

QUIET AREAS E SUSTENTABILIDADE URBANA: CASO DE ESTUDO DE ÁREAS URBANAS DE ELEVADO VALOR PATRIMONIAL DA CIDADE DE COIMBRA

Luciana Oliveira¹, Andreia Pereira¹, Paulo Amado Mendes¹, Luís Godinho¹

¹Universidade de Coimbra, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil
{oliv.luci15@gmail.com, apereira@dec.uc.pt, pamendes@dec.uc.pt, lgodinho@dec.uc.pt}

Resumo

O desenvolvimento sustentável das cidades envolve a análise integrada de um conjunto alargado de fatores, designadamente, a qualidade do ar, a mobilidade, a economia, a eficiência energética, os recursos naturais e o ruído ambiente. Atualmente, em Coimbra, está a ser implementada a rede de MetroBus e, conseqüentemente, está a ser pensado um conjunto de alterações à mobilidade dos cidadãos em diversos pontos da cidade, visando a articulação com esta rede e a melhoria da qualidade do espaço público. Nesse âmbito, no presente trabalho, pretende-se avaliar o possível impacto de alterações à circulação rodoviária e de outras medidas "sustentáveis", em alguns desses pontos. As áreas urbanas que se pretendem estudar correspondem a zonas de elevado valor patrimonial, designadamente, o Polo I da Universidade de Coimbra (UC) ou Alta Universitária e a zona da Av. João das Regras, para as quais estão atualmente em discussão pública propostas de intervenções. Pretende-se identificar se estas zonas podem vir, futuramente, a ser integradas na classificação europeia de *Quiet Areas*, caracterizadas por apresentarem uma paisagem sonora agradável, juntamente com outros fatores de qualificação, tais como a acessibilidade e as características culturais e recreacionais.

Palavras-chave: ruído ambiente, Quiet Areas, requalificação urbana, sustentabilidade urbana.

Abstract

The sustainable development of cities involves the integrated analysis of a wide range of factors, namely air quality, mobility, economy, energy efficiency, natural resources and environmental noise. The MetroBus network is currently being implemented in Coimbra and, consequently, a series of changes to the mobility of citizens in different parts of the city are being considered, aiming at articulation with this network and improving the quality of public space. In this context, in the present work, the evaluation of the possible impact of changes to road circulation and other "sustainable" measures, in some of these points, is addressed. The urban areas that will be studied correspond to areas of high heritage value, namely, "Polo I" of the University of Coimbra (UC) or "Alta Universitária" and the Av. João das Regras area, for which intervention proposals are currently under public discussion. The aim is to identify whether these areas could, in the future, be included in the European classification of Quiet Areas, characterized by presenting a pleasant soundscape, together with other qualifying factors, such as accessibility and cultural and recreational characteristics.

Keywords: environmental noise, Quiet Areas, urban requalification, urban sustainability.

PACS no. 43.28.Js, 43.50.Rq, 43.50.Sr

1 Introdução

Segundo a OMS, o ruído é, hoje em dia, um dos principais riscos para a saúde humana, podendo estar na origem de diversos problemas físicos e mentais, como doenças cardiovasculares, perturbações do sono, deterioração da audição, stress, irritabilidade e problemas de atenção [1].

Pela sua configuração e características, as cidades são naturalmente as zonas mais afetadas por problemas ao nível do ruído ambiente. O tráfego automóvel é a principal fonte de poluição sonora, estimando-se que cerca de 82 milhões de pessoas estejam expostas a níveis de ruído provenientes do tráfego rodoviário superiores a 55 dB (L_{den}), em zonas urbanas [2].

O ruído ambiente é, portanto, um aspeto que deve ser tido em conta aquando do planeamento de novos espaços e da realização de requalificações urbanas.

Em 2002, a Comunidade Europeia adotou a Diretiva 2002/49/CE202 (END), no sentido de estabelecer uma abordagem comum que permitisse evitar, prevenir ou reduzir os efeitos prejudiciais da exposição a elevados níveis de ruído ambiente [3]. Para isso, a END estabelece a obrigatoriedade da elaboração de mapas estratégicos de ruído em certas zonas de interesse, que permitam estimar o número de pessoas afetadas por um dado nível de ruído. A END prevê, ainda, a criação de planos de ação que, com base nos resultados dos mapas de ruído, estabeleçam um conjunto de medidas que visem reduzir a exposição a níveis de ruído ambiente elevados [3].

O objetivo desta diretiva é, deste modo, melhorar a qualidade acústica de zonas que apresentem níveis de ruído incómodos ou prejudiciais e preservar o ambiente sonoro de zonas com boa qualidade acústica, designadas “quiet areas”.

Neste trabalho, procurar-se-á perceber de que forma é que as propostas de alteração à mobilidade em diversos pontos da cidade de Coimbra podem contribuir para a melhoria do ambiente acústico desses espaços e possibilitar a sua classificação como *Quiet Urban Areas* (QUA).

2 Caracterização das *Quiet Areas*

Tal como referido anteriormente, as *Quiet Areas* são definidas como zonas que não são afetadas por problemas de ruído e, por isso, apresentam uma boa qualidade acústica, que é importante preservar [2,3]. Estas zonas são também muitas vezes referidas como “zonas tranquilas” ou “zonas calmas”, uma vez que estes termos estão diretamente relacionados com a experiência das pessoas que frequentam esses locais [2].

Segundo a END, é possível distinguir entre dois tipos de *Quiet Areas*, designadamente, as que se localizam em espaço urbano, “*quiet areas in an agglomeration*”, e as que se localizam em espaço rural, “*quiet areas in open country*”. As definições dadas para cada um dos conceitos não permitem, no entanto, esclarecer de uma forma clara e uniformizada quais os critérios a utilizar para a avaliação e classificação destas zonas, deixando à interpretação de cada Estado-Membro a escolha dos parâmetros/indicadores e dos respetivos limiares.

Assim, o European Topic Centre on Air Pollution, Transport, Noise and Industrial Pollution (ETC/ATNI) desenvolveu um estudo que permitiu identificar os critérios mais utilizados pelos diversos Estados-Membros para designar potenciais *Quiet Areas* [4]. Os resultados obtidos mostraram que, em muitos casos, os parâmetros utilizados abrangiam mais do que apenas a medição/avaliação de indicadores acústicos, considerando também aspetos como a acessibilidade, as características naturais, culturais e recreacionais da zona, o tipo de uso do solo, a área, a existência de sons agradáveis, entre outros [4]. De entre os diversos aspetos referidos, dá-se particular relevância à questão da acessibilidade a estas zonas, pois este é um fator que condiciona o número de pessoas que podem beneficiar das características destes locais.

Percebe-se, assim, que, no processo de seleção e designação de potenciais QUA, deve ser realizada uma avaliação holística da zona em questão, considerando diversos critérios de caráter qualitativo e quantitativo que influenciem o sentido de calma e tranquilidade que estas zonas devem proporcionar. O mesmo estudo identificou ainda algumas das medidas contempladas nos Plano de Ação para o Ruído que se destinam a preservar a qualidade acústica destas áreas. Um resumo dessas medidas pode ser encontrado na Tabela 1.

Tabela 1- Medidas de controlo de ruído para proteção de *Quiet Areas* (Fonte: Adaptado de [4])

MEDIDAS DE CONTROLO DO RUÍDO PARA PROTEÇÃO DE QUIET AREAS	
CATEGORIA/TIPO DE MEDIDA	TIPOS DE AÇÕES MENCIONADAS
Medidas a aplicar no caminho de propagação	<ul style="list-style-type: none"> • Barreiras acústicas • Barreiras verdes
Medidas de promoção de comportamentos e sensibilização	<ul style="list-style-type: none"> • Promover uma mudança no comportamento das pessoas para um maior uso de modos de transportes mais silenciosos (e.g. modo ciclável, modo pedonal, veículos elétricos) • Restringir certas atividades ruidosas no interior e nas proximidades de quiet zones • Sinalização
Medidas socio-económicas	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação de sistemas eletrónicos de deteção de velocidade • Desenvolvimento sustentável do sistema de transportes urbano
Uso do solo e planeamento urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar e alargar as áreas pedonais • Criar novas infraestruturas cicláveis • Proibir o tráfego / restringir o acesso de carros às zonas centrais da cidade e organizar parques de estacionamento periféricos próximos dos pontos de origem e destino do transporte público • Limitar a criação e o desenvolvimento de infraestruturas terrestres, como estradas e ferrovias • Projetar locais para uso público (e.g. parques, zonas verdes, ...)
Planeamento e controlo do tráfego	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de pavimentos silenciosos • Criação de zonas de 30 km/h • Controlo de velocidade • Reorganização do movimento rodoviário em algumas áreas / reorganização dos espaços • Intervenções que promovam um fluxo de tráfego mais fluido / soluções de acalmia do tráfego • Substituição de cruzamentos por rotundas
Perceção	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas para melhorar a paisagem sonora da área
Outras	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorização dos níveis de ruído • Ter em consideração as Quiet Areas em questões de planeamento urbano e desenvolvimento ambiental • Considerar o ruído ambiente em novos instrumentos de gestão urbana

Como se pode ver pelos dados da tabela, pode ser implementada uma grande variedade de medidas, tanto a nível de controlo na fonte e na propagação do ruído, como a nível do planeamento urbano e uso do solo e também da engenharia de tráfego.

Tendo em conta que o ruído proveniente do tráfego rodoviário é a principal ameaça às *Quiet Areas* [2,4], grande parte das medidas de proteção destas zonas foca-se na mitigação dos seus efeitos, como é o caso das ações que visam a promoção de modos de transporte mais silenciosos (modos pedonal e ciclável e veículos elétricos), a restrição do acesso do tráfego automóvel a certas zonas da cidade, a redução dos limites de velocidade, a implementação de pavimentos silenciosos, a implementação de barreiras acústicas junto de vias de elevada circulação, entre outras.

Em Portugal, a definição do conceito de *Quiet Urban Area* está estabelecida no Decreto-Lei 146/2006 [5], que corresponde à transposição da END para a legislação portuguesa. Neste decreto, as “zonas tranquilas de uma aglomeração” são definidas como “uma zona delimitada pela Câmara Municipal, no âmbito dos estudos e propostas sobre ruído que acompanham os planos municipais de ordenamento do território, que está exposta a um valor de L_{den} igual ou inferior a 55 dB(A) e de L_n igual ou inferior a 45 dB(A), como resultado de todas as fontes de ruído existentes” [5].

3 Descrição dos casos de estudo e metodologia

3.1 Descrição dos casos de estudo

Para a realização do presente estudo, foram selecionadas duas zonas alvo de propostas de intervenção pela Câmara Municipal de Coimbra (CMC), designadamente, a zona da Avenida João das Regras e o Polo I da UC (ou Alta Universitária), identificadas nas figuras 1 e 2. Ambas as zonas apresentam elevado valor histórico, patrimonial e turístico, sendo a zona da Alta Universitária, inclusive, classificada como Património Mundial da Humanidade, pela UNESCO, desde 2013. A requalificação destas zonas é, por isso, de extrema importância.



Figura 1- Descrição visual da zona em estudo- Av. João das Regras (Fonte: Google Maps)



Figura 2- Descrição visual da zona em estudo- Polo I da UC (Fonte: Google Maps)

A proposta de intervenção prevista para a Avenida João das Regras tem como objetivo a pedonalização desta via, de modo a garantir uma maior fruição de todos os elementos que constituem a zona envolvente (Mosteiro de Santa Clara-a-Velha e respetivos jardins, Convento de S. Francisco (Centro de Convenções e Espaço Cultural) e Portugal dos Pequenitos). Para isso, prevê-se a eliminação do tráfego rodoviário de atravessamento da Av. João das Regras, mantendo-se apenas o trânsito de acesso local. Como se pode ver pela Figura 3, para que tal seja viável, será necessário construir uma variante a esta avenida, que garantirá o mesmo nível de serviço da via existente [6].

Para além das alterações ao nível da circulação rodoviária, esta zona será ainda dotada de outros elementos de qualificação, como uma maior arborização, novos pavimentos, novos postos de iluminação e novo mobiliário urbano [6].



Figura 3- Esquema da proposta de alteração da configuração da Av. João das Regras (Fonte: CMC)

A proposta de intervenção para a zona do Polo I da UC tem também como objetivo a requalificação do espaço público num conjunto de ruas e praças inseridas na Área de Reabilitação Urbana “COIMBRA-Universidade/Sereia”, designadamente o eixo Largo da Porta Férrea-Rua Larga-Praça D. Dinis-Calçada Martim de Freitas. Assim, as intervenções sugeridas pretendem reordenar o trânsito e os espaços de estacionamento, de maneira a libertar o espaço público do automóvel e garantir melhores condições para a circulação dos peões e dos modos suaves e, simultaneamente, contribuir para uma maior valorização do património existente [7]. Os trabalhos previstos para esta zonas, incluem, por isso, a reformulação das infraestruturas viárias existentes, o reordenamento do trânsito e do estacionamento, a repavimentação de toda a área, a reformulação da iluminação pública das vias e dos espaços adjacentes, a plantação de novos alinhamentos de árvores e a reorganização e renovação do mobiliário urbano [7]. Em termos de alterações relativas ao reordenamento do trânsito e dos espaços de estacionamento, a proposta prevê uma redução de cerca de 75 lugares de estacionamento e a aplicação de um sistema de pagamento a mais 25 lugares. Prevê-se, ainda, a alteração do sentido de uma das duas ruas de acesso ao Polo I, a Calçada Martim de Freitas, que passará a ser de sentido único e contemplará uma ciclovia, permitindo assim uma maior clarificação do sistema de acessos à zona, passando a existir apenas uma entrada principal para esta zona [7].

É importante realçar que a ideia base de “expulsar” os carros do espaço público, dando prioridade ao peão, é ainda apoiada pela implementação do Sistema Metro Mondego, que se configurará como uma opção competitiva ao automóvel, ajudando a reduzir o número de veículos que circulam nesta zona.

3.2 Metodologia e dados de entrada

Para avaliar o impacto de cada uma das intervenções no ambiente sonoro da zona em estudo, foram desenvolvidos mapas de ruído que caracterizassem a situação atual e a proposta de requalificação. Os mapas de ruído foram elaborados seguindo as “Diretrizes para elaboração de mapas de ruído - métodos CNOSSOS-EU”, elaboradas pela APA [8], tendo sido utilizado o software de modelação CadnaA [9].

3.2.1 Avenida João das Regras

Como dados de entrada para o modelo de caracterização da situação atual da Avenida João das Regras, em termos de tráfego rodoviário, foram utilizados dados relativos a contagens efetuadas no âmbito do estudo realizado para o projeto de instalação da “Linha de Elétricos entre a Rua da Alegria e a Rotunda das Lages”, em 2016 [10]. Como apenas existia informação relativa ao período de ponta da manhã (PPM-entre as 7:00h e as 10:00h) e ao período de ponta da tarde (PPT- entre as 17:00h e as 20:00h), os valores relativos ao período noturno e do entardecer foram extrapolados considerando a informação relativa ao tráfego do primeiro quarto de hora do período da manhã e do último quarto de hora do período da tarde, respetivamente. Os resultados das contagens (Tráfego Médio Horário-TMH) para cada uma das vias modeladas e as respetivas velocidades de circulação encontram-se na Tabela 2. Não existindo informação relativa ao número de veículos da categoria 4, foi considerada uma percentagem de 5%.

Tabela 2- TMH para o período diurno, entardecer e noturno, para cada uma das vias (número de veículos e percentagem de veículos pesados) e respetiva velocidade de circulação

	Período Diurno		Entardecer		Período Noturno		Velocidade de circulação (km/h)
	# Veículos	% Pesados	# Veículos	% Pesados	# Veículos	% Pesados	
Pt. St. Clara	1019	6.7%	956	3.7%	320	19.0%	50
Av. Inês de Castro	1492	2.9%	1141	2.3%	440	11.1%	50
Av. João das Regras	1729	4.5%	1388	4.6%	640	8.3%	50
Rua António Gonçalves	316	0.9%	240	0.0%	16	0.0%	30
Av. Guarda Inglesa	2051	2.9%	1569	2.1%	604	5.6%	50
Rua das Parreiras	172	0.0%	100	0.0%	12	0.0%	40

Relativamente ao edificado, considerou-se uma altura de 4 m para o piso térreo de qualquer edifício (com ocupação comercial) e de 3 m para os restantes pisos com ocupação residencial, de acordo com o indicado nas diretrizes da APA [8]. Para os casos de edifícios não residenciais, a sua altura foi estimada utilizando ferramentas da aplicação Google Earth.

Para a modelação das propostas de alteração, foi considerado que o tráfego na nova variante seria equivalente ao tráfego contabilizado para a Av. João das Regras e que o tráfego nesta via, uma vez que passaria a ser apenas de acesso local, foi estimado considerando uma média de 2 viagens por habitação, para duas habitações por piso.

3.2.2 Polo I da UC (Alta Universitária)

Para a construção do modelo na zona do Polo I da UC, foram utilizados os dados provenientes das contagens e do modelo de tráfego realizados no âmbito do estudo “Circular na Alta”, em 2017 [11], indicados na Figura 4. Como os dados englobavam apenas o período de ponta da manhã (7:00h-10:00h), neste caso, os períodos do entardecer e noturno não foram considerados na análise. Em relação à percentagem de veículos pesados e veículos a motor de duas rodas, à falta de melhor informação, foi fixada uma percentagem de 5% para ambas as categorias. Ainda no que diz respeito à modelação da rede viária, considerou-se uma velocidade de circulação de 50 km/h, em todas as vias.

Para a modelação do edificado foram aplicadas considerações idênticas às referidas anteriormente.

No caso da modelação das alterações previstas pela CMC, uma vez que seria difícil estimar com precisão qual o impacto das medidas em termos de número e distribuição dos veículos na rede viária, foram estabelecidos dois cenários possíveis. Para o primeiro cenário (Cenário 1), mais conservador, considerou-se que a redução do número de veículos seria proporcional ao número de lugares de estacionamento eliminados, tendo-se estabelecido um critério de menos 2 viagens por lugar de estacionamento retirado ou taxado. No segundo cenário (Cenário 2), assumiu-se que as restrições impostas em termos de estacionamento e circulação, em conjunto com o funcionamento do sistema de metro de superfície, poderiam causar um impacto maior, tendo-se considerado, por isso, uma redução de 40% no número de veículos.

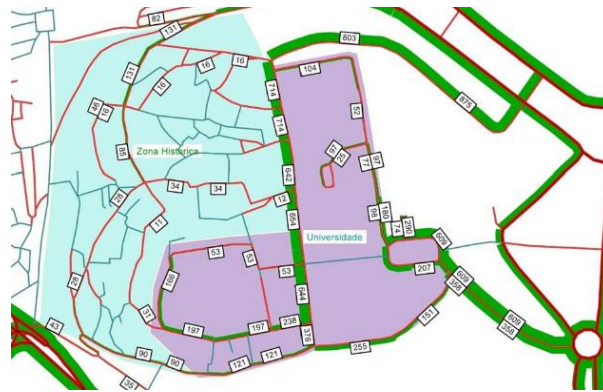


Figura 4- Modelo da procura de tráfego na rede viária da Alta de Coimbra no PPM (7:00-10:00) (Fonte: [11])

4 Análise dos resultados

4.1 Avenida João das Regras

Para a medição dos níveis de ruído na zona em estudo, optou-se por definir um conjunto de oito recetores distribuídos nas proximidades da Avenida João das Regras e pelos jardins do Mosteiro de Santa Clara-a-Velha, uma zona verde adjacente à avenida, como indicado nas figuras 5 e 6. Cada recetor foi colocado a uma altura de 1,70 metros.

Os resultados obtidos para esta primeira simulação (situação atual) encontram-se indicados na Tabela 3 e na Figura 5.

Tabela 3- Resultados da primeira simulação (Cenário atual) e comparação com os limites para *Quiet Urban Areas*

	Resultados da simulação- Cenário atual				Limiar máximo para QUA		Δ [dB(A)]	
	L_d [dB(A)]	L_e [dB(A)]	L_n [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]	L_n [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]	ΔL_n [dB(A)]	ΔL_{den} [dB(A)]
Recetor 1	65.9	65.1	62.8	69.9	45.0	55.0	17.8	14.9
Recetor 2	65.0	64.2	61.8	68.9	45.0	55.0	16.8	13.9
Recetor 3	59.2	58.6	56.2	63.3	45.0	55.0	11.2	8.3
Recetor 4	60.1	60.2	58.1	64.9	45.0	55.0	13.1	9.9
Recetor 5	57.3	56.6	54.0	61.2	45.0	55.0	9.0	6.2
Recetor 6	58.4	58.7	56.4	63.3	45.0	55.0	11.4	8.3
Recetor 7	50.6	51.2	48.9	55.8	45.0	55.0	3.9	0.8
Recetor 8	50.5	50.7	48.5	55.4	45.0	55.0	3.5	0.4

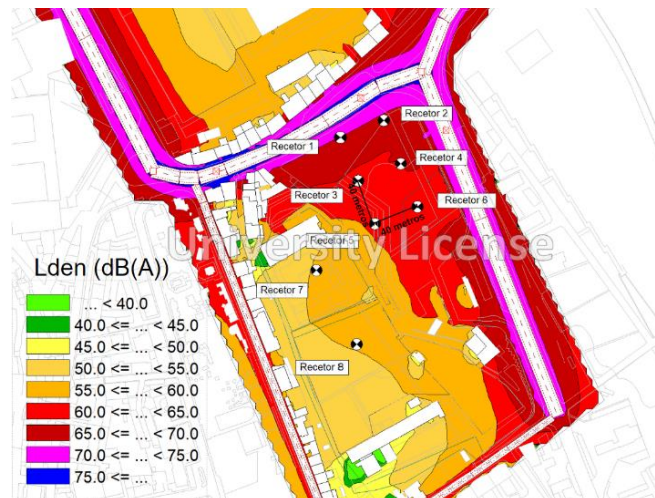


Figura 5- Mapa de ruído correspondente à situação atual da Av. João das Regras, relativo ao indicador L_{den}

Através da análise dos resultados apresentados na tabela e no mapa, percebe-se que a zona em análise apresenta níveis de ruído bastante elevados, com algumas zonas (na proximidade das vias principais) a registar valores superiores a 70 dB(A), pelo que se pode facilmente concluir que esta zona, atualmente, não se enquadra na classificação de *Quiet Urban Area*, tendo, em alguns pontos, diferenças de cerca de 20 dB(A) relativamente aos limiares referidos para estas áreas.

Analisando, agora, os valores registados por cada recetor, é possível verificar que não existe uma diferença significativa entre os valores obtidos pelos recetores localizados mais próximo da Av. Inês de Castro (recetores 2, 4 e 6) e os recetores localizados cerca de 40 metros mais afastados dessa via (recetores 1, 3 e 5), pelo que se verifica que a Av. João das Regras será a fonte sonora que mais contribui para os valores de ruído registados nesta zona.

A segunda simulação realizada, elaborada de acordo com as propostas de requalificação, deu origem aos resultados ilustrados na Tabela 4 e na Figura 6.

Tabela 4- Resultados da segunda simulação (Proposta de alteração) e comparação com os valores obtidos para a situação atual

	Resultados da simulação- Proposta de alteração				Δ [dB(A)] (Comparativamente ao Cenário atual)			
	L_d [dB(A)]	L_e [dB(A)]	L_n [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]	ΔL_d [dB(A)]	ΔL_e [dB(A)]	ΔL_n [dB(A)]	ΔL_{den} [dB(A)]
Recetor 1	56.4	55.8	53.2	60.3	-9.5	-9.3	-9.6	-9.6
Recetor 2	59.3	58.5	55.4	62.8	-5.7	-5.7	-6.4	-6.1
Recetor 3	54.3	53.6	50.8	58.1	-4.9	-5.0	-5.4	-5.2
Recetor 4	58.3	58.4	55.8	62.8	-1.8	-1.8	-2.3	-2.1
Recetor 5	55.3	54.4	51.3	58.7	-2.0	-2.2	-2.7	-2.5
Recetor 6	57.9	58.2	55.9	62.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6
Recetor 7	50.0	50.4	48.3	55.1	-0.6	-0.8	-0.6	-0.7
Recetor 8	49.2	49.3	46.9	53.8	-1.3	-1.4	-1.6	-1.6

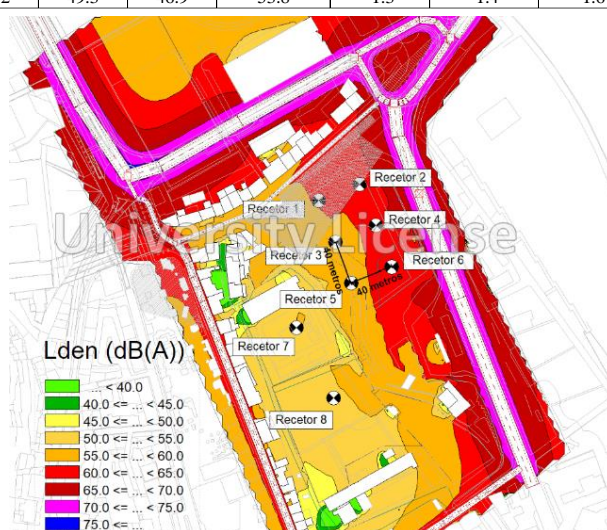


Figura 6- Mapa de ruído correspondente à proposta de alteração da Av. João das Regras, relativo ao indicador L_{den}

Como é possível constatar pelos resultados apresentados no mapa de ruído e na tabela, houve uma redução significativa dos níveis de ruído, com alguns pontos a apresentarem diferenças na ordem dos 10 dB(A).

Verifica-se também que, neste caso, existe uma maior diferença entre os valores registados pelos recetores 2, 4 e 6 e pelos recetores 1, 3 e 5 (cerca de 3 a 4 dB(A)), uma vez que a principal fonte de ruído nesta zona passa a ser a Av. Inês de Castro.

Na Tabela 5, é feita uma análise comparativa entre os valores obtidos na simulação e os limiares estabelecidos para a classificação de *Quiet Urban Areas*.

Pelos resultados apresentados, percebe-se que, embora as intervenções propostas contribuam para uma redução significativa dos níveis de ruído, essas medidas não são suficientes para que esta zona passe a

satisfazer os critérios estabelecidos para as QUA, sendo necessária a implementação de medidas de mitigação adicionais para que estes possam ser cumpridos.

Tabela 5- Resultados da segunda simulação (Proposta de alteração) e comparação com os limites para *Quiet Urban Areas*

	Resultados da simulação-Proposta de alteração				Limiar máximo para QUA		Δ [dB(A)]	
	L_d [dB(A)]	L_e [dB(A)]	L_n [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]	L_n [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]	ΔL_n [dB(A)]	ΔL_{den} [dB(A)]
Recetor 1	56.4	55.8	53.2	60.3	45.0	55.0	8.2	5.3
Recetor 2	59.3	58.5	55.4	62.8	45.0	55.0	10.4	7.8
Recetor 3	54.3	53.6	50.8	58.1	45.0	55.0	5.8	3.1
Recetor 4	58.3	58.4	55.8	62.8	45.0	55.0	10.8	7.8
Recetor 5	55.3	54.4	51.3	58.7	45.0	55.0	6.3	3.7
Recetor 6	57.9	58.2	55.9	62.7	45.0	55.0	10.9	7.7
Recetor 7	50.0	50.4	48.3	55.1	45.0	55.0	3.3	0.1
Recetor 8	49.2	49.3	46.9	53.8	45.0	55.0	1.9	-1.2

4.2 Polo I da UC (Alta Universitária)

Para a medição dos níveis de ruído na zona em estudo, optou-se por definir um conjunto de sete recetores, distribuídos ao longo do eixo que se pretende requalificar (Largo da Porta Férrea-Rua Larga-Praça D. Dinis-Calçada Martim de Freitas) e noutras zonas que também serão impactadas por estas alterações, como indicado nas figuras 7, 8 e 9. Cada recetor foi colocado a uma altura de 1,70 metros. Os resultados obtidos para a primeira simulação (situação atual) encontram-se indicados na Tabela 6 e na Figura 7.

Tabela 6- Resultados da primeira simulação (Cenário atual)

	Resultados da simulação-Cenário atual
	L_d [dB(A)]
Recetor 1	47.5
Recetor 2	44.5
Recetor 3	54.8
Recetor 4	65.0
Recetor 5	62.1
Recetor 6	44.5
Recetor 7	60.7

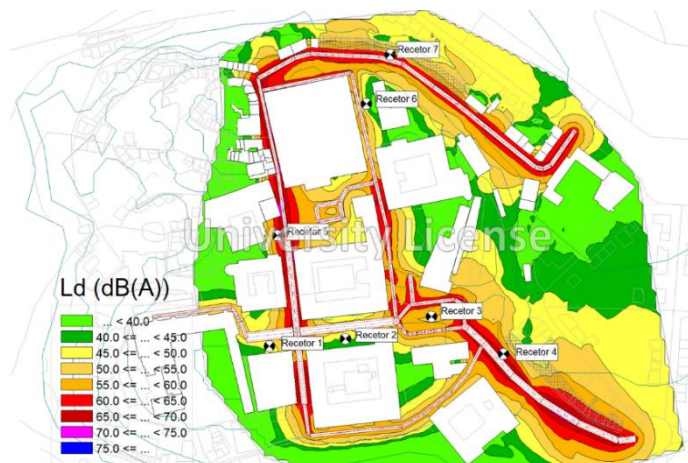


Figura 7- Mapa de ruído correspondente à situação atual do Polo I da UC, relativo ao indicador L_d

Como se pode constatar pelos resultados obtidos, existem alguns pontos da zona em estudo que não apresentam níveis de ruído muito elevados, pelo que é possível perceber que a sua qualidade acústica ambiental deve ser preservada. Existem, no entanto, outras zonas em que os níveis de ruído são já significativos, ultrapassando os 60 dB(A).

Para a modelação da proposta de alteração e Cenário 1, foram realizadas as considerações apresentadas anteriormente, tendo-se obtido os resultados indicados na Tabela 7 e na Figura 8.

Tabela 7-Resultados da segunda simulação (Proposta de alteração e Cenário 1) e comparação com os valores obtidos para a situação atual

	Resultados da simulação-Cenário 1	
	L_d [dB(A)]	Δ [dB(A)] (Comparativamente ao Cenário atual)
Recetor 1	47.2	-0.3
Recetor 2	44.3	-0.2
Recetor 3	51.0	-3.8
Recetor 4	58.5	-6.5
Recetor 5	61.7	-0.4
Recetor 6	53.8	9.3
Recetor 7	62.3	1.6

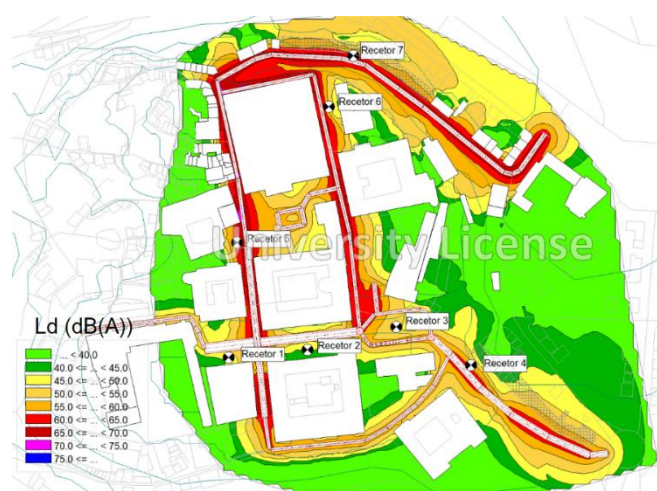


Figura 8- Mapa de ruído correspondente à proposta de alteração do Polo I da UC e ao Cenário 1, relativo ao indicador L_d

A partir dos resultados obtidos é possível constatar que houve uma diminuição dos níveis de ruído ao longo do eixo que se pretende requalificar, sendo essa redução mais significativa nas zonas da Praça D. Dinis e da Calçada Martim de Freitas (recetores 3 e 4, respetivamente), com diferenças entre os 4 e os 6.5 dB(A). Por outro lado, houve zonas em que ocorreu um aumento dos níveis de ruído, como a Rua Padre António Vieira e a Rua dos Estudos (recetores 7 e 6, respetivamente), pois as condicionantes ao nível dos sentidos do trânsito conduziram a um aumento do tráfego nestas ruas, que passaram a ser o principal acesso à zona do Polo I.

Por último, foi realizada a modelação da proposta de alteração e Cenário 2, correspondente a uma redução de 40% no tráfego automóvel. Os resultados apresentam-se na Tabela 8 e Figura 9.

Tabela 8- Resultados da terceira simulação (Proposta de alteração e Cenário 2) e comparação com os valores obtidos para a situação atual

	Resultados da simulação-Cenário 2	
	L_d [dB(A)]	Δ [dB(A)] (Comparativamente ao Cenário atual)
Recetor 1	45.8	-1.7
Recetor 2	44.0	-0.5
Recetor 3	48.4	-6.4
Recetor 4	58.5	-6.5
Recetor 5	59.6	-2.5
Recetor 6	52.7	8.2
Recetor 7	60.9	0.2

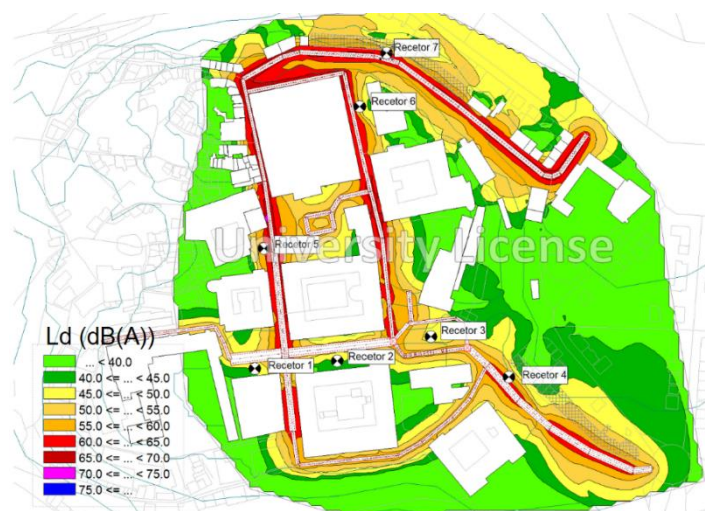


Figura 9- Mapa de ruído correspondente à proposta de alteração do Polo I da UC e ao Cenário 2, relativo ao indicador L_d

À semelhança dos resultados do Cenário 1, os resultados obtidos para o segundo cenário mostram que existe uma melhoria do ambiente acústico ao longo do eixo Largo da Porta Férrea-Rua Larga-Praça D. Dinis-Calçada Martim de Freitas, alvo das intervenções de requalificação. No entanto, neste cenário de intervenção, as diferenças registadas nos recetores 1, 3 e 5 são mais significativas do que no cenário anterior. Em relação à zona da Rua dos Estudos (recetor 6), verificamos que o aumento dos níveis de ruído é menor do que o previsto para o Cenário 1, sendo, no entanto, ainda bastante mais elevado do que na situação atual. Já no que se refere à Rua Padre António Vieira (recetor 7), para este cenário de intervenção, os níveis de ruído mantêm-se dentro dos obtidos para a situação atual.

5 Conclusões

Através dos resultados obtidos para ambos os casos de estudo, é possível concluir que as intervenções previstas pela Câmara Municipal de Coimbra para requalificação do espaço público na Avenida João das Regras e no Polo I da Universidade Coimbra contribuirão para uma melhoria significativa do ambiente sonoro nestas zonas, permitindo, assim, uma maior fruição destes espaços.

No entanto, para o primeiro caso de estudo (Av. João das Regras), verifica-se que estas medidas são insuficientes para a classificação desta zona como *Quiet Urban Area*, pelo que, para que tal fosse possível, seria necessário implementar medidas complementares que visassem direta ou indiretamente a redução dos níveis de ruído.

No segundo caso de estudo (Polo I da UC), verificou-se que, apesar de haver uma melhoria dos níveis de ruído no eixo principal da intervenção (Largo da Porta Férrea-Rua Larga-Praça D. Dinis-Calçada Martim de Freitas) existe, contudo, um agravamento do ruído noutras pontos, pelo que, mais uma vez, esta zona beneficiaria da implementação de outras medidas que permitissem melhorar o ambiente acústico também nesses pontos, como, por exemplo, determinação do acesso exclusivo a modos de transporte mais silenciosos, aplicação de pavimentos silenciosos, redução das velocidades de circulação, entre outras. Por falta de informação necessária para o cálculo dos indicadores L_{den} e L_n , não foi possível avaliar esta zona no contexto das *Quiet Urban Areas*. No entanto, tendo em conta os níveis de ruído obtidos para o indicador L_d e as características funcionais e recreacionais deste espaço, é fácil compreender a necessidade de garantir e preservar a sua boa qualidade acústica ambiental.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FCT / MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC) sob a Unidade de I&D Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), sob a referência UIDB / 04029/2020 (doi.org/10.54499/UIDB/04029/2020), e sob o Laboratório Associado Sistemas de Produção Avançada e Inteligentes (ARISE) sob a referência LA/P/0112/2020. Foi ainda obtido financiamento no âmbito do projeto NEXUS “Agenda Mobilizadora Sines Nexus Pacto de Inovação – Transição Verde e Digital para Transportes, Logística e Mobilidade” (referência: IT0251.17).

Os autores agradecem à Câmara Municipal de Coimbra a disponibilização de informação e a colaboração que permitiram a realização do presente estudo.

Referências

- [1] WHO. (2018). Environmental noise guidelines for the European region. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen.
- [2] EEA. (2020). Environmental Noise in Europe—2020. Technical Report. EEA (European Environment Agency). Copenhagen.
- [3] EU. (2002). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Official Journal of the European Union. Brussels.
- [4] ETC/ATNI. (2019). Status of quiet areas in European urban agglomerations. *Eionet Report ETC/ATNI*. Vol 10/2019.
- [5] Ministério do Ambiente, do Ordenamento de Território e do Desenvolvimento Regional. (2006). Decreto-lei nº 146/2006 de 31 de julho. Diário da República: I série.
- [6] CMC. (2012). Variante à Avenida João das Regras: Memória Descritiva e Justificativa. CMC. Coimbra.
- [7] CMC. (2023). Relatório Prévio- Requalificação Urbana do Eixo Alta Universitária- Praça João Paulo II-Sereia. CMC. Coimbra.
- [8] APA. (2022). Diretrizes para elaboração de mapas de ruído - métodos CNOSSOS-EU. APA. Amadora.
- [9] DataKustik GmbH, CadnaA-Software for Environmental Noise: <http://www.datakustik.com/>
- [10] CMC. (2016). Estudo de caracterização de tráfego para a Linha de Elétrico entre a Rua da Alegria e a Rotunda das Lages. CMC. Coimbra.
- [11] CMC. (2017). Projeto “Circular na Alta”: Plano de Mobilidade Sustentável e Acessibilidade (1.ª fase). CMC. Coimbra.