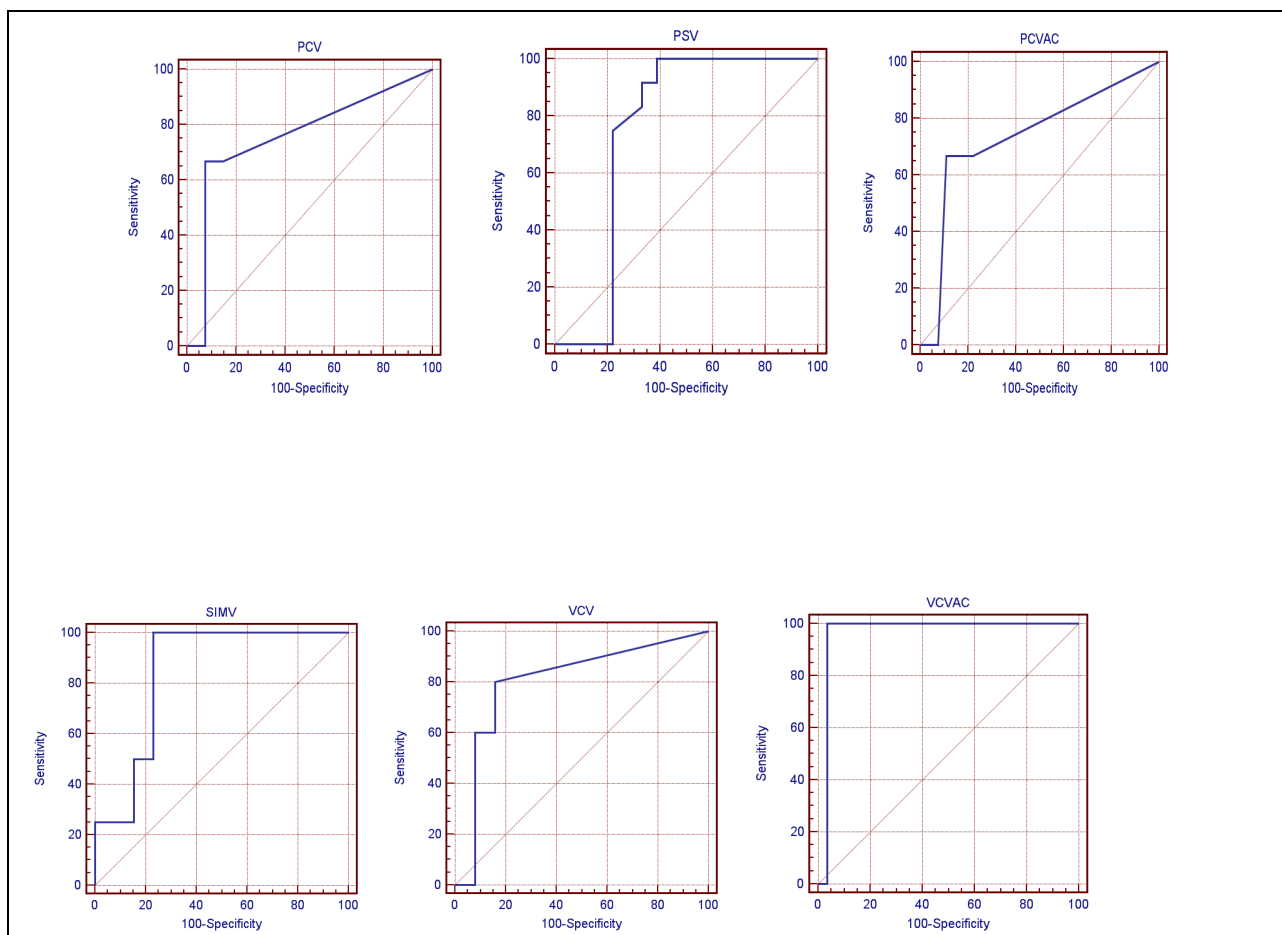
Termo de Autorização de Pesquisa

Eu, Carolina Napoli Madureira Schenekenberg, venho por meio desta, solicitar a autorização da vossa senhoria para o acesso a base de dados do hospital para coleta de dados para a pesquisa de dissertação de mestrado, que tem como título “O uso da rede bayesiana para eleição da melhor técnica e parâmetro ventilatório para o pós-operatório de cirurgia cardíaca. A pesquisa se dará no período de agosto de 2007 a agosto de 2008.

Ponta Grossa, 11 de agosto de 2007

ASS

APÊNDICE B – CURVAS ROC, TABELAS 2X2 E TESTES DIAGNÓSTICOS DOS NÓS DE SAÍDA



PO			
REDE	VCV	Outros	Total
VCV	4	4	8
Outros	1	21	22
Total	5	25	

PO			
REDE	PCV	Outros	Total
PCV	2	2	4
Outros	1	25	26
Total	3	27	

PO			
REDE	VCVAC	Outros	Total
VCVAC	3	1	4

PO			
REDE	PSV	Outros	Total
PSV	9	4	13
Outros	3	14	17
Total	12	18	

PO			
REDE	PCVAC	Outros	Total
PCVAC	2	3	4
Outros	1	24	25
Total	3	27	

PO			
REDE	SIMV	Outros	Total
SIMV	4	6	10

Outros	0	26	26	Outros	0	20	20
Total	3	27		Total	4	26	

PO				PO			
REDE	VC1_A	Outros	Total	REDE	FR1_A	Outros	Total
VC1_A	20	5	25	FR1_A	19	6	29
Outros	0	5	5	Outros	0	5	1
Total	20	10		Total	19	11	

PO				PO			
REDE	Peep1_A	Outros	Total	REDE	FiO2_B	Outros	Total
Peep1_A	19	3	29	FiO2_B	7	20	27
Outros	0	8	1	Outros	1	2	3
Total	19	11		Total	8	22	

PO			
REDE	FluxoInsp1_A	Outros	Total
FluxoInsp1_A	14	3	17
Outros	0	13	13
Total	14	16	

	VCV	VCVAC	PSV	PCV	PCVAC	SIMV
Sensibilidade	0,8	1	0,8	0,7	0,7	1
Especificidade	1	0	0,8	1	1	0,8
PFN	0,2	0	0,3	0,3	0,3	0
PFP	0,2	0,8	0,2	0,1	0	0
VPP	0,5	0,2	0,7	0,5	0,4	0,4
VPN	0,8	1	0,8	1	1	1

	VC1_A	FR1_A	FluxoInsp1_A	FiO2_B	Peep1_A
Sensibilidade	1	1	1	0,87	1
Especificidade	1	0,45	0,81	0,34	0,72
PFN	0	0	0	0,12	0
PFP	0,5	0,66	0,18	0,65	0,27
VPP	0,8	0,76	0,82	0,31	0,86
VPN	1	1	1	0,88	1

APENDICE C – TABELAS DE SENSIBILIDADE

Sensitivity of 'FR1'	
Variaveis	GI
FR1	0,658
PaCO2	0,020
PaO2FiO2	0,011
Creatinina	0,008
Glicemia	0,007
Hemoglobina	0,005
Plaquetas	0,001
TAP	0,000

Sensitivity of 'VC1'	
Variáveis	GI
VC1	0,3
PaCO2	0,006
PaO2FiO2	0,004
Creatinina	0,002
Glicemia	0,002
Hemoglobina	0,001
Plaquetas	0,000
TAP	0

Sensitivity of 'Fluxoinsp1'	
Variáveis	GI
Fluxoinsp1	1,214
Hemoglobina	0,074
PImax	0,055
PaCO2	0,047
Glicemia	0,044
PaO2FiO2	0,044
Creatinina	0,042
TAP	0,029

Sensitivity of 'FiO2'	
Variáveis	GI
FiO2	1,273
Hemoglobina	0,117
PaO2FiO2	0,107
Glicemia	0,106
TAP	0,096
ECG	0,096
Creatinina	0,073
Plaquetas	0,060

Sensitivity of 'Peep1'	
Variáveis	GI
Peep1	0,725
PaCO2	0,050
PaO2FiO2	0,012
ECG	0,006
TAP	0,006
Glicemia	0,004
Creatinina	0,004
Plaquetas	0,002

APÊNDICE D – TABELAS RANK

FR1			
CLASSE	N° VAR	% VAR	RANK
EB	8	26,67	17,15
MR	5	16,67	22,62
SC	11	36,66	49,12
VM	6	20	11,11
	30	100	100

FiO2			
CLASSE	N° VAR	% VAR	RANK
EB	8	26,67	35,6
MR	5	16,67	18,45
SC	11	36,66	43,21
VM	6	20	2,74
	30	100	100

VC1			
CLASSE	N° VAR	% VAR	RANK
EB	8	26,67	23,45
MR	5	16,67	27,43
SC	11	36,66	35,44
VM	6	20	13,68
	30	100	100

Peep1			
CLASSE	N° VAR	% VAR	RANK
EB	8	26,67	16,92
MR	5	16,67	16,94
SC	11	36,66	49,39
VM	6	20	16,75
	30	100	100