



ESTUDO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO DE UM ESTÚDIO DE GRAVAÇÃO DE MÚSICA – DA CONCEÇÃO À EXECUÇÃO

Diogo Mateus ¹, Andreia Pereira ¹, Luís Godinho ¹

¹ ISISE, Department of Civil Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portugal
{diogo@dec.uc.pt; apereira@dec.uc.pt; lgodinho@dec.uc.pt}

Resumo

A obtenção de condições acústicas adequadas em estúdios de gravação de música, para além do elevado nível de exigência no estudo acústico, obriga a uma grande pormenorização e a uma forte interação e compatibilização com as restantes especialidades de projeto envolvidas, e, em fase de obra, a um apertado controlo do processo construtivo. Na situação particular das salas de captação de música, onde a tendência é cada vez mais a valorização da vivacidade da sala (média ou elevada reverberação sonora), a forma da sala e o equilíbrio entre revestimentos de elevada absorção sonora e revestimentos refletivos (incluindo difusores acústicos) é fundamental. No presente artigo é efetuada uma síntese do projeto de condicionamento acústico de um estúdio de gravação de música, uma breve descrição do processo construtivo, com incidência sobretudo para os pequenos erros de execução que poderiam ter sido fortemente condicionantes se não tivessem sido detetados, e, finalmente, a caracterização acústica final, através de medições acústicas realizadas no local.

Palavras-chave: acústica, ruído, difusores, régie, sala de captação.

Abstract

To obtain adequate acoustic conditions for music recording studios, in addition to the complexity of the acoustic study itself, requires a detailed project and a strong interaction and compatibility with other involved project specialties. In the construction phase, a very tight control of all processes is also required. In the particular situation of music recording areas, where the current trend is to value the liveliness of the room (medium or high sound reverberation), the shape of the room and the balance between high sound absorption materials and reflective solutions (including diffusers acoustic) are critical. In this paper, a case study is used to highlight the acoustic conditioning design of a music recording studio, giving a brief description of the construction process, and focusing particularly on small execution errors that could have turned into acoustic pathologies if not detected timely. Finally, the acoustic characterization by means of acoustic measurements is presented.

Keywords: acoustics, noise, diffusers, regie, music recording areas.

PACS no. 43.55.Br

1 Introdução

A obtenção de condições de conforto acústico de uma sala passa geralmente por uma análise articulada segundo quatro vertentes da acústica: o isolamento a sons aéreos; o isolamento de ruídos de percussão; o condicionamento acústico interior; e o condicionamento acústico e vibrátil das instalações técnicas. No caso específico de estúdios de gravação de música, o elevado nível de exigência obriga a um estudo muito detalhado, com grande pormenorização, e a uma forte interação e compatibilização com as restantes especialidades de projeto envolvidas, quer em fase de projeto, quer posteriormente durante a obra, onde deve existir um apertado controlo do processo construtivo.

O presente artigo surge na sequência de um trabalho de projeto e consultoria desenvolvido em 2014, com o acompanhamento da obra durante 2015. Para além dos estúdios de gravação, onde se centra este artigo, faziam parte outros locais, nomeadamente, salas de música, um auditório de música, sala multimédia e vários espaços de apoio. Estes espaços foram criados num edifício já existente (edifício escolar), pelo que a geometria dos mesmos foi condicionada pelas condições existentes.

Os estúdios de gravação em análise são constituídos por uma sala de captação com cerca de 25 m² e por uma régie com cerca de 30 m², que neste caso apresentava dimensões superiores à sala de captação por se destinar também ao ensino, apresentando uma pequena área de plateia destinada a alunos.

2 Disposições legais e requisitos acústicos propostos

No que se refere aos requisitos técnico-funcionais dos edifícios, encontra-se em vigor em Portugal o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE, aprovado pelo Dec. Lei nº 129/2002 de 11 de Maio, e atualmente, com a nova redação dada pelo Dec. Lei nº 96/2008 de 9 de Junho) [1].

Na presente situação, dada a especificidade das instalações em estudo e a não existência de requisitos do RRAE, diretamente aplicáveis, foram considerados como referência os seguintes requisitos acústicos, para a zona específica dos estúdios de gravação:

- $D_{nT,w} \geq 60$ dB e $L'_{nT,w} \leq 35$ dB, entre a Sala de Régie e a Sala de Captação;
- $D_{nT,w} \geq 48$ dB e $L'_{nT,w} \leq 40$ dB, entre zonas de circulação interna (hall) e a sala de captação ou régie;
- $D_{nT,w} \geq 60$ dB e $L'_{nT,w} \leq 35$ dB, entre zonas de circulação principais do edifício e a sala de captação ou régie;
- $D_{nT,w} \geq 60$ dB e $L'_{nT,w} \leq 35$ dB, entre outras salas e a sala de captação ou régie;
- $R'_{w} \geq 55$ dB, entre o exterior e a sala de captação ou régie;
- $0,6 \leq T \leq 0,8$ s, $RASTI \geq 65\%$ e $D50 \geq 65\%$, na sala de captação;
- $0,3 \leq T \leq 0,4$ s, $RASTI \geq 80\%$ e $D50 \geq 85\%$, na régie;
- $L_{Aeq} \leq 25$ dB(A), na sala de captação, relativamente ao funcionamento de equipamentos (instalações técnicas).
- $L_{Aeq} \leq 30$ dB(A), na sala de régie, relativamente ao funcionamento de equipamentos (instalações técnicas).

Na sala de captação, por forma a permitir condições de acústica variável, em função do tipo de música e objetivos pretendidos, foi ainda considerado um requisito adicional de acústica variável, propondo-se um valor de T próximo de 0,6 s para a situação mais absorvente e um valor de T da ordem de 0,75 s para a situação de menor absorção sonora.

3 Soluções propostas em projeto

De acordo com o exposto anteriormente, a obtenção de um comportamento acústico adequado dos espaços em estudo passa pela adoção de um conjunto de medidas e soluções de condicionamento acústico interior, de isolamento a sons aéreos, de isolamento a sons de percussão, da minimização dos níveis de “ruído de fundo”, e da minimização da transmissão de ruído para fora dos espaços em estudo [2,3,4]. No caso específico dos estúdios de gravação, onde se centra o presente trabalho, as soluções gerais propostas foram essencialmente as seguintes:

- Criação de uma envolvente de cada sala constituída por elementos pesados, nomeadamente as lajes de piso e de teto já existentes e paredes de alvenaria de tijolo, umas existentes e outras novas, com reforço integral de isolamento através de elementos aligeirados rigidamente desligados dos elementos pesados envolventes (ver esquema da Figura 1).
- Com vista a minimizar o paralelismo entre superfícies, em particular nas de menor absorção sonora, os elementos aligeirados de reforço de isolamento foram executados com alguma inclinação, relativamente à laje de teto e às paredes de alvenaria.
- Aplicação de vão envidraçado entre a sala de captação e a régie, constituído por caixilharia dupla fixa e não paralela, com um vidro duplo no primeiro caixilho, constituído por um vidro laminado do tipo 55.2 (10,8 mm de espessura), uma caixa de ar 12 mm, e um segundo vidro de 8 mm de espessura, e um vidro simples laminado do tipo 66.2 (com 12,8 mm) no segundo caixilho. Este segundo caixilho ficou inclinado com cerca de 8°, e o contorno entre caixilhos foi revestido com material fonoabsorvente (ver Figura 2). Os elementos aligeirados de reforço de isolamento em toda a envolvente de cada sala, em conjunto com este vão, permitem formar uma “caixa” independente para cada sala, mesmo ao nível do vão envidraçado, ficando a junta de separação do vão entre caixilhos.
- Aplicação de revestimentos interiores com características distintas de absorção, reflexão (reflexão especular) e de difusão (reflexão difusa), conforme ilustrado na Figura 1 e 3. Em cada sala foram criadas zonas com acabamento liso, em gesso laminado em paredes (no mínimo com dois painéis sobrepostos de 12,5+12,5mm) e em painel de madeira no pavimento, zonas de teto com painéis perfurados em gesso laminado perfurado, e lã mineral no tardo, zonas de parede com painéis perfurados em madeira, igualmente com caixa de ar preenchida com lã mineral, e zonas com aplicação de difusores acústicos, combinado dois tipos distintos de difusores. No caso da sala de captação, para possibilitar uma acústica variável, procedeu-se ainda à aplicação de painéis rotativos de dupla face, com uma face lisa (refletores) e outra fonoabsorvente, conforme se ilustra nas Figuras 1 e 3.
- Aplicação de portas acústicas com um índice $R_w \geq 46$ dB, constituída por conjunto porta mais aro, de duplo batente em todo o contorno, incluindo na soleira, e criação de uma zona de acesso restrito junto à entrada dos estúdios (hall), revestida com superfícies de elevada absorção sonora.
- Condicionamento acústico e vibrático dos equipamentos de AVAC, nomeadamente através da aplicação de apoios antivibratórios nos equipamentos, mangas elásticas na ligação das condutas aos equipamentos, atenuadores sonoros imediatamente antes e depois do atravessamento das paredes envolventes do estúdios e o reforço de isolamento na envolvente das condutas, com uma primeira camada de lã mineral seguida de 3 camadas autoadesivas de material elastómero. As condutas de insuflação e de extração para cada sala são independentes.

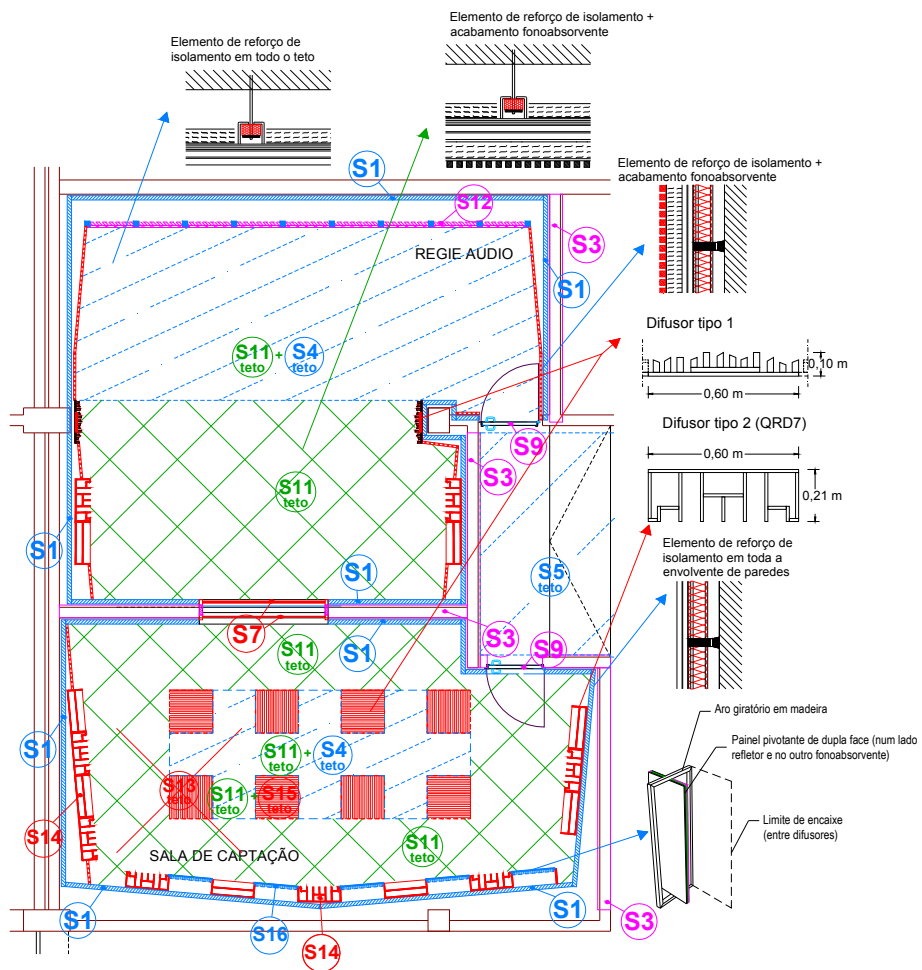


Figura 1 – Esquema de princípio com as soluções propostas para as salas de captação e régie.

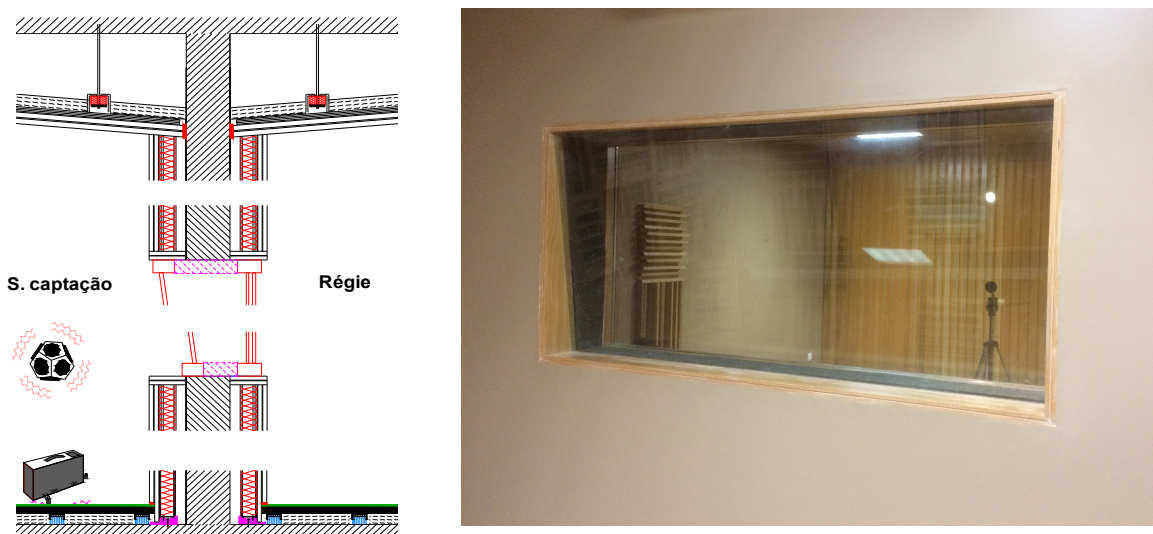


Figura 2 – Esquema de princípio com um corte construtivo entre a régie e a sala de captação e imagem ilustrativa do vão envidraçado.



Figura 3 – Imagem ilustrativa dos painéis difusores aplicados (neste caso os do tipo QRD 7) intercalada com painéis rotativos de dupla face (posicionados com a face fonoabsorvente visível).

4 Avaliação acústica durante a obra

De uma forma geral, a obtenção de condições acústicas adequadas em edifícios passa não só pela adoção de soluções construtivas apropriadas, e devidamente compatibilizadas com as restantes especialidades de projeto, como também por uma correta e cuidada execução em obra. Uma solução de previsível elevado desempenho acústico pode resultar num fracasso, se forem cometidos erros de execução, mesmo que de pequena dimensão [5]. No caso de estúdios de gravação, dada a especificidade e o grau de exigência, o processo construtivo assume uma importância ainda maior. Mesmo para empresas de construção da especialidade, com elevada experiência, é frequente a ocorrência de erros de execução, por vezes de pequeníssima dimensão e quase impercetíveis, mas que acabam por ser decisivos no resultado final. Na presente situação, como se optou por uma empreitada de concurso público, onde o preço foi decisivo na escolha do empreiteiro, a obra acabou por ser adjudicada a uma empresa com pouca experiência neste tipo de obras, e o processo construtivo passou a ter um papel ainda mais decisivo, o que exigiu um acompanhamento de obra muito apertado. Ao longo da obra, e por várias vezes, foi necessário proceder à demolição de trabalhos mal executados ou executados com materiais de características muito diferentes dos prescritos em projeto.

A título de exemplo, são apresentados de seguida alguns resultados intercalares, de isolamento sonoro, obtidos durante a obra, e que mostram efetivamente como alguns erros de execução podem ser determinantes. Na Figura 4 são apresentados os resultados de isolamento sonoro entre a régie e a sala de captação, obtidos em três fases diferentes: após a execução incorreta do contorno do vão; depois da correção do vão; e depois da obra concluída, após correção de zonas de atravessamento de cabos. Tal como já referido, o projeto previa a materialização de dois caixilhos/aros totalmente independentes, com uma junta de separação entre envidraçados e com um revestimento fonoabsorvente no contorno, e numa primeira fase foi executado um aro único para os dois envidraçados. Por outro lado, em vez do preenchimento do tardo dos referidos aros com material denso e elastómero (mástique), os vazios foram fechados com espuma rígida de poliuretano projetado. Foi então necessário proceder à retirada dos vidros, à criação de dois aros independentes para fixação dos envidraçados, devidamente calafetados no tardo e com aplicação de material de elevada absorção sonora entre envidraçados, e à recolocação dos envidraçados. Após esta correção do vão, foi ainda necessário minimizar transmissões indiretas que ocorriam através das mangas de atravessamento de cabos entre as duas salas, criando “pequeno rolhões absorventes” nas extremidades.

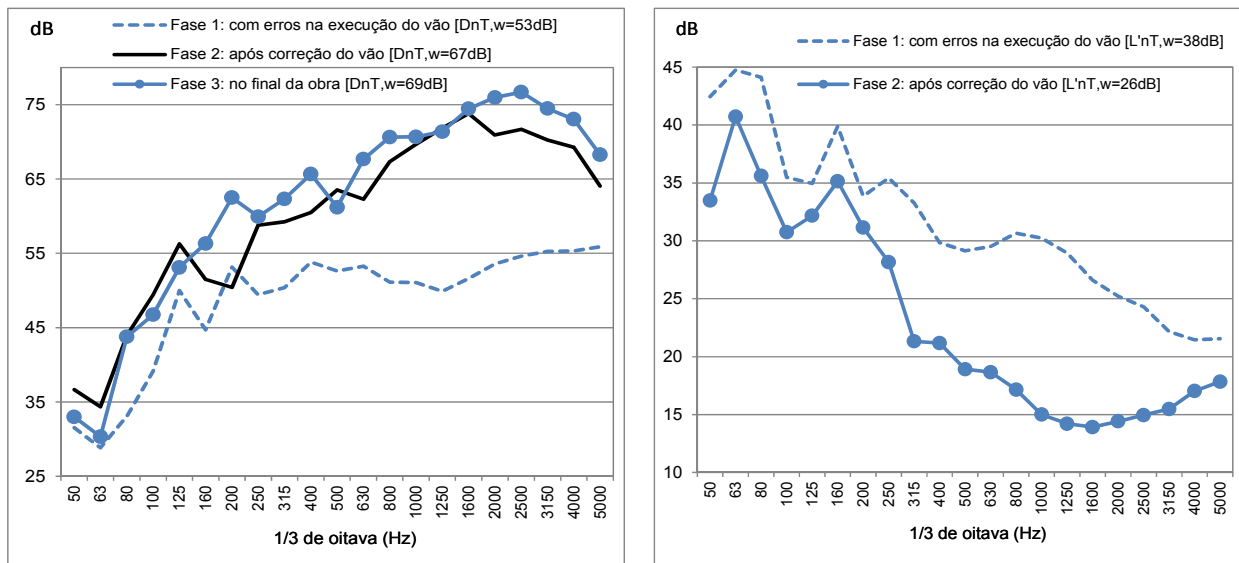


Figura 4 – Isolamento sonoro padronizado, a sons aéreos (lado esquerdo) e a sons de percussão (lado direito), entre a sala de captação e a régie, obtido em 3 fases distintas da obra.

Na Figura 5 são apresentados os resultados de isolamento sonoro, a sons aéreos, entre o hall de acesso aos estúdios e a régie e entre este hall e a sala de captação. No caso da porta da sala de captação, foi necessário proceder à correção do respetivo aro, que apresentava frinchas no contorno, e ao reposicionamento dos batentes, de forma a aumentar a vedação de frinchas. Nesta Figura são apresentados os resultados obtidos antes e após concretização desta correção. Posteriormente foram ainda reajustados (apertados) os vedantes de contorno da porta, tendo si possível um segundo aumento no valor de DnT,w de 2 dB. Apesar das incorreções no aro e nos batentes da porta não condicionarem a transmissão por via sólida, a correção destas insuficiências permitiu também uma melhoria significativa no índice L'nT,w, uma vez que antes da correção a componente de transmissão por via aérea, decorrente do “ruído de tambor” gerado pela percussão do piso, era condicionante.

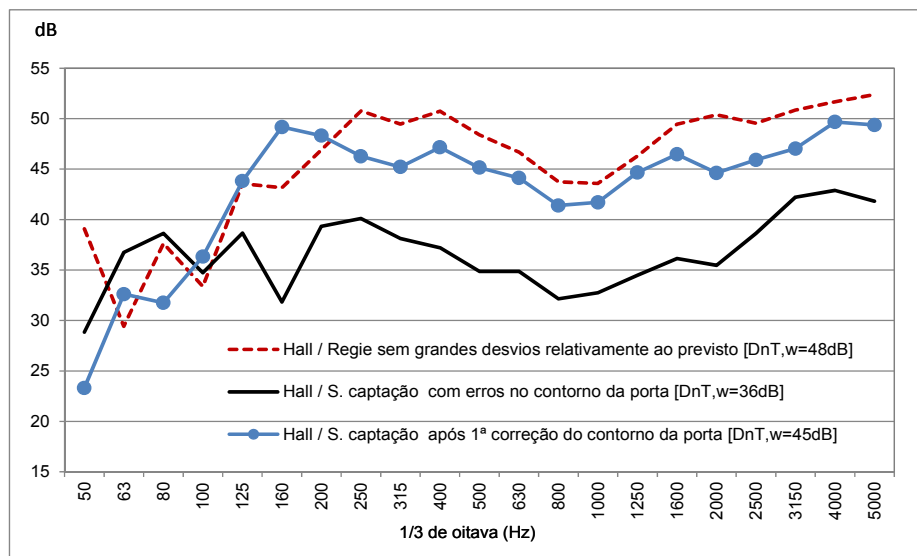


Figura 5 – Isolamento sonoro padronizado a sons aéreos, obtido entre o hall e a régie e entre o hall e a sala de captação (neste último caso, antes e depois da correção da porta).

Da análise dos resultados das Figuras 4 e 5 verifica-se que, após a introdução de várias correções construtivas foi possível melhorar significativamente o isolamento sonoro. Refira-se que, no caso da transmissão de sons de percussão entre a sala de captação e a régie, na fase 1, esta ocorria sobretudo através da ligação pavimento/reforço de parede/aro do vão entre salas. Com a criação de dois aros independentes no vão, esta via passou a ser desprezável. No final da obra, após correção das mangas de atravessamento de cabos, não foi realizado o ensaio de isolamento a sons de percussão, mas tudo indica que o resultado seria semelhante ao obtido na designada fase 2.

5 Avaliação acústica final

Após a concretização das soluções propostas em projeto, em muitos casos depois de sucessivas correções, decorrentes de erros de obra, foi possível concluir a obra e atingir a generalidade dos objetivos pretendidos.

Nas figuras seguintes são apresentados alguns dos resultados finais, considerados mais relevantes, obtidos nos estúdios de gravação. Todos os resultados de isolamento sonoro apresentados foram determinados para um tempo de reverberação de referência de 0,3 para a régie e de 0,6 s para a sala de captação. As Figuras 6 e 7 apresentam as curvas de isolamento sonoro padronizado, respetivamente para sons aéreos e para sons de percussão, entre a sala de captação e a régie, entre o hall dos estúdios e a sala de captação e entre uma outra sala adjacente e a régie. No caso da Figura 7, é ainda apresentado o isolamento sonoro a sons de percussão obtido entre o hall e a régie (o isolamento a sons aéreos encontra-se na Figura 5).

Na Figura 8 são apresentados os níveis de ruído de fundo (residuais) e os níveis de ruído produzidos pelo sistema de AVAC, considerando a velocidade de ventilação intermédia (velocidade V2), na insuflação e na extração, obtidos no interior das salas de captação e régie.

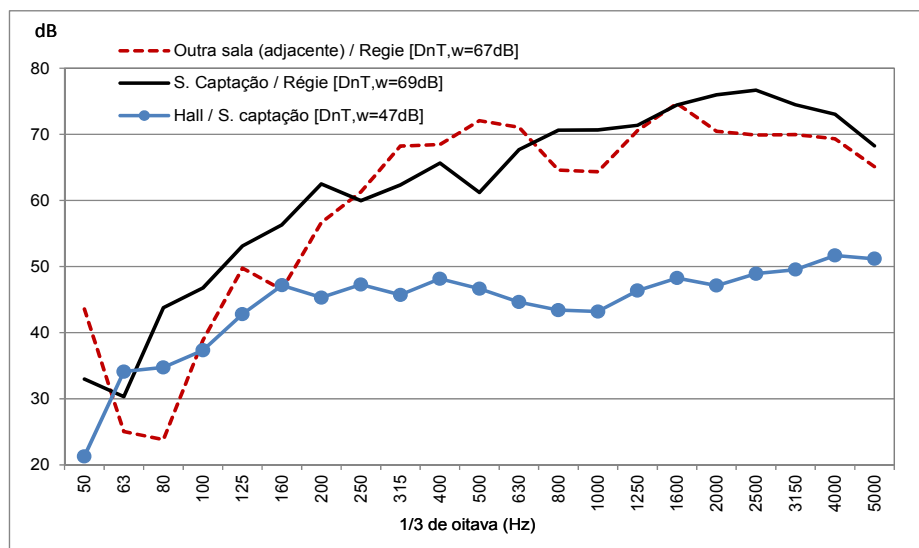


Figura 6 – Isolamento sonoro padronizado a sons aéreos, após conclusão das obras, obtido entre a sala de captação e a régie, entre o hall e a sala de captação e entre uma outra sala adjacente e a régie.

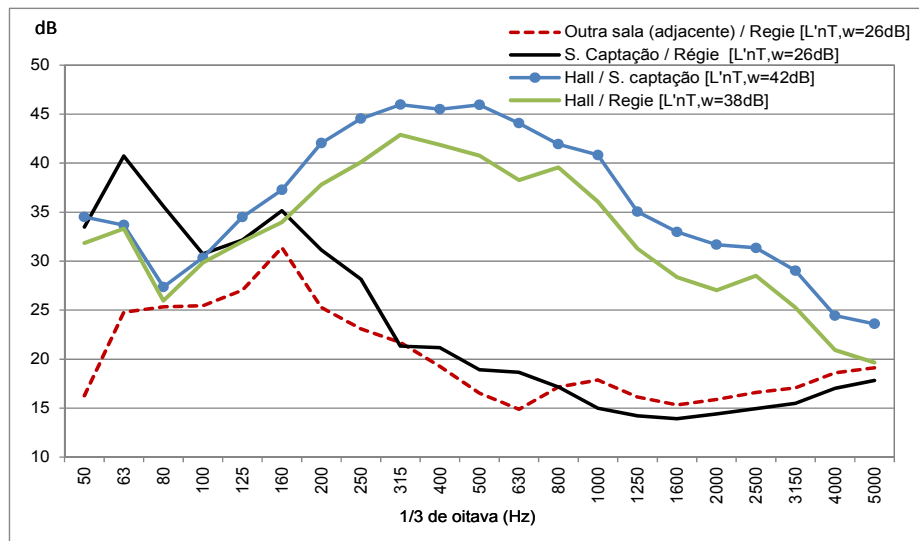


Figura 7 – Isolamento sonoro padronizado a sons de percussão, após conclusão das obras, obtido entre a sala de captação e a régie, entre o hall e a sala de captação, entre o hall e a régie e entre uma outra sala adjacente e a régie.

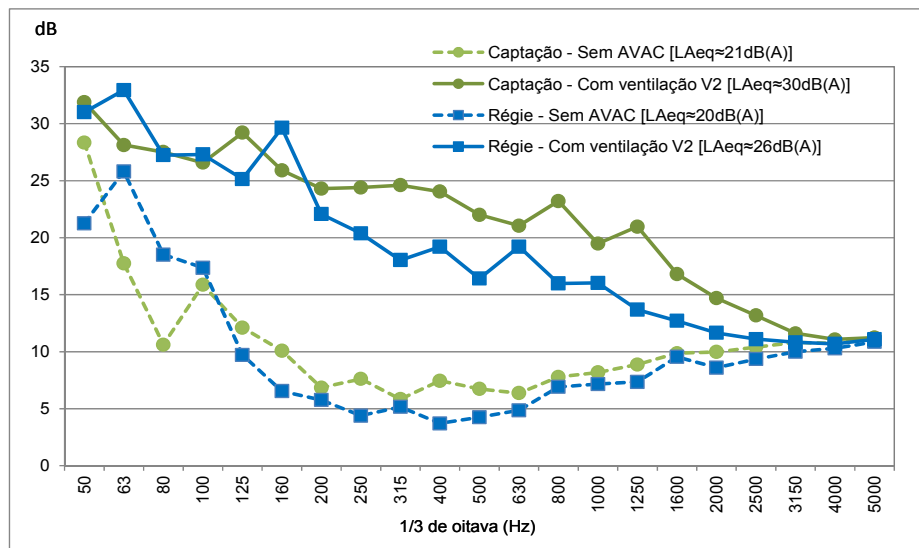


Figura 8 – Níveis de pressão sonora médios, registados no interior da régie e da sala de captação para a situação de equipamentos de AVAC desligados e em funcionamento (na velocidade intermédia).

Na Figura 9 são apresentados os tempos de reverberação médios, por bandas de 1/3 de oitava e o valor médio global nas oitavas de 500, 1000 e 2000 Hz, na régie e na sala de captação. No caso da sala de captação foram consideradas duas situações distintas: uma com os painéis rotativos voltados com o lado liso para o interior da sala; e outra com os painéis rotativos voltados com o lado fonoabsorvente para o interior da sala. Na Figura 10 são apresentados, para as mesmas condições e para as salas de captação e régie, os resultados da definição sonora (D50), por bandas de oitava, e em termos globais (média nas oitavas de 500 e 2000 Hz), e o índice RASTI.

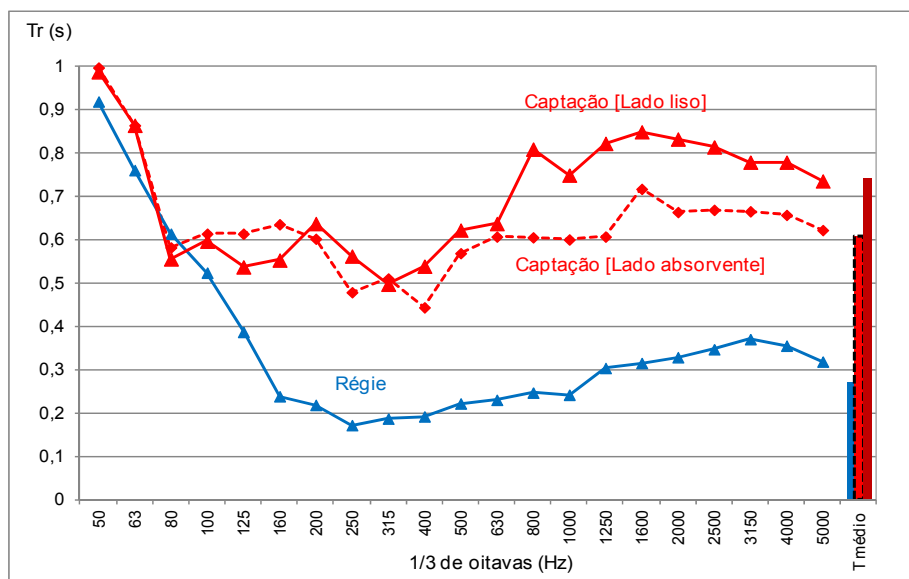


Figura 9 – Tempos de reverberação médios (em s), registados no interior da sala de captação (com painéis rotativos voltados com lado liso ou com o lado fonoabsorvente) e da régie.

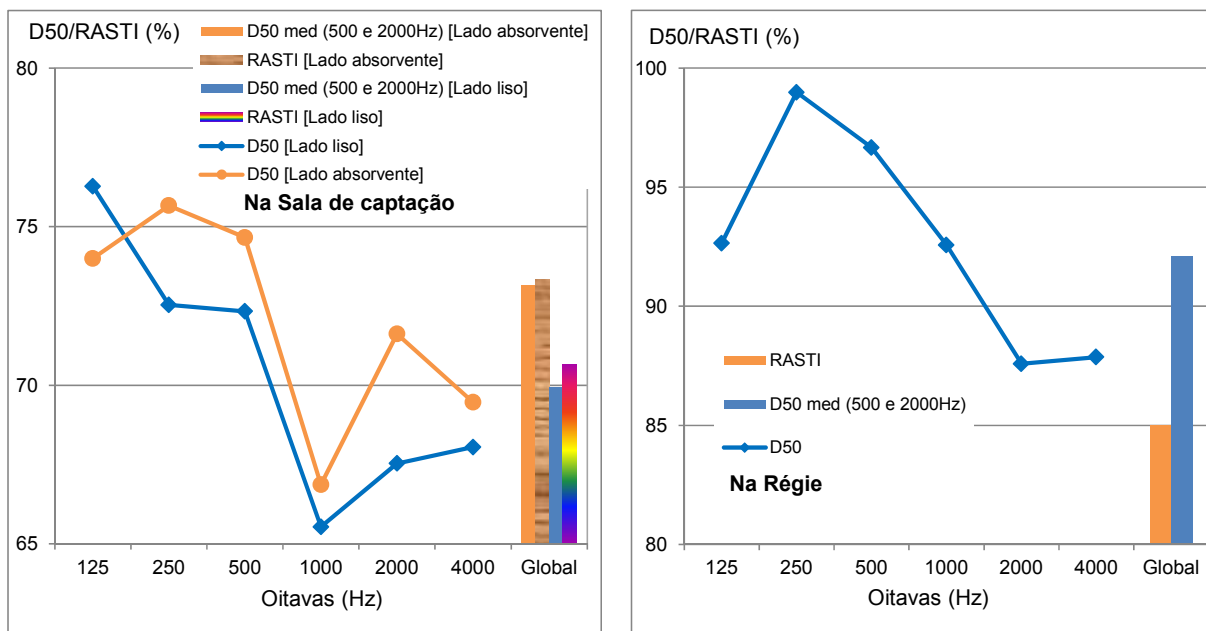


Figura 10 – Resultados da definição sonora (D50), por bandas de oitava, e em termos globais (média nas oitavas de 500 e 2000 Hz), e índice RASTI, registados nas salas de captação e régie.

Da análise dos resultados verifica-se que efetivamente foram cumpridos a generalidade dos requisitos acústicos propostos, existindo apenas situações pontuais ligeiramente piores que o requisito, mas que podem considerar-se aceitáveis. Estas situações correspondem à separação entre o hall e a sala de captação (devido sobretudo ao contorno da porta), que ficou 1 dB abaixo do requisito DnT,w e ultrapassou em 2 dB o requisito $L'nT,w$, e ao “ruído de fundo” com o sistema de AVAC em funcionamento, onde se ultrapassa o requisito se for considerada a velocidade intermédia nos ventiladores (mas é possível cumprir com a velocidade mínima). Refira-se que os resultados



apresentados não contemplam o fator de incerteza (tolerância de 3 dB) previsto na legislação nacional [1].

6 Conclusões

Neste trabalho é apresentada uma síntese do projeto de condicionamento acústico de um estúdio de gravação de música, uma breve descrição do processo construtivo durante o acompanhamento da obra, destacando em particular alguns dos erros execução mais graves, e, finalmente, uma caracterização acústica final, através de medições acústicas realizadas no local.

Da análise global dos resultados apresentados, é possível verificar que, após a correção das insuficiências construtivas mais graves, as condições acústicas finais cumprem a generalidade dos requisitos acústicos propostos, prevendo-se um elevado nível de conforto acústico no interior dos estúdios de gravação.

Referências

- [1] RRAE: *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo aprovado pelo Decreto-Lei n° 129/2002 de 11/05, com a nova redação dada pelo Decreto-Lei n° 96/2008 de 09/06, 2008.*
- [2] Kuttruff, H. *Room Acoustics*, Elsevier Science Publishers, New York, 1991.
- [3] Isbert, C. *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*, Edicions UPC, Barcelona, 1998.
- [4] Cox, T. and D'Antonio, P. *Acoustic Absorbers and Diffusers - Theory, design and application*, Spon Press, London, 2009.
- [5] Mateus, D.; Pereira, A. *Influência de pequenos erros de execução em obra no desempenho acústico de edificios - Exemplos típicos. Tecniacústica 2011, Cáceres, Spain, October 26-28, 2011, In CD-ROM.*