

SISTEMA MICROCOMPUTORIZADO PARA AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO PULMONAR

S.S.FURUIE¹, U.TACHINARDI², C.R.PONTES³

RESUMO -- Este trabalho refere-se ao desenvolvimento de um sistema microcomputadorizado para avaliação da função pulmonar (SFPF). Este sistema realiza a aquisição "on-line" dos sinais de fluxo e volume, processa as curvas espirométricas, calcula os parâmetros da gasometria, atualiza um Banco-de-Dados clínico-diagnóstico e emite laudos. Baseia-se em um microcomputador nacional (compatível com Apple IIe) de baixo custo. O sistema é modular, configurável e flexível, permitindo a calibração; mudança de ganho dos amplificadores, criação e atualização de dicionário de diagnósticos/conclusões e cálculo dos valores preditos dos parâmetros espirométricos.

INTRODUÇÃO

A avaliação funcional constitui uma das mais importantes ferramentas para diagnósticos de patologias pulmonares. Entre os métodos de estudo da função pulmonar, as provas espirométricas têm elevado destaque. Segundo Ostler (1984) a espirometria fornece mais informações funcionais sobre o estado do pulmão do que o exame físico ou o raio-X do tórax.

As provas de função pulmonar são analisadas principalmente através de parâmetros extraídos das curvas respiratórias; e esse processo envolve inúmeras operações matemáticas. A utilização de um computador para a realização destas operações, libera médicos e técnicos deste encargo e reduz o tempo gasto e os erros nas medições. Bronzino (1982), afirma que as aplicações envolvendo cálculos, testes e critérios normalmente utilizados pelos clínicos para determinar o estado funcional do pulmão são idealmente adequadas para sistemas computadorizados.

O Sistema apresentado, foi desenvolvido com o objetivo de substituir os antigos espirômetros, que só realizavam uma parte do processamento necessário, e envolvia portanto a realização de parte do processamento em outros Sistemas.

¹Engenheiro Chefe, ²Médico-Assistente e ³Técnico Eletrônico do Serviço de Informática Médica do Instituto do Coração - HC.FMUSP.

//Trabalho recebido em 30/5/87 e aceito em 10/11/88//

O SPFP concentra em si próprio toda a tarefa de aquisição e análise das provas espirométricas, fornecendo todos os parâmetros necessários para a sua interpretação. Além destas características, o SPFP possibilita a formação de um Banco-de Dados espirométricos, que inclui o arquivo de dados clínico-identificativos e também dos sinais obtidos durante o exame.

A modularidade do Sistema, permitiu que se implementasse um módulo destinado à emissão de laudos de gasometrias, cujas informações complementam a análise da função pulmonar. O módulo de gasometria, repassa dados fornecidos pelo Laboratório Clínico, e calcula alguns parâmetros: QS/QT, VD/VT e a P(A-a) com Ar e com O₂ à 100%. Este módulo também permite o arquivamento das informações em Banco-de-Dados. O Equipamento utilizado, um microcomputador da linha Apple com alguns "periféricos", torna o SPFP acessível à grande parte dos Laboratórios de Função Pulmonar. Sua manutenção é relativamente simples, podendo substituir equipamentos importados, que nem sempre respondem a todos os requisitos necessários.

DESCRIÇÃO E METODOLOGIA

A configuração mínima necessária para o uso do SPFP compreende um microcomputador da linha Apple IIe, com 64 Kbytes de memória RAM, monitor de vídeo, impressora gráfica, duas unidades de discos flexíveis e um conversor analógico digital (A/D). Conforme ilustrado na figura 1, o sistema deve estar acoplado a um transdutor que fornece sinais de fluxo e volume, sendo que este transdutor não faz parte do sistema e pode ser escolhido entre os disponíveis comercialmente desde que satisfaçam as condições de linearidade de resposta.

O sistema pressupõe sinais de fluxo e volume devidamente condicionados na sua entrada. O conversor analógico-digital (Bit a Bit Microsistemas) de 8 bits, 8 canais, aceita sinais na faixa de $\pm 2.5V$. Os sinais são amostrados a 60 Hz por canal. Lemen (1982) mostrou que 95% da energia do fluxo de um espirômetro está contida na faixa de DC a 12 Hz. Devido a possibilidade de se ajustar os ganhos dos sinais de fluxo e volume (analógicos), a precisão do sistema será determinada pela faixa do sinal compreendida entre -2.5 e 2.5V dividida por 256 (8 bits). Por exemplo, se para um determinado ganho do equipamento de volume, 2500 ml corresponderem a 2.5V, a precisão do sistema será de ~ 20 ml.

Funcionalmente o SPFP está dividido nos seguintes módulos:

- a) Configuração do sistema;
- b) Calibração;
- c) Dicionário de diagnóstico, conclusões, e médicos;

- d) Gasometria;
- e) Espirometria.

Configuração do sistema

Este módulo permite a seleção ou alteração de:

- . frequência de amostragem,
- . unidade de disco para armazenar dados,
- . arquivos de calibração dos sinais de fluxo e volume,
- . sensibilidade dos amplificadores do fisiógrafo (a calibração é normatizada tornando-a independente dos ganhos).

Calibração

A rotina de calibração pressupõe que os sistemas transdutor-amplificador são lineares. A figura 2 mostra um exemplo típico de uma curva de calibração de volume realizada pelo SPFP, como pode ser observado neste caso a resposta é linear. Desse modo faz-se a leitura do zero em 200 pontos (~ 3 s) e considera-se o valor médio. O fluxo é calibrado através da injeção de um sinal (fluxo) conhecido e constante. Realiza-se a amostragem em 200 pontos e calcula-se o valor médio. Dividindo-o pela sensibilidade (GA) utilizada, obtém-se o fator de calibração (CB), o qual é armazenado em disco, podendo-se então ter uma gama variada de transdutores calibrados. Este procedimento não é obrigatório em todos os transdutores, mas deve ser executado nos equipamentos que requeiram ajuste manual.

A calibração do volume implica em injetar volume conhecido de uma seringa (1.5L). A rotina faz a aquisição de 200 pontos, filtra e considera o valor máximo para efeito de calibração, em procedimento análogo ao fluxo.

Dicionário de diagnóstico, conclusões e médicos

Este módulo visa criar dicionários facilitando a emissão de laudos e a criação de banco de dados de diagnósticos. Uma vez realizado o exame, ou na revisão do mesmo, associam-se números ou códigos de modo a caracterizar o clínico responsável, o diagnóstico etiológico e conclusões sobre o paciente.

Para os três dicionários (médico responsável, diagnóstico, conclusões), o módulo permite (figura 3):

- criar dicionários;
- adicionar elementos a cada dicionário;
- eliminar elementos;
- corrigir;
- listar.

Gasometria

Pela entrada manual de dados: Hematócrito, Hgb, pH, pO₂, pCO₂ saturação de O₂, HCO₃, BE, BB (em relação ao sangue arterial e venoso, respirando Ar ou O₂ à 100%, e ao gás expirado), calcula-se QS/QT, VD/VT e P(A-a) para Ar e O₂ à 100% (figura 4), além de armazená-los no banco de dados para análise estatística.

Espirometria

Neste bloco estão contidas:

- facilidades para cadastro identificativo de pacientes, tais como entrada de dados, correção, listagem, eliminação e armazenamento. Os parâmetros, peso, sexo e altura são utilizados para determinar, segundo Knudson e Morris (1976), os valores normais preditos para este paciente, os quais serão comparados com os resultados obtidos pelo exame;

- aquisição e visualização "on line" dos sinais de fluxo e volume na forma fluxo versus volume (figura 5). Nesta rotina são calculados a capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado a 1 segundo (VEF1) e a razão VEF1/CVF através dos quais o clínico aceita ou rejeita a aquisição;

- cálculos: uma vez aceita a manobra, os sinais são armazenados em disco informando se a mesma foi realizada com ou sem bronco dilatador, o que permite avaliar o efeito da droga no paciente. Sobre a curva de volume é detectado automaticamente o início e o fim da expiração. O início é determinado pela técnica do limiar (25% do máximo) sobre o módulo da derivada do volume. O ajuste fino do início segue os critérios estabelecidos pela ATS, bem como a detecção do fim da expiração. São então calculados CVF, VEF1, fluxo máximo (FMEF), fluxo entre 200 e 1200 ml (FEF 200 E 1200) e fluxos médios nos percentuais do CVF (FEF 25-75%, FEF 50%, FEF 70%, FEF 80%). O relatório (figura 6) contém estes resultados, assim como os valores preditos e a normatização dos mesmos em relação aos respectivos CVFs. Consta também a razão entre os valores obtidos e aqueles preditos, bem como percentagem de melhora com o broncodilatador;

- relatório: além dos resultados numéricos, são impressos o diagnóstico e a conclusão em função dos dicionários, constituindo-se em um laudo clínico. A nomenclatura utilizada segue a adotada pela Sociedade Brasileira de Pneumologia.

RESULTADOS

O presente sistema foi avaliado e testado mostrando-se confiável. Em procedimentos anteriores, o tempo decorrido entre a aquisição e a emissão de laudo era em torno de 24hs, o atual sistema reduz o tempo do processo para minutos. Considere-se também que o SPFP independe do modelo ou fabricante de fisiógrafos (desde que respeite as condições de entrada), e que o mesmo é modular, configurável e implementável. A conversão dos sinais de fluxo e volume, ao invés do cálculo de um deles a partir do outro, foi condicionada pela necessidade de se amostrar a curva fluxo x volume em tempo real e da própria disponibilidade de equipamentos com as duas saídas analógicas. Em função das vantagens apresentadas e do baixo custo, este sistema pode ser uma resposta às necessidades e disponibilidades das instituições de saúde, uma vez que existem vários fisiógrafos e espirômetros sem módulos de processamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a colaboração da equipe de Prova de Função Pulmonar do Instituto do Coração - Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, notadamente aos Drs.: FRANCISCO VARGAS, MARIO TERRA FILHO e ALBERTO CUKIER pelas sugestões e pela oportunidade de discussão e avaliação do sistema.

REFERÊNCIAS

- BRONZINO, J.D. (1982), Computer Applications for Patient Care, Addison-Wesley Publishing Company, Company, California, EUA.
- KNUDSON, R.J.; SLATIM, R.C.; LEBOWITZ, M.D.; BURROWS, B. (1976), "The Maximal Expiratory flow volume curve", Amer. Rev. Resp. Dis. number 113, page 578-600.
- LEMEN, R.J.; GERDES, C.B.; WEGMANN, M.J.; PERIN, K.J. (1982), "Frequency Spectra of flow and volume events of forced vital capacity", J. Appls. s. Physiol.: Respir. Environ. Exercise Physiol. volume 53, page 977.
- MORRIS, J.E.; KOSHI, S. A.; BREESE, J.D. (1975), "Normal Values and Evaluation of Forced End-Expiratory Flow", Amer. Rev. Resp. Dis. Number 111, page 755-762.
- OSTLER, D.V.; GARDNER, R.M.; CRAPO, R.D. (1984), "A Computer System for Analysis and Transmission oof Spirometer Waveforms Using Volume Sampling", Computer and Biomedical Research number 17, page 229-240.
- POLGAR, P.; PROMADHAT, V. (1971), Pulmonary Testing in Children W.B. Sacinders Co., Philadelphia, pg. 100-153.

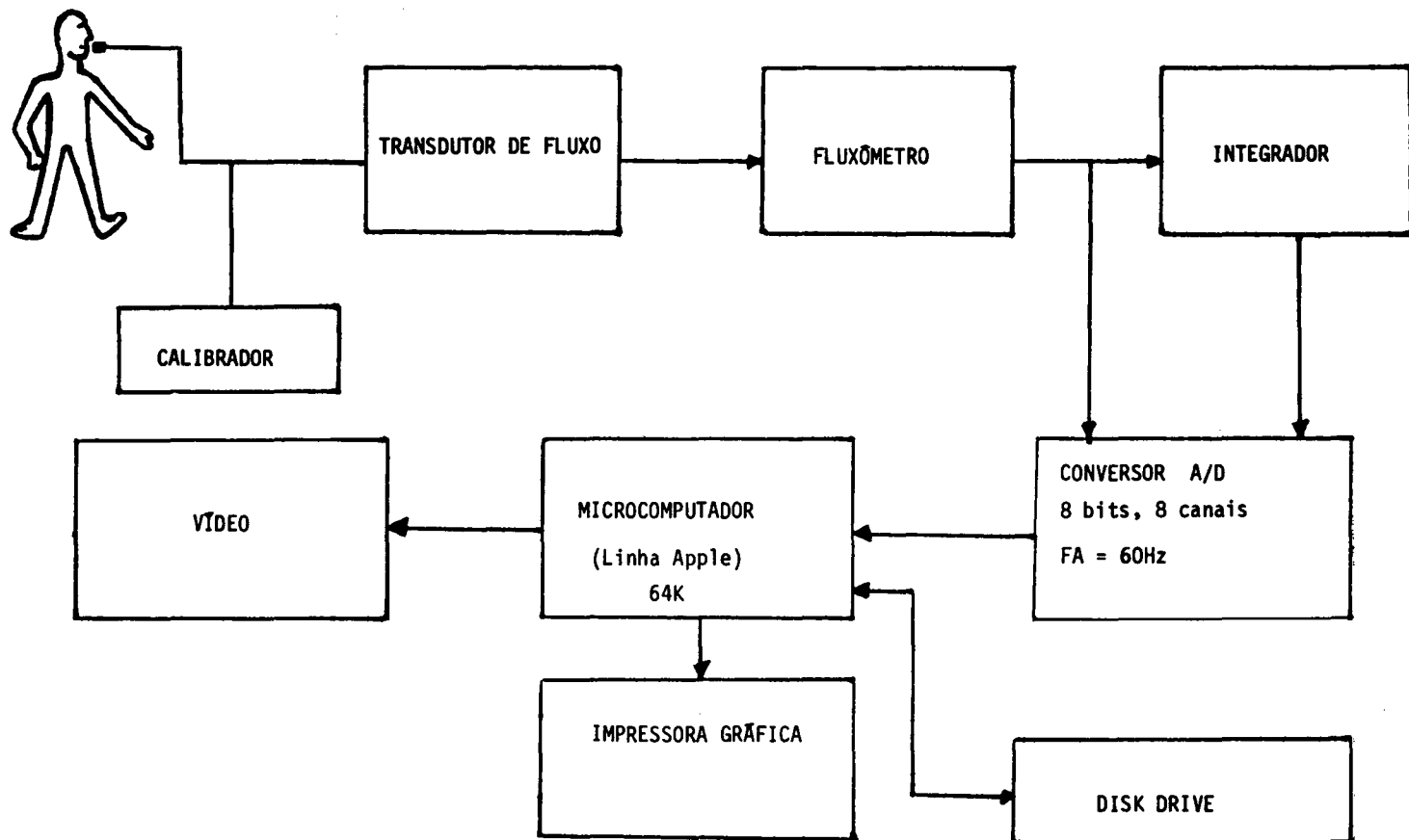


Figura 1. Configuração mínima para o SPFP.

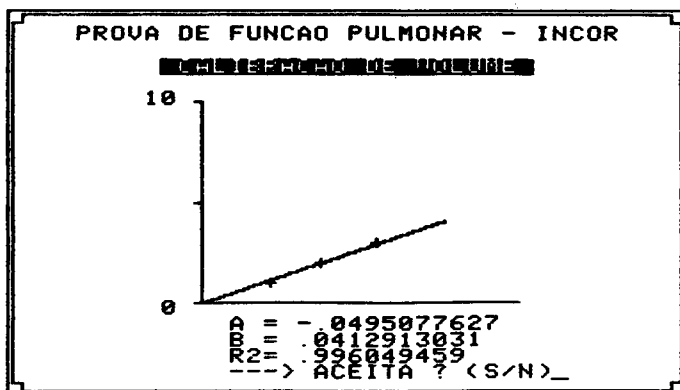


Figura 2 - Exemplo de uma curva de calibração de volume. Foram adquiridos sinais de volume (seringa calibrada) de 0 a 3l em intervalos de 0.5l. Observa-se a resposta linear do sistema.

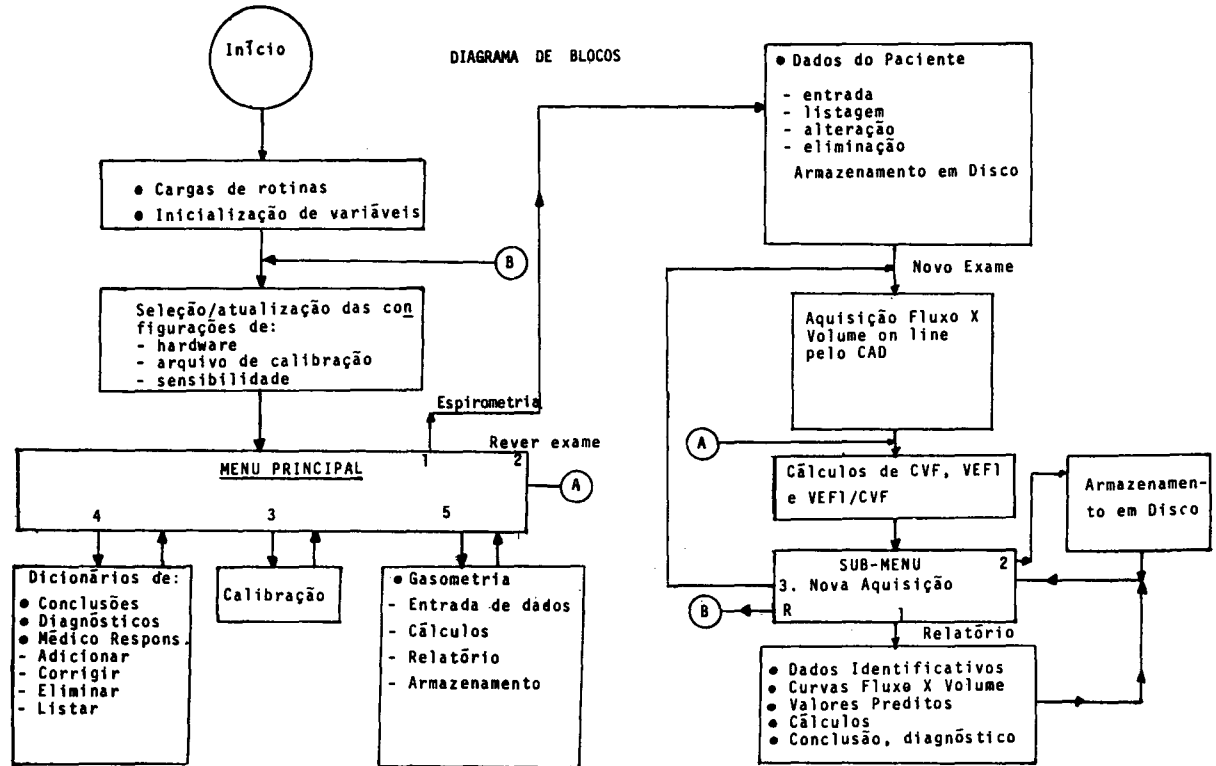


Figura 3 - Fluxograma geral do SPFP

INSTITUTO DO CORACAO - HCFMUSP
 SERVICO DE INFORMATICA MEDICA
 PROVA DE FUNCAO PULMONAR

GASOMETRIA

NOME: ELIZABETH

DATA: 14/10/88

TESTE No.: 03832

IDADE: 78A

ESPIROMETRIA No.: 11584

R.B.: 2514213A

	ARTERIAL		VENOSO	GAS EXPIRADO	
	AR	O2-100%			
pH	7.40	7.43	7.39	*****	
pCO2	41.0	36.0	37.0	17.5	mmHg
pO2	73.0	472	39.0	119	mmHg,
Sat.O2	94.4	100	73.3	*****	%
HCO3	25.1	23.8	22.0	*****	mEq/l
B.E.	0.6	-0.1	-2.4	*****	mEq/l
B.B.				*****	mEq/l
P(A-a)O2	21.63	140	*****	*****	mmHg
HEMOGLOBINA: 12.2 g/dl			HEMATOCRITO: 36.0 %		
RS/QT: 7.99 %			VD / VT: .57		

CONCLUSAO:

MEDICO RESPONSAVEL: MARIO
 P.F.P. / InCor

C.R.M.:

Figura 4 - Exemplo de um relatório de gasometria emitido pelo Sistema.

INSTITUTO DO CORACAO / HCFMUSP
SERVICO DE INFORMATICA MEDICA
PROVA DE FUNCAO PULMONAR
ESPIROMETRIA

DATA: 07/11/88

EXAME: 00001

DADOS DO PACIENTE

NOME: DENOSNTRACAO.....

RG: 111111111111

IDADE: 29 anos

SEXO: M

ALTURA: 180 cm

PESO : 80 Kg

CURVAS

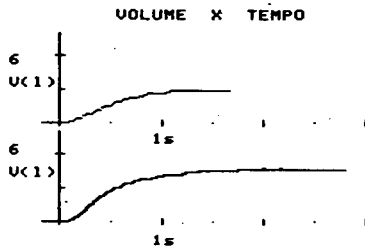
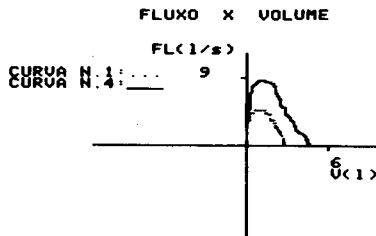


Figura 5 - Parte I do relatório de espirometria. Observa-se a curva de fluxo X volume, que também é amostrada "on-line" durante a execução da prova.

INSTITUTO DO CORACAO / HOPHUSP
SERVICO DE INFORMATICA MEDICA
PROVA DE FUNCAO PULMONAR

ESPIROMETRIA

DATA: 07/11/88

EXAME: 00001

NOME: DENONSTRACAO.....

RESULTADOS

	CURVA	NO	CVF	VEF1	VEF200	VEF	VEF	VEF	VEF	VEF	VEF	VEF
					-1200	25-75%	75-85%	50%	70%	75%	80%	max
PREDITO												
ABSOLUTO			5.39	4.37	8.36	5.33	1.46	6.98	4.03	3.42	2.71	9.91
NORMALIZADO				.81	1.54	.98	.27	1.21	.74	.63	.5	1.83
OTIMO	1	ME										
ABSOLUTO			2.01	2.01	4.33	4.07	2.39	4.56	3.21	2.9	2.49	4.56
% DO PREDITO			32	64.2	51.8	76.2	164.2	69.3	79.8	84.8	91.7	46.1
NORMALIZADO			1	1.54	1.44	.85	1.62	1.14	1.03	.88	1.62	
% NORM(OT/PR)			125.7	99.4	146.4	315.3	133.2	153.3	162.8	176.1	88.5	
OTIMO	2	SEN										
ABSOLUTO			2.99	2.62	4.31	3.92	1.87	4.77	2.9	2.49	1.55	4.77
% DO PREDITO			35.5	60	51.6	73.6	128.4	72.5	72.1	72.6	57.3	48.1
NORMALIZADO			.87	1.43	1.31	.62	1.59	.94	.83	.51	1.59	
% NORM(OT/PR)			108	92.1	132.1	231.3	138.6	129	138.8	105	86.7	
OTIMO	3	CON										
ABSOLUTO			4.54	4.07	7.52	5.57	2.29	5.81	3.32	2.9	2.49	9.55
% DO PREDITO			84.1	93.2	89.9	104.4	156.8	88.3	82.4	84.8	91.7	96.3
NORMALIZADO			.89	1.45	1.22	.5	1.27	.73	.63	.54	2.1	
% NORM(OT/PR)			110.7	106.8	124	186.3	104.9	97.9	100.7	108.9	114.5	
OTIMO	4	CON										
ABSOLUTO			4.54	4.12	7.56	5.64	2.29	6.64	3.42	3.11	2.49	8.61
% DO PREDITO			84.1	94.2	90.4	105.8	157.3	100.9	85	90.8	91.7	86.9
NORMALIZADO			.9	1.66	1.24	.5	1.46	.75	.68	.54	1.89	
% NORM(OT/PR)			112	107.4	125.6	186.8	119.8	100.9	107.9	108.9	103.3	
X MELHORA COM BRONCODILATADOR			41.6	46.6	74.5	38.6	-4.2	45.4	6.4	7.1	0	88.6

Parte 6 - Parte II do relatório de espirometria.
 Nesta parte são impressos os valores
 dos parâmetros extraídos das curvas
 armazenadas.

A MICROCOMPUTERIZED SYSTEM FOR EVALUATION OF PULMONARY
FUNCTION

ABSTRACT -- This work presents a microcomputerized system for evaluation of pulmonary function. This system includes on line acquisition of flow and volume signals, spirometry, gasometry, data-base of results and report emission. It is based on a cheap microcomputer (apple IIe compatible). This system is configurable and flexible allowing calibration; change of amplifiers gain, update of diagnosis dictionaire and calculation of spirometric and gasometric parameters.