

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

MARINA PEREIRA PICOLI NATÁRIO

**DISPOSITIVO PARA PREVENIR APNÉIA
NEONATAL**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes, como pré-requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

**Mogi das Cruzes, SP
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

MARINA PEREIRA PICOLI NATÁRIO

**DISPOSITIVO PARA PREVENIR APNÉIA
NEONATAL**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes, como pré-requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

Prof^ª. Orientadora: Annie France Frère Slaets

Mogi das Cruzes, SP
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Natário, Marina Pereira Picoli

Dispositivo para prevenir apnéia neonatal / Marina Pereira Picoli Natário. -- 2008.

53 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) -
Universidade de Mogi das Cruzes, 2008

Área de concentração: Instrumentação biomédica
Orientadora: Profa. Dra. Annie France Frère Slaets

1. Apnéia neonatal 2. Prematuros 3. Estímulos
eletromecânicos I. Título II. Slaets, Annie France Frère

CDD 619.93

**DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO
EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

No dia 03/07/08 a candidata *Marina Pereira Picoli Natário*, após realizar os créditos exigidos, ser aprovada no exame de Proficiência em Inglês, e no exame de Qualificação, apresentou o trabalho "*Dispositivo para prevenir apnéia neonatal*" para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Biomédica.

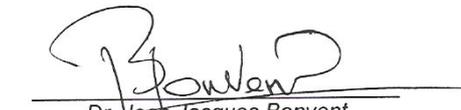
Os membros da banca consideram a candidata:

Conceito

Dr. Sérgio Santos Mühlen
Dr. Jean Jacques Bonvent
Dr^a Annie France Frère Slaets

Aprovada
Aprovada
Aprovada


Dr. Sérgio Santos Mühlen
Universidade Estadual de Campinas


Dr. Jean Jacques Bonvent
Universidade de Mogi das Cruzes


Dr^a Annie France Frère Slaets
Universidade de Mogi das Cruzes

DEDICATÓRIA

Meninas este trabalho vai para vocês, minhas jóias, alegria, esperança e muito carinho e amor.

Mãe! Sei que você não entende muito bem o que é isso para mim, mas fiz mais um trabalho de escola e deu certo.

Pai! Obrigada pela força e poder me espelhar na tua força.

Nelson você é parte desta vitória. Obrigada !

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por ter permitido que eu realizasse esta obra, à minha orientadora, aos professores e amigos que participaram nesta jornada e a todos que indiretamente colaboraram.

OBRIGADA!

EPÍGRAFE

*“A respiração é a chave
para o mistério da vida,
para o mistério do corpo
e do espírito “.*

Autor desconhecido

RESUMO

O recém-nascido prematuro pode apresentar apnéia devido a sua imaturidade generalizada. A reversão deste quadro é feita nas unidades de terapia intensiva neonatal em geral por ventilação mecânica, estímulo manual ou administração de drogas. A literatura apresenta dispositivos para reversão da apnéia com estímulos vibratórios. Entretanto os parâmetros de frequência, duração e espaçamentos dos estímulos são determinados a partir de dados teóricos. Neste trabalho foi desenvolvido um dispositivo eletromecânico que simula a manobra vibratória aplicada manualmente pelos profissionais que atuam nas unidades de terapia intensiva neonatal para estimular os recém-nascidos nos episódios de apnéia. Para determinar as características do dispositivo foram mensuradas a frequência e a pressão do estímulo vibratório manual realizado por 3 fisioterapeutas em um simulador de pele. O dispositivo eletromecânico desenvolvido gera um conjunto de pulsos com duração de 3 segundos com repetição de 10 segundos em 10 segundos com pressão de 20 mmHg e frequência de 7,6 Hz. Para distribuir o estímulo eletromecânico em várias áreas do corpo foram utilizados 03 motores acoplados ao recém-nascido por fitas adesivas de uso próprio. Foram aplicados tanto os estímulos manuais quanto os eletromecânicos proporcionados pelo dispositivo, em ratos com idade de 07 a 09 dias, onde se observou a similaridade das respostas. Para verificar a repetibilidade dos estímulos, um *software* específico captou as vibrações do dispositivo durante 24 horas. Esses resultados mostram que o dispositivo poderá ser utilizado para estimular os mecanorreceptores da pele dos recém-nascidos e servir para testes de reversão da apnéia nas unidades de terapia intensiva neonatal.

Palavras-chave: Instrumentação biomédica, reversão apnéia, estímulos eletromecânicos.

ABSTRACT

The premature newborn may present apnea because of their immaturity. The reversal of this framework is made in the neonatal intensive care units in general by mechanical ventilation, manual stimulation or administration of drugs. The literature shows devices for reversal of apnea with mechanical stimuli but the parameters of frequency and spacings are determined from theoretical data. The aim of this work is the development of a device that simulates the vibration manually applied by the professionals that works in Intensive Care Unit (ICU) to stimulate the babies in apnea episodes. For determine the devices characteristics were measured the pressure and frequency of the manual vibration stimulus of 3 physiotherapists in a simulated skin. The electromechanical device developed generates a stream of pulses with duration of 3 seconds with repetition of 10 seconds with pressure of 20 mmHg and frequency of 7.6 Hz. For to distribute the electromechanical stimulus in several areas of the newborn body 03 motors were used coupled to the newborn by special tapes. Stimuli mechanical manual provided by the device were applied in rats with age of 07 to 09 days, was possible to observe the similarity of the responses to the stimuli. To check the repeatability of stimuli, specific software acquired the vibrations of the device for 24 hours. These results show that the device can be used to stimulate skin mechanoreceptors of newborns and can be used to test and reverse apnea in Neonatal Intensive Care Unit (ICU).

Keywords: Biomedical instrumentation, review apnea, electromechanical stimulus.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Transição da respiração fetal para a neonatal.	28
Tabela 2.	Fatores moduladores da respiração fetal.	29
Tabela 3.	A Pressão, Período e Frequência do estímulo.	43
Tabela 4.	Média da Frequência Cardíaca dos animais: basal (repouso),	45
Tabela 5.	Ratos 2 e 3 com frequências cardíacas basais e de.	45
Tabela 6.	Variação e relação entre as médias das colunas 1, 2 e 3.	46

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura1. Diagrama de bloco do sistema.	22
Figura 2. Sistema Anjo: 1- RN com o sensor do oxímetro fixado ao pé; 2- Oxímetro; 3- Computador portátil; 4- Isolação óptica da rede elétrica; 5- Vibrador fixado no tórax do RN.....	23
Figura 3 . Modelo de silicone revestido com a pele simulada (SANTOS, 2008).	35
Figura 4. Diagrama de bloco do dispositivo para gerar estímulos.....	37
Figura 5. Circuito Eletrônico.	38
Figura 6. Utilização da interface para teste do dispositivo.....	39
Figura 7. Sistema digital de aquisição e captação da atividade elétrica cardíaca; o osciloscópio; o amplificador de sinais e o estimulador.	40
Figura 8. Protocolo de testes utilizado para a coleta dos dados.	42
Figura 9. Sinais de repetição dos pulsos durante 24 horas.....	44
Figura 10. Gráfico de relação entre as médias das freqüências cardíacas basal, após estímulo eletromecânico e após estímulo manual.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RN – Recém-Nascido

REM – Movimentos Rápido dos Olhos (*Rapid Eye Moviments*).

CRF - Capacidade Residual Funcional.

CPAP - Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas (*Continuous Positive Airways Pressure*).

ECG – Eletrocardiograma.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

NIPPV - Ventilação Mecânica com Pressão Positiva Nasal (*Nasal Intermittent Positive Airways Pressure*).

NCPAP - Pressão Contínua em Vias Aéreas Nasais. (*Nasal Continuous Positive Pressure*).

EEG – Eletroencefalograma.

EMG – Eletromiografia.

EOG – Eletrooculograma.

PA - Pressão Arterial.

OSAS - Síndrome Obstrutiva da Apnéia do Sono (*Obstrutive Sleep Apnea Syndrome*).

NREM – Movimento Não Rápido dos Olhos (*Non-Rapid Eye Moviments*).

SpO₂ – Saturação Parcial de Oxigênio.

FP - Frequência de Pulso.

VTG - Volume Torácico Gasoso.

CVC - Capacidade Vital do Choro.

O₂ – Oxigênio.

CO₂ - Gás Carbônico.

SNC - Sistema Nervoso Central.

PaCO₂ - Pressão Parcial de Gás Carbônico no Sangue.

LEC - Laboratório de Eletrofisiologia Cardíaca.

NPT - Núcleo de Pesquisas Tecnológicas.

CEMEA - Comissão de Ética e Manipulação em Experimentação Animal.

UMC - Universidade de Mogi das Cruzes.

Hz - Hertz.

SUS - Sistema Único de Saúde.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Apnéia neonatal – Conceitos iniciais	14
1.2 Motivação	16
1.3 Objetivo	18
1.4 Apresentação da monografia.....	18
2 CONTEXTUALIZAÇÃO	19
3 CONCEITOS TEÓRICOS ASSOCIADOS AO PROJETO	25
3.1 Desenvolvimento e crescimento pulmonar perinatal.....	25
3.2 Papel dos fatores no desenvolvimento pulmonar.....	26
3.3 Volumes e Capacidades Pulmonares	27
3.4 Controle da Respiração no RN	28
3.5 Reflexos Pulmonares	29
3.6 Controle da respiração e as vias aéreas superiores	30
3.7 Receptores SENSORIAIS	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1 Etapas para realização da pesquisa	34
4.2 Determinação das características do estímulo manual.....	35
4.3 Determinação das características do dispositivo para estímulo eletromecânico 36	
4.4 Desenvolvimento do dispositivo	37
4.5 Teste do dispositivo	38
4.6 Materiais para procedimentos com os ratos.....	39
4.6.1 Captação da frequência cardíaca	39
4.6.2 Animais	41
4.6.3 Procedimento.....	41

5 RESULTADOS.....	43
6 DISCUSSÃO CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	48
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 APNÉIA NEONATAL – CONCEITOS INICIAIS

A apnéia no recém-nascido (RN) é uma desordem, definida como uma pausa respiratória com duração superior a 20 segundos, ou de menor duração quando acompanhada de bradicardia e ou cianose. O aumento do dióxido de carbono pode levar o recém-nascido a uma parada respiratória. Esta complicação é a mais grave devido a hipóxia e a anóxia que levam a danos no sistema nervoso central. Segundo Lopes (2001), o episódio de cessação de movimentos respiratórios, seguido de bradicardia e cianose, independentemente da duração, é considerado patológico. Entretanto no estágio do sono REM, apnéias de 5 a 10 segundos podem não apresentar repercussões fisiológicas.

As causas da apnéia do recém-nascido se enquadram nas características do desenvolvimento do sistema nervoso central. Uma dessas propriedades é a imaturidade do cérebro, já que nesta fase o sistema nervoso do neonato é primitivo. Portanto, quanto menor for a idade gestacional, menores as chances de uma respiração independente. Os bebês acima de 34 semanas de idade gestacional atingem uma condição fisiológica sistêmica mínima para a sua sobrevivência, mas também poderão apresentar apnéia respiratória. Nestes casos, na tentativa de não adotar uma conduta invasiva, tenta-se por meio de estímulo manual mantê-los respirando independente. Assim, a ocorrência da apnéia da prematuridade esta relacionada com a idade gestacional, quanto menor a idade gestacional maior será a sua ocorrência.

Segundo Lopes (2001), um dos fatores que predispõe à ocorrência da apnéia, é o controle da respiração, pois enquanto no adulto a hipoxemia estimula o centro respiratório, no recém nascido a hipoxemia responde com uma hiperventilação inicial seguida de uma depressão respiratória. Isto pode ocorrer em função do neuromodulador adenosina liberada no sistema nervoso central frente à depressão pós hipóxica, podendo aumentar a frequência da apnéia caso o recém-nascido entre num ciclo vicioso ou levar a uma maior depressão respiratória. A respiração do recém-nascido pode ser considerada uma experiência sensorio-motora dependente da quantidade e qualidade dos estímulos sensoriais aferentes, como por exemplo, a

temperatura do ambiente que pode levar um prematuro a hipotermia produzindo uma apnéia ou a um estímulo manual capaz de revertê-la.

Outro fator é o sono que no recém-nascido provoca alterações importantes na respiração: com menos de 32 semanas de idade gestacional, ele apresenta 80% de sono REM, o que é inverso no adulto. No sono REM observa-se uma respiração irregular, com pausas e apnéias respiratórias, pois há uma inibição central em relação ao tônus dos músculos esqueléticos que fica diminuído. Os músculos intercostais inspiratórios com tônus diminuído podem levar a uma distorção do gradil costal, e conseqüente aumento do trabalho diafragmático. Também a CRF (capacidade residual funcional) é diminuída em 30% levando à queda da saturação de oxigênio transcutâneo em 10%, sendo que uma leve hipóxia pode causar apnéia.

A apnéia pode ser classificada como de origem central quando ocorre a cessação de movimentos respiratórios e de fluxo de ar nas vias aéreas; como obstrutiva quando há cessação do fluxo de ar nas vias aérea superiores mesmo na vigência de movimentos respiratórios ativos, e como apnéia mista quando ocorrem os dois episódios.

O diagnóstico da apnéia é feito de acordo com a classificação por meio de um estudo poligráfico da respiração que inclui o registro tanto dos movimentos torácicos e abdominais quanto do fluxo de ar das vias aéreas superiores. A observação clínica direta também pode levar a um diagnóstico, de acordo com Lopes (2001), após registrar duração, tipo, freqüência e repercussões fisiológicas, de pelo menos 3 episódios em 24 horas. Nos casos mais severos, poderá ser necessário o uso tanto da ventilação mecânica (invasiva e não invasiva), quanto o tratamento farmacológico. Nos casos leves a terapêutica segue também com estimulação proprioceptiva contínua ou estímulo tátil intermitente. A ventilação mecânica no modo CPAP (pressão positiva contínua nas vias aéreas) é utilizada para bebês com peso inferior a 1.500 gramas, aumentando a capacidade residual funcional do pulmão, mantendo a via de acesso livre pela pressão positiva exercida na distensão da hipofaringe e das vias aéreas (traquéia e brônquios). Esse tipo de ventilação também estimula os receptores periféricos que alimentam a atividade dos centros respiratórios, regularizando a respiração. Já a ventilação mecânica invasiva é utilizada para o grupo que não responde aos outros tratamentos. Neste grupo estão os recém-nascidos de qualquer peso e idade gestacional com infecção grave, pois

neste caso a demanda metabólica é alta e o coma não é raro, estão também os recém-nascidos com peso inferior a 1000 gramas que apresentam apnéias e não conseguem manter a capacidade residual funcional.

1.2 MOTIVAÇÃO

Vários estudiosos pesquisaram a apnéia, não só a forma de detecção como também a reversão deste evento na tentativa de evitar danos que poderão ser irreparáveis. Porém especificamente a apnéia da prematuridade é um assunto pouco discutido sendo apresentados poucos dispositivos para revertê-la e não há informações quantificando a sua eficiência.

Camargo *et al.* (2006) e Pichardo *et al.* (2003) apresentaram alguns dispositivos para auxiliar o diagnóstico da apnéia, utilizando o monitoramento dos principais sinais fisiológicos. Sendo que, Camargo *et al.* (2006) descrevem que utilizaram a frequência de pulso e a saturação arterial de oxigênio como parâmetros para a detecção da apnéia, já Pichardo *et al.* (2003) utilizaram 6 parâmetros fisiológicos que são: ECG, frequência cardíaca, de pulso, respiratória, fluxo de ar nasal e curva pletismográfica.

Entretanto, Kopelman *et al.* (2004) afirmam que a oximetria de pulso, apesar de ser um método não invasivo utilizado em larga escala devido à facilidade do manuseio, boa acurácia e baixo risco para o paciente, apresenta limitações na sua utilização como dependência do pulso arterial. No caso de má perfusão ou edema, os valores apresentados pelo oxímetro podem ser alterados. Também os movimentos da criança podem dar flutuação do pulso arterial e interferir na leitura do oxímetro; a luz externa pode ser captada pelo sensor do oxímetro, alterando a leitura da saturação de oxigênio. Portanto a detecção da apnéia da prematuridade não deve ficar só vinculada ao monitoramento dos parâmetros fisiológicos, também é necessária a avaliação clínica relacionando a fisiopatologia da doença com a imaturidade do sistema nervoso (centro respiratório, patência das vias aéreas, características da caixa torácica do prematuro) que torna a mecânica ventilatória pouco eficiente (KOPELMAN *et al.* 2004).

Na tentativa de reverter a apnéia, alguns métodos foram estudados, e dentre eles, as observações do comportamento sensorial frente ao odor de baunilha. Por

mais de 25 anos as metilxantinas (teofilinas e a cafeína) têm sido utilizadas comumente no tratamento da apnéia neonatal em pacientes de terapia intensiva. Essas drogas podem trazer riscos para o bebê, tanto na irritabilidade nervosa como numa super dose. Também a utilização da ventilação mecânica invasiva e não invasiva (CPAP), pode ser recurso para a reversão da apnéia.

O dispositivo para reversão da apnéia por estímulo eletromecânico mostrou-se promissor no estudo de Camargo *et al.* (2006) já que desencadeou os movimentos respiratórios em 9 dos 10 episódios de apnéia nos 4 prematuros observados. Os autores afirmam que o material utilizado para o procedimento não ofereceu risco para o RN. Porém chama atenção à fixação do vibrador ao tórax do recém-nascido com a utilização de uma malha tubular, o que dificulta a observação da movimentação da caixa torácica durante a respiração.

Camargo *et al.* (2006) também citam que o dispositivo apresenta vantagens econômicas, pois utiliza o oxímetro de pulso, que é um equipamento rotineiramente incorporado no manejo da apnéia nas UTIN, agregando um novo valor tecnológico quando acoplado ao sistema de reversão da apnéia da prematuridade. No entanto é preciso observar que o sistema proposto pelos autores fica ainda de custo muito alto para realidade brasileira e também ocupa muito espaço. A unidade de terapia intensiva tem um espaço mínimo de 06 (seis) metros quadrados por berço, com distância de 01 (um) metro entre paredes e berços e entre berços, exceto cabeceira como recomendado pela ANVISA (2006).

No estudo de Pichardo *et al.* (2003), é apresentado um breve histórico do desenvolvimento de dispositivos na tentativa de reverter a apnéia. Rosegger (1973) usou a corrente elétrica como estímulo para interromper a apnéia. Em 1978 Kroner e Jones (1981) usaram o colchão d'água oscilatório, Frank (1973) utilizou um balão que insuflava e desinsuflava (luva mágica) rapidamente colocado abaixo do tronco, demonstrando uma resposta positiva em 94% de uma série de testes em recém-nascidos. A luva mágica desvia recursos como fonte de oxigênio ou ar comprimido, da válvula pressórica Takaoka[®] das suas funções originais, que poderiam ser utilizados por outro paciente.

Outro recurso muito utilizado nas Unidades de Terapia Intensiva Neonatal é o chacoalhar de bebê para aumentar a frequência cardíaca e a pressão sangüínea. Entretanto esta manobra é realizada sem quantificação de seus parâmetros.

1.3 OBJETIVO

Desenvolver um dispositivo que estimule a pele do recém-nascido, com pressão e frequência similares a manobra manual exercida pelos profissionais da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal para reverter a apnéia.

1.4 APRESENTAÇÃO DA MONOGRAFIA

O capítulo 1 consiste de definições, motivação e objetivo referente ao projeto desenvolvido.

No capítulo 2, a contextualização descreve os estudos relacionados ao assunto desta pesquisa, assim como os recursos utilizados para detecção e tratamento da apnéia neonatal e relaciona os dispositivos utilizados para este fim.

No capítulo 3 são apresentados conceitos teóricos associados à pesquisa.

No capítulo 4 são apresentadas a metodologia utilizada para pesquisa e, os materiais e métodos utilizados.

No capítulo 5 são apresentados os resultados relacionados à pesquisa.

No capítulo 6 são apresentadas a discussão, conclusão e a proposta de trabalho futuro.

As referências são listadas no fim do trabalho.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo Faria *et al.* (1998) no tratamento da apnéia da prematuridade é utilizado como recurso terapêutico a estimulação manual. A luva oscilatória (luva mágica), pode proporcionar a transmissão do estímulo sensorial por via nervosa aferente até centro respiratório e assim favorecer a maturação do sistema nervoso diminuindo a ocorrência da apnéia da prematuridade. Também Pachi *et al.* (2004) descrevem medidas específicas no tratamento da apnéia, a estimulação manual e estímulos proprioceptivos (balão inflável intermitente). Estes autores citam, como rotina nos seus serviços, o monitoramento dos recém-nascidos por meio do oxímetro de pulso para observada a frequência cardíaca, seguida de cianose e ou palidez, e adotam como recurso para o tratamento também a ventilação mecânica não invasiva CPAP (pressão positiva contínua em vias aéreas) e a ventilação mecânica convencional.

Marlier *et al.* (2005) estimularam o sistema olfatório de 14 prematuros portadores de apnéia central, com idade gestacional de 24 a 28 semanas e peso variando entre 815 g a 1.680 g, com variação da severidade da apnéia. Os bebês foram estimulados com o odor de baunilha, que é considerado agradável para o ser humano e seguiram o seguinte protocolo: após realizar o diagnóstico de apnéia colocaram 15 gotas de essência de baunilha no travesseiro do recém-nascido, o procedimento era renovado a cada 12 horas. Os resultados demonstraram a redução da apnéia contando com duas hipóteses: a primeira de que o odor da essência de baunilha atua sobre o centro respiratório pela absorção de seus componentes químicos pela mucosa nasal chegando às estruturas cerebrais (neurorreceptores e axônios dos bulbos olfatórios); a segunda é pela exposição a um odor agradável que pode regular a fisiologia e os estados fisiológicos do recém-nascido.

Lemyre *et al.* (2007), observaram a melhora da ocorrência da apnéia em prematuros com a utilização da Ventilação Mecânica com Pressão Positiva Nasal (NIPPV), os autores avaliaram a necessidade da intubação nasotraqueal e suas possíveis complicações como as gastrointestinais, por exemplo, como distensão e perfuração intestinal em função da Pressão Contínua em Vias Aéreas Nasal (NCPAP). Foram selecionados 54 bebês com apnéia neonatal. Os bebês tiveram em

média de 4 a 6 horas de intervenção só um paciente necessitou da ventilação mecânica intubado. No estudo 20 bebês não demonstraram significativa diferença entre as duas intervenções; porém 34 bebês apresentaram grande redução na ocorrência da apnéia com NIPPV comparado com o NCPAP. A análise da pressão parcial do dióxido de carbono em milímetros de mercúrio no sangue não mostrou diferença entre os dois procedimentos e não foram observadas complicações gastrointestinais. Os autores concluíram que o NIPPV pode ser utilizado para a apnéia neonatal com efeitos benéficos, parecendo ser mais eficiente do que o NCPAP.

Nazeran *et al.* (2003) observaram por meio da análise computacional, a variação do sinal de frequência cardíaca em crianças com desordem respiratória. Neste estudo, os autores relacionaram a atividade nervosa do sistema simpático e parassimpático, considerando as variações em relação ao tamanho do tórax, a respiração ser bucal, a complacência da caixa torácica e a respiração paradoxal. Utilizaram a Polissonografia Noturna, que capta os sinais de EEG (eletroencefalograma), ECG (eletrocardiograma), EMG (eletromiografia) e fluxo aéreo. Os autores observaram que é possível detectar a desordem respiratória noturna por meio de vários sinais, como também a saturação de oxigênio por meio da oximetria de pulso, os intervalos de atividade cerebral e a própria respiração.

Um método para detecção da apnéia do sono foi demonstrado por Penzel *et al.* (2003), que registraram alguns sinais fisiológicos como: EEG (eletroencefalograma), EOG (eletrooculograma), EMG (eletromiografia), classificação da respiração, ECG (eletrocardiograma), PA (pressão arterial).

Jo *et al.* (2003) realizaram um estudo não linear da função do CPAP em longo prazo, em pacientes com OSAS (Síndrome Obstrutiva da Apnéia do Sono), com 16 pacientes normotensos que utilizaram o CPAP. Os parâmetros lineares como pressão arterial e frequência cardíaca, foram utilizados pelos autores para avaliação. Os sinais de ECG (eletrocardiograma), pressão arterial, fluxo aéreo, permitiram concluir que o CPAP pode levar a melhora da função autônoma cardiovascular.

No estudo de Blasi *et al.* (2003), se faz a análise do controle autônomo frente a um estímulo durante o sono de portadores da Síndrome Obstrutiva da Apnéia do Sono – OSAS – sabendo que essa doença afeta o sistema nervoso autônomo e pode causar hipertensão arterial, episódios de hipóxia e prejuízos na vasodilatação.

Os autores utilizaram parâmetros fisiológicos como os sinais de EEG (eletroencefalograma), ECG (eletrocardiograma), PA (pressão arterial) contínua por meio de tonometria e o volume respiratório em 16 voluntários, sendo 8 indivíduos com OSAS e 8 indivíduos saudáveis. O estímulo de pressão nas vias aéreas foi feito alterando os níveis de pressões nos intervalos do sono REM e NREM. Os resultados mostraram que durante o sono REM e NREM não houve respostas parassimpáticas. Porém, pode-se observar como resposta simpática o aumento da frequência cardíaca e da pressão arterial quando houve estímulo acústico. Concluindo que os indivíduos com Síndrome Obstrutiva da Apnéia do Sono, respondem mais ao estímulo simpático do que ao parassimpático.

Vivaldi *et al.* (2003) estudaram ratos com atividade em bicicleta durante vários dias e promovendo a privação de sono. Foram utilizados os sinais de EEG (eletroencefalograma) e EMG (eletromiografia) para avaliar o comportamento durante os estados de sono REM e NREM. Os autores concluíram que na fase do sono REM há alteração nos sinais avaliados.

Pichardo *et al.* (2003) desenvolveram um dispositivo para a detecção e reversão da apnéia da prematuridade com estimulação eletromecânica. O estímulo eletromecânico é uma sensação provocada na pele do recém-nascido por um vibrador mecânico com frequência de 10 a 500 Hz. O estímulo eletromecânico foi dado por um transdutor colocado sobre o tórax do recém-nascido. O dispositivo (figura 1) desenvolvido pelos autores é composto por:

- 1- Um computador Pentium III, com uma placa de aquisição de dados da National Instruments, com oito canais de entrada foi usado para leitura dos sinais de ECG (eletrocardiograma), fluxo aéreo nasal, impedância torácica, movimento respiratório, saturação de oxigênio (SpO₂) e estimulação (manual ou estímulo eletromecânico). Essa placa também tem duas saídas analógicas, uma para direcionar o estímulo eletromecânico e outra para o estímulo manual.
- 2- Um monitor de leitura de parâmetros fisiológicos fabricado por CAS *Medical System*;
- 3- Um pedal com um módulo de interface que pode ser acionado pela enfermeira a qualquer momento para interromper ou iniciar o estímulo eletromecânico.

- 4- Um transdutor do estímulo eletromecânico da *Audiological Engineering*.
- 5- Um receptor de infravermelho para alarmes.

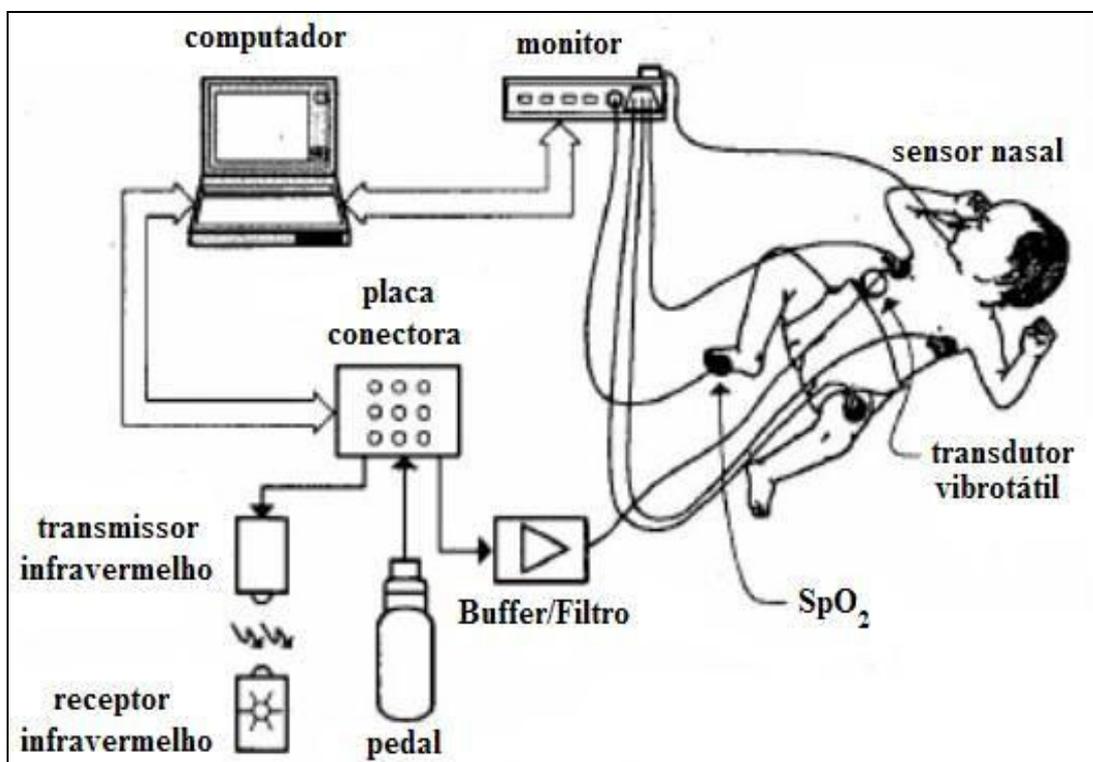


Figura1. Diagrama de bloco do sistema.

Fonte: Pichardo *et al.* (2003)

Pichardo *et al.* (2003) selecionaram 5 bebês com peso maior que 1.000 g, com gestação maior que 28 semanas e a autorização dos familiares. Os bebês foram observados por um tempo mínimo de 24 horas, sendo que quatro recém-nascidos apresentaram apnéia. Para a estimulação eletromecânica, foi colocado um transdutor no tórax do recém-nascido com um adesivo. O estímulo eletromecânico foi programado para 3 segundos. Após este tempo, um alarme indica se o estímulo foi um sucesso ou não. Se a respiração não voltar rapidamente a enfermeira deve iniciar outro procedimento apropriado. Nas próximas 12 horas o programa indica que deve ser checada a pele do recém-nascido onde foi colocado o estimulador. Os autores concluíram que a reversão do episódio de apnéia através do estímulo eletromecânico mostrou-se uma forma promissora de tratamento.

Camargo *et al.* (2006) para melhorar o sistema desenvolvido por Pichardo *et al.* (2003) para detecção e reversão do episódio apnéico, desenvolveram o Sistema Anjo e acrescentaram um oxímetro de pulso marca NELLCOR[®], para monitorar

SpO₂ e FP. Para gerar o estímulo eletromecânico, os autores utilizaram o vibrador da *Audiological Engineering* fabricado com materiais que não produzem reações adversas ao corpo e cujo funcionamento não afeta o desempenho de outros equipamentos médicos próximos.

O vibrador com frequência de 250 Hz próxima a resposta dos receptores da pele Pacini (vibração) e Meissner (toque), foi o mesmo adotado no trabalho de Pichardo *et al.* (2003). Os autores modificaram o tempo de duração do estímulo eletromecânico proposto por Pichardo *et al.* (2003), de devido ao fato do oxímetro utilizado realizar a leitura de SpO₂ a cada 2 segundos. Sendo assim o *software* só pode realizar a aquisição do sinal nos múltiplos de 2 para acionar o vibrador. Camargo *et al.* (2006) utilizaram 4 segundos de vibração. O vibrador foi acionado por um sinal gerado pelo computador quando este detecta os valores de SpO₂ e FP configurando um episódio apneico (figura 2).

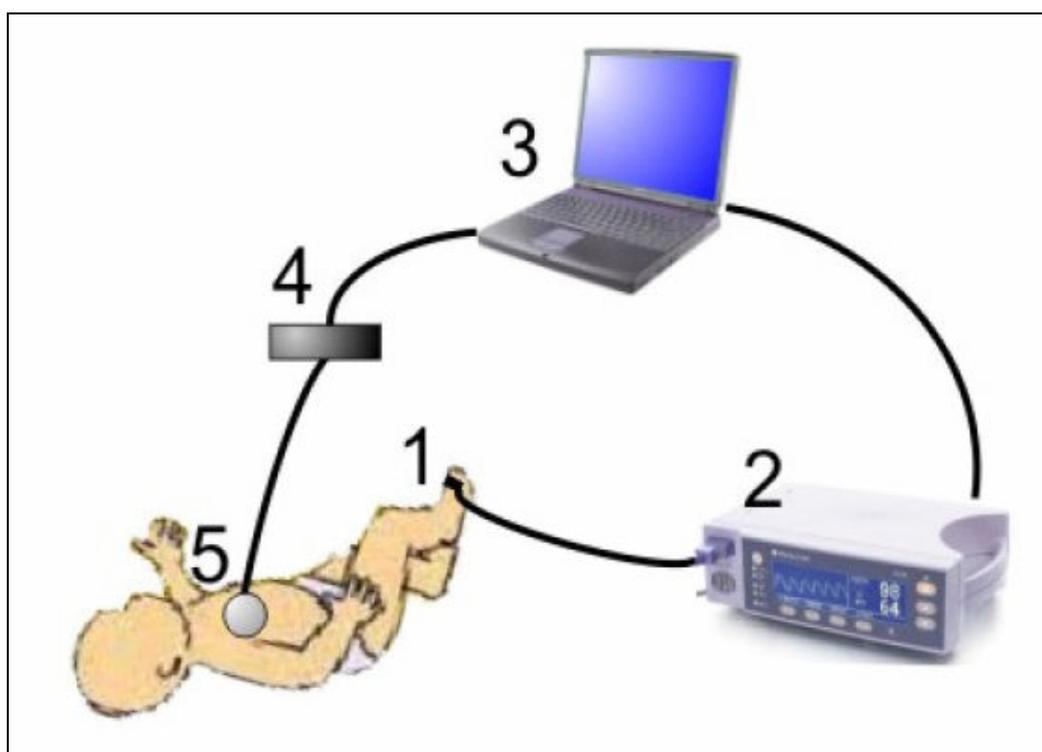


Figura 2. Sistema Anjo: 1- RN com o sensor do oxímetro fixado ao pé; 2- Oxímetro; 3- Computador portátil; 4- Isolação óptica da rede elétrica; 5- Vibrador fixado no tórax do RN.

Fonte: Camargo et al. (2006).

O método de reversão por estímulo eletromecânico mostrou-se promissor no estudo de Camargo *et al.* (2006) já que desencadeou os movimentos respiratórios em 9 dos 10 episódios de apnéia nos 4 prematuros observados.

3 CONCEITOS TEÓRICOS ASSOCIADOS AO PROJETO

3.1 DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO PULMONAR PERINATAL

O desenvolvimento do sistema respiratório é um fenômeno complexo e contínuo iniciando intra-útero até a vida adulta, segundo Miyoshi *et al.* (1998). Os recém-nascidos prematuros que desenvolvem a apnéia neonatal encontram-se nos dois últimos estágios de desenvolvimento pulmonar, que são:

- estágio sacular (da 27^a à 35^a semana) caracterizado pela grande expansão da porção de troca gasosa ou respiratória do pulmão fetal. Entre a 26^a e a 28^a semana, as vias terminais ramificam-se para formar uma estrutura cilíndrica constituída de uma parede lisa, denominado sáculo. Nas semanas subseqüentes ocorre o remodelamento dos sáculos com o aparecimento das projeções laterais (cristas) e na parede (septos primários) que se transformam em septos secundários. Ocorre uma redução na quantidade de tecido intersticial e um crescimento da rede capilar, aumentando a superfície de troca gasosa e a quantidade de corpos lamelares no interior do pneumócito II, havendo a maturação do sistema surfactante.

- estágio alveolar (de 36^a semana até a gestação a termo), nessa fase há um grande aumento da superfície e do volume pulmonar. Os alvéolos nascem com o alongamento e afinamento dos septos secundários em direção ao espaço aéreo. O ducto transitório e o sáculo do período anterior transformam-se em ducto alveolar e alvéolo. A rede de capilares transforma-se em uma única camada de vasos ficando em aposição com o epitélio respiratório. Ocorre uma redução marcante no interstício pulmonar e começam a aparecer pequenas comunicações entre os alvéolos (poros de Kohn). Observa-se o grande aumento da síntese de elastina neste período e também a troca gasosa.

Após o nascimento, o processo de desenvolvimento e crescimento com remodelamentos consideráveis da estrutura acontecem até por volta dos oito anos de idade.

3.2 PAPEL DOS FATORES NO DESENVOLVIMENTO PULMONAR

Os fatores que influenciam o desenvolvimento pulmonar são:

- Dimensão da caixa torácica: O espaço intratorácico deve ser suficiente para o desenvolvimento pulmonar. Condições que diminuem o espaço interno da capacidade torácica também comprimem o pulmão em desenvolvimento restringindo o crescimento por diminuição da pressão transpulmonar e limitando as forças de distensão.

- Volume do líquido amniótico: o volume adequado parece ser fundamental para o crescimento pulmonar normal, sabe-se hoje que qualquer condição que provoca a diminuição do volume do líquido amniótico pode resultar no retardo do crescimento pulmonar.

- Volume do líquido pulmonar fetal: durante o período fetal o pulmão encontra-se preenchido por um líquido (rico em cloreto e pobre em bicarbonato e proteínas). Este líquido preenche os espaços aéreos, segue um trajeto ascendente e deixa a traquéia, buscando manter o pulmão fetal expandido com o volume muito próximo da capacidade residual funcional. Ao nascimento ocorre a diminuição brusca do líquido, relacionado com os hormônios (epinefrina, arginina-vasopressina e os betagonistas) do trabalho de parto.

O volume pulmonar fetal é mantido graças a um estreito balanço entre a produção do líquido e a atividade reflexa das vias aéreas superiores. Esta, localizada na altura da laringe é relacionada aos movimentos respiratórios fetais, influenciando a atividade dos músculos do trato respiratório superior. Durante o período de apnéia, observa-se à constrição da glote a contração ativa do músculo adutor da laringe.

Durante o último trimestre de gestação, os fetos humanos apresentam movimentos respiratórios intermitentes (cerca de 20 a 30 movimentos por hora). Parece ocorrer durante o sono REM e podem ser inibidos por fatores como hipóxia, hipoglicemia, anestésicos, barbitúricos, etanol. Estes movimentos dependem da contração do diafragma e provocam poucas alterações de volume pulmonar, entretanto geram mudanças repetidas na pressão intratorácica (de 1mmHg a 5mmHg), com o líquido pulmonar eliminado pela traquéia. Durante os períodos de

apnéias observa-se uma redução acentuada do fluxo do líquido para a cavidade amniótica.

3.3 VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES

A capacidade residual funcional (CRF) é o volume que permanece nos pulmões após expiração normal. Age como tampão gasoso e permite que não haja hipoxemia arterial quando o RN está chorando ou alimentando-se. No adulto a capacidade residual funcional corresponde a 40% ; no recém-nascido ela é de 15% em virtude da alta complacência de sua caixa torácica, causando grande instabilidade das vias aéreas terminais e espaços aéreos, prejudicando as trocas gasosas. Talvez essa capacidade residual funcional dinâmica seja mantida em função da alta freqüência respiratória do RN, não permitindo o esvaziamento normal dos pulmões.

No recém-nascido a CRF, é mensurada pelo método da diluição com hélio, nem sempre é igual ao volume torácico gasoso (VTG), medido pela pletismografia corporal que considera todo o ar existente nos pulmões estando estes ou não em comunicação com as vias aéreas. A CRF (capacidade residual funcional) aferido pelo método de diluição gasosa, quantifica unicamente o volume de ar das regiões pulmonares. O VTG (volume torácico gasoso), relacionado com o peso da criança é de 35ml/Kg, enquanto na diluição de hélio é de 25,7 ml/Kg. O VTG (volume torácico gasoso) é bem menor no sono ativo.

Os recém-nascidos têm uma maior tendência a apnéia e bradicardia após a alimentação com sonda nasogástrica sendo maior nos pré-termos com um volume alimentar, acima de 20 ml/Kg.

O volume residual é o ar que permanece nos pulmões após expiração máxima, não há estudos específicos em relação a este parâmetro em crianças.

A capacidade vital para mensurá-la é necessária a cooperação do paciente, pois implica em inspirações máximas e expirações máximas. No recém-nascido pode estar diminuída em situações onde há depressão do centro respiratório provocado por doença neuromuscular, derrame pleural, hérnia diafragmática. Nos recém-nascidos utiliza-se a capacidade vital do choro (CVC), como o meio mais rápido e simples para acompanhá-los.

3.4 CONTROLE DA RESPIRAÇÃO NO RN

De acordo com Miyoshi *et al.* (1998), movimentos respiratórios regulares, mensurados por mudanças de pressão traqueal, foram confirmados com o monitoramento da atividade cortical e diafragmática, mostrando que o feto respira em períodos de sono REM (o estudo foi realizado com ovelhas, pela tolerância a incisão uterina sem iniciar o trabalho de parto).

Observa-se a respiração fetal a partir da 11^a semana de idade gestacional, que seria a preparação e o treinamento para as necessidades extras uterinas. Os estudos demonstraram que a respiração fetal aumenta o débito cardíaco, aumentando significativamente a circulação sanguínea no coração no cérebro e na placenta e estimula o desenvolvimento pulmonar (tabela 1).

Tabela 1. Transição da respiração fetal para a neonatal.

Fetal	Neonatal
Placenta	Pulmões
Meio hipoxêmico	Meio normoxêmico
Inibição placentária	Ausência da placenta
Respiração intermitente	Respiração contínua

Fonte: Miyoshi *et al.* (1998).

Várias substâncias têm ação no comportamento respiratório fetal. O aumento do oxigênio fetal aumenta a atividade respiratória, já a sua diminuição pode aboli-la mesmo no sono REM, (tabela 2).

O aumento da concentração do gás carbônico no sangue estimula a respiração; já a concentração de gás carbônico acima de 100 mmHg de pressão parcial arterial a inibe.

Tabela 2. Fatores moduladores da respiração fetal.

Estimulantes respiratórios	Inibidores respiratórios
Hiperóxia	Hipóxia
Hipercapnia	Hipocapnia
Morfina	Narcan
Indometacina	Prostaglandinas

Fonte: Miyoshi *et al.* (1998).

Os neurônios localizados na parte ventral da ponte e da base do cérebro são responsáveis pela geração rítmica regular da respiração. Esta é modificada por estímulos periféricos provenientes dos pulmões, das vias aéreas e dos quimiorreceptores. Normalmente há um equilíbrio entre o ritmo intrínseco e os estímulos periféricos. No recém-nascido esse equilíbrio é extremamente frágil e os estímulos externos podem ser mais fortes do que o estímulo intrínseco.

O oxigênio (O₂) e o gás carbônico (CO₂) são os principais moduladores químicos da respiração. No adulto existe um aumento significativo da ventilação com a hipóxia, no RN a resposta é paradoxal. RN expostos a uma concentração de O₂ a 15% apresentam um breve período de hiperpnéia seguido de depressão ventilatória, podendo culminar em uma apnéia. A hiperpnéia é desencadeada pelos os corpos carotídeos e a depressão posterior é produto de inibição central.

3.5 REFLEXOS PULMONARES

Os receptores vagais são moduladores do padrão respiratório e do volume pulmonar como descreve Miyoshi *et al.* (1998).

Reflexo de Hering – Breuer: acontece quando o volume pulmonar é aumentado num ciclo respiratório, retardando o próximo ciclo e foi observado que a insuflação mantida nos pulmões produzia descargas nas fibras vagais mielinizadas, concluindo que impulsos inibitórios nos pulmões e transmitidos pelo vago poderiam terminar a respiração.

Resposta dos *stretch receptors* (receptores de distensão) acontece após breve oclusão das vias aéreas ao final da inspiração observa-se um prolongamento do tempo inspiratório seguido de apnéia também poderá ocorrer na expiração quando estimulado.

Resposta dos *irritant receptors*, também o vago é responsável por estes receptores que ficam ao longo da via aérea e enviam suas informações ao SNC, através das fibras mielinizadas pequenas. Sendo assim, a deflação rápida dos pulmões, os estímulos químicos e a distensão rápida da via aérea são estímulos para a sua ação no RN; o estímulo irritante da via aérea pode ser paradoxal, estimulando apnéias e não o reflexo de tosse.

Reflexo inibitório frenicointercostal: este é mediado provavelmente pelos receptores intramusculares tipo fusiformes. Os músculos intercostais podem auto-regular o seu comprimento e a intensidade da contração, isto por meio de sensores espiralados localizados entre as suas fibras. Este reflexo pode ser observado no recém-nascido durante o sono REM, principalmente quando a distorção da caixa torácica durante a respiração estimula as estruturas espiraladas, inibindo assim a inspiração. Acredita-se que esse reflexo mede as alterações no tempo inspiratório e o *timing* da respiração durante o sono REM.

3.6 CONTROLE DA RESPIRAÇÃO E AS VIAS AÉREAS SUPERIORES

O RN é mais vulnerável aos estímulos periféricos durante o sono, tem uma resposta paradoxal a hipóxia, exhibe um padrão de sono ainda imaturo com predomínio do sono REM, e não possui boa coordenação entre os músculos respiratórios e os músculos que controlam as vias aéreas superiores, dificultando assim a sua adaptação respiratória.

Acreditava-se, segundo Miyoshi *et al.* (1998) que o sono era homogêneo e assim a respiração teria uma maior regularidade. Entretanto pesquisas mostraram que o sono apresenta irregularidade, marcado por movimentos rápidos dos olhos, irregularidade na respiração e diminuição do tônus muscular. Observou-se também um aumento da PaCO₂ ao adormecer, havendo uma queda na ventilação alveolar. Por volta de 1965 observaram alterações durante o sono dos recém-nascidos.

3.7 RECEPTORES SENSORIAIS

O sistema sensorial somático (ou somatossensorial), processa sinais sutis que mudam continuamente com o tempo, e apresenta dois subsistemas: um para a detecção de estímulos mecânicos (luz, vibração, pressão e tensão cutânea) e outro para detectar estímulos dolorosos e temperatura.

No presente estudo daremos atenção para o subsistema mecanossensorial. Para Purves *et al.* (2005) o processamento mecanossensorial inicia-se pela ativação de mecanorreceptores cutâneos e subcutâneos distribuídos pela superfície do corpo, que retransmitem a informação para o sistema nervoso central para a interpretação e por fim a ação.

Os receptores sensoriais segundo Guyton *et al.* (1998) são as portas de entrada para o sistema nervoso central, na detecção de estímulos sensoriais. Assim estímulos aplicados sobre a pele deformam ou alteram os terminais nervosos e afetam a permeabilidade iônica da membrana do receptor gerando uma corrente despolarizante no terminal nervoso que produz um potencial de receptor que dispara o potencial de ação. A energia de um estímulo é convertida em um sinal elétrico no neurônio sensorial denominado transdução sensorial, Purves *et al.* (2005). O autor descreve ainda que alguns receptores disparam rapidamente quando o estímulo é apresentado e silenciam na presença de estimulação continuada, o que quer dizer que eles se adaptam ao estímulo e não respondem mais com o passar do tempo. Assim os receptores somatossensoriais e os neurônios são classificados em tipos: de adaptação rápida (ou fásicos) que respondem com intensidade máxima, porém breve ao estímulo (suas respostas diminuem se o estímulo for mantido) e os de adaptação lenta (ou tônicos) e continuam disparando enquanto estiver o estímulo.

Quatro tipos principais de mecanorreceptores encapsulados são especializados em transmitir ao sistema nervoso central informações relacionadas ao tato, pressão, vibração e tensão cutânea: os corpúsculos de Meissner, os corpúsculos de Pacini, os discos de Merkel e os corpúsculos de Ruffini. São receptores de baixo limiar (alta sensibilidade), pois mesmo a estimulação fraca da pele os induz a produzirem potenciais de ação e são inervados por axônios mielinizados relativamente largos, assegurando rápida transmissão central para a informação tátil.

No nosso estudo daremos atenção aos corpúsculos de Meissner e de Pacini, respectivamente por suas principais características na transdução do estímulo vibratório sobre a pele. Os corpúsculos de Meissner são receptores comuns na pele e geram potenciais de ação de adaptação rápida em resposta a depressões mínimas da pele. São os receptores mais comuns na pele e eficientes na transdução de informações sobre as frequências de vibração relativamente baixa (30-50 Hz). Os corpúsculos de Pacini localizam-se no tecido subcutâneo; são também de adaptação rápida, permitindo que distúrbios transitórios de alta frequência (250-350 Hz) ativem os terminais nervosos. Adaptam-se mais facilmente do que os corpúsculos de Meissner e apresenta menor limiar de resposta, sugerindo que estejam envolvidos na discriminação de superfícies com finas texturas ou de outros estímulos que se movem e que produzem vibrações de alta frequência na pele.

Guyton *et al.* (1998) e Purve *et al.* (2005) descrevem que os corpúsculos de Pacini sinalizam rapidamente as deformações dos tecidos com vibrações de 30 a 800 Hz.

O sistema somatossensorial começa a se desenvolver cedo na vida fetal (por volta da oitava semana de gestação) e o conhecimento desse sistema durante esse período da vida depende dos processos que ocorrem no sistema nervoso fetal, considerando a seqüência de seu desenvolvimento estrutural: a formação das conexões entre a periferia e a coluna espinhal ou o cérebro pelos neurônios sensoriais primários, os interneurônios, os reflexos neuromotores, as estruturas cerebrais e as conexões talamocorticais (SEGRE *et al.*, 2002).

Segre *et al.* (2002) cita que nos seres humanos, a inervação cutânea da face, ombro e axila começa ao redor da oitava semana de gestação. Os nervos cutâneos parecem crescer para os músculos antes que os nervos musculares, sugerindo que são atraídos por um fator específico quimiotrópico, que talvez se origine no epitélio, difundindo-se sobre a pele. A inervação cutânea parece ter um efeito estimulador do crescimento, induzindo a maturação.

Os neurônios humanos e suas sinapses dendríticas estão maduros por volta da 25ª semana de gestação na região cervical e ao redor da 28ª semana na região lombar. Seguem assim o desenvolvimento do sistema somatossensorial, sendo a sua maturação no sentido caudal.

A maturidade nervosa do recém-nascido tem sido relacionada com a falta de mielinização do sistema nervoso e utilizada como argumento para a falta de sua percepção de dor. As vias do tronco cerebral estão mielinizadas na 30^a semana de gestação, enquanto as fibras talamocorticais na porção posterior por volta da 37^a semana de gestação. Os receptores sensoriais fetais são capazes de distinguir entre os estímulos e adaptar-se a eles rapidamente ou não.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada a partir das etapas a seguir:

- Determinação das características da estimulação manual.

As características da estimulação manual realizada pelos profissionais da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal, visando a reversão da apnéia foram quantificadas servindo de parâmetros para o dispositivo objeto desta pesquisa.

- Desenvolvimento do dispositivo.

O dispositivo deverá fornecer estímulos na pele do recém-nascido com pressão e frequência parecidas com o estímulo manual frequentemente utilizado nas Unidades de Terapia Intensiva Neonatal.

- Teste do dispositivo.

A frequência, duração, repetibilidade, do estímulo foram testados em laboratório, assim como a viabilidade de funcionamento contínuo sem falhas.

- Avaliação do estímulo com ratos recém-nascidos.

Como não foi para avaliar o dispositivo autorizado à realização de testes com recém-nascidos nas unidades hospitalares, foram utilizados ratos recém-nascidos disponíveis no biotério da UMC.

4.2 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO ESTÍMULO MANUAL

Para reverter a apnéia leve os profissionais que atuam nas Unidades de Terapia Intensiva Neonatal utilizam a manobra vibração, também chamamos estímulo manual. Para mensurar a frequência da manobra de vibração e a pressão com a qual ela é exercida, utilizamos um simulador de pele acoplado a registradores de pressão e deslocamentos, desenvolvido por Santos (2008).

O simulador foi desenvolvido utilizando um modelo de resina plástica da estrutura óssea cervical, envolvida com silicone proporcionando uma estrutura no formato do pescoço. O molde de silicone foi revestido com látex, para proporcionar uma superfície lisa e livre de imperfeições. Para simular o tecido adiposo e a fáscia profunda, foi o modelo revestido com uma camada fina de filme de PVC e tecido polyamida/nylon. Uma braçadeira plástica prende a sobra de tecido na parte inferior do modelo, favorecendo o retorno do tecido quando tensionado (figura 3).



Figura 3 . Modelo de silicone revestido com a pele simulada (SANTOS, 2008).

O simulador que representa com realismo um pescoço humano, consta da simulação da estrutura óssea da coluna cervical, dos tecidos moles (músculos, fáscia profunda, ligamentos, vasos sanguíneos e inervações), do tecido adiposo e da fáscia superficial finalizando com a pele.

Três fisioterapeutas efetuaram a manobra de vibração no simulador e a média dos dados mensurados serviram para determinar a frequência e a pressão que devem ser proporcionados pelo dispositivo.

Foi inserida na região posterior do pescoço, entre a segunda vértebra e a sétima vértebra cervical uma braçadeira de borracha látex contendo duas saídas, sendo uma acoplada a um manômetro de alta precisão e a outra acoplada a uma pêra de borracha látex com uma válvula de ar insuflado com 10 mmHg proporcionando uma sensação semelhante ao tecido adiposo da região. Este dispositivo permitiu a mensuração da pressão da mão do terapeuta durante as manobras.

Um sensor óptico acoplado ao computador mensurar o deslocamento da pele durante as manobras.

4.3 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO DISPOSITIVO PARA ESTÍMULO ELETROMECHANICO

Para o desenvolvimento do dispositivo levou-se em consideração a condição do ambiente onde o recém-nascido fica no leito da unidade de terapia intensiva neonatal: a saber a incubadora um dispositivo com a umidade interna aumentada e a temperatura entre 32 e 38 °C. Portanto equipamento desenvolvido deverá manter a capacidade de funcionamento nesse ambiente. Também deve apresentar baixo nível de ruído, pois a incubadora amplifica o som. Não poderá provocar interferência eletromagnética nos outros equipamentos. O manuseio deverá ser fácil para toda equipe da unidade neonatal envolvida no tratamento.

O custo do dispositivo, hora de sua utilização e de sua manutenção deverá ser acessível às unidades hospitalares conveniadas com o SUS (Sistema Único de Saúde).

Os dispositivos encontrados na literatura proporcionam estímulos eletromecânicos numa região determinada do corpo do recém-nascido o que pode provoca acomodação tátil. Portanto o estímulo será dado seqüencialmente em três regiões distintas do corpo do recém-nascido.

4.4 DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

Para gerar os estímulos eletromecânicos na frequência e duração planejadas (3 segundos de pulso eletromecânico a cada 10 segundos), foi utilizado um microcontrolador da *Microchip*[®], o PIC16F84A com um oscilador de cristal de 4 MHz. Os 3 motores de 2 pólos com eixo excêntrico com medidas de 10 mm de diâmetro e 3 mm de espessura foram interligados ao circuito de comando através de acoplador óptico para isolar a parte eletrônica de controle da parte de potência. O diagrama de bloco do dispositivo está na figura 4 e o circuito eletrônico na figura 5.

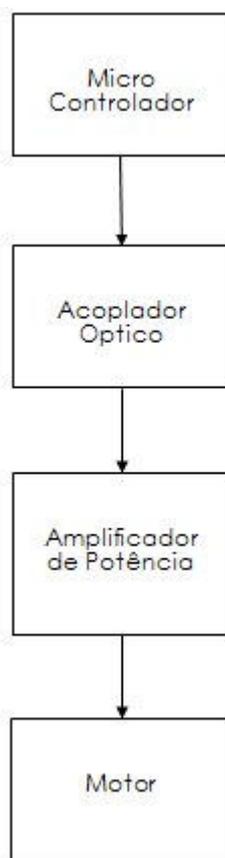


Figura 4. Diagrama de bloco do dispositivo para gerar estímulos.

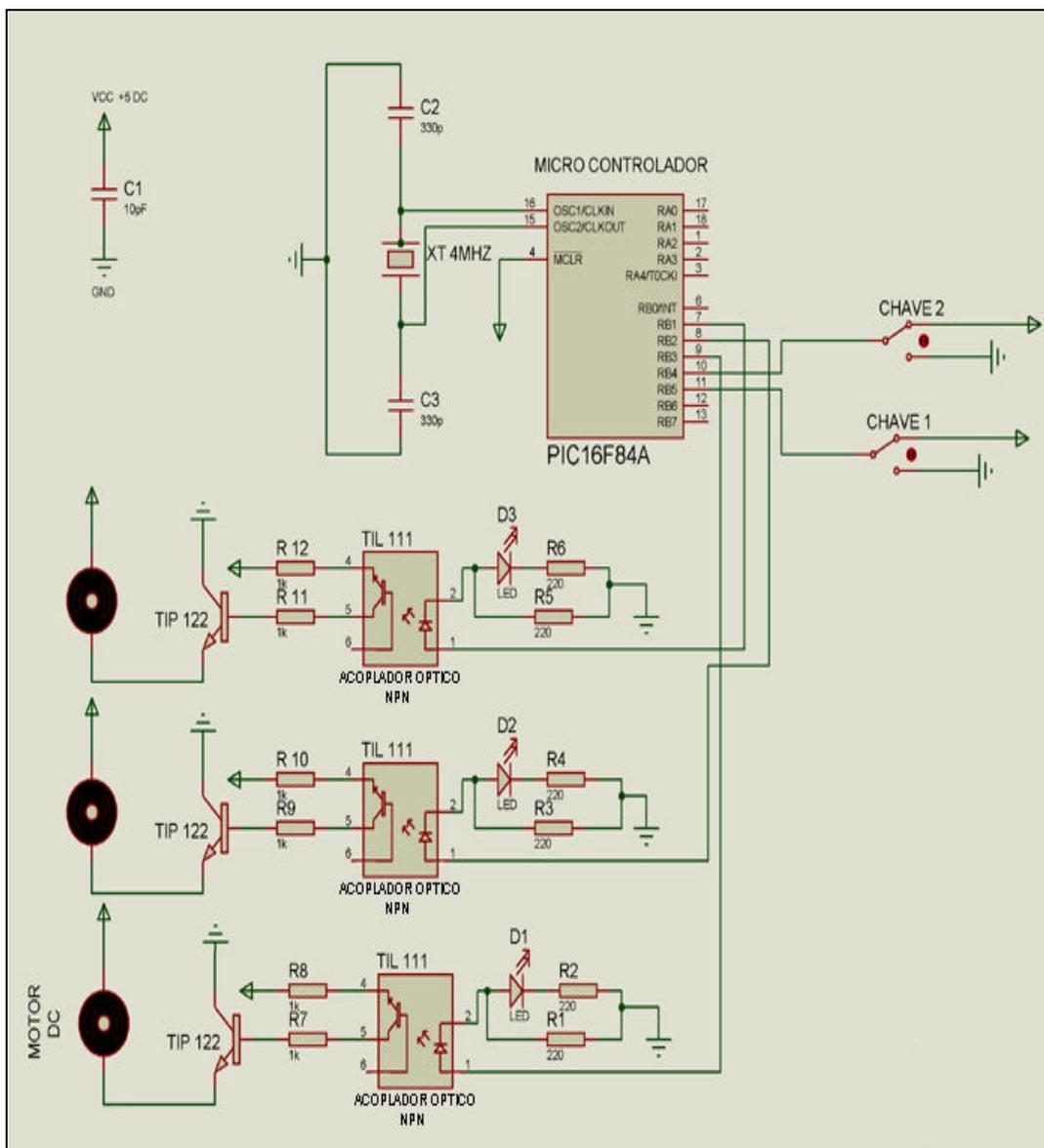


Figura 5. Circuito Eletrônico.

4.5 TESTE DO DISPOSITIVO

A pressão média exercida pela mão dos fisioterapeutas no simulador é superior à exercida pelo peso do motor. Para alcançar este valor, pesos padrão foram colocados sobre o vibrador posicionado sobre o simulador de pele.

A frequência da vibração do motor também foi superior à média da estimulação manual dos fisioterapeutas. Para que a vibração eletromecânica

produzida pelo dispositivo fosse similar à vibração da mão humana diminuimos a tensão do motor até alcançar o valor estipulado.

Para mensurar a frequência do sinal de vibração produzida pelo dispositivo, o mesmo foi colocado sobre o simulador de pele que, associado a um *software* específico desenvolvido em *Visual Basic* (SANTOS, 2008) foi capaz de interpretar e reproduzir o sinal na tela de um computador em forma de gráficos. Este sinal foi capturado durante um período de 3 segundos, designado como período ativo, com repetição em intervalos de 10 segundos, designado como período de repouso.

Para verificar a funcionalidade o dispositivo foi conectado através de uma interface a um computador. Um *software Labview* captou, interpretou e representou graficamente o sinal do dispositivo, verificando o disparo da vibração a cada 10 segundos, durante um período de 24 horas consecutivas, conforme figura a seguir (figura 6).

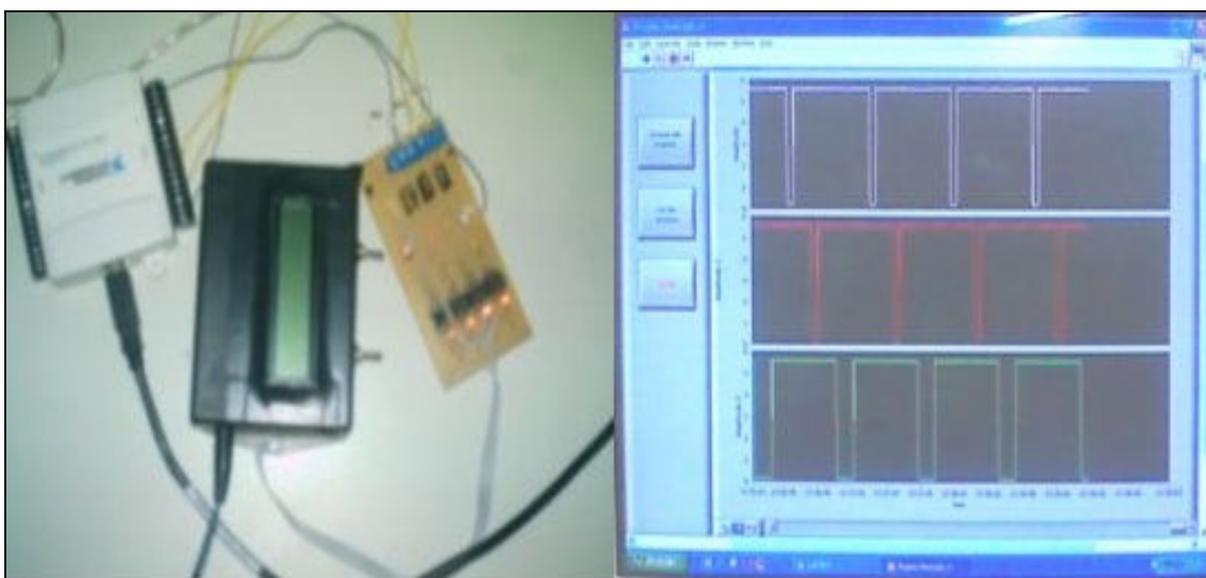


Figura 6. Utilização da interface para teste do dispositivo.

4.6 MATERIAIS PARA PROCEDIMENTOS COM OS RATOS

4.6.1 Captação da frequência cardíaca

O experimento foi realizado no Laboratório de Eletrofisiologia Cardíaca – LEC, do Núcleo de Pesquisas Tecnológicas – NPT, da Universidade de Mogi das Cruzes.

Vários artigos relataram a utilização de parâmetros fisiológicos como a frequência cardíaca como parâmetro de avaliação para a observação de possíveis alterações do quadro de apnéia. Além disso, a variação da frequência cardíaca é um bom indicador de resposta sensorial de estímulos mecânicos na pele, possibilitando comparar os efeitos da estimulação da mão com o dispositivo.

Para captar a frequência cardíaca dos ratos, um amplificador de sinais foi conectado através de um cabo coaxial, ao osciloscópio digital *Tektronix*[®] - TDS 210 (Figura 5). Três cabos foram conectados ao amplificador, sendo 2 cabos para captação de sinal e 1 cabo para o sinal de referência. Eletrodos de prata cloretada foram fixados no tórax do rato com fita cirúrgica microporosa *Medihouse*[®] e gel como meio condução de sinal. O cabo de referência foi fixado a cauda do rato também com a mesma fita cirúrgica. Para a manipulação dos animais foram utilizadas luvas de látex *Super Max*[®]. Para medir o tempo foi utilizado um cronômetro digital *Cronobio*[®] SW 2018 (figura 7).

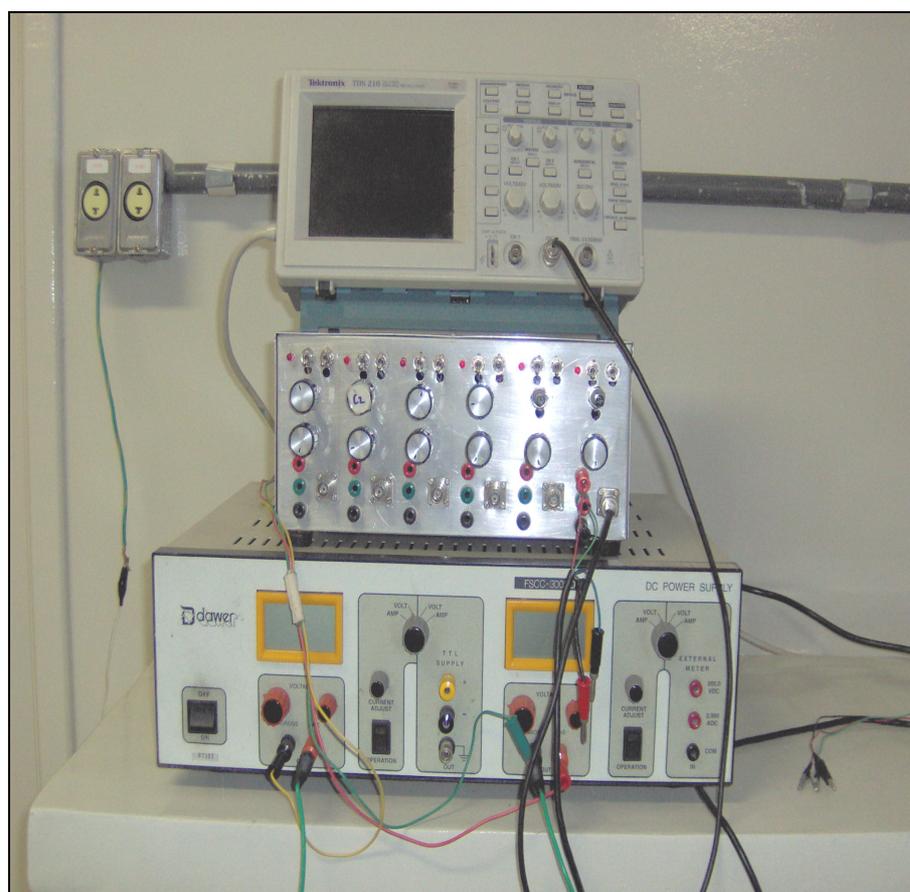


Figura 7. Sistema digital de aquisição e captação da atividade elétrica cardíaca; o osciloscópio; o amplificador de sinais e o estimulador.

4.6.2 Animais

Foram utilizados 10 ratos do sexo masculino, entre 8 e 9 dias de vida com peso em média de 14,30 gramas do Biotério Central da Universidade de Mogi das Cruzes. Utilizamos ratos recém-nascidos porque Guimarães *et al.* (2004) citam que os ratos desenvolvem seu sistema nervoso central e seu eixo hipotálamo adrenal e hipófise, durante as duas primeiras semanas de vida, semelhante ao que acontece com recém-nascido humanos. Assim obtivemos uma condição favorável para a realização do estímulo eletromecânico e manual.

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética e Manipulação em Experimentação Animal (CEMEA) da UMC, seguindo o protocolo do biotério.

4.6.3 Procedimento

Para a realização do procedimento, os animais foram transportados do biotério de dois em dois para o laboratório (LEC) em caixa com cama de maravalha e em condições de temperatura ambiente de $\pm 24^{\circ}\text{C}$ e deixados em repouso por trinta minutos para recuperação de possível estresse. Foram fixados eletrodos no tórax do animal para captação de sinal frequência cardíaca. Em seguida cada rato foi colocado na mão para melhor acomodação. Após um repouso de 10 minutos foram coletadas 4 amostras do sinal da frequência cardíaca registrado no osciloscópio. Em seguida, foi dado um estímulo com o vibrador mecânico por 3 segundos e coletadas mais 4 amostras de sinal da frequência cardíaca no osciloscópio. O rato foi mantido na mão e deixado em repouso por mais 10 minutos. Em seguida foi aplicada uma vibração manual dando o estímulo com o dedo na região inguinal, (devido maior sensibilidade tátil dessa região) por 3 segundos e coletadas mais 4 amostras dos sinais de frequência cardíaca no osciloscópio. O rato foi deixado, ainda em repouso, por mais 10 minutos e foram coletadas mais 4 amostras de sinal no osciloscópio sem manipulação. O procedimento foi repetido 3 vezes em cada animal e registrado no formulário mostrado na figura 8.

PROTOCOLO DE TESTES

Rato nº. _____

Idade: _____

Peso: _____

FC. (Hz) Sem Estímulo	FC. (Hz) Estímulo Eletromecânico	FC. (Hz) Estímulo Manual	FC. (Hz) Repouso 10 minutos

FC. (Hz) Sem Estímulo	FC. (Hz) Estímulo Eletromecânico	FC. (Hz) Estímulo Manual	FC. (Hz) Repouso 10 minutos

FC. (Hz) Sem Estímulo	FC. (Hz) Estímulo Eletromecânico	FC. (Hz) Estímulo Manual	Fc. (Hz) Repouso 10 minutos

OBSERVAÇÕES:

Figura 8. Protocolo de testes utilizado para a coleta dos dados.

5 RESULTADOS

Para a confecção de um dispositivo que reproduzisse com fidedignidade as características das manobras de vibração manual utilizadas atualmente e citadas na literatura, determinamos os parâmetros referentes a frequência, pressão e repetibilidade deste estímulo. Apresentamos as características do estímulo manual obtidas através da realização da manobra de vibração manual por 3 fisioterapeutas em um simulador de pele na tabela 3.

Tabela 3. A Pressão, Período e Frequência do estímulo manual realizado por 3 fisioterapeutas.

Fisioterapeuta	Pressão da mão (mmHg)	Período da Vibração Manual (ms)	Frequência da Vibração Manual (Hz)
1	20	133	7,5
2	21	120	8,3
3	19	149	6,7
Média	20	134	7,5

Desenvolvemos um dispositivo, destinado a fornecer estímulos eletromecânicos na pele do recém-nascido com pressão e frequência similares ao estímulo manual utilizado pelos profissionais das Unidades de Terapia Intensiva Neonatais, com as seguintes características:

- O dispositivo para estímulo eletromecânico implementado apresentava inicialmente frequência de 250 Hz, Diminuímos com o potenciômetro a tensão dos motores para reduzir a sua rotação até atingir 7,6 Hz.
- A duração dos pulsos é de 03 segundos com repetição de 10 em 10 segundos, mas o sistema de controle permite ajustes conforme a necessidade do recém-nascido proporcionando estímulos adequados aos episódios de apnéia de cada um.
- Colocamos pesos padrão sobre o motor até atingir pressão de 20 mmHg, semelhante ao exercido pela mão do fisioterapeuta.

- Como mostrado na tabela 3, a frequência média da vibração manual realizada pelos 3 fisioterapeutas foi de 7,5 Hz, com pressão de 20 mmHg. O estímulo eletromecânico do dispositivo em 7,6Hz com pressão de 27 mmHg, portanto proporciona a vibração com frequência e pressão semelhantes às exercidas pela mão humana.

Verificamos a funcionalidade e a repetibilidade dos sinais fornecidos pelo dispositivo, através do *software Labview*, que captou os sinais eletromecânicos e seus respectivos intervalos durante 24 horas consecutivas. Observamos que o dispositivo proporcionou pulsos regulares e sem interrupção (figura 9).

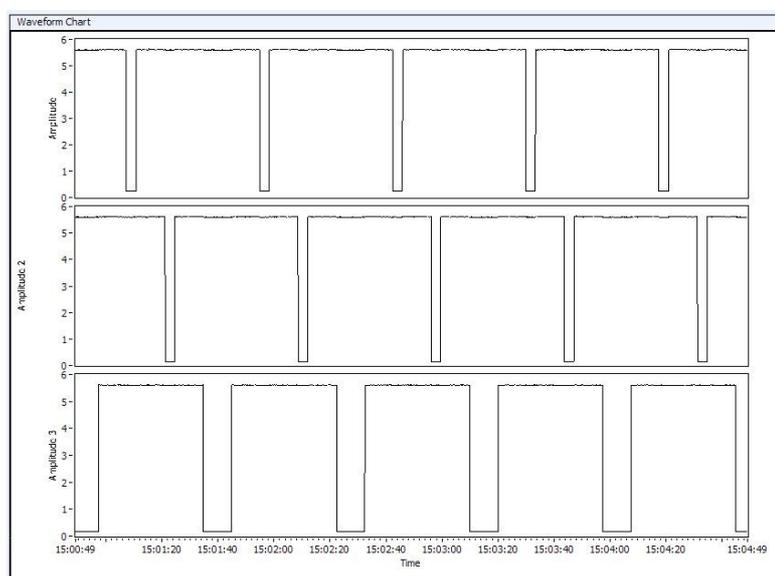


Figura 9. Sinais de repetição dos pulsos durante 24 horas.

Para a avaliação do dispositivo aplicamos estímulos manuais e eletromecânicos em 10 ratos com idade de 07 a 09 dias. Observamos a frequência cardíaca de cada animal em função dos dois estímulos (tabela 4). Na maioria dos resultados pudemos observar a semelhança entre o batimento cardíaco provocado pelos estímulos eletromecânicos e manuais. Observamos que os ratos 02 e 03 apresentavam frequências cardíacas basais e de recuperação mais baixas que as demais também quando estimulados apresentaram pouca reação (tabela 5). Acreditamos que este evento tenha ocorrido, devido ao comportamento sonolento em relação aos outros animais. Retiramos os dados referentes a estes ratos do cálculo das médias.

Tabela 4. Média da Frequência Cardíaca dos animais: basal (repouso), com estímulo eletromecânico e com estímulo manual.

Amostra	FC. Basal (Hz)	FC. Após Estímulo Eletromecânico (Hz)	FC. Após Estímulo Manual (Hz)
	1	2	3
Rato 1	6,5	7,0	7,0
Rato 4	6,5	6,9	6,9
Rato 5	6,4	7,2	7,0
Rato 6	6,5	7,0	6,9
Rato 7	6,5	7,0	7,0
Rato 8	6,5	7,1	7,1
Rato 9	6,5	7,0	7,0
Rato 10	6,4	7,0	7,0
SOMA	51,8	56,2	55,9
MÉDIA	6,5	7	7

Tabela 5. Ratos 2 e 3 com frequências cardíacas basais e de recuperação anormais.

Amostra	FC. Basal (Hz)	FC. Após Estímulo Eletromecânico (Hz)	FC. Após Estímulo Manual (Hz)
	Rato 2	5,8	6,0
Rato 3	5,7	6,0	6,0
SOMA	11,15	12	12
MÉDIA	5,75	6	6

Para verificação da relação entre os dados da frequência cardíaca após estímulo eletromecânico e da frequência cardíaca após o estímulo manual, utilizamos o teste estatístico ANOVA - BioEstat 5.0 utilizando-se de um critério de Tukey e relacionando a média da frequência cardíaca basal, com a média da

freqüência cardíaca após o estímulo eletromecânico e com a média da freqüência cardíaca após o estímulo manual.

O teste destina-se a comparar mais de duas amostras cujos dados devem ser mensurados em escala intervalar ou de razões. A designação *um critério* é pelo fato de se comparar somente às variações entre as freqüências cardíacas.

A tabela 6 que apresenta o resultado da correlação entre a freqüência cardíaca basal e a freqüência cardíaca após o estímulo eletromecânico mostrou que $p < 0,01$, determinando assim, significância estatística. Também foi possível verificar esta mesma significância estatística $p < 0,01$, quando realizado a correlação entre: a freqüência cardíaca basal com a freqüência cardíaca após o estímulo manual. Porém ao correlacionar a freqüência cardíaca após o estímulo eletromecânico com a freqüência cardíaca após o estímulo manual, observou-se que não há significância estatística entre as mesmas.

Tabela 6. Variação e relação entre as médias das colunas 1, 2 e 3.

FONTES DE VARIÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	2	1.511	0.755
Erro	21	0.099	0.005
F =	160.6456		
(p) =	< 0.0001		
Média (Coluna 1) =	6.4750		
Média (Coluna 2) =	7.0250		
Média (Coluna 3) =	6.9875		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	0.5500	22.6864	< 0.01
Médias (1 a 3) =	0.5125	21.1396	< 0.01
Médias (2 a 3) =	0.0375	1.5468	ns

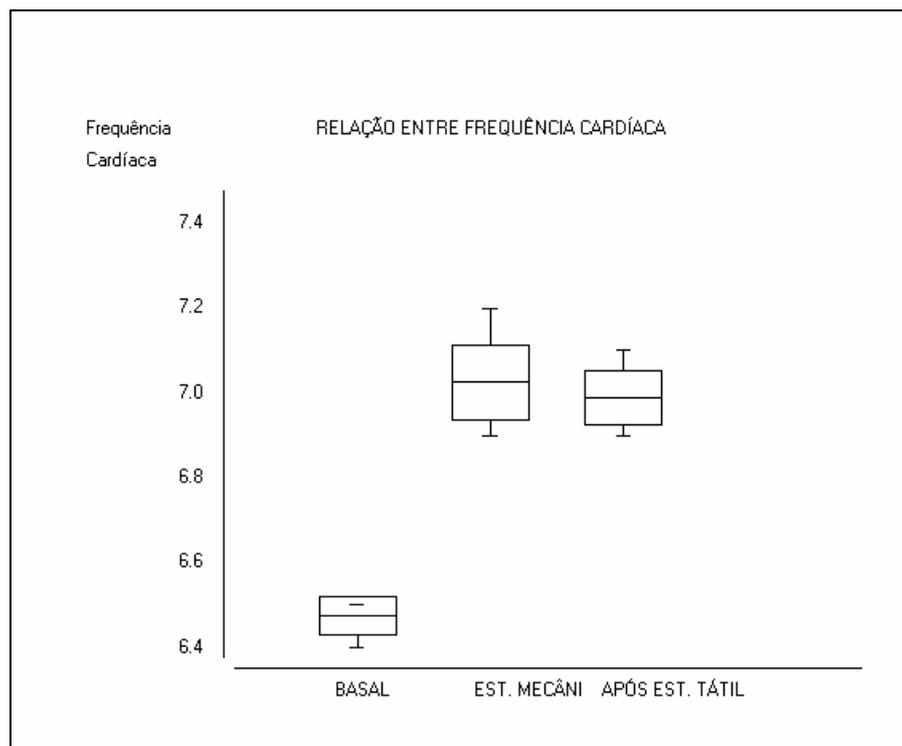


Figura 10. Gráfico de relação entre as médias das frequências cardíacas basal, após estímulo eletromecânico e após estímulo manual.

Comprovando a similaridade do estímulo eletromecânico proporcionado pelo dispositivo com o estímulo manual dos fisioterapeutas.

6 DISCUSSÃO CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Vários autores utilizaram o estímulo manual para reverter a apnéia, sendo que de fato o recém-nascido responde de forma sensório motora ao estímulo manual sobre a pele. Segre *et al.* (2002) afirmam que os receptores sensoriais do recém-nascido são capazes de distinguir os tipos de estímulos sensoriais. Faria *et al.* (1998), Lopes *et al.* (2001) e Pachi *et al.* (2004), utilizaram o estímulo manual como forma de reversão durante a ocorrência da apnéia neonatal, sendo este recurso atualmente utilizado pelos profissionais das Unidades de Terapia Intensiva Neonatal.

Pichardo *et al.* (2003) desenvolveram um dispositivo que reverte a apnéia neonatal da prematuridade, composto por um dispositivo eletromecânico, que pode ser acionado tanto por pedal, quanto pelo sistema computacional programado para liberar um pulso de 3 segundos, utilizando a observação clínica visual para detecção do episódio apneico.

Para otimizar o sistema de Pichardo *et al.* (2003), Camargo *et al.* (2006), acrescentaram um oxímetro de pulso programado para os parâmetros fisiológicos mínimos de saturação de oxigênio e frequência de pulso, sendo utilizado 4 segundos para realização do disparo de estímulo eletromecânico.

Desta forma buscamos produzir um estímulo eletromecânico com frequência e pressão semelhantes à produzida pelas mãos dos profissionais da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal, através de um dispositivo para a reversão da apnéia da prematuridade tendo como diferencial a utilização de 3 motores que serão fixados em regiões distintas do recém-nascido evitando a acomodação tátil citada por Purves *et al.* (2005). Diante de resultados promissores citados Pichardo *et al.* (2003) que adotou 3 segundos como parâmetro de estímulo eletromecânico, optamos pela manutenção deste intervalo de tempo, sendo que neste, cada um dos motores gera pulsos durante 3 segundos com intervalo entre as seqüências sucessivas de 10 segundos.

Os testes com os dispositivos de Pichardo *et al.* (2003) e Camargo *et al.* (2006) foram realizados diretamente nos recém-nascidos prematuros que apresentavam variação na idade, diagnósticos, administração de medicação, entre outros. Portanto havia grande variação na fase de desenvolvimento do Sistema

Nervoso Central entre os sujeitos da pesquisa dos autores, o que compromete os resultados gerando respostas diferenciadas. Entretanto é muito difícil encontrar nas Unidades de Terapias Intensivas Neonatais condições homogêneas entre os recém-nascidos. Portanto, como Guimarães *et al.* (2004), referem que o sistema nervoso de ratos recém-nascidos está em processo de maturação durante as duas primeiras semanas de vida, trabalhamos com estes animais, sendo a pesquisa realizada com cobaias compatíveis quanto a idade e raça.

Os resultados dos testes com os filhotes de ratos frente aos estímulos manual e eletromecânico demonstraram significância ($p < 0,01$) conforme a aplicação do teste de ANOVA e semelhança na resposta dos estímulos.

Os procedimentos de captação dos sinais fisiológicos nos testes realizados com os ratos foram semelhantes aos mesmos aplicados em humanos, conforme citado por J. A. Jo *et al.* (2003), Blasi *et al.* (2003), Vivaldi *et al.* (2003), Narezan *et al.* (2003) e Penzel *et al.* (2003).

Quanto a repetibilidade, Pichardo *et al.* (2003) utilizou o dispositivo direto nos recém-nascidos prematuros durante o período de no mínimo 24 horas com checagem do sistema a cada 12 horas; Camargo *et al.* (2006) citam que a checagem do dispositivo foi realizada a cada 12 horas. Portanto optamos pela verificação da repetibilidade do dispositivo desenvolvido por um período de 24 horas.

Camargo *et al.* (2006) sugerem que a fixação seja feita com malha tubular o que dificulta a observação da movimentação torácica e também a fixação de outros eletrodos. Para eliminar esta dificuldade, determinamos que a forma de fixação do transdutor de vibração deverá manter a integridade da pele. Para tanto, deverão ser utilizadas fitas adesivas permitindo a observação do tórax do recém-nascido e a fixação de outros eletrodos como, por exemplo, do sinal de ECG (eletrocardiograma).

Pichardo *et al.* (2003) e Camargo *et al.* (2006) não demonstraram preocupação quanto ao espaço físico ocupado pelo dispositivo, fator importante e preconizado pela ANVISA, referindo que para cada leito neonatal deverá permitir fácil observação e acesso junto ao recém-nascido.

Outros importantes fatores a serem evidenciados são referentes ao: custo do dispositivo, fácil manuseio, fácil higienização e promoção de segurança para o

recém-nascido e para os profissionais, o que é pretendido com o desenvolvimento deste dispositivo.

Como trabalhos futuros sugerimos a realização de testes com amostragem maior em outros animais.

REFERÊNCIAS

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - **Consulta Pública nº 21, de 27 de abril de 2006 – D.O.U de 28/04/2006**. Disponível em: [http:// www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br) acesso em 3/12/2007,19:30.

BLASI, A.; Jo , J.; Valladares, E.; Juarez, R.; Blydur, A.; Khoo, M.C.K. Time-varying analysis of autonomic control during arousal from sleep in obstructive sleep apnea syndrome, **Engineering in Medicine and Biology Society**, International Conference of the IEEE, 2003. v. 1, p. 350-351.

CAMARGO, Vania Carla; Silva H. Nohama, Perci. Apnéia da Prematuridade: proposta de uma tecnologia para a detecção e interrupção do episódio apnéico. Dissertação (mestrado). **Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, Curitiba, 2006.

FARIA, Marina da Rosa Manual de Conduas de Neonatologia do Núcleo de Neonatologia do Complexo Hospitalar do Mandaqui. **Complexo Hospitalar Mandaqui**. São Paulo. p. 122 -123, 1998.

GUIMARÃES, Marco Aurélio, *et al.* Princípios éticos e práticos do uso de animais de experimentação. São Paulo. **UNIFESP**. p. 89, 2004.

GUYTON, Arthur C. **Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças**. 6. ed. Rio de Janeiro, 1998. p. 337-350.

JO, J.A. Blasi, A. Baydur, A. Juarez, R. Khoo, M.C.K. Nonlinear assessment of autonomic function in obstructive sleep apnea during long-term CPAP therapy. **Engineering in Medicine and Biology Society**, International Conference of the IEEE, 2003. v.1. p. 346-349.

KOPELMAN, B. I. *et al.* **Diagnóstico e Tratamento em Neonatologia**. São Paulo: Atheneu, 2004, p.127-134.

LEMYRE, B; Davis, P. G.; DE PADI, A. G. Nasal Intermitent Positive Pressure Ventilation (NIPPV) versus Nasal Continuous Positive Airway Pressure (NCPAP) for Apnea of Prematurity. **The Cochrane Library**, Issue 3, 2007.

LOPES, José Maria de Andrade. Neonatal Apnea. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, 2001. v. 77 (Supl.1): S97-S103.

MARLIER, Luc. Gaugler, G. Messer J. Olfatory Stimulation Prevents Apnea in Premature Newborns. **Pediatrics Evanston**. Jan.2005. v. 115, Iss. 1. p. 83.

MIYOSHI, Milton Harumi. **Distúrbios Respiratórios no período Neonatal**. 1 ed. Atheneu. São Paulo,1998, p.15-32; 45-54.

NAZERAN, H. Parnula, Y. Gradziel, A. Ung, K. Vijendra, S. Behbehani, K. Computer-based analysis of heart rate variability signal for detection of sleep disordered breathing in children. **Engineering in Medicine and Biology Society, International Conference of the IEEE**, 2003. v. 1, p. 338-341.

PACHI, Paulo. Manual de Rotinas da Unidade do Departamento de Pediatria da Santa Casa de São Paulo. **Santa Casa de Misericórdia de São Paulo**. São Paulo, 2004. p. 58 e 59.

PENZEL, T. Kesper, K. Gross, V. Becker, H.F. Vogelmeier, C. Problems in automatic sleep scoring applied to sleep apnea. **Engineering in Medicine and Biology Society, International Conference of the IEEE**, 2003.v.1, p. 358–361.

PICHARDO, R. Eisenfeld, L. Adam J. Rosow, E. Escabi M. Enderle J. Validation of a Vibrotactile Stimulation System to Treat Apnea of Prematurity . **Proceedings of the IEEE 27th Annual Northeast Bioengineering Conference**, 2001. p. 13-14.

PICHARDO, R. L. Adam, J. S. Rosow, E. Bronzino J. Eisenfeld, L. Vibrotactile Stimulation System to treat Apnea of Prematurity. **Biomedical Instrumentation & Technology**- p. 34-40. Instrumentation Research- Jan/Fev 2003.

PURVES, D *et al.* tradução Dalmaz, C. *et al.* **Neurociência** 2 ed. Artmed. Porto Alegre, 2005. p.190-199.

SANTOS, S. Simulador da Técnica Pompagem para Ensino e Treinamento de Fisioterapeutas. Dissertação de Mestrado, **Universidade de Mogi das Cruzes**, 2008. Mogi das Cruzes, SP.

SEGRE, Conceição A. M. **Perinatologia Fundamento e Prática**. 1ed. Sarvier. São Paulo, 2002. p. 299-304.

VIVALDI, E.A. Ocampo, G., A. Peirano, J. Bassi, A. The assessment of REM sleep homeostatic regulation using an automated laboratory for sleep studies. **Engineering in Medicine and Biology Society, International Conference of the IEEE**, 2003. v. 1, p. 362-36.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)