

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUIZ FILIPE SILVA COELHO

VICTOR FELIPE RODRIGUES MOISES E SILVA

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA SOBRE CONFORTO
ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES**

ANÁPOLIS / GO

2018

LUIZ FILIPE SILVA COELHO
VICTOR FELIPE RODRIGUES MOISES E SILVA

ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA SOBRE CONFORTO
ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADOR: JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

COELHO, LUIZ FILIPE SILVA/ SILVA, VICTOR FELIPE MOISÉS RODRIGUE

Análise Cienciométrica Sobre Conforto Acústico em Edificações

61, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Cienciometria

2. Edificações

3. Artigos

4. Conforto Acústico

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COELHO, LUIZ FILIPE S.; SILVA, VICTOR FELIPE M. R.. Análise Cienciométrica Sobre Conforto Acústico em Edificações. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 61p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luiz Filipe Silva Coelho

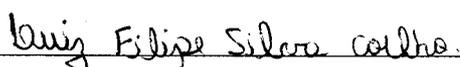
Victor Felipe Moises Rodrigues e Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise Cienciométrica Sobre Conforto Acústico em Edificações

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

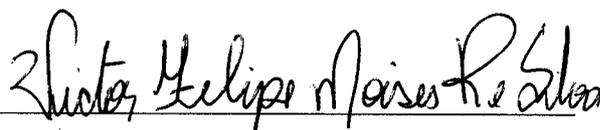
ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Luiz Filipe Silva Coelho

E-mail: luiz_filipe95@hotmail.com



Victor Felipe Moises Rodrigues e Silva

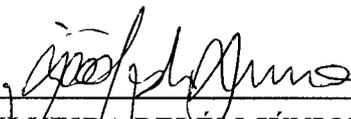
E-mail: victorfmrsvilva@hotmail.com

LUIZ FILIPE SILVA COELHO
VICTOR FELIPE MOISES RODRIGUES E SILVA

ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA SOBRE CONFORTO
ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

APROVADO POR:



JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



CLÁUDIA GOMES DE OLIVEIRA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 26 de NOVEMBRO 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos guiado até aqui, por toda força e saúde que nos foi concedida. Aos nossos familiares pelo amor incondicional e também aos amigos pelo apoio. Agradecemos também ao Centro Universitário de Anápolis, seu corpo docente, direção e administração que sempre nos ofereceu suporte para que tivéssemos o melhor aprendizado.

Luiz Filipe Silva Coelho
Victor Felipe Moises Rodrigues e Silva

RESUMO

O conforto acústico tem se mostrado um importante fator na construção civil na atualidade. Ao longo dos anos, materiais e métodos foram criados, testados e normatizados com o objetivo de proporcionar qualidade acústica do ambiente interno dos edifícios. Apesar dessa evolução, pesquisas sobre a avaliação da produção científica com essa temática é quase inexistente. Portanto, esse trabalho tem como principal objetivo a realização de uma análise cienciométrica para qualificar e quantificar a produção científica sobre conforto acústico em edificações entre os anos de 1991 a 2017. A plataforma de pesquisa *Web of Science* foi utilizada para esse fim, onde se aplicou as palavras-chave “*acoustic*” and “*comfort*” and “*building*”. Com essa análise foi possível detectar os países onde mais se difundiram pesquisas no tema, assim como as áreas da ciência e revistas que mais publicaram artigos. Foi possível também identificar os tipos de edifícios que mais foram estudados para obtenção de conforto acústico, além das tendências de publicações e outras informações capazes de direcionar pesquisas futuras no tema. Observou-se que o Brasil se destacou entre os países que mais publicaram artigos sobre conforto acústico em edificações, porém a maioria dessas pesquisas são carentes de investimentos.

PALAVRAS-CHAVE:

Cienciometria, Conforto Acústico, Artigos, Publicações, Edificações.

ABSTRACT

Acoustic comfort has proven to be an important factor in civil construction nowadays. Over the years, materials and methods were created, tested and standardized with the aim of providing acoustic quality of the internal environment of buildings. Despite this evolution, research on the evaluation of scientific production in this subject is non-existent. Therefore, this work has as main objective a scientometric analysis to qualify and quantify the scientific production on acoustic comfort in buildings between the years of 1991 to 2017. The Web of Science research platform was used for this purpose, in which the keywords “acoustic” and “comfort” and “building” were applied. In this analysis, it was possible to determine the countries where researchers on this subject were most widely disseminated, as well as the researched areas and the periodicals that most published articles. The most studied building types were identified, as well as the trends of publications and other information capable of directing future research about the theme. Brazil stood out among the countries that published articles about acoustic comfort in buildings, but most of those researches lack investments.

KEYWORDS: Scientometric, Acoustic Comfort, Articles, Publications, Buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variação da pressão ambiente em função da distância	25
Figura 2: Curvas isofônicas	27
Figura 3: Gráfico para "adição" de decibels	29
Figura 4: Gráfico para "subtração" de decibels	30
Figura 5: Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar-livre.....	33
Figura 6: Barreiras de Isolamento acústico	35
Figura 7: Fenômenos Acústicos.....	36
Figura 8: Tempo de reverberação recomendados para ambientes fechados destinados a diversos usos.....	37
Figura 9: Estrutura de materiais porosos e fibrosos.....	38
Figura 10: Fatores que influenciam a absorção sonora de materiais porosos/fibrosos.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipologia para comparação entre os métodos métricos.....	19
Quadro 2: Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar-livre	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução Cienciométrica	22
Gráfico 2: Classificação dos Artigos Analisados	42
Gráfico 3: Tendência Temporal	43
Gráfico 4: Tendência Temporal até o Ano de 2025.....	45
Gráfico 5: Países que Mais Publicaram	46
Gráfico 6: Áreas da Ciência.....	47
Gráfico 7: Tipos de Edifícios Mais Pesquisados	48
Gráfico 8: Quantidade de Artigos Financiados por Ano	51
Gráfico 9: Artigos Financiados X Quantidade de Financiamentos	52
Gráfico 10: Assunto dos Artigos Financiados	53
Gráfico 11: Agências que Mais Financiaram Artigos Relacionados ao Conforto Acústico em Edifícios.....	54
Gráfico 12: Quantidade de Investidores por País	55
Gráfico 13: Revistas que Mais Publicaram.....	56

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
ISI	Institute for Scientific Information
EPI	Equipamento de Proteção Individual
a.C	Antes de Cristo
Fig	Figura
Hz	Hertz
A	Amplitude
Log	Logaritmo decimal
B	Bel
dB	Decibel
L_{eq}	Nível equivalente
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ISO	International Organization for Standardization
ISI	Institute for Scientific Information
VINITI	All-Union Institute for Scientific and Technical Information
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
IEQ	Indoor Environment Quality
UEG	Universidade Estadual de Goiás.
R^2	Coefficiente de Determinação
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
FUNAG	Fundação Alexandre de Gusmão
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	METODOLOGIA	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	CIENCIOMETRIA	18
2.1.1	Avaliação da Ciência	18
2.1.2	Quantificação da Ciência – A Cienciometria	20
2.1.3	Cienciometria e sua Base na Bibliometria	20
2.1.4	Evolução da Cienciometria	21
2.2	ACÚSTICA	23
2.2.1	Som e Ruído	23
2.2.1.1	Natureza do Som	24
2.2.1.2	O Decibel	25
2.2.1.3	Percepção Auditiva do Som	26
2.2.1.4	Parâmetros de Avaliação Sonora	27
2.2.1.5	Somando Decibels	28
2.2.1.6	Subtração de Decibels	29
2.2.2	Conforto Acústico	31
2.2.2.1	Ruído Ambiental	32
2.2.2.2	Controle de Ruído ao Ar-Livre	33
2.2.2.3	Ruído em Recintos	35
2.2.2.4	Controle de Ruído em Recintos	37
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
3.1	ARTIGOS ANALISADOS	41
3.2	TENDÊNCIA TEMPORAL	43
3.3	PAÍSES QUE MAIS PUBLICARAM	45
3.4	ÁREAS DA CIÊNCIA	46
3.5	TIPO DE EDIFÍCIOS MAIS PESQUISADOS	47

3.6	ARTIGOS MAIS CITADOS	49
3.7	ARTIGOS FINANCIADOS.....	50
3.8	AGÊNCIAS FINANCIADORAS	53
3.9	REVISTAS QUE MAIS PUBLICARAM.....	55
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Com a expansão e desenvolvimento das cidades no último século as preocupações concernentes a poluição sonora cresceu consideravelmente. São cada vez mais numerosas as fontes de ruído e cada vez menor espaço nas áreas urbanas, uma característica presente nas aglomerações atuais. Portanto o desenvolvimento acústico se torna uma saída viável para solução de problemas de controle do ruído e prevenção sonora nas edificações.

A acústica em edificações conseqüentemente está voltada ao estudo e análise dos ambientes, objetivando conforto acústico para as mais diversas situações, através de tecnologias voltadas, por exemplo, para obtenção de controle de reverberação em salas de concerto e controle de ruído em indústrias, bibliotecas e dormitórios.

Sabe-se que o bom planejamento e o controle acústico em recintos têm conseqüências positivas em relação à saúde, pois os problemas da exposição adicional do ruído indesejável são diversos, acarretando a diminuição do desempenho físico e mental dos indivíduos. Por anos a importância do controle de ruídos tem sido reconhecida e debatida. Nightingale (1859) define com propriedade que ruídos desnecessários “[...] é a mais cruel ausência de cuidados que podem ser infligidos tanto a doentes quanto a sadios”.

No mundo atual novas tecnologias e métodos para favorecer acusticamente os ambientes na construção civil e projetos arquitetônicos são desenvolvidas a todo momento, e países em pleno avanço como o Brasil não podem ficar à parte desses assuntos, a falta de informação pode prejudicar o avanço científico na área. “O desenvolvimento econômico, político e social de um país depende necessariamente do crescimento científico, que por sua vez, nada mais é do que toda a produção gerada por cientistas” (SANTOS, 2009, p. 14).

Para sanar a sede de conhecimento e descobrir novos avanços científicos e tecnológicos, a análise cienciométrica se faz muito útil. A Cientometria objetiva “[...] estudar a atividade científica como fenômeno social e mediante indicadores e modelos matemáticos” (HAYASHI, 2012). Sua metodologia e a sua atribuição promove a possibilidade de descobrir o que acontece ao redor do mundo científico em determinada área e suas tendências. Uma análise cienciométrica sobre conforto acústico, pode possibilitar o favorecimento da acústica em edificações e projetos arquitetônicos no nosso país.

Graças a evolução da computação, o levantamento de dados científicos ficou acessível através de bancos de dados disponíveis na Internet, que reúnem e acumulam diversas referências bibliográficas. Um desses bancos é o *Web of Science* que é um conjunto

de bases de dados ou biblioteca eletrônica, que permite aos assinantes do serviço, além das pesquisas habituais, também pesquisas de artigos relacionados e o estabelecimento de ligações entre artigos que citam outros ou são citados por outros.

1.1 JUSTIFICATIVA

Ao longo dos anos, vários aspectos em relação a edificações foram se alterando e evoluindo, proporcionando assim uma melhor interação entre o usuário e a obra. Com essas evoluções, foi observado que “[...] as edificações melhoraram em diversos aspectos, como: iluminação, ventilação, calefação, condicionamento do ar, circulação, etc. Praticamente em todos, exceto em um – a sua sonoridade” (VIVEIROS, 2007). Com o passar dos anos, foi identificado esse problema acústico nas edificações e se viu necessário a obtenção de novos métodos e meios para aperfeiçoar o conforto acústico como um todo.

Visando a obtenção de dados para se determinar o que foi e está sendo feito para resolver os problemas sobre o assunto, a análise cienciométrica é uma ótima escolha. Sendo que, “com ela pode-se avaliar diversos aspectos na literatura científica e caracterizar quantitativamente tais trabalhos” (MACIAS-CHAPULA, 1998). Apesar de ser um método pouco conhecido na sociedade e principalmente no Brasil, a cienciométrica vem sendo cada vez mais popular em empresas de renome, por conta da sua alta quantidade de dados obtidos sobre determinado tema, mostrando assim gráficos e tabelas quantitativos e qualitativos acerca do assunto como um todo, podendo-se observar então qual a melhor área para se investir.

Para se fazer uma análise cienciométrica, deve-se primeiro escolher o local de onde será retirado toda a informação necessária para o estudo. O site *Web of Science*, do *Institute for Scientific Information (ISI)* é um dos melhores locais atualmente para tal, haja vista que nele se encontra milhares de artigos e teses publicados por pessoas ao redor de todo o globo, fazendo com que o site seja rico em informação acerca de qualquer assunto científico. De acordo com Freitas e Freire Jr. (2003) *Web of Science* “[...] nos permite resgatar diversos dados e relações entre artigos e periódicos científicos indexados, bem como outras informações”. Pode-se, por exemplo, analisar o desempenho de determinados assuntos em um determinado local ou mesmo de toda uma nação.

Contudo, quando considerado os aspectos positivos do site, o mesmo foi escolhido como ferramenta de pesquisa para embasamento científico e principal fonte de recursos de

informações sobre tudo que foi e está sendo pesquisado atualmente na área de conforto acústico em edificações.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Explorar e qualificar através da análise cienciométrica, a produção científica sobre conforto acústico em edificações no período de 1991 a 2017 e direcionar pesquisas futuras acerca do tema.

1.2.2 Objetivos específicos

Apresentar e demonstrar a cienciométrica como método de pesquisa;

Classificar e avaliar quantitativamente o conjunto de informações científicas produzidas na área conforto acústico em edificações através do método proposto;

Identificar a situação da pesquisa científica, mediante métodos matemáticos e estatísticos a respeito do tema referido.

1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho corresponde a uma análise qualitativa e quantitativa de artigos através da ferramenta de pesquisa *Web Of Science* da base de dados Thomson-ISI. O trabalho é de caráter exploratório e descritivo, onde procura-se apresentar a cienciométrica junto com o modelo de pesquisa utilizado, e mostrar os resultados obtidos com a investigação através da análise de dados. A revisão bibliográfica sobre cienciométrica e conforto acústico também são conteúdos abordados nesse trabalho.

Através da plataforma de pesquisa *Web Of Science*, utilizada como principal fonte de informação e pesquisa para o trabalho, foram testadas diversas palavras chaves, palavras estas requeridas pelo site para o mesmo selecionar toda a produção científica em um determinado período de tempo ao qual as incluem.

Após analisar inúmeros resultados, foi concluído que a combinação de palavras que melhor se adequou ao tema proposto foi: “*acoustic*” and “*comfort*” and “*building*”. Foram

selecionados apenas publicações entre os anos de 1991 a dezembro de 2017, considerando o período de disponibilidade de publicações da plataforma. Obteve-se então exatos 300 resultados, todos na língua inglesa.

A pesquisa foi refinada dentro do próprio site para exibir apenas artigos científicos, haja vista que os mesmos se tratam de documentos mais aceitos pela comunidade científica. Retornaram, portanto, uma quantidade de 188 artigos do total de publicações encontradas primordialmente.

Todos os 188 artigos foram convertidos através da plataforma para uma planilha do *software* Microsoft Excel, onde toda a parte estatística e matemática do trabalho foi desenvolvida. É importante ressaltar que uma análise mais minuciosa dos resumos dos artigos foi feita, descartando-se artigos que fujam do tema principal, para assegurar resultados ainda mais precisos para a análise qualitativa e quantitativa dos mesmos.

Além da seleção entre os artigos que condizem com o tema abordado, os mesmos foram também separados categoricamente de forma meticulosa em seções diferentes, que variam de acordo com o principal tema abordado, como: desempenho acústico, materiais, métodos e IEQ (*Indoor Environment Quality*). Essa análise e classificação estão dispostas nos capítulos posteriores todo o detalhamento necessário para a compreensão dos mesmos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 4 capítulos. O primeiro traz uma breve introdução sobre o mesmo, apresentando justificativa e expondo os objetivos gerais e específicos do trabalho. Também é demonstrado a metodologia utilizada em sua estrutura.

O segundo capítulo contém todo o referencial teórico, que iniciou apresentando a cienciometria, expondo os dados relevantes para o entendimento dessa análise. E logo em seguida, discorrendo no mesmo capítulo, uma explicação detalhada sobre o som e a acústica geral.

No terceiro capítulo encontra-se todo o desenvolvimento, resultados e discussões sobre a análise cienciométrica em questão. É ainda apresentado as principais informações extraídas através da análise dos artigos.

O quarto e último capítulo, expõe a conclusão desse trabalho, além de evidenciar a situação do Brasil em relação ao mundo no que tange ao conforto acústico em edifícios. Também são apresentadas sugestões de pesquisas futuras nessa área.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CIENCIOMETRIA

2.1.1 Avaliação da Ciência

Com o passar dos anos a ciência se tornou muito abrangente dentre as mais diversas áreas de atuação do ser humano. Todo o avanço tecnológico proporcionado através do seu desenvolvimento tem transformado o mundo.

Por essa razão, fica evidente a importância da informação científica, pois ela se tornou indispensável para pesquisadores e instituições de ensino que a utilizam como suporte para o desenvolvimento de suas pesquisas, contribuindo com um novo conhecimento para a sociedade (SANTOS, 2009).

Medidas de avaliação e determinação dos trabalhos científicos são tão importantes quanto a expansão e progresso da ciência em si. Existem algumas formas de análise e avaliação da ciência e também seus fluxos de informação. Dentre elas destacam-se a bibliometria, a informetria, a webometria e a cienciometria que é o foco deste trabalho.

No Quadro 1 encontra-se a relação entre os métodos citados, onde as características, dentre elas objeto de estudo, variáveis, métodos de análise e seus objetivos podem ser observadas.

O termo cienciometria surgiu na antiga URSS e Europa Oriental e foi bastante empregado na Hungria. Dobrov e Karennoi estão entre os primeiros autores a utilizarem o termo em 1969, em uma publicação do VINITI - *All-Union Institute for Scientific and Technical Information* (VANTI, 2002, p. 153).

Porém o primeiro artigo considerado cienciométrico foi publicado por Nalimov, em 1959, em coautoria com Styazhkin e Vledutsiv (pertencentes aos quadros VINITI), intitulado “As informações científicas e técnicas como uma das tarefas da cibernética”, anos antes do termo em si começar a ser utilizado. Tal artigo tem como característica a apresentação de modelos matemáticos examinados para o crescimento da ciência através de uma justificativa lógica original. (KAVUNENKO; GONCHAROVA, 2009 *apud* VANTI, 2011, p. 7).

Em sua originalidade, o termo cienciometria referia-se à aplicação de métodos quantitativos para o estudo da história da ciência e do progresso tecnológico (EGGHE, *apud* SPINAK).

De acordo com Vanti (2002, p. 153) foi a partir da década de 80, que a *scientometrics* (quantificação da ciência) começou a ser uma área de interesse acadêmico. Fato que foi desencadeado após o *Institute for Scientific Information* (ISI) vender sua base de dados para outras instituições, como uma ferramenta de auxílio na elaboração de políticas científicas.

Na atualidade a cienciometria tem sido amplamente utilizada para quantificação dos trabalhos científicos dentro das mais diversas áreas do conhecimento, tornando-se uma importante ferramenta de análise da produção científica no mundo.

Quadro 1: Tipologia para comparação entre os métodos métricos

TIPOLOGIA	BIBLIOMETRIA	CIENCIOMETRIA	INFORMETRIA	WEBOMETRIA
Objetos de estudo	Livros, documentos, revistas, artigos, autores, usuários.	Disciplinas, assuntos, campos científicos e tecnológicos, patentes, dissertações e teses.	Palavras, documentos, banco de dados.	Sítios na WWW, (URL, título, tipo, domínio, tamanho e links) motores de busca.
Variáveis	Número de empréstimos (circulação) e de citações, frequência de extensão de frases.	Fatores que se diferenciam as subdisciplinas. Como os cientistas se comunicam (revistas, documentos).	Medir a recuperação, relevância e revogação. E nesse quesito, se difere da cienciometria.	Número de páginas por eixo, número de linhas por eixo, número de links que remetem ao mesmo sítio, citações, estratégias de busca.
Métodos	Ranking, frequência, distribuição.	Análise de conjunto de correspondência.	Modelo vetor espaço, modelos booleanos de recuperação, modelos probabilísticos, linguagem de processamento, abordagens baseadas no conhecimento, tesouros.	Fator de Impacto da Web (FIW), densidade dos links, citações, estratégias de busca
Objetivos	Alocar recursos: pessoas, tempo, dinheiro.	Identificar domínios de interesse, compreender como e quanto os cientistas se comunicam.	Melhorar a eficiência da recuperação da informação, identificar relações entre os diversos sistemas de informação.	Avaliar o sucesso de determinados sítios, detectar a presença de países instituições e pesquisadores na rede e melhorar a eficiência dos motores de busca na recuperação das informações.

Fonte: Adaptado de MCGRATH (*apud* MACIAS-CHAPULA, 1998).

2.1.2 Quantificação da Ciência – A Cienciometria

A cienciometria ou cientometria pode ser definida como “[...] o estudo da mensuração do progresso científico e tecnológico e que consiste na avaliação quantitativa e na análise das inter-comparações da atividade, produtividade e progresso científico” (PAIDÉIA, 2011, p. 6). Em termos mais simples, a cienciometria consiste em quantificar dados para estudar a ciência da ciência.

Tague-Sutcliffe (1992) traz outra definição para a cienciometria, sendo ela o estudo dos aspectos quantitativos da ciência enquanto uma disciplina ou atividade econômica. O autor ainda completa citando a cienciometria como um segmento da sociologia da ciência, sendo aplicada no desenvolvimento de políticas científicas e envolve estudos quantitativos das atividades científicas, incluindo a publicação.

Já Van Raan (1997) diz que a cienciometria se dedica a realizar estudos quantitativos em ciência e tecnologia e a descobrir os laços existentes entre ambas, visando o avanço do conhecimento e buscando relacionar este com questões sociais e de políticas públicas.

A cienciometria tem um grande potencial de aplicabilidade. Ao se analisar os dados derivados do estudo cienciométrico em determinada área, podemos descobrir diversos fatores da mesma. Pode-se por exemplo acompanhar o avanço tecnológico no mundo para qualquer área de pesquisa, também determinar a evolução ou declínio de campos da ciência, além de possibilitar a identificação de áreas emergentes que necessitam de mais suportes financeiros ou de recursos humanos para uma melhor progressão.

São várias as aplicabilidades da cienciometria, por isso a mesma vem ganhando cada vez mais destaque. Sua capacidade de análise de dados da produção científica ao longo dos anos, pode dar diversas vantagens quando bem avaliadas, gerando conhecimento e consequentemente a evolução.

2.1.3 Cienciometria e sua Base na Bibliometria

O termo bibliometria, pode ser definido como o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada, desenvolvendo padrões e modelos matemáticos para medir esses processos, assim utilizando seus resultados para elaborar previsões e apoiar tomadas de decisões (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

Spinak (1996, p. 49, tradução nossa) faz uma relação entre a bibliometria e a cienciometria. A cienciometria aplica técnicas bibliométricas à ciência, mas a bibliometria vai além das técnicas bibliométricas, pois a mesma analisa desenvolvimento e políticas científicas.

Na bibliometria, três leis foram de extrema importância para seu desenvolvimento. Cada uma delas leva o nome de seu idealizador e é utilizada para a medição de diferentes autores em um conjunto de documentos, sendo elas:

A Lei de Lotka ou Lei do Quadrado Inverso que de acordo com Tague Sutcliffe (1992) aponta para a quantificação da produtividade dos autores frente a um modelo de distribuição tamanho-frequência de diferentes autores em um conjunto de documentos. Em outras palavras, essa lei quantifica a produtividade de autores.

A Lei de Zipf ou Lei do Mínimo Esforço que consiste na medição de frequência do aparecimento de palavras em diversos textos, gerando uma lista ordenada de palavras de uma disciplina ou assunto, ou seja, essa lei mede a frequência de palavras, afirma Tague Sutcliffe (1992).

Por fim, Tague Sutcliffe (1992) cita a Lei de Bradford ou Lei da Dispersão, onde estabelece o núcleo e as áreas de dispersão sobre certo assunto em um mesmo conjunto de revistas, possibilitando estimar o grau de relevância de periódicos que atuam em áreas do conhecimento específicas. Em termos simples, essa lei quantifica a produtividade de periódicos.

Tais leis, nascidas no âmbito da bibliometria, passaram a constituir o núcleo da cienciometria. Desta forma, enquanto a bibliometria se relaciona ao dimensionamento das fontes bibliográficas, a cienciometria se expande para além desta concepção, analisando o desenvolvimento e a política científica dentro de contexto econômico e social.

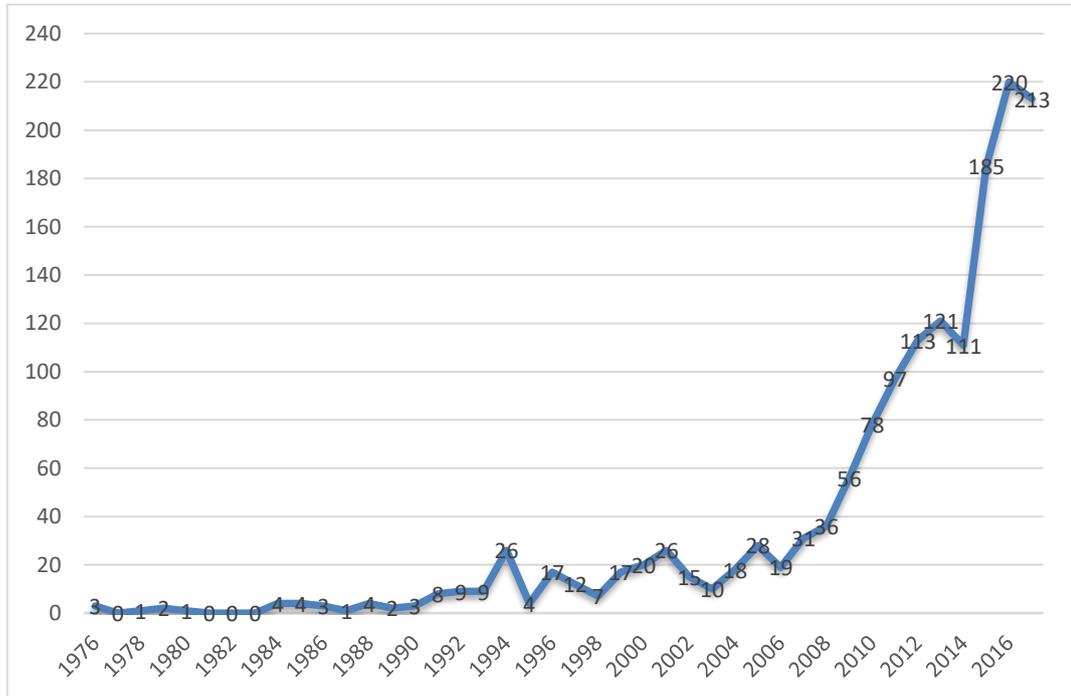
2.1.4 Evolução da Cienciometria

Como citado anteriormente, o termo cienciometria foi utilizado pela primeira vez em 1969. Utilizando o mesmo método adotado previamente para encontrar e quantificar a publicação de artigos de 1969 a 2017, foi possível traçar uma linha do tempo de publicações que teve o termo “cienciometria” como foco principal.

A pesquisa foi feita através do site *Web of Science*, utilizando o termo “*Scientometrics*”. Como retorno obteve-se 1541 resultados onde destes, 7 foram descartados

por apresentarem informações incompletas. Não foi feito nenhum refinamento na pesquisa, pois o intuito foi apenas verificar os dados de tendência temporal sobre a cienciométrica no intervalo de tempo previamente dito.

Gráfico 1: Evolução Cienciométrica



Fonte: Autores, 2018

Ao analisar o Gráfico 1, percebe-se que as publicações sobre cienciométrica tiveram uma tendência de publicações relativamente constante até o ano de 2007, porém, a partir desse ano essa tendência começou a subir consideravelmente, chegando ao ápice com 230 publicações em 2016.

É possível compreender através dessa informação que a cienciométrica tem evoluído no mundo, e o Brasil também tem demonstrado evolução semelhante. De acordo com Urbizagastegui Alvarado (2014), o Brasil tem avançado significativamente no estudo da cienciométrica ao longo dos anos, avanço indicado por fatores como: grupos de pesquisas cienciométricas se consolidando, volume crescente de produção, existência de um evento especializado no assunto que é realizado a cada dois anos e pela previsão de criação de um periódico nacional temático.

A UEG (Universidade Estadual de Goiás) disponibiliza atualmente a matéria de Cienciometria como especialização na área de mestrado. Fato esse que exemplifica e demonstra o crescimento da cienciometria ao longo dos anos.

2.2 ACÚSTICA

2.2.1 Som e Ruído

As primeiras experiências de análise dos sons foram feitas por Pitágoras por volta do século VI a.C. onde foi descoberto que o volume de um som produzido por uma corda vibratória varia de acordo com o seu comprimento. A partir dessa descoberta, passaram-se centenas de anos até termos alguma contribuição notável novamente. Cientistas famosos como Pierre Gassendi, Otto Von Guericke, Sir Isaac Newton, Brook Taylor, Jean le Rond d'Alembert, Jakob I. Bernouilli e Leonhard Euler, obtiveram grandes avanços científicos da acústica apenas por volta do século XVII.

Após todo esse refinamento teórico que foram passados durante a história da humanidade, chegou-se aos conceitos básicos de definição do som. Para Bistafa (2011, p. 17) o som é a propagação de vibrações em um meio, enquanto que o ruído é um som indesejável, sem harmonia. O autor ainda acrescenta que nem todo ruído é algo a ser descartado, eles podem transmitir informações importantes dependendo do contexto ao qual é aplicado, como por exemplo as sirenes de ambulâncias que informam para as pessoas próximas seu deslocamento para a tentativa de salvar vidas.

Para Carvalho (2010, p. 25) “O som é toda vibração ou onda mecânica gerada por um corpo vibrante, passível de ser detectada pelo ouvido humano”. A partir dessa definição, podemos automaticamente concluir que para que o som se propague é necessário haver um meio, logo, apesar da luz ser visível no vácuo que é vazio, o som não pode ser ouvido por falta de meios para propagá-lo.

Bistafa (2011, p. 17-18) afirma que a completa eliminação do ruído não deve ser o objetivo quando se trata de conforto acústico, haja vista que os métodos e materiais para tal deixariam a obra extremamente cara. Além disso, o ambiente se tornaria bastante silencioso, deixando a audição demasiadamente sensível, trazendo a sensação incômoda onde seria possível ouvir o próprio corpo trabalhando.

Há dois tipos de ruídos que devem se equilibrar no conforto acústico, o ruído principal, que se trata do ruído a ser atenuado ao ponto do mesmo não ser incômodo para as pessoas do ambiente, e o ruído de fundo, que normalmente não pode ser eliminado, (BISTAFA, 2011, p. 17-18).

Logo, a redução do ruído principal só terá sentido até um certo ponto de interesse, ou seja, quando ele não sobrepor mais o ruído de fundo. Assim, observa-se que o principal objetivo deve ser o de controle do ruído, e não sua completa extinção.

2.2.1.1 Natureza do Som

Como já foi descrito, o som são vibrações que se propagam por determinado meio detectada pelo ouvido humano. Ao se avaliar melhor as definições propostas por Bistafa (2011, p. 18) entende-se que o som pode ser definido como qualquer variação de pressão ambiente detectável pelo ouvido humano.

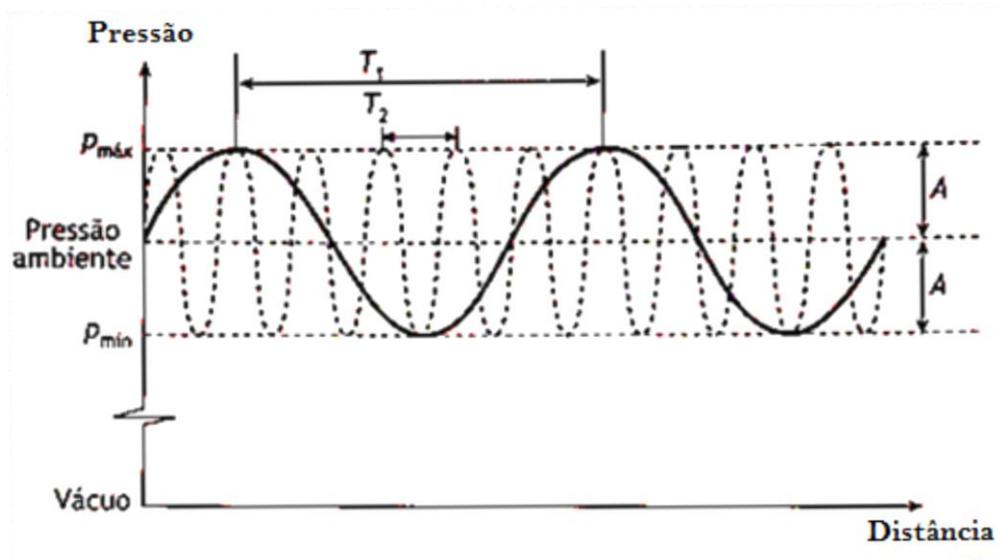
Para melhor compreensão de variação de pressão ambiental, primeiro deve-se entender o que é período e frequência. Young e Freedman (2008, p. 37) define período como o tempo correspondente a um ciclo na curva de variação de pressão, dado em segundos. Enquanto que a frequência sendo o número de períodos em um segundo, dada em hertz.

Bistafa (2011, p. 18) acrescenta que, para que o nosso sistema auditivo entenda o som, o mesmo deve estar entre uma frequência de 20 a 20000 Hz, frequência essa denominada de faixa de áudio. Sons com frequência abaixo de 20 Hz são chamados de infrassons, e sons com frequência acima de 20000 Hz são denominados ultrassons.

Além do período e frequência, quando estudamos o som não podemos deixar de falar sobre o comprimento de onda e a amplitude. Carvalho (2010, p. 28) define o comprimento de onda como sendo a distância para que um ciclo se complete na curva de pressão em relação distância. Observando a Fig. 1, onde há duas ondas sonoras distintas na mesma curva, podemos visualizar o comprimento de onda como sendo T1 para a linha contínua e T2 para a linha pontilhada.

A amplitude se refere a diferença de valores máximo/mínimo e médio de pressão ao longo do tempo em um determinado ponto no espaço (FONÉTICA & FONOLOGIA, 2008). A Fig.1 demonstra a amplitude pelo termo "A" que está situado entre a pressão máxima e a pressão média, ou então pela pressão mínima e a pressão média

Figura 1: Variação da pressão ambiente em função da distância



Fonte: Adaptado do Acústica aplicada ao controle do ruído, SYLVIO R. BISTAFÁ, 2011.

2.2.1.2 O Decibel

Para se falar do Decibel, primeiro é necessário falar sobre Alexander Graham Bell, inventor do telefone. Em seus primeiros estudos com acústica, Graham Bell percebeu que a variação de som que o ouvido humano pode sentir não acompanha uma escala linear. Em termos mais simples de compreensão, caso uma amplitude de sinal fosse dobrada, nosso ouvido não perceberia como sendo o dobro da tensão sonora, ou seja, o dobro do volume.

Ao se deparar com essa dificuldade para quantificar essa variação do som, Graham Bell decidiu usar uma escala logarítmica para tal propósito. Murgel (2007, p. 23) explica que para se medir o som, foi adotado uma divisão de escala log 10 a qual foi nomeada de bel (B). Assim 1 bel seria log 10, 2 bels seria log 100 e assim por diante, sempre seguindo um padrão de 10 vezes.

O autor ainda fala sobre a sensibilidade do ouvido humano a uma larga faixa de intensidade sonora, que são definidas pelo limiar da audição – sendo a mínima intensidade sonora perceptível, até o limiar da dor, que corresponde à máxima intensidade sonora suportável pelo indivíduo médio que na escala logarítmica é dada por 14 bel, ou 10^{14} .

Geralmente o bel é uma unidade de medida grande, então é mais usado o seu submúltiplo decibel (dB). Em termos simples, o decibel é o submúltiplo que representa 1/10

(um décimo) do bel, ou seja, a cada 10 decibels temos 1 bel ou em 100 decibels teríamos 2 bels de diferença.

Carvalho (2010, p. 35) para medir os níveis de ruídos utilizando o decibel emprega a seguinte equação 1:

$$i = 10 * \log \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Onde:

i é a intensidade física relativa expressa em dB;

I é a intensidade física absoluta do mesmo som;

I_0 é a intensidade do som correspondente ao limiar da percepção.

2.2.1.3 Percepção Auditiva do Som

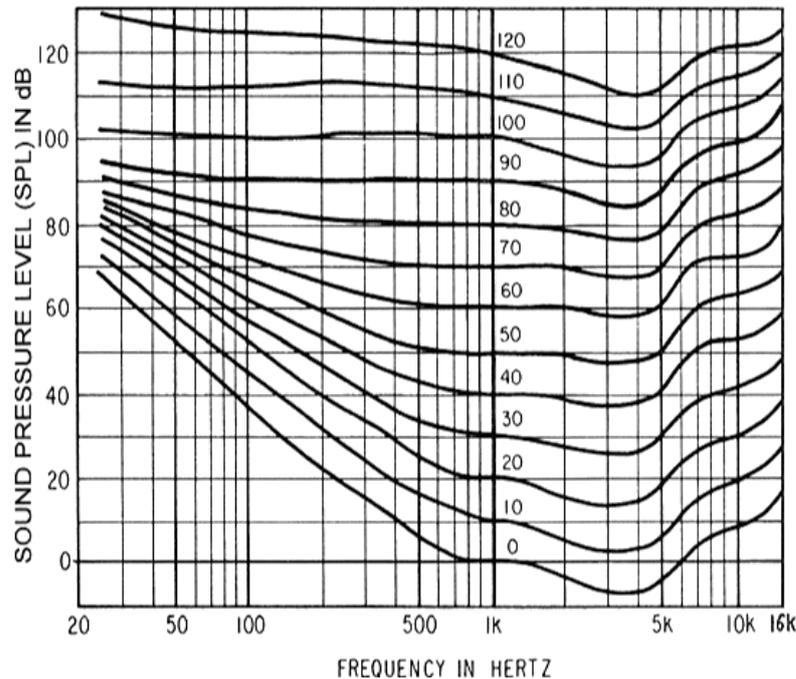
O ouvido humano não percebe sons de frequências diferentes de forma igual. A partir disso, foram feitos diversos estudos para se definir melhor os parâmetros do ouvido humano.

Carvalho (2010, p. 36-37) diz que a melhor frequência de percepção do ouvido humano está em 1000Hz, e relaciona as experiências de Fletcher e Munson onde os mesmos criaram curvas de variação dessa sensibilidade auditiva em função da frequência dos sons, as chamadas curvas isofônicas.

O autor ainda correlaciona exemplos de comparações dentre sons de frequências diferentes nas curvas isofônicas, Fig. 2 sendo: um som de 50dB a 1000Hz percebido igualmente pelo ouvido humano como outro de 15dB a 100Hz, ou até mesmo igual a outro de 38dB a 10000Hz.

Para melhor caracterizar a audição humana, foi criada uma curva de correção na escala (A), que reduz os sons em baixas e altas frequências de acordo com a sensibilidade auditiva. Essa curva é aplicada em aparelhos de medição de nível sonoro que já determina os resultados em dB(A), ou seja, medidos de acordo com a sensibilidade auditiva do ouvido humano (MURGEL, 2007, p. 24).

Figura 2: Curvas isofônicas



Fonte: Fundamentos de acústica ambiental, Eduardo Murgel, 2007.

Murgel (2007, p. 24-25) ainda traz um exemplo excepcional, onde demonstra o porquê de um pernilongo conseguir perturbar tanto o sono de uma pessoa. O autor diz que devido ao pernilongo emitir um ruído característico na ordem de 1000Hz, conseguimos percebê-lo facilmente, pois nessa faixa de frequência, a sensibilidade do ouvido humano se torna maior.

2.2.1.4 Parâmetros de Avaliação Sonora

Para se fazer uma avaliação sonora, primeiro é necessário entender os parâmetros e métodos utilizados para tal. Em obras grandes, onde é comum notar diversos ruídos sendo produzidos ao mesmo tempo por escavadeiras, caminhões, guindastes, serras, trabalhadores braçais etc. Pode ser complexo determinar o nível de ruído nesse local, considerando que o mesmo está constantemente se modificando.

Há diversos aparelhos que fazem essa verificação de ruído ao longo do tempo, o principal fator a ser determinado seria o nível equivalente (L_{eq}). “Define-se nível equivalente como sendo o nível sonoro estacionário, que se ocorresse durante o intervalo de registro, geraria a mesma energia sonora produzida pelos eventos sonoros registrados” (BISTAFA, 2011, p. 121).

Para o cálculo do nível equivalente Bistafa usa a seguinte equação 2:

$$L_{eq} = 10 * \log \left[\frac{1}{T} * \int_0^T 10^{\frac{L_p(t)}{10}} dt \right] \quad (2)$$

Onde:

L_{eq} é o nível equivalente expresso em dB ou dB(A);

$L_p(t)$ é o nível sonoro no instante t;

T é o intervalo de tempo de registro.

Além do nível equivalente (L_{eq}) temos mais dois parâmetros bastante usados quando se trata de avaliação sonora, L_{10} e L_{90} , sendo todos eles meios de se facilitar a interpretação dos valores medidos em campo.

Murgel (2007, p. 25-26) define L_{10} como sendo o nível sonoro ultrapassado em 10% do tempo equivalente, podendo ser considerado o ruído máximo no período, enquanto que o L_{90} sendo o nível sonoro ultrapassado em 90% do tempo de medição, sendo esse por definição o ruído de fundo. O autor acrescenta que devido o L_{eq} representar o ruído médio, sendo esse o mais versátil dos parâmetros, é o mais utilizado como parâmetro legal e normativo.

Vale lembrar que já existem medidores de ruído profissionais disponíveis no mercado, sendo esses capazes de calcular automaticamente o L_{eq} . Além de existirem também sistemas mais avançados que monitoram em tempo real o ruído em um determinado período e o transmitem para um servidor na internet, onde se pode verificar os relatórios para avaliar o L_{eq} do local.

2.2.1.5 Somando Decibels

O somatório de decibels pode parecer algo simples a princípio, porém, ao se aprofundar mais no assunto vemos que não é uma soma aritmética comum de 1+1, e sim uma soma logarítmica. Temos duas formas mais simples de fazer essa soma logarítmica.

A primeira Murgel (2007, p. 27) propõe que usemos a equação 3 para se encontrar o somatório entre dois ruídos.

$$L_R = 10 * \log \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right) \quad (3)$$

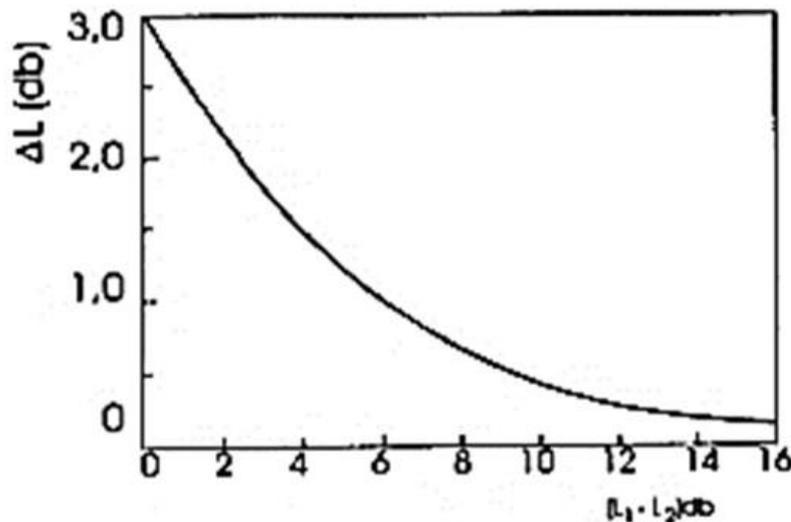
A partir da fórmula encontramos o ruído total entre dois ruídos L_1 e L_2 em decibels. Vale ressaltar que essa fórmula pode ser um somatório de ruídos também, haja vista que é possível continuar somando dentro do logaritmo quantos ruídos for necessário e assim encontrar o ruído total.

Bistafa (2011, p. 37-39) além de propor a mesma equação, também propõe o uso do gráfico para adição de decibels Fig. 3, sendo necessário o uso da equação 4 para a finalização do somatório, considerando $L_1 > L_2$.

$$L_R = \Delta L + L_1 \quad (4)$$

O valor de ΔL será encontrado a partir do gráfico da Fig. 3.

Figura 3: Gráfico para "adição" de decibels



Fonte: Ruído fundamentos e controle, SAMIR N. Y. GERGES, 2000.

Considerando por exemplo dois ruídos com mesma intensidade, ou seja, dois ruídos com decibels iguais, ao observar o a Fig. 3, obtém-se o ΔL como 3, portanto, utilizando a equação 4, bastaria somar L_1 com 3 para resultar no somatório dos dois ruídos.

2.2.1.6 Subtração de Decibels

Do mesmo modo que é possível somar decibels utilizando a escala logarítmica, é possível “subtrai-los” utilizando a mesma lógica. A “subtração” do ruído de fundo é necessária quando se quer determinar, por exemplo, o ruído que duas máquinas exercem,

porém, antes de estimar esse ruído das máquinas, é necessário remover o ruído de fundo para se obter um resultado mais preciso.

Seguindo essa lógica, Bistafa (2011, p. 40) especifica um roteiro para uma boa precisão na medição do ruído, onde é levado em consideração a equação 5, que determinará o ruído da máquina com maior precisão.

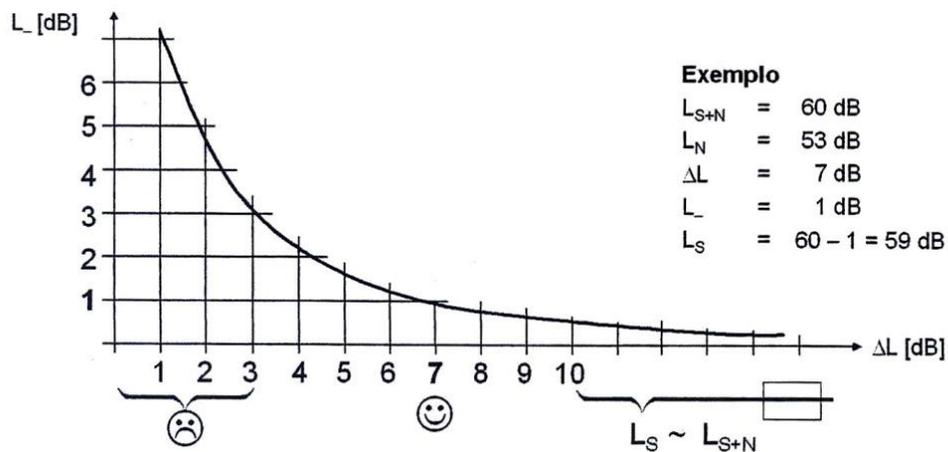
- Primeiro deve-se medir o ruído total – o ruído de fundo juntamente com o ruído da máquina. (L_{S+N});
- A seguir, mede-se o ruído de fundo com a máquina desligada (L_N);

Encontra-se o ΔL fazendo a diferença entre o L_{S+N} e L_N ;

- Usar o gráfico da Fig. 4 para encontrar o L_- ;
- Por fim, subtrair L_- de L_{S+N} .

$$L_S = L_{S+N} - L_- \quad (5)$$

Figura 4: Gráfico para "subtração" de decibels



Fonte: Adaptada de Basic Concepts of Sound, BRÜEL & KJAER, 1998.

Bistafa (2011, p. 40) ainda acrescenta que quando ΔL for menor que 3 dB, significa que o ruído de fundo é muito alto e deve de alguma forma reduzi-lo para uma boa estimativa do nível de ruído da máquina. Por outro lado, quando o ΔL for maior que 10, o nível de ruído de fundo pode ser ignorado.

2.2.2 Conforto Acústico

O crescente número de pessoas se mudando para os grandes centros, como resultado da urbanização, aumentam os problemas com fontes de ruído, que incluem ruídos de congestionamento de tráfego, indústrias, construção, e etc.

Segundo Santos (1993, p. 29) entre as décadas de 40 e 80 houve uma inversão quanto ao local de moradia dos brasileiros, onde a população do país deixou de ser majoritariamente rural, para se transformar em urbana.

Portanto, as cidades se transformaram em ambientes movimentados, e com diversos problemas que diminuem a qualidade de vida da população, tendo como exemplo a intensa emissão de ruídos:

Nos centros urbanos, há ocorrência de significativa poluição sonora, que advém de diversas origens, tais como: ruído de trânsito, escape de automóveis, ruído de ambientes noturnos, indústrias, sinos, buzinas, apitos, alto-falantes, vendedores ambulantes, animais, aeroportos, manifestações religiosas e/ou políticas, propagandas, quadras de esportes, barulhos de vizinhança, entre outros. (MENEGETTI, 2006, p. 12).

Esses fatores têm ligação direta com a saúde humana, Gerges (1992, p. 51) lembra que a exposição ao ruído pode causar alterações sérias no organismo, onde um longo tempo de exposição resulta em sobrecargas ao corpo humano, distúrbios hormonais e tensões musculares, ocasionando no indivíduo uma mudança comportamental onde a ansiedade e o esgotamento mental são comuns.

Devido a esses fatores, “a preocupação com a acústica não está somente voltada ao condicionamento do som, mas também de controle de ruído e preservação da qualidade ambiental” (SOUZA, ALMEIDA, BRAGANÇA, 2011, p. 23).

De acordo com Bistafa (2011, p. 315-316), qualquer problema de ruído pode ser descrito em termos de uma fonte sonora, trajetória de transmissão e um receptor. O método mais eficiente em relação ao controle do som indesejável é aquele onde ocorre a minimização do barulho direto na origem. Todavia, devido a razões econômicas e métodos relacionados ao controle do ruído na sua trajetória de transmissão são necessários em diversas obras civis, através de barreiras acústicas, silenciador etc.

Portanto observa-se que o conforto acústico, como um ramo dentro da construção civil, tem bastante relevância em diversas vertentes da sociedade. E pode, com o contínuo desenvolvimento dos centros urbanos, se tornar ainda mais abrangente.

2.2.2.1 Ruído Ambiental

O ruído ambiental tem um grande impacto no espaço que cerca a fonte de ruído. Como já foi ressaltado em tópicos anteriores, grandes centros urbanos têm altos índices de ruído, portanto os problemas advindos da falta de controle acústico devido a deficiência dos métodos e aplicações para a atenuação do som ao ar livre, pode prejudicar os receptores em edifícios vizinhos as fontes.

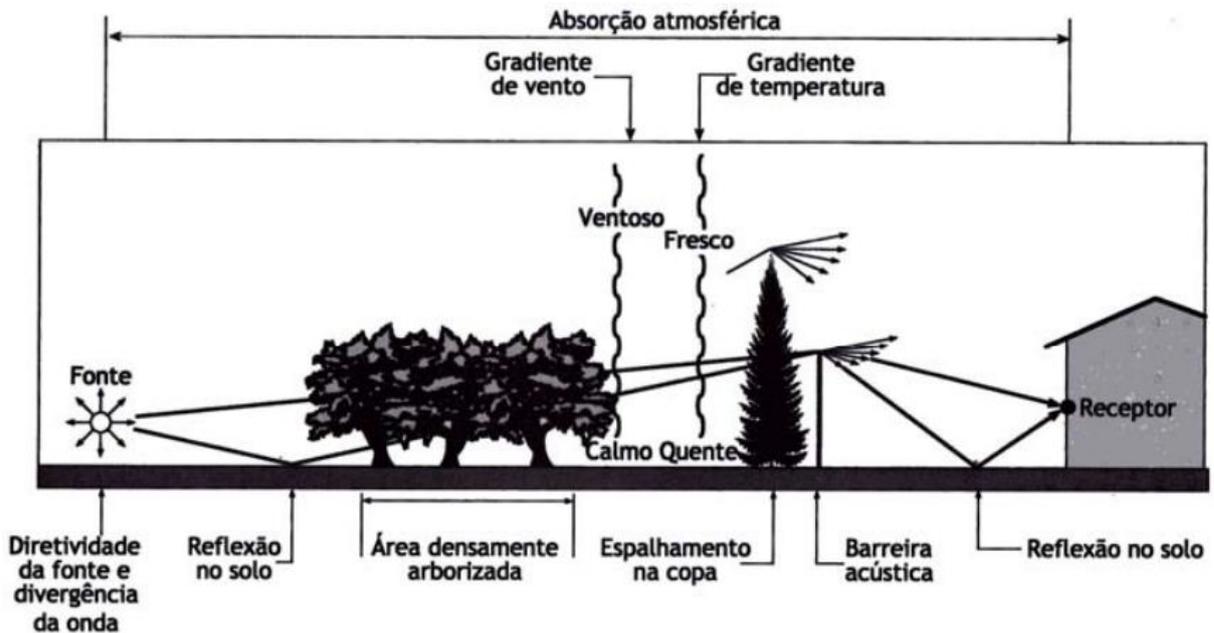
A atmosfera está em constante mudança devido ao vento e ao sol em amplitudes que são muito grandes em comparação com as amplitudes de velocidade das partículas sonoras. Essa mudança e movimento resulta em considerável distorção nas ondas sonoras e considerável variabilidade nas condições de propagação (ANDERSON & KURZE, 1992, p. 117, tradução nossa).

Bistafa (2006, p. 201) afirma que num espaço aberto, o nível sonoro se reduz à medida que se aproxima do receptor e se distancia da fonte. Quanto maior a distância entre ambos, menor será o nível sonoro a ser recebido, pois a atmosfera atenua o som ao longo da sua trajetória.

Porém, essa divergência geométrica é mais importante quando tenta-se medir a atenuação quando a fonte está relativamente próxima ao receptor, enquanto as condições meteorológicas são mais importantes em atenuações que ocorrem em distâncias muito grandes (ANDERSON & KURZE, 1992, p. 120, tradução nossa).

Como pode ser observado na Fig. 5, existem diversos fatores que podem ser atribuídos a atenuação e também, em alguns casos, amplificação do som em ambientes abertos. Áreas onde encontram-se barreiras naturais ou mesmo artificiais provocam uma atenuação adicional no som. Nas árvores, o espalhamento do som em suas copas pode provocar uma redução na eficiência das barreiras. E fatores como o vento e temperatura também podem mudar a trajetória das ondas sonoras, gerando sombras acústicas modificando a eficiência das barreiras (BISTAFA, 2006, p. 201).

Figura 5: Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar-livre



Fonte: ANDERSON; KURZE, 1992 *apud* BISTAFA, 2006, p. 201

2.2.2.2 Controle de Ruído ao Ar-Livre

Como já foi citado anteriormente, o som propagado ao ar livre pode sofrer mudanças devido a fatores como barreiras, distância entre fonte e receptor, absorção atmosférica, vento e temperatura (GERGES, 1992, p. 223). Existem diversas formas de atenuação sonora em ambientes abertos. Tanto fatores naturais quanto artificiais podem provocar atenuação sonora.

De acordo com Gerges (1992, p. 282) existe eficiência na obtenção de conforto acústico através do controle de ruídos utilizando-se de barreiras tanto em ambientes internos quanto para ambientes externos.

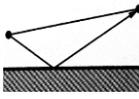
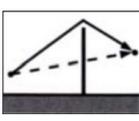
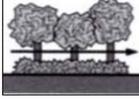
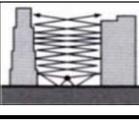
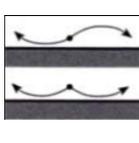
Porém, a finalidade na obtenção do controle de ruídos é fixada não na sua completa eliminação, mas na obtenção de um nível aceitável para o ambiente em questão, consistente com os aspectos econômicos, operacionais, legais, médicos, psicológicos e culturais (BISTAFA, 2011, p. 315).

Para combater o ruído ambiental em áreas urbanas algumas medidas podem ser tomadas. Barreiras naturais, como árvores, são sempre bem-vindas pois além do conforto acústico, trazem conforto térmico. Contudo, barreiras artificiais são comuns para atenuação de

ruídos nos grandes centros e oferecer conforto aos arredores, como pode ser observado na Fig. 6.

As barreiras acústicas são bastante utilizadas no Japão, nos Estados Unidos e em países da Europa. A sua utilização no Brasil tem crescido conforme surge uma maior preocupação com o conforto acústico ambiental. Nesses dispositivos, a propagação sonora é interrompida, reduzindo os níveis de pressão sonora entre a fonte e o receptor. Parte da energia sonora é absorvida pelo material ou transmitida através da barreira, enquanto outra parte, é refletida ou espalhada na direção da fonte. Em alguns projetos, as ondas podem ser difratadas pelo topo da barreira (COSTA, 2013, p. 3).

Quadro 2: Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar-livre

Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar-livre				
Mecanismo	Descrição Sucinta	Atenuação Aproximada de 5 dB		
		Condições	À distância de	
	Absorção sonora do ar atmosférico.	A 10°C e 70% de umidade relativa.	800 m	A-ponderado
			1500 m em 500 Hz 250 m em 4000 Hz	Oitava
	Interferência (quase sempre destrutiva) entre o som direto e o refletido sobre solo acusticamente "macio".	Para alturas da fonte e do receptor da ordem de 1.2 m.	85 m	A-ponderado
			10 m em 250 e 500 Hz 50 m em 125 e 1000 Hz Não há em 63 e 2000 Hz	Oitava
	Atenuação provocada por uma barreira acústica entre a fonte e receptor, combinada com uma atenuação adicional de solo acusticamente "macio".	Quando o receptor encontra-se na sombra acústica gerada pela barreira, em temperaturas normais e sem vento.	Todas	–
	Atenuação provocada por edificações entre a fonte e o receptor.	Com uma fileira de edificações com aproximadamente 25% de abertura.	Todas	–
	Absorção provocada por vegetação densa entre a fonte e o receptor.	Áreas com muitas árvores e vegetação densa no solo.	30 m	A-ponderado
			100 m em 500 Hz 50 m em 4000 Hz	Oitava
	Amplificação sonora devida a múltiplas reflexões em desfiladeiros urbanos.	Com edificações de no mínimo 10 m de altura em ambos os lados da rua.	–	–
	Alteração da atenuação do solo e/ou da barreira, ou criação de sombras acústicas causadas por gradientes verticais de temperatura e de ventos.	Em dias ensolarados, para alturas da fonte e do receptor.	150 m	A-ponderado
			150 m em 500 Hz 50 m em 4000 Hz	Oitava

Fonte: ANDERSON; KURZE, 1992 *apud* BISTAFA, 2006, p. 206

No quadro 2 foram resumidos e apresentados alguns dos principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre, indicando as condições onde os mesmos são mais significativos. O quadro não inclui efeitos das turbulências atmosféricas, neblinas ou precipitações.

Figura 6: Barreiras de Isolamento acústico



Fonte: SHIN KWANG ECO ROAD E&C CO., LTD.

2.2.2.3 Ruído em Recintos

É evidente que problemas acústicos podem comprometer as funções de um ambiente e impossibilita-lo de atender as expectativas sobre as quais o mesmo foi construído. Por essa razão, Gerges (1992, p. 249) afirma que os ambientes internos, como igrejas, salas de aula, auditórios, oficinas e fábricas, precisam atender condições acústicas dependendo de suas finalidades.

De acordo com Bies e Hansen (2003, tradução nossa) o som em um espaço fechado é fortemente afetado pelas propriedades reflexivas das superfícies envolventes, portanto a forma geográfica da sala também afeta o campo sonoro.

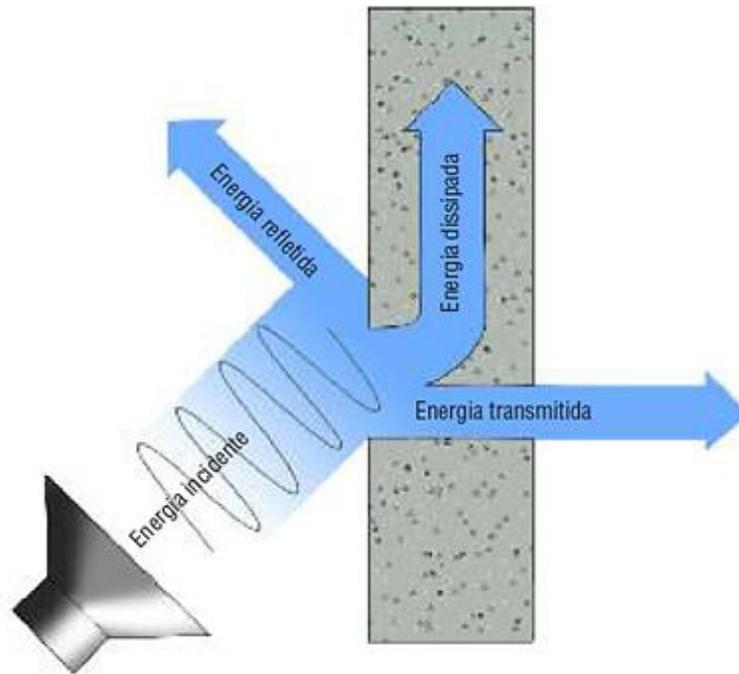
Bistafa (2006, p. 242) lembra que quando uma superfície é atingida por um som, uma parte da energia sonora é refletida de volta, outra parte atravessa o obstáculo e continua sua trajetória, e uma terceira energia é absorvida pelo objeto em questão. Elas podem ser chamadas respectivamente de Energia Refletida, Energia Transmitida e Energia Dissipada, vide Fig. 7.

Um fator correspondente aos conceitos citados se trata do tempo de reverberação, associado ao decaimento sonoro de um recinto. Gerges (1992, p. 253) menciona que o tempo

de reverberação foi definido por Sabine “[...] como o tempo correspondente ao caimento do nível de intensidade de 60dB” após a fonte sonora cessar.

Portanto uma sala com bastante absorção sonora tem um tempo de reverberação reduzido e outra onde há pouca absorção sonora a reverberação se torna mais longa. (BISTAFA, 2006, p. 260).

Figura 7: Fenômenos Acústicos



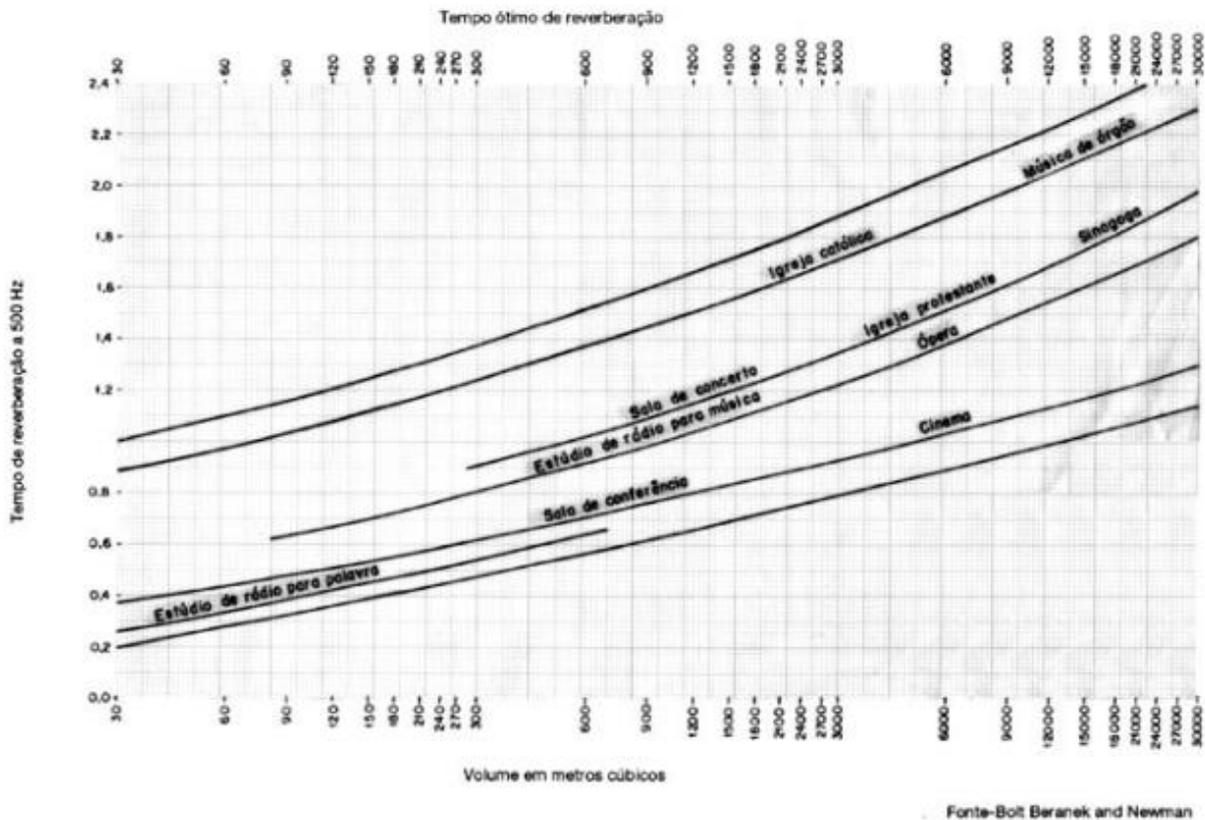
Fonte: Portal Acústica, 2016.

Segundo Gerges, (1992, p. 256) a escolha do tempo ótimo de reverberação para um determinado recinto é fundamental e é dependente da sua finalidade. É também ressaltado que “[...] os fatores que determinam o tempo de reverberação são volume, forma da sala e tipo e distribuição dos materiais de absorção”.

Bistafa (2006, p. 260) lembra ainda que em salas projetadas para conferências, peças teatrais, aulas e demais recintos onde serão necessários a comunicação utilizando-se da palavra falada, deve-se ter uma absorção maior do som para evitar que o ambiente tenha reverberação muito grande, prejudicando assim o entendimento do ouvinte. Portanto salas de concerto com músicas orquestrais existe a necessidade em obter um tempo de reverberação relativamente maior.

A Fig. 8, apresenta os tempos de reverberação para determinados recintos de acordo com a sua utilização.

Figura 8: Tempo de reverberação recomendados para ambientes fechados destinados a diversos usos



Fonte: ABNT NBR 12179 Tratamento Acústico em Recintos Fechados - Procedimento, 1992.

2.2.2.4 Controle de Ruído em Recintos

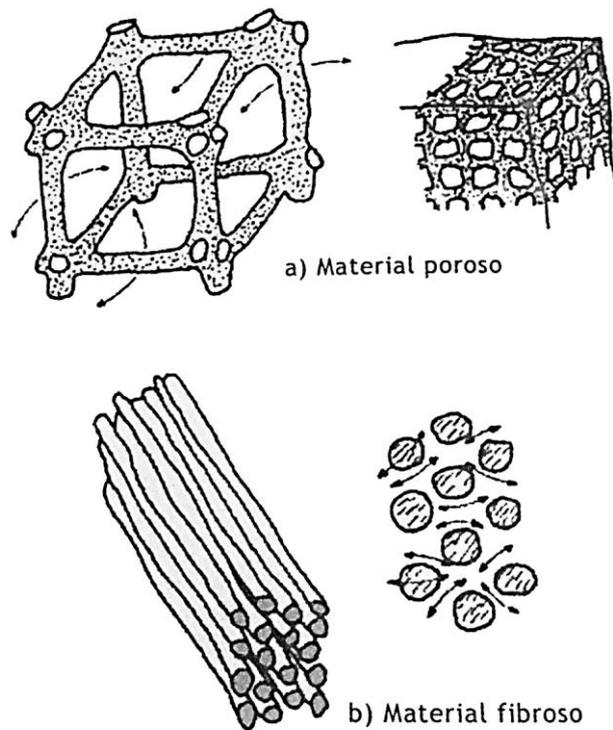
Possíveis estratégias de controle de ruído são sempre mais comuns para novas instalações do que para instalações existentes. Consequentemente, é sempre mais econômico e eficaz implementar o controle de ruído no estágio de projeto do que esperar por reclamações sobre instalação ou produto após o término (BIES & HANSEN, 2003, p. 03, tradução nossa).

O controle de ruído num ambiente é abordado como uma forma de tratamento acústico, que visa atender condições aceitáveis de audição às pessoas que o frequentam, levando em consideração a finalidade de cada recinto. De acordo com Bistafa (2011, p. 243), em recintos fechados, como em salas de aula, é mais comum a propagação das ondas sonoras sofrerem interferências de outras ondas devido a reflexão com os diversos obstáculos presentes no ambiente, principalmente paredes, teto e piso.

De acordo com a NBR 12179 (ABNT, 1992), o tratamento acústico de determinado ambiente fechado compreende determinações para condicionamento acústico, através do estudo geométrico do recinto e cálculo de reverberação, e também o isolamento acústico, através de materiais que atendam a impermeabilidade acústica necessária.

Os usos de materiais de absorção sonora são indispensáveis no controle de ruído em recintos. Dentre eles pode-se destacar os materiais fibrosos (como lãs de vidro) e porosos (como espumas de poliuretano) devido as suas propriedades de absorção, vide Fig. 9 (GERGES, 1992, p. 300).

Figura 9: Estrutura de materiais porosos e fibrosos



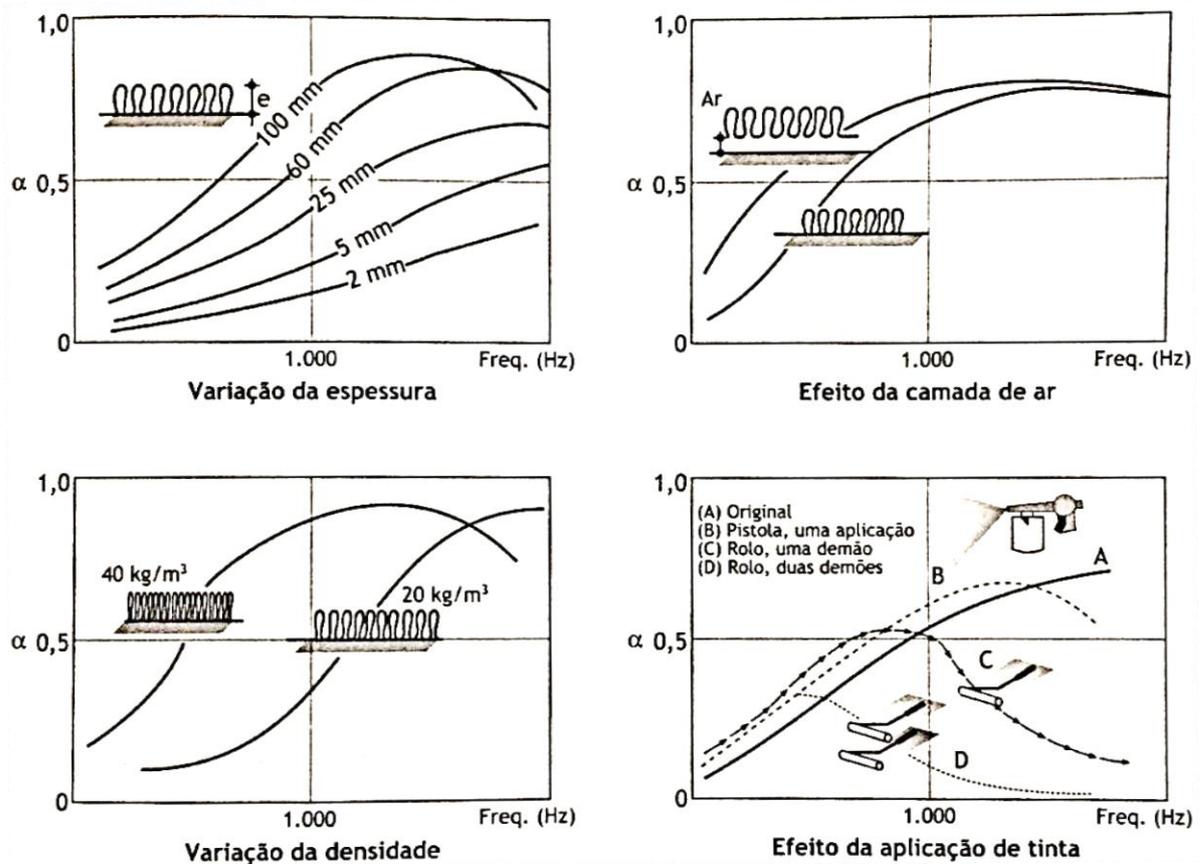
Fonte: GERGES, 1992, p. 301

De acordo com Bistafa (2011, p. 244), materiais fibrosos e porosos tem a capacidade de absorção de ruídos devido a dissipação de energia sonora por atrito que ocorre através da circulação de partículas de ar no seu interior.

Gerges (1992, p. 303-304) considera materiais de boa absorção acústica aqueles que tem uma porosidade variando entre 85 a 95%, obtidas através da relação entre volume dos poros e volume total de determinada amostra.

Portanto observa-se que a absorção sonora de um material depende do seu coeficiente de absorção sonora, variando entre zero e um ($0 \leq \alpha \leq 1$) definido pela razão entre a energia acústica absorvida e a energia acústica incidente. Observa-se que a frequência, a densidade, o ângulo de inclinação da onda sonora, o tipo de campo sonoro e a espessura e estrutura interna do material, são fatores influenciadores na obtenção desse coeficiente (GERGES, 1992, p. 300).

Figura 10: Fatores que influenciam a absorção sonora de materiais porosos/fibrosos



Fonte: GONZALEZ, 1980 *apud* BISTAFSA, 2006, p. 244

Observa-se na Fig. 10, que para frequências mais baixas a absorção dos materiais diminui, porém, entende-se também que essa perda na absorção pode ser relativamente compensada com materiais mais espessos e densos para as mesmas frequências.

Entretanto, aumentar a espessura de determinado material pode ser uma medida cara, portanto uma alternativa para o aumento da absorção seria instalar o material absorvente a

uma certa distância da superfície. Já que conforme pode ser visualizado na tabela, o efeito da camada de ar também é um fator atenuante.

De acordo com Gerges (1992, p. 305-315), existem alguns métodos para encontrar o valor correspondente ao coeficiente de absorção sonora de cada material, como por exemplo o método de Determinação da Absorção Sonora de Materiais com Sistema Computadorizado, padronizado pela norma ASME Committee E-33.01 A, e também o método da Medição do Coeficiente de Absorção em Câmaras Reverberantes com seus procedimentos normalizados pelas normas ASTM-C423 ou ISO/R 354.

Bistafa (2011, p. 249), considera que a capacidade de absorção sonora dos materiais não depende somente do coeficiente de absorção sonora. Para Gerges (1992, p. 303), a escolha do material depende também do custo, peso e volume do material em relação ao espaço disponível para a instalação, características a alta temperatura, fixação e manutenção, rigidez mecânica e também fatores estéticos.

Algumas normas como a NBR 12179 trazem no corpo do texto diversos valores de coeficiente de absorção sonora tabelados, promovendo uma maior facilidade ao conceber projetos relacionados a acústica arquitetônica e controle de ruídos.

3 RESULTADOS E DISCUÇÕES

3.1 ARTIGOS ANALISADOS

Foi obtido de retorno do *Web Of Science* 188 artigos a partir da pesquisa realizada com os termos “*acoustic*” and “*comfort*” and “*building*”. Após a leitura dos resumos, 42 artigos foram excluídos por não estarem relacionados com o tema proposto desse trabalho. Portanto, 146 publicações permaneceram para análise, sendo os mesmos classificados pelo assunto abordado: Desempenho Acústico, Métodos, IEQ e Materiais. Como pode ser observado no Gráfico 1.

A análise mostrou que 43% (63 artigos) se classificam como IEQ *Indoor Environment Quality*. O termo foi encontrado em diversos artigos, onde se observou uma tendência de pesquisa voltada para o desempenho quanto ao conforto dos usuários dentro de um determinado ambiente.

O termo IEQ pode ser traduzido para o português como “Qualidade do Ambiente Interno”. De acordo com PINHEIRO (2018) esse conceito não considera somente o ruído como um fator de análise de qualidade interna, mas também outros fatores muito importantes para o conforto no edifício, como a iluminação, vibração, ergonomia, espaço disponível, segurança, privacidade e aspectos psicossociais (fatores estressores), aspectos estes que afetam diretamente o usuário daquele ambiente.

Portanto, todos os artigos que desenvolveram uma análise de desempenho, considerando os fatores citados anteriormente relevantes ao conforto interno dos usuários, foram incluídos na categoria IEQ.

A categoria “Desempenho Acústico” inclui 17% (25 artigos) do total de artigos analisados. Essa categoria compreende artigos que desenvolveram exclusivamente avaliações de desempenho no ramo acústico, desconsiderando outras análises pertinentes ao conforto interno em edificações.

Os artigos que desenvolveram somente análises de desempenho acústico (Desempenho Acústico), foram separados dos artigos que desenvolveram análises acústicas mais qualquer outra análise relevante ao conforto interno (IEQ). Essa decisão foi baseada no tema desse trabalho, que trata do conforto acústico em edificações. Portanto é de extrema relevância investigar quantitativamente os trabalhos científicos que desenvolveram conteúdo somente na área acústica.

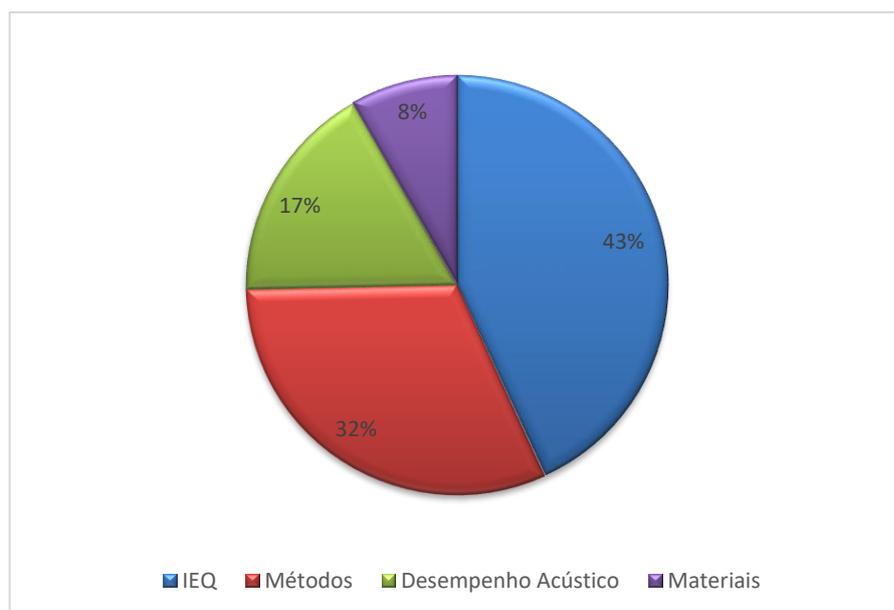
Os artigos incluídos na categoria “Métodos” compõem 32% (46 artigos) do total de artigos analisados. Essa categoria integra artigos que discorrem sobre métodos relacionados ao conforto acústico em edificações.

Dentro dessa categoria, 20 artigos apresentam ou discutem métodos de avaliação do desempenho do ambiente incluídos nos parâmetros IEQ. Ou seja, que não abordam somente métodos acústicos, mas métodos que compreendem mais de um fator para o conforto interno, como a temperatura por exemplo. Os outros 26 artigos dentro da categoria “Métodos” abordam metodologias que contribuam somente com o conforto acústico em ambientes.

A categoria “Materiais” é a classe que menos compreende artigos científicos. Com somente 8% (12 artigos) do total de artigos analisados. Cada artigo dessa categoria estudou um material ou sistema de materiais diferentes entre si. E todos os artigos dessa categoria, com exceção de 1, foram financiados.

Do total de artigos inclusos na categoria “Materiais”, 5 deles discorrem sobre materiais recicláveis, como o artigo “*Experimental adsand environmental analysis of new sound-absorbing and insulating elements in recycled cardboard*”, que analisa novos elementos absorvedores e isolantes acústicos de papelão reciclado. Os outros 7 artigos discorrem sobre materiais alternativos, exemplificado pelo artigo “*Straw bale constructions: Laboratory, in field and numerical assessment of energy and environmental performance*”, que verifica o desempenho de parede de fardos de palha em construções.

Gráfico 2: Classificação dos Artigos Analisados



Fonte: Autores, 2018

3.2 TENDÊNCIA TEMPORAL

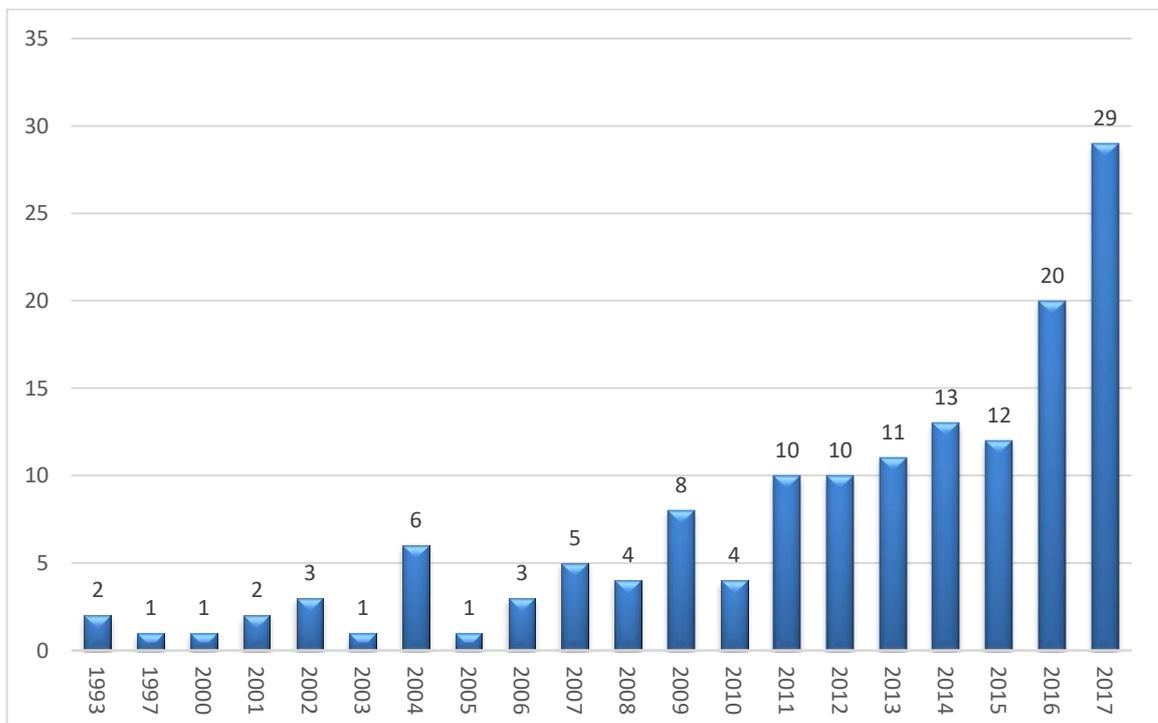
Pela análise de tendência temporal pode-se observar o crescimento na quantidade de artigos publicados com o tema relacionado ao conforto acústico em edifícios. Apesar da análise cienciométrica proposta por esse trabalho começar a avaliação a partir do ano de 1991, somente em 1993 foi publicado o primeiro artigo dentro desse período analisado.

No Gráfico 3 observa-se que em 2011 a quantidade de artigos publicados por ano foi, finalmente, igual ou superior à 10 artigos. Fato que se repetiu em todos os anos subsequentes, onde o número de artigos não apresentou novamente uma quantidade inferior a 10 publicações por ano.

É importante ressaltar também que não houve publicações com investimentos antes do ano de 2009, fato que pode ser justificado pela pequena relevância que o estudo do conforto acústico, se comparado a outras questões pertinentes de conforto em edificações, tinham até então.

Nos anos de 2016 e 2017, o crescimento de publicações foi definitivamente maior se comparado aos anos anteriores. Foram publicados mais artigos nesses dois anos que no somatório de todos os anos entre 1993 e 2010.

Gráfico 3: Tendência Temporal



Fonte: Autores, 2018

Através de uma análise de tendência temporal, é possível prever como se comportarão as publicações nos anos seguintes, de 2018 a 2025. Para Reis (2018) a finalidade da análise de séries temporais é “identificar padrões não aleatórios na série temporal de uma variável de interesse, e a observação deste comportamento passado pode permitir fazer previsões sobre o futuro, orientando a tomada de decisões”.

No Gráfico 4 pode-se observar a série temporal formada a partir dos dados apresentados no Gráfico 3. Essa tendência temporal foi realizada com a utilização do software Excel.

Uma análise de tendência pode ser linear ou não linear utilizando o parâmetro R^2 . De acordo com Lima Filho (2013) o coeficiente de determinação (R^2) é uma medida descritiva da dimensão de variação de Y sendo está explicada pela variação em X, segundo o modelo de regressão especificado, e quanto mais próximo de 1 for esse coeficiente, melhor será o grau de explicação dessas variações de Y em relação a X.

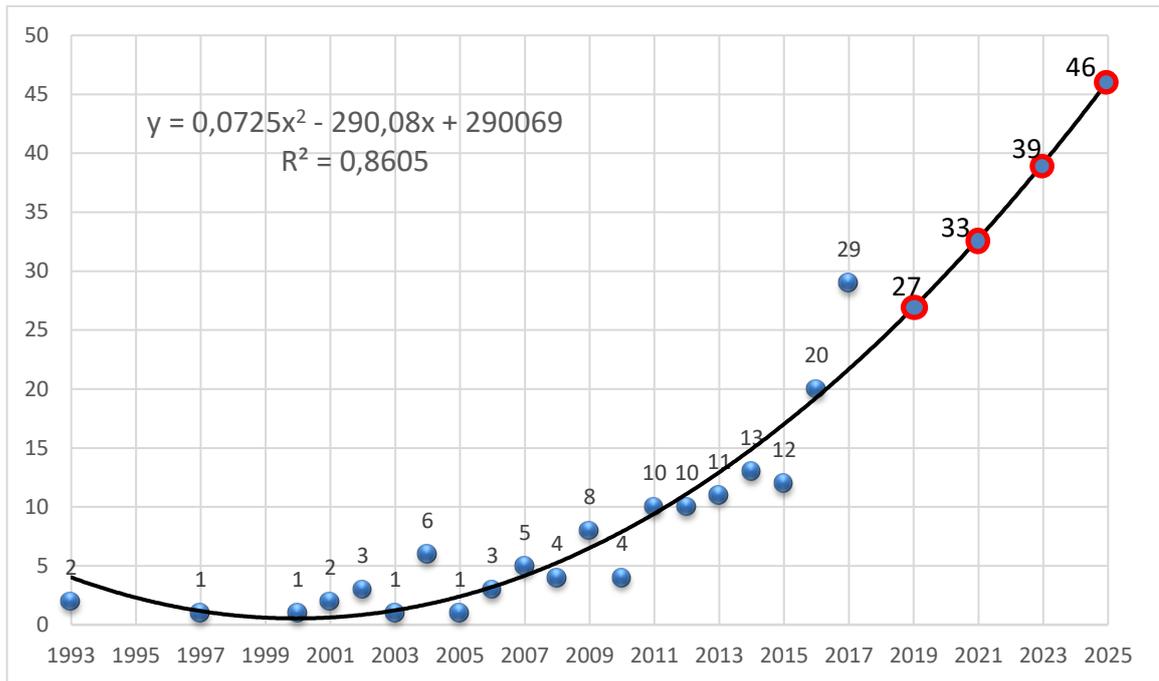
Existem 6 tipos diferentes de opções de linha de tendência: exponencial, linear, logarítmico, polinomial, potência e média móvel. Estipulou-se para essa série temporal a linha de tendência polinomial de ordem 2.

De acordo com Facure (2017), a regressão polinomial é feita a partir de uma regressão linear, onde a mesma aproxima a função com um polinômio estendendo a regressão linear para uma regressão polinomial.

A regressão polinomial, retornou a fórmula da curva de tendência e o valor do fator R^2 , sendo ele de 0,86, ou seja, 86% das variáveis dependem dos elementos analisados. Além disso, o valor ficou próximo a 1. Quando mais próximo de 1 é o valor do coeficiente, melhor é o resultado, como citado anteriormente.

De acordo com a tendência, em 2025 serão publicados cerca de 46 artigos, representando um aumento de 58,6% em relação a 2017, concluindo que existe um aumento positivo da quantidade de publicações relacionadas com o conforto acústico em edificações.

Gráfico 4: Tendência Temporal até o Ano de 2025



Fonte: Autores, 2018

3.3 PAÍSES QUE MAIS PUBLICARAM

A análise cienciométrica voltada ao quantitativo de publicações científicas por países é de grande importância ao se avaliar um tema científico no mundo, haja vista que, com essa análise, é possível entender melhor os resultados e as tendências mundiais em relação a determinado assunto.

Como pode ser observado no Gráfico 5, a Itália é o país que mais publicou artigos relacionados ao conforto acústico em edifícios. A China e o Brasil, também estão em boas colocações, com ambos 14 artigos publicados. Outros países como os EUA, Inglaterra, Canadá e Dinamarca também se destacaram nesse quantitativo.

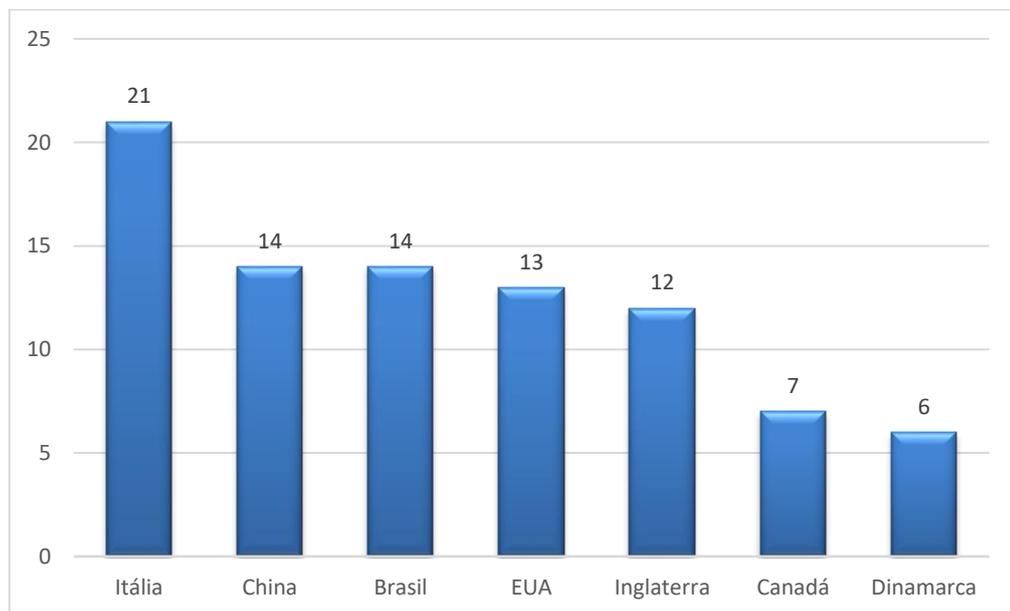
Os 7 países que mais publicaram artigos sobre conforto acústico em edificações, estão distribuídos em 3 continentes: Europa, Ásia e América, sendo que mais da metade dos artigos analisados são europeus. Foram publicados artigos sobre o tema em todos os continentes do mundo, porém algumas regiões não obtiveram números tão expressivos de pesquisas em comparação com os países citados anteriormente.

O primeiro artigo italiano sobre conforto acústico em edificações ocorreu em 2007, com o artigo *“Feasibility analysis of an active technology to improve acoustic comfort in*

buildings”, onde o mesmo se trata de um estudo de viabilidade sobre a implementação de um sistema de controle estrutural ativo para fachadas envidraçadas, a fim de melhorar parâmetros que evitem ou diminuam a transmissão sonora de ruídos em baixas frequências advindas do ambiente externo dos edifícios.

Depois do ano de 2007, a Itália voltou a publicar artigos sobre conforto acústico em edifícios, porém somente em 2012 houve de fato um crescimento no número de publicações no país, devido ao crescente aumento na preocupação com o conforto acústico da população.

Gráfico 5: Países que Mais Publicaram



Fonte: Autores, 2018

Ao analisar o PIB (Produto Interno Bruto) do ano de 2016 disponibilizado pela FUNAG, observa-se que das 7 nações que foram apresentadas no Gráfico 5, 6 delas estão no ranking dos 10 maiores PIBs do planeta. A única exceção é a Dinamarca, porém o país se destaca como um dos maiores PIBs per capita do mundo. Portanto, observa-se que países com grande economia, tendem a publicar mais artigos sobre conforto acústico em edificações.

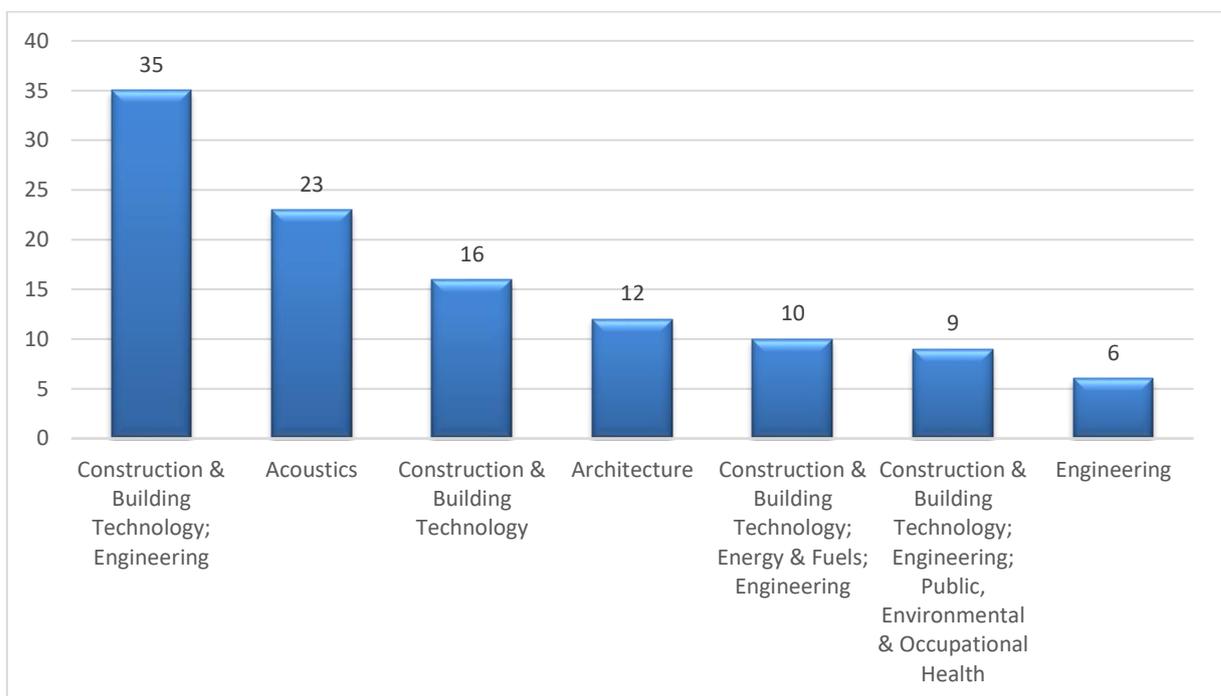
3.4 ÁREAS DA CIÊNCIA

As áreas da ciência nas quais os artigos se baseiam também são de grande importância e devem ser levadas em consideração nessa análise cienciométrica, haja vista que

a partir dessa análise é possível conhecer a área da ciência dos artigos, além de saber qual é a área da ciência mais relevante dentro de determinado tema.

No gráfico 6 é possível observar que a área que mais se destaca dentre os artigos publicados e analisados é *Construction & Building Technology; Engineering*, onde 34 artigos foram publicados. Seguido pela área *Acoustics*, com 23 artigos publicados. A área da ciência que teve o terceiro maior número de artigos publicados foi *Construction & Building Technology*, com 16 artigos.

Gráfico 6: Áreas da Ciência



Fonte: Autores, 2018

3.5 TIPO DE EDIFÍCIOS MAIS PESQUISADOS

A fim de obter uma análise mais coerente sobre a ciência a nível mundial no âmbito do conforto acústico em edifícios, foi realizada uma investigação para apontar quais foram os tipos de edifícios mais estudados através dos artigos publicados entre 1991 a 2017.

Foram obtidas 8 categorias de artigos divididos em relação ao tipo de edifícios estudados. As categorias são: Escolar, Residencial, Comercial, Histórico, Industrial, Aeroporto, Hospitalar e Sem categoria.

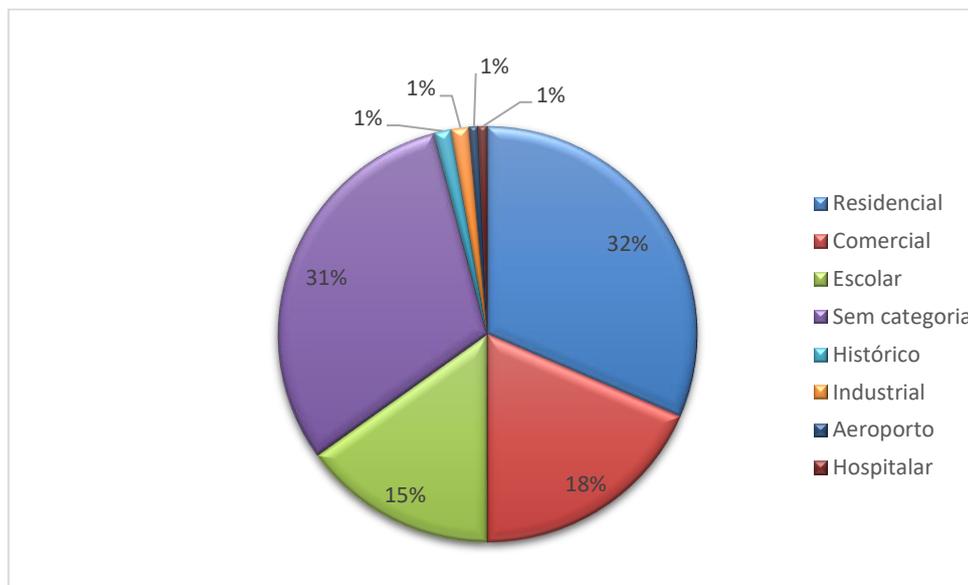
Verificando o Gráfico 7, é possível perceber que a categoria “Residencial” foi a classe onde se obteve o maior número de artigos publicados, correspondendo a 32% do total. Os artigos “Sem categoria” correspondem a 31% do total de artigos analisados. As categorias “Comercial” e “Escolar” também alcançaram alta relevância, com 18% e 15% do total de artigos publicados respectivamente.

As categorias “Histórico”, “Industrial”, “Aeroporto”, “Hospitalar” obtiveram baixo número de publicações, somente 4% dos artigos publicados estão inclusos dentro dessas categorias.

Os artigos onde não indicaram o tipo de edifício foco da pesquisa, foram selecionados e inseridos na categoria “Sem categoria”. A categoria inclui diversos artigos que investigaram, por exemplo, materiais ou métodos onde não houve necessidade de indicar o tipo de edifício alvo da pesquisa.

Grande parte dos artigos que indicaram os tipos de edifícios alvo da pesquisa desenvolveram análises de desempenho. Já foi mencionado em tópicos anteriores que a maior parte dos artigos publicados sobre o conforto acústico em edificações são análises de desempenho de determinado ambiente, inclusos dentro das categorias “IEQ” ou “Desempenho Acústico”.

Gráfico 7: Tipos de Edifícios Mais Pesquisados



Fonte: Autores, 2018

3.6 ARTIGOS MAIS CITADOS

Dos artigos analisados sobre o conforto acústico em edifícios, alguns se destacaram pela quantidade de citações por outros autores. No que tange a temática desses artigos mais citados, 3 levantaram uma avaliação de ambiente interno (IEQ) e 1 tratou sobre desempenho acústico.

O artigo que mais se destacou obteve 102 citações: “*A comparison of occupant comfort and satisfaction between a green building and a conventional building*”. Esse artigo faz uma avaliação de desempenho (IEQ) entre 1 edifício verde e 2 edifícios convencionais, demonstrando que a preocupação com a sustentabilidade é uma realidade atual. Os autores constataram que fatores como: estética, serenidade, iluminação, ventilação, acústica, temperatura ou umidade, quase não tiveram diferença entre os edifícios verdes e convencionais, mostrando que os benefícios alcançados com a sustentabilidade não trazem desvantagens para o conforto humano.

Em seguida com 90 citações, o artigo “*Listening to the occupants: a Web-based indoor environmental quality survey*” é bastante similar ao artigo anterior. O mesmo propôs questionários online para empresas de construções, onde os usuários dos edifícios construídos por essas empresas foram entrevistados. O resultado foi uma análise de desempenho IEQ. A análise proporcionou a essas empresas e demais interessados a oportunidade de ampliar seus conhecimentos sobre suas instalações além de abrir espaço para questões sustentabilidade, saúde dos ocupantes e conforto dos ambientes. Esse artigo foi uma das primeiras em análises de desempenho IEQ.

Com 84 citações, o artigo “*Towards standardization in soundscape preference assessment*” se destaca por fazer uma série de observações e, por vezes, sugestões, sobre questões pertinentes à eventual definição da paisagem sonora “*Soundscape*”. O artigo contribui como um texto base àqueles que desejam estudar o tema.

Para Brown, Kang e Gjestland (2011, p. 391, tradução nossa) a “Paisagem Sonora” (termo na língua portuguesa) existe através da percepção humana da acústica ambiental, mas a utilização do termo é apropriada para representar tanto "a acústica ambiental percebida por humanos", bem como "a coleção total de sons" de um local. O último uso deve ser restrito à identificação ou medição desses sons pelo ouvido, para evitar a desvalorização e uso indevido do termo.

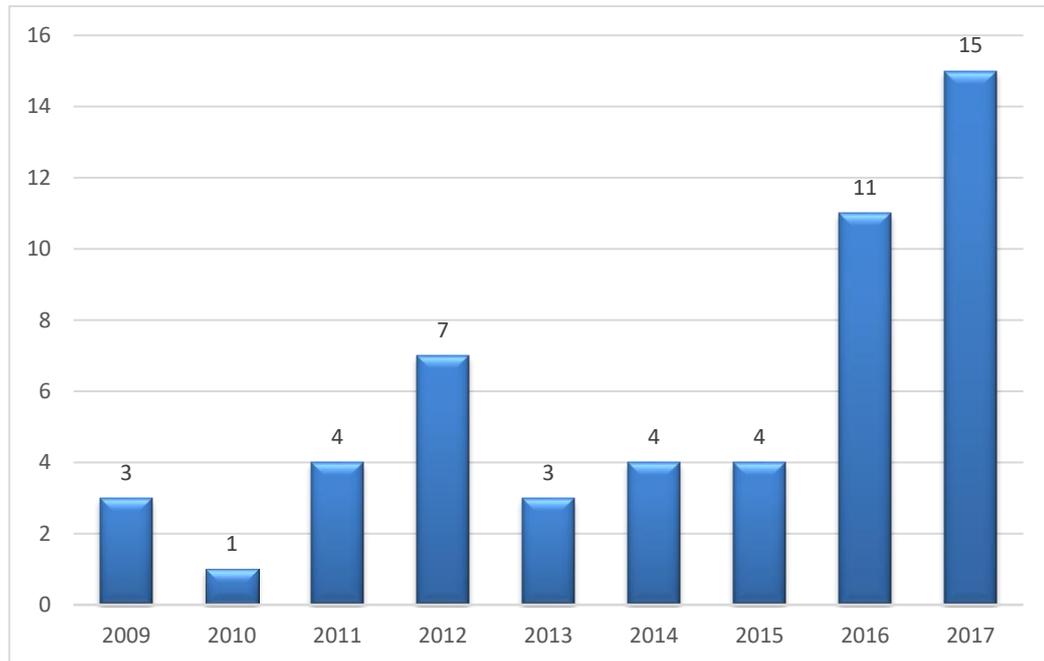
O artigo “*The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work*” também se destacou com 83 citações. Foi desenvolvido um experimento num ambiente de escritório, onde os participantes dos estudos foram expostos a três diferentes condições térmicas e duas diferentes condições acústicas. Constatou-se uma diminuição considerável na produtividade quando os participantes foram expostos a altas temperaturas ou a elevados níveis sonoros.

O índice de artigos mais citados mostra que artigos com pesquisas sobre desempenho IEQ e o desempenho acústico em edifícios são bastante importantes. Ou seja, o embasamento teórico de estudos relacionados ao conforto acústico em edifícios é fundamentado em estudos que avaliam o desempenho do ambiente. Por outro lado, também percebe-se que a artigos que desenvolveram materiais ou métodos inovadores não foram tão citados em outros trabalhos.

3.7 ARTIGOS FINANCIADOS

Do total de 146 artigos analisados, somente 52 artigos foram financiados. Como citado anteriormente, nenhum artigo foi financiado antes de 2009. Sendo assim, 64% dos artigos publicados não tiveram nenhum tipo de financiamento.

Como pode ser observado no Gráfico 8, o ano com maior número de artigos financiados foi o ano de 2017, com 15 artigos financiados, seguido pelo ano de 2016, com 11 artigos financiados e o ano de 2012, com 7 artigos financiados. O ano com menor número de artigos financiados foi o ano de 2010, onde somente 1 artigo foi financiado.

Gráfico 8: Quantidade de Artigos Financiados por Ano

Fonte: Autores, 2018

Os artigos italianos e chineses foram os artigos que mais receberam financiamentos, com o total de 10 artigos financiados cada país. O Brasil e Inglaterra, assumiram a 3ª e 4ª posição no ranking de países que mais obtiveram artigos financiados, com 5 artigos cada país.

Por outro lado, o país com maior número de investimentos recebidos no mundo, para a área de conforto acústico em edifícios, foi o Brasil. Os artigos brasileiros receberam 25 financiamentos em somente 5 artigos, como pode ser observado no Gráfico 9.

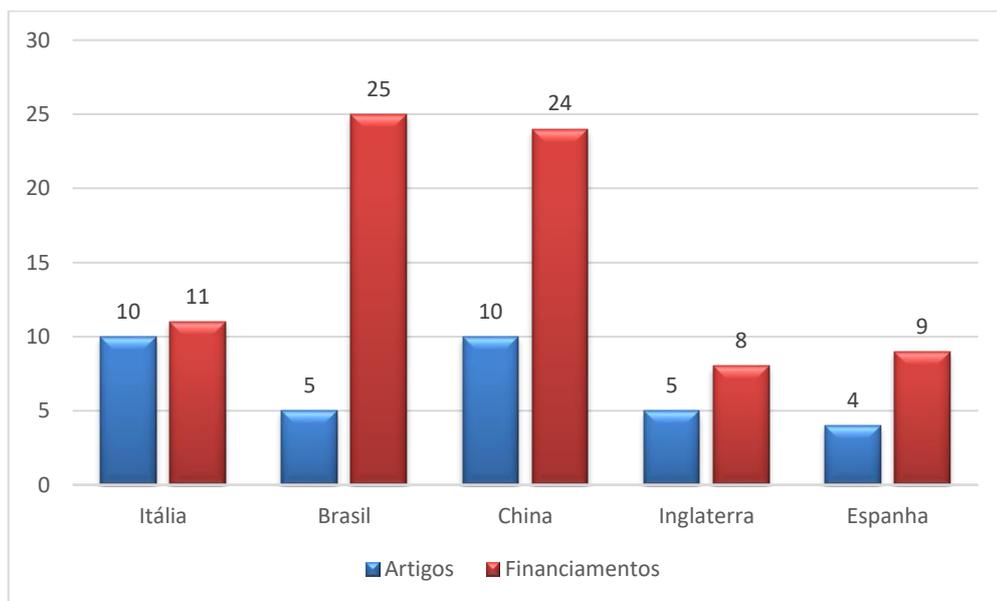
O artigo "*Effects of office environment on employee satisfaction: a new analysis*" tem grande influência nesse parâmetro. Com 16 investidores, o artigo tem o maior número de financiadores do mundo, e eleva sozinho 212% do número de investidores em artigos brasileiros. Tal artigo trata de dois estudos de campo sobre o efeito dos parâmetros do ambiente de escritório nos aspectos ambientais e de satisfação no trabalho.

O primeiro estudo, conduzido de 1999 a 2003, se concentrou em escritórios de plano aberto em nove edifícios convencionais. O segundo estudo, conduzido de 2008 a 2012, abrangeu escritórios de plano aberto e privados em 24 edifícios (12 edifícios verdes ou "*green buildings*" e 12 edifícios convencionais). No artigo foi possível comparar os resultados dos estudos no nível da estação de trabalho, com o objetivo de identificar parâmetros que afetam a satisfação dos ocupantes e explorar os efeitos do tipo escritório (plano aberto versus privado) e tipo de construção (verde versus convencional). Como um artigo de análise de desempenho,

esse trabalho analisou diversos fatores pertinentes ao conforto dos usuários. Com destaque a fatores acústicos, que segundo os autores Leder, Newsham, Veitch, Mancini, Charles (2015), a satisfação dos usuários foi fortemente afetada pelo tamanho da estação de trabalho e tipo de escritório.

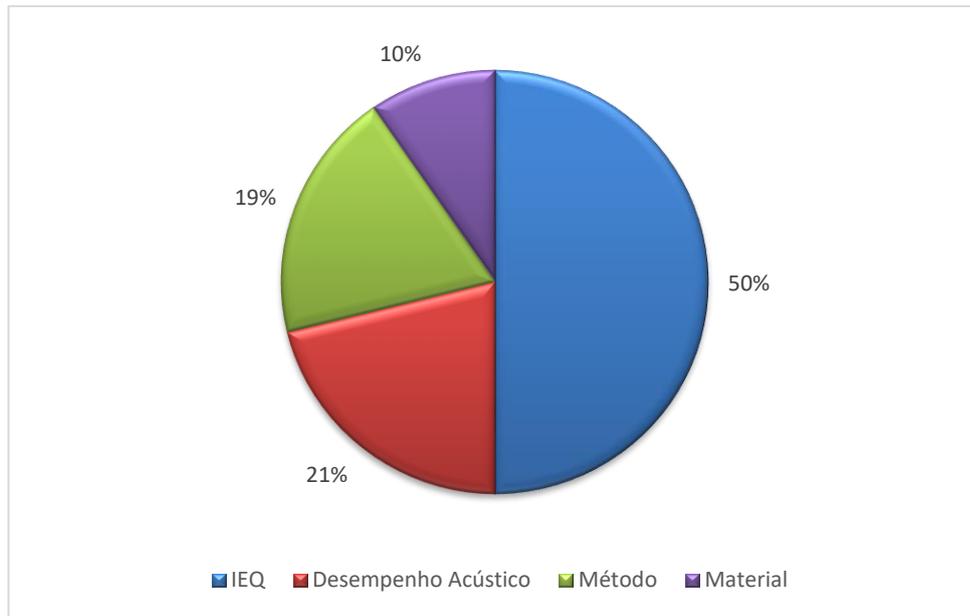
A China também se destaca, o país tem 24 financiamentos em 10 artigos, mostrando uma tendência de financiamento para pesquisas voltadas para análises de desempenho IEQ, como é o caso do artigo *“The impact of indoor environmental quality on work productivity in university open-plan research offices”*, já indicado anteriormente como um dos artigos com maior número de referências citadas, e também o artigo *“A holistic passive design approach to optimize indoor environmental quality of a typical residential building in Hong Kong”*, ambos com 4 investidores cada.

Gráfico 9: Artigos Financiados X Quantidade de Financiamentos



Fonte: Autores, 2018

Ao analisar somente os artigos financiados, observa-se que os parâmetros são bastante similares a análise geral dos 146 artigos. Ao verificar o Gráfico 10, percebe-se que 50% dos artigos financiados tem como tema análises da Qualidade Interna dos Ambientes (IEQ), 21% dos artigos financiados tem como o tema o Desempenho Acústico. Seguido por métodos com 19% e materiais com somente 10%.

Gráfico 10: Assunto dos Artigos Financiados

Fonte: Autores, 2018

3.8 AGÊNCIAS FINANCIADORAS

Dentre os últimos 26 anos de publicações de artigos relacionados ao conforto acústico em edifícios, 86 agências forneceram 104 financiamentos a 51 artigos. A média foi de 2 financiamentos por artigo durante esse período, considerando somente os artigos com financiamento.

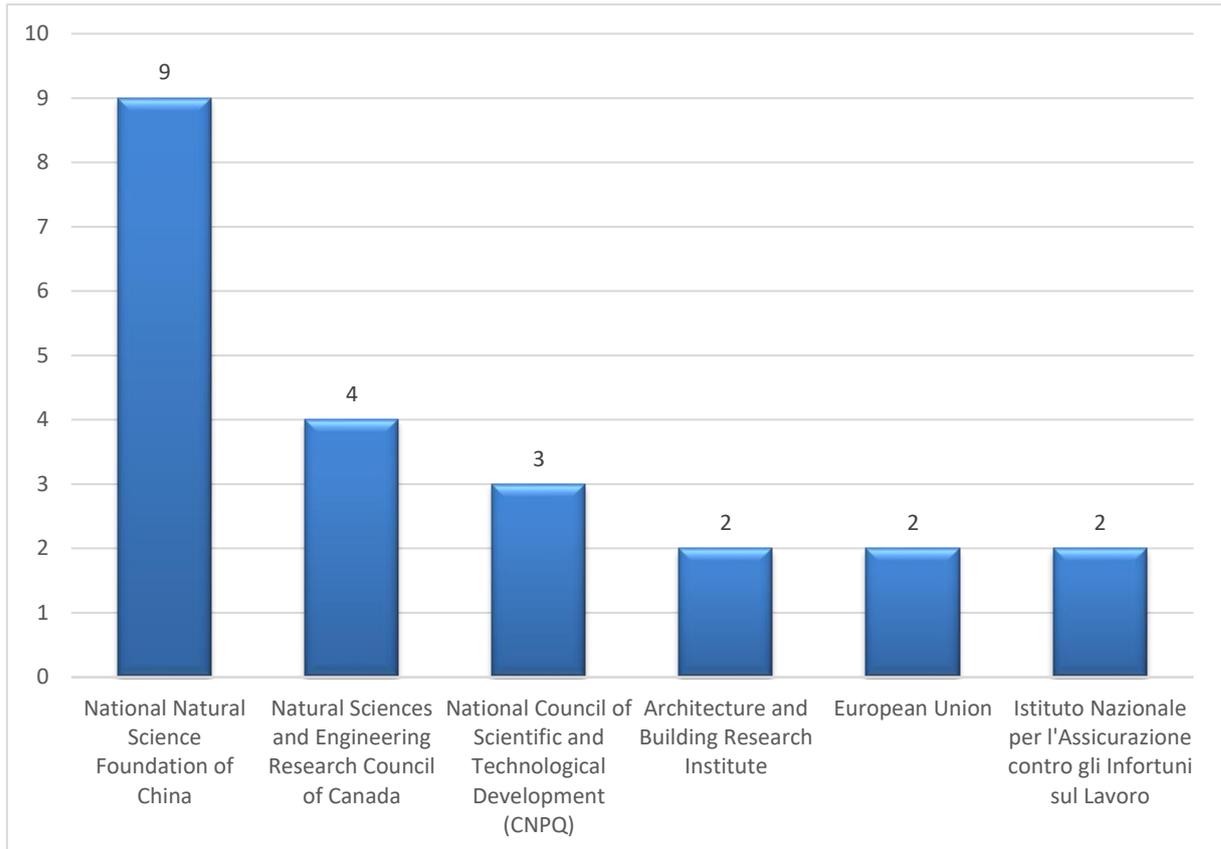
No Gráfico 11 é possível observar que a “*National Natural Science Foundation of China*” é a agência que mais financiou artigos científicos, com o total de 9 publicações. A agência “*Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada*” e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Brasil (CNPq), seguem em segundo e em terceiro lugar entre as que mais financiaram no mundo, com respectivamente 4 e 3 artigos financiados.

Através da análise cienciométrica, foi possível conhecer quais são as agências financiadoras de pesquisas no campo do conforto acústico em edificações, assim como o seu tipo: Pública ou Privada.

Foi observado que grande parte dessas agências financiadoras são públicas, correspondendo a 73% do total. Universidades Federais, Instituições Nacionais, departamentos de estados e ou cidades são exemplos de agências públicas. Por outro lado, companhias e empresas privadas, corresponderam a 27% do total de agências financiadoras.

Tal resultado demonstra como instituições públicas superaram as companhias privadas no financiamento de pesquisas sobre conforto acústico. Nota-se que o setor privado ainda não demonstrou grande interesse na área, fato que pode ser revertido dentro dos próximos anos, pois como foi apresentado anteriormente, a preocupação com o conforto acústico tem crescido gradativamente.

Gráfico 11: Agências que Mais Financiaram Artigos Relacionados ao Conforto Acústico em Edifícios



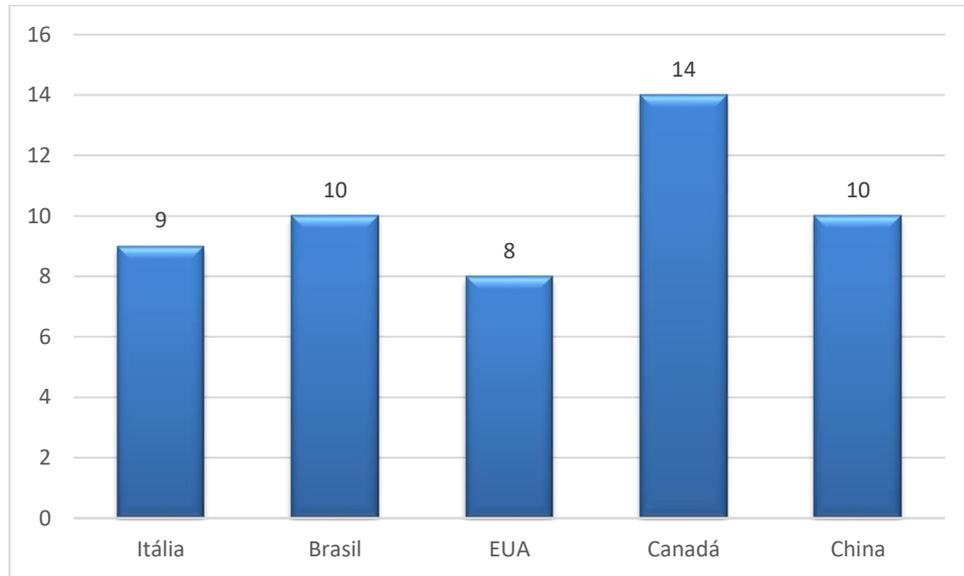
Fonte: Autores, 2018

Foi pesquisado também o país de origem de cada agência financiadora durante o período, e foi observado que o Canadá é o país que mais possui agências em seu território, com o total 13 agências canadenses. O Brasil e a China contaram com 10 agências financiadoras em cada país, como pode ser observado no Gráfico 12.

A Itália se destacou como um dos países que mais publicaram artigos sobre o tema tratado nesse trabalho, porém, o país conta com 9 agências em seu território, ficando em quarto lugar em relação ao número de agências financiadoras por país. Tal resultado

demonstra que o número de publicações de determinado país não está relacionado com o número de agências financiadoras em seu território.

Gráfico 12: Quantidade de Investidores por País



Fonte: Autores, 2018

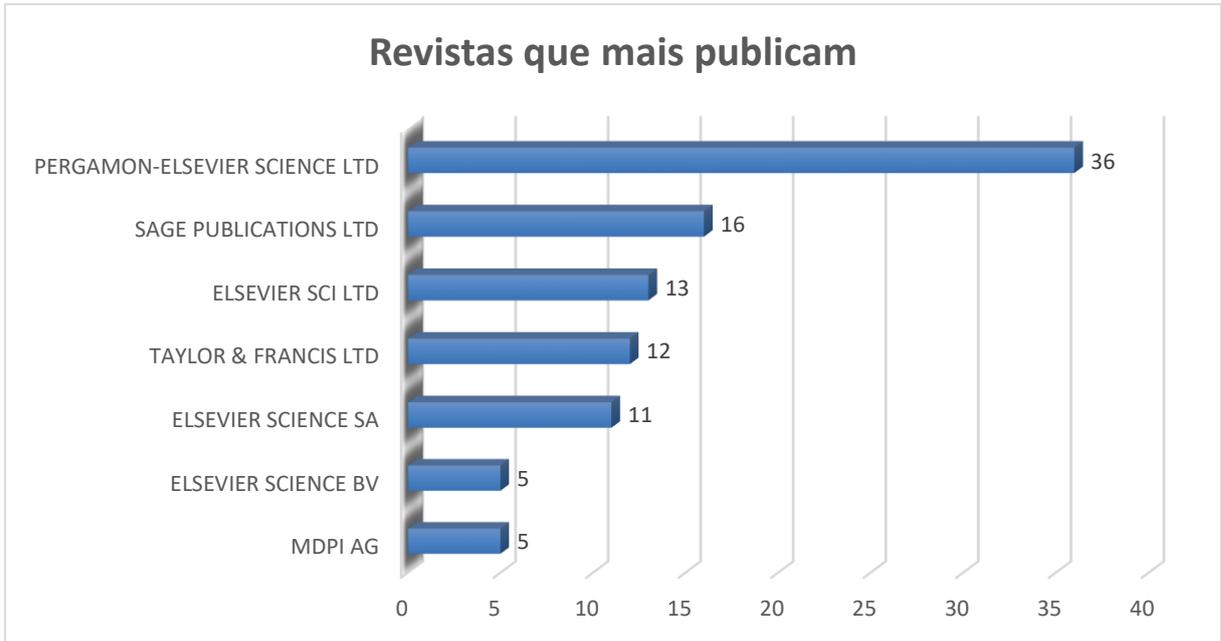
3.9 REVISTAS QUE MAIS PUBLICARAM

As revistas científicas ou periódicos são meios que possibilitam a divulgação de novas pesquisas científicas para a comunidade. Paulo Brofman (2012, p. 419) afirma que as revistas, eletrônicas ou impressas, ainda são o meio mais rápido e viável dos cientistas mostrar e fazer com que circule os resultados do seu trabalho. Portanto, pode ser encontrado também, uma média de autores por artigo nessa análise.

Os 146 artigos analisados nesse trabalho foram publicados em 44 revistas ou periódicos. Portanto, há uma média de 3 artigos por periódico, e foi observado que um grande número de revistas publicou artigos na área somente uma vez.

Como é possível observar no Gráfico 13, a revista que mais publicou artigos com o tema relacionado ao conforto acústico em edifícios foi a *PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD* com 36 publicações, seguido por *SAGE PUBLICATIONS LTD*, com 16 artigos publicados. As revistas *TAYLOR & FRANCIS LTD* publicou 13 artigos e a revista *ELSEVIER SCI LTD* 12 artigos.

Gráfico 13: Revistas que Mais Publicaram



Fonte: Autores, 2018

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise cientiométrica realizada nesse trabalho mostrou que a busca pelo conforto acústico nos edifícios tem aumentado, porém o assunto ainda é pouco difundido. Fato que pode ser notado pelo baixo número de artigos retornados na pesquisa inicial utilizando o *Web Of Science*.

Foi possível observar através dos resultados da pesquisa que cerca de 60% dos artigos publicados são análises de desempenho acústico ou IEQ. Tais resultados demonstram a preocupação e o interesse da comunidade científica sobre conforto interno em edifícios já construídos e em utilização.

Nos últimos anos, tem sido comuns discussões sobre eficiência produtiva e econômica em edificações tanto convencionais, onde se utiliza métodos usuais de construção, quanto em edificações sustentáveis.

Houve destaque em artigos de avaliação de desempenho em “*green buldings*” que apresentam a certificação LEED – “*Leadership in Energy and Environmental Design*”. Há interesse para entender se a qualidade interna desses ambientes é eficiente ao usuário, ou seja, se os novos modelos que vem surgindo de prédios sustentáveis atendem os critérios de qualidade de conforto interno.

Por outro lado, inovações em materiais acústicos tiveram um papel secundário se comparado ao número de artigos publicados e financiados sobre análises de desempenho acústicos ou IEQ. Ou seja, mais se investiga sobre a satisfação dos usuários em edificações já existentes do que sobre materiais inovadores que proporcionem tratamento acústico de ambientes.

Na Europa, de acordo com a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, os novos edifícios ocupados e detidos por autoridades públicas terão necessidades quase nulas de energia a partir de 2018. Todavia, todos os edifícios novos dos Estados membros da UE, devem ser edifícios com necessidades quase nulas de energia a partir de 2020. Tal mudança no modo de construir desses países deve acarretar na utilização de materiais que proporcionem zero consumo de energia, ou que sejam convergentes a uma boa climatização e consequentemente atendam acusticamente os edifícios.

De modo geral, a acústica não é tratada como um meio isolado na grande maioria dos artigos publicados, pois o conforto interno dos ambientes engloba diversos outros elementos além das condições acústicas, como fatores térmicos e de qualidade do ar.

O Brasil se mostrou um país bastante voltado ao conforto acústico em edifícios, pois se manteve em destaque em todas as pesquisas realizadas, estando a frente até mesmo de países desenvolvidos que publicaram artigos na área. A título de exemplo para essa afirmação, pode ser citado o destaque que o país obteve como uma das nações que mais publicaram artigos sobre o conforto acústico em edificações no mundo, e também como o país que concentrou o maior número de investidores em seus artigos.

Além disso, o Brasil tem bastante potencial na área de desenvolvimento de novos materiais, partindo do conceito que o país é abundante em matéria prima. O avanço da engenharia na busca de novos materiais sustentáveis impulsiona o estudo científico com essa temática. Por essa razão pode haver nos próximos anos um aumento na procura de materiais acústicos sustentáveis, apesar do tímido número de artigos publicados e financiados na área.

Portanto, partindo dessa premissa, uma sugestão de pesquisa futura, seria sobre estudos de materiais ou métodos construtivos que mesclam fatores acústicos com outros fatores IEQ, principalmente de temperatura e qualidade de ar voltados para a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, G. S.; KURZE, U. J., “**Outdoor Sound Propagation**” in **Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications** / edited by: BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. Second Edition. New Jersey: Jhon Wiley & Sons, INC., 1992. 966 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12179: Tratamento Acústico em Recintos Fechados. Rio de Janeiro, 1992. 9 p.

BIES, David A.; HANSEN, Colin H. Engineering noise control: theory and practice. 3. ed. London: Spon Press, 2003.

BISTAFA, Sylvio R. Acústica aplicada ao controle do ruído. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 380 p.

BROFMAN, Paulo Roberto. **A IMPORTÂNCIA DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS.** Paraná. 2012. Disponível em: <www.revistas.ufpr.br/cogitare/article/download/29281/19029>. Acesso em 04 nov 2018

BROWN, A.I.; KANG, Jian; GJESTLAND, Truls. Towards standardization in soundscape preference assessment. Elsevier, Oxford, v. 72, n. 6, p.387-392, maio 2011.

CARVALHO, Régio Paniago. Acústica Arquitetônica. 2. ed. Brasília: Thesaurus, 2010. 238 p.

COSTA, Cleber Alves. **Barreiras acústicas como medida de mitigação dos ruídos gerados pelo tráfego rodoviário: Setor Noroeste - DF.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 19., 2013, Brasília: Associação Nacional de Transportes Públicos, 2013. p. 1 - 9. Disponível em: <www.files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/06/F265F001-9474-4550-B867-DB7758553002.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018.

EUROPA. Constituição (2010). Diretiva nº 31, de 19 de maio de 2010. **Directiva 2010/31/ue do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 Relativa Ao Desempenho Energético dos Edifícios (reformulação).** Estados membros, UE: Jornal Oficial da União Europeia, 18 jun. 2010.

FACURE, Matheus. Regressão Polinomial. 2017. Disponível em: <www.matheusfacure.github.io/2017/02/26/regr-poli/>. Acesso em: 10 out. 2018.

FONÉTICA & FONOLOGIA. O Som: Amplitude, comprimento de onda, período e frequência. Disponível em: <www.fonologia.org/acustica_osom_2.php>. Acesso em: 26 maio 2018.

FONSECA, E. N. **Bibliografia estatística e bibliometria: uma reivindicação de prioridades. Ciência da Informação,** Brasília, v. 2, n.1, p. 5-7, 1973. Disponível em: <www.brapci.inf.br/_repositorio/2011/06/pdf_b67fa51e01_0017043.pdf>. Acesso em: 05 jun 2018.

FREITAS, Fábio Henrique de Alencar; FREIRE JR., O. **SOBRE O USO DA WEB OF SCIENCE COMO FONTE PARA A HISTÓRIA DA CIÊNCIA**. Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência, v. 1, n. 2, p.129-147, 2003.

FUNAG. **As 15 maiores economias do mundo**. Disponível em: <www.funag.gov.br/ipri/index.php/o-ipri/47-estatisticas/94-as-15-maiores-economias-do-mundo-em-pib-e-pib-ppp>. Acesso em: 11 dez. 2018.

GARFIELD, Eugene. **Citation indexes for Science: a new dimension in documentation through association of ideas**. Science, Washington, v. 122, n. 3159, p. 108-111, July 1955.

GERGES, S N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 1.ed. Florianópolis: NR Editora, 1992. 600p.

HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini. **Sociologia Da Ciência, Bibliometria E Cientometria: Contribuições Para A Análise Da Produção Científica**. 2012. Disponível em: <www.marilia.unesp.br/Home/Graduacao/PETBiblioteconomia/soc-da-ciencia-pet.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2018.

KJAER, Brüel &. **Basic Concepts of Sound**. 1998. Disponível em: <www.cafe.foundation/v2/pdf_tech/Noise.Technologies/PAV.Sound.B&K.Primers.pdf>. Acesso em: 30 maio 2018.

LEDER, Solange; NEWSHAM, Guy R.; VEITCH, Jennifer A.; MANCINI, Sandra; CHARLES, Kate E.. **Effects of office environment on employee satisfaction: a new analysis**. **Building Research & Information**. Published Online, p. 34-50. 23 fev. 2015.

LIMA FILHO, Luiz Medeiros de Araujo. **Correlação e Regressão**. 2013. Disponível em: <www.de.ufpb.br/~luiz/AED/Aula9.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

MACIAS-CHAPULA, Cesar A.. **O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional**. Ci. Inf., Brasília, v. 27, n. 2, p.134-140, 1998. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651998000200005>. Acesso em: 06 jun. 2018.

MENEGHETTI, A. P. **Estudo do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição sonora em áreas próximas aos centros de lazer noturno na cidade de Santa Maria – RS**, dissertação de mestrado, Rio Grande do Sul, 2006. 97 p. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br>>. Acesso em: 24 maio 2018.

MURGEL, Eduardo. **Fundamentos de acústica ambiental**. São Paulo: Senac, 2007. 131p.

NATICCHIA, Berardo; CARBONARI, Alessandro. **Feasibility analysis of an active technology to improve acoustic comfort in buildings**. Elsevier, Ancona, v. 42, n. 7, p.2785-2796, jul. 2007.

NIGHTINGALE, Florence. Notes On Nursing What It Is What It Is Not. Lippincott Williams and Wilkins, 1859. 168 p.

PAIDÉIA. Cientometria: A Métrica da Ciência. 2001. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/paideia/v11n21/02.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2018.

PAUL, Warren L.; TAYLOR, Peter A.. A comparison of occupant comfort and satisfaction between a green building and a conventional building. Elsevier, [s.l.], v. 43, n. 11, p.1858-1870, nov. 2008.

PINHEIRO, Ana Paula Basile. Qualidade do ambiente interno integra fatores multidisciplinares. 2018. Disponível em: <www.engenhariaarquitectura.com.br/2018/02/qualidade-do-ambiente-interno-integra-fatores-multidisciplinares>. Acesso em: 09 out. 2018.

PORTAL ACÚSTICA. **Materiais acústicos, o que são?** 2016. Disponível em: <portalacustica.info/materiais-acusticos-o-que-sao/>. Acesso em: 06 jun. 2018.

REIS, Marcelo Menezes. **INE 7001 - ESTATÍSTICA PARA ADMINISTRADORES I: Análise de Séries Temporais.** 2018. Disponível em: <www.inf.ufsc.br/~marcelo.menezes.reis/Cap4.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

SANTOS, Alessandra Santana dos. **INDICADORES CIENTOMÉTRICOS: aplicação às monografias do Curso de Biblioteconomia/UFRN.** 2009. 46 f. Monografia (Especialização) – Curso de Biblioteconomia, Departamento de Biblioteconomia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <www.monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/1/196/1/AlessandraSS_Monografia.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira.** São Paulo: Hucitec, 1993. 157 p.

SHINKWANG ECO ROAD E&C CO. LTD. (Korea). Túnel de isolamento acústico Woori Bank / Barreira de som insonorizante. 1985. Disponível em: <www.star85.net>. Acesso em: 01 jun. 2018.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura. São Carlos: EdUFSCar, 2011. 149 p.

SPINAK, E. *Diccionario enciclopédico de bibliometría, ciencia métrica e informetria.* Montevideo, 1996. 245 p.

TAGUE-SUTCLIFFE, J. **An introduction to informetrics.** *Information Processing & Management*, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992.

URBIZAGASTEGUI ALVARADO, R. **A bibliometria, informetria, ciencia métrica e outras "metrias" no Brasil.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE BIBLIOMETRIA E CIENTOMETRIA, 4., 2014. Recife. Anais... Recife: EBBC/BRAPCI, 2014. p. A45. Disponível em: <www.

basessibi.c3sl.ufpr.br/brapci/index.php/article/view/0000014454/f30ce419b66634ce92544916c94956eb>. Acesso em: 29 out. 2018.

VAN RAAN, A. F. J. Scientometrics: state-of-art. *Scientometrics*, v. 38, n. 1, p. 205-218, 1997.

VANTI, Nadia Aurora Peres. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 31, n. 2, p.152-162, jun. 2002. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/ci/v31n2/12918.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

VANTI, Nadia. A Cientometria Revisitada À Luz Da Expansão Da Ciência, Da Tecnologia E Da Inovação. Pontodeacesso, Salvador, v. 5, n. 3, p.5-31, dez. 2011. Disponível em: <www.repositorio.ufrn.br>. Acesso em: 05 jun. 2018.

VIVEIROS, Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti Duarte Elvira Barros. Desempenho Acústico Na Arquitetura Residencial Brasileira: Paredes De Vedação. 2007. Disponível em: <www.seer.ufrgs.br>. Acesso em: 16 mar. 2018.

WITTERSEH, Thomas; WYON, David P.; CLAUSEN, Geo. The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. Elsevier, [s.l.], v. 14, n. 8, p.30-40, dez. 2004.

YOUNG, Hugh; FREEDMAN, Roger. Física II: Termodinâmica e ondas. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008. 352 p.

ZAGREUS, Leah et al. Listening to the occupants: a Web-based indoor environmental quality survey. Elsevier, [s.l.], v. 14, n. 8, p.65-74, dez. 2004.