



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Análise das características do espaço urbano no ruído ambiental: uma Revisão Sistemática de Literatura

Ferreira, M. S.¹; Checcucci, E. de S.²; Moraes, E. M. L. de³

^{1,2} Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, marceloferreira.ufba@gmail.com, erica.checcucci@ufba.br

³ Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil, elcione@ufpa.br

Resumo

O espaço urbano é o resultado da sobreposição de características físicas e ambientais, das práticas econômicas, sociais e culturais da sociedade no uso do solo, que podem influenciar na produção, propagação e percepção do ruído. Este artigo apresenta a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que objetivou identificar e analisar pesquisas que tratem dos elementos que caracterizam o espaço urbano e sua influência na ambiência acústica. Esses elementos foram agrupados em quatro categorias: Características Físicas; Ambientais; Socioeconômicas e; Culturais. As máquinas de busca consultadas foram *Scielo*, *Web of Science* e *Scopus*, disponíveis no portal de periódicos da CAPES. Foram utilizadas 18 palavras-chave, que possibilitaram a construção de 11 *strings* de buscas. Considerou-se produções publicadas a partir de 2010, nos idiomas inglês, espanhol e português. A busca acolheu, inicialmente, 1.099 publicações, das quais 1.067 foram eliminados no avançar das fases da RSL e, por fim, foram extraídos conteúdos de 32 trabalhos. Este artigo apresenta e analisa estes trabalhos, identificando como cada uma das características do espaço urbano influencia na ambiência sonora. Conclui-se que não há estudos específicos dessas características por conta da própria complexidade do espaço urbano, que as contribuições dessas características podem ser atenuantes ou amplificadores do ruído, especialmente aqueles oriundos do tráfego rodoviário. Por fim, admite-se a eficiência do método RSL como método de pesquisa.

Palavras-chave: espaço urbano, ruído ambiental, revisão sistemática de literatura.

PACS: 43.50.Rq.

Analysis of the characteristics of urban space in environmental noise: literature systematics

Abstract

The urban space is the result of the superposition of physical and environmental characteristics, of the economic, social and cultural practices of society in the use of the land, which can influence the production, propagation and perception of noise. This article presents the Systematic Literature Review (SLR) that aimed to identify and analyze research that deals with the elements that characterize the urban space and its influence on the acoustic ambience. These elements were grouped into four categories: Physical Characteristics; environmental; Socioeconomic and; cultural. The search engines consulted were Scielo, Web of Science and Scopus, available on the CAPES journal portal. 18 keywords were used, which allowed the construction of 11 search strings. Productions published from 2010 onwards, in English, Spanish and Portuguese, were considered. The search initially received 1,099 publications, of which 1,067 were eliminated in the advance of the RSL phases and, finally, contents of 32 works were extracted. This article presents and analyzes these works, identifying how each of the characteristics of the urban space influences the sound ambience. It is concluded that there are no specific studies of these characteristics due to the complexity of the urban space, that the contributions of these characteristics can be attenuating or amplifiers of the noise, especially those arising from road traffic. Finally, the efficiency of the SLR method as a research method is admitted.

Keywords: urban space, environmental noise, systematic literature review.



1. INTRODUÇÃO

Paisagem sonora é um termo cunhado pelo autor Murray Schafer e definido pela norma ISO 12.913-1 [1] como sendo a “percepção e compreensão de um ambiente acústico, em contexto, pelo indivíduo, ou por uma sociedade”.

Os estudos sobre a paisagem sonora têm atenção especial às fontes de som, uma vez que representam a constituição do ambiente acústico e sua percepção [2], ou seja, possuem significativa influência na composição das paisagens sonoras. Pijanowski *et al. apud* [3] classificaram os sons componentes da paisagem sonora como: biofonia (sons gerados por organismos), geofonia (sons do ambiente geofísico, como vento e trovão) e antropofonia (sons de objetos feitos pelo homem).

É possível mapear as diversas paisagens sonoras. Hong e Jeon [4] resumem os estudos de mapas de paisagens sonoras em três temas principais: mapa da fonte sonora, mapa psicoacústico e mapa da qualidade perceptual do ambiente sonoro. Os autores ainda mostraram que as funções, atividades e propriedades visuais em contextos espaciais urbanos desempenham papel importante nas percepções da paisagem sonora.

Assim, compreende-se que a paisagem sonora é influenciada pelas características socioeconômicas de um local, como suas funções (uso do solo), sejam elas para fins residenciais, comerciais, industriais, mistos, dentre outros.

Outras características também influenciam na paisagem sonora. Torija *et al.* [5] listam algumas delas, como a morfologia urbana, geometria e tipologia (estrada, praça, parque). Essas são características construtivas do espaço urbano que também influenciam na composição da paisagem sonora.

O presente artigo considera como o espaço urbano como sendo o resultado da sobreposição de características físicas, ambientais e das práticas econômicas, sociais e culturais da sociedade no uso do solo. Assim, tais

características podem se estabelecer como elementos que influenciam a composição da paisagem sonora, interferindo na produção e percepção do ruído, sendo:

- Características construtivas: densidade construída; tipo de pavimentação do solo; altura e recuos das edificações; tipos de edificações em termos formais (presença de varandas, fachadas cegas, materiais de revestimento, etc.); presença de fontes, bicas ou outras intervenções humanas que enalteçam sons naturais; presença e hierarquia de vias de tráfego; presença de hidrovias, ferrovias, aerovias; etc.
- Características ambientais: temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento; luminância; proximidade do mar, rios, cachoeiras ou de outros elementos naturais que promovam sons; presença comum de animais (cachorros, aves e outros); presença de parques, matas e florestas; etc.
- Características socioeconômicas: uso e ocupação do solo; densidade populacional; segurança do local; classe econômica predominante; existência de leis de controle de ruído; aplicação ou negligência/transgressão destas leis; espaço urbano planejado, etc.
- Características culturais: reclamações à órgãos de fiscalização e controle de ruído; hábitos de horários da população; características etnológicas; percepção e incômodo ao ruído; características e frequências de eventos festivos e outras manifestações públicas; etc.

É importante esclarecer que, nessa proposta de estudo do espaço urbano, contemplam-se além do estudo da Paisagem Sonora (pesquisas que enfocam as análises sobre a percepção sonora), também a área da Acústica Ambiental (pesquisas que enfocam o conforto acústico urbano; qualidade acústica do espaço aberto; morfologia e ruído; índices urbanísticos e ruído; acústica urbana e; critérios de avaliação da acústica urbana).



Assim, o objetivo da pesquisa foi identificar e analisar na literatura específica os elementos que caracterizam o espaço urbano e suas influências na percepção da paisagem sonora através da Revisão Sistemática da Literatura (RLS).

Adotou-se a RSL como metodologia, desenvolvida em três etapas: planejamento, condução da revisão e análise de dados. Os resultados do estudo permitiram compreender a influência das características pesquisadas na composição do ambiente sonoro.

Ainda se esclarece que esta pesquisa é resultado parcial da revisão bibliográfica da tese de doutorado, em desenvolvimento, que trata da influência das características do espaço urbano nos mecanismos legislativos de controle de ruído ambiental.

2. FUNDAMENTOS

Não há uma definição formal sobre o que é um sistema complexo. Contudo, autores afirmam [6] que um sistema complexo é um conjunto formado por elementos que são: (i) suas partes e (ii) as relações entre essas partes. Esses elementos interagem em níveis diferentes.

Santos *et al.* [7] listam algumas definições de sistema, a saber: a) um sistema é um todo

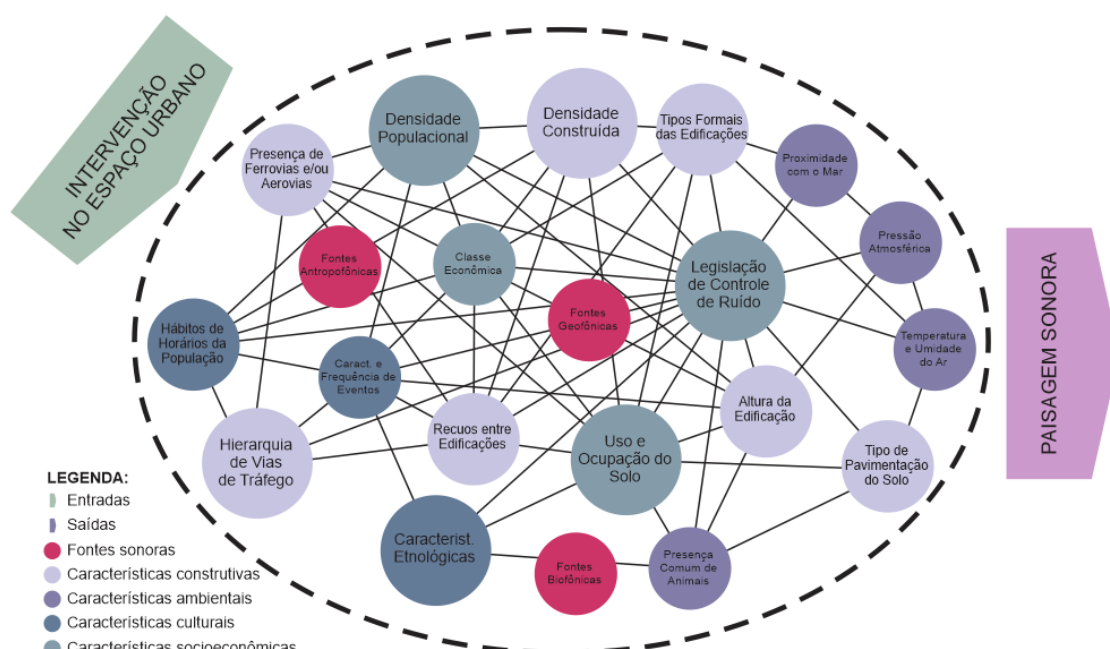
organizado e complexo; b) sistema é um conjunto de elementos interdependentes, cujo resultado final é superior ao somatório dos resultados que esses elementos teriam caso operassem de forma isolada; c) sistema é qualquer conjunto de partes reunidas, desde que caracterizado pelas relações entre partes e comportamento do todo.

Na obra *Ciência com Consciência*, Morin [8] propõe uma reconceitualização de sistemas e preconiza que um sistema precisa passar a ser visto como sendo, a um só tempo, tanto mais como menos que a soma de suas partes.

Ora, se as características do espaço urbano podem se estabelecer como elementos que influenciam a composição do ambiente acústico, é possível definir um Sistema Acústico Urbano (SAU) como a combinação teórica desses elementos.

Assim, se chega a proposição de um sistema complexo no qual seus elementos são suas características construtivas, ambientais, socioeconômicas e culturais, assim como as fontes biofônicas, geofônicas e antropofônicas. Seus *inputS* são as intervenções (inclusões, alterações e exclusões) humanas ou naturais nesse espaço e seu *output* é a paisagem sonora. A Figura 1 ilustra essa proposta.

Figura 1 – Proposta de Sistema Acústico Urbano





No modelo apresentado as características do espaço urbano são elementos componentes de um sistema acústico urbano aberto e complexo. Aberto, pois esse sistema pode receber “entradas”, ou energia externa, através das intervenções possíveis no espaço urbano (obras civis, alterações de tráfego de veículos, mudanças de uso do solo, mudanças na legislação de controle de ruído, etc.) e “saídas”, representadas pela boa ou má qualidade da paisagem sonora. O modelo proposto avança ao paradigma da complexidade ao considerar as circularidades¹ e a recorrência de instâncias que são entre si complementares, concorrentes e antagônicas.

Portanto, o entendimento específico sobre as influências de cada um desses elementos é fundamental para compreensão de suas interações que resultam na paisagem sonora. Para tanto, buscou-se como base metodológica o uso da Revisão Sistemática de Literatura.

3. DESENVOLVIMENTO: REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) é um método de pesquisa científica que, diferentemente de revisões de literatura tradicionais, é planejada para a utilização de método explícito e rigoroso de identificação do conhecimento científico em uma determinada área [9].

RSL é uma forma mais adequada de se identificar, avaliar e interpretar toda pesquisa importante para um tema em particular. Para tanto, faz-se necessário percorrer três fases: planejamento (construção do protocolo), condução (que é a execução das buscas) e, por fim, a extração e análise de conteúdo. Este artigo apresenta e discute a condução desta RLS.

3.1. Protocolo da Revisão Sistemática de Literatura

Na fase de Planejamento da Revisão foi definido um Protocolo da RSL onde se delimitou o escopo da pesquisa, os critérios de definição de buscas, bem como o critério de seleção, inclusão, exclusão e aprovação dos artigos. Como escopo, definiu-se a seguinte questão principal: “Qual a influência das características do espaço urbano na produção, propagação e recepção do ruído ambiental?”. Perguntas secundárias ainda foram consideradas, sendo: “De que modo ocorre essa influência?” e “É possível reduzir essas influências a números, faixas de valores, ábacos e/ou tabelas?”.

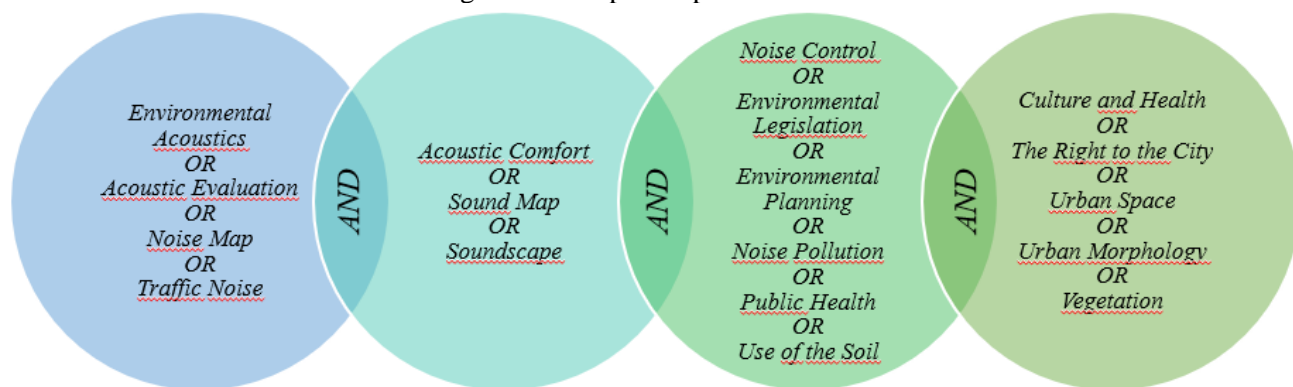
Inicialmente foi realizada uma seleção de textos de controle, aqueles lidos anteriormente, de reconhecida relevância, publicados em periódicos tradicionais dentro da área, trabalhos de dissertações e teses, normas e leis pertinentes ao tema da Acústica Urbana [10-13] A partir da leitura dos trabalhos encontrados pertinentes ao escopo da pesquisa, foram analisadas e escolhidas as palavras-chave para a revisão sistemática. As palavras-chave foram separadas em quatro grupos: (i) que propiciasse encontrar artigos sobre Acústica, sendo física, arquitetônica ou ambiental urbana, (ii) que abordasse questões relacionadas à saúde, psicoacústica, bioacústica, medicina, psicologia e também antropologia e cultura; (iii) relacionado ao direito legislativo e, por fim, (iv) palavras relacionadas às características do espaço urbano. Assim, na criação das *strings* de busca, dentro de cada um dos grupos foi utilizado o operador booleano *OR* entre as palavras-chave daquele grupo. A combinação dos grupos de palavras-chave foi feita com o operador booleano *AND* e pode ser vista na Figura 2.

¹ Circularidades são propostas por Morin (2005) como necessárias às explicações simultâneas do todo pelas partes e das partes pelo todo, ou seja, ambas essas

explicações são complementares, sem que nenhuma possa anular as características antagônicas e concorrentes da outra.



Figura 2 – Grupos de palavras-chaves



Foram analisadas 17 bases de dados, dentre as quais escolheu-se as seguintes: *Scopus*, *Web of Science* e *SciELO*. Estas bases foram escolhidas por apresentarem as maiores quantidades de

periódicos de acústica dentro da área de engenharia e arquitetura. Em cada base foi utilizado o conjunto de *strings* conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Combinação de strings de busca

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Environmental Acoustics</i> OR • <i>Acoustic Evaluation</i> OR • <i>Noise Map</i> OR • <i>Traffic Noise</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Acoustic Comfort</i> OR • <i>Sound Map</i> OR • <i>Soundscape</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Noise Control</i> OR • <i>Environmental Legislation</i> OR • <i>Environmental Planning</i> OR • <i>Noise Pollution</i> OR • <i>Public Health</i> OR • <i>Use of the Soil</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Culture and Health</i> OR • <i>The Right to the City</i> OR • <i>Urban Space</i> OR • <i>Urban Morphology</i> OR • <i>Vegetation</i>
•String 1	X	X		
•String 2	X		X	
•String 3	X			X
•String 4	X	X	X	
•String 5	X	X		X
•String 6	X		X	X
•String 7	X	X	X	X
•String 8		X	X	
•String 9		X		X
•String 10		X	X	X
•String 11			X	X

Foram pesquisados nas bases de dados os campos “Resumo”, “Título” e “Palavras-chave”. As buscas foram feitas em artigos escritos nas línguas portuguesa BR, portuguesa PT, inglesa e espanhola, por serem idiomas de importantes entidades e eventos científicos na área de Acústica e de domínio dos autores. Os dados obtidos nas buscas foram exportados para o programa Start que permite a organização e gerenciamento dos artigos encontrados.

Foram então estabelecidos critérios de inclusão e exclusão para os artigos, e após triagem, os artigos passaram por um critério de aprovação para serem avaliados na RSL. A ordem de leitura iniciou-se pelo título e palavras-chave, em seguida os abstracts e por último a leitura integral dos artigos. Os critérios estabelecidos após seleção dos artigos para que pudessem ser incluídos e avaliados foram: (a) Trabalhos publicados e disponíveis integralmente; (b) Trabalhos publicados a partir de 2010; (c)



Trabalhos que abordem os elementos do espaço urbano que influenciem a produção, propagação e percepção do ruído.

Os critérios estabelecidos para a exclusão dos artigos foram: (a) Trabalhos que apresentam avaliações sem apresentar o método utilizado; (b) Trabalhos apresentados antes do ano 2010; (c) Trabalhos de Iniciação Científica ou Monografias de Graduação; (d) Artigo completo não encontrado; (e) Trabalhos que tratem de temas relacionados ao Meio Ambiente ou que abordem Acústica, mas que fogem ao interesse da pesquisa por tratarem-se de simulações acústicas, desenvolvimento de softwares ou efeitos do ruído na fauna e flora; ou estudos de caso; (f) Trabalhos em outros idiomas diferentes dos determinados para revisão; (g) Trabalhos que tratem a acústica urbana mas não abordem, especificamente, a influência dos elementos do espaço urbano na a produção, propagação e percepção do ruído.

3.1. Condução da Revisão

As buscas foram realizadas em março de 2020. Foram aplicadas as *strings* nas bases de dados definidas e os resultados obtidos foram exportados no formato BibTex para o programa Start.

Foram recuperadas 1099 publicações, sendo 934 (85%) na *Scopus*, 88 (8%) na *Scielo* e 77 (7%) na *Web of Science*. 187 réplicas foram eliminadas. Na sequência foram eliminados 200 trabalhos publicados anteriormente ao ano de 2010, conforme protocolo.

Em uma primeira avaliação, de títulos e palavras-chave, foram excluídas 608 referências que nitidamente tratavam de outros assuntos não pertinentes à pesquisa. Na sequência, avaliando-se os resumos (*abstract*), foram excluídas 90 publicações por tratarem de

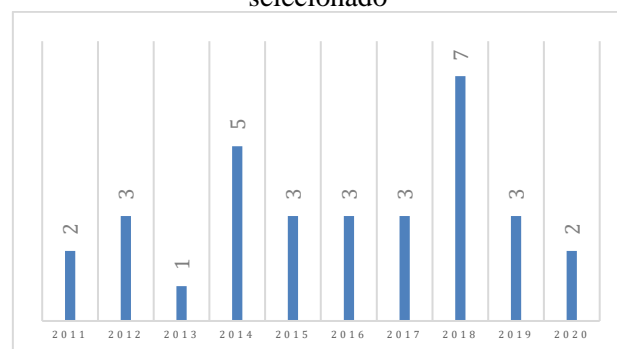
desenvolvimento de softwares e simulações ou do impacto do ruído em fauna e flora; 43 publicações que tratam dos impactos do ruído em enfermidades específicas e; 112 publicações por se tratarem de estudos de casos.

Desse modo, obteve-se o total de 59 trabalhos em condições de fazer parte da etapa final, a de leitura completa dos arquivos. Nessa etapa final, verificou-se que 27 trabalhos não tratavam especificamente das influências dos elementos do espaço urbano na paisagem sonora. Portanto, foram considerados 32 artigos para extração e análise de conteúdo.

4. ANÁLISES DOS DADOS OBTIDOS

32 artigos selecionados para extração e análise de conteúdo são oriundos do Brasil (7) e de diversos países como, China (4), Chile e Coreia do Sul (3), dentre outros. A distribuição das publicações selecionadas, por ano, é apresentada no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Ano de publicação dos artigos selecionado



O conteúdo extraído foi dividido para análise de acordo às características do espaço urbano que influenciam no ambiente sonoro, conforme apresentado no Quadro 1.



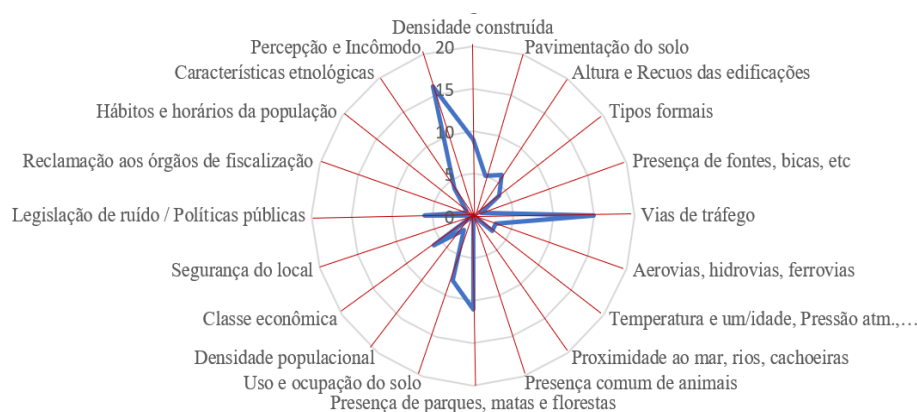
Quadro 1 – Características de interesse na condução da análise

Características construtivas	Características ambientais	Características socioeconômicas	Características culturais
Densidade construída;	Temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento;	Uso e ocupação do solo;	Reclamações à órgãos de fiscalização e controle de ruído;
Tipo de pavimentação do solo;	Luminância;	Densidade populacional;	Hábitos de horários da população;
Altura e recuos das edificações;	Proximidade do mar, rio, cachoeiras ou de outros elementos naturais que promovam sons;	Classe econômica;	Características etnológicas;
Tipos de edificações em termos formais;	Presença comum de animais (cachorros ou aves);	Segurança do local;	Percepção e Incômodo ao ruído;
Presença de fontes, bicas, ou outras intervenções humanas que enalteçam sons naturais;	Proximidade de parques, matas e florestas; etc.	Existência e Aplicação e/ou Negligência/Transgressão das leis de controle de ruído;	Características e frequências de eventos festivos e outras manifestações públicas; etc.
Presença e hierarquia de vias de tráfego;		Resultado de execução de planejamento urbano; etc.	
Presença de hidrovias, ferrovias; aerovias; etc.			

É importante ressaltar que nenhum dos trabalhos tratou unicamente de um único elemento, uma vez que, por conta da própria complexidade do espaço urbano, não se trata de um elemento sem abranger alguns outros.

Contabilizou-se a quantidade de vezes em que uma das características foi tratada nos artigos selecionados. O Gráfico 2 apresenta a tendência aos temas mais estudados.

Gráfico 2 – Ano de publicação dos artigos selecionado



O Gráfico 2 apresenta que o tema do ruído relacionado às vias de tráfego rodoviário é muito usual, encontrado em 15 trabalhos. Assim como os estudos que englobam a percepção ao ruído foram encontrados em 16 trabalhos.

A seguir, descreve-se as principais contribuições dos estudos quanto à influência

das características do espaço urbano, de acordo ao grupo analisado.

4.1. Características Construtivas

A distribuição do ruído em um espaço urbano, especialmente o ruído do tráfego, está relacionada ao volume do tráfego, mas também a forma urbana. Segundo Silva *et al.* (2014,



apud BRITO *et al.* [14] a morfologia das cidades é significativa, podendo reduzir em até 6dB(A) o nível de ruído em uma região. Estudos realizados por Lam *et al.* [15] e Guedes *et al.* [16] encontraram variações significativas na paisagem sonora de acordo a forma urbana. Kang e Yu [17] citam estudos nesse sentido, mas admitem que poucos são os estudos que consideraram melhorar a resistência ao ruído do tráfego controlando sistematicamente os parâmetros morfológicos urbanos.

Liu *et al.* [18] indicam que a maioria das construções estão próximas às ruas e formam outro tipo de espaço acústico denominado "cânion urbano". Guedes *et al.* [16] reconhecem que nem sempre essas ruas representam um cânion, pois a existência de descontinuidades entre as fachadas vizinhas de edifícios pode tornar o espaço permeável ao ruído.

No que se refere a pavimentação do solo, para a cobertura das rodovias Magioli e Torres [19] apresentam dados que indicam que os asfaltos porosos, tipo *Stone Matrix Asphalt* (SMA), podem reduzir a emissão sonora em até 5 dB(A) em relação ao Concreto Asfáltico Denso (CAD), que é o mais utilizado no Brasil e que a adição de flocos de borracha como agregado na massa asfáltica possibilita ainda uma redução de mais 2 dB(A). Torija *et al.* [5] indica que esse tipo de alteração é mais eficaz em locais de tráfego lento, onde predomina o ruído do motor.

Com relação à reflexão sonora em solos próximos às fontes ruidosas, especialmente nos bordos de rodovias, Magioli e Torres [19] indicam que em solos macios podem-se obter reduções de 20 a 30 dB(A), enquanto em solos duros podem-se obter ampliações médias de 3 dB(A), podendo alcançar até 6 dB(A).

Na análise do impacto das próprias edificações quanto a seus tipos formais, segundo Kang (2015 *apud* MENG; KANG 20) a reverberação adequada, de 1 a 2 segundos, pode tornar a música de rua agradável. Em simulações de fachada, Suriano *et al.* [21] usaram o valor de 0,37 como coeficiente de absorção de fachadas, entendendo que esse seria um valor médio comum.

Sobre o ruído produzido em vias de tráfego, esse pode variar conforme o fluxo e velocidade do tráfego [22-23]. Em cruzamentos de ruas e semáforos essas variáveis ainda podem contar com a impaciência do motorista e sons de buzina. Martínez (2005 *apud* CALQUÍN 24) mostra que com o fluxo de veículos leves, caminhões médios e pesados, a uma velocidade de 50 km/h em uma distância de 15 metros, o nível de som atinge 62 dBA, 73 dBA e 89 dBA, respectivamente. Se a velocidade é aumentada para 110 km/h, os ruídos são 76 dBA, 86 dBA e 89 dBA em cada situação. Estudos de Votsi *et al.* [25] consideraram como zonas de influência os raios de 0,8 km para faixas de rodagem simples, 0,6 km para faixas de rodagem dupla e 0,55 km para o entorno das estradas regionais.

Muitos estudos tratam do ruído gerado por outras formas de transporte, especialmente aeroviário, ferroviário e hidroviário, bem como suas instalações. Contudo, o ruído de tráfego é citado como dominante na grande maioria dos espaços urbanos. Segundo Lercher [26] o ruído de aeronaves ou ferrovias, quando combinado com o ruído rodoviário, possui contribuição insignificante. Ainda para o autor, estudos combinando sons igualmente irritantes encontrou incômodo total correspondente até 6 dB. Estudos de Votsi *et al.* [25], na Grécia, consideraram como sendo 0,9 e 1,50 km para zona de influência de aeroportos, 0,65 km para zona de influência em torno de linhas ferroviárias e 0,6 km ao redor de portos.

4.2. Características Ambientais

A revisão apresentada por Meng e Kang [20] apresenta trabalhos que apontam a importância de características ambientais, como temperatura e a umidade do ar sobre a acústica do espaço urbano. Contudo, não se apresentam métodos objetivos para qualificar essa importância.

Por outro lado, muitos estudos exploraram a utilidade das áreas verdes urbanas para mitigação de ruído [18, 22]. O trabalho de Lopez e Souza [22] na cidade de São Carlos, estimou que uma área verde com espécimes nativos pode atenuar de 3 a 5 dB(A). Cook e Van (1971 *apud* CALQUÍN *et al.* 24) definiram que cintos de árvores podem reduzir os níveis



de ruído entre 5 e 10 dB, mas que os mesmos precisam ter, ao menos, 20 metros de comprimento e ser denso, mesma medida indicada por Reynolds (1981, *apud* VAN RENTERGHEM 27). Já Beranek e Ver (1976 *apud* VAN RENTERGHEM 27) mencionaram a necessidade de pelo menos 30 m de área muito arborizada, com alta variabilidade de espécies (diferentes tipos de árvore) para reduzir o ruído em, aproximadamente, 5 dB(A).

Muitos trabalhos apresentaram interesse na capacidade da folhagem de dispersão e absorção do som. Contudo, Van Renterghem [27] conclui que os efeitos da folhagem podem ter sido generalizados e não serem úteis à redução do ruído rodoviário, dada a limitação de energia sonora na faixa de alta frequência. Inclusive, esse espalhamento pode acontecer direcionado para baixo, o que aumenta os níveis sonoros no solo. Por isso, ainda segundo o autor, apenas o solo e os troncos são capazes de interagir suficientemente com baixas frequências de som, tornando-os elementos importantes para a redução do ruído do tráfego rodoviário. É necessário então buscar o aumento da massa vegetal, diminuindo distância entre as árvores ou aumentando o diâmetro de seus troncos. A aleatoriedade na localização das árvores também é um aspecto positivo [27].

A presença vegetal contribui positivamente quanto a percepção do ruído. Segundo Renterghem e Botteldooren [28] a ausência de visão da vegetação pelo receptor resulta em uma chance de 34% de o mesmo ser moderadamente incomodado pelo ruído, enquanto essa chance é reduzida para 8% para uma visão da vegetação muito pronunciada. Segundo Shaffer [29] a avaliação de aumento do verde de “não muito verde” para “muito verde” corresponde a redução de nível equivalente a 6 dB para ruído rodoviário e 3 dB para ruído ferroviário.

Admite-se que a presença vegetal atrai pássaros e outros animais, que tendem a qualificar a paisagem sonora do espaço urbano.

4.3. Características Socioeconômicas

As funções do espaço urbano devem ser levadas em consideração no estudo das paisagens

sonoras. Estudo realizado por Hong e Jeon [3] comprovaram que os sons das atividades humanas desempenham importante papel em áreas comerciais, enquanto o ruído do tráfego foi significativo em áreas residenciais e funcionais de negócios.

Segundo Lercher [26], quando próximas as áreas residenciais as fontes industriais são percebidas como intermitente ou flutuando aleatoriamente, irregular o suficiente para atrair a atenção. Suas misturas de tons, características impulsivas e baixa frequência provocam respostas de maior aborrecimento. Se destacam também, nas áreas industriais, os pátios de manobra, que provocam grande incômodo. Portanto, áreas industriais também contribuem negativamente para a qualidade acústica do espaço urbano.

A pesquisa de Votsi *et al.* [25] apresenta um raio de 1,1 km como zona de influência do ruído ao redor dos principais centros industriais e de 0,5 km ao redor de indústrias locais. Para áreas de lazer, esportes e áreas verdes urbanas o autor admite a zona de influência de 0,7 km.

Observa-se, ainda, que a maior concentração da população coincide com maiores níveis sonoros. As medições de pressão sonora realizadas por Meng e Kang [20] mostraram que a densidade da multidão em áreas comerciais tem um valor insignificante quando abaixo de 0,05 pessoas/m², mas com a densidade maior que 0,05 pessoas/m², a pressão do som aumenta.

Conforme estudos de Salomons e Pont (2012 *apud* Brito *et al.* 14) nas cidades de Rotterdam e Amsterdam há uma ligação direta entre densidade populacional e a quantidade de reclamações devidas ao excesso de ruído nos órgãos municipais.

O descumprimento do zoneamento urbano, ou a falta de um planejamento adequado, pode agravar problemas que vão além dos aspectos físicos do ruído. Segundo Estévez *et al.* (2013 *apud* BRITO *et al.* 14), estimam-se perdas econômicas no turismo de €13 a €38 milhões, na Europa em 2001, devido ao incômodo gerado pelo ruído. Segundo Lowicki e Piotrowska (2015 *apud* BRITO *et al.* 14), há um decréscimo médio no preço das edificações na Polônia de



cerca de 2,9% por dBA de acréscimo de ruído e de 3,0% na Suécia e de 1,3% na Coreia do Sul. Na China, 1% aumento no ruído do tráfego foi associado a uma redução de 1,3% em preço da terra [30]. Chang e Kim (2013 *apud* HUN; SHIN 30) avaliaram que o ruído ferroviário aumentado em 1 dB(A) diminuiu os valores das propriedades em 0,53%

Os níveis médios de renda familiar também estão negativamente associados ao aumento do ruído rodoviário, o que significa que as famílias de baixa renda tendem a viver em áreas onde a intensidade desse incômodo é maior (NEGA *et al.*, 2013 *apud* CARRIER *et al.* 31).

4.4. Características Culturais

Em se tratando de características culturais, os trabalhos encontrados atrelavam as questões étnicas a renda, e exposição ao ruído. Por exemplo, conforme Carrier *et al.* 31 em um estudo em que examinaram o nível de poluição sonora em Birmingham, Inglaterra, levando em consideração pessoas asiáticas de origem, brancas e negras, bem como suas privações socioeconômicas, os resultados indicam que famílias negras e de baixa renda tendem a estar localizadas em ambientes onde os níveis de ruído rodoviário são mais altos durante o dia do que o restante da população.

Outro estudo, em Londres, indicou que os participantes asiáticos estão mais expostos ao ruído do tráfego rodoviário do que os brancos, provavelmente porque vivem mais perto de estradas de alto tráfego. Por outro lado, indivíduos brancos, com alta renda e que vivem em áreas de baixa renda tiveram maior probabilidade de serem expostos ao ruído de aeronaves, enquanto aqueles que vivem em áreas de alta renda tiveram maior probabilidade de exposição ao ruído ferroviário [32]. Esses resultados podem indicar que há relações socioeconômicas, culturais e exposição ao ruído, o que implica num entendimento específico sobre essas relações na realidade brasileira.

As análises da sonoridade no espaço urbano podem (e devem) ir além das questões físicas ou

sociológicas. Deve-se pesar as questões culturais nessas análises, abrangendo não só as comunidades, mas também os indivíduos que a compõem. Conforme Amphoux (1992 *apud* VOGIATZIS; REMY 33) é necessário pensar na “unidade do mundo sonoro” como “diante de um sujeito plural e diferente”.

Fontes de som em ambientes urbanos podem ter efeitos diferentes sobre as pessoas que os percebem [34]. Estudos apresentados por Magioli e Torres [19] indicam que a reação das pessoas ao ruído não depende apenas das características físicas do som, mas das características auditivas individuais, dentre as quais devem ser considerados aspectos como pré-conceitos sobre a percepção do ruído e a influência da própria personalidade.

Nesse sentido, as percepções e aborrecimento tendem a variar em níveis. Contudo Bressane *et al.* [35] apresentam estudos que alinham o dado de que lugares podem ser considerados “pouco barulhento” quando o nível de ruído é menor ou igual a 65 dB (A), “barulhento” entre 65 e 75 dB (A), e “muito barulhento” quando maior que 75 dB (A). Contudo, Lercher [26] indica que níveis idênticos de exposição ao ruído da comunidade podem levar a efeitos de incômodo divergentes devido a variações em características de fundo (heterogeneidade da população, ambiente natural ou construído ou estilo de vida). Para Hun e Shin [30] enquanto algumas pessoas são extremamente sensíveis ao ruído do transporte, outras pessoas são sensíveis ao ruído de seus vizinhos, mesmo em níveis sonoros iguais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da Revisão Sistemática da Literatura pôde trazer um panorama atual na divulgação do conhecimento sobre a influência das características dos elementos do espaço urbano na ambiência sonora.

A análise mostra que os estudos abrangem as diversas características em concomitância, entendendo que a própria complexidade do espaço urbano dificulta a pesquisa específica de elementos. Ainda assim foi possível realiza-la com a divisão das contribuições nos grupos de



características construtivas, ambientais, socioeconômicas e culturais.

O estudo apresentou a significativa contribuição do tráfego rodoviário como gerador de ruído e que, ainda que combinado com outras fontes de transportes aeroviário ou ferroviário, a contribuição dessas fontes pode ser considerada insignificante.

A morfologia também se apresenta como pré-requisito importante para o estudo do espaço urbano, podendo reduzir ou amplificar o som, incluindo os diversos tipos de pavimentação do solo.

Sobre as áreas verdes, os estudos apontaram a necessidade de grandes cinturões, densos, para converter-se em reduções sonoras consideráveis.

As análises socioeconômicas apontam para o uso do solo como importante elemento na diferenciação de paisagens sonoras e que seu descumprimento pode levar a perdas em atividades econômicas e preço da terra.

Verificou-se ainda se verificou que as características culturais, especialmente etnológicas, diferenciam as exposições ao ruído por diferentes grupos.

Se esclarece que esse artigo é resultado parcial da revisão bibliográfica da tese de doutorado, em desenvolvimento, que trata da influência das características do espaço urbano no controle de ruído ambiental. Aqui encontram-se as principais contribuições encontradas na RLS, ficando para outra oportunidade o detalhamento de outras questões trazidas pelos autores. Por fim, ainda se pretende buscar novas informações em fontes relacionadas aos Anais de eventos específicos na área de Acústica.

REFERÊNCIAS

- [1] ISO 12913-1:2014, 2014. Acoustics Soundscape Part 1: Definition and Conceptual Framework. International Standardization Organization, Genève.
- [2] KOGAN, Pablo; ARENAS, Jorge P.; BERMEJO, Fernando; HINALAF, Maria. A Green Soundscape Index (GSI): O potencial de avaliar a percepção equilíbrio entre o som natural e o ruído do tráfego. *Ciência do Ambiente Total*, v. 642, p. 463-472. 2018.
- [3] HONG, Joo Ypung; JEON, Jin Young. Influência dos contextos urbanos nas percepções da paisagem sonora: um aspecto estrutural abordagem de modelagem de equação. *Paisagismo e Planejamento Urbano*, v. 141, p. 78-87. 2015.
- [4] HONG, Joo Young; JEON, Jin Yong. Explorando relações espaciais entre variáveis de paisagem sonora em áreas urbanas áreas: uma abordagem de modelagem estatística espacial. *Paisagismo e Planejamento Urbano*, v. 157, p. 352-364. 2017.
- [5] TORIJA, A. J.; RUIZ, D. P.; ALBA-FERNANDEZ, V.; RAMOS-RIDAO, A. Paisagismo e Planejamento Urbano, v. 104, p. 148-156. 2012.
- [6] EMERGIR CO. O que é um sistema complexo. Youtube, 24 jan. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cf-YxC4GxIg&list=PLY3xJBjGnL6jp3BtjRb8OnUbJ2RGjr-b&index=2>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- [7] SANTOS, Luis Miguel dos; PELOSI, Edna Marta; OLIVEIRA, Bernardo C. S. Chiachia de. Teoria da Complexidade e as múltiplas abordagens para compreender a realidade social. *Serviço Social em Revista*, v.14, n.2, jan-jun 2012. Disponível em: <http://www.uel.br/seer/index.php/ssrevista/article/view/1823>. Acesso em: 17 mai. 2020.
- [8] MORIN, Edgar. *Ciência com consciência*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005, 350p.
- [9] BIOLCHINI et al. (2005) "Systematic Review in Software Engineering", COPPE / UFRJ, Relatório Técnico, ES-679/05.
- [10] BRASILEIRO, Tamáris da Costa; ALVES, Luciana da Rocha; FLORÊNCIO, Débora Nogueira Pinto; ARAÚJO, Virgínia Maria Dantas de; ARAÚJO, Bianca Carla Dantas de. Estado da arte dos mapas sonoros no Brasil. In: XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Sobrac, Porto Alegre, RS, Brasil, 2018.
- [11] LANGDON, Esther Jean; WIIK, Flávio Braune. Antropologia, saúde e doença: uma introdução ao conceito de cultura aplicado às ciências da saúde. *Rev Latino-Am. Enfermagem*, v.18, n.3, mai-jun 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n3/pt_23. Acesso em: 18 abr. 2020.
- [12] MORAES, Elcione; SANTIAGO, Lícia; NICKOLAS, Pinheiro. Ruído ambiental: panorama da produção científica brasileira nos últimos 15 anos. In: XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Porto Alegre, RS, Brasil, 2018.
- [13] VALQUES, Igor José Botelho. Avaliação da qualidade ambiental acústica urbana: parametrização e quantificação das variáveis que influenciam a percepção da paisagem sonora, através da análise multivariada, no campus sede da Universidade Estadual de Maringá. 291 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de



Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

[14] BRITO, L. A. P. F. de; JUNIOR, J. B. C.; TOLEDO, V. D. A eficiência de algoritmos matemáticos para avaliação do ruído urbano. *Urbe-Revista Brasileira de Gestão Urbana*. Curitiba-PN. p. 22-35, jan./abr. 2018.

[15] LAM, Kin-Che; MA, Weichun; CHAN, Pak Kin; HUI, Wing Chi; CHUNG, King Lam; CHUNG, Yi-tak T.; WONG, Cunh Yin; LIN, Hui. Relação entre ruído do tráfego rodoviário e forma urbana em Hong Kong. *Monitoramento e Avaliação Ambiental*, v. 185, p. 9638-9695. 2013.

[16] GUEDES, Italo C. M.; BERTOLI, Stelamaris R.; ZANNIN, Paulo H. T. Influência das formas urbanas no ruído ambiental: um estudo de caso em Aracaju – Brasil. *Ciência do Meio Ambiente Total*, v. 412-413, p. 66-76. 2011.

[17] KANG, Jian; YU, Wen Luo. Relação entre a resistência ao ruído do tráfego e a forma de aldeia na China. *Paisagismo e Planejamento Urbano*, v. 163, p. 44-55. 2017.

[18] LIU, Jiang; KANG, Jian; BEHM, Holger; LUO, Tao. Índices de padrão espacial de paisagem e paisagem sonora percepção em uma área urbana multifuncional, Alemanha. *Jornal de Engenharia Ambiental e Gestão da Paisagem*, v. 22, p. 208-218. 2014.

[19] MAGIOLI, F. B.; TORRES, J. C. B. Influência das transformações urbanas no conforto acústico: estudo-piloto da cidade universitária da UFRJ. *Urbe-Revista Brasileira de Gestão Urbana*. Curitiba-PN. p. 400-413, mai./ago. 2018.

[20] MENG, Qi; KANG, Jian. A influência da densidade da multidão no ambiente sonoro de comerciais ruas de pedestres. *Ciência do Meio Ambiente Total*, v. 511, p. 249-258. 2015.

[21] SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L. de; SILVA, A. N. R. da. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 7, p. 2201-2210, jul. 2015.

[22] LOPEZ, G. A. P.; SOUZA, L. C. L. de. Urban green spaces and the influence on vehicular traffic noise control. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 161-175, out./dez. 2018.

[23] ZAMBON, G.; ROMAN, H. E.; BENOCCI, R. Reconhecimento de velocidade do veículo a partir de padrões espectrais de ruído. *Revista Internacional de Pesquisa ambiental*, v. 11, p. 449-459. 2017.

[24] CALQUÍN, P. F.; PONCE-DONOSO, M.; VALLEJOS-BARRA, O.; PLAZA T. E. Influência das árvores urbanas nos níveis de ruído em um centro Cidade chilena. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Mendoza, v. 51, n. 1, p. 41-53. 2019.

[25] VOTSI, N. P.; DRAKOU, E. G.; MAZARIS, A. D.; KALLIMANIS, A. S.; PANTIS, J. D. Avaliação da distância de áreas tranquilas de espaços abertos na Grécia.

Paisagismo e Planejamento Urbano, v. 104, p. 279-288. 2012.

[26] LERCHER, Peter. Exposição ao ruído do transporte combinado em áreas residenciais. *Encyclopedia of Environmental Health*, Burlington, p. 764-777. 2011.

[27] VAN RENTERGHEM, Timothy. Diretrizes para otimizar a proteção contra ruído do tráfego rodoviário por não profundo cintos de árvore. *Engenharia Ecológica*, v. 69, p. 276-286. 2014.

[28] RENTERGHEM, T. V.; BOTTELDOOREN, D. A vista sobre a vegetação externa reduz o incômodo com o ruído para os moradores perto de estradas movimentadas. *Paisagismo e Planejamento Urbano*, v. 148, p. 203-215. 2016.

[29] SHAFFER, B.; BRINK, M.; SCHLATTER, F.; VIENNEAU, D.; WUNDERLI, J. M. O verde residencial está associado à redução do incômodo ao tráfego rodoviário e ruído ferroviário, mas aumentou o incômodo com a exposição ao ruído de aeronaves. *Meio Ambiente Internacional*, v. 143. 2020.

[30] HUN, Sung-Yoon; SHIN, Jungwoo. Avaliação econômica da política de controle de poluição sonora: o tipo de ruído importa? *Ciência Ambiental e Pesquisa de Poluição*, v. 25, p. 30647-30658. 2018.

[31] CARRIER, Mathieu; APPARICIO, Philippe; e SÉGUIN, Anne-Marie. Ruído do tráfego rodoviário em Montreal e equidade ambiental. Qual a situação dos grupos populacionais mais vulneráveis? *Canadá: Elsevier- Jornal de Geografia dos Transportes*, 2015.

[32] TONNE, C.; MILA, C.; FECHT, D.; ALVAREZ, M.; GULLIVER, J.; SMITH, J.; BEEVERS, S.; ANDERSON, R.; KELLY, F. Desigualdades socioeconômicas e étnicas na exposição à poluição do ar e sonora em Londres. *Meio Ambiente Internacional*, v. 115, p. 170-179. 2018.

[33] VOGIATZIS, Konstantinos; REMY, Nicolas. Da redução do ruído ambiental à criação de paisagens sonoras por meio mapeamento estratégico de ruído em aglomerações urbanas médias no sul da Europa. *Ciência do Meio Ambiente Total*, v. 482-483, p. 420-431. 2014.

[34] KOGAN, Pablo; ARENAS, Jorge P.; BERMEJO, Fernando; HINALAF, Maria. A Green Soundscape Index (GSI): O potencial de avaliar a percepção equilíbrio entre o som natural e o ruído do tráfego. *Ciência do Ambiente Total*, v. 642, p. 463-472. 2018.

[35] BRESSANE, A.; MOCHIZUKI, P. S.; CARAM, R. M.; ROVEDA, J. A. F. Sistema de apoio à avaliação de impactos da poluição sonora sobre a saúde pública. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 32. 2016.