

Palavras chave: Acústica – difusores – coeficiente de espalhamento – dispersão polar

Introdução

Superfícies difusoras têm por característica refletir de forma difusa grande parte da energia sonora incidente e são peças fundamentais no estudo da acústica de ambientes. Por séculos os difusores foram utilizados de maneira aleatória mas apenas nas últimas décadas foram elaborados mecanismos práticos para se determinar suas características e consequentemente sua eficiência. Este trabalho tem por objetivo caracterizar e discutir o comportamento de três tipos usuais de difusores: Skyline®, semi-cilíndrico e de Schroeder. Pretende-se, através deste estudo, demonstrar as possíveis relações entre o coeficiente de espalhamento e a dispersão polar de uma superfície difusora.

Metodologia

Neste projeto foram utilizados dois ensaios distintos. Para a determinação do coeficiente de espalhamento foram seguidas as orientações da norma ISO 17497-1, a partir dos resultados obtidos na medição de tempo de reverberação segundo norma ISO 354. Para a determinação da dispersão polar de uma superfície não existem normas específicas, assim, foram utilizadas as orientações descritas por COX, D'ANTONIO (2004) e FARINA (2003).

O ensaio para determinação do coeficiente de espalhamento esta baseado na medição de tempos de reverberação. Foi utilizada a técnica da resposta impulsiva, feita através do software Dirac 3.1 da empresa Brüel & Kjær. Para as medições, segue-se o procedimento descrito pelo norma ISO 354 : duas posições de fonte e três posições para o microfone, totalizando seis medições, tanto para mesa parada como girando, com ou sem a amostra. O tempo de reverberação (TR) é dado pela análise de sinais que o próprio software realiza, para o caso, o TR será a média aritmética das seis medições (por amostra).

A obtenção da dispersão polar foi obtida através da comparação entre os valores de energia sonora entre o som direto e o som refletido. Através do Dirac 3.1, por ensaio de técnica impulsiva, foram obtidos valores de energia sonora por frequência antes e após a difusão, a partir daí foram calculadas a quantidade de energia sonora inicial que foi difundida pelo difusor em função do ângulo em que se encontrava o microfone em relação ao difusor.

O processo de medição consiste em realizar a técnica impulsiva para diferentes posições do microfone em relação a fonte sonora e a amostra. Tomando como inicio a posição a frente do difusor, 90° em coordenadas polares, fazemos a medição e repete-se o procedimento variando a posição do microfone em 10° no sentido anti-horário e horário, ate que se completem as 18 medições, 9 para cada sentido

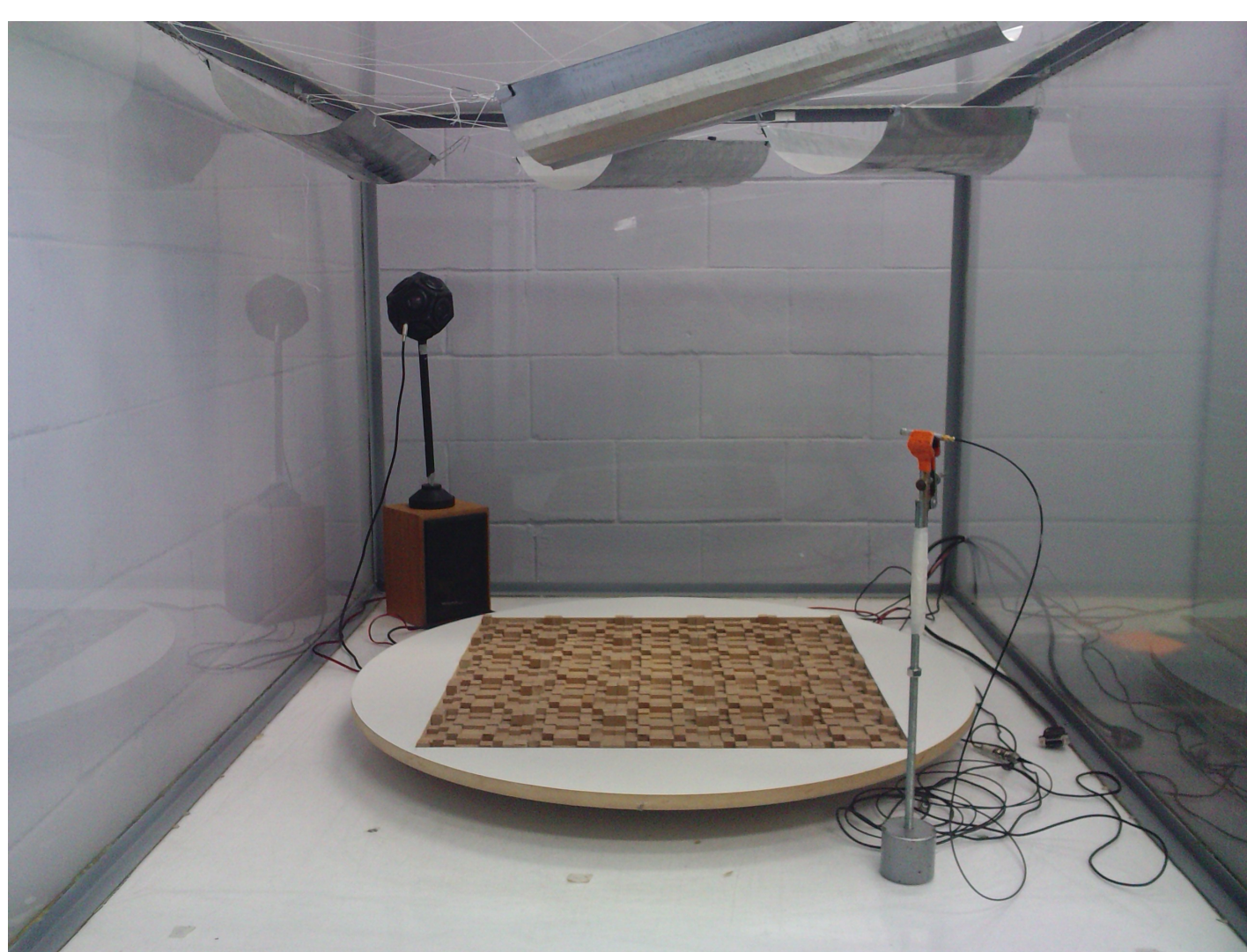


Figura 1: ensaio para determinação do tempo de reverberação para difusor Skyline.



Figura 2: ensaio para determinação de energia sonora difundida para difusor de Schroeder.

Resultados e Discussão

Em relação ao coeficiente de difusão pode-se perceber que, comparativamente, o difusor Skyline apresentou os maiores valores entre 1kHz e 2kHz enquanto o difusor de Schroeder se mostrou mais eficiente entre 500Hz e 800Hz. Ambos tiveram comportamento muito semelhante para frequências acima de 2kHz. O difusor semi-cilíndrico teve os menores valores de coeficientes de difusão mas obteve comportamento mais constante. Podem ter ocorrido influências devido a diferença entre os materiais constituintes dos difusores (Skyline e Schroeder com madeira laminada e o semi-cilíndrico de resina plástica).

Durante os ensaios para determinação dos tempos de reverberação, utilizados para o calculo dos coeficientes de difusão , foram encontrados alguns valores abaixo dos esperados. Os espaços vazios e saliências entre amostra e mesa tiveram grande influências devido ao fator da escala.

As figuras 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio para determinação da resposta polar para o difusor de Schroeder. A figura 4 apresenta o comportamento esperado, segundo a literatura. A figura 5 coloca um gráfico comparativo entre as frequências, onde podemos destacar o comportamento semelhante entre todas as medições.

Tabela 1: Coeficientes de espalhamento em função da frequência para difusor Skyline

Freq. (Hz)	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
s	0,16	0,19	0,32	0,51	0,75	0,71	0,74	0,84	0,89	0,88	1,54

Tabela 2: Coeficientes de espalhamento em função da frequência para difusor Semi-cilíndrico

Freq. (Hz)	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
s	0,11	0,17	0,21	0,48	0,58	0,52	0,51	0,68	0,70	0,76	1,30

Tabela 3: Coeficientes de espalhamento em função da frequência para difusor de Schroeder

Freq. (Hz)	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
s	0,22	0,31	0,33	0,43	0,59	0,56	0,58	0,85	0,89	0,89	1,59

Dispersão polar para difusor de Schroeder:

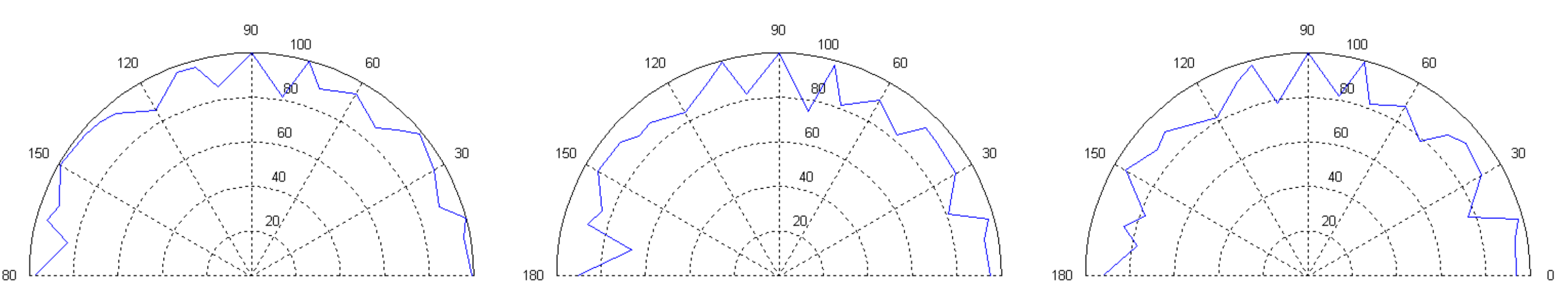


Figura 3: gráficos de dispersão polar para difusor de Schroeder (2kHz ; 4kHz ; 8kHz).

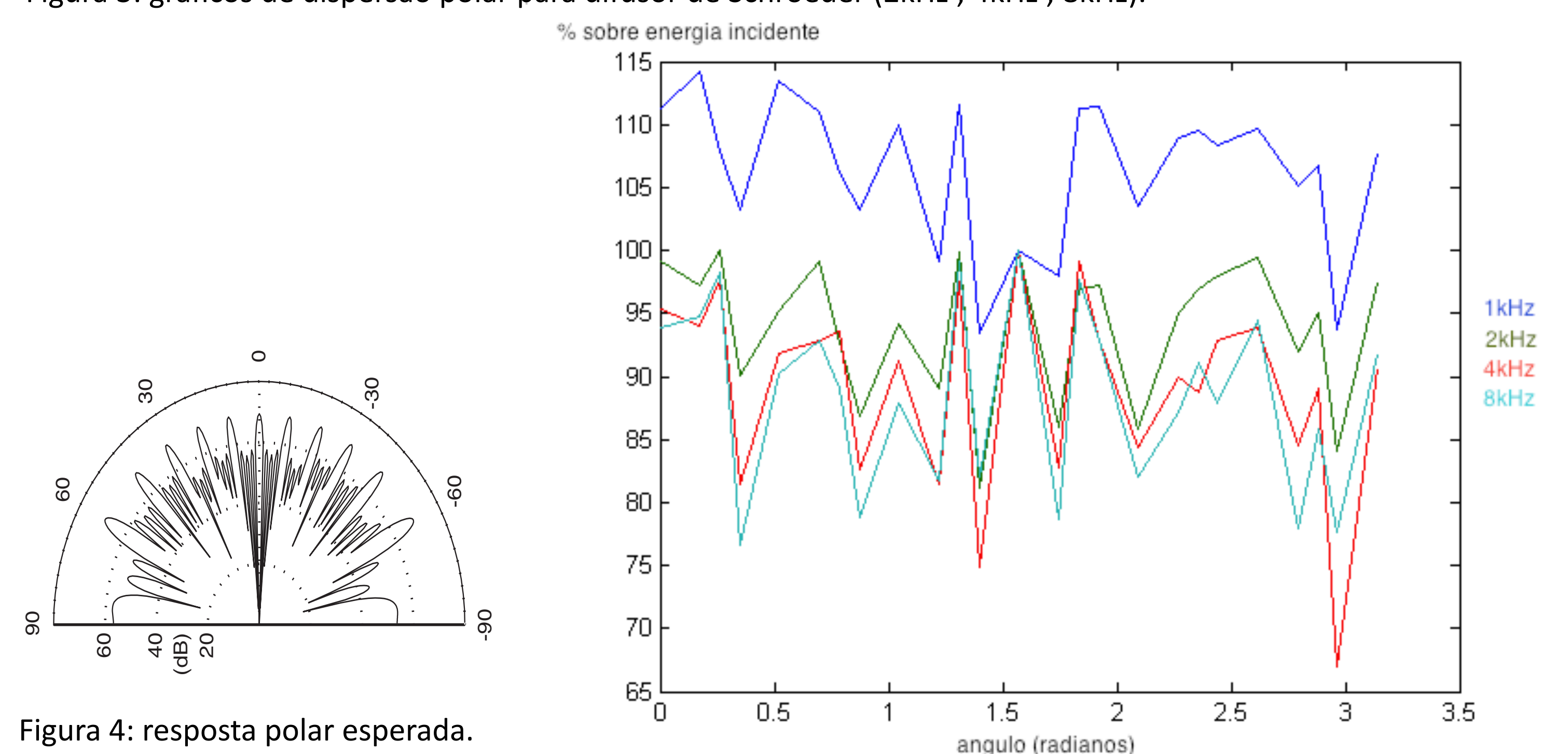


Figura 4: resposta polar esperada. Fonte Cox e D'Antonio (2004), pg 235.

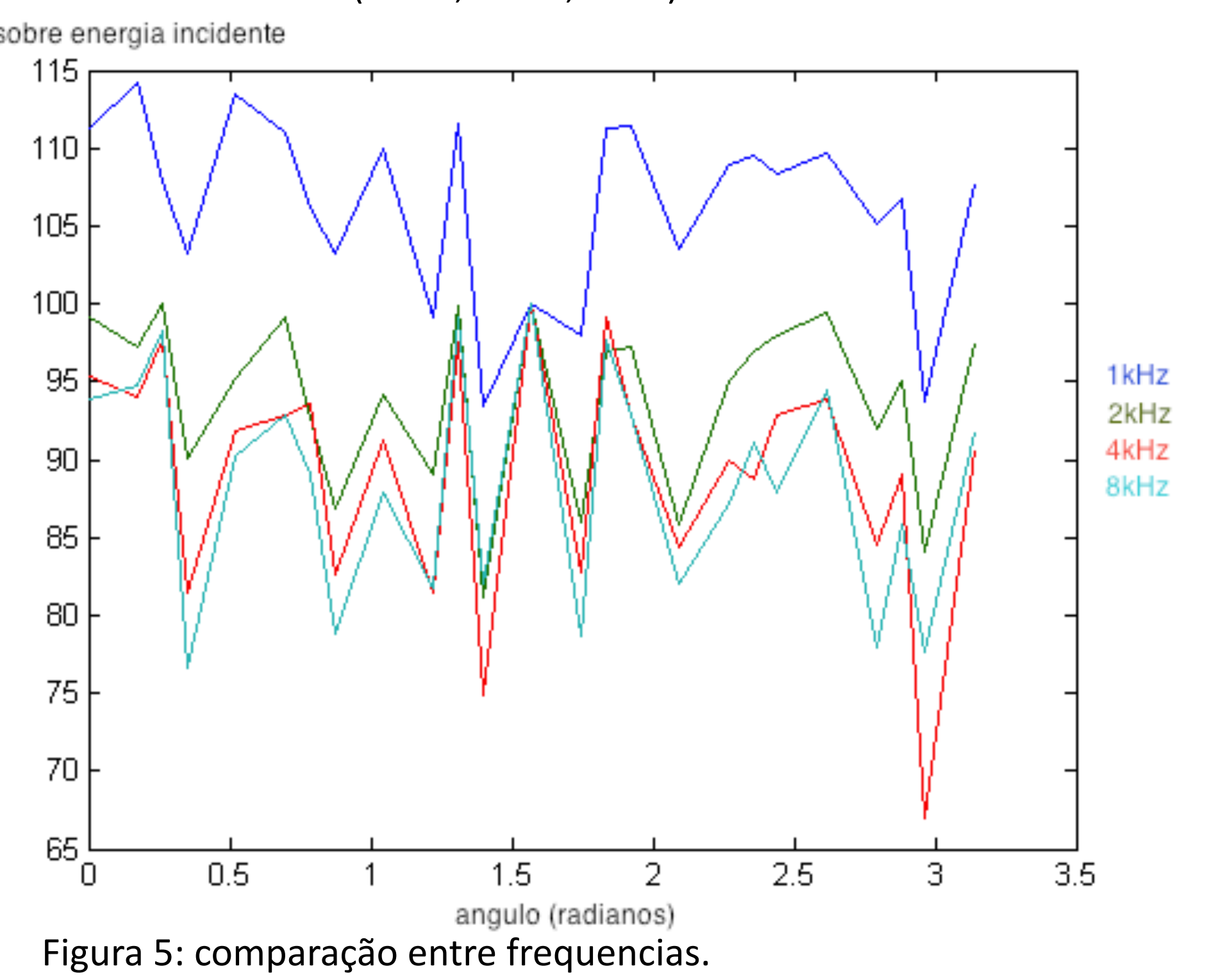


Figura 5: comparação entre frequências.

Conclusão

Os difusores tipo Skyline e Schroeder apresentaram características desejáveis para difusão em frequências medias e altas. O difusor semi-cilíndrico teve um comportamento mais constante entre as frequências analisadas mas inferior aos outros tipos de difusores. Quanto as características geométricas podemos constatar que a utilização de fendas ou saliências dispostas de acordo com seqüências matemáticas específicas (difusores de Schroeder e Skyline) se mostraram mais efetivas que a utilização de superfícies contínuas (difusor semi-cilíndrico).

O ensaio para caracterização de resposta polar se mostrou viável mas ainda precisa ser aprimorado. Os resultados obtidos nos permitem ver o comportamento esperado para um difusor de Schroeder segundo os resultados encontrados na literatura.

Não foi possível estabelecer uma relação entre o coeficiente de difusão e resposta polar. Para isto seria necessário um estudo mais detalhado de todos os difusores em questão, objetivo ainda inviável devido a necessidade de aprimoramentos do ensaio para caracterização de resposta polar de uma superfície.

Referências Bibliográficas

ISO 17497-1: 2004, *Acoustics – Sound-scattering properties of surfaces. Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room.*

ISO 354: 2003, *Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room.*

COX, T.J.; D'ANTONIO, P. Measurement and characterization of diffuse reflections or scattering. In: _____, *Acoustics Absorbers and Diffusers: Theory, design and application.* Londres: Spon Press, 2004. Cap 4, p. 87-128.

FARINA, A. *A new method for measuring the scattering coefficient and the diffusion coefficient of panels.* Itália: Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma, 2003.