



DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE AMOSTRAGEM NA EXACTIDÃO DOS VALORES DETERMINADOS DO NÍVEL EQUIVALENTE DE RUÍDO L_{eq}

PACS: 43.50.Ba

M. C. Gameiro da Silva, M. L. O. S. Mateus
ADAI – Departamento de Engenharia Mecânica
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra – Pólo II
3030-201 Coimbra, PORTUGAL
E-mail: manuel.gameiro@dem.uc.pt, mariomateus@clix.pt

ABSTRACT

Two resampling software tools were developed to study the influence of the data acquisition parameters of sound pressure level signals on the determined values of the noise equivalent level L_{eq} of a given time period. The software tools allow the simulation of different sampling strategies, where the duration, number and acquisition rate of sampling periods can be varied. Different files containing sound pressure level signals of urban noise measurements acquired with a 1 second throughput, during night and day periods were resampled. It was verified that, if there is not a special care on the definition of sampling parameters, significant error can be committed on the calculated values of noise equivalent level L_{eq} .

RESUMO

Foram desenvolvidas duas ferramentas computacionais para reamostragem de sinais correspondentes a evoluções temporais do nível de pressão sonora (NPS), com o objectivo de avaliar a influência dos parâmetros de aquisição no valor determinado do nível equivalente de ruído L_{eq} de um dado intervalo de tempo. As ferramentas desenvolvidas permitem simular diferentes estratégias de amostragem do sinal de NPS, em que se podem variar a frequência de aquisição e o número e duração dos períodos de amostragem. Foram reanalisados vários sinais de NPS, obtidos inicialmente com um intervalo de tempo entre amostragens sucessivas de 1 segundo, e correspondentes a registos obtidos em períodos nocturnos e diurnos em ambiente urbano, bem como outros registos típicos, por exemplo com uma evolução temporal do ruído com dois patamares.

Verifica-se que, se não houver cuidado na definição dos parâmetros de amostragem dos sinais de NPS, é possível a ocorrência de erros significativos (podem chegar a 4 a 5 dB) nos valores determinados do nível equivalente de ruído.

Palavras-chave: Acústica, Ruído ambiental, Nível equivalente de ruído, L_{eq} .

INTRODUÇÃO

São actualmente em grande número as situações em que as entidades de investigação, certificação, controlo e inspecção têm que proceder à amostragem de sinais de nível de pressão sonora para determinarem o nível equivalente de ruído ocorrente durante um dado período, dado que este é o parâmetro estabelecido pela legislação para a análise das situações em estudo. O nível equivalente de ruído é definido como o nível de pressão sonora de um ruído constante que, por ter o mesmo conteúdo energético, teria o mesmo efeito sobre as pessoas que o ruído real ocorrido (não necessariamente e muito raramente constante).

Verifica-se, entretanto, que nas normas que regulamentam os vários tipos de ensaios em que este parâmetro é requerido, as indicações sobre as estratégias a adoptar na amostragem dos sinais que permitirão a sua determinação são muito vagas e pouco precisas. Este facto, dada a natureza da variável a determinar, que representa uma média ponderada de valores que foram obtidos por um processo de logaritmização, pode conduzir a erros grosseiros no seu cálculo, pelo que se justifica um esforço no sentido de clarificar a influência dos parâmetros de aquisição na precisão do processo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O nível equivalente de ruído L_{eq} é determinado a partir das séries temporais de valores de nível de pressão sonora NPS , definido como

$$NPS = 20 \cdot \log \frac{P_{rms}}{P_{ref}} \quad [dB] \quad (1)$$

em que P_{rms} , é a chamada pressão sonora que corresponde ao desvio padrão das flutuações instantâneas da pressão em torno de um valor médio (geralmente a pressão atmosférica local) e P_{ref} é o valor da pressão sonora do limiar de audição (o som mais fraco detectável pelo ouvido humano). Assim, para um sinal com um tempo de ocorrência T , o correspondente nível equivalente de ruído L_{eq} , é obtido a partir de:

$$L_{eq,P} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{NPS}{10}} dt \quad [dB] \quad (2)$$

Que no caso de o sinal sonoro a analisar ser discreto, por ter resultado de um processo de amostragem temporal, toma a forma seguinte:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \frac{1}{n} \sum_0^n 10^{\frac{NPS_n}{10}} \quad [dB] \quad (3)$$

O conceito de L_{eq} é ilustrado graficamente na figura 1, em que se representa em a) a evolução temporal da pressão para um dado som, em b) a correspondente evolução do nível de pressão sonora, em c) o sinal constante com o mesmo conteúdo energético do sinal a) e em d) o seu valor constante do nível de pressão sonora, que corresponde ao nível equivalente de ruído para o sinal a).

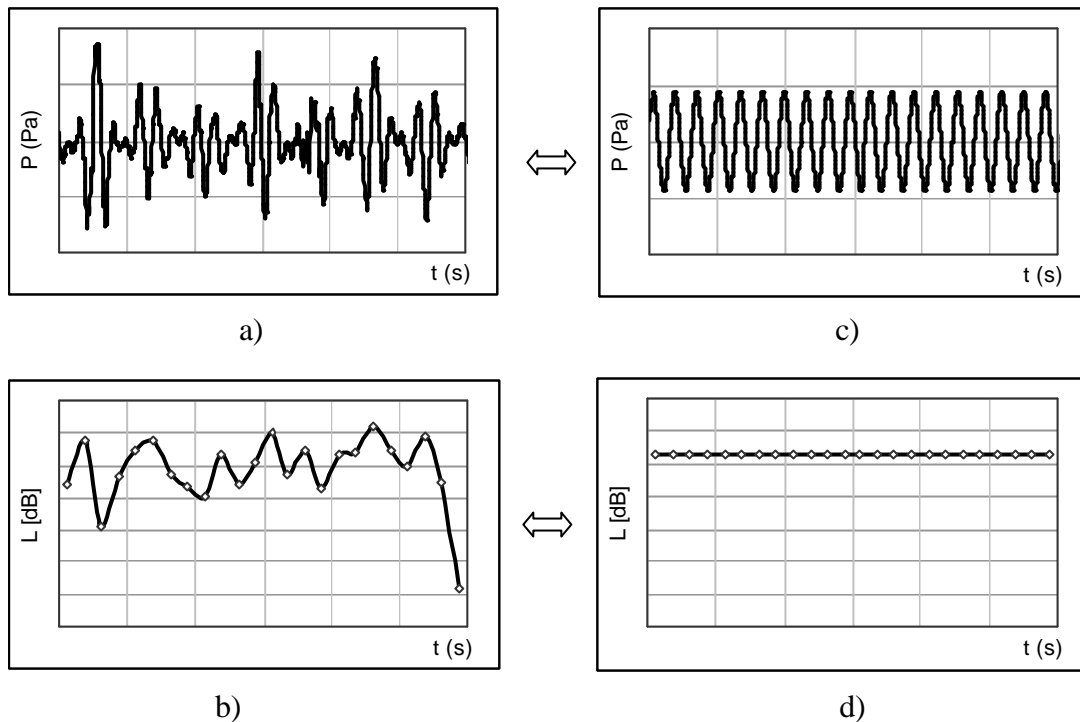


Figura 1. Conceito de nível equivalente de ruído

O processo de cálculo de L_{eq} conduz assim a uma situação em que o seu valor é, desde que o processo de cálculo contemple todo o período de análise, por natureza, sempre superior ao valor da média aritmética temporal dos valores do nível de pressão sonora que lhe dão origem. Este facto resulta de, no processo de cálculo, a ponderação dos níveis de pressão sonora mais elevados ser muito mais forte do que a dos níveis de pressão sonora mais baixos.

Deste modo, podem surgir, com alguma facilidade, erros na determinação do nível equivalente de ruído que resultarão:

- na subvalorização de L_{eq} , se, no processo de amostragem do sinal, alguns períodos de ocorrência de máximos não tiverem sido adquiridos.
- na sobrevalorização de L_{eq} , se a ponderação temporal dos períodos de máximos for excessiva na amostra considerada, relativamente ao período total em análise.

APLICAÇÕES COMPUTACIONAIS

Foram desenvolvidas na plataforma de programação Testpoint, duas aplicações computacionais destinadas à realização de processos de reamostragem de sinais correspondentes a evoluções temporais do nível de pressão sonora.

A primeira dessas aplicações, denominada *resample-freq*, permite estudar o efeito da frequência de amostragem escolhida para a aquisição do sinal de NPS nos erros cometidos na determinação de L_{eq} . Na figura 2 apresenta-se a interface gráfica da aplicação no processamento de um sinal de ruído ambiental registado na cidade de Coimbra durante um período nocturno (22:00 às 07:00), adquirido inicialmente com um intervalo de tempo entre amostragens sucessivas de 1 segundo. O gráfico do lado esquerdo da aplicação corresponde à evolução temporal de todo o sinal registado, para o qual o valor de L_{eq} é de 44.8 dB(A). O cálculo consiste na determinação dos erros cometidos se o sinal tivesse sido adquirido com outros intervalos de tempo entre amostragens sucessivas (1, 2, 3, ..., 324 segundos), podendo o operador definir o divisor máximo a considerar no processo. No caso representado, aplicou-se um divisor máximo de 100, o que dá um valor mínimo de pontos considerados de 324, uma vez que o sinal inicial continha 32400 pontos, correspondentes ao total de segundos das 9 horas do período analisado.

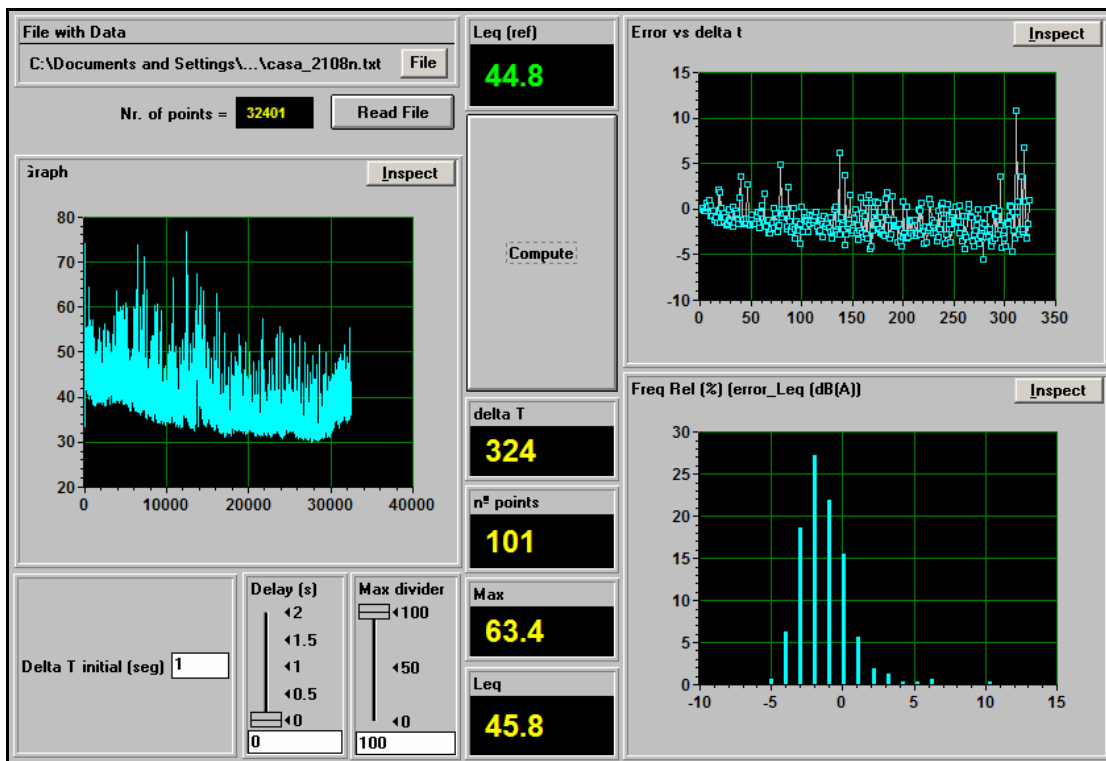


Figura 2. Aspecto da interface gráfica da aplicação computacional *resample_freq.tst* durante o processamento de um sinal do nível de pressão sonora adquirido num período nocturno

No gráfico que aparece na figura 2 em cima do lado direito apresenta-se o erro cometido na determinação de L_{eq} , para cada valor do tempo considerado entre amostras sucessivas. Constata-se que é possível cometer erros muito significativos, crescendo a probabilidade de cometer erros de maior magnitude à medida que aumenta o intervalo de tempo entre pontos adquiridos e, logo, diminui a dimensão percentual da amostra considerada relativamente à totalidade do período analisado. Analisando a função de probabilidade da ocorrência de erros, para o cálculo efectuado, pode-se concluir que, para a gama de frequências de amostragem estudada, a probabilidade de cometer erros absolutos inferiores a ± 1 dB(A) seria da ordem de 42 %. Verifica-se ainda que a probabilidade de cometer erros absolutos da ordem de 2 a 5 dB(A) não é de todo desprezável, sendo recomendável para evitar esta situação que os períodos entre amostragens sucessivas não excedam os 10 segundos, como se pode depreender da análise da figura 3, em que se representa um detalhe da evolução dos erros representada na figura 2, para tempos entre amostragens sucessivas inferiores a 1 minuto.

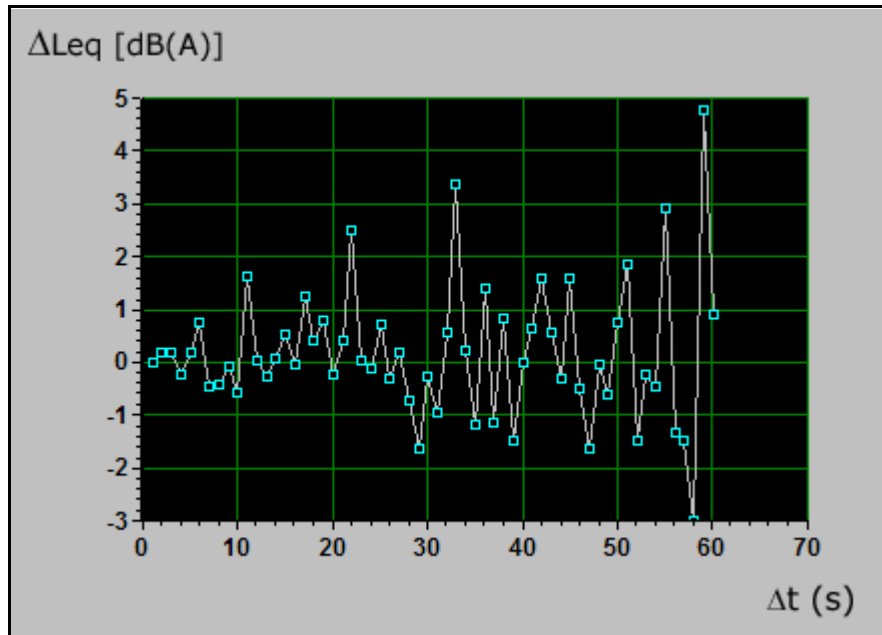


Figura 3. Evolução dos erros cometidos na determinação de L_{eq} , em função do intervalo de tempo entre amostragens sucessivas

Constata-se que, no caso particular estudado, para intervalos de tempo até aos 10 segundos, os erros absolutos cometidos na determinação de L_{eq} seriam sempre inferiores a ± 1 dB(A). No entanto, verifica-se que, para a totalidade dos intervalos de tempo com duração inferior a um minuto, já existe uma probabilidade de 1/3 de cometer erros superiores a 1 dB(A) na determinação de L_{eq} , o que deve ser tido em conta na escolha dos parâmetros de aquisição a seleccionar para sinais de ruído ambiental. A generalização desta recomendação carece, todavia, de um estudo mais aprofundado com incidência sobre um elevado número de sinais diferentes.

A outra aplicação computacional, chamada *resample_periods*, permite testar diferentes estratégias de amostragem do sinal de nível de pressão sonora, em que pode ser variado o número de períodos de aquisição de igual duração temporal, a dimensão mínima de cada um deles e o incremento de tempo entre durações sucessivas de cada um dos períodos a considerar no ciclo de cálculo. Na figura 4 apresenta-se a interface gráfica da aplicação durante um processo de cálculo efectuado com o mesmo sinal utilizado no caso da figura 2. Na presente situação, testam-se estratégias de aquisição do sinal baseadas em dez períodos de amostragem, começando numa dimensão mínima de 1 minuto por período e indo, com incrementos de um minuto, até uma dimensão máxima em que a soma dos dez períodos corresponde à totalidade do sinal. A imagem apresentada corresponde ao instante temporal em que estava a ser calculada a situação de reamostragem do sinal através da consideração de dez períodos com a duração de 15 minutos (situação ilustrada no gráfico do canto inferior esquerdo).

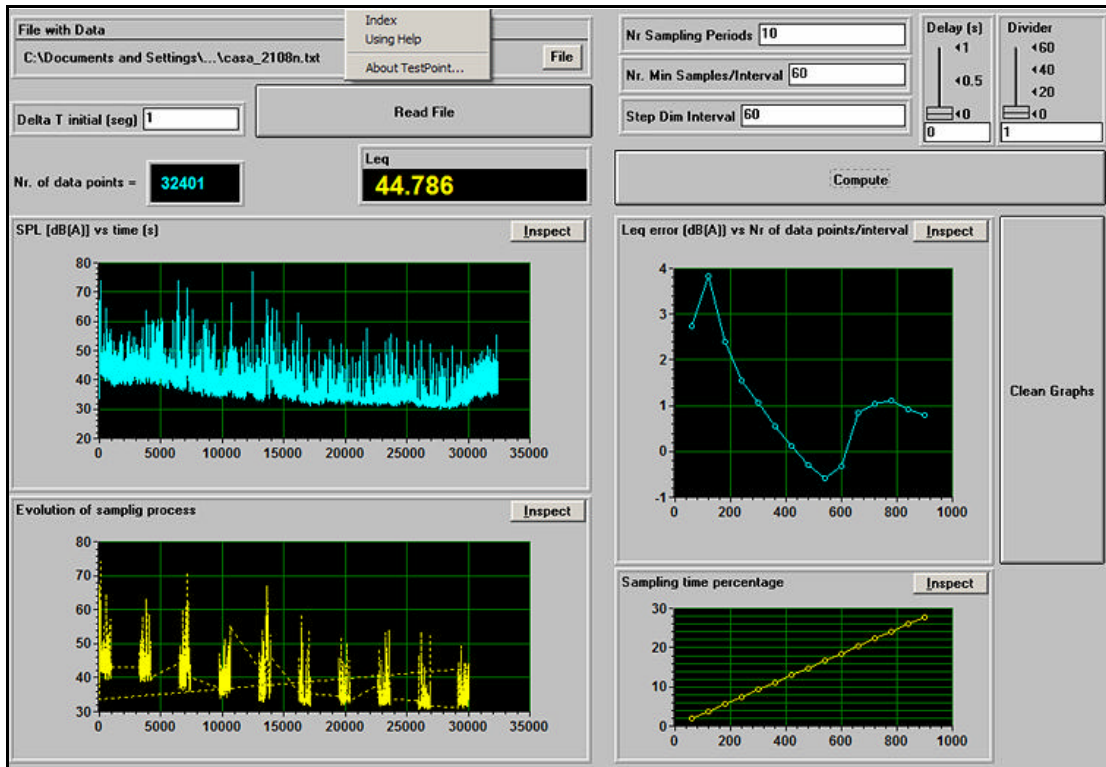


Figura 4. Aspecto da interface gráfica da aplicação computacional *resample_periods.tst* no decurso do processamento de um sinal do nível de pressão sonora

No gráfico situado do lado direito, em cima, representa-se a evolução do erro absoluto cometido na determinação de L_{eq} , em função do número de pontos de cada um dos intervalos de amostragem. O gráfico situado abaixo mostra a percentagem do tempo total do sinal em análise que foi, até ao momento considerada no processo de reamostragem para cada valor calculado do erro de L_{eq} . No caso particular apresentado, verifica-se que a entrada definitiva numa faixa de erro inferior a ± 1 dB(A), exige a utilização de um número de amostras a que corresponde uma duração temporal de cerca de 30% do tempo total de ocorrência do sinal analisado.

CONCLUSÃO

Foram desenvolvidas duas aplicações computacionais para a realização de estudos da influência dos parâmetros de aquisição dos sinais de nível de pressão sonora na exactidão dos valores determinados do nível equivalente de ruído L_{eq} . Os programas foram testados e validados para o caso de registos de ruído ambiental urbano em períodos nocturnos e diurnos. Irão ser utilizados para a realização de um estudo com um número de casos estatisticamente significativo de forma a definir linhas orientadoras para a selecção dos parâmetros de amostragem do tipo de sinais aqui tratados.