

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Eletrônica

ISSN 1413-2206

BT/PEE/9905

**Avaliação de Transdutores para
Análise Metabólica Humana**

Henrique Takachi Moriya
José Carlos T. de Barros Moraes

São Paulo – 1999

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Henrique Takachi Moriya, sob orientação do Prof. Dr. José Carlos T. de Barros Moraes: "Avaliação de Transdutores para Análise Metabólica Humana", defendida em 08/03/99, na Escola Politécnica.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica/USP.

Moriya, Henrique Takachi

Avaliação de transdutores para análise metabólica humana / H.T. Moriya, J.C.T.B. Moraes. -- São Paulo : EPUSP, 1999.

26 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Eletrônica, BT/PEE/9905)

1. Transdutores 2. Metabolismo humano I. Moraes, José Carlos Teixeira de Barros II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Eletrônica III. Título IV. Série

ISSN 1413-2206

CDD 621.381536
612.39

AVALIAÇÃO DE TRANSDUTORES PARA ANÁLISE METABÓLICA HUMANA

**Artigo técnico apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia.**

Área de Concentração:

Sistemas Eletrônicos

Autor: Henrique Takachi Moriya

Orientador: José Carlos T. de Barros Moraes

**São Paulo
1999**

RESUMO

A calorimetria indireta para análise do metabolismo humano tem se mostrado um método não invasivo de crescente importância no estudo mais preciso das respostas metabólicas e cardio-respiratórias. Entretanto, o alto custo dos equipamentos aliado à falta de conhecimento das técnicas tem impedido a disseminação do uso de analisadores metabólicos no Brasil.

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de oferecer uma visão global dos procedimentos de calorimetria indireta aplicados à avaliação do metabolismo humano sob a abordagem de Engenharia Biomédica.

Foram avaliados três transdutores tipicamente utilizados em equipamentos de calorimetria indireta para análise metabólica humana: um transdutor eletroquímico de oxigênio, um transdutor de dióxido de carbono por radiação infravermelha e um transdutor de fluxo em volume tipo turbina.

O transdutor de oxigênio mostrou-se bastante confiável, mas com um tempo de resposta bastante elevado para aplicações em análises de respiração a respiração. A principal deficiência do transdutor de dióxido de carbono está no fato de sua configuração proporcionar um aumento significativo na resistência à respiração do indivíduo. Verificou-se que o transdutor de fluxo em volume apresenta um melhor comportamento para um fluxo em torno de 20 litros/minuto.

Apesar das limitações apresentadas pelos transdutores, os resultados dos ensaios foram úteis e representativos para a compreensão do funcionamento de um analisador metabólico humano por calorimetria indireta, evidenciando quais deficiências devem ser sanadas em pesquisas futuras e os cuidados a serem considerados na implantação do laboratório para análise metabólica/respiratória sendo instalado no Laboratório de Engenharia Biomédica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ABSTRACT

The indirect calorimetry for analysis of the human metabolism has been a non invasive method of increasing importance in the study of metabolic and cardiorespiratory responses. However, the high cost of the equipment ally to the lack of knowledge of the techniques have been obstacles to the use of metabolic analysers in Brazil.

This research was developed with the intention to offer a global vision of the applied procedures of indirect calorimetry to the evaluation of the human metabolism under the prism of the Biomedical Engineering.

Three transducers typically used in equipment of indirect calorimetry for metabolic analysis had been evaluated: an electrochemical transducer of oxygen, a carbon dioxide transducer by infrared absorption and a turbine flowmeter.

The oxygen transducer revealed sufficiently trustworthy, but with a too high response time for applications in breath by breath analyses. The main deficiency of the transducer of carbon dioxide is to provide a significant increase in the flow resistance. It was verified that the flowmeter presents one better behaviour for a stream around 20 litres/minute.

Despite the limitations presented for the transducers, the results of the assays had been useful and representative for the understanding of the functioning of a human metabolic analyser for indirect calorimetry, evidencing which points have to be improved in future researches and to be considered in the implantation of the laboratory for metabolic and respiratory analysis being installed in the Laboratório de Engenharia Biomédica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

AValiação DE TRANSDUTORES PARA ANálISE METABóLICA HUMANA

1. INTRODUÇÃO

O metabolismo pode ser definido como o conjunto de todas as reações químicas que ocorrem, a cada instante, dentro de um organismo vivo. Assim sendo, realizar uma medição direta do metabolismo humano é inviável no atual estado da tecnologia.

De acordo com BROOKS et al. (1995), consegue-se estimar a taxa metabólica humana através da medição do calor produzido pelo corpo humano, pois assume-se que todas as reações químicas envolvidas no metabolismo forneçam calor como um dos seus produtos finais.

Uma das formas de realizar a medição do calor produzido pelo corpo humano durante um determinado intervalo de tempo é através da análise do oxigênio consumido e do dióxido de carbono produzido pelo corpo humano durante este intervalo de tempo (MCARDLE et. al, 1996).

Medindo-se o oxigênio consumido e o dióxido de carbono produzido pelo corpo humano durante uma determinada atividade física, é possível estimar-se o gasto energético envolvido nessa atividade.

Além da avaliação do gasto energético, com o auxílio da medição do oxigênio consumido e do dióxido de carbono produzido pelo corpo humano pode-se determinar vários outros fatores correlacionados. Por exemplo, indicadores preditores de desempenho, identificação de intolerância ao exercício, determinantes de transição metabólica, avaliação clínica e terapêutica de diversas patologias, prescrição de intensidade de exercício e indicadores de eficiência cardiorrespiratória.

Segundo BRANSON (1990), para a realização da medição do consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono pelo corpo humano, geralmente é necessária a utilização de transdutores de fluxo em volume, além de transdutores de concentração de oxigênio e concentração de dióxido de carbono.

Esta pesquisa visou avaliar transdutores utilizados em equipamentos para análise metabólica humana por calorimetria indireta, isolada e conjuntamente, com maior ênfase na caracterização de transdutores para análise de gases respiratórios.

2. MATERIAIS

Um sistema de medição foi ensaiado visando um adequado estudo do comportamento dos transdutores durante uma simulação de um exame para análise metabólica humana. Este

sistema foi constituído pelas seguintes partes indicadas numericamente na representação esquemática da Figura 1:

- válvulas respiratórias direcionais de uma via e de duas vias (Nº. 1 e Nº. 6);
- transdutor de concentração de dióxido de carbono (Nº. 2);
- bocal (Nº. 3);
- câmara de contenção (Nº. 4);
- transdutor de concentração de oxigênio (Nº. 5);
- transdutor de fluxo em volume (Nº. 7);
- subsistema de aquisição e tratamento de sinais (Nº. 8);
- conectores pneumáticos;

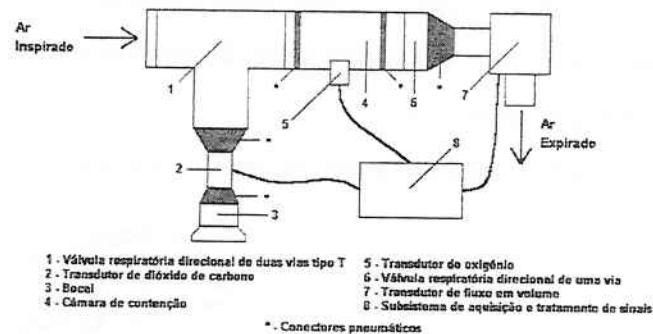


Figura 1 - Representação esquemática do sistema de medição proposto.

A câmara de contenção é uma peça metálica cilíndrica onde estará inserido o transdutor de oxigênio. Esta câmara retém parte da mistura gasosa expirada pelo paciente, tratando-se de um recurso utilizado para tentar minimizar o efeito do tempo de resposta do transdutor de oxigênio escolhido.

Os conectores pneumáticos são peças metálicas usinadas, evidentemente possibilitando a conexão entre partes constituintes do sistema de medição.

A Figura 2 apresenta uma foto dos conectores pneumáticos e da câmara de contenção.

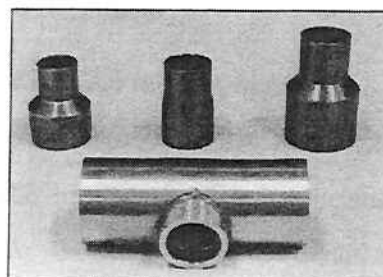


Figura 2 - Foto dos conectores pneumáticos e da câmara de contenção.

Estas peças foram usinadas em material metálico devido à disponibilidade de material e maior rapidez no processo de usinagem.

Foram importados os transdutores de oxigênio e de dióxido de carbono e as válvulas respiratórias direcionais. O transdutor de fluxo em volume foi disponibilizado mediante um acordo de cooperação firmado com a empresa Calgimed¹.

O subsistema de aquisição e tratamento de sinais foi composto por circuito amplificador de sinais, multímetro digital, microcomputador tipo PC e subsistemas próprios dos transdutores que realizavam o processamento e a apresentação dos sinais provenientes dos transdutores.

2.1. TRANSDUTOR DE OXIGÊNIO UTILIZADO

Este projeto utilizou os transdutores eletroquímicos de oxigênio, tipo célula galvânica, fabricados pela Figaro², mais especificamente o modelo KE-25.

Os principais motivos que levaram à escolha do modelo KE-25 foram seu baixo custo e a facilidade de obtenção no mercado.

Um esquema deste transdutor é apresentado na Figura 3.

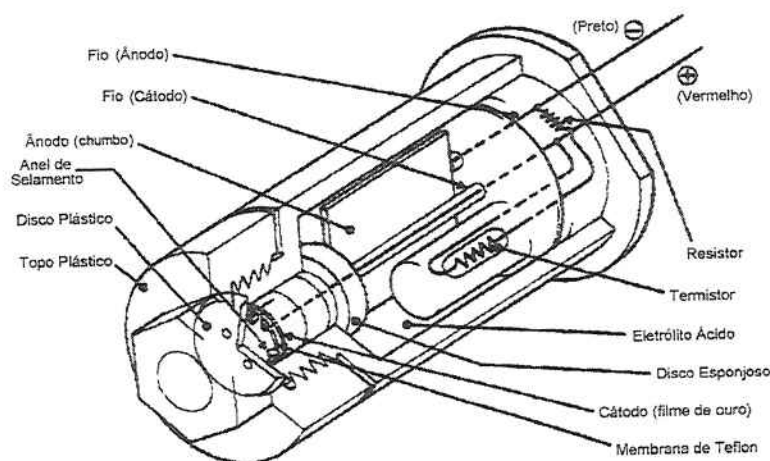


Figura 3 - Esquema de um transdutor eletrolítico de oxigênio tipo célula galvânica (FIGARO, 1994, modificada).

Este transdutor é constituído por um ânodo de chumbo, um cátodo de ouro e um ácido fraco ($\text{pH} \approx 6$) como eletrólito. As moléculas de oxigênio entram na célula eletroquímica através de uma membrana não porosa de teflon, difundem através do eletrólito ácido e são reduzidas no eletrodo de ouro.

¹ Calgimed Equipamentos para Eletromedicina e Engenharia LTDA. Rua do Arraial, 52. CEP: 04122-030. São Paulo - S.P.

² Figaro USA, Inc.. 1000 Skokie Blvd. Room 160. Wilmette, Illinois 60091. USA.

A corrente que flui entre os dois eletrodos nos modelos KE-25 e KE-50 é proporcional à concentração de oxigênio na mistura gasosa analisada.

A Tabela 1 apresenta algumas especificações do transdutor modelo KE-25, fornecidas pelo fabricante.

Tabela 1 - Algumas especificações do transdutor modelo KE-25 fornecidas pelo fabricante.

Faixa de medição	0 - 100% O ₂
Exatidão	± 1 %
Tempo de resposta (90%)	aproximadamente 12 s
Temperatura de operação	5 ~ 40 °C
Pressão atmosférica de operação	0,5 ~ 1,5 atm
Expectativa de vida	aproximadamente 5 anos (21% O ₂ e 20 °C)
Consumo da amostra gasosa necessária para a transdução	aproximadamente 2-3ml/min
Gases que não influenciam nas medições	CO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, H ₂ , CO, NO _x , Cl ₂ , N ₂ , CFC's, fumaça de cigarro
Gases que influenciam nas medições	O ₃ , altas concentrações de NH ₃ e CH ₄ em concentrações maiores que 50 %

O tempo de resposta do transdutor escolhido é de aproximadamente 12 segundos, conforme pode ser observado na Figura 4.

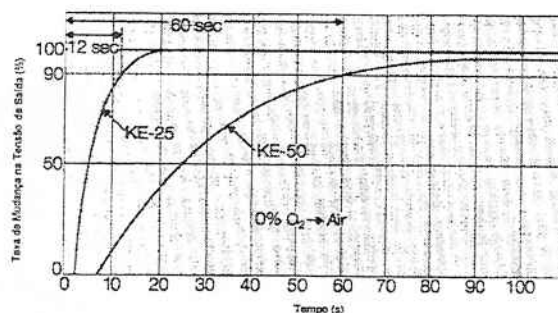


Figura 4 - Tempos de resposta dos modelos KE-25 e KE-50 da Figaro (FIGARO, 1994, modificada).

Este tempo de resposta inviabiliza a utilização deste transdutor em equipamentos que realizam análise a cada respiração. Para tentar minimizar o efeito do tempo de resposta do modelo KE-25, será utilizada uma câmara de contenção que irá reter parte do ar expirado pelo paciente. A Figura 5 apresenta uma representação esquemática da câmara de contenção inserida no sistema implementado.

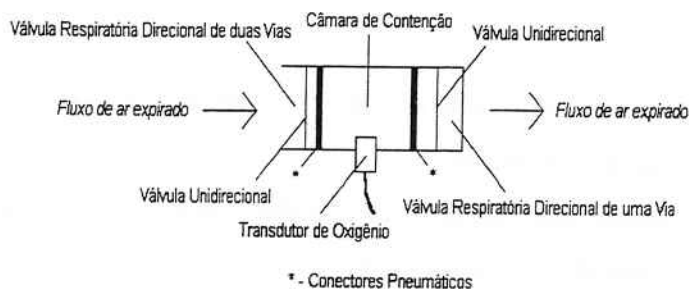


Figura 5 - Representação esquemática da câmara de contenção inserida no sistema implementado.

Durante a expiração, uma das válvulas unidirecionais da válvula respiratória direcional de duas vias e a válvula unidirecional da válvula respiratória direcional de uma via se abrem, permitindo a passagem do fluxo de ar expirado. Durante a inspiração, estas válvulas unidirecionais se fecham e parte do ar expirado é retido na câmara de contenção. Este intervalo de tempo no qual o ar expirado fica retido na câmara de contenção não alcança os 12 segundos de tempo de resposta do transdutor de oxigênio utilizado. Dessa forma, supondo que não existam variações bruscas na concentração de oxigênio expirado, o sistema de medição irá apenas apresentar um valor aproximado do consumo de oxigênio e com um atraso de, no mínimo, 12 segundos. Devido ao tempo de resposta bastante elevado para o transdutor de oxigênio avaliado, não será possível obter-se uma estimativa imediata do consumo de oxigênio e o sistema de medição irá apenas apresentar uma média do consumo de oxigênio.

2.2. TRANSDUTOR DE DIÓXIDO DE CARBONO UTILIZADO

Após criteriosa pesquisa bibliográfica e de catálogos de fabricantes, foi adquirido um exemplar do modelo 4210 fabricado pela Andros³.

A Figura 6 apresenta uma foto do transdutor de dióxido de carbono por radiação infravermelha modelo 4210.

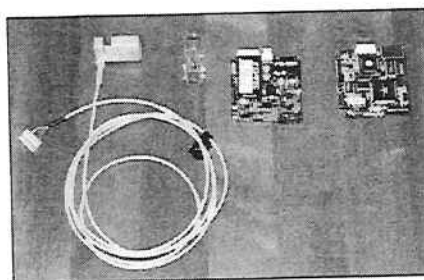


Figura 6 - Foto do transdutor de dióxido de carbono modelo 4210 fabricado pela Andros.

Trata-se de um transdutor de linha principal, ou seja, o paciente respira através de um adaptador de vias aéreas e a mistura gasosa que flui através deste dispositivo é analisada, não sendo separada uma amostra para análise.

O transdutor de dióxido de carbono modelo 4210 é composto por:

- um módulo de processamento de sinais, composto por um microcontrolador Motorola 68332;
- um módulo isolado de potência, responsável pelo condicionamento da alimentação elétrica do transdutor;
- um sensor responsável pela emissão e recepção da radiação infravermelha;
- um adaptador de vias aéreas.

³ Andros Incorporated. 2332 Fourth Street. Berkeley, CA 94710-2402. USA.

Este transdutor realiza a medição da frequência respiratória do paciente através da utilização de um algoritmo computacional próprio, além de realizar as medições da concentração de dióxido de carbono no ar inspirado e no ar expirado.

Algumas especificações do transdutor modelo 4210 fornecidas pelo fabricante são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Algumas especificações do transdutor modelo 4210 fornecidas pelo fabricante.

Dados de saída	concentração contínua de CO ₂ ; concentrações expirada e inspirada de CO ₂ ; frequência respiratória
Faixa de medição	0 – 100 Torr
Resolução	0,1 Torr
Exatidão	0 – 40 Torr: $\pm 2,0$ Torr 40 – 100 Torr: $\pm 5,0\%$ relativo
Tempo de resposta (10 a 90 %)	< 25ms
Frequência respiratória	até 150 respirações por minuto
Tempo de aquecimento	< 60 s (típico)
Alimentação	5,0 Vdc
Consumo	Operação normal: 4 W max. Durante aquecimento: 7,5 W max.
Condições de operação	Temperatura: 10°C a 40°C Umidade: 0 a 95% sem condensação Altitude: -305m a 2133m
Dimensões	Sensor: 5,7 × 3,2 × 1,9 cm Módulo de proc. de sinais: 9,5 × 7,6 × 1,27cm Módulo de potência: 8,9 × 7,6 × 1,27cm
Massa	Sensor: 30 g

2.3. TRANSDUTOR DE FLUXO EM VOLUME UTILIZADO

O transdutor de fluxo em volume utilizado é do tipo turbina, sendo conhecido como respirômetro de Wright. Uma representação esquemática deste dispositivo, na sua forma puramente mecânica, é apresentada na Figura 7.

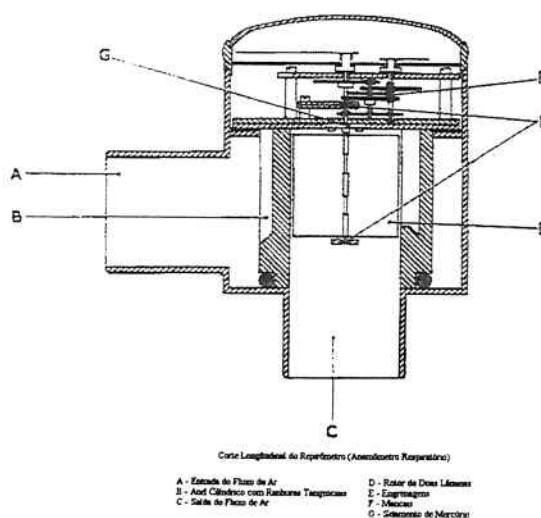


Figura 7 - Representação esquemática de um respirômetro de Wright puramente mecânico (NUNN et al., 1962, modificada).

O respirômetro de Wright consiste de uma turbina em miniatura com um rotor de baixa inércia que está conectado a um conjunto de engrenagens. O fluxo de ar entra no compartimento cilíndrico, através de uma série de ranhuras tangenciais, movendo o fino e leve rotor de duas lâminas e deixando de forma axial o transdutor.

Através das engrenagens existentes, faz-se a transformação do número de revoluções do rotor para a quantidade de mistura gasosa que flui através do anemômetro. Em um mostrador, semelhante aos encontrados em relógios analógicos de pulso, é apresentada a quantidade em litros de ar expirado que fluiu através do aparato entre duas leituras consecutivas.

BYLES (1960) realizou uma série de ensaios com um respirômetro de Wright utilizando fluxos contínuos, obtendo os dados apresentados na Tabela 3. Observa-se através destes dados que a resistência ao fluxo aumenta consideravelmente com o acréscimo na vazão e há um desvio bastante alto em condições de fluxos menores do que 10 l/min, sendo que a faixa ideal de operação do respirômetro está situada em torno de 20 l/min.

Tabela 3 - Alguns dados do respirômetro de Wright obtidos por BYLES (1960).

Fluxo (l/min)	Desvio (%)	σ	Resistência ao fluxo (mmH ₂ O)
4,0	- 39,19	0,269	0,05
7,0	-16,04	0,229	-
10,0	- 8,95	0,302	0,2
20,0	- 0,866	0,321	0,8
30,0	+ 5,23	0,268	1,8
40,0	+ 6,32	0,237	3,2
100,0	-	-	18,0

Após uma série de ensaios realizada com dois respirômetros de Wright, HALL et al. (1962) verificaram que existe uma interdependência entre o desvio percentual dos valores obtidos e a taxa respiratória.

Assim sendo, a leitura simples das medições realizadas pelo respirômetro de Wright puramente mecânico necessita de uma correção posterior para obter-se uma exatidão maior.

O transdutor de fluxo em volume utilizado é fabricado pela Ferraris⁴, sendo constituído por dois componentes distintos: o monitor respiratório Magtrak II e o sensor de fluxo Magtrak Flow Sensor Lightweight JL.

A Figura 8 apresenta uma foto do monitor respiratório Magtrak II e do sensor de fluxo Magtrak Flow Sensor Lightweight JL.

⁴ Ferraris Medical LTD (UK). 26 Lea Valley Trading Estate. London N18 3JD. UK.



Figura 8 - Foto do monitor respiratório Magtrak II e do sensor de fluxo Magtrak Flow Sensor Lightweight JL.

O sensor de fluxo Magtrak Flow Sensor Lightweight JL apresenta a mesma configuração de um respirômetro de Wright com exceção das engrenagens que são substituídas por um circuito eletrônico capaz de perceber as revoluções do rotor através de efeitos de campos eletromagnéticos e convertê-las em um trem de pulsos elétricos que está relacionado com o volume de ar que passa através do sensor. São gerados dois pulsos idênticos de tensão por revolução do rotor. A turbina responde somente ao fluxo em um dado sentido, sendo o fluxo reverso ignorado.

Algumas especificações do sensor de fluxo Magtrak Flow Sensor Lightweight JL são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Algumas especificações do sensor de fluxo Magtrak Flow Sensor Lightweight JL fornecidas pelo fabricante.

Sensibilidade	Os pulsos eletrônicos começam a ser emitidos para um fluxo não maior que 2 litros/minuto
Trem de pulsos	2 pulsos iguais por revolução do rotor, separados por $500 \mu s \pm 90 \mu s$
Amplitude e duração do pulso	90% da tensão de alimentação, duração por pulso constante e igual a $170 \mu s \pm 30 \mu s$
Volume referente a um pulso	3,3 ml nominal por pulso, a 16 l/min em fluxo contínuo e em ATPS. Resolução: 6,6 ml
Frequência de repetição de pulsos	80 Hz $\pm 2\%$ a 16 l/min (fluxo contínuo) 322,5 Hz $\pm 2\%$ a 60 l/min (fluxo contínuo)
Alimentação	D.C. Mínimo 5 V, máximo 7,6 V, regulação $\pm 0,5$, corrente máxima 8 mA. A alimentação do sensor é fornecida pelo monitor respiratório.
Resistência à respiração	Proporcional ao quadrado da taxa de fluxo e não maior que 2,0 cmH ₂ O a 100 l/min
Espaço morto	22 ml
Máximo fluxo seguro	60 l/min (máximo de 100 l/min para curtos períodos)
Temperatura de operação	até + 50 °C
Dimensões	75mm x 42mm x 62mm
Massa	130 g

O monitor respiratório Magtrak II é composto por um circuito eletrônico microprocessado que apresenta os dados de saída referentes ao volume corrente (VC, em litros), volume expirado de ventilação por minuto ($\dot{V}_E$, em litros/minuto) e frequência respiratória (respirações por minuto). Além disso, este medidor também apresenta um alarme de apnéia (após 15 segundos sem fluxo através do sensor).

As correções necessárias, como a proposta por HALL et al. (1962), são realizadas pelo circuito microprocessado.

Na Tabela 5 são apresentadas algumas especificações do monitor respiratório Magtrak II.

Tabela 5 - Algumas especificações do monitor respiratório Magtrak II fornecidas pelo fabricante.

Alimentação	bateria alcalina, 9 V, 30 mA
Autonomia	25 horas aproximadamente
Condições de operação	Temperatura: 0 °C a 50 °C Umidade: até 95 % (25 °C, sem condensação) Pressão atmosférica: 700 hPa a 1060 hPa
Dimensões	167mm × 85mm × 41 mm
Massa (bateria inclusa)	250 g

O principal fator que levou à escolha deste tipo de transdutor de fluxo em volume foi sua disponibilidade imediata, uma vez que dois sensores de fluxo Magtrak Flow Sensor Lightweight JL e um monitor respiratório Magtrak II foram gentilmente cedidos pela empresa Calgimed Equipamentos para Eletromedicina e Engenharia LTDA.

2.4. VÁLVULAS RESPIRATÓRIAS DIRECIONAIS UTILIZADAS

As válvulas respiratórias direcionais utilizadas nesta pesquisa foram adquiridas junto à empresa Hans Rudolph⁵.

A válvula respiratória direcional de uma via será utilizada para permitir que parte da mistura gasosa inspirada fique confinada na câmara de contenção.

A válvula respiratória direcional de uma via modelo 5610 foi utilizada. A Tabela 6 apresenta alguns dados referentes a esta válvula modelo 5610.

Tabela 6 - Dados da válvula respiratória direcional de uma via, modelo 5610 da Hans Rudolph.

Descrição	Válvula respiratória direcional de uma via, tamanho médio.
Diâmetro externo (portas de entrada e saída)	35 mm
Diâmetro interno (portas de entrada e saída)	28.6 mm
Massa	40 g
Comprimento total (porta de entrada até porta de saída)	86,4 mm

⁵ Hans Rudolph, Inc. 7200 Wyandotte. Kansas City, Mo 64114. USA.

A Figura 9 apresenta o comportamento da válvula modelo 5610 em relação à resistência ao fluxo.

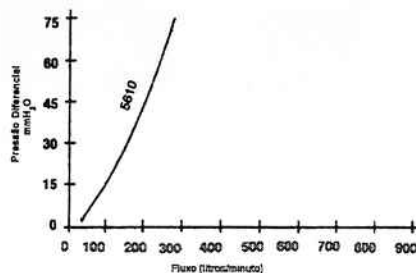


Figura 9 - Comportamento da válvula modelo 5610 em relação à resistência ao fluxo (HANS RUDOLPH, 1995, modificada).

Utilizou-se o modelo 2600 para a válvula respiratória direcional de duas vias necessária ao sistema proposto. Alguns dados do modelo 2600 estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados da válvula respiratória direcional de duas vias, modelo 2600 da Hans Rudolph .

Descrição	Válvula respiratória direcional média de duas vias, tipo T
Diâmetro externo (todas 3 portas: inalação, exalação e bocal)	35 mm
Diâmetro interno (todas 3 portas: inalação, exalação e bocal)	28.6 mm
Massa	92 g
Volume interno	48,9 ml
Comprimento (porta de inalação até porta de exalação)	129,3 mm

O perfil de resistência ao fluxo da válvula modelo 2600 é apresentado na Figura 10.

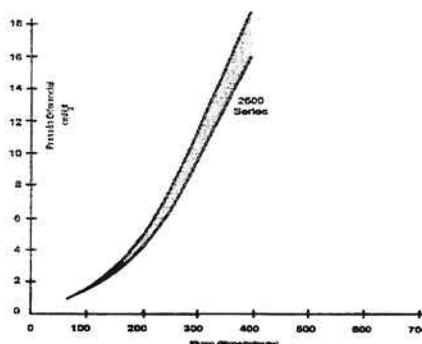


Figura 10 - Comportamento da válvula modelo 2600 em relação à resistência ao fluxo (HANS RUDOLPH, 1995, modificada).

A Figura 11 apresenta uma foto das válvulas respiratórias direcionais modelos 2600 e 5610 da Hans Rudolph.

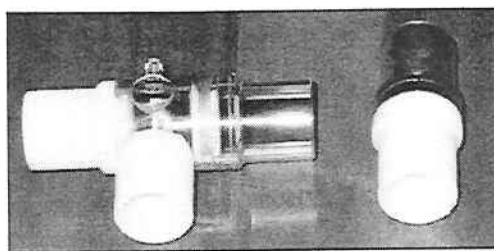


Figura 11 - Foto das válvulas respiratórias direcionais modelos 2600 e 5610 da Hans Rudolph.

3. PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS

Os transdutores escolhidos foram avaliados através de uma série de ensaios.

Inicialmente são apresentadas as montagens e os procedimentos de ensaios utilizados para cada um dos transdutores.

Posteriormente é relatada uma série de ensaios realizada para tentar-se avaliar o comportamento do sistema de medição proposto.

3.1. ENSAIOS COM TRANSDUTOR DE OXIGÊNIO

A Figura 12 apresenta um diagrama de blocos representando a montagem utilizada para a realização dos ensaios visando a caracterização do transdutor de oxigênio modelo KE-25 da Figaro.

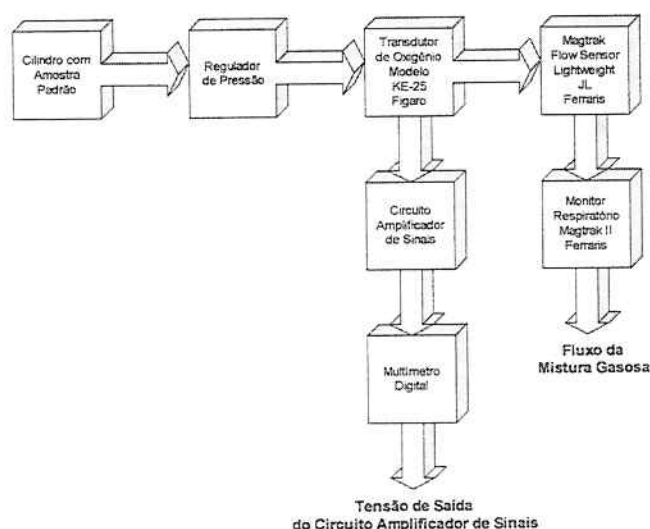


Figura 12 - Diagrama de blocos da montagem utilizada nos ensaios com o transdutor de oxigênio.

Foram realizadas cinco baterias de ensaios, sendo utilizado um cilindro com uma amostra gasosa diferente em cada bateria.

A válvula do cilindro foi conectada ao regulador de pressão que, por sua vez, estava conectado a uma mangueira de silicone. Esta mangueira foi conectada a uma peça plástica, representada na Figura 13 e utilizada para conectar o transdutor de oxigênio e o transdutor de fluxo em volume.

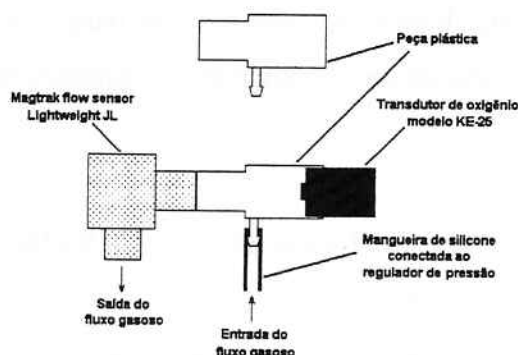


Figura 13 - Representação da peça plástica utilizada para conectar o transdutor de oxigênio e o transdutor de fluxo em volume.

O fluxo da amostra gasosa entrava em contato com o transdutor de oxigênio modelo KE-25 e fluía através do transdutor de fluxo em volume.

O transdutor de fluxo em volume foi inserido no sistema de ensaio para que fosse possível a monitoração do fluxo da mistura gasosa. Entretanto, a leitura realizada no monitor respiratório Magtrak II foi utilizada somente como um indicador da ordem de grandeza do fluxo da mistura gasosa, pois o transdutor de fluxo em volume utilizado é específico para uso com ar expirado e não apresenta possibilidade de correções decorrentes de mudanças nas densidades dos gases medidos.

Como a tensão de saída do transdutor de oxigênio modelo KE-25 está compreendida no intervalo de 0 a 50 mV, implementou-se um circuito amplificador de sinais para que as medições fossem feitas com instrumentos de medição menos sofisticados.

O circuito amplificador de sinais utiliza um amplificador operacional na configuração de amplificador não inversor. O ganho do circuito amplificador de sinais utilizado durante os ensaios do transdutor de oxigênio era de 100,11.

Para alimentar o circuito amplificador foi utilizada uma fonte de tensão múltipla que fornecia as seguintes tensões: +12 V, +5 V, 0 V, -5 V e -12 V.

A saída do circuito amplificador de sinais foi conectada a um multímetro digital de 3 e 1/2 dígitos.

Cada bateria de ensaios consistiu de 22 medições. A válvula do cilindro era aberta no início de cada bateria de ensaios e a válvula do regulador de pressão permanecia fechada. A válvula do regulador de pressão era aberta em cada medição, de maneira a ter-se uma vazão da ordem de 10 l/min. Esta válvula permanecia aberta durante aproximadamente 90 segundos. No final deste intervalo de tempo eram realizadas as leituras do multímetro e do monitor respiratório Magtrak II, obtendo-se a tensão de saída do circuito amplificador de sinais e o fluxo da mistura gasosa, respectivamente. Posteriormente, o transdutor de oxigênio era

exposto ao ar ambiente durante um intervalo de tempo de aproximadamente 90 segundos. Após este intervalo, o transdutor de oxigênio era reconectado à peça plástica e outra medição era iniciada.

3.2. ENSAIOS COM TRANSDUTOR DE DIÓXIDO DE CARBONO

A montagem utilizada durante os ensaios com o transdutor de dióxido de carbono escolhido está representada no diagrama de blocos apresentado na Figura 14

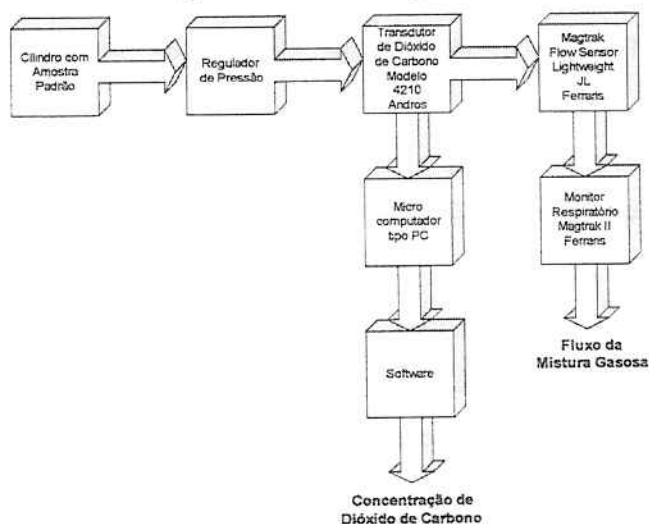


Figura 14 - Diagrama de blocos da montagem utilizada nos ensaios com o transdutor de dióxido de carbono.

As conexões pneumáticas utilizadas para os ensaios com o transdutor de dióxido de carbono são semelhantes às empregadas nos ensaios com o transdutor de oxigênio, sendo que ocorreu somente a troca das peças plásticas. A peça plástica utilizada para conectar o transdutor de dióxido de carbono e o transdutor de fluxo em volume está representada na Figura 15.

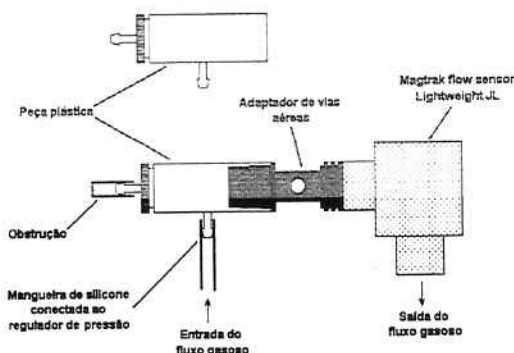


Figura 15 - Representação da peça plástica utilizada para conectar o transdutor de oxigênio e o transdutor de fluxo em volume.

O fluxo da amostra gasosa entrava em contato com o transdutor de dióxido de carbono modelo 4210 da Andros e fluía através do transdutor de fluxo em volume.

O transdutor de fluxo em volume apresenta a mesma função desempenhada nos ensaios com o transdutor de oxigênio.

O módulo isolado de potência foi alimentado pela mesma fonte de tensão empregada nos ensaios com o transdutor de oxigênio.

O protocolo de comunicação serial RS-232 foi utilizado para realizar o controle e a monitoração do transdutor de dióxido de carbono modelo 4210, possibilitando a realização da programação do transdutor e a coleta dos dados referentes à transdução.

Um software elaborado pelo próprio fabricante do transdutor e denominado "BreathWatch Model 4210 On-Airway CO₂ ANALYZER HOST INTERFACE PROGRAM, version 2.01" foi utilizado durante os ensaios com o transdutor de dióxido de carbono.

Este software foi executado em um microcomputador tipo PC que estava conectado via porta serial com o transdutor de dióxido de carbono modelo 4210.

Os procedimentos de ensaios utilizados para o transdutor de dióxido de carbono modelo 4210 são bastante semelhantes aos empregados com o transdutor de oxigênio.

3.3. ENSAIOS COM TRANSDUTOR DE FLUXO EM VOLUME

Para caracterizar o transdutor de fluxo em volume foram realizados dois tipos de ensaios distintos:

- ensaios estáticos;
- ensaios dinâmicos.

Os ensaios estáticos foram realizados sob fluxo contínuo e constante de ar. Os ensaios dinâmicos foram realizados sob fluxo pulsátil, com pulsos de volume e período dos pulsos pré-determinados.

A montagem e os procedimentos adotados nos ensaios serão descritos em detalhes nos itens subseqüentes.

3.3.1. ENSAIOS ESTÁTICOS - AVALIAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS RELACIONADOS À CURVA DE CALIBRAÇÃO

Nestes ensaios, uma bomba de ar comprimido que gerava um fluxo contínuo e constante de ar foi conectada a uma válvula que controlava a vazão. Esta válvula estava conectada a um medidor, considerado padrão, que estava conectado ao transdutor de fluxo em volume escolhido. O diagrama de blocos apresentado na Figura 16 ilustra o diagrama de blocos da montagem experimental utilizada.

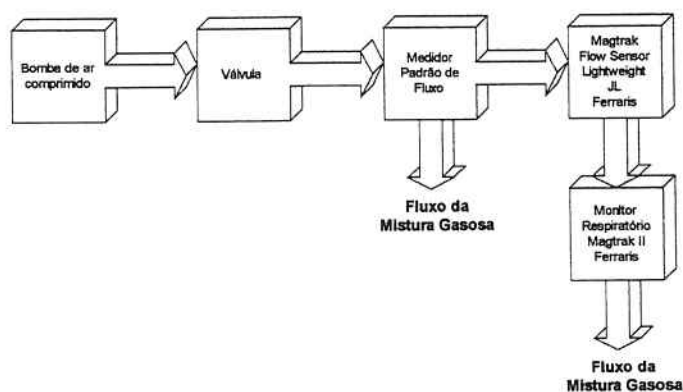


Figura 16 - Diagrama de blocos da montagem utilizada nos ensaios com o transdutor de fluxo em volume.

Inicialmente a válvula foi ajustada de modo a ter-se um fluxo baixo e constante, próximo ao limiar de detecção do transdutor de fluxo em volume escolhido. Com este fluxo foram realizadas as medições de fluxo indicados pelo medidor padrão e pelo transdutor de fluxo em volume escolhido. Em seguida, a válvula era aberta para que um novo fluxo constante se estabelecesse e posteriormente eram realizadas as medições de fluxo. Este procedimento foi repetido até um valor de fluxo máximo, que não ultrapassou o limite do transdutor de fluxo ensaiado especificado pelo fabricante. Após o valor máximo de fluxo ser atingido, a válvula passou a ser gradativamente fechada e as medições de fluxo foram realizadas para cada novo fluxo constante estabelecido. Este procedimento foi repetido até um valor de fluxo próximo ao limiar de detecção do transdutor de fluxo em volume escolhido.

3.3.2. ENSAIOS ESTÁTICOS - AVALIAÇÃO DE REPETIBILIDADE

O diagrama de blocos da montagem utilizada para os ensaios estáticos - avaliação de repetibilidade com o transdutor de oxigênio é idêntico ao apresentado na Figura 16.

Os equipamentos e a montagem utilizados são os mesmos dos ensaios com fluxo contínuo - avaliação de alguns parâmetros relacionados à curva de calibração.

Foram realizadas diversas baterias de ensaios com fluxos diferentes, sendo que cada bateria de ensaios consistiu de 22 medições de um mesmo fluxo constante de ar. A válvula que controlava a vazão era aberta de modo a ter-se um determinado fluxo constante de ar. Esta válvula permanecia aberta durante aproximadamente 60 segundos e no final deste intervalo de tempo, eram realizadas as medições dos fluxos indicados pelo medidor padrão e pelo monitor respiratório Magtrak II. A válvula era então fechada e o procedimento era reiniciado depois que o rotor do sensor Magtrak Flowsensor Lightweight JL parava completamente.

3.3.3. ENSAIOS DINÂMICOS

Um ventilador mecânico modelo 9200 da Calgimed foi conectado a um medidor considerado padrão que estava conectado ao transdutor de fluxo em volume a ser ensaiado. A Figura 17 apresenta o diagrama de blocos da montagem utilizada durante os ensaios.

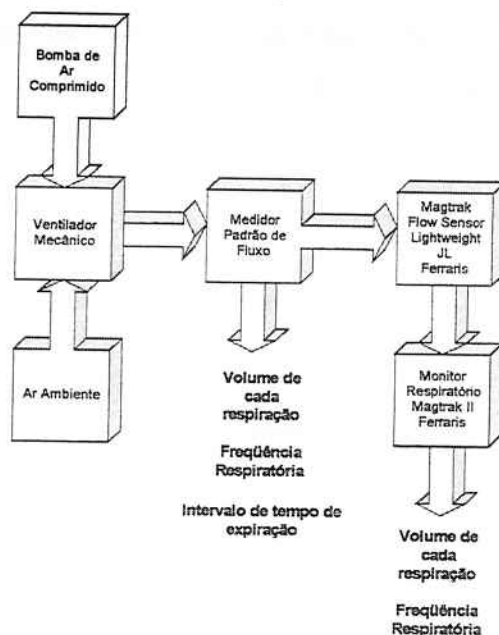


Figura 17 - Diagrama de blocos da montagem utilizada nos ensaios com o transdutor de fluxo em volume e um ventilador mecânico.

Foi utilizado ar ambiente nos ramos inspiratório e expiratório do ventilador mecânico.

O ventilador mecânico foi ajustado para ciclagem a volume, ou seja, o volume corrente determinado permaneceu constante durante a bateria de ensaios. Foram realizadas várias baterias de ensaios com diferentes valores de frequência respiratória e volume corrente.

Cada bateria de ensaio consistiu de 22 medições para cada combinação de frequência respiratória e volume corrente estabelecidos.

No início da bateria de ensaios, o ventilador mecânico era ajustado para um determinado valor de frequência respiratória e de volume corrente. O ventilador era ligado e esperava-se 90 segundos para que houvesse estabilização do sistema. Após este intervalo de tempo eram medidos três parâmetros indicados pelo medidor padrão (frequência respiratória, volume corrente e intervalo de tempo de expiração) e dois parâmetros indicados pelo monitor respiratório Magtrak II (frequência respiratória e volume corrente). O ventilador era então desligado e esperava-se a completa parada do rotor do transdutor de fluxo escolhido. Em seguida o procedimento era reiniciado até que 22 medições fossem realizadas.

3.4. ENSAIOS COM SISTEMA DE MEDIÇÃO COMPLETO

Nos ensaios realizados, o bocal foi substituído por um conector com uma mangueira de silicone que estava conectado a um ventilador mecânico, o qual estava conectado ao regulador de pressão de um cilindro com amostra-padrão e à bomba de ar comprimido. A Figura 18 apresenta o diagrama de blocos da montagem utilizada para a realização dos ensaios com o sistema de medição.

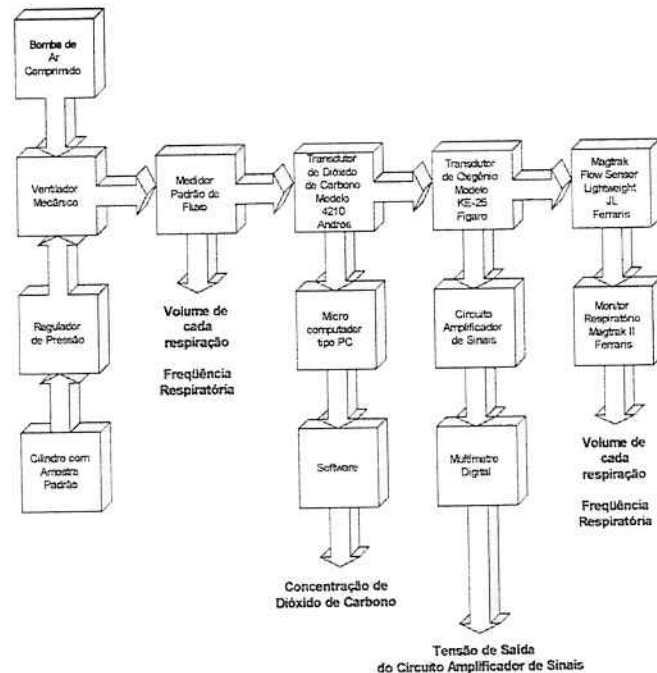


Figura 18 - Diagrama de blocos da montagem utilizada para a realização dos ensaios com o sistema de medição.

A amostra padrão do cilindro era utilizada nos ramos inspiratório e expiratório do ventilador mecânico.

Foram realizadas cinco baterias de ensaios, sendo que em cada bateria utilizou-se um cilindro com uma amostra gasosa diferente. Devido ao término das quantidades de gás nas amostras padrão existentes no cilindros, o número de medições em cada bateria de ensaios variou conforme o cilindro utilizado. O menor número de medições realizado em uma bateria de ensaios foi 15. Acredita-se que este fato pouco influenciou nos resultados pois utilizando-se somente as 15 primeiras amostras de todas as baterias de ensaios e comparando os resultados obtidos com das baterias de ensaios com todas as medições, observou-se que houve um desvio percentual de no máximo 0,25 % para as médias e de 50 % para os desvios padrão.

O ventilador mecânico foi ajustado para ciclagem a volume com uma frequência respiratória de 10 respirações/minuto e um volume corrente em torno de 600 ml. Não foi possível obter-se um volume corrente exato, pois tanto o medidor padrão como o transdutor

de fluxo escolhido não apresentavam opções para compensação relacionada com as densidades das misturas gasosas utilizadas.

O ventilador era ligado e esperava-se 90 segundos para que houvesse estacionariedade e estabilização do sistema. Após este intervalo de tempo eram medidos três parâmetros indicados pelo medidor padrão (frequência respiratória, volume corrente e intervalo de tempo de expiração), a concentração de dióxido de carbono, a tensão de saída do circuito amplificador de sinais ligado ao transdutor de oxigênio e dois parâmetros indicados pelo monitor respiratório Magtrak II (frequência respiratória e volume corrente). O ventilador era então desligado e esperava-se aproximadamente 90 segundos. Em seguida o procedimento era reiniciado até que ou 22 medições fossem realizadas ou a mistura gasosa contida no cilindro terminasse.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A aquisição de conhecimento sobre os procedimentos de calorimetria indireta constituiu-se no primeiro passo em direção ao aprofundamento das pesquisas em Engenharia Biomédica na área do estudo e avaliação do metabolismo humano no Laboratório de Engenharia Biomédica (LEB) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).

Após uma abrangente pesquisa e diversos contatos com fabricantes nacionais e internacionais de transdutores, verificou-se que os transdutores utilizados pela maioria dos equipamentos que realizam calorimetria indireta para avaliação metabólica humana ou eram fabricados com exclusividade para o fabricante do analisador metabólico ou o fabricante não apresentava nenhum interesse em vender ou ceder um transdutor para a realização de ensaios. Devido à necessidade de adquirir no máximo dois exemplares de cada transdutor, os preços propostos pelos fabricantes, na sua maioria estrangeiros, superavam a previsão orçamentária disponível.

Além de avaliar separadamente os três transdutores utilizados em equipamentos que realizam análise metabólica humana, foi construído um subsistema pneumático de modo a possibilitar medições conjuntas do fluxo de ar expirado e das concentrações de oxigênio e de dióxido de carbono nessa mistura gasosa. O conjunto formado pelo subsistema pneumático e os três transdutores (de O_2 , CO_2 e fluxo em volume) foi denominado sistema de medição. Devido às limitações inerentes aos transdutores ensaiados, esse sistema de medição nunca teve a pretensão de constituir uma parte de um equipamento para uso clínico, tratando-se apenas de um protótipo utilizado para estudo do comportamento conjunto e global dos transdutores.

Apesar das limitações existentes nos transdutores utilizados nesta pesquisa e dos ensaios não terem sido realizados com a infra-estrutura desejada devido ao elevado custo de montagem de um laboratório específico para realização de ensaios de transdutores para a área respiratória, os resultados dos ensaios foram úteis e representativos para a caracterização parcial dos transdutores. Embora os resultados dos ensaios realizados com os transdutores terem mostrado que os dispositivos ensaiados não são os mais adequados para uso em equipamentos de avaliação do metabolismo humano, a metodologia utilizada para caracterizar esses dispositivos demonstrou-se adequada, constituindo-se em importante recurso a ser utilizado na implantação do laboratório de avaliação metabólica e respiratória do Laboratório de Engenharia Biomédica (LEB) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).

Os principais resultados e conclusões referentes aos ensaios dos transdutores avaliados são apresentadas a seguir.

4.1. TRANSDUTOR DE OXIGÊNIO

As características do transdutor de oxigênio obtidas através dos ensaios de avaliação são apresentadas na Tabela 8.

Trata-se de um transdutor de baixo custo quando comparado a outros transdutores de oxigênio.

Tabela 8 - Características do transdutor de oxigênio obtidas durante os ensaios de avaliação.

"Offset" de entrada	$0,025 \pm 0,001 \text{ V}$
Coefficientes angular e linear da reta de calibração	$m = 0,050027 \pm 0,000062$ $b = 0,02769 \pm 0,00288$
Não linearidade	0,1 %
Histerese	Não foi possível a verificação da existência de histerese na resposta do transdutor.
Imprecisão	Não foi realizado o cálculo, pois as variáveis de entrada e de saída são de naturezas diferentes
Erro sistemático máximo	Não foi realizado o cálculo, pois as variáveis de entrada e de saída são de naturezas diferentes
Sensibilidade estática	$0,050027 \pm 0,000062$
Repetibilidade	A maior faixa em valor absoluto obtida foi de 0,09 V, correspondendo a uma faixa percentual de 1,79 %. A maior faixa percentual obtida foi de 1202 %, correspondendo a uma faixa em valor absoluto de 0,003 V.

A grande deficiência apresentada pelo transdutor de oxigênio modelo KE-25 fabricado pela Figaro é o seu tempo de resposta de aproximadamente 12 segundos. Este tempo de resposta praticamente inviabiliza sua utilização em equipamentos para análise de gases expirados que realizem medições em cada respiração. A utilização do transdutor de oxigênio modelo KE-25 em equipamentos que realizam calorimetria indireta com circuito aberto e

técnica de câmara de mistura provavelmente seja possível desde que as medições sejam realizadas em um intervalo bastante superior a 12 segundos.

A falta de uma Norma específica para transdutor de oxigênio destinada a análise de gases respiratórios impede a obtenção de uma conclusão mais aprofundada dos resultados obtidos nos ensaios de avaliação.

Como sugestão para utilização em um sistema de medição para uso clínico tem-se o transdutor de oxigênio modelo 1111D da Servomex⁶. Trata-se de um transdutor paramagnético de oxigênio que trabalha em linha secundária, ou seja, é necessário uma bomba de vácuo para colher uma amostra da mistura gasosa a ser analisada. Este dispositivo apresenta um tempo de resposta de aproximadamente 1 segundo em modo padrão e pode ser configurado para um tempo de resposta de até 0,5 segundo. Tem-se conhecimento da utilização do transdutor de oxigênio modelo 1111D da Servomex por alguns analisadores metabólicos comerciais. O custo de um transdutor deste tipo é de aproximadamente US\$ 2500,00, fora despesas com importação.

Transdutores eletroquímicos de oxigênio também são utilizados em alguns equipamentos comerciais para análise metabólica. Entretanto, este tipo de transdutor tem o inconveniente de apresentar uma vida útil que varia de 6 meses a 5 anos, dependendo das suas características e formas de utilização.

4.2. TRANSDUTOR DE DIÓXIDO DE CARBONO

As características do transdutor de dióxido de carbono obtidas através dos ensaios de avaliação são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Características do transdutor de dióxido de carbono obtidas durante os ensaios de avaliação.

"Offset" de entrada	$-0,09 \pm 0,01$ % de CO ₂
Coefficientes angular e linear da reta de calibração	$m = 0,89384 \pm 0,02642$ $b = -0,00415 \pm 0,14539$
Não linearidade	0,99 %
Histerese	Não foi possível a verificação da existência de histerese na resposta do transdutor.
Imprecisão	$\pm 0,2$ % de CO ₂
Erro sistemático máximo	-1,1 % de CO ₂
Sensibilidade estática	$0,89384 \pm 0,02642$
Repetibilidade	A maior faixa em valor absoluto obtida foi de 0,5 % de CO ₂ , correspondendo a faixas percentuais de 0,56%, 1,40% e -54,73%, sendo esta última a maior faixa percentual obtida.

⁶ Servomex Company, Inc. 90 Kerry Place. Norwood, MA 02062. USA.

A principal utilização do transdutor de dióxido de carbono modelo 4210 fabricado pela Andros está relacionada ao seu uso em equipamentos de monitoração para anestesia. Assim sendo, o diâmetro interno de 12,1 mm do adaptador de vias aéreas empregado no transdutor é padrão para a área de anestesiologia. Este diâmetro para o adaptador de vias aéreas gera uma alta resistência à passagem de fluxo gasoso, o que não é aconselhável para um equipamento de análise metabólica humana.

O mesmo problema já observado anteriormente para o transdutor de oxigênio ocorre neste caso: a falta de uma Norma específica para transdutor de dióxido de carbono para gases respiratórios impede a obtenção de uma conclusão mais aprofundada dos resultados obtidos nos ensaios de avaliação.

Um transdutor de dióxido de carbono que parece ser adequado para utilização em um equipamento de análise metabólica humana é o transdutor modelo Ir1507, também fabricado pela Servomex. O princípio de transdução utilizado se baseia na absorção de radiação infravermelha. Este transdutor atua em linha secundária sendo que, se for adotada a sugestão para o transdutor de oxigênio, pode-se utilizar a mesma bomba de vácuo para colher amostras para os dois transdutores, tanto de oxigênio como de dióxido de carbono. Alguns analisadores metabólicos comerciais utilizam o transdutor de dióxido de carbono modelo Ir1507 da Servomex. O custo deste tipo de transdutor se assemelha ao apresentado para o transdutor de oxigênio modelo 1111D da Servomex.

4.3. TRANSDUTOR DE FLUXO EM VOLUME

As características do transdutor de fluxo em volume obtidas através dos ensaios estáticos de avaliação são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Características do transdutor de fluxo em volume obtidas durante os ensaios estáticos de avaliação.

Desvios percentuais em relação ao fluxo indicado pelo medidor padrão	$-2E-07.Q^6 + 3E-05.Q^5 - 0,0023.Q^4 + 0,0861.Q^3 - 1,7608.Q^2 + 19,559.Q - 93,933$ (%) onde Q é o fluxo indicado pelo medidor padrão.
Coeficientes angular e linear da reta de calibração	$m = 1,1371 \pm 0,0016$ $b = -2,2295 \pm 0,0435$
Não linearidade	0,83 %
Histerese	nula
Imprecisão	$\pm 0,4$ l/min
Erro sistemático máximo	3,8 l/min
Sensibilidade estática	$1,1371 \pm 0,0016$
Repetibilidade	O transdutor satisfaz o critério de aceitabilidade de repetibilidade para medições de fluxo prescrito na NORMA NBR 13931 (ABNT, 1997).

As características do transdutor de fluxo em volume obtidas durante os ensaios dinâmicos de avaliação são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Características do transdutor de fluxo em volume obtidas durante os ensaios dinâmicos de avaliação.

Desvios percentuais em relação ao fluxo indicado pelo medidor padrão	$-2E-07.Q^6 + 3E-05.Q^5 - 0,0023.Q^4 + 0,0861.Q^3 - 1,7608.Q^2 + 19,559.Q - 93,933$ (%) onde Q é o fluxo indicado pelo medidor padrão.
Coefficientes angular e linear da reta de calibração	São dependentes da frequência respiratória, do volume corrente e do intervalo de tempo de expiração utilizados.
Repetibilidade	O transdutor satisfaz o critério de aceitabilidade de repetibilidade para medições de volume prescrito na NORMA NBR 13931 (ABNT, 1997).

A inércia do rotor do transdutor de fluxo em volume fabricado pela Ferraris Medical LTD. é o principal impedimento para sua utilização em um sistema de análise metabólica humana, pois, conforme verificado nos ensaios realizados, apesar de o transdutor apresentar uma repetibilidade aceita pela Norma NBR 13931 (ABNT, 1997), os desvios no fluxo e no volume indicados pelo transdutor variam com o fluxo que o atravessa.

Outra deficiência do Magtrak II está no limite superior de fluxo aceitável, que é aproximadamente de 60 litros/minuto. Este limite é muito baixo para aplicações que envolvam exames com atividade física intensa.

Uma possível solução seria a utilização de transdutores de fluxo em volume tipo pressão diferencial que são muito utilizados em equipamentos para análise metabólica humana e apresentam uma vida útil maior do que a dos transdutores por convecção térmica.

4.4. SISTEMA DE MEDIÇÃO

Conforme foi observado através dos resultados obtidos das baterias de ensaios com o sistema de medição, a montagem sugerida interferiu nas medições realizadas pelo transdutor de dióxido de carbono. As causas dessa interferência não foram descobertas. Várias possibilidades podem ser conjecturadas, tais como a característica pulsátil do fluxo e a resistência à passagem do fluxo da mistura gasosa imposta pela montagem utilizada. Entretanto, um estudo minucioso deverá ainda ser realizado a posteriori.

Como citado anteriormente, o sistema de medição não tinha a pretensão de ter um uso clínico, tratando-se apenas de um protótipo utilizado para estudo do comportamento conjunto dos transdutores. Portanto, apesar da interferência nas medições, o sistema de medição cumpriu seu papel, demonstrando que diversos fatores podem influenciar na medição realizada pelos transdutores de gases.

5. PERSPECTIVAS

Devido à experiência adquirida decorrente desta pesquisa, dever-se-á realizar a implementação de um sistema completo para análise metabólica humana para uso clínico.

Provavelmente atuar-se-á também na implementação de um sistema de análise metabólica humana por telemetria (MORAES et al., 1997).

Já estão sendo realizadas atividades conjuntas com a Divisão de Medicina de Reabilitação do Hospital das Clínicas (DMRHC) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) com o intuito de avaliar equipamentos de análise metabólica (MORIYA et al., 1988) e realizar avaliações cárdiorrespiratórias em deficientes físicos que utilizam ou não a estimulação elétrica neuromuscular funcional. Em um futuro próximo, pretende-se também realizar avaliações cárdiorrespiratórias em indivíduos normais e atletas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDROS. 4210 product manual reorder number 891142-000, revision b. Berkeley, 1994.
- BRANSON, R. D. The measurement of energy expenditure: instrumentation, practical considerations, and clinical application. *Respiratory Care*, v.35, n.7, p.640-56, 1990.
- BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D.; WHITE, T. P. **Exercise physiology: human bioenergetics and its applications**. 2.ed. Mountain View, Mayfield Publishing Company, 1995.
- BYLES, P. H. Observations on some continuously-acting spirometers. *British Journal of Anaesthesia*, v.32, p.470-74, 1960.
- DOEBELIN, E. O. **Measurement systems: application and design**. 4.ed. Tokio, McGraw-Hill Kogakusha, 1990.
- FIGARO. **Product information: gs oxygen sensor**. Wilmette, 1994.
- HALL, K. D.; REESER Jr., F. H. Calibration of Wright spirometer. *Anesthesiology*, v.23, n.1, p.126-29, 1962.
- HANS RUDOLPH. **Catalog**. Kansas City, 1995.
- MADAMA, V. C. **Pulmonary function testing and cardiopulmonary stress testing**. Albany, Delmar Publishers, 1993.
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance**. 4.ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1996.
- MORAES, J. C. T. B.; MORIYA, H. T. Telemetric System for Human Metabolic Studies. In: World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, XI Internacional Conference on Medical Physics, XVIII Internacional Conference on Medical and Biological Engineering, Nice, 1997. **Proceedings**. IFMBE, 1997. v.35, p.1192.
- MORIYA, H. T.; MORAES, J. C. T. B. Estudo comparativo de transdutores utilizados em calorimetria indireta para avaliação do metabolismo humano. In: FÓRUM NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 4., Curitiba, 1998. **Anais**. Curitiba, SBEB, 1998. P.131-32.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEE/9301 - Oscilador a HEMT - 10 GHz - FÁTIMA S. CORRERA, EDMAR CAMARGO
- T/PEE/9302 - Representação Senoidal da Voz através dos Polos do Filtro Predictor - MARCELO B. JOAQUIM, NORMONDS ALENS
- BT/PEE/9303 - Blindagens por Grades Condutoras: Cálculo do Campo Próximo - LUIZ CEZAR TRINTINALIA, ANTONIO ROBERTO PANICALI
- BT/PEE/9304 - Sistema de Otimização e Controle de Produção em Minas de Pequeno e Médio Porte - TSEN CHUNG KANG, VITOR MARQUES PINTO LEITE
- BT/PEE/9401 - Determinação das Frases de Aplicação Forense para o projeto NESPER e Tese de Mestrado IME/94, com Base em Estudos Fonéticos - MARCONI DOS REIS BEZERRA, EUVALDO F. CABRAL JUNIOR
- BT/PEE/9402 - Implementação e Teste de uma Rede Neural Artificial do Tipo KSON (Kohonen Self-Organizing Network) com Entradas Bidimensionais - MARCELO YASSUNORI MATUDA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9403 - Transformada de Walsh e Haar Aplicadas no Processamento de Voz - ALEXANDRE AUGUSTO OTTATI NOGUEIRA, THIAGO ANTONIO GRANDI DE TOLOSA, EUVALDO F. CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9404 - Aplicação de Redes Neurais ao Problema de Reconhecimento de Padrões por um Sonar Ativo - ALEXANDRE RIBEIRO MORRONE, CRISTINA COELHO DE ABREU, EDUARDO KOITI KIUKAWA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9405 - Tudo que se Precisa Saber sobre a Prática da FFT - Transformada Rápida de Fourier (Inclui Software) - ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9406 - A Survey on Speech Enhancement Techniques of Interest to Speaker Recognition - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9407 - Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, MÁRCIO A. MATHIAS, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9408 - Implementação e Teste de Filtros do Tipo Adaptativo e $\otimes$ Notch^a para a Remoção de Interferência de 60 Hz em Sinais de Eletrocardiograma - FLÁVIO ANTÔNIO MENEGOLA, JOSÉ AUGUSTO DE MATTOS, JOSÉ GOMES G. FILHO, SIDNEY SILVA VIANA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9409 - Compressão de Sinais de Voz utilizando Transformadas de Karhunen-Loève, Fourier e Hadamard - IVAN LUIS VIEIRA, LUIZ FERNANDO STEIN WETZEL, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9410 - $\otimes$ Ray Tracing^a Paralelo - EDUARDO TOLEDO SANTOS, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9411 - Implementação de uma Ferramenta Posicionador para $\otimes$ Gate-Arrays^a Tipo Mar de Portas - JORGE W. PERLAZA PRADO, WILHELMUS A. M. VAN NOIJE
- BT/PEE/9412 - Tudo que se Precisa Saber Sobre a Teoria da FFT - Transformada Rápida de Fourier - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9413 - Análise do Ruído Sonoro em uma Sala de Aquisição de Amostras de Som com Microcomputador - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9414 - Cor: Aspectos Relevantes para Visualização de Dados - SÍLVIA DELGADO OLABARRIAGA
- BT/PEE/9415 - Projeto de Filtros Digitais IIR com Fase Aproximadamente Linear Utilizando Redução de Ordem - IVAN F. J. RODRIGUES, MAX GERKEN
- BT/PEE/9416 - GERAFILTRO: Sistema para Projeto Automático de Filtros Digitais $\otimes$ IIR^a (da especificação em alto nível ao leiaute do $\otimes$ ASIC^a) - RICARDO PIRES, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
- BT/PEE/9417 - Redes Neurais Artificiais Aplicadas à Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9501 - Estudo Comparativo de Métodos de Cálculo da Frequência Fundamental - MARCOS COSTA HUNOLD, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9502 - Combinando Técnicas de Redes Neurais Artificiais e Informações de Excitação no Reconhecimento Automático do Locutor - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9503 - Utilização de Redes Neurais Artificiais para Detecção e Identificação de Falhas em Circuitos - MÁRCIO YUKIO TERUYA, ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9504 - Uso de Redes Neurais Artificiais no Reconhecimento de Locutores no Domínio Temporal - BENEDITO JOSÉ BARRETO FONSECA JÚNIOR, EUVALDO CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9505 - Projeto de Filtros Passivos e Ativos em Técnicas de Circuitos Integrados de Microondas - DAVID VIVEIROS JÚNIOR, DENISE CONSONNI
- BT/PEE/9506 - Uma Análise de Clustering para as Frases de Projeto NESPER - RONALDO OLIVEIRA MESSINA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9507 - Controle com Estrutura Variável e Modos Deslizantes - Um Estudo para Aplicação em Controle Carga-frequência da Geração - JOSE PAULO F. GARCIA, JOCELYN FREITAS BENNATON

- BT/PEE/9508 - Recuperação das Margens de Ganho e de Fase para Sistemas de Fase Não Mínima por Realimentação da Saída - MARCO H. TERRA, VITOR M. P. LEITE
- BT/PEE/9509 - Sistema de Inspeção Óptica de Dispositivos Bi-Dimensionais - CASIMIRO DE ALMEIDA BARRETO, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ
- T/PEE/9510 - Sistema de Partículas Uma Poderosa Técnica de Animação em Computação Gráfica - RENATO CURTO RODRIGUES, JOÃO ANTÔNIO ZUFFO
- BT/PEE/9511- Efeito de Ruídos em Sinais de Voz Visualizados em Trajetórias Neurais de Kohonen - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9601 - "Um Reconhecedor de Sinais Sonoros Utilizando LVQ" - ALEXANDRE TORNICE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9602 - "Coleção Artificial Neural Networks: Uma Visão Geral dos Sistemas Neurais Artificiais de Stephen Grossberg" - CHIU HSIUNG HUANG
- BT/PEE/9603 - "Reactively-Sputtered TiN Formation Using a RF Magnetron System"- SÉRGIO PAULO AMARAL OSÓRIO, LUIZ SÉRGIO ZASNICOFF
- BT/PEE/9604 - Aspectos em Tradução de Linguagens Naturais Através de Redes Neurais Artificiais - CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9605 - Implementação de Blocos Passa-Tudo Utilizando Realimentação de Erro - SÉRGIO JOSÉ CARNEIRO LEÃO, MAX GERKEN
- BT/PEE/9606 - Coleção SANN group Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Sakoe - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9607 - Coleção SANN group Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Steinbuch - ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9608 - Desenvolvimento de uma Estrutura de Duplo Nível de Metal para a Confeção de Interconexões em Circuitos Integrados - JOSÉ AUGUSTO DE ALENCAR PEREIRA, LUIZ CARLOS MÓLINA TORRES
- BT/PEE/9609 - Determinação de Parâmetros de Processo para Fotomáscara "Balzers" Utilizando Gerador de Padrões - JORGE SEKI, MEGUMI SAITO
- BT/PEE/9610 - Um Ambiente para Desenvolvimento de Sistemas Distribuídos - PEDRO F. ROSA, JOÃO A. ZUFFO
- BT/PEE/9611 - Interpretações Teóricas do Funcionamento Cerebelar: Uma Revisão - MARCUS FRAGA VIEIRA, ANDRÉ FÁBIO KOHN
- BT/PEE/9612 - Marcapasso Cardíaco Temporário Microcontrolado de Demanda e Baixo Consumo - FLAVIO ANTONIO MENEGOLA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9613 - Um Sistema de Planejamento de Ação Baseado em Casos para uma Célula Flexível de Manufatura - RICARDO LUÍS DE FREITAS, MÁRCIO RILLO
- BT/PEE/9614 - Aplicações do Boundary-Scan para o Teste de Módulos Multichip - ROBERTO C. COSSI JR., JOSÉ ROBERTO DE A. AMAZONAS
- BT/PEE/9615 - A 2.488 Gb/s GaAs 1:4/1:16 Demultiplexer IC with Skip Circuit for Sonet STS-12/48 Systems - TAUFIK ABRÃO, FATIMA S. CORRERA
- BT/PEE/9616 - Uma Contribuição para a Construção de Algoritmos em Projetos de Redes - ALLAN DE SOUZA, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA
- BT/PEE/9617 - Análise Crítica dos Métodos de Medição do Intervalo QT do Eletrocardiograma - SÍDNEY DA SILVA VIANA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9618 - Deposição e Caracterização de Filmes de SiO₂ Crescidos pela Técnica de PECVD a Baixa Temperatura - MARCO ALAYO CHÁVEZ, INÉS PEREYRA
- BT/PEE/9619 - PARSTOOL: Uma Ferramenta de Auxílio à Simulação de Sistemas Paralelos - LI KUANG CHING, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PEE/9620 - Análise de um Método de Otimização por Malha no Treinamento de Robôs - OLÍMPIO MURILO CAPELI, JOSÉ CARLOS T. B. MORAES, SÁDIO ISOTANI
- BT/PEE/9701 - Identification of Unstable Mechanical Systems - ROBERTO MOURA SALES, ANSELMO BITTAR, MICHAEL PORSCH, LAÉRCIO LUCCHESI
- BT/PEE/9702 - Analysis of the Subthreshold Slope Transition Region in SOI nMOSFET - VICTOR SONNENBERG, JOÃO ANTONIO MARTINO
- BT/PEE/9703 - Introduction of the SOI MOSFET Dimensions in the High-Temperature Leakage Drain Current Model - MARCELO BELLODI, JOÃO ANTONIO MARTINO, DENIS FLANDRE
- BT/PEE/9704 - Controle de Largura de Banda Dinâmica para Transmissões Multicast para Redes de Alta Velocidade - SANG SOON LEE, SERGIO TAKEO KOFUJI
- BT/PEE/9705 - Uma Modificação Proposta para o Controle Preditivo Generalizado com Filtro de Kalman - JAIME QUINTERO R., OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9706 - Aplicações de Redes Neurais em Previsões Financeiras - OLÍMPIO MURILO CAPELI, EUVALDO F. CABRAL JR.

- BT/PEE/9707 - Sistema Microcontrolado, Multicanal e Portátil para Estimulação Neuromuscular Funcional - ROGÉRIO QUIARIM ZARZA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9708 - Requisitos para o Mapeamento Tecnológico em Projetos de Microeletrônica - LUCIANO DE OLIVEIRA CORRÊA DE BRITO, JOSÉ ROBERTO DE ALMEIDA AMAZONAS
- BT/PEE/9709 - Sistemas PRMA com Dados Acoplados - JOSÉ AUGUSTO DE LIMA, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSKY
- BT/PEE/9710 - Algoritmos Genéticos (AG's) para a Otimização de Controladores Nebulosos - JULIO CESAR CEBALLOS AYA, OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9711 - Um Estudo Sobre a Redução de Ruídos em Sinais Caóticos - ERNANE JOSÉ XAVIER COSTA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9712 - Geradores não Lineares de Sequência para uso em Sistemas Spread Spectrum - ANGEL ANTONIO GONZALEZ MARTINEZ, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSZY
- BT/PEE/9713 - Modelamento Físico do Sistema Heteroestrutura - Metal - CECÍLIA WETTERLE RODRIGUES, MEGUMI SAITO
- BT/PEE/9714 - Tensões Induzidas em Linhas Aéreas por Descargas Atmosféricas Indiretas - Modelagem e Aplicação ao Cálculo de Interrupções - ALEXANDRE PIANTINI, JORGE M. JANISZEWSKI
- BT/PEE/9715 - RECMAP - Uma Ferramenta para Otimização em Síntese de Alto Nível Baseada em Reconhecimento Funcional e Mapeamento de Componentes - ANDRÉ GERHARD, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
- BT/PEE/9716 - Estudo da Sinterização de Contatos Al/Ti por Recozimento Térmico Rápido Visando a Aplicação em Circuitos Integrados - ANGELO EDUARDO BATTISTINI MARQUES, ROGÉRIO FURLAN
- BT/PEE/9717 - Mixed H2/H- Control of Discrete-Time Markovian Jump Linear Systems - OSWALDO L. V. COSTA, RICARDO P. MARQUES
- BT/PEE/9718 - Aluminium Etching with CCl4-N2 Plasmas - ANGELA MAKIE MAKAZAWA, PATRICK VERDONCK
- BT/PEE/9719 - O Uso de Resistes Amplificados Quimicamente e de Sililação em Litografia por Feixe de Elétrons - ANTONIO C. SEABRA, PATRICK B. VERDONCK
- BT/PEE/9720 - Implementação de um Simulador de um Circuito Neuro-Medular que Atua no Controle da Força Motora - LUIZ JURANDIR SIMÕES DE ARAÚJO, ANDRÉ FÁBIO KOHN
- BT/PEE/9721 - Avaliação das Características Físico-Químicas e Elétricas de Filmes de SiO2 Depositados por PECVD a Partir da Reação entre O2 e TEOS - ALVARO ROMANELLI CARDOSO E CLAUS MARTIN HASENACK
- BT/PEE/9722 - Controle e Simulação Dinâmica de Colunas de Destilação: Aplicação Prática em uma Coluna com Refluxo por Gravidade
- BT/PEE/9723 - Circuitos de Portas Lógicas Primitivas Implementados a Partir de uma Classe de Lógicas Paraconsistentes Anotadas - JOÃO INÁCIO DA SILVA FILHO, JAIR MINORO ABE, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ
- BT/PEE/9724 - Lattice Heating and Energy Balance Consideration on the I-V Characteristics of Submicrometer Thin-Film Fully Depleted SOI NMOS Devices - CLAUDIA BRUNETTI, NELSON L. A. BRAGA, LUIZ S. ZASNICOFF
- BT/PEE/9725 - Identificação de um Processo de Neutralização de pH via Redes Neurais - SILVIO FLABOREA, CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9726 - Uma Estratégia de Migração de Sistemas de Telefonia Móvel com Tecnologia AMPS para a Tecnologia CDMA - RONALD LUÍS CLARKSON EISNER, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSKY
- BT/PEE/9727 - Controle de pH Usando Conceitos de Invariantes de Reações e Geometria Diferencial - OSCAR A. ZANABARIA S., CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9728 - Estudo da Influência dos Parâmetros de Recozimento Térmico Rápido na Morfologia dos Filmes de TiSi2 Formados e sua Correlação com a Tensão Mecânica - SILVANA GASPAROTTO DE SOUZA, ARMANDO ANTONIO MARIA LAGANÁ, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PEE/9729 - Analysis of Silicon Surface Microirregularities by LASER Light Scattering - JOSÉ CÂNDIDO DE SOUSA FILHO, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PEE/9730 - Wavelets in Music Analysis and Synthesis: Timbres Analysis and Perspectives - REGIS ROSSI ALVES FARIA, RUGGERO ANDREA RUSCHIONI, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9731 - Estudo de Efeitos Mútuos da Distribuição de Corrente em Condutores - AUGUSTO CARLOS PAVÃO, JORGE MIECZYSLAW JANISZEWSKI
- BT/PEE/9801 - Equivalência entre a Semântica da Lógica de Transações e a Semântica de sua Implementação Prolog - PAULO E. SANTOS, FLÁVIO S. C. DA SILVA
- BT/PEE/9802 - Nash Game in Mixed H2/Hoo Control Theory a Convex Optimization Approach- HELENICE OLIVEIRA FLORENTINO, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9803 - Text-Independent Speaker Recognition Using Vector Quantization and Gaussian Mixture Models - THOMAS E. FILGUEIRAS Fº., RONALDO O. MESSINA E EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9804 - Elementos Piezoresistivos para Sensores de Pressão com Tecnologia CMOS - LUIZ ANTONIO RASIA, E. C. RODRIGUEZ

- BT/PEE/9805 - Automação do Processo de Casamento de Impedância em Sistemas de Aquecimento por Microondas - J. C. DE SOUZA, J. T. SENISE, V. C. PARRO, F. M. PAIT
- BT/PEE/9806 - Considerações para o Projeto de Células de Memória SI com Transistores HEMT - JAIME H. LASSO, EDGAR CHARRY R.
- BT/PEE/9807 - Covariance Controller with Structure Constraint and Closed Loop H Bound - ANTÔNIO CARLOS DE LIMA, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9808 - Controle Unidimensional de Objetos: Uma Aplicação Prática em Fresadora Automática - MÁRCIO A. F. MURATORE, OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9809 - Redes Neurais com Retardos Temporais Aplicadas ao Reconhecimento Automático do Locutor - ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9810 - Topological Computation and Voluntary Control - HENRIQUE SCHÜTZER DEL NERO, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA, ALFREDO PORTINARI MARANCA
- BT/PEE/9811 - Casamento de Impedância em Guia de Onda Retangular Utilizando como Variável Medida a Potência Refletida - J. C. DE SOUZA JR., J. T. SENISE
- BT/PEE/9812 - Applied Surface Science - RONALDO D. MANSANO, PATRICK VERDONCK, HOMERO S. MACIEL
- BT/PEE/9813 - Contribuição ao Estudo da Morfologia da Superfície e da Interface do Siliceto de Titânio Formado sobre Si (100) Empregando a Técnica de Microscopia de Força Atômica (AFM) - N. M. HASAN, A. A. M. LAGANÁ, S. G. SANTOS FILHO
- BT/PEE/9814 - Estudo Experimental da Tensão Mecânica em Filmes Finos de Cobre Obtidos por Evaporação ou Deposição Eletroquímica Espontânea - A. I. HASHIMOTO, S. G. FILHO
- BT/PEE/9815 - Controle Híbrido de Manipuladores Robóticos - WEBER ALLEGRI, JOSÉ JAIME DA CRUZ
- BT/PEE/9816 - Entropia Informacional e Cronobiologia - ANA AMÉLIA BENEDITO SILVA, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA
- BT/PEE/9817 - Estabilidade de Lyapunov e Controle de Atitude - FERNANDO SOUSA, FREITAS JÚNIOR, PAULO SÉRGIO PEREIRA DA SILVA
- BT/PEE/9818 - Projeto de um Conversor de Frequências Resistivo em Tecnologia MMIC - CLÁUDIA C. A. APARÍCIO, DENISE CONSONNI
- BT/PEE/9819 - Estudo de Sensibilidade de um Sistema de Modulação Digital via Simulação - RONALDO DI MAURO, LUIZ ANTONIO BACCALÁ
- BT/PEE/9820 - Engenharia do Conhecimento Aplicada ao Conhecimento Aplicado ao Domínio de Gerenciamento de Falhas em Redes de Comunicação: Uma Abordagem Baseada em Modelo - MARILZA ANTUNES DE LEMOS, MARCIO RILLO
- BT/PEE/9821 - Uma Biblioteca de Métodos de Resolução de Problemas de Planejamento para Fornecer Apoio à Aquisição de Conhecimento - LELIANE NUNES DE BARROS, MARCIO RILLO
- BT/PEE/9822 - Um Estudo de Técnicas de Aprendizado por Reforço Livre de Modelo - Aplicação ao Pêndulo Invertido - SÉRGIO RIBEIRO AUGUSTO, ADEMAR FERREIRA
- BT/PEE/9823 - Identificação de Sistemas Dinâmicos com Redes Neurais - FRANCISCO CARLOS PONS, CLÁUDIO GARCIA
- BT/PEE/9824 - Comparison between Single and Double Langmuir Probe Techniques for Analysis of Inductively Coupled Plasmas - RAUL M. DE CASTRO, GIUSEPPE A. CIRINO, PATRICK VERDONCK, HOMERO S. MACIEL, MARCOS MASSI, MARCELO B. PISANI, RONALDO D. MANSANO
- BT/PEE/9825 - DECMEF: Um Sistema de Decomposição Aplicada à Síntese de Máquinas de Estados Finitos - CARLOS HUMBERTO LLANOS QUINTERO, MÁRIUS STRUM
- BT/PEE/9826 - Controladores Preditivos Através de Desigualdade Matriciais Lineares - RENATO C. BARÃO, RICARDO P. MARQUES, OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9827 - Parametrization of all H2 Optimal Output Feedback Controllers - JOÃO YOSHIYUKI ISHIHARA, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9901 - Digital Equalization Using Time Delay Neural Network (TDNN) - MARIO ANDRÉS VERGARA ESCOBAR, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9902 - Simulação e Análise Estrutural do Modelo de Deposição da Publicação ICRP 66 - JOAQUIM CARLOS SANCHES CARDOSO, JOSÉ CARLOS T. DE BARROS MOARAES
- BT/PEE/9903 - Modelamento e Ajuste por Regra Sub-Ótica de Maximização da Informação da Mútua de um Sistema Reconhecedor de Palavras Isoladas, Independente do Falante, para Ambientes Adversos, com Redundância de Informação - MÁRIO MINAMI, IVANDRO SANCHES
- BT/PEE/9904 - Modelagem Matemática e Controle Multivariável do Tanque de Contato Empregado no Processo de Lixiviação dos Minerais Niquelíferos - DANIEL GUZMÁN DEL RÍO, CLAUDIO GARCIA