



TÉCNICAS AMBIENTAIS: O conforto acústico de Arenas e Estádios

Autor: Guilherme Leite de Assis

Orientador: Fernanda Cota Trindade

Curso: AEU Período:09 Área de Pesquisa: Conforto Ambiental

Este estudo tem como base abordar assuntos relacionados ao sistema acústico de edificações de grande porte, onde vários eventos são exercidos e, com isso, toda sua construção fosse levantada para atender esses recursos. Notavelmente se vê o quão importante é o conforto ambiental nas construções civis. O uso da Arquitetura nos dias atuais pode, de certa forma, gerar um potencial incomodo dentro do espaço urbano, com isso se faz necessário um tratamento acústico mais aguçado em algumas edificações. A história da Arquitetura e a evolução das técnicas construtivas mostram que o trato acústico é uma ferramenta indispensável para edificações que possam emitir ruídos acima do comum. Neste estudo vamos analisar como isso é feito. Esta pesquisa tem por objetivo transpassar técnicas arquitetônicas comumente usadas nos dias atuais, enriquecendo conhecimentos específicos da acústica arquitetônica e entendendo a forma com os materiais são aplicados em harmonia à forma arquitetônica escolhida. Assim, demonstra-se estudos de caso que, comparados, trazem conclusões para melhorias da área da arquitetura e urbanismo. Concluindo, assim, a grande importância que tais tratamentos tem nas edificações de grande porte.

PALAVRAS CHAVE: Acústica arquitetônica; Conforto Acústico; Arquitetura; Acústico; Edificações de grande porte;

1. INTRODUÇÃO

O conforto acústico tem sido uma preocupação muito relevante nas construções atuais. O espaço no qual se é implantada a edificação, os ruídos no seu entorno e a função da edificação são premissas que devem ser estudadas para se resultar em um projeto arquitetônico confortável nos quesitos acústicos. Atualmente, as edificações de grande porte usufruídas como espaço multiuso onde são realizados vários tipos de eventos, como jogos, congressos, shows e espetáculos de todo o tipo, são emissores de sons e ruídos através de incômodos emitidos pelo evento, e pelo público presente.

Ao falar em arenas e estádios logo se pensa em jogos, mas nos dias atuais essas edificações deixaram de ser apenas para esportes e hoje são utilizadas como multiuso, ou seja, para vários eventos. A questão que surge nesse contexto é: existe o devido conforto acústico para os usuários? E enquanto ao impacto do entorno dessas edificações? As técnicas construtivas brasileiras são de fato eficazes em edificações de grande porte? Quando se trata de conforto acústico é interessante notar que edificações de grande porte acabam não atendendo todos os requisitos de uma edificação acusticamente bem elaborada, além de não atender quesitos ditados pela NBR 10151/2010, que trata de ruídos em comunidades.

Levando em consideração o crescimento de cidades metropolitanas, a evolução estrutural passou a tomar conta das ruas, com isso novas tecnologias da construção civil foram se aprimorando e provocando um aumento de questões relacionadas ao conforto acústico. A maioria dos arquitetos, construtores e engenheiros, limitam-se e acabam cometendo equívocos de conforto acústico. Com o passar do tempo, cresce o número de reclamações quanto às questões de ruídos urbanos, especialmente quanto à tráfego de veículos pelas ruas. Com isso os profissionais da área passam a se preocupar de forma mais abrangente com o sistema acústico de edificações. A acústica arquitetônica transcendeu, então, os teatros, igrejas, cinemas, estudos e outros, que incorporados em nosso dia a dia, trazem um novo tratamento arquitetônico (CARVALHO, 2004).

Ainda, segundo o autor supracitado, ignorá-la como parâmetro é não ter domínio suficiente sobre o objeto de estudo com o qual trabalha o arquiteto, ou seja, dentro do ambiente arquitetônico. Qualificar acusticamente o espaço requer do arquiteto o conhecimento da interferência acústica que o projeto tem sobre o ambiente e as consequências projetuais decorrentes do quesito acústico.

O objetivo geral deste estudo consiste em analisar como o conforto acústico é tratado em edificações de grande porte e seus impactos, mais especificamente em arenas e estádios voltados para eventos. Os objetivos específicos consistem em: abranger o conhecimento específico do comportamento do som e como o mesmo influencia no conforto acústico; entender como a forma das edificações bem como seus materiais construtivos e de acabamento influenciam na acústica; realizar estudo de caso comparativo de edificações de grande porte que recebam eventos verificando seu planejamento de fluxo e implantação, plantas, cortes, materiais utilizados de modo a verificar seu comportamento acústico interno e a relação com o entorno.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

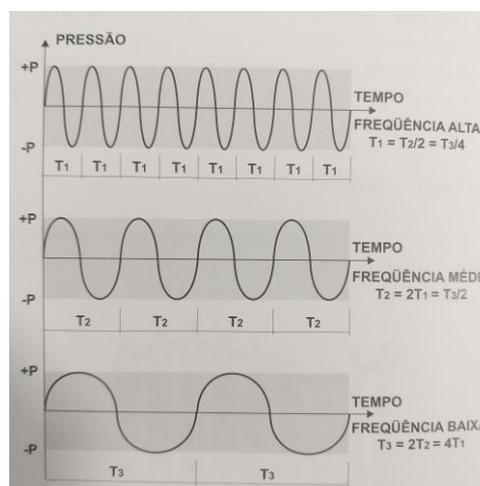
2.1.1 O Som e a Acústica

O estudo das formas como o som se propaga em determinados meios e como a acústica bem tratada beneficia as edificações é fator relevante para a elaboração de um projeto arquitetônico de qualidade. De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2012), os cuidados acústicos vem demonstrando valor projetual desde os tempos antigos, onde cidades da Grécia antiga, por exemplo, criavam espaços para eventos onde todo o cuidado era tomado para a propagação devida do som. O teatro, por exemplo, nos dias atuais, tem um cuidado específico na escolha de materiais, definição das dimensões, posições de mobília e vários outros aspectos que geram o conforto acústico devido.

O som é toda vibração ou onda mecânica gerada por um corpo vibrante, passível de ser detectada pelo ouvido humano. A partir da fonte, o som se propaga em todas as direções, segundo uma esfera. Entretanto, dependendo da fonte sonora, pode haver uma maior concentração de energia em um determinado sentido evidenciando-se assim seu direcionamento. Um som requer um meio qualquer para se propagar (sólido, líquido ou gasoso). Dessa forma, pode-se concluir que o som não se propaga no vácuo. (CARVALHO, 2010, p.25)

Se tratando de ondas sonoras e suas formas de propagação, nota-se que são resultados das oscilações de moléculas do meio de propagação, em torno de suas posições de equilíbrio de fácil compreensão onde se geram ondas de pressão e depressão passando por determinada região, assim, sua propagação se dá através de sua frequência, que é o número de oscilações por unidade de tempo, ou seja, o período no qual é propagado (CARVALHO, 2010) (Figura 1).

Figura 1 - Gráfico demonstrando a propagação de ondas sonoras. Tempo vs. Frequência



Fonte: Carvalho (2010).

Observando-se a figura 1, é possível perceber que quanto maior a frequência de uma onda sonora, menor é o intervalo de tempo de suas oscilações, devido a essa característica, os sons de alta frequência tendem à ultrapassar mais barreiras.

Ainda segundo Carvalho (2010), o som se propaga em velocidade diretamente proporcional à densidade do meio, ou seja, referente à vários fatores envolvendo o espaço, ou o ambiente em si e o meio pelo qual esse som é propagado. Além disso, a velocidade de sua propagação é diretamente proporcional à temperatura, também à umidade, sem sofrer influência da pressão atmosférica e sem variar com sua própria frequência.

As soluções acústicas tem sido de grande valor nos dias atuais. Com o adensamento das cidades e o aumento de ruídos emitidos no meio urbano, as técnicas construtivas acústicas viraram ferramentas indispensáveis para a construção de uma edificação. Com o avanço da tecnologia e o aumento de eventos que reúnem muitas pessoas, o conforto acústico oferece vários benefícios, como a inteligibilidade, que é a principal característica acústica de um ambiente segundo Souza, Almeida e Bragança (2012), pois reflete o grau de entendimento das palavras em seu interior.

Atualmente, a preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também de controle de ruído e preservação de qualidade ambiental. A questão da acústica urbana passou a ter mais importância do que até então, pois o número de fontes produtoras de ruídos é cada vez maior, e as consequências desses ruídos para o homem são cada vez mais prejudiciais (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2012, p.23) (Figura 2).

Figura 2 - A fonte de ruído emitido pelo meio urbano.



Fonte: SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA(2012).

O Alcance do som pode ser relevante mediante à fatores que estão exclusivamente ligados ao ambiente no qual se é propagado. Neste sentido, a forma de uma edificação também é uma premissa relevante quando se trata de propagação de som e desempenho acústico.

2.1.2 A Forma e a Acústica

Como citado anteriormente, a propagação de som sofre inúmeras formas de alteração e alcance dependendo do meio em que é propagado e de sua frequência. Uma das características de grande influência no modo como o som se propaga, referente a sua direção, é a forma que é dada ao determinado ambiente.

Mas como a forma interfere na propagação do som? Ao dar forma e volume ao determinado espaço, o projetista tem como elemento básico de trabalho a superfície. A forma determina o desempenho do som, com isso, é essencial conhecer propriedades sonoras que influenciam a qualidade do espaço, para que o resultado de um ambiente seja acusticamente confortável (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2012).

O tempo de reverberação de um som está diretamente relacionado à forma dada ao determinado espaço:

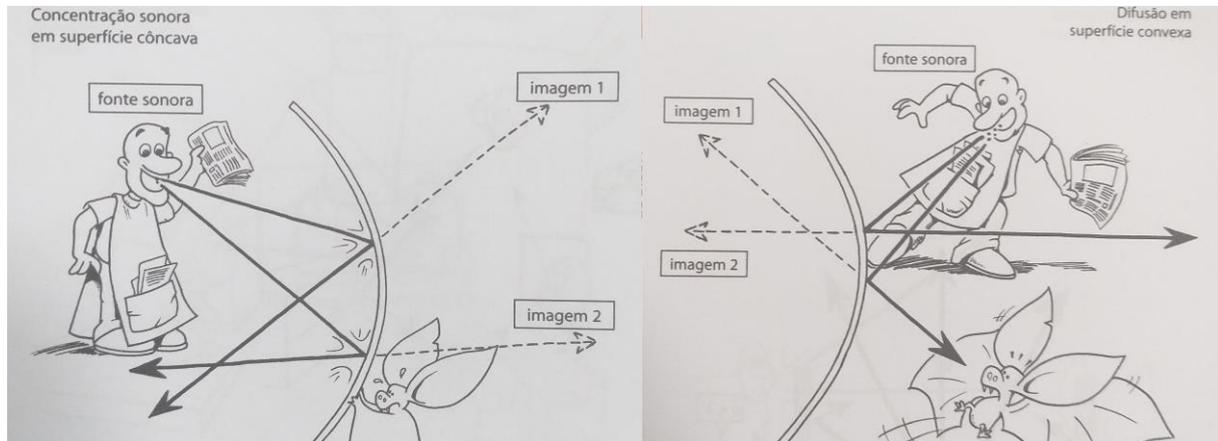
A reverberação consiste no prolongamento necessário de um som produzido, à título de sua inteligibilidade em locais mais afastados da fonte produtora. Isso se dá basicamente em recintos fechados. Esse prolongamento deverá ser maior quanto maior for a distância entre a fonte e a recepção, ou ainda, quanto maior for o volume interno do recinto (CARVALHO, 2010, p.33).

De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2012), as formas irregulares permitem uma melhor difusão do som em recintos fechados, no entanto a presença de determinados materiais (mais absorventes ou não) podem influenciar na reverberação, assim quanto mais absorventes os materiais de um recinto, menor o tempo de reverberação, e quanto menos absorventes forem esses materiais, maior o tempo de reverberação.

Segundo estudos realizados sobre as formas de propagação do som, nota-se que a reflexão, quando bem explorada para arquitetar formas e direcionamentos apropriados do som, é um ótimo instrumento para permitir o reforço e a distribuição sonora, pois aumenta a intensidade do som no ambiente. Quando se é convertida em formatos e materiais, sabe-se que barreiras verticalizadas e direcionadas a um núcleo são os formatos mais comuns e de maior eficácia aplicados em locais de acústica bem elaborada.

As superfícies côncavas podem causar efeito de eco, pois nota-se a concentração de várias reflexões em um mesmo ponto. Fenômenos como o eco, por exemplo, podem surgir de uma arquitetura esteticamente não bem elaborada para locais que contêm determinada emissão de som, como auditórios e teatros (Figura 4). Nesta análise, nota-se que superfícies convexas tendem a difundir a propagação de som. Essa difusão corresponde ao espelhamento de raios sonoros, de forma que a área de abrangência tende a resultar em uma melhor propagação quando comparado a superfícies planas (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2012).

Figura 3 - Concentração de superfícies sonora em côncava e convexa, respectivamente à direita e esquerda.



Fonte: SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA (2012).

2.1.3 Materiais e a Acústica

Ao propor uma forma para uma edificação acústicamente eficiente, logo se pensa em materiais que trazem eficácia para o ambiente planejado pelo profissional. Com o avanço da tecnologia, os meios construtivos passaram à ter maior avanço em tempo de obra e conforto térmico e acústico.

A capacidade de absorção dos materiais é uma característica que deve ser analisada mediante sua aplicação nas construções, desta forma, é válido ressaltar a importância de se entender os tipos de materiais existentes e a maneira como elas promovem a absorção, pois eles influenciam também na propagação do som (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2012).

Quando o som atinge uma superfície, uma parte da energia sonora é absorvida pelo material, a outra é refletida de volta reforçando o som no ambiente gerador de som, e o restante da sua energia é transmitida para o outro ambiente. Para o tratamento acústico interno, são consideradas as energias refletidas e absorvidas, portanto, é muito importante entender o posicionamento certo e a escolha de materiais acústicos, podendo adequar um espaço a sua qualidade sonora (SOUZA, 2016). Se tratando da tipologia dos materiais, nota-se que existe uma classificação com relação a função que o material pode desempenhar, sendo: isolantes, refletores, difusores e absorventes.

Sobre materiais isolantes, entende-se que é o material que se desenvolve a técnica usada para não passar o som de um ambiente para outro. Isso se dá através de uma composição de materiais densos e pesados que amortece ou dissipa a energia sonora, como por exemplo aplicação de gesso, a madeira e pedra lisa.

Os materiais refletores são aqueles que refletem o som, ou seja, devolvem o som para o seu emissor. Além disso estes materiais também podem agir como um isolante térmico, porém os riscos de aumentar a reverberação interna são maiores, o

que, dependendo do ambiente, pode causar desconforto acústico, sendo exemplos: azulejo, cerâmica e papel de parede.

Os materiais difusores agem combatendo a reflexão do som sem interferir o ambiente natural. Muitas vezes o som se difunde através do modelo da barreira criada. Os Difusores Acústicos ajudam a romper as reflexões indesejadas e a reduzir os efeitos dos modos ressonantes, sem diminuir o tempo de reverberação, estes utilizam superfícies com geometrias irregulares para dispersar a energia sonora incidente, uniformemente, e em múltiplas direções, (RIBEIRO, 2015).

Figura 5- Exemplo de material difusor em madeira.



Fonte: Site *SkumAcustics*(2015).

Os materiais absorventes são materiais que não deixam o som passar de um ambiente para outro e evitam o fenômeno conhecido como eco, quanto mais poroso for o material mais absorvente ele será. São exemplos desse tipo de material a lã de vidro, fibra e carpete (Figura 6).

Figura 6 - Exemplo de tratamento acústico através de lã de vidro e alvenaria.



Fonte: Google Imagens (2016).

Os materiais agem como uma parte da composição acústica muito importante. Além da forma, os materiais ditam o comportamento do som referente à sua dissipação e ajuda a controlar o controle dos ambientes, evitando o descontrole

acústico que causa transtorno em muitas situações, como por exemplo: ruídos de tubulações comumente ouvidos em prédios residenciais, a relação de um cinema com o todo de um shopping, os sons emitidos por locais de eventos, dentre outros.

3. Metodologia

A pesquisa será desenvolvida de forma qualitativa, através do desenvolvimento de descoberta de conhecimento a partir de bases textuais, leitura baseada em livros que tratam o assunto da acústica arquitetônica ligando-os à tipologia estrutural do estudo de caso. Além deste, optou-se em usar informações de sites relacionados à arquitetura e urbanismo.

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho é dividida em cinco etapas:

Etapa 1: preposição da arquitetura lógica e física com suporte à materiais de ensino e reportagens;

Etapa 2: Caracterização da Amostra em relação ao estudo. Relacionando críticas aos estudos extraídos;

Etapa 3: Coleta de Dados extraída através de pesquisa qualitativa;

Etapa 4: Avaliação dos resultados obtidos através da utilização da arquitetura proposta.

4. Dados e discussão

4.1 Estudos de Caso

4.1.1 Millenium Dome, Atual o2 Arena (*London UK*)

Como exemplo de forma bem elaborada acústicamente, destaca-se a famosa o2 Arena, ou o *Millenium Dome*, projetado por Richard Rogers, situada na Península de *Greenwish*, em Londres, UK. Com um terreno de quase 300 acres às margens do rio Tâmesa, o início de sua construção passou por alguns desafios que incluíam sua implantação no bairro onde terreno no qual seria implantado o projeto estava contaminado de lixo tóxico e o sistema viário de transporte da cidade não favorecia o local. No entanto, foi anunciado no ano de 1996 pelo governo da cidade um festival de música que seria no ano 2000. Sua obra precisou de apenas dois anos para ser concluída, durando de 1996 à 1998, sendo assim um marco de eficiência no processo de construção contemporânea (Brandão, 2015) (Figura 5).

Figura 5 - Vista externa do O2 Arena ou Millenium Dome.



Fonte: ArchDaily (2015).

Sua estrutura externa é composta por uma cúpula armada por 12 mastros de aço, que suspendem uma estrutura metálica tapada por uma espécie de tecido branco modelo PTFE em teflon, de apenas um milímetro de espessura, com revestimento em fibra de vidro.

A o2 Arena, ou Arena *Millenium Dome*, é usufruída de forma multiuso, funciona como uma espécie de *Shopping*, onde se encontram praças de alimentação, lojas, boliche, bares, áreas de esportes - que inclui escalar a própria cobertura da arena para apreciar a vista para a cidade -, cinema, e uma arena especializada para eventos de esportes e shows (Figura 6).

Figura 6- Planta baixa setorizada do o2 Arena, com arena de shows centralizada.



Fonte: Site Oficial do o2 Arena (2017)

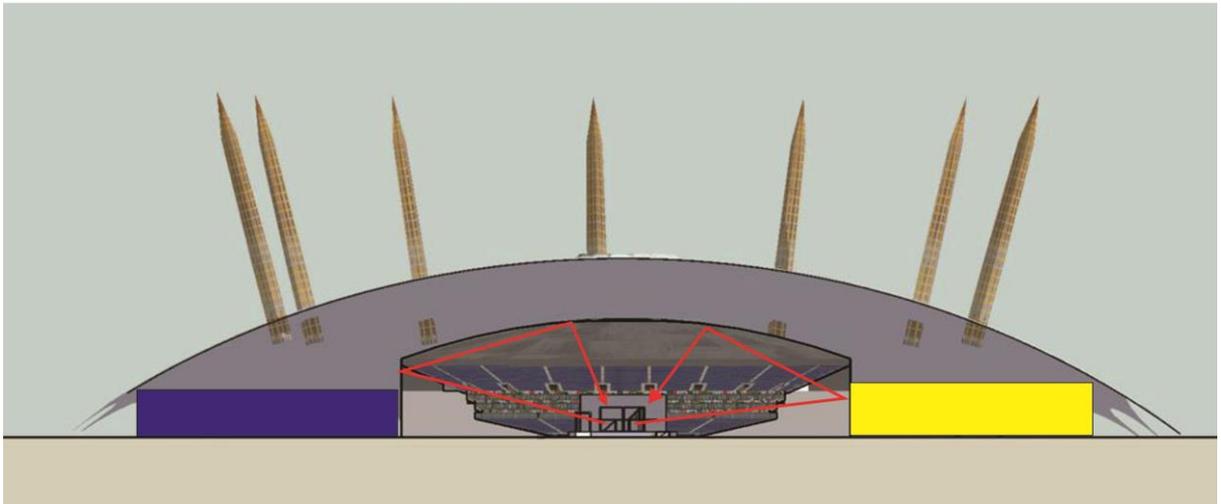
Localizada no centro de sua cúpula, a Arena de Shows conta com uma capacidade para até 20 mil pessoas, usado principalmente para música ao vivo. Artistas como *Rihanna*, *Linkin Park* e *Lady Gaga* foram alguns a se apresentarem nesta arena.

O tecido translúcido da cobertura permite que a luz solar entre na cúpula, reduzindo assim a necessidade de iluminação interior e diminuindo as demandas de energia do edifício. Qualquer energia necessária é proveniente de fontes renováveis, nomeadamente de resíduos domésticos, de esgotos e de vento. A cúpula também é ventilada naturalmente, com aberturas no centro do telhado liberando o ar quente ascendente e doze ventiladores extraindo o ar fresco do exterior (Bryant-Mole, 2017).

Além de ser eficiente termicamente a cobertura da arena possui grande capacidade de absorção sonora, um formato que permite que o som emitido pelos

ruídos de jogos e outros eventos não se propague para todos os ambientes devido à sua superfície ser lisa e composta por átomos de carbono. Ligado à esses fatores, a forma que fluxos da planta foi pensada determina o bem estar ambiental, sem que um setor atrapalhe o outro e todos permaneçam em constante funcionamento.

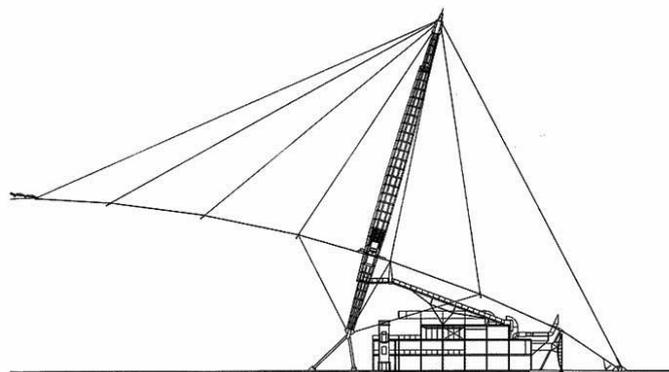
Figura 7- Corte esquemático do o2 Arena demonstrando o comportamento acústico



Fonte: Autor, 2019.

Sua forma côncava externa permite que o fluxo sonoro se concentre em sua parte externa. Nota-se que suas extremidades são abertas, isso se dá devido à implantação da cobertura em lona teflon com esquadrias em aço. Essas aberturas favorecem a ventilação no entorno da edificação sem causar danos no conforto acústico, uma vez que suas vedações variam entre setores, onde a parte de fluxo maior como acessos e praças de alimentação são mais abertas, e áreas de administração e entretenimento tendem à estar vedadas em alvenaria estrutural (Figura 8).

Figura 8 – Corte representativo de uma de suas extremidades.



Fonte: Pinterest (2010).

É interessante notar que a variação de reverberação no local é variável, uma vez que os acessos e halls de circulação sendo mais amplos, tendem à ter menos absorção de emissão sonora.

Com relação aos materiais aplicados na construção da edificação, foram utilizados para a vedação vertical interna concreto como base; para a estrutura da cobertura, torres de aço pintadas de amarelo com pés de borracha em base de concreto fixando-a ao solo e matriz de fibra de vidro de PTFE (Teflon) (Gilbert, 2011).

O isolamento acústico da arena é feito através de placas de gesso e concreto. A arena de shows tem uma característica acústica relevante: foram implantadas quatro blocos verticalizados de concreto em suas extremidades com um espaçamento de vinte metros. Essa técnica aprimora a acústica durante eventos como shows e jogos atléticos.

Figura 9 - Processo de construção do o2. Levantamento de vedações verticais da arena central.

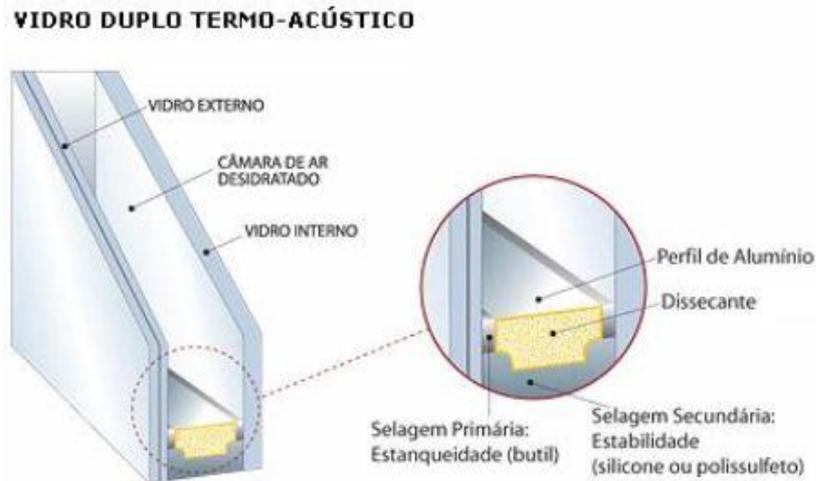


Fonte: o2 Arena Site Oficial (2013).

Devido ao partido tecnológico da arena, segundo o arquiteto Richard Rogers, além de optar por uma estrutura chamada *Steel Core* (que se trata de uma técnica construtiva extremamente leve, à base de estrutura metálica e revestimentos de pouco peso) a equipe técnica de construção optou por usar esquadrias acústicas em algumas edificações do setor comercial da arena. Áreas como o setor administrativo, por exemplo, trouxeram um modelo específico de esquadrias que driblam os ruídos emitidos pela movimentação intensa nas áreas de maior fluxo.

Esquadrias acústicas tratam-se de esquadrias com capacidade de isolamento acústico superior as esquadrias convencionais. Nas esquadrias compostas por vidro, por exemplo (Figura 10), o acréscimo de massa dos vidros e os afastamentos relativos entre os mesmos são fatores determinantes de isolamento acústico (Carvalho, 2010).

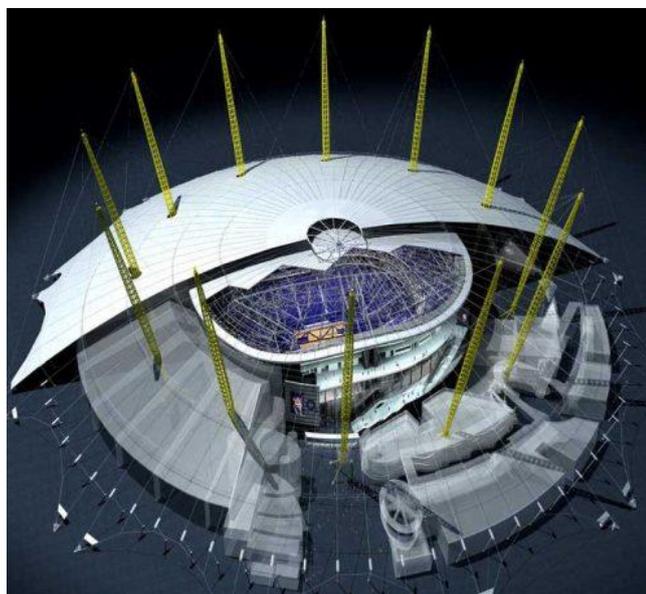
Figura 10- Exemplos de esquadrias acústicas em vidro. A camada de ar entre os vidros trás a eficiencia acústica necessária.



Fonte: Naldine (2015).

Ao concluir o estudo de caso, nota-se que a o2 Arena é um projeto acusticamente eficaz, que promove inovação em materiais e técnicas arquitetônicas. O programa de necessidades da obra exige um bom tratamento em relação as suas vedações verticais, que de fato foram implantadas de forma inteligente. A setorização bem elaborada trouxe harmonia para que todos os ambientes funcionassem independentemente do evento que trouxessem ao local. Sua cobertura dupla na parte central da arena deu ênfase no conforto acústico em relação ao setor comercial, onde a circulação é densa (Figura 11).

Figura 11- Corte esquemático superior da o2 Arena: arena de shows em relação aos demais setores.



Fonte: WikiArquitetura (2016).

4.1.2 Jeunesse Arena, ou HSBC Arena (Rio de Janeiro, BR)

Ao ser construída em prol dos Jogos Panamericanos de 2007, a Jeunesse Arena se tornou uma referência no Brasil ao receber o prêmio CAIO, em sua 19ª edição, como melhor acústica da América Latina. Desde o início dos anos 2000 recebe eventos esportivos e culturais. Sua localização se dá no Parque Olímpico, na Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro. É um espaço multiuso de padrão internacional, sendo referência por sua arquitetura bem elaborada (Figura 12) (Site Oficial da Jeunesse Arena, 2017).

Figura 12 - Fachada principal da Jeunesse Arena. Seu formato simétrico externo trás funcionalidade para seu interior.



Fonte: Jeunesse Arena (Site Oficial) (2017).

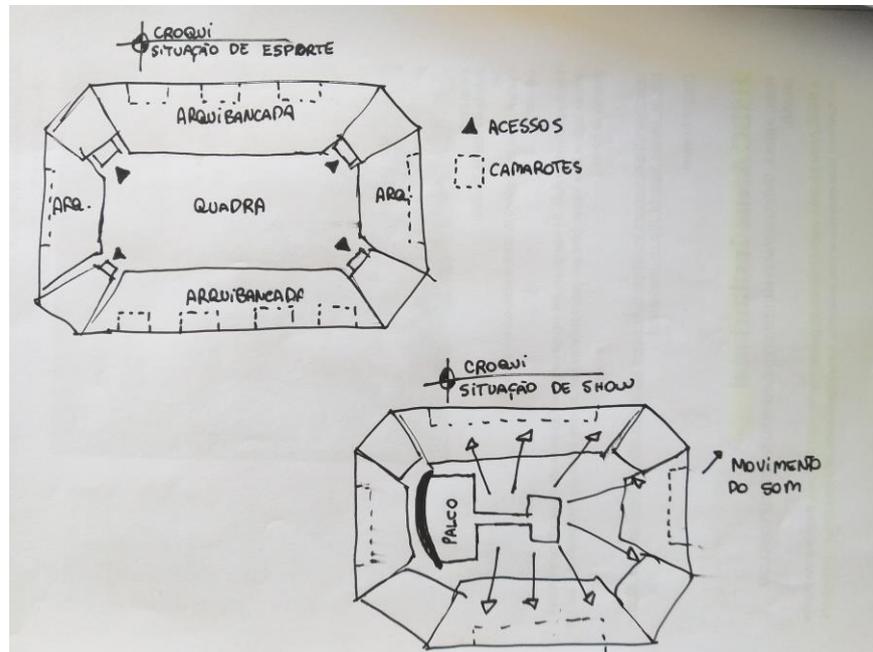
De forma versátil, a arena traz arquibancadas retráteis (360°) e realiza evento para variar o público entre 300 à 18 mil pessoas. Suas instalações atendem todos os parâmetros e especificações exigidas por federações internacionais de basquete, como a NBA (Site Oficial da Jeunesse Arena, 2017).

Projetada nos moldes das maiores e mais modernas arenas do mundo, a Jeunesse Arena também é referência em grandes shows nacionais e internacionais devido à qualidade acústica; conforto para o público; climatização; e à versatilidade que oferece para diferentes formatações de palco e cenografia. Nomes como Paul McCartney, Roberto Carlos, Bob Dylan, Amy Winehouse, Beyoncé, Eric Clapton, Sade, Maroon 5, Jennifer Lopez, Ivete Sangalo, Guns'n'Roses e Iron Maiden já se apresentaram por lá (Jeunesse Arena, 2017).

A Arena tem seu formato simétrico, o que possibilita uma fácil adaptação de cobertura e climatização, conta com uma quadra central de 2.400m² e 4 níveis de arquibancada com a capacidade para até 14 mil pessoas. Além de um Auditório, possui 54 camarotes, dois lounges de 440m² e estacionamento para até 1.000 carros (Site Jeunesse Arena, 2017).

Ao analisar sua localização conclui-se que o acesso pra quem segue de carro ou outro transporte viário é o mais favorecido. Em seu entorno, encontram-se hotéis e outros espaços multiuso para uso público privado. (Figura 13).

Figura 13 - Croquis esquemáticos de situações em eventos acontecidos dentro da arena

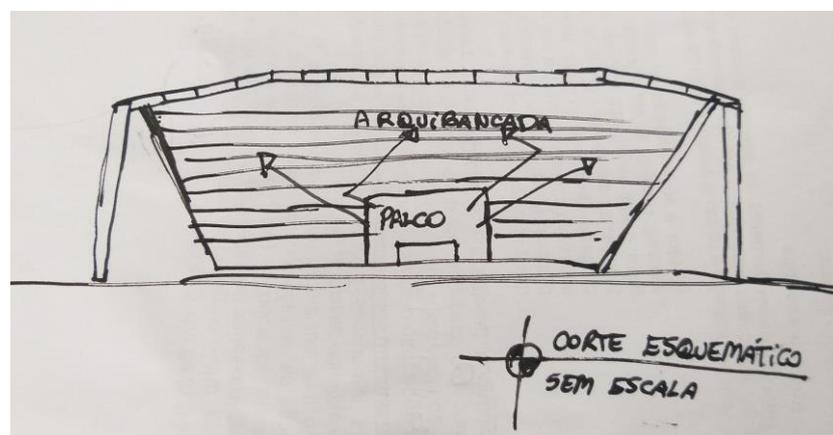


Fonte: Autor (2019).

Entendendo o intuito da edificação, nota-se que seu uso é público privado, uma vez que eventos pagos acontecem no local constantemente vê-se a necessidade de sua implantação ser mais afastada de moradias devido ao som emitido pela edificação.

O som emitido pela edificação, de forma periódica, é facilmente notado em sua parte externa. Esta reação sonora se dá devido à cobertura da edificação, que tem pouca vedação acústica (Figura 14).

Figura 14 - Corte esquemático em croqui. As setas apontam o comportamento do som emitido, por exemplo, por um palco.



Fonte: Autor (2019).

Figura 15 - Vista do interior: cobertura e suas esquadrias metálicas.



Fonte: Lance.com.br (2017).

Durante a análise de dados recolhidos e a visita ao local, notou-se uma forma arquitetonicamente bem elaborada para o uso da edificação. Tratando-se de uma arena multiuso, a Jeunesse Arena traz um formato simétrico direcionando suas arquibancadas para um ponto chave: o centro. Um exemplo disso se dá nas antigas teorias de anfiteatros que posicionam um palco como centro.

A acústica pode ser um fator determinante no partido arquitetônico e na plástica do edifício. Obviamente, um teatro, uma casa de espetáculos ou um cinema devem ser projetados de modo a possuir seções longitudinais e transversais definidas por normas acústicas, para garantir boa inteligibilidade (SILVA, 2002).

Assim, entende-se que a forma, como abordado no estudo de caso anterior, é primordial para um resultado eficiente no quesito acústico de uma edificação (Figura 15).

Com relação aos materiais utilizados para a construção da edificação, são materiais comumente usados em edificações brasileiras de grande porte. Sua estrutura feita em alvenaria e concreto regem todo o perímetro que sustenta a cobertura, criada em estrutura metálica, suspensa por cabos de aço em sua parte superior. Tais materiais podem causar efeitos como o eco em sua parte interna.

4.1.3. Análise comparativa dos estudos de caso

Ao coletar as informações para os estudos de caso, nota-se as principais diferenças entre as duas edificações. É interessante que o porte difere mediante suas localizações, assim como as técnicas construtivas, os programas de necessidades e a implantação considerando o entorno local.

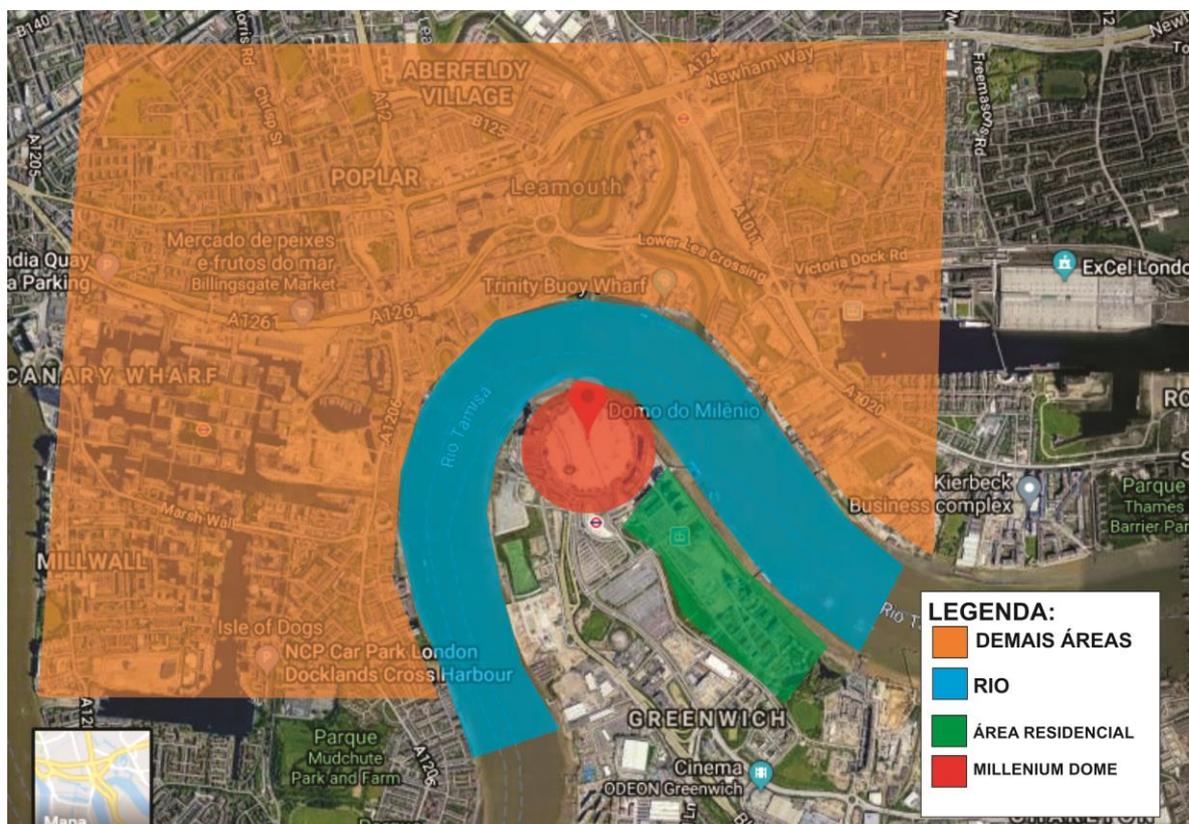
Assim, entende-se que, enquanto o *Millenium Dome* ou o *o2 Arena* encontra-se nas proximidades do centro da cidade de Londres, a Jeunesse Arena, no Rio de

Janeiro, se localiza em uma parte mais distante das áreas de maior fluxo da cidade. A implantação da Jeunesse Arena se distanciou da área de moradias devido ao intenso impacto sonoro que seu uso poderia causar, no entanto o tratamento acústico da o2 Arena tomou como iniciativa implantar uma arena multiuso em uma área de fácil acesso da cidade sem que causasse perturbação sonora ao seu entorno.

Observa-se que o intuito da implantação distanciada da Jeunesse arena seria afastá-la das demais edificações, como moradias, para que os ruídos emitidos por ela não influenciasse no dia a dia dos demais. A edificação apresenta pouco tratamento acústico através dos materiais, levando em consideração sua estrutura tradicional comumente vista nas demais edificações brasileiras (Figura 17).

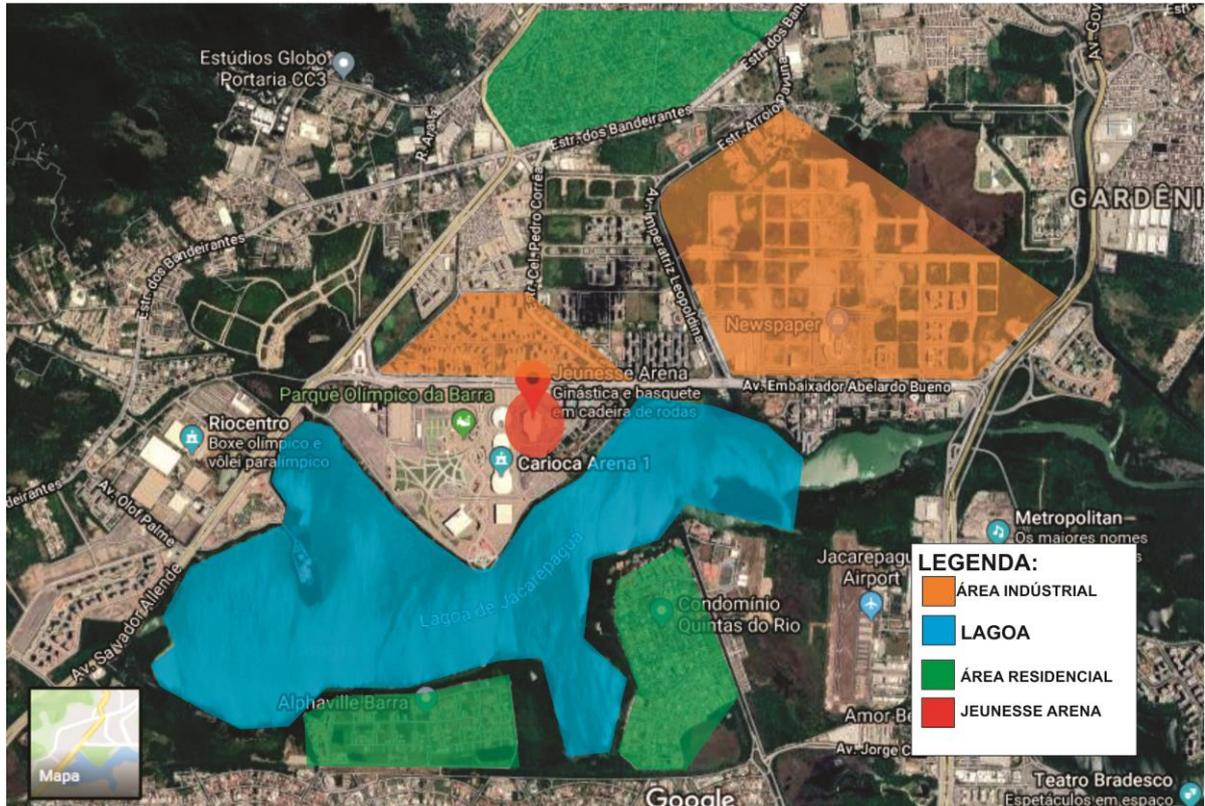
Quanto ao o2 Arena, observa-se uma preocupação com os materiais usados para sua estrutura. Um grande diferencial seria o tratamento usado na cobertura em teflon, um tecido que tem um nível de reflexão elevado, impedindo assim que os ruídos emitidos pelos eventos na arena não ultrapassem seus limites influenciando o entorno (Figura 16).

Figura16- Ligação da o2 Arena com o seu entorno, focando em sua inclusão nas partes mais movimentadas da cidade.



Fonte: Google Earth (Editado) (2019).

Figura17 - Localização da Jeunesse Arena em relação às partes mais movimentadas da cidade.



Fonte: Google Earth (Editado) (2019).

Ainda em uma comparação entre as duas arenas, percebe-se que o uso de materiais para a construção arquitetônica são diferentes, uma vez que a Jeunesse arena tem sua dimensão mais compacta quando comparada à o2 Arena.

Ao comparar as dimensões das edificações, enquanto a Jeunesse Arena tem cerca de 3.000 m², a o2 Arena ou Millenium Dome, possui sua armação de cerca de 1.00km de diâmetro. Em cima dessas informações entende-se que mesmo com uma diferença muito grande de tamanho, a Jeunesse Arena não traz tanto tratamento acústico através de materiais e outras estratégias arquitetônicas.

Com relação as ondas sonoras, entende-se que quanto maior a fonte, maior o ruído. Dentro das análises feitas sobre as arenas nota-se que cada uma propôs uma estratégia de acústica diferente: Enquanto a o2 Arena trabalhou todo o sistema acústico implantando-a em uma área popular da cidade, a Jeunesse Arena foi implantada em um espaço onde seus ruídos não fossem atingir as áreas residenciais (Figura 17).

3.CONCLUSÃO

A propagação do som se dá através de ondas sonoras e sua capacidade depende de sua frequência. Algumas características do ambiente tem grande influência em como o som reage, como exemplo: o meio em que se propaga, a forma e os materiais aplicados. A forma pode causar problemas na reverberação local se mal projetada e, com isso, a composição de formas côncavas e lineares podem ser utilizadas como meios eficazes de se produzir um espaço (uma forma) onde a propagação do som seja controlada. Já os materiais tem o papel de absorver, refletir, isolar e difundir o som de forma que sua qualidade fique adequada ao seu uso. Tais cuidados ao formular uma edificação evitam que fenômenos como o Eco aconteçam.

Ao analisar a vivencia urbana e a relação de edificações, nota-se que a acústica bem elaborada vem para criar barreiras que impeçam a propagação de sons e ruídos indesejáveis emitidos por edificações que tendem à emitir com mais frequência esses ruídos para o entorno. Em comparação ao assunto, foram feitos dois estudos de caso sobre arenas multiuso: a o2 Arena (*Millenium Dome*) em Londres (Reino Unido), e a Jeunesse Arena (HSBC Arena) do Rio de Janeiro (Brasil). As arenas são grandes emissoras de sons e ruídos.

Sob o estudo das arenas, fica evidente que a o2 Arena trouxe um tratamento acústico mais bem elaborado em relação a Jeunesse Arena. Enquanto a “o2” se destacou em materiais inovadores e melhor localização urbana, a Jeunesse afastou-se da cidade com um uso menor de materiais específicos para a acústica, com técnicas construtivas tradicionais. Quanto a acessibilidade, a localização usada no Rio de Janeiro em busca de não causar impacto com ruídos na área mais central da cidade, acabou favorecendo aos que transitam de transporte privado, enquanto em Londres a acessibilidade se tornou critério para a implantação da arena.

Conclui-se que o conforto acústico tem sido uma preocupação cada vez mais relevante na arquitetura, com isso os meios construtivos passaram a trazer uma eficácia maior através da forma e dos materiais que trouxessem um controle acústico mais avançado. Atualmente, o quesito tecnológico, que traz soluções inteligentes e funcionais para a arquitetura contemporânea, assim, as técnicas de acústica podem ser aplicadas em inúmeros tipos de edificações, como prédios, estúdios, escolas, e é de extrema importância que o Arquiteto e Urbanista tenha o domínio desta área.

4. REFERÊNCIAS

SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, Léa; Manuela; Luis. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**. São Carlos: EduFSCar, 2012.

CARVALHO, Régio. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2010.

RIBEIRO, Raslan. **Acústica Previsional aplicada à salas de espetáculo**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016951.pdf>> Acesso em: 15/5/19;

MOLE, Bryant. **Clássicos da Arquitetura: Millennium Dome / Richard Rogers**. Londres: ArchDaily, 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/805368/classicos-da-arquitetura-millennium-dome-richard-rogers-rshp>>. Acesso em: 10/5/19;

SILVA, Henry. Direito à memória das comunidades tradicionais: Carla Basilio Marcelo, São Paulo. **As Barreiras Acústicas na Atenuação do Ruído na Cidade**, v.1, n.4, p. 146-150, 2006. Disponível em: <<http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/2577/11/Carla%20Basilio%20Marcelo%209%20Cap4.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2019;

JAÉN, Alejandro. **Difusores Acústicos**. Villadecaes: Skum Acústics, s/d. Disponível em: <<https://www.skumacoustics.com/pt/8-difusores-acusticos>>. Acesso em: 11/4/19

BRANDRÃO, Zeca. **Millenium Dome: Um projeto Nacional pra Poucos**. Londres: Vitruvius, 2001. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/01.010/912>> Acesso em: 19/4/19;

O2 Arena Site Oficial. Londres: o2, 2018. Disponível em: <<https://www.theo2.co.uk/>> Acesso em: 25/4/19;

RIBEIRO, Renato. **Ondas Sonoras e os sentidos da audição**. São Paulo: Em, 2015; Disponível em: <<https://www.em.com.br/app/noticia/especiais/educacao/enem/2015/11/11/noticia-especial-enem,706844/ondas-sonoras-e-a-capacidade-do-homem-em-emitir-sons.shtml>> Acesso em: 19/4/19;

Jeunesse Arena Site Oficial. Rio de Janeiro: HSBC, 2018. Disponível em: <<http://jeunessearena.com.br/>> Acesso em: 30/4/19;

BRASIL. Procel Edifica. **Acútica Arquitetônica**. Rio de Janeiro: Procel, 2016. Disponível em: <<https://ambeefau.files.wordpress.com/2011/09/acustica.pdf>>. Acesso em: 25 abri. 2019.