

António Paes Cardoso<sup>1</sup>  
Maria João R. Oliveira<sup>2</sup>  
Álvaro Moreira da Silva<sup>3</sup>  
Artur P. Águas<sup>4</sup>  
António Sousa Pereira<sup>5</sup>

## Efeito da exposição prolongada a ruído ocupacional na função respiratória de trabalhadores da indústria têxtil

### *Effects of long term exposure to occupational noise on textile industry workers' lung function*

Recebido para publicação/received for publication: 05.11.27

Aceite para publicação/accepted for publication: 06.01.09

#### Resumo

O presente estudo procurou detectar eventuais alterações da função respiratória em 28 operárias de uma fábrica de fiação, submetidas a uma exposição prolongada ao ruído (> 10 anos) com amplitude elevada e baixa frequência, susceptível de causar doença vibro-acústica (DVA). Foram realizados testes da função respiratória, incluindo espirometria, oscilometria de impulso e estudo da

#### Abstract

Vibroacoustic disease is a pathology caused by long occupational exposure to large pressure amplitude and low frequency noise. It is a systemic disease, with involvement of respiratory structures. The exposure workers to this noise of textile industry may favour alterations in lung function. We studied 28 women working more than ten years in cotton-mill rooms to evaluate their lung function,

<sup>1</sup> Pneumologista e professor auxiliar convidado da Cadeira de Fisiologia Humana (ICBAS) - (Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar), Universidade do Porto. Consultor médico do Laboratório de Função Respiratória do Hospital Geral de Santo António/Pulmonologist and assistant professor to the chair of Human Physiology at ICBAS (The Abel Salazar Institute of Biomedical Sciences) – Oporto University. Medical consultant to the Respiratory Function Laboratory at Santo Antonio General Hospital.

<sup>2</sup> Professora auxiliar de Anatomia Veterinária do ICBAS – (Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar), Universidade do Porto/Assistant Professor of Veterinary Anatomy at ICBAS – Oporto University.

<sup>3</sup> Chefe de Serviço do Serviço de Cuidados Intensivos do Hospital Geral de Santo António. Assistente convidado de Clínica Médica II (Pneumologia). Responsável pelo Laboratório de Função Pulmonar do Hospital Geral de Santo António/ Head of the Intensive Care Department at Santo Antonio General Hospital. Assistant in Clinical Medicine II (Pulmonology). In charge of the Respiratory Function Laboratory at Santo Antonio General Hospital.

<sup>4</sup> Professor Catedrático de Anatomia Humana. Vice-presidente do Conselho Directivo do ICBAS (Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar) e director do Departamento de Anatomia Normal da mesma instituição – Universidade do Porto/Professor of Human Anatomy. Deputy-chairman of the board of ICBAS and head of the Department of Normal Anatomy at Oporto University.

<sup>5</sup> Professor catedrático de Anatomia Humana e presidente do Conselho Directivo do ICBAS (Instituto de Ciência Biomédicas de Abel Salazar), Universidade do Porto/ Professor of Human Anatomy and chairman of management board of ICBAS.

Capacidade de difusão alvéolo-capilar pelo CO.

Os resultados foram comparados com os de outra população de igual número de mulheres, do mesmo grupo etário, consideradas normais no aspecto respiratório, com cargos administrativos, não sujeitas a agressão acústica detectável.

Realizou-se um estudo estatístico dos resultados obtidos comparando as duas populações, tendo sido calculado para cada um dos parâmetros, escolhidos a partir do estudo funcional respiratório, os valores médios, o desvio-padrão e o grau de significância ( $p < 0,05$ ).

As alterações estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) encontradas na população de risco foram do DEM 25 (curva débito/volume), R5 e  $\Delta$  R5-R20 (oscilometria de impulso). Verificou-se, igualmente, em 12 operárias (36%), uma dependência de Rrs em função da frequência oscilométrica, neste caso elevação da resistência em frequências mais baixas (Rrs5), sugerindo atingimento das vias aéreas periféricas. Não foram detectadas alterações do tipo restritivo ou da transferência alvéolo-capilar em repouso.

**Conclusões:** O conjunto destas alterações permite deduzir, com alguma pertinência, existência de alterações das vias aéreas de menor calibre nesta população de trabalhadoras da indústria têxtil. No entanto, não se pode garantir a exclusão do papel das poeiras de algodão como agente etiológico nas alterações detectadas, potencializado pela redução das células ciliadas provocadas pelo ruído e consequente redução da *clearance* das vias aéreas.

**Rev Port Pneumol 2006; XII (1): 45-60**

**Palavras-chave:** Doença vibroacústica, curva débito/volume, oscilometria de impulso, TLCO, pequenas vias aéreas, resistências aéreas periféricas.

including Spirometry, forced oscillation technique (I.O.S.) and Diffusion capacity. These results were compared with those of 30 women of similar ages not exposed to similar noise and not presenting respiratory disease.

Statistical significance ( $P < 0.05$ ) was found with FEV25, R5 and  $\Delta$  Rs5-Rs20.

There was a resistance frequency dependence in 36% of the population exposed to noise, not statistically confirmed. Neither restriction nor changes in diffusing capacity were detected.

**Conclusion:** The analysis of global alterations of lung function parameters suggests small airways aggression by noise. However we cannot definitively exclude the influence of cotton dust inhalation in itself which effects could be increased by the loss of ciliated cells and impairment of airways clearance caused by noise.

**Rev Port Pneumol 2006; XII (1): 45-60**

**Key-words:** Vibroacoustic disease, flow/volume curve, forced oscillation technique, TLCO, small airways, peripheral airways resistance.

## Introdução

Os transportes, a indústria e algumas actividades de lazer são exemplos de como os imperativos da vida moderna sujeitam o indivíduo diariamente a níveis excessivos de ruído ou poluição sonora. As consequências lesivas que esta agressão acústica provoca sobre vários sistemas e órgãos, para além do sistema auditivo, são hoje um problema de saúde pública.

A doença vibroacústica (DVA) foi descrita por Castelo Branco (1999) e é normalmente causada pela exposição ocupacional a ruído de baixa frequência e alta amplitude (< 500 Hertz e > 90dB) por longos períodos de tempo (mais de 10 anos)<sup>1</sup>. A sua acção fisiopatológica baseia-se, nomeadamente, na proliferação da matriz extracelular, tecido de protecção e suporte das células, através do aumento de deposição de fibras de colagénio, sendo que o grau das lesões provocadas é directamente proporcional ao factor amplitude, tempo de exposição e susceptibilidade individual ao ruído/vibração. A DVA, embora com grande morbilidade, mantém-se, normalmente, subdiagnosticada<sup>1-4</sup>.

Os trabalhadores da indústria têxtil estão cronicamente expostos a ruído de baixa frequência e alta amplitude. Dentro dos efeitos nocivos que esta agressão acarreta incluem-se alterações na capacidade reprodutora das mulheres (aumento da irregularidade dos ciclos menstruais, dismenorrea, lumbago, hipertensão na gravidez, abortos espontâneos e prematuros e distocias e baixo peso dos recém-nascidos), hipertensão arterial e aumento do nível de cortisol excretado associado a fadiga e irritabilidade<sup>5-6</sup>. Estes indivíduos apresentam também uma grande preva-

## Introduction

Transport, industry and some leisure activities are examples of some aspects of modern life that expose the individual to excessive daily levels of noise or sound pollution. The harmful consequences of this acoustic aggression on various parts of the body and organs, as well as the hearing system, are one of the public health problems of our time.

Vibroacoustic disease (VAD) was described by Castelo Branco (1999) and is normally caused by occupational exposure to low frequency and large pressure amplitude noise (< 500 Hertz e > 90dB) for long periods of time (more than 10 years)<sup>1</sup>. Its physiopathological action is based on, particularly in proliferation in the extracellular matrix, protection tissue and support of cells through the increase of collagen fibre deposits, as the degree of lesions caused is directly proportional to amplitude, exposure period and individual susceptibility to noise/vibration. Although VAD has major morbidity, it is normally a sub-diagnostic category of illness.<sup>1-4</sup>

Textile industry workers are chronically exposed to low frequency large amplitude noise. Among the harmful effects of this aggression are alterations in reproductive capacity in women (increased irregularity in menstrual cycles, dysmenorrhoea, lumbago, hypertension in pregnancy, spontaneous abortion, dystocia, premature babies and low weight of new born babies), arterial hypertension and increased excretion of cortisol associated to fatigue and irritability<sup>5,6</sup>.

These individuals also present a marked prevalence of respiratory tract complaints

---

**A doença vibroacústica é normalmente causada pela exposição ocupacional a ruído de baixa frequência e alta amplitude por longos períodos de tempo**

---

**Os trabalhadores da indústria têxtil estão cronicamente expostos a ruído de baixa frequência e alta amplitude**

**Estudos experimentais em ratos mostraram uma particular susceptibilidade ao ruído e vibração das projecções de membrana que revestem o epitélio e o mesotélio do sistema respiratório**

lência de queixas do tracto respiratório que são normalmente associadas apenas à inalação de poeiras de algodão<sup>8-11</sup>.

Estudos experimentais por nós realizados em ratos mostraram uma particular susceptibilidade ao ruído e vibração das projecções de membrana (tais como cílios ou microvilosidades) que revestem o epitélio e o mesotélio do sistema respiratório, quando os animais eram expostos ao mesmo tipo de ruído presente numa sala de fição (Fig. 1) e seguindo um horário laboral (8 horas/dia; 5 dias/semana).

De facto, verificámos uma redução na área relativa ocupada por células ciliadas na traqueia e epitélio brônquico em ratos Wistar submetidos durante um mês a este tipo de agressão<sup>12,13</sup>. No que respeita à pleura, ratos submetidos ao mesmo tipo de ruído durante três meses mostraram redução da área ocupada por microvilosidades<sup>14</sup>.

### **Objectivos**

O conjunto destes dados experimentais levanta a hipótese de que a exposição crónica ao ruído dos trabalhadores da indústria têxtil favorece o aparecimento de alterações na função respiratória destes trabalhadores.

Neste sentido, foi realizado o presente estudo prospectivo, procurando detectar eventuais alterações da função respiratória em 28 operárias fiadeiras da mesma fábrica têxtil onde foi gravado o ruído ao qual os animais foram expostos. Foram para o efeito realizados testes da função respiratória, incluindo espirometria, oscilometria de impulso e estudo da capacidade de difusão alvéolo-capilar pelo CO. Os resultados obtidos foram comparados com

that are only normally associated with inhalation of cotton dust<sup>8-11</sup>.

Experimental studies undertaken on rats by the authors of this study revealed a particular susceptibility to noise and vibration in projections of membrane (such as cilia and microvilli membranes), the lining of the epithelium and mesothelium of the respiratory system, when animals were exposed to the same type of noise present in a cotton mill (Fig. 1) and following the working timetable (8 hours per day/5 days a week).

We recorded a reduction in the area occupied by ciliated cells in the tracheae and bronchial epithelium of the rats submitted to this type of aggression for a month<sup>12, 13</sup>. In relation to the pleura, rats subjected to the same type of noise for three weeks showed a reduction in the area occupied by microvilli<sup>14</sup>.

### **Aims**

This set of experimental results raises the hypothesis that chronic exposure to noise by workers in the textile industry favours the possibility of altered respiratory function among this group.

With this in mind, the present study aimed to detect possible changes in the respiratory function of 28 workers in the same textile factory with the same noise levels that the laboratory animals were exposed to. To this end, respiratory function tests, included spirometry, forced oscillation technique and study of alveolar-capillary diffusion capacity by CO were used. Results were compared against the group of identical age, considered normal in respiratory terms and working in white collar jobs and without evidence of

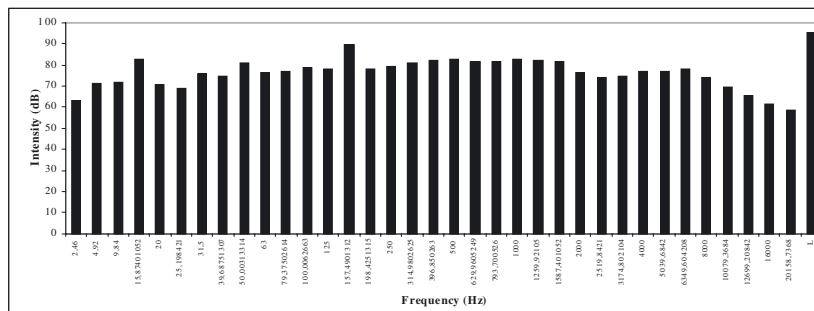


Fig. 1 – Diagrama da intensidade e frequência do ruído gravado no local de trabalho da indústria têxtil e para fins de experimentação animal concomitante.

Fig. 1 – Graph showing intensity of noise recorded at the work place in the textile industry and for use with related animal laboratory research.

os de outra população de mulheres, de grupo etário idêntico, consideradas normais no aspecto respiratório, com cargos administrativos e sem evidência de agressão acústica.

Estudos realizados anteriormente por outros autores<sup>15</sup> não mostraram alterações relevantes dos parâmetros funcionais estudados e, por este facto, optou-se por introduzir no estudo novos parâmetros funcionais, disponibilizados por outras técnicas, e com potencialidades acrescidas.

### Material e métodos

A realização deste trabalho baseou-se na detecção de eventuais alterações da função respiratória em indivíduos submetidos a uma exposição prolongada ao ruído (> 10 anos) com características de grande amplitude ( $\geq$  a 90dB SPL) e baixa frequência ( $\leq$  a 500 Hz)-LPALF), susceptível de ser causadora de doença vibroacústica (DVA)<sup>3, 12, 15-17</sup>.

Para o efeito, foi estudada uma população de 28 mulheres, de idades compreendidas entre os 38 e os 53 anos, trabalhadoras numa fábrica de fiação e submetidas a

acoustic aggression.

Studies carried out previously out by other researchers<sup>15</sup> do not show changes relevant to the functional parameters in our investigation. Therefore, it was decided to introduce new functional parameters available by other techniques and with increased potential.

### Methods

The undertaking of this study was based on possible alterations in respiratory functions in individuals submitted to prolonged exposure to noise (> 10 years) with characteristics of large pressure amplitude ( $\geq$  a 90dB SPL) and low frequency ( $\leq$  a 500 Hz)-LPALF) noise, liable to be the cause of vibroacoustic disease (VAD)<sup>3,12,15-17</sup>.

The study was made on a group of 28 women aged between 38 and 53 years who worked in a cotton mill and were subjected to noise, with a period of exposure of identical characteristics referred to above.

The studies of respiratory functions carried out on this group were compared with a control group of women office



ruído, com tempo de exposição de características idênticas às referidas.

Os resultados dos estudos funcionais respiratórios realizados nesta população foram comparados com outra população de mulheres, trabalhando em cargos administrativos, com grupo etário idêntico, consideradas normais no aspecto respiratório e não sujeitas a agressão acústica detectável.

O estudo da função respiratória foi realizado com aparelhagem Jaeger® (oscilometria de impulso, pneumotacografia e *master screen body* - difusão), incluindo os parâmetros ventilatórios da curva débito/volume, ou seja os volumes pulmonares mobilizáveis - capacidade vital forçada (CVF), capacidade inspiratória (CIN), volume expiratório máximo no primeiro segundo (VEMS), índice Tiffeneau, débito expiratório máximo instantâneo (DEM) e débitos expiratórios médios ( $DEM_{25}$ ,  $DEM_{50}$  e  $DEM_{25-75}$ ). (Fig. 2)

**Parâmetros obtidos pela técnica de oscilações forçadas (oscilometria de impulso)**, incluindo a impedância respiratória ("Z"), frequência ressonante (FRS), resistência total das vias aéreas à frequência de 5Hz (Rrs5), resistência central das vias aéreas à frequência de 20Hz (Rs20) e capacidade periférica (Xrs 5).

Foram igualmente analisadas as variações da resistência aérea (Rrs) em relação à frequência oscilométrica em Hertz<sup>17</sup> (Fig. 2).

**Parâmetros do estudo da transferência alvéolo-capilar pelo CO**, pelo método de diluição (hélio) e respiração única, incluindo a capacidade de difusão alvéolo-capilar pelo CO (TLCO - SB) e em função do volume alveolar (TLCO/VA), os volumes pulmonares estáticos, ou seja, a

workers of the same age without respiratory conditions and who were not subjected to any detectable acoustic aggression.

The respiratory function test was undertaken with a Jaeger® apparatus (forced oscillation, pneumotachograph and master screen body - diffusion), including the flow/volume ventilatory parameters, or rather, variable pulmonary volumes - Forced Vital Capacity (FVC), Inspiratory Capacity (IC), maximum expiratory volume in first second, Tiffeneau index, Maximum Expiratory Flow (MEF) and mid-expiratory flows ( $MEF_{25}$ ,  $MEF_{50}$  and  $MEF_{25-75}$ ) (Fig. 2).

Parameters were obtained by forced oscillation technique, including respiratory impedance (Z), resonant frequency, total resistance of airways at 5Hz frequency (Rrs5), central resistance of airways at frequencies of 20Hz (Rs20) and peripheral capacity (Xrs5).

Variations in air resistance (Rrs) relating to oscillometry frequency are expressed in Hertz<sup>17</sup> (Fig. 2).

Parameters in the study of alveolar-capillary transference CO, were obtained by helium dilution method and specific respiration, including alveolar-capillary diffusion capacity by CP (TLCO-SB) and by function of alveolar volume (TLCO/VA), static pulmonary volumes, or rather Residual Functional Capacity (RFC, Residual Volume (VR) and Total Pulmonary Capacity (TPC) (Fig. 3).

The real values of the different parameters were compared with the respective reference values for sex, age, height and weight of the individuals in the study.

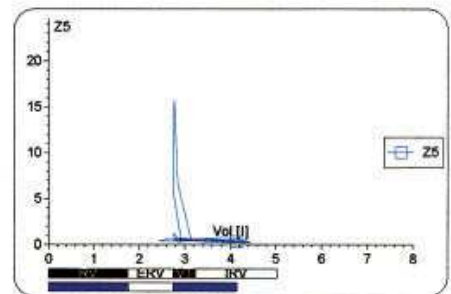
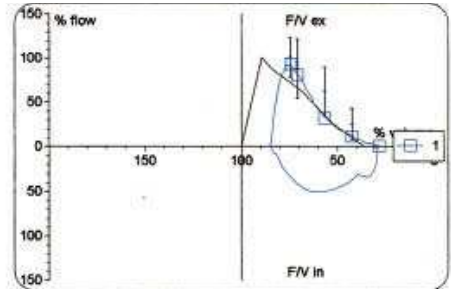
In the analysis of results obtained we used

EFEITO DA EXPOSIÇÃO PROLONGADA A RUÍDO OCUPACIONAL NA FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE TRABALHADORES DA INDÚSTRIA TÊXTIL

António Paes Cardoso, Maria João R. Oliveira, Álvaro Moreira da Silva, Artur P. Águas, António Sousa Pereira

Apelido/Surname: xxx Nome/Name: xxx  
 Identificação/Identification: xx Data Nasc./Date of birth: 14/11/1957  
 Sexo/Gender: Fem./Fem.: Altura/Height: 165 cm  
 Peso/Weight: 70 kg Idade/Age: 48 anos/years

	REAL	Teor.	R/T%
CVF.....[l]	2.83	3.17	89.2
CV IN.....[l]	2.78	3.26	85.4
VEMS.....[l]	2.21	2.72	81.4
FEV 1 % VC MAX.....[%]	78.13	79.98	97.7
DEM.....[l/s]	6.03	6.53	92.4
DEM 25.....[l/s]	0.73	1.64	44.3
DEM50.....[l/s]	2.08	4.00	52.0
DEM 25/75.....[l/s]	1.69	3.35	50.5
Z bei 5 Hz.....[kPa/l/s]	0.39	0.38	103.2
Resonant frequency..[1/s]	10.27		
R at 5 Hz.....[kPa/l/s]	0.31	0.37	82.6
R at 20 Hz.....[kPa/l/s]	0.33	0.31	105.5
Clung.....[l/kPa]	0.13		
Cbronchial.....[l/kPa]	0.11		
Cwall.....[l/kPa]	2.00		
X at 5 Hz.....[kPa/l/s]	-0.24	-0.05	448.0
Rcentral.....[kPa/l/s]	0.05		
Rperipheral.....[kPa/l/s]	1.15		



	REAL	Teor.	R/T%
VR-He.....[l]	1.88	1.75	107.3
VR%TLC-He.....[%]	44.25	35.28	125.4
CRF-He.....[l]	3.20	2.74	116.5
VRE.....[l]	1.31	0.99	132.8
CRF%TLC-He.....[%]	75.14	52.78	142.4
CPT-He.....[l]	4.26	5.10	83.4

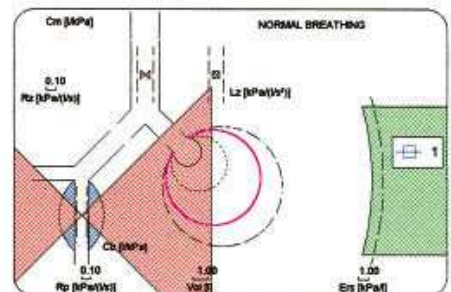
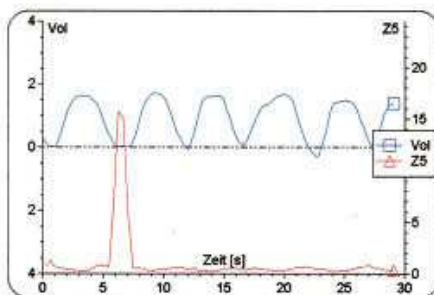
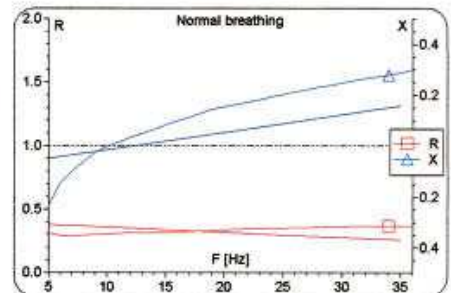


Fig. 2 – Parâmetros curva débito/volume e oscilometria de impulso

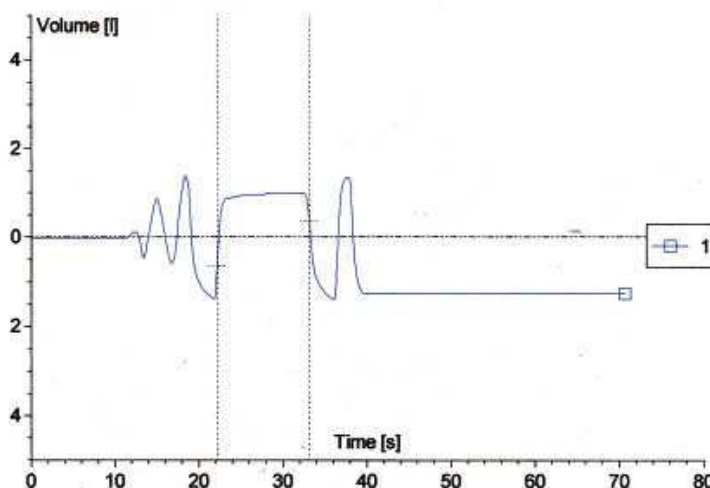
Fig. 2 – Debit/volume curve and impulse oscillometry parameters

## EFEITO DA EXPOSIÇÃO PROLONGADA A RUÍDO OCUPACIONAL NA FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE TRABALHADORES DA INDÚSTRIA TÊXTIL

António Paes Cardoso, Maria João R. Oliveira, Álvaro Moreira da Silva, Artur P. Águas, António Sousa Pereira

Apelido/Surname:	xxx	Nome/Name:	xxx
Identificação/Identification:	xx	Data Nasc./Date of birth:	14/11/1957
Sexo/Gender:	Fem./Fem.:	Altura/Height:	165 cm
Peso/Weight:	70 kg	Idade/Age:	48 anos/years

	REAL	TEOR.	R/T%
VR-He..... [l]	1.88	1.75	107.3
VR&TLC-He..... [%]	44.25	35.28	125.4
CRF-He..... [l]	3.20	2.74	116.5
CPT-He..... [l]	4.26	5.10	83.4
VRE..... [l]	1.31	0.99	132.8
VA..... [l]	4.10	4.95	82.8
VIN..... [l]	2.37	3.26	72.8
FI He..... [%]	9.29		
FA He..... [%]	4.45		
FI CO..... [%]	0.27		
TLCO SB.... [mmol/min/kPa]	5.45	8.40	64.9
TLCO/VA.. [mmol/min/kPa/l]	1.33	1.65	80.7



**Fig. 3** – Volume residual e capacidade de difusão alvéolo-capilar pelo CO

*Fig. 3 – Residual volume and alveolar-capillary diffusion capacity*

capacidade residual funcional (CRF), o volume residual (VR) e capacidade pulmonar total (CPT) (Fig. 3).

Os valores reais dos diferentes parâmetros foram comparados com os respectivos valores de referência para o sexo, idade,

T-tests and other non-parametric methods to compare average values. These were considered as significant values when  $p < 0.05$ .



altura e peso dos indivíduos estudados.. Na análise dos resultados obtidos utilizámos os testes *t* de Student e testes não paramétricos para comparação dos valores médios. Foram considerados como valores significativos quando  $p < 0,05$ .

## Resultados

Pela a análise dos resultados obtidos dos dezasseis parâmetros estudados, pretendeu-se verificar se entre as populações estudadas, sujeitas e não sujeitas a agressão acústica, se encontrariam diferenças nas alterações nos parâmetros funcionais que pudessem ser atribuídas a uma patologia respiratória induzida pelo ruído, e se essas diferenças seriam significativas.

Foi encontrada relação significativa ( $p < 0,05$ ) para os parâmetros  $DEM_{25}$  (débito expiratório médio a 25% da capacidade vital forçada) -  $p=0,04$  e  $Rrs5$  (resistência total das vias aéreas), determinada pela técnica das oscilações forçadas (oscilometria de impulso), como componente da impedância-  $Z = R + X$  -  $p=0,03$  (Quadro I).

Foi igualmente analisada, entre as duas populações, a diferença entre os parâmetros  $Rrs5$  (resistência total das vias aéreas) e  $Rrs20$  (resistência central das vias aéreas). Os valores de  $\Delta Rrs5 - Rrs20$ , correspondendo às resistências periféricas, foram também estatisticamente significativos ( $p = 0,03$ ).

Foi encontrada em 14 operárias a existência de uma dependência da  $Rrs$  em relação à frequência oscilométrica medida em Hertz, no presente caso com valores mais altos a frequências mais baixas (5 Hz).

Os restantes parâmetros ventilatórios,

## Results

In the analysis of results obtained for the 16 parameters studied, the aim was to discover whether there were differences or alterations in the functional parameters among the groups studied (subject and non-subject to acoustic aggression) that could be attributed to a respiratory pathology induced by noise and if these differences were significant.

A significant relation ( $p < 0.05$ ) was found for parameters  $MEF_{25}$  (mid-expiratory flow at 25% of Vital Forced Capacity) -  $p=0.04$  and  $Rrs5$  (total airways resistance), determined by forced oscillation technique (Impulse Oscillometry), with an impedance component -  $Z = R + X$  -  $p=0.03$  (Table I).

Also analysed in the two groups were differences between  $Rrs5$  (total airways resistance) and  $Rrs20$  (central airways resistance).

The values  $\Delta Rrs5 - Rrs20$ , corresponding to peripheral resistances, were also statistically significant ( $p = 0.03$ ).

In 14 workers  $Rrs$  dependency was found in relation to oscillometric frequency measured in Hertz, in the present case with higher values and the lowest frequencies (5Hz).

The remaining breathing parameters, including alveolar-capillary diffusion capacity, did not display statistically significant variations.

## Discussion and conclusions

The confirmed repercussions for the respiratory function of patients with vibroacoustic disease have already been studied by others<sup>3, 15, 18</sup> and show that in 22 control and non-control subjects there

incluindo a capacidade de difusão alveolo-capilar pelo CO, não mostraram variações estatisticamente significativas.

### **Discussão e conclusões**

As repercussões sobre a função respiratória de doentes com doença vibroacústica confirmada foi já estudada por vários autores<sup>3, 15, 18</sup> que em 22 doentes, sintomáticos e assintomáticos, não encontraram anormalidades significativas nos parâmetros ventilatórios pletismográficos, incluindo parâmetros da curva débito/volume, volumes pulmonares estáticos e resistências das vias aéreas<sup>15</sup>.

Alguns dos parâmetros analisados foram idênticos aos do presente estudo, mas realizados por métodos diferentes, e a ausência de relevância dos valores obtidos levou os referidos autores a considerar a TAC de alta resolução como o meio de diagnóstico mais indicado para o diagnóstico da doença vibroacústica no aparelho respiratório<sup>15</sup>.

No planeamento do presente estudo, considerou-se interessante investigar no homem, se outras técnicas usadas no estudo da função respiratória como o estudo da capacidade de difusão alveolo-capilar pelo CO, para rastreio de eventuais alterações do interstício pulmonar e a técnica das oscilações forçadas (oscilometria de impulso), permitindo regionalizar as eventuais alterações das resistências das vias aéreas aos seus diferentes níveis, bem como das suas variações e dependência em relação às fases do ciclo respiratório, poderiam evidenciar algumas alterações.

A oscilometria de impulso é uma técnica relativamente recente de análise da

were no significant abnormalities found in plethysmographic breathing parameters, including volume/flow curve parameters, pulmonary volume statistics and airways resistance<sup>15</sup>.

Some of the parameters analysed were identical to the present study, but undertaken by different methods and the absence of relevance of the results obtained led the researchers in question to consider high-resolution CAT as the most appropriate method to diagnose vibroacoustic disease in the respiratory system<sup>15</sup>.

In the drawing up of this study it was considered of interest to investigate in humans whether other tools used in the study of respiratory function, such as study of alveolar-capillary diffusion capacity by CO, by screening for possible changes in interstitial lung conditions and the forced oscillation method (Impulse Oscillometry), allow for localisation of possible airway alterations at different levels, as well as its variations and dependency in relation to stages of the respiratory cycle, could be evidence of some changes.

Impulse Oscillometry is a relatively recent method of analysing the breathing mechanism and a version of the technique of forced oscillation caused by vibrations of a loudspeaker, placed in the respiratory circuit, generating flow oscillations that, superimposed on spontaneous, normal breathing, allow the analysis of respective responses of pressure and volume of these impulses.

Due to the fact that the most peripheral airways area has practically no volume, there are consequently no resistances and the method in question is considered as a preferential method for evaluating res-

## EFEITO DA EXPOSIÇÃO PROLONGADA A RUÍDO OCUPACIONAL NA FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE TRABALHADORES DA INDÚSTRIA TÊXTIL

António Paes Cardoso, Maria João R. Oliveira, Álvaro Moreira da Silva, Artur P. Águas, António Sousa Pereira

**Quadro I** – Análises comparativas das variáveis obtidas nas populações

Variáveis (valores reais)	População N (n=28) Média ± desvio-padrão	População R (n=28) Média ± desvio-padrão	p*
CVF (L)	2,8 ± 0,4	2,8 ± 0,3	ns
TLCO SB (nmol/min/kPa)	7,6 ± 0,7	7,8 ± 0,5	ns
DEM <sub>25</sub> (L/s)	1,5 ± 0,2	1,6 ± 1,1	p > 0,05
Rrs <sub>5</sub> (kPa/L/s)	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,06	p > 0,05
Rrs <sub>5</sub> – Rrs <sub>20</sub>	0,15 ± 0,2	0,15 ± 0,13	p > 0,05
X <sub>5</sub> (kPa/L/s)	-0,3 ± 0,05	-0,25 ± 0,001	ns

**Table I** – Comparative analysis of the variables obtained in the populations

Variables (real values)	Population N (n=28) Near ± standard deviation	Population R (n=28) Near ± standard deviation	p*
VFC (L)	2.8 ± 0.4	2.8 ± 0.3	ns
TLCO SB (nmol/min/kPa)	7.6 ± 0.7	7.8 ± 0.5	ns
DEM <sub>25</sub> (L/s)	1.5 ± 0.2	1.6 ± 1.1	p > 0.05
Rrs <sub>5</sub> (kPa/L/s)	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.06	p > 0.05
Rrs <sub>5</sub> – Rrs <sub>20</sub>	0.15 ± 0.2	0.15 ± 0.13	p > 0.05
X <sub>5</sub> (kPa/L/s)	-0.3 ± 0.05	-0.25 ± 0.001	ns

mecânica ventilatória, nova versão da técnica das oscilações forçadas, provocadas pelas vibrações de um altifalante, integrado no circuito respiratório, gerando oscilações de fluxo, que, sobrepondo-se à ventilação espontânea normal, permitem analisar as respectivas respostas de variação de pressão e débito a estes impulsos.

Devido ao facto de na zona mais periférica das vias aéreas não haver praticamente débitos, não existem, consequentemente, resistências, de modo que o referido método de avaliação das respostas às pulsações de pressão e débito produzidas pelo altifalante é considerado preferencial na avaliação da zona mais periférica do pulmão<sup>17, 19, 20,21</sup>.

ponses to pressure and flow pulses produced by the loudspeaker and is also the best method for studying the most peripheral pulmonary area<sup>17, 19, 20, 21</sup>.

Impulse Oscillometry allows, with minimum patient participation, the deriving of impedance values, such as complex respiratory resistance of various frequencies, with its two components for resistance and reactance.

The peripheral capacitance (Xrs5) component of reactance is a valuable parameter and currently possibly the only tool for characterising the the most peripheral area of the lung.

Air resistances measured by this method of different frequencies (from 5 to 35

A oscilometria de impulso permite, com um mínimo de colaboração por parte do doente, obter os valores da **impedância**, como resistência respiratória complexa em função de várias frequências, com os seus dois constituintes a **resistência** e a **reatância**.

A **capacitância periférica (Xrs5)**, componente da reatância, constitui um parâmetro valioso e, actualmente, talvez único, para caracterização da zona mais periférica do pulmão.

As resistências aéreas medidas por esta técnica a diferentes frequências (de 5 a 35 Hertz) permitem definir a **resistência total (Rrs5)** e a **resistência Rrs20**, correspondendo à porção mais central das vias aéreas. A diferença  $\Delta Rrs5/Rrs20$  e a **capacitância X5** são indicadores do valor das resistências periféricas. Também a dependência entre as resistências e a frequência oscilométrica é a favor de alterações das vias aéreas periféricas.

Esta introdução mostra o motivo por que se procurou tirar partido, no caso presente, das potencialidades desta técnica na abordagem das vias aéreas mais periféricas. Considerando agora isoladamente os parâmetros estatisticamente significativos do estudo realizado, verifica-se redução do valor do **débito expiratório médio (DEM<sub>25</sub>)**, normalmente considerada representativa das alterações das pequenas vias aéreas.

A **resistência total das vias aéreas, pelo método oscilométrico (Rrs5)**, encontra-se aumentada na população submetida a agressão acústica, sugerindo uma limitação global do débito aéreo<sup>19, 20, 21</sup>.

A diferença  $\Delta Rrs5 - Rrs20$ , em princípio representativa das resistências aéreas periféricas, estava igualmente aumentada

Hertz) allow definition of Total Resistance (Rrs5) and Rrs20 Resistance corresponding to the most central portion of the airways. The  $\Delta Rrs5/Rrs20$  difference and X5 capacitance are indicators of the value of peripheral resistances. The dependency between the resistances and oscillometry frequency favours alterations of the peripheral airways.

This introduction shows why use was made here of the potential of this technique in the approach to the most peripheral airways.

Considering now in isolation the statistically significant parameters in the study carried out, a reduction in the value to mid-expiratory flow (MEF<sub>25</sub>) was observed, normally considered as representing alterations in small airways.

Total resistance of airways, by the Oscillometry method (Rrs5), was found to be raised in the group subjected to acoustic aggression, suggesting a global restriction of airflow<sup>19, 20, 21</sup>.

The  $\Delta Rrs5 - Rrs20$  difference, in principle representative of peripheral air resistances, was similarly increased in the same group.

An Rrs dependency was also observed in 12 workers (36%) using Oscillometry, in this case raising the resistance of the lowest frequencies (Rrs5), suggesting early changes in peripheral airways<sup>3</sup>.

The statistically significant alterations of the three parameters in question, particularly in their combined changes, associated to dependency of the values of air resistances by oscillometric frequency, suggesting with some certainty the existence in the afflicted group of alterations in the smaller airways.

neste mesmo grupo.

Verificou-se, igualmente, em 12 operárias (36%), uma **dependência de Rrs em função da frequência oscilométrica**, neste caso elevação da resistência em frequências mais baixas (Rrs5), sugestivo de alterações precoces das vias aéreas periféricas<sup>3</sup>.

As alterações estatisticamente significativas dos três parâmetros referidos, **nomeadamente pela sua alteração conjunta**, associadas à dependência do valor das resistências aéreas em função da frequência oscilométrica, sugerem com alguma pertinência a existência na população agredida de **alterações das vias aéreas de menor calibre**.

A inexistência de alteração estatisticamente significativa do valor da **capacitância (X5)** e que viria complementar este achado poderá estar ligada a alterações situadas a um nível diferente.

Não foram detectadas alterações funcionais do tipo restritivo, que poderiam estar relacionadas com eventual **patologia pleural**

Não foram, igualmente, detectadas alterações da transferência alvéolo-capilar sugestivas de **agressão do interstício**.

Torna-se também difícil garantir a exclusão das poeiras de algodão como factor etiológico responsável pelas alterações encontradas. No entanto, a agressão do ruído sobre os epitélios ciliados pode potencializar, pela redução da *clearance*, o efeito destas poeiras<sup>12, 13</sup>.

Ficam em aberto novos estudos englobando populações mais numerosas, que possibilitem a inclusão de técnicas de detecção mais precoce de alterações ainda mais incipientes nas vias aéreas e parênquima pulmonar.

The existence of statistically significant alteration in the value capacitance value (X5), which came to complement this discovery, could also connect to alterations situated at a different level.

No restrictive functional alterations were detected, which could be related to possible pleural pathology.

Likewise, no alterations in alveolar-capillary transference suggesting interstitial aggression were detected.

It also became difficult to guarantee the exclusion of cotton dust as an etiological factor responsible for the alterations found. However, noise aggression on ciliated epithelia could increase, by reduction of clearance, the effect of these particles<sup>12, 13</sup>. New studies are in progress that include bigger sample groups and make possible the inclusion of earlier detection methods of even more incipient alterations in airways and the pulmonary system.

The study of dependency of air resistances in relation to frequency of oscillations (forced oscillation method) is today considered particularly informative in the stratification of different levels of airways. It would also be of future interest to repeat this study on the risk group to ascertain if there are any clinical symptoms in the respiratory system, suggesting vibroacoustic disease.

### Acknowledgements

The authors wish to express thanks to Dr Pinto de Almeida for facilities given to allow contact with textile workers in the study

This study was financed by IDICT and FCT (POCTI/FEDER).



O estudo da dependência das resistências aéreas em relação à frequência das oscilações (técnica das oscilações forçadas), considera-se hoje em dia particularmente informativo para a estratificação das resistências aos diferentes níveis das vias aéreas. Será de considerar, igualmente, o interesse ulterior da repetição deste estudo nesta população de risco, caso venha a ser detectada qualquer sintomatologia clínica do foro respiratório, sugerindo doença vibroacústica.

### Agradecimentos

Os autores desejam expressar os seus agradecimentos ao Sr. Dr. Pinto de Almeida pelas facilidades concedidas no contacto com os trabalhadores têxteis que foram estudados.

Este estudo foi financiado pelo IDICT e pela FCT (POCTI/FEDER).

### Bibliografia/Bibliography

1. Castelo Branco NAA, Rodriguez e The Vibroacoustic Disease. An emerging pathology. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70:A1-A6.
2. Castelo Branco NAA, Águas AP, Pereira AS, Monteiro E, Fragata JIG, Tavares F, Grande NR. The human pericardium in vibroacoustic disease. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70:A54-A62.
3. Grande NR, Águas AP, Pereira AS, Monteiro E, Castelo Branco NAA. Morphological changes in rat lung parenchima exposed to low frequency noise. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70: A70-A77.
4. Marciniak W, Rodriguez E, Olszowska K, Atkwo O, Botvin I, Araujo A, Pais F, Soares Ribeiro C, Bordalo A, Prazeres de Sá E, Ferreira D, Loureiro J, Castelo Branco MSN, Castelo Branco NAA. Echocardiographic evaluation in 485 aeronautical workers exposed to different noise environments. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70: A46-A53.
5. Melamed S, Bruhis S. The effects of chronic industrial noise exposure on urinary cortisol, fatigue and

irritability: a controlled field experiment. *J Occup Environ Med* 1996; 38:252-256.

6. Parvizpoor D. Noise exposure and prevalence of high-body pressure among weavers in Iran. *J Occup Med* 1976; 18:730-731.

7. Zhan C, Lu Y, Li C, Wu Z, Long Y, Zhou L, Zhou B. A study of textile noise influence on maternal function and embryo-growth. *Hua His I Ko Ta Hsueh Hsueh Pao* 1991; 22:394-398.

8. Cloutier MM, Guernsey L. Byssinosis: role of polymer length on the effect of tannin on the airway beta-adrenergic receptor. *Lung* 1998; 176:393-401.

9. Fishwick D, Fletcher AM, Pickering CA, McL NR, Faragher EB. Lung function in Lancashire cotton and man made fibre spinning mill operatives. *Occup Environ Med* 1996; 53:46-50.

10. Raza SN, Fletcher AM, Pickering CA, Niven RM, Faragher EB. Respiratory symptoms in Lancashire textile weavers. *Occup Environ Med* 1999 56:514-519.

11. Simpson JC, Niven RM, Pickering CA, Fletcher AM, Oldham LA, Francis HM Prevalence and predictors of work related respiratory symptoms in workers exposed to organic dust. *Occup Environ Med* 1998; 55:668-672.

12. Oliveira MJR, Pereira AS, Guimarães L, Freitas D, Carvalho APO, Grande NR, Águas AP. Chronic exposure of rats to cotton-mill-room noise changes the cell composition of the tracheal epithelium. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2002; 44:1135-1142.

13. Oliveira MJR, Pereira AS, Ferreira PG, Guimarães L, Freitas D, Carvalho APO, Grande NR, Águas AP. Arrest in ciliated cell expansion on the bronchial lining of adult rats caused by chronic exposure to noise. *Environmental Research* 2005; 97:282-286.

14. Oliveira MJR, Pereira AS, Ferreira PG, Guimarães L, Freitas D, Carvalho APO, Grande NR, Águas AP. Reduction of rat pleural microvilli caused by noise pollution. *Experimental Lung Research* 2003; 29:445-454.

15. Reis Ferreira JM, Couto A, R Jalles Tavares N, Castelo Branco MSN, Castelo Branco NAA. Airway Flow Limitation in Patients with Vibro-acoustic Disease. *Aviat Space Environ Med* 1999 70: A63-A69.

16. Mendes CP A doença vibro-acústica e a patologia respiratória. *Boletim do HPV XV* 2002; 2.65-71.

17. Smith HJ, Reinhold P, Goldman MD. Forced

## EFEITO DA EXPOSIÇÃO PROLONGADA A RUÍDO OCUPACIONAL NA FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE TRABALHADORES DA INDÚSTRIA TÊXTIL

António Paes Cardoso, Maria João R. Oliveira, Álvaro Moreira da Silva, Artur P. Águas, António Sousa Pereira

oscillation technique and Impulse Oscilometry. Eur Resp Monograph 2005; 31: 72-105.

18. Grande NR, Águas AP, Pereira AS, Monteiro E, Castelo Branco NAA. Morphofunctional study of rat pleural mesothelial cells exposed to low frequency noise. Aviat Space Environ Med 1999; 70: A78-A85.

19. Vogel J, Smith U. Impulse Oscilometry – pmi Verlags Gmbh, Frankfurt am Main 1994.

20. Paes Cardoso A, Reis Ferreira JM. Oscilometria de impulso. Novo método de avaliação da função respiratória. Rev Port Pneumol 1998; IV (2): 175-205.

21. Vogel J, Nolte D, Smith HJ. Impuls-Oszillometrie – Dustrri-Verlag Dr. Karl Feistle-Munchen-Deisenhofen 1995.