

Reflexão sobre a complexidade dos fatores Ruído e Vibração em Avaliação de Impacte e a necessidade de ensino e investigação

Autor(es):

Vitor Rosão (SCHIU), vitor.schiu@gmail.com

Resumo

Palavras-chave: Ensino; Investigação; Impacte; Ruído; Vibração.

A presente comunicação pretende efetuar uma reflexão sobre o estado atual da Avaliação de Impacte Ambiental nos fatores Ruído e Vibração: quais as principais dificuldades encontradas no desenvolvimento destes fatores na concretização dos Estudos de Impacte Ambiental e quais as melhorias mais necessárias. Será analisado que contributo positivo poderá ser dado pelo Sistema de Qualificação de Peritos Competentes em Avaliação de Impacte Ambiental (QPAIA) – cujo Regulamento entrou em vigor em 31 de março de 2019 – na medida em que o mesmo prevê a formação contínua de Consultores, Administradores e Proponentes, de acordo com as respetivas competências. Será igualmente analisada a dinâmica positiva que tal sistema poderá trazer ao ensino e à investigação em Avaliação de Impactes nos fatores Ruído e Vibração.

1. Sobre algumas “contradições” básicas da Engenharia Acústica

A Acústica (Ruído e Vibração), como ramo da Física que estuda os sons, e fenómenos similares (vibração), poderá dizer-se que é uma “ciência exata”. Contudo, se essa “ciência exata” procurar incorporar nas suas análises quantitativas os aspetos “subjetivos” da perceção humana, deixa de ser uma “ciência exata”.

Ainda que muitos esperem que a Engenharia Acústica seja capaz de tratar de forma completamente objetiva e quantitativa os problemas de Ruído/Vibração Ambiental, outros – talvez mais informados – sabem que, na sua essência, a Engenharia Acústica, quando trata os problemas de Ruído e/ou Vibração Ambiental, é tudo menos uma “ciência exata”.

Vejamos então melhor – tentando contribuir também, de alguma forma, para o ensino nesta área – algumas das definições/quantificações que a Engenharia Acústica foi efetuando ao longo dos tempos para percebermos melhor a sua raiz e as suas fragilidades.

Quando no final do séc. XIX e princípio do séc. XX Alexander Bell – que já não é oficialmente, desde 2002, o inventor do telefone, mas sim Antonio Meucci [1] – tentou implementar o telefone, verificou que não existia uma relação linear entre a variação da energia física que tinha de aplicar à sua máquina e a variação da sensação de intensidade sonora do ouvinte. No essencial é esta a razão que conduz à necessidade de introdução de uma escala logarítmica (unidade Decibel) na Engenharia Acústica.

Tal relação não ocorre só na acústica, e encontra-se até enunciada na forma de uma lei geral da Psicofísica, intitulada lei de Weber-Fechner: “*a resposta a qualquer estímulo é proporcional ao logaritmo da intensidade do estímulo*”. Muito recentemente (agosto de 2019) cientistas do Centro Champalimaud descobriram até uma nova lei da Psicofísica que explica a lei de Weber-Fechner [2]. O Decibel é assim o primeiro passo no sentido de procurar que a análise quantitativa incorpore aspetos associados à sensibilidade humana.

Outro passo nesse sentido foi introduzido pelas denominadas Curvas de Fletcher-Munson [3], que demonstram que sons com diferentes frequências e igual intensidade sonora física despertam diferente sensação de intensidade sonora no ser humano.

No início do séc. XX a atividade construtiva em Nova Iorque era muito intensa e fez subir significativamente o número de queixas devido ao ruído o que levou o Município a criar uma

Comissão de Redução do Ruído. Essa Comissão criou um Comité de Medição e Análise do Ruído, o qual deu passos verdadeiramente essenciais e pioneiros para a análise quantitativa e normalizada de ruído que hoje se conhece:

- a) Utilização de uma escala logarítmica que se denominou por Decibel, em honra a Alexander Bell.
- b) Apesar de se saber, já nessa altura, que as Curvas de Fletcher-Munson variavam em função da intensidade sonora em causa, foi decidido, dada a complexidade do *apparatus* necessário para tal ponderação – utilizar apenas algumas malhas de ponderação em frequência, tendo ficado generalizada a denominada Malha A, baseada na Curva de Fletcher-Munson de 40 dB a 1000 Hz (40 fone).

Apesar de, hoje em dia, se reconhecer que a Malha A não é universal e apesar de existirem algumas tentativas no sentido de alertar para as inadequações da sua utilização generalizada [4], a verdade é que o dB(A) continua a ser a unidade recomendada pelas normas estabelecidas para caracterização do Ruído Ambiente [5][6], e a ser a unidade utilizada no Regulamento Geral do Ruído (RGR) Português [7], mas também nas recentes recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS-Europa) para o Ruído Ambiente [8]. Chama-se a atenção que na literatura inglesa é usual escrever apenas dB, mesmo quando esse dB possui ponderação da malha A.

Encontra-se aqui, portanto, a primeira “inexatidão” da Engenharia Acústica, na medida em que se gostaria – na “simplicidade” da exatidão das relações matemáticas – que um maior valor de Nível Sonoro significasse sempre uma sensação de maior intensidade sonora. Ainda que, “normalmente”, um som com um Nível Sonoro de 80 dB(A) desperte uma sensação humana de maior Intensidade Sonora do que um som com Nível Sonoro de 70 dB(A), poderão existir casos em que tal não aconteça. É preciso, portanto, cuidado com a utilização generalizada da Malha A.

Com as atuais curvas de igual sensação de intensidade (*loudness*) [9] tem-se que 60 dB a 100Hz equivale a cerca de 40 dB a 1000 Hz (40-60=-20dB: correção aproximada da Malha A a 100Hz) e 90 dB a 100Hz equivale a cerca de 80 dB a 1000Hz. Assim, um som de 90 dB a 100 Hz terá um valor de cerca de 70 dB(A) mas deverá despertar – em média – uma sensação de intensidade sonora semelhante a um som de 80 dB(A) a 1000 Hz.

Se os sons não forem muito diferentes entre si em termos espectrais, então não deverá haver grande problema de utilização da ponderação da Malha A na sua comparação. É por isso que, apesar de a Malha A ser bastante desfavorável para as baixas frequências e por isso não ser recomendada para a sua caracterização – ver Anexo C (Sons com forte componente de baixa frequência) da NP ISO 1996-1:2019 [5] – existem países que estabelecem limites de ruído de baixa frequência – em particular para Parques Eólicos – com base em valores em dB(A) [10].

Apesar da “imperfeição”, a Malha A aproxima mais os resultados dos níveis de intensidade sonora assim obtidos da variação humana da sensação de intensidade sonora. A “dimensão” da sensação de intensidade sonora é assim tipicamente caracterizada através de um Nível de Intensidade Sonora ponderado A. Como na prática se caracteriza a pressão sonora (microfones) para se obter de forma aproximada a intensidade sonora, o Nível de Intensidade Sonora é também denominado por Nível de Pressão Sonora. Como a relação da pressão sonora com a intensidade sonora é mais complexa em campos sonoros que contêm reflexões – e porque normalmente se pretende obter valores de som incidente (ver Anexo I do DL 146/2006 [11]) – é necessário ter algum cuidado com medições junto a superfícies refletoras, pois aí os resultados de pressão sonora podem afastar-se mais dos resultados da intensidade sonora incidente e o que se pretende, em última análise, é uma caracterização da intensidade sonora incidente, tão próxima quanto possível da sensação humana de intensidade sonora. Nestas circunstâncias, poderá existir uma “inexatidão” dos resultados relativamente aos valores efetivos de intensidade sonora, em função da localização do ponto de medição mais próximo ou mais afastada de superfícies refletoras (mais questões associadas à localização do ponto de medição/previsão podem ser encontradas no capítulo “3.1 *Pormenores técnicos a esclarecer*” referência [12])

E como podemos comparar casos mais complexos – mas ainda simples – em que um som mais intenso dura menos tempo e um som menos intenso dura mais tempo? Como podemos incorporar a “dimensão” da duração do ruído?

A edição dos anos 80 do séc. XX, da ISO 1996 (Acústica: Descrição e medição do ruído ambiente) explica que apesar de o ser humano responder de forma diferenciada perante diferentes fontes sonoras, com diferentes tipos de variação de intensidade sonora ao longo do tempo, a elevada quantidade e complexidade de parâmetros e métodos existentes – nessa altura (anos 80) – estavam a tornar-se uma “Torre de Babel” da acústica pelo que, apesar das limitações associadas, recomendava a utilização de um “único” parâmetro simples, para caracterização de qualquer situação de exposição a ruído ambiente: esse parâmetro é o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A (L_{Aeq}), o qual corresponde a uma média energética dos níveis sonoros ao longo do tempo, em dB(A), variando portanto com $10\log(t)$, sendo t o tempo.

Na literatura Portuguesa pode-se encontrar o parâmetro escrito na forma L_{eq} – sem o A – com os resultados expressos em dB(A). Na literatura Portuguesa o esclarecimento da ponderação em frequência em causa ocorre quase sempre na expressão da unidade [dB(A)]. Na literatura Inglesa quase sempre o parâmetro é expresso como L_{Aeq} e os resultados expressos como apenas dB, apesar de a ponderação em frequência utilizada. Na literatura Inglesa o esclarecimento da ponderação em frequência em causa ocorre quase sempre na expressão do parâmetro (por exemplo L_{Aeq}) e não na expressão da unidade, que é quase sempre apenas dB, independentemente da ponderação em frequência em causa.

A versão dos anos 80 da ISO 1996 indicava apenas que, pelo menos as denominadas características tonais e as características impulsivas do ruído deveriam ser ponderadas, e o valor de L_{Aeq} deveria ser corrigido em conformidade, passando a designar-se por Nível de Avaliação (L_{Ar}), no sentido de permanecer, o mais possível, uma relação matemática associada ao nível de intensidade sonora, o mais próxima possível da sensação humana da intensidade sonora: valores superiores de L_{Ar} deverão despertar uma sensação humana de maior intensidade sonora.

Portanto, do ponto de vista da Engenharia Acústica, um L_{Ar} de 80 dB(A) que dure 2 horas, é sensivelmente equivalente a um L_{Ar} com 77 dB(A) que dure 4 horas [$10\log(2)\approx 3$ dB].

Como é fácil de entender trata-se de uma simplificação que nem sempre terá uma adequada aderência à realidade. Ainda que não devamos perder isso de vista, não devemos também perder de vista que uma maior simplificação pode ter vantagens relativamente a uma menor simplificação que pode complicar demasiado – e de forma injusta – a análise. A nível internacional a relação da variação simples da “incomodidade” com $10\log(t)$ é genericamente aceite, como comprova a expressão 2.4.2 do DL 136-A/2019 [13] que transpõe para o direito nacional a Diretiva Europeia 2015/996.

Vejamos o caso do RGR Português [7], como um exemplo de uma boa intenção que, ao não querer manter a relação simples – no caso do denominado Critério de Incomodidade (alínea b) do n.º 1 do Artigo 13.º e Anexo I do RGR [7]) – ter complicado demasiado a análise e poder ter introduzido até injustiças [14].

O que estabelece o n.º 2 do Anexo I do DL 9/2007 é o seguinte: *Aos valores limite da diferença entre o L_{Aeq} do ruído ambiente que inclui o ruído particular corrigido (L_{Ar}) e o L_{Aeq} do ruído residual, estabelecidos na alínea b) do n.º 1 do artigo 13.º, deve ser adicionado o valor D indicado na tabela seguinte. O valor D é determinado em função da relação percentual entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência.*

<i>Valor da relação percentual (q) entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência</i>	<i>D em dB(A)</i>
$q \leq 12,5\%$	4
$12,5\% < q \leq 25\%$	3
$25\% < q \leq 50\%$	2

Valor da relação percentual (<i>q</i>) entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência	<i>D</i> em dB(A)
50% < <i>q</i> ≤ 75%	1
<i>q</i> > 75%	0

Considere-se, por simplicidade, um caso em que o ruído residual (ruído sem a atividade) seja 50 dB(A) em qualquer momento do período do entardecer. Assim uma atividade que dure todo o período do entardecer (20h-23h) não deverá produzir, na sobreposição com o ruído residual, mais do que 50+4=54 dB(A) para cumprir o limite do denominado Critério de Incomodidade [alínea b) do n.º 1 do Artigo 13.º do DL 9/2007 [7]]. Se a mesma atividade durasse apenas 20 minutos no período do entardecer [20h-23h; 20/(3*60)≈11%] e se fosse usada a relação simples de 10log(*t*) poderia fazer um ruído de mais 10log((3*60)/20) ≈ +10 dB, ou seja 54+10=64 dB(A), para continuar a cumprir o denominado Critério de Incomodidade. A introdução do n.º 2 do Anexo I do DL 9/2007 baliza o aumento de 10 dB referido a apenas 4 dB [54+4=58dB(A)], o que é uma diferença muito significativa e demonstra a importância, e lógica de contenção legal – neste exemplo simples – deste aspeto do RGR. O problema está na comparação do que acontece se uma dada atividade fizer 64 dB(A) durante 20 minutos, e depois no restante tempo do período do entardecer fizer um ruído de apenas 34 dB(A). Neste caso a duração da atividade é 100% do período do entardecer e tem de se aplicar a regra de 10log(*t*), ou seja:

$$10\log\left(\frac{20 \times 10^{\frac{64}{10}} + (3 \times 60 - 20) \times 10^{\frac{34}{10}}}{3 \times 60}\right) \approx 54 \text{ dB(A)}.$$

Assim, devido à exceção legal que faz sentido em casos simples, pode introduzir-se uma distinção injusta, sendo, no exemplo, semelhante, aos olhos da lei (RGR), uma atividade que produz, no período do entardecer, 58 dB(A) durante 20 minutos e encerra a atividade, e uma atividade que opera durante todo o período do entardecer, com um ruído de 64 dB(A) durante 20 minutos (mais 6 dB do que a outra atividade que depois encerra) e depois com um ruído de 34 dB(A) durante o restante tempo do período do entardecer.

A versão atual da ISO 1996 [5][6], manteve o conceito de Nível de Avaliação – no sentido que corresponde a um L_{Aeq} corrigido de determinados fatores que têm em conta a variação da sensibilidade humana típica, mas introduziu outras formas de correção associadas às características tonais e às características impulsivas e introduziu outros fatores, a saber:

- **Fonte sonora:** O mesmo valor L_{Aeq} não possui a mesma probabilidade de afetação humana quando se trata de ruído de tráfego rodoviário, ruído de tráfego ferroviário, ruído de tráfego aéreo ou de ruído industrial. Tal aspeto pode ser contabilizado através de aplicação de uma correção ao valor de L_{Aeq} , em função do tipo de fonte, considerando o mesmo limite, ou pode ser contabilizado sem essas correções e considerar diferentes valores limite em função do tipo de fonte. As recomendações da Organização Mundial de Saúde [8] apresentam diferentes valores limite em função do tipo de fonte.
- **Período de tempo:** O mesmo valor de L_{Aeq} , para o mesmo tipo de fonte, não possui o mesmo tipo de aceitação se ocorrer durante o período diurno, o período do entardecer ou o período noturno, ou se ocorrer ao fim-de-semana. Tal aspeto pode também ser contabilizado através de aplicação de uma correção ao valor de L_{Aeq} , em função do período de tempo em que ocorre, considerando o mesmo limite, ou pode ser contabilizado sem essa correção e considerar diferentes valores limite em função do período de tempo. O Regulamento Geral de Ruído, desde a sua 1.ª versão de 1987 [15] que possui este tipo de distinção entre o período diurno e o período noturno.

Com a publicação da Diretiva Europeia 2002/49/CE, transposta para o direito nacional através do DL 146/2006 [11], é harmonizado no espaço europeu a existência de 3 períodos (dia, entardecer e noite) e harmonizada a consideração de um parâmetro composto, denominado por Nível Dia,

Entardecer e Noite (L_{den}) que – como se verá em sem seguida – aumenta ainda mais a “confusão” e “inexatidão” da Engenharia Acústica, no tratamento das questões de Ruído Ambiente.

O parâmetro L_{den} corresponde a um parâmetro composto que possui, no caso Português (período diurno: 13h; período do entardecer: 3h; período noturno: 8h), a seguinte relação com os níveis sonoros do período diurno L_d , do entardecer L_e , e noturno L_n :

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}}}{24} \right)$$

Trata-se, portanto, de um parâmetro cujo período básico é o diurno (período sem ponderação) sendo os valores nos outros períodos “ajustados” para o período diurno assumindo a seguinte relação quantitativa entre períodos: $L_d \Leftrightarrow L_e+5$; $L_d \Leftrightarrow L_n+10$. É, portanto, um parâmetro muito direcionado para o tipo de uso habitacional comum, com menores exigências dos moradores, relativamente ao ruído, durante o período diurno, um pouco mais de exigências durante o período do entardecer (5 dB mais exigente do que durante o dia) e ainda mais exigente no período noturno (10 dB mais exigente do que durante o dia). Tal parâmetro é assim inadequado para caracterizar usos diferentes do habitacional, em que a maior sensibilidade ao ruído não ocorre no período noturno, como é o caso, por exemplo, das escolas [16]. Apesar do parâmetro L_{den} possuir esta especificidade “habitacional” e ter uma relação não unívoca com os parâmetros base L_d , L_e e L_n , está a ser utilizado como um dos parâmetros básicos de limitação, o que demonstra que existem muitos fatores, não só técnicos, a contribuir para a decisão “final” dos parâmetros a utilizar.

Para perceber melhor o problema “técnico” de limitações com base em L_{den} e L_n , (em termos técnicos seriam mais adequados limites dos parâmetros L_d , L_e e L_n , em função do tipo de uso em causa, de onde poderia resultar um limite de L_{den} , não o contrário) como ocorre no RGR [7] e nas recomendações mais recentes da OMS-Europa [8], vamos tentar “dissecar” um pouco o que, matematicamente, significa uma limitação, por exemplo de $L_{den} \leq 55$ dB(A) e $L_n \leq 45$ dB(A). Significa que tal é cumprido com $L_d \leq 55$ dB(A), $L_e \leq 50$ dB(A) e $L_n \leq 45$ dB(A), que será o mais sensato pela própria definição de L_{den} , mas também é cumprido com $L_d \leq 49$ dB(A), $L_e \leq 57$ dB(A) e $L_n \leq 45$ dB(A), o que a lei não impede mas é “contraditório” com a própria definição de L_{den} .

Mais estanho ainda é uma limitação em que a diferença entre os valores limite de L_{den} e L_n é menor do que 10 dB, como ocorre, por exemplo no caso das recomendações da OMS-Europa [8] para tráfego aéreo, $L_{den} < 45$ dB(A) e $L_n < 40$ dB(A). Pela própria definição de L_{den} , tal só é possível de ocorrer para valores de L_d e L_e menores do que L_n , no máximo [mantendo $L_n < 40$ dB(A)], $L_d < 35$ dB(A) e $L_e < 30$ dB(A), ou $L_d < 24$ dB(A) e $L_e < 37$ dB(A). Para manter a relação típica de L_{den} , teríamos de cumprir $L_d < 45$ dB(A), $L_e < 40$ dB(A) e $L_n < 35$ dB(A), mas o que nos diz também uma limitação de L_{den} e L_n com uma diferença menor do que 10 é que a variação típica de L_{den} [$L_d \Leftrightarrow L_e+5$; $L_d \Leftrightarrow L_n+10$] não é válida neste caso. Interessaria assim, esclarecer qual a relação mais adequada em causa, ou seja, interessaria estabelecer limites para L_d , para L_e e para L_n , e não só valores limite de L_{den} .

Acresce ainda às “contradições” e “indefinições” apresentadas, o facto de a dinâmica dos desenvolvimentos científicos ser tipicamente maior do que a dinâmica da legislação. É assim absolutamente natural encontrar legislação desatualizada relativamente aos mais recentes desenvolvimentos científicos da matéria. Perante tal desatualização da legislação o que deverá fazer o Engenheiro Acústico? Seguir estritamente a legislação independentemente dos desenvolvimentos científicos mais recentes ou seguir os desenvolvimentos científicos mais recentes independentemente da legislação? Mais uma pergunta simples de resposta muito complexa e incerta. Uma tentativa de “luz” sobre este assunto pode ser encontrada na referência [17].

Por último, é de referir que as relações dose-efeito atuais mais relevantes, expressas nas recomendações da OMS-Europa [8], correspondem à Elevada Incomodidade e à Elevada

Perturbação do Sono. Como os parâmetros institucionais Europeus são o L_{den} e o L_n [médias energéticas anuais de L_{Aeq} , para o período diurno (L_d), do entardecer (L_e) e noturno (L_n)] as relações dose-efeito são expressas através desses parâmetros ainda que, no caso da Elevada Perturbação do Sono, se saiba que existe uma maior correlação com valores de L_{AFmax} do que com valores de L_{Aeq} (ver a parte “À procura de um bom indicador” da referência [18] para entender melhor a diferença entre L_{Aeq} e L_{AFmax} ; para perceber que existem países que efetuam também limitações em termos de L_{AFmax} , ver referência [19]). Verifica-se assim que as formas que a Engenharia Acústica tem vindo a assumir possuem significativas “contradições” e “indefinições”, que é importante aceitar com naturalidade, pois correspondem à tentativa de “matematização” de uma sensação humana complexa, mas que é imprescindível conhecer e estar bem atento.

Existe ainda um longo caminho a percorrer para que a Engenharia Acústica possa tratar com maior “substância” os diferentes problemas de ruído a que uma comunidade ou a que uma única pessoa pode ficar sujeita.

2. Sobre algumas “contradições” linguísticas e legislativas da Acústica

O ser humano tem uma grande necessidade de definições e de simplificações, pelo que não é de estranhar que muitos documentos “fidedignos” procurem efetuar uma definição e simplificação do conceito de “Ruído”, a maior parte das vezes como: *som desagradável ou indesejável para o ser humano* [18].

Como quase sempre, a realidade é muito mais complexa, contraditória e interessante, e quase sempre dependente de muitos fatores, incluindo linguísticos e culturais. O conceito de Ruído não é exatamente o mesmo para todos os Portugueses, como o conceito de *Assuada*, *Barulho* e *Escarcéu* não é exatamente o mesmo que *Ruído*. Também o conceito de Ruído no norte e no sul da Europa não é exatamente o mesmo. Por exemplo, a palavra Inglesa *Noise* tem origem no latim *Nausea*, portanto está mais associado aos efeitos fisiológicos nefastos no ouvinte, enquanto a palavra Portuguesa/Castelhana Ruído tem origem no latim *Rugido*, portanto mais associado à sensação de intensidade e medo produzidos no ouvinte. Semelhante origem à Portuguesa/Castelhana tem a palavra Francesa *Bruit*. A palavra Alemã *Lärm* tem origem no Italiano *Allarm*. A palavra Italiana *Rumore* tem origem no latim *Rūmoris*.

Assim, é necessário que tenhamos uma perspetiva mais abrangente e de bom senso, para aceitar com naturalidade todas as “contradições” e “indefinições” da Engenharia Acústica, e procurar mais a essência do que a aparência. Se levarmos “à letra” a definição “académica” de Ruído (“*som desagradável ou indesejável para o ser humano*”) talvez não se entenda completamente a definição de Ruído Ambiente constante no Regulamento Geral do Ruído (RGR) [7]: “*ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado*”.

Salvo melhor opinião, o conceito de Ruído Ambiente do RGR, integra todas as “sonoridades”, não só aquelas que sejam desagradáveis ou indesejáveis. Ou seja, parece ser mais um Regulamento Geral do Som. A análise simplista de tal corolário poderia ser assim, que os limites de Ruído Ambiente estabelecidos no RGR aplicam-se a todas as “sonoridades” não só aquelas que sejam desagradáveis ou indesejáveis. Convém ressaltar que poderá não ser bem assim.

Imagine-se que um determinado Ruído/Som que é ouvido por uma determinada pessoa ultrapassa os limites estabelecidos pelo RGR. Se esse som for desejável e agradável para o ouvinte será que os limites do RGR estão a ser ultrapassados? É uma pergunta simples, mas – ao contrário do que a maioria de nós desejaria – a resposta não pode (não deve) ser taxativa: alguém mais legalista tenderá a dizer que os limites legais são para cumprir independentemente da pessoa estar ou não a ser perturbada, enquanto alguém menos legalista tenderá a dizer que se o objetivo do RGR é evitar que as pessoas sejam perturbadas pelo Ruído então se a pessoa não está a ser perturbada pelo Ruído não faz sentido a aplicação dos limites de Ruído.

Estas “contradições” – as “contradições” estão aqui entre aspas, apenas para tentar realçar que podem não ser exatamente “contradições”, mas apenas formas diferentes de abordar um problema complexo e formas diferentes de incluir os fatores com importância – são também visíveis na comparação da definição de Ruído Ambiente do RGR (transcrita atrás) com a definição de Ruído Ambiente do DL 146/2006 [11] [transposição da Diretiva Europeia 2002/49/CE, vulgarmente denominada por END (*Environmental Noise Directive*) que aqui se transcreve: “*um som externo indesejado ou prejudicial gerado por actividades humanas, incluindo o ruído produzido pela utilização de grandes infra-estruturas de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo e instalações industriais*”.

Ao contrário do RGR, a END inclui, em linha como a definição “académica”, a “dimensão” do “desejo” e da “perturbação”, mas inclui também outra “dimensão”: a “dimensão” do “gerado por actividades humanas”.

Ou seja, por exemplo, junto ao mar – cumprindo-se, é claro, todas as exigências ambientais, e outras, que for necessário cumprir – se o ruído do mar ultrapassar os limites do RGR tem-se que, segundo a definição estrita de Ruído Ambiente do RGR, a aplicação do n.º 6 do Artigo 12.º do RGR: “*É interdito o licenciamento ou a autorização de novos edifícios habitacionais ... enquanto se verifique violação dos valores limite ...*” significaria que não se poderia aí licenciar novas moradias, enquanto segundo a definição de Ruído Ambiente da END, talvez se pudesse aí licenciar novas moradias, pois trata-se de ruído não gerado por actividades humanas, sendo assim “só” necessário demonstrar que se trata de ruído desejável e não prejudicial.

Mas será que o ruído de todas as actividades humanas terá de cumprir os limites do RGR? Na letra do n.º 4 do Artigo 2.º (âmbito) do DL 9/2007 (RGR) [7], tem-se: “*O presente Regulamento não se aplica à sinalização sonora de dispositivos de segurança relativos a infra-estruturas de transporte ferroviário, designadamente de passagens de nível*”.

É muito curioso que aquando da publicação do DL 9/2007, muitas pessoas consideraram que o articulado transcrito era demonstrativo do poder que o *lobby* ferroviário tinha tido no desenvolvimento do RGR e que a REFER não queria resolver o problema de ruído das pessoas que viviam junto das passagens de nível. Passados que são mais de 10 anos da publicação do DL 9/2007, é curioso verificar que, apesar da exceção incluída na lei, a REFER tem, na realidade, efetuado investimentos para tentar resolver o problema de ruído das pessoas que vivem junto das passagens de nível, tentando entender o problema e verificar que medidas podem ser implementadas, como demonstram as referências [20] (2008) e [21] (2018). Não é assim tão “líquido” que a existência de um quadro limitativo específico signifique obrigatoriamente um melhor tratamento do problema de ruído associado.

São assim várias as dimensões que devem/podem ser tidas em conta na abordagem de um determinado problema de ruído/vibração. São tantas essas dimensões, que até se poderia dizer que “não vale a pena” estabelecer regras e quantificações para enquadrar os problemas de ruído/vibração.

Em grande medida julga-se que tal é bem verdade, mas julga-se também que é imprescindível estabelecer pelo menos algumas regras e quantificações que permitam normalizar as formas de análise e facilitar algumas conclusões. Não se deverá é perder de vista a complexidade dos problemas de ruído/vibração.

3. Sobre algumas “contradições” do impacte ambiental

Para além das “contradições” explicitadas anteriormente, existem outras contradições associadas ao próprio processo de Avaliação de Impacte Ambiental e à tentativa de inclusão, na “dinâmica” própria do processo, a “dinâmica” da acústica.

Vejam a definição de Impacte Ambiental constante no DL 151-B/2013 [22]: *conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas no ambiente, sobre determinados fatores, num*

determinado período de tempo e numa determinada área, resultantes da realização de um projeto, comparadas com a situação que ocorreria, nesse período de tempo e nessa área, se esse projeto não viesse a ter lugar.

Que variações dos Níveis Sonoros vamos considerar que correspondem a “alterações favoráveis” e que variações vamos considerar que correspondem a “alterações desfavoráveis”?

Na “dinâmica” da NP ISO 1996-1:2019 [5], deveríamos utilizar o parâmetro L_{Ar} , e utilizar as respetivas correções.

Incorporando a “dinâmica” da legislação Portuguesa e Europeia, deveríamos utilizar o parâmetro L_{den} ou o parâmetro L_n [por simplicidade, possivelmente apenas um deles (ver capítulo “5.1.3.3 Quantificação da qualificação de impactes” da referência [23] e referência [24])].

Se quisermos ir uma pouco mais longe, e considerar também as “novas” perspetivas das denominadas “Paisagens Sonoras” [25] teremos de ponderar melhor quais os ruídos que a população valoriza/desvaloriza e dar-lhe um “peso” em conformidade.

A decisão do “favorável” ou “desfavorável” assume quase sempre a denominação de “Impacte Positivo” ou “Impacte Negativo”. Para além de classificar se o Impacte é Positivo ou Negativo, é também usual classificar a denominada Magnitude do Impacte e a denominada Significância do Impacte. Para a Magnitude pode-se seguir as indicações da referência [26], elaborada pelo Instituto Superior Técnico para a APA, e ter em conta o diferencial dos níveis sonoros ΔL , com e sem o projeto e as seguintes classificações aí apresentadas:

- $\Delta L \leq 3$ a 5 dB: Magnitude negligenciável.
- $5 \text{ dB} \leq \Delta L \leq 10$ dB: Magnitude reduzida.
- $10 \text{ dB} \leq \Delta L \leq 15$ dB: Magnitude moderada.
- $\Delta L > 15$ dB: Magnitude elevada.

Relativamente à significância do Impacte pode-se seguir o estabelecido na referência [27] da APA: *Considera-se que há impacte negativo significativo quando:*

1) Atividades ruidosas permanentes: 1.1) os valores resultantes não verifiquem, pelo menos, um dos critérios legais constantes do RGR;

2) Infra-estruturas de transporte: 2.1) os valores resultantes não verifiquem o critério de exposição máxima constante do RGR: ou 2.2) os valores resultantes não verifiquem a RBP.

A Regra de Boa Prática (RBP) é a seguinte: *os valores resultantes após a implementação do projecto, em termos de L_d , L_e ou L_n , não podem ultrapassar 15 dB(A) relativamente aos da situação de referência; esta regra só se aplica quando os valores resultantes são superiores a 45 dB(A).*

O Guia da APA [27] refere ainda: *Para infra-estruturas de transporte, podem ainda ocorrer impactes significativos, mesmo que cumprido o RGR e a RBP, quando considerados outros factores, ou uma combinação destes, nomeadamente: número estimado de população afectada; existência de escolas, hospitais e estabelecimentos similares; gradação da magnitude do impacte; proximidade ao valor limite.*

Na ausência de valores quantitativos para o texto anterior, é muito difícil estabelecer outros critérios de Significância do Impacte que não sejam baseados no cumprir ou não cumprir o RGR e a RBP.

A compatibilização da “dinâmica” da Avaliação de Impactes com a “dinâmica” da Acústica introduz, naturalmente, novas “contradições” e “indefinições”.

Todas as “contradições” e indefinições expostas no presente capítulo e nos capítulos anteriores, particularmente direcionadas para o fator Ruído, aplicam-se, *mutatis mutandis*, ao fator Vibração, com a “amplificação” inerente ao facto de a Vibração Ambiental não possuir um quadro legal limitativo bem definido e ao fato do fenómeno associado ser ainda mais complexo, pois tem tipicamente associada 4 vertentes [28] [29] [30]:

1. Danos em edifícios/estruturas.
2. Afetação humana devido à sensação da vibração como tal;
3. Afetação humana devido ao Ruído Estrutural resultante da vibração;
4. Afetação do funcionamento de equipamentos/atividades muito sensíveis devido à vibração.

4. Qual o caminho?

Pesem embora as “contradições” enunciadas, ou talvez mesmo por isso, é natural que se pense que é necessário traçar um caminho de evolução da Engenharia Acústica em Portugal, no que concerne à gestão do Ruído e Vibração Ambiental.

Esse caminho é necessário, não só mas também porque é notório que existe uma crescente exigência da população Portuguesa relativamente às condições de conforto acústico, o que tem feito com que o Ruído seja, atualmente, uma das principais razões de queixa da população Portuguesa e que seja alvo de uma especial atenção por parte de alguns organismos do estado [31].

Neste quadro social, é natural que exista uma maior atenção ao fator Ruído nos processos de Avaliação de Impacte Ambiental [22]. Infelizmente, tal atenção acrescida, mais que contribuir para uma melhor avaliação ambiental deste fator, tem contribuído – na opinião do autor – para o aumento da “entropia”, pelo que também por isso é necessário traçar um caminho de evolução.

O fator Vibração, ainda que menos “mediático” que o Fator Ruído, tem também vindo a ser alvo de maior atenção nos processos de AIA, com exigências muitas vezes superiores aos do fator Ruído o que, dado o menor estabelecimento, constitui de certa forma um *nonsense* que também não ajuda à melhor avaliação ambiental, e carece, portanto, também de um caminho de evolução.

Mais que nunca, precisa-se de uma clarificação madura e equilibrada dos conteúdos e formas obrigatórios – em particular para os fatores Ruído e Vibração – para que não se possa exigir “*tudo e mais alguma coisa*” e para que não possam existir oscilações tão grandes entre o que é exigido por uma e por outra Comissão de Avaliação.

Sem um quadro mais claro de conteúdos e formas obrigatórios, os processos tornam-se morosos e desgastantes para as partes envolvidas, e com efeitos nefastos, não negligenciáveis, para todo o processo.

Mais que nunca, precisa-se que não se “ensine”, que não se “entenda”, o Ruído, a Vibração, como algo muito simples e absolutamente quantificável e objetivável, e que não se espere que todos os problemas de Ruído/Vibração possam ser resolvidos pela Engenharia Acústica. Mais que a dimensão física do problema, o “Ruído”/“Vibração” tem quase sempre uma importante e relevante dimensão de reposta emocional por parte do percipiente, que dificilmente pode ser quantificável e padronizável e que necessita da integração de outras dimensões do conhecimento humano, nomeadamente a dimensão da Psicologia.

Face a tudo o que foi exposto julga-se que o caminho de evolução terá de passar indubitavelmente por uma maior aposta no ensino/aprendizagem nas áreas de Ruído e Vibração, para que todos os intervenientes tenham um suficiente conhecimento da matéria, em particular das suas “contradições”, para que possam, cada um na sua própria medida/especificidade, perceber a premente necessidade de evolução/normalização e dar contributos em conformidade.

Talvez não seja por acaso que o DL 152-B/2017 [32], que transpõe a Diretiva Europeia 2014/52/EU, tenha adicionado o Artigo 9.º-A, com a seguinte redação:

“1 — O proponente deve assegurar que a PDA, o EIA e o RECAPE são elaborados por peritos competentes. 2 — Para efeitos do disposto no número anterior, entende -se por peritos competentes aqueles que cumpram os requisitos definidos por portaria do membro do Governo responsável pela área do ambiente, sob proposta do grupo de pontos focais das autoridades de AIA e ouvido o CCAIA”.

Na ausência de publicação da referida Portaria, a Associação Portuguesa de Avaliação de Impactes (APAI) estabeleceu um Sistema voluntário de Qualificação de Peritos Competentes em AIA [33]. Espera-se que este sistema possa contribuir para uma maior dinamização do ensino/aprendizagem e para a investigação em AIA, em particular nos fatores Ruído e Vibração, porquanto:

- o n.º 1 do Artigo 7.º (*Categorias e subcategorias de peritos competentes em AIA*) do Regulamento [34], estabelece as seguintes categorias de peritos: a) Consultor de AIA; b) Administrador de AIA; c) Proponente de AIA, procurando promover a necessidade de qualificação de todos os envolvidos.
- o n.º 5 do mesmo Artigo 7.º, estabelece o Ruído e Vibrações como uma das especialidades das subcategorias de “Consultor Especialista”, de “Administrador Especialista” e de “Proponente Especialista”
- o Anexo II (*Requisitos para a revalidação da inscrição em cada categoria e subcategoria*) do Regulamento [34] estabelece a obrigatoriedade de cumprimento de pelo menos um dos seguintes 3 requisitos, para a categoria 2:
 - Participação em pelo menos um curso de formação ou conferência sobre AIA, após a inscrição ou a última revalidação.
 - Autoria de pelo menos uma publicação ou comunicação sobre AIA, após a inscrição ou a última revalidação.
 - Orientação de pelo menos um estágio profissional em AIA ou outra ação relevante de orientação de profissionais em AIA, após a inscrição ou a penúltima revalidação.

5. Conclusões

Esperemos que este pequeno artigo, na sua pequena dimensão, tenha dado também um contributo para um melhor entendimento dos Fatores Ruído e Vibração, assim como um contributo para o incentivo ao ensino/aprendizagem e à investigação nesta área, e à importância do recente Sistema e Qualificação de Peritos Competentes em AIA (QPCAIA) [33], para a efetiva melhoria da AIA.

Referências

- [1] https://pt.wikipedia.org/wiki/Antonio_Meucci
- [2] Jose L. Pardo-Vazquez; et. al. – *The mechanistic foundation of Weber’s law*. Nature Neuroscience volume 22, pages1493–1502(2019).
https://www.researchgate.net/publication/335131141_The_mechanistic_foundation_of_Weber's_law
- [3] H. Fletcher; W.A. Munson – *Loudness, its definition, measurement and calculation*. Journal of the Acoustical Society of America 5, 82–108 (1933).
<https://pdfs.semanticscholar.org/c05b/bcae742902528524c0aa728b6d82f77c957c.pdf>
- [4] Richard L. St. Pierre; Daniel J. Maguire– *The Impact of A-weighting Sound Pressure Level Measurements during the Evaluation of Noise Exposure*. Baltimore, Maryland, NOISE-CON 2004. http://storeycountywindfarms.org/ref3_Impact_Sound_Pressure.pdf

- [5] Instituto Português de Qualidade – *NP ISO 1996-1: Acústica; Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente; Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação*. 2019. (ISO 1996-1:2016)
- [6] Instituto Português de Qualidade – *NP ISO 1996-2: Acústica; Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente; Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora*. 2019. (ISO 1996-2:2017)
- [7] Diário da República Portuguesa – Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro.
<https://dre.pt/application/conteudo/522807>
- [8] World Health Organization (WHO) / Regional Office for Europe – *Environmental noise guidelines for the European Region*. 2018.
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1
- [9] International Standardization Organization – *ISO 226: Acoustics: Normal equal-loudness-level contours*. 2003. https://en.wikipedia.org/wiki/Equal-loudness_contour
- [10] Erik Koppen; Kevin Fowler – *International Legislation for Wind Turbine Noise*. Maastricht, EuroNoise, 2015.
<https://www.conforg.fr/euronoise2015/proceedings/data/articles/000225.pdf>
- [11] Diário da República Portuguesa – Decreto-Lei n.º 146/2006, de 17 de janeiro.
<https://dre.pt/application/conteudo/539393>
- [12] Margarida Braga; Vitor Rosão – *A Insustentável leveza do ruído*. Castelo Branco, CNAI 2006. <http://schiu.com/sectores/artigos/Art-614-CNAI2006-InsustentavelLevezaRuido.pdf>
- [13] Diário da República Portuguesa – Decreto-Lei n.º 136-A/2019, de 6 de setembro.
<https://dre.pt/application/conteudo/124532100>
- [14] Vitor Rosão; Eusébio Conceição – *Sugestões fundamentadas de alteração do Decreto-Lei n.º 9/2007, de acústica ambiental*. Cáceres, Tecniacustica 2011.
<http://schiu.com/sectores/artigos/Art-435-AnaliseComparativaAlternativas.pdf>
- [15] Diário da República Portuguesa – Decreto-Lei n.º 251/1987, de 24 de junho.
<https://dre.pt/application/conteudo/522807>
- [16] Vitor Rosão; et. al. – *A especial sensibilidade das Escolas ao Ruído Ambiente Exterior*. Coimbra, Congresso Acústica 2008. <http://www.schiu.com/sectores/artigos/Art-693-SensibilidadeDasEscolas.pdf>
- [17] Vitor Rosão – *Acústica Fora da lei*. Valência, Tecniacustica 2015.
<http://www.schiu.com/sectores/artigos/AcusticaForaDaLei-12.pdf>
- [18] Instituto do Ambiente – *O Ruído e a cidade*. 2004.
https://apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/o_ruido_e_a_cidade.pdf
- [19] Vitor Rosão; et. al. – *Em Busca dos Melhores Limites Legais de Ruído Ambiente*. Coimbra, Congresso Acústica 2008. <http://schiu.com/sectores/artigos/Art-690-BuscaRequisitos.pdf>
- [20] Diogo Alarcão; et. al. – *Caracterização acústica de campainhas de passagem de nível*. Coimbra, Congresso Acústica 2008.
https://www.researchgate.net/publication/317066687_Caracterizacao_acustica_de_campainhas_de_passagem_de_nivel

- [21] Catarina Dias Castro – *Dispositivos de segurança na sinalização ferroviária: o caso das campanhas de passagem de nível*. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2018.
https://sigarra.up.pt/feup/en/pub_geral.show_file?pi_doc_id=172813
- [22] Diário da República Portuguesa. Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro.
<https://dre.pt/application/file/513900>
- [23] Vitor Rosão – *Desenvolvimentos sobre Métodos de Previsão, Medição, Limitação e Avaliação em Ruído e Vibração Ambiente*. Doutoramento: Ciências do Mar, da Terra e do Ambiente. Ramo: Ciências e Tecnologia do Ambiente. Especialidade: Acústica. Universidade do Algarve. 2011. <http://doutoramento.schiu.com/versao-digital-tese/TeseDoutoramentoVCR.pdf>
- [24] Vitor Rosão – *Análise Comparativa de Alternativas na componente acústica do ambiente*. Aveiro, CNAI 2004. <http://schiu.com/sectores/artigos/Art-435-AnaliseComparativaAlternativas.pdf>
- [25] Vitor Rosão; et. al. – *Reflexão sobre a introdução das “Paisagens Sonoras” na Avaliação de Impacte e no Planeamento Urbano*. Évora, CNAI 2016.
<http://www.schiu.com/sectores/artigos/PaisagensSonoras-021-VCR.pdf>
- [26] CAPS – Instituto Superior Técnico – *Critérios para análise de relações exposição-impacte do ruído de infra-estruturas de transporte*. Agência Portuguesa do Ambiente, 2009.
https://apambiente.pt/zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudosReferencia/Criterios_analise_relacoes_exposicao_impacte_ruido_infra_estruturas_transporte.pdf
- [27] Agência Portuguesa do Ambiente – *Nota técnica para avaliação do descritor Ruído em AIA*. 2010.
https://apambiente.pt/zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudosReferencia/NotaTecnica_avaliacao_descritor_Ruido_AIA.pdf
- [28] Vitor Rosão; Ana Carreira – *Sobre a necessidade de consideração da componente Vibração em projetos onde não é normalmente considerada*. Viseu, CNAI 2014.
<http://schiu.com/sectores/artigos/Art-435-AnaliseComparativaAlternativas.pdf>
- [29] International Union of Railways (UIC) – *Railway induced vibration: State of the art report*. 2017. https://uic.org/IMG/pdf/vibration_report_v2.pdf
- [30] Antunes, Sónia; Patrício, Jorge – *Metodologia para minoração da ocorrência de potenciais situações de incomodidade ao ruído e vibração no interior de residências decorrentes da circulação do Metro*. Coimbra, 2º Simpósio de Acústica e Vibrações, 2019.
<http://www.itecons.uc.pt/projectos/acustica2019/atas/pdfs/camready17.pdf>
- [31] Provedor de Justiça – *Boas práticas no controlo municipal do ruído: conclusões do inquérito do Provedor de Justiça aos municípios*: 2012. 2013. http://www.provedor-jus.pt/archive/doc/Boas_praticas_municipal_ruido.pdf
- [32] Diário da República Portuguesa – Decreto-Lei n.º 152-B/2017, de 11 de dezembro.
<https://data.dre.pt/eli/dec-lei/152-b/2017/12/11/p/dre/pt/html>
- [33] <https://www.qpcaia.pt/>
- [34] https://static.wixstatic.com/ugd/2fece2_e0fd815ec1634f57a6371f8208717742.pdf