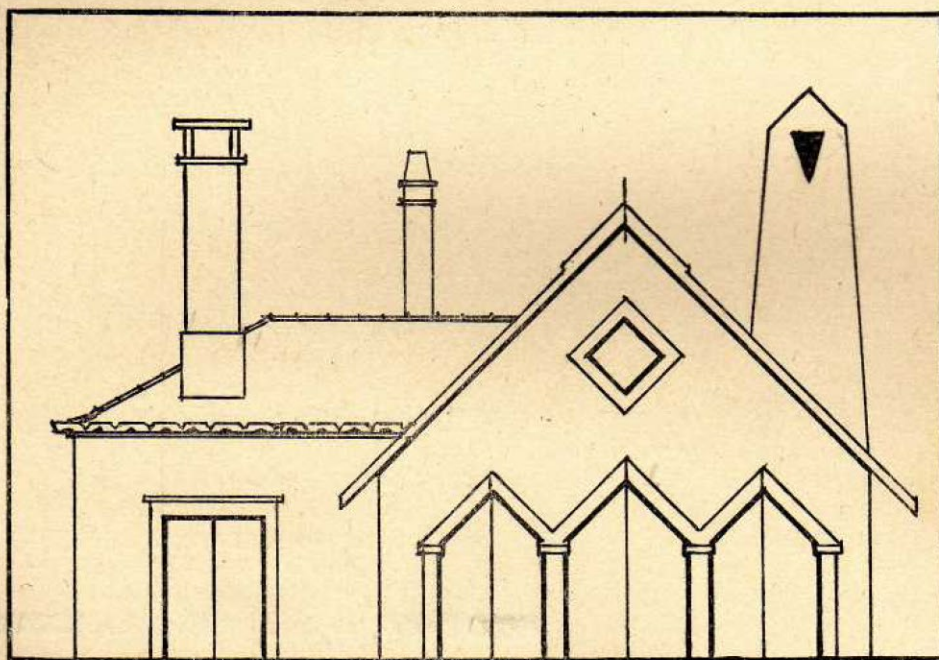


29

ENCICLOPÉDIA PRÁTICA
DA CONSTRUÇÃO CIVIL

29

VENTILAÇÃO
E ACÚSTICA



SUMÁRIO:

VENTILAÇÃO — VENTILADORES — CIRCULAÇÃO DO AR — AREJAMENTO — ACÚSTICA —
RUÍDOS — SONORIDADE — MATERIAIS ISOLADORES — ISOLAMENTOS DE DIVERSOS
SISTEMAS — TECTOS ACÚSTICOS — AUDITÓRIOS — PRINCÍPIOS E ANOTAÇÕES —
CONSTRUÇÃO DE PAREDES, TECTOS E PAVIMENTOS — DIVERSOS TRAÇADOS — 25 FIGURAS

EDIÇÃO DO AUTOR

F. PEREIRA DA COSTA

DISTRIBUIÇÃO DA PORTUGÁLIA EDITORA
LISBOA

PREÇO 15\$00

PREÇO 15\$00

TEXTO E DESENHOS DE F. PEREIRA DA COSTA

VENTILAÇÃO E ACÚSTICA

A ventilação e a acústica nas habitações são dois problemas latentes dentro da actualidade, quando a arte de construir pretende alcançar o seu máximo desenvolvimento.

A ventilação pode considerar-se como problema já solucionado, enquanto que a acústica, ainda, e quem sabe se por muito tempo, terá de aguardar a sua desejada solução. O caso da ventilação resolveu-se naturalmente, e dentro do próprio traçado das plantas e dos

cortes foi alcançada a mais prática condução do ar através de todo um edifício.

A acústica com os ramos da supressão de ruídos nas casas de habitação e com a sonoridade nos salões de conferências e de teatro, é actividade de resultados nem sempre satisfatórios.

É, pois, conveniente a sujeição a certas regras indicadas pelos laboratórios que a estes estudos se têm dedicado.

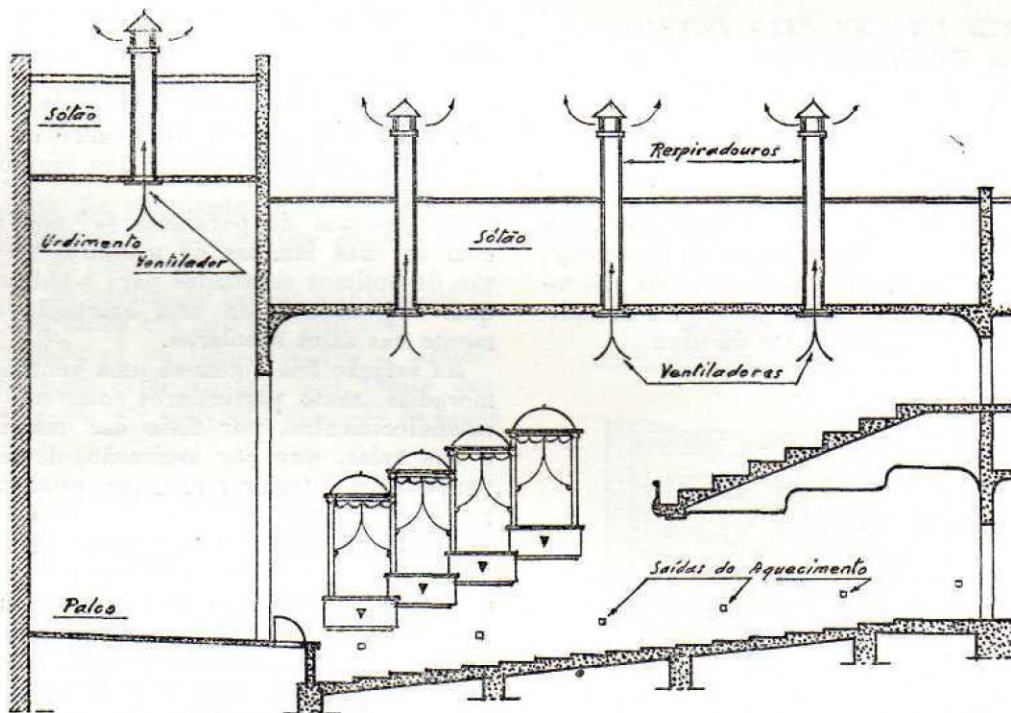


Fig. 1. — SALA DE ESPECTACULO VENTILADA
(Corte longitudinal)

V E N T I L A Ç Ã O

A ventilação é a renovação do ar viciado no interior das edificações de qualquer fim, quer sejam moradias, estabelecimentos comerciais, fábricas, oficinas, repartições, salas de reunião e de espectáculos, hospitais, asilos, cadeias, etc., etc.

O ar vicia-se propriamente tanto pela nossa respiração como devido a quaisquer outras combustões. De aí a necessidade de ser renovado constantemente.

Nas dependências de reuniões é mister haver boa ventilação, para que o anidrido carbónico seja expellido e o oxigénio entre facilmente na nossa respiração.

A entrada do ar puro deve ter a velocidade de 0^m,20 a 0^m,25 por segundo.

Os materiais destinados aos trabalhos próprios para a ventilação, são, como adiante veremos, todos de uso normal a outros motivos construtivos.

Não são necessários produtos desconhecidos na construção vulgar.

VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural é obtida de várias maneiras, mas principalmente é pelas janelas e portas que melhor se consegue.

As bandeiras das janelas e das portas exercem grandes vantagens para a boa ventilação, pois tendo o ar quente a tendência de subir, aproxima-se dos vãos altos e sai facilmente para o exterior.

O ar frio entra pelas janelas inferiores, porque é, como se sabe, mais pesado. Com a saída superior do ar quente, o ar frio espalha-se à vontade, até por sua vez se viciar e ser necessário expeli-lo.

Para favorecer a entrada do ar puro é costume deixar-se nos panos de peito, abaixo das janelas, nas enfermarias e outros locais de aglomeração de pessoas doentes, umas frestas de muito pouca altura, embora por vezes relativamente largas. Estas frestas comportam normalmente grades de ferro, e também, em certas edificações, caixilhos de vidraça pelo interior.

Em qualquer dependência em que haja bandeiras ou frestas é sempre conveniente haver, pelo menos, dois desses vãos, para se estabelecer a corrente de ar fresco.

Em alguns países das regiões frias usam-se vários processos de ventilação nos vãos de caixilhos das janelas, como a passagem do ar entre os batentes e entre os vidros, bem como outros que para o nosso clima não têm importância.

Os sistemas de persianas (*) nos vãos de janelas, com as suas lâminas de madeira, metal ou de vidro, são de óptimos resultados para a entrada do ar em qualquer dependência de uma habitação e mais especialmente nas salas escolares.

Na estação fria obtem-se uma ventilação razoável nas moradias, tanto particulares como nos hotéis ou outros estabelecimentos, por meio das chaminés das cozinhas e das salas, que por aspiração, devido à diferença de temperatura interior e exterior, produzem uma boa corrente de ar puro.

Um dos sistemas mais práticos de ventilar uma casa de espectáculos ou de reuniões é a construção de uma espécie de chaminé no tecto, com saída para o exterior pelo telhado do edificio. Assim, é expellido todo o ar viciado que se acumula por todo o espaço, dando um ambiente de mau estar a todos os assistentes. O ar nesses locais é renovado pelas portas e janelas abertas.

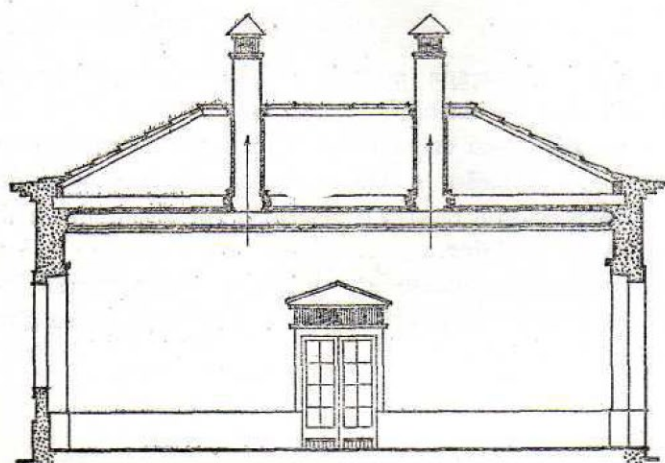


Fig. 2. — CORTE DE UMA SALA DOTADA DE VENTILADORES

Cada individuo necessita de 6 a 7 metros cúbicos de ar por hora, para que a sua respiração seja perfeita.

A ventilação dos edificios e suas dependências pode fazer-se natural e artificialmente, como vamos descrever.

Os estudos sobre a ventilação das edificações são todos, mais ou menos, de resultados práticos e de aplicação correntia, sem elevarem o custo da obra.

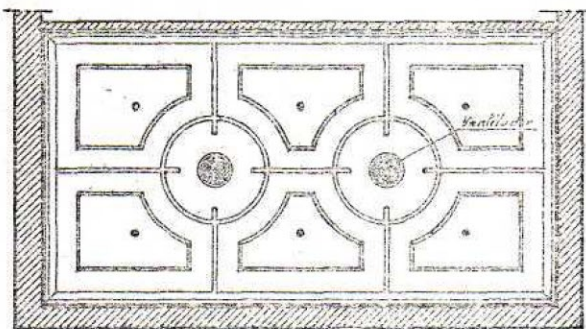


Fig. 3. — PLANTA DO TECTO DE UMA SALA DOTADA DE VENTILADORES

(*) Ver o Caderno n.º 20 desta Enciclopédia.

O sistema de ventiladores que se assentam pelos vários locais de um edificio onde forem considerados necessários, garante, por vezes, com bom êxito, a ventilação desejada e precisa.

VENTILAÇÃO ARTIFICIAL

FAZ-SE a ventilação artificial só por absoluta necessidade. Nas dependências interiores e em salas de reunião sem comunicação directa para o exterior tem sempre de ser estudado um sistema qualquer de ventilação artificial.

Estudam-se para cada caso os sistemas que melhor alcancem os fins que se pretendem.

O sistema mais prático de se conseguir uma renovação do ar é na existência de qualquer chaminé, de cozinha ou de sala, que constantemente queime combustível.

Este fogo latente faz diluir o ar viciado, que devido a ser muito leve, como já sabemos, sai com o fumo pela respectiva conduta. Para as dependências contíguas aos locais das chaminés têm de se deixar umas espécies de condutas ou estreitas tubagens no interior das paredes, para recolha dos gases diluídos, que ligando à chaminé, no seu fumo, os expellem facilmente.

As citadas tubagens para a saída do ar viciado, são abertas na parte mais alta possível das paredes, ficando a sua entrada vedada por um ralo. O novo ar entra pelas portas e janelas, como já descrevemos e bem, de certo, se compreende.

Nas salas de festas e casas de espectáculos a ventilação é, geralmente, feita por meio de grandes ventiladores nos tectos e de condutas no interior das paredes como acima explicamos (Fig. 2).

O ar fresco entra também pelo sistema de condutas abertas nas paredes, mas só um pouco acima do pavimento. Normalmente uns 0^m,60 ou 0^m,70 bastam.

Por este sistema fica estabelecida uma ventilação perfeita. Entra por baixo o ar fresco e sai por cima o ar viciado. A corrente de ventilação dá-se normalmente, pois que a temperatura no interior das salas é muito mais quente que a do exterior.

Outros sistemas de ventilação são de uso noutras regiões do globo, mas entre nós não são precisos.

O uso de ventiladores ou respiradouros é também pertença da ventilação artificial, por isso vamos descrever alguns deles, os que mais applicação têm na nossa edificação.

VENTILADORES

DE ventiladores há muitos tipos. Alguns de reconhecida utilidade. Os mais vulgares são aqueles constituídos por uma simples tubagem metida na parede, e que aparecem no telhado com o aspecto de uma delgada chaminé.

As chaminés destes vulgares ventiladores são às vezes de alvenaria com o tubo interiormente instalado; outras,

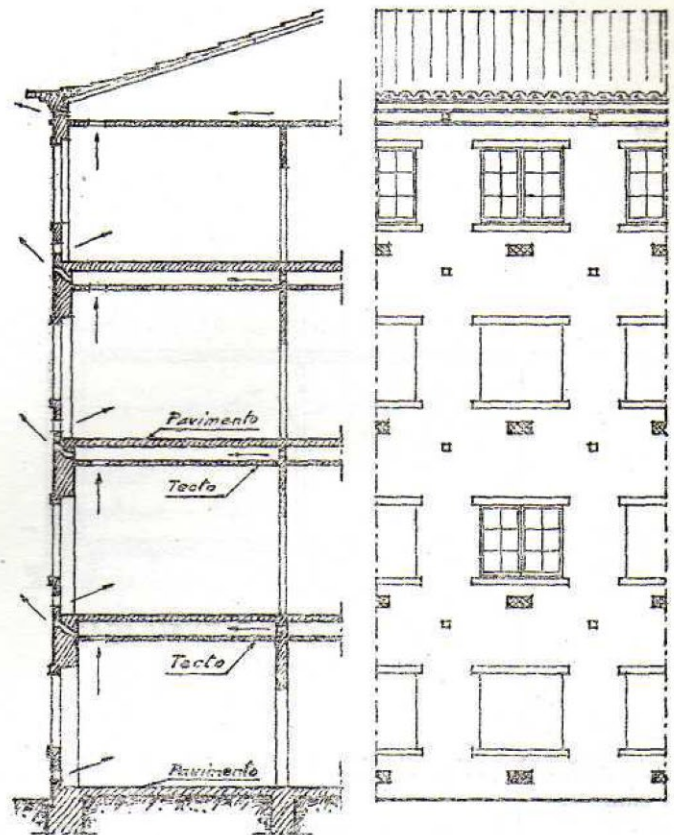


Fig. 4. — CASA DOTADA DE VENTILAÇÃO
À esquerda — Corte; À direita — Alçado

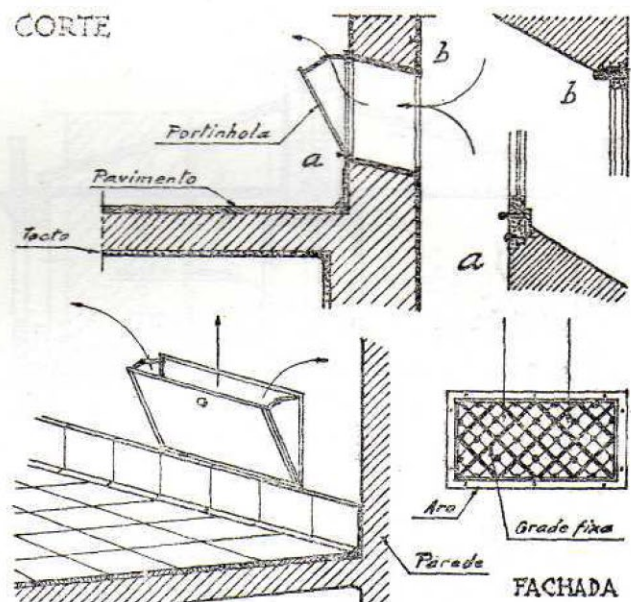


Fig. 5. — CAIXA DE VENTILAÇÃO
(Pormenores interiores e exteriores)

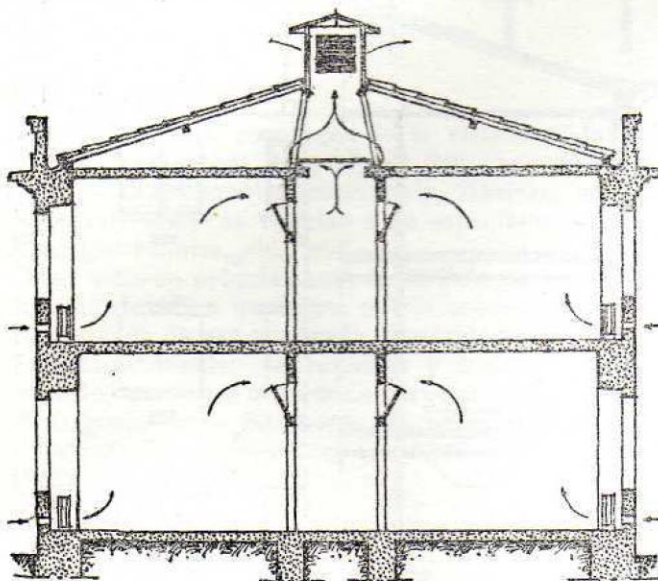


Fig. 6. — CASA DOTADA DE VENTILAÇÃO
(Corte transversal)

porém, são de tubo metálico e providas de cobertura ou chapéu.

Os ventiladores revestidos de tijolo podem ser circulares ou de base quadrada.

Abaixo do telhado são ligados às tubagens da conduta da ventilação. Estes ventiladores, acentuamos, são os mais vulgares, e, servem bem para dar saída ao ar viciado, porque a temperatura exterior é mais fria do que a interior. O ar viciado mais leve, sai espontaneamente para mais alto, do que o ar puro que é mais pesado.

Os ventiladores do sistema *Doulton* são muitíssimo usados nas edificações do nosso país.

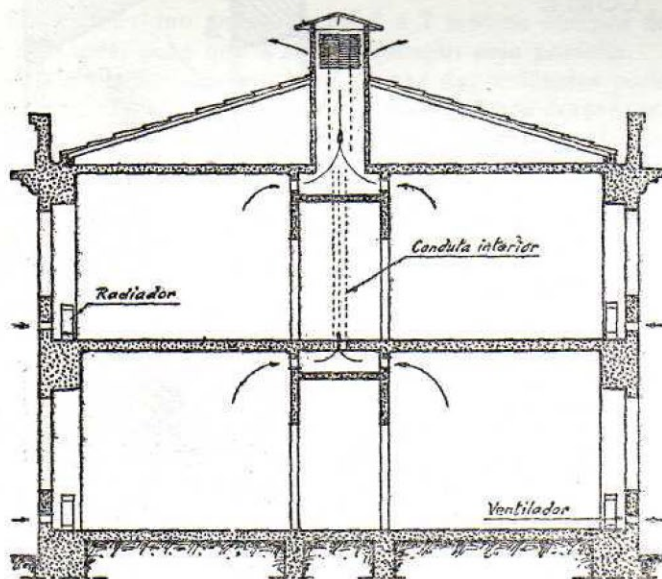


Fig. 7. — CASA DOTADA DE VENTILAÇÃO
(Corte transversal)

É este aparelho constituído por uma chaminé cilíndrica, que possui superiormente uma ventoinha que se move pela acção do vento, e que faz aspirar o ar do interior dos edificios. Uma cobertura em forma de cone, assente sobre uma espécie de saia, dá-lhe o acabamento.

Estes ventiladores podem ser fabricados em chapa de ferro galvanizado ou de zinco de certa espessura.

Uma pintura com tinta anticorrosiva garante-lhe a duração.

O lugar do assentamento dos ventiladores deve ser sempre alto, a dominar todo o telhado do edificio, para que a sua acção seja proficua.

Além do sistema *Doulton*, há ventiladores de muitos mais sistemas, mas de todos eles é este o melhor.

Modernamente apareceram os ventiladores do sistema *Ventaxia*, que se fixam nos vidros das janelas.

CIRCULAÇÃO DO AR

A melhor circulação de ar nas grandes salas de reunião e de espectáculos é a que é feita com entrada pelas janelas e portas, e saída por ventiladores dispostos pelo tecto, com comunicação directa para o ar livre (*Figs. 1, 2 e 3*).

Modernamente tem-se usado lá fora para a ventilação superior dos teatros, um sistema baseado num aspirador provido de motor, que aspira o ar quente de toda a sala e o faz expelir por um grande respiradouro.

De várias aberturas providas de ralo, construídas pelos diferentes lugares do tecto, seguem condutas de ferro ou de fibrocimento que conduzem o ar quente para o aspirador de onde sai em seguida para o respiradouro (*Fig. 10*).

Este sistema é um dos melhores para o fim a que se destina.

Para camaratas, casernas e enfermarias os sistemas de arejamento são variados, uns melhores do que outros, como se sabe. No entanto aconselhamos aquele que possui uma abertura no pano de peito, abaixo da janela, para entrada do ar, que na medida em que aquece vai subindo para o tecto, onde uma abertura o recebe e depois de circular numa caixa de ar, entre o tecto e o pavimento do andar superior, sai para o exterior (*Fig. 4*).

A saída é feita por orifícios abertos nas fachadas. Geralmente as aberturas para a entrada e saída do ar são providas exteriormente de grades ou ralos de ferro, e interiormente são dotadas de portinholas para abrir e fechar, consoante se deseje.

Em pormenor (*Fig. 5*) mostramos o funcionamento destas portinholas.

Nos edificios onde se instalam grandes serviços, com uma grande aglomeração de pessoas, o ar é viciado com rapidez, pelo que a circulação do ar merece muita atenção.

Faz-se entrar o ar por debaixo das janelas, passando de umas dependências a outras pelas bandeiras das portas, e sai através das lâminas de persianas nas paredes das clarabóias, a funcionar como um grande respiradouro (*Fig. 6*).

Em alguns casos, nas edificações de grande área, todas as dependências fazem sair o ar quente para uma

caixa de ar sobre o tecto dos corredores, por onde circula, saindo finalmente por uma espécie de torreão ventilador (Fig. 7).

A melhor localização para as aberturas de ventilação é nos panos de peito, pelo facto da pouca espessura dessa parede. Tem também a vantagem de pelo lado interior ficarem por detrás dos radiadores de aquecimento.

Nos grandes salões e nas galerias de *passos perdidos* o arejamento é feito com entradas e saídas simultâneas do ar. O ar fresco entra junto do rodapé e o ar viciado sai próximo do tecto, acima da sanca ou cimalha.

Por este processo mantém-se constantemente a renovação do ar, tendo o local uma boa temperatura a despeito de conter normalmente muita gente (Fig. 8).

Muitas vezes a saída do ar é obtida por condutas de grés ou de fibrocimento através das paredes, como mostramos nos desenhos (Fig. 9).

Quando a ventilação é feita por manilhas exteriores a saída realiza-se por terminais, tanto na forma de T como na de H. Os resultados são magníficos.

As caixas de ar deixadas entre os tectos e os pavimentos dos vários andares de um edificio são ligadas entre si por pequenas aberturas, mas de espaço suficiente para a passagem de uma pessoa por elas, para quando houver necessidade de proceder-se a limpeza.

A entrada para essas caixas de ar é feita por qual dependência, onde se deixa ficar um alçapão.

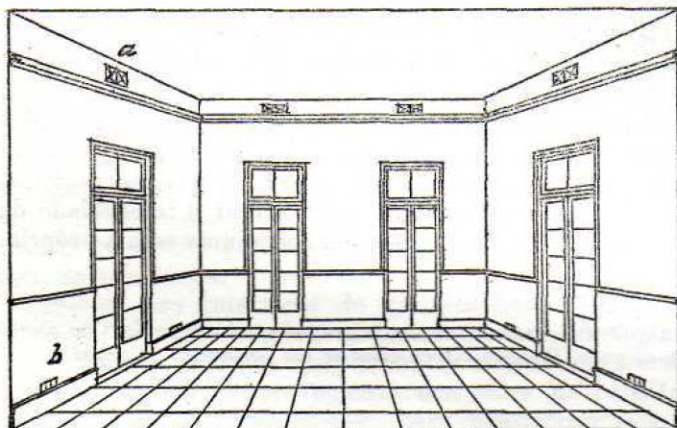


Fig. 8. — SALA VENTILADA
(a — Saída do ar; b — Entrada do ar)

A passagem do ar para o exterior é dada por orifícios de pequeno diâmetro. Uns 0^m2,10 são suficientes. Os ralos dos tectos para a passagem para a caixa de ar medem geralmente de 0^m,20 a 0^m,30 de diâmetro.

Às vezes são também de secção quadrada.

Na sua frente um tampão de grade dá-lhe o bom aspecto e impede ao mesmo tempo de se ver para o interior.

Se os pavimentos são de vigamento e solho de madeira a vantagem da caixa de ar é dupla: faz circular

o ar viciado compelindo-o a sair para o exterior e promove o arejamento das madeiras, protegendo-as contra o caruncho e outros insectos.

A sua segunda função é idêntica às das caixas de ar das fundações dos edificios.

A R E J A M E N T O

QUANTIDADE de ar necessário a cada indivíduo, por hora, nos diferentes locais em que se encontre:

Asilos — camaratas de crianças . . .	35 a 40 m ³
— » de adultos . . .	40 a 50 »
Cadeias	50 »
Casernas — dia	30 »
— noite	40 »
Cavaliarias	180 »
Escolas — crianças	15 a 20 »
— adultos	25 a 35 »
Estábulos	200 »
Fábricas — vulgares	60 »
— insalubres	100 »
Hospitais — enfermarias vulgares . . .	60 a 70 »
— » de epidemias	150 »
— salas de operações	100 »
— quartos	30 »
Quartos de dormir (habitação) . . .	25 »
Salas — de reuniões	30 a 60 »
— de sessões	60 a 70 »
Teatros e cinemas	40 a 50 »

Na generalidade vai de 6 a 7 metros cúbicos, por hora, a necessidade própria de cada indivíduo.

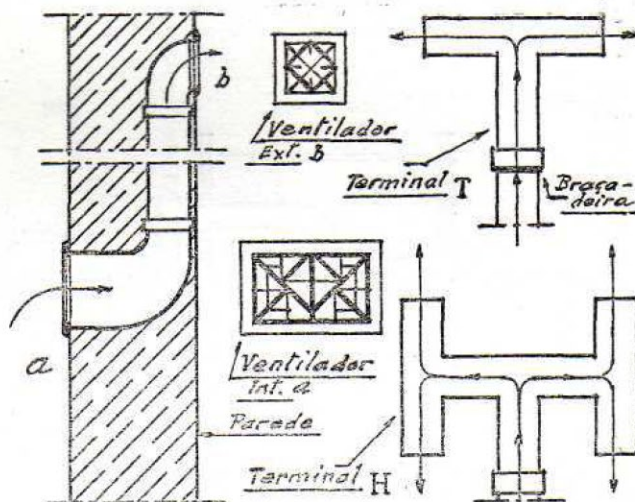


Fig. 9. — VENTILAÇÃO DE DEPENDÊNCIAS
E TIPOS DE VENTILADORES

A C Ú S T I C A

O som, como se sabe, percorre o espaço com a velocidade de 340 metros por segundo e não é mais do que uma série de vibrações que se desenvolvem no ar. Estas vibrações consistem em compressões seguidas de deslocações de ar produzidas no ritmo de oscilações.

O som é uma oscilação mecânica. O ouvido é o receptor humano que capta as ondas sonoras.

Esta é a explicação simplista divulgada pe'os físicos.

Nos estudos feitos pelos institutos científicos apurou-se toda a escala de sons e as suas repercussões nos ouvidos.

A energia sonora é medida em fonos (1), cuja escala vai do 0 — quietitude, até às expansões dolorosas com 130, passando por uma rua tranquila que mede 30, com uma conversação a marcar 60 e por uma motocicleta que atinge 110.

Estas medidas do som são efectuadas por aparelhos estudados sobre a base do ouvido humano, os fonómetros ou sonómetros (2).

Os estudos para se impedir qualquer espécie de ruído nas habitações e outros locais fechados é o motivo de muitos anos de trabalho em que distintos físicos e engenheiros se têm devotado.

As edificações dotadas com os meios necessários a evitar os ruídos são, bem se sabe, um pouco mais dispendiosas do que a construção vulgaríssima, mas apresentamos alguns preceitos apropriados a esse melhoramento, porque é obra de progresso.

A construção moderna de betão armado é bastante propícia à infiltração de ruídos e recebe muitíssimo bem todas as trepidações do trânsito de veículos pesados, sonoros e ultra-sonoros. Os camiões e motocicletas são o terror dos moradores das casas de betão armado.

Nessas edificações até mesmo as simples conversas num compartimento são quase que ouvidas distintamente

nos outros andares. E, caso curioso de fenómeno acústico, é nos andares superiores, como por exemplo no 6.º ou 7.º piso, que melhor se ouve uma conversação num piso inferior.

R U Í D O S

Os ruídos nas casas de habitação são variados: há a considerar o ruído dos passos das pessoas e o tom das conversações, os ruídos das canalizações, o movimento das portas e ainda a trepidação das janelas e pavimentos pelos movimentos exteriores.

Em tempos idos os ruídos eram um tanto ou quanto abafados, pelas espessuras das paredes de alvenaria e pelos frontais dotados de certas espessuras, não nos esquecendo que o isolamento acústico dado por uma parede é proporcional ao seu peso por metro quadrado.

Eram também elementos de supressão de ruídos os grossos reposteiros dos vãos de portas e os grandes panos decorativos. Actualmente ainda se contam os móveis de certa grandeza, os quadros e outros ornatos dependurados nas paredes como bons absorventes dos sons. Os grossos tapetes e alcatifas também suprimem em certo grau os ruídos dos passos.

Os sons graves atravessam melhor a espessura das paredes do que os sons agudos. Com o caso da música observa-se isso.

A trepidação é muito mais prejudicial ao socego das casas de habitação, escritórios, consultórios, salas de estudo e hospitais do que os ruídos propriamente ditos.

A unidade das medidas para medir a intensidade da trepidação é o *pal* (*), que encabeça uma escala própria.

(1) Fono do francês *Phone*, oscilação de som.

(2) Fonómetro, melhor sonómetro.

(*) O *Pal* vem do vocábulo grego — tremer, oscilar; no plural usa-se *pales*. Poderia talvez dizer-se em português *palo*, *palos*.

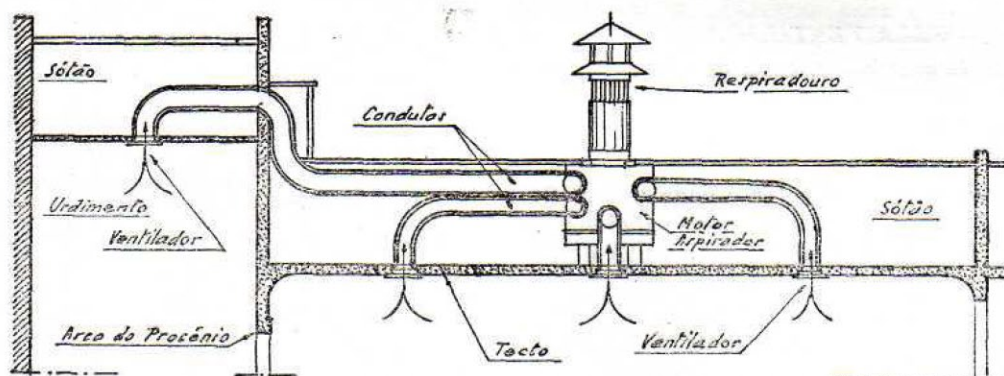


Fig. 10. — SISTEMA VENTILADOR DE SALA DE ESPECTÁCULOS
(Variante de ventilação nos tectos)

A velocidade do som tanto no ar como nos objectos incide horizontal e verticalmente. O fenómeno da trepidação, devido às fundações das calçadas das ruas e às dos edificios, pode manifestar se sobre qualquer sentido. A forma dessa actuação ainda não está determinada.

A trepidação incidindo sobre os terrenos faz actuar nos pavimentos da edificação o fenómeno da ressonância.

Para fechar-mos estas breves noções sobre o isolamento acústico, e antes de entrar-mos nesse assunto pròpriamente, devemos esclarecer que o som tanto se propaga no ar como nas coisas.

Este esclarecimento é necessário para podermos compreender a razão do emprego de certos materiais no isolamento, tanto mais que devido a certos materiais de construção o som pode reflectir, reverberar e retornar.

MATERIAIS ISOLADORES

Os materiais mais indicados como bons isoladores são os mais moles. Os mais duros são atravessados pelo som a velocidades vertiginosas, como succede com o ferro, que atinge 5.000 metros por segundo.

Os melhores materiais isolantes são, entre outros: cartão ondulado, cautchú, feltro, cortiça, madeira prensada, asfalto e algodão. Os bons materiais indicados para os isolamentos devem amortecer o choque das peças de movimento sobre as partes mais pesadas da construção.

Em certos casos uma camada de ar exerce bem as funções de isoladora de ruídos entre partes de pertences da construção.

Como se vê o número de materiais de isolamento de ruídos não é grande. É, por conseguinte, difícil abafar os inúmeros ruídos que penetram ou se desenvolvem nos interiores das casas. Diz-se que as dependências de grande pé direito perdem um certo número de graus de som, os tais fonos.

Também nos interiores de grandes hotéis em que é solicitado o mais completo silêncio nas zonas dos quartos de dormir, mas que um penetrante eco de um grande conjunto de ruídos proveniente das salas de reunião, impede o socego, constroe-se, para neutralizar todo o eco sónico de grande escala espalhado por todo o piso, um fontenário murmurante, a deixar cair numa artistica taça gota sobre gota.

Dizem os especialistas que todos os sons espalhados por todas as dependências se reúnem num só juntamente com o pingo-pingo do fontenário.

Mas nessas grandes edificações podem adoptar-se-lhe os melhores materiais isoladores, porque a sua grandeza cobre bem todas as despesas que os oneram a mais. As escadas e corredores podem ser recobertos de linóleo, de cortiça, de borracha e de espessas passadeiras.

Os quartos podem ter os vãos das portas cobertos por pesados reposteiros, com os batentes respectivos providos de tiras de feltro nas juntas, para amortecimento do seu movimento de abrir e fechar, e com os fechos e fechaduras bem oleados para funcionamento doce.

Os caixilhos das janelas com as juntas de *nó de banca* providas de feltro e, eis um isolamento completo, se lhe juntar-mos o atapetamento do soalho e um lambrim de cortiça com o rodapé incluído no mesmo todo e tudo bem ligado à parede e ao chão.

É, porém, conveniente não se haver esquecido que os tabiques dividindo os quartos sejam um pouco grossos, e, à falta de melhor, construídos de tijolo.

Nada de betão armado. Estas minguidas divisórias tanto de uso nas construções dos edificios para hotéis e hospitais, deixam como toda a gente sabe, passar opti-mamente o som.

E as paredes mestras? Que boa a alvenaria de pedra e argamassa de cal gorda e areia, no traçado de 1 : 2, com materiais de primeira ordem.

Assim construídas não são ultrapassadas pelo som, nem pelo frio, nem pelo calor.

Um bom material isolante para tabiques é a madeira prensada, especialmente a que é fabricada na Suécia e na Noruega, com 0^m,02 de espessura, em placas com aspecto semelhante às folhas de casquinha a dois fios, em serragem.

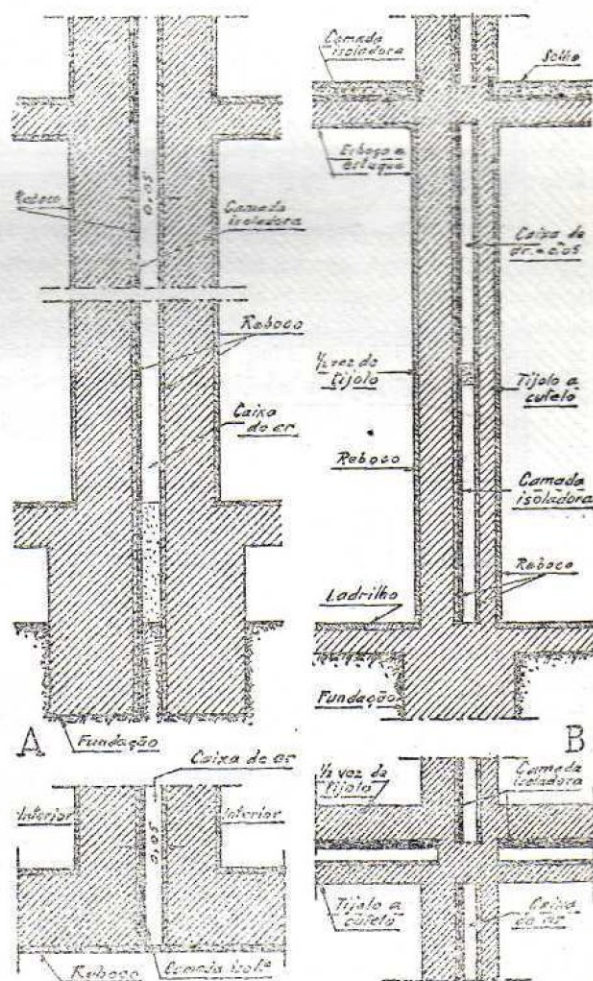


Fig. 11. — PAREDES PROTEGIDAS
A) Paredes exteriores; B) Paredes interiores
(Em baixo as respectivas Plantas)

VENTILAÇÃO E ACÚSTICA

Este material é inodoro, incombustível, impenetrável pelo frio, pelo calor e pelo som.

Esboça-se e estuca-se tal qual como se faz sobre qualquer paramento de parede.

Fixa-se, na formação de tabiques, com pregos ou parafusos aos prumos, frechais e travessanhos.

SISTEMAS DE ISOLAMENTO

Foi com o sistema da construção económica mas de grande categoria que se começou a edificar com paredes de magríssima espessura, permitindo nitidamente a entrada do frio e do calor e também do som.

Com as paredes delgadas de betão armado, o decantado tipo *pandeyreta*, ouve-se perfeitamente o que se passa na rua e o que se diz nas casas dos vizinhos.

Com o sistema das grandes estruturas de betão armado, com os nembos cheios a tijolo furado, a $\frac{1}{2}$ vez,

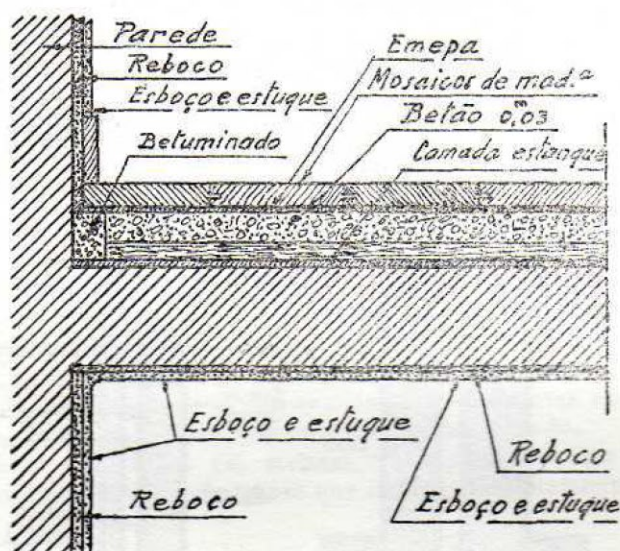


Fig. 12. — PAVIMENTO PROTEGIDO

temos todos os requisitos necessários à passagem já dita das intempéries e dos ruídos. Das trepidações nem se fala.

Logo surge a necessidade da utilização dos materiais de isolamento acústico e dos processos, talvez mais dispendiosos, da construção com directrizes protectoras.

Os sistemas de isolamento acústico variam de local para local e de fim para fim. O destino indicado para cada edificio tem o seu isolamento acústico próprio.

Se se trata de um prédio para moradias o sistema a empregar é um, mas se se tratar de um edificio com lojas e de andares para habitação, o sistema é outro.

Os ruídos dos vários ramos comerciais ou industriais das lojas podem ser bastante incomodativos para os moradores dos andares superiores do edificio.

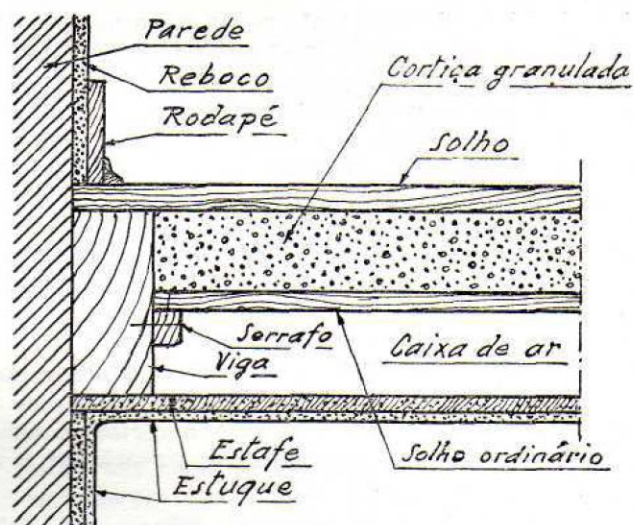


Fig. 13. — PAVIMENTO E TECTO PROTEGIDOS

ISOLAMENTO DE PAREDES

Estão em uso actualmente diversos processos de isolamento acústico de paredes. Em alguns casos os resultados são magníficos, mas noutros não se tem provado absolutamente nada, como o caso de encher de cortiça granulada o espaço entre duas paredes delgadas.

Este sistema deve ser banido, porque além de não comportar utilidade, é um bom condutor do som.

Apresentamos algumas indicações devidas a estudos executados no estrangeiro, a respeito da construção de paredes com isolamento acústico (Fig. 11).

EM PENAS. — Quando as empenas de dois edificios encostados um ao outro são construídas de betão armado ou de tijolo a 1 vez, embora de formato duplo

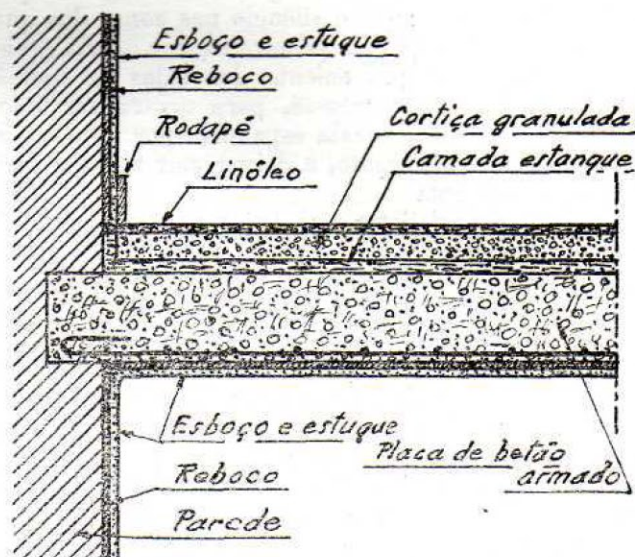


Fig. 14. — PAVIMENTO PROTEGIDO

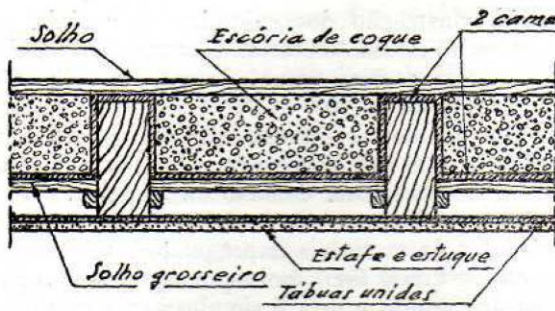


Fig. 15. — PAVIMENTO E TECTO PROTEGIDOS

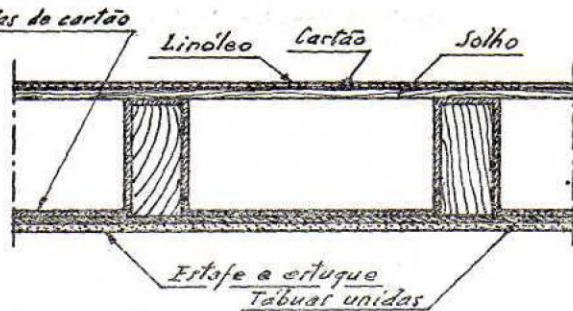


Fig. 16. — PAVIMENTO E TECTO DE MADEIRA

do vulgar, ou ainda de blocos de cimento, é conveniente evitar a passagem dos sons através delas, incomodando os inquilinos de um e outro prédio.

Para isso basta deixar ficar entre as duas empenas um apertado espaço de cerca de 0^m,05, pelo menos, para nele ficar uma camada de ar, que é de grande utilidade para não permitir a passagem do som.

Melhora-se a operação se se colocar uma camada de cartão betuminado ou uma folha de cartão ondulado impregnado de um induto, no paramento da primeira empena construída.

Para não ficar à vista, na ligação das fachadas dos prédios, a fenda protectora, é ela tapada com o reboco dos paramentos das mesmas frentes.

Convém acentuar que a fenda de separação dos edificios se mantém mesmo nas fundações.

TABIQUES. — Também é aconselhada pelos institutos científicos a construção de tabiques de tijolo com dois panos, um de tijolo a 1/2 vez e outro de um tijolo a cutelo, com um espaço interior de 0^m,05, pelo menos, para uma camada de ar.

No paramento interior do pano mais espesso assenta-se uma folha de cartão com induto para melhor garantia do êxito.

Parece-nos todavia melhor sob o ponto de vista económico e ainda pelo aproveitamento de espaço, construir-se os tabiques com as pranchas de madeira prensada sobre a estrutura vulgar de madeira de pinho.

Aplicando-se nestes paramentos o esboço e o estuque, temos que o som não passa facilmente, deixando-se para isso a face estucada bem pulida.

A porosidade dos materiais de revestimento é um factor importante para a transmissão do som.

Estes tabiques podem ser constituídos por dois revestimentos, de um e outro lado do tosco da estrutura.

PAREDES MESTRAS. — Sobre as paredes mestras já dissemos que a espessura é a melhor garantia para o impedimento da passagem dos sons e até das trepidações. Mas desejando-se construir economicamente, vamos infalivelmente para as paredes magras, e então é mister dotá-las de cuidados apropriados ao isolamento acústico.

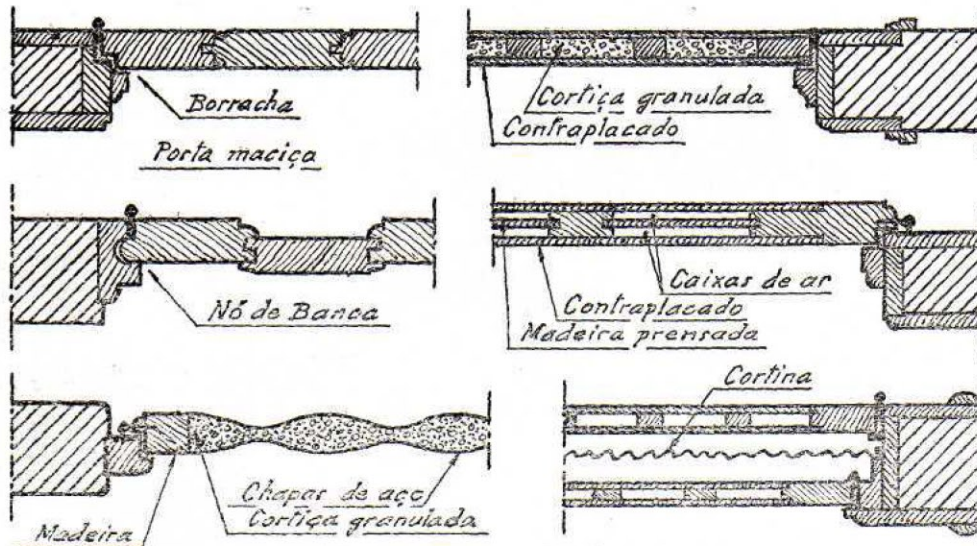


Fig. 17. — CONSTRUÇÃO DE PORTAS PROTEGIDAS (Cortes horizontais)

Assim, podem construir-se paredes duplas, uma talvez de tijolo maciço a 1 vez e a outra, seja o pano de betão armado, que pode vir a ser a exterior, conforme os casos. Se se tratar do enchimento dos nembos dentro de uma estrutura de betão armado, pode-se deixar a parede de fora a 1 vez de tijolo maciço e a de dentro a $\frac{1}{2}$ vez, ou melhor, 1 vez, embora neste caso de tijolo furado.

Entre as duas paredes é aconselhado deixar-se uma abertura de mais de 0^m,05, destinada a uma camada de ar.

No paramento interior da parede mais grossa uma camada de betuminoso completa o isolamento.

Bens emboços e rebocos devem recobrir os paramentos de todas as paredes e devem evitar-se as canalizações nos interiores delas, porque são prestáveis para a condução do som, além também de possuírem os seus próprios ruídos.

Isto, dizem os técnicos de laboratório, dá óptimos resultados.

ISOLAMENTO DE PAVIMENTOS

O isolamento dos pavimentos é, fora dos vulgares revestimentos de linóleo, borracha, placas de cortiça e de espessos tapetes, ainda um pouco obra de laboratórios.

O som passa através de tudo na sua grande velocidade: o lugar dos pregos, o topejamento aliviado das vigas nas paredes, o mau assentamento de uma divisória sobre outra, etc., etc., tudo são pontos de sonoridade. É o combate a esses pontos é difícil.

No entanto apresentamos alguma coisa do que está divulgado lá fora e que entre nós já se começa a fazer (Figs. 15 e 16).

Na construção dos sobrados de madeira sobre vigamentos do mesmo material, é aconselhado deixar-se uma caixa com cortiça granulada entre o solho e o tecto do pavimento de baixo.

Nos soalhos à inglesa não temos a temer muito os pregos, que são vulneráveis pontos acústicos, porque neste sistema ficam debaixo da madeira.

Nos pavimentos de betão armado aplicam-se várias camadas de materiais impregnados, sob o solho e a parqueta, o que é fácil, pois que aquele é pregado no macho das tábuas e esta é simplesmente colada com emepa ou qualquer outro induto, sempre tudo favorável.

Dentro, pois, destes princípios, mostramos alguns exemplos elucidativos.

Para se evitarem as oscilações provocadas pela trepidação, é já de domínio antigo dos construtores, que o melhor processo é a boa espessura dos pavimentos.

As ligações dos pavimentos às paredes oferecem sérias dificuldades. No entanto aliviam-se um pouco empregando um isolamento junto do paramento das paredes à maneira de um rodapé.

Os tectos falsos também são, por vezes, dados a isolar acusticamente a dependência que os possui, quando os ruídos vão de baixo para cima e eles não estejam ligados ao tecto principal senão por peças de madeira.

ISOLAMENTO DE PORTAS E JANELAS

ATRAVÉS das portas e caixilhos de janelas passam os sons dos ruídos, por meio de ondas sonoras, que se desenvolvem por toda a face dos batentes ou folhas, e pelas frinchas das juntas, entre os batentes e entre estes e os guarnecimentos ou aros, passam por oscilação todos os ruídos de uma dependência para outra.

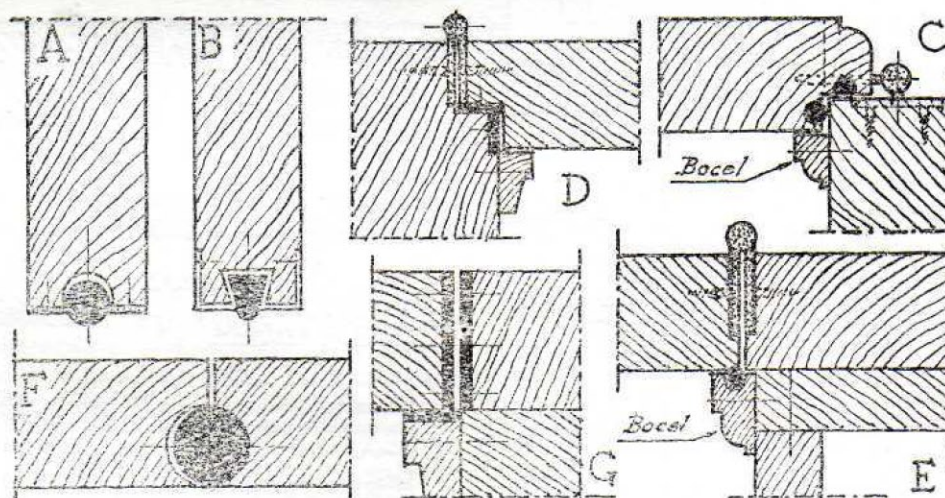


Fig. 18. — PORMENORES DE PORTAS

A e B) Travessas inferiores; C) Porta sobreposta; D) Porta rebaixada; E e G) Portas de junta; F) Porta de Nó de Banca

O melhor impedimento à passagem dos ruídos é a aplicação de portas pesadas e o uso de grossos reposteiros, enquanto que através dos caixilhos de janela é a espessura dos vidros que evita essa passagem sonora.

ISOLAMENTO DE PORTAS. — Como já vimos, é o peso das portas o melhor meio para se evitarem os ruídos, quer provenientes das ondas sonoras quer provocados por oscilação. Os melhores tipos de portas a respeito de sonoridade são os que damos a seguir:

Portas duplas, que poderão ser de contraplacado ou maciças, assentes com o intervalo de 0^m,10 entre cada folha; se se assentar uma cortina de tecido espesso entre as respectivas portas melhor ainda.

Portas de contraplacado, com os espaços livres da sua estrutura cheios de cortiça granulada; também se aplicarmos nos interiores da estrutura umas almofadas de madeira prensada melhor fica resolvido o problema.

Portas de chapas de aço, com o seu interior cheio de cortiça granulada são ótimas para salas e gabinetes de trabalho; a estrutura destas portas pode ser construída de madeira.

Portas maciças, de madeira grossa, simples ou almofadadas.

As *juntas das portas* devem ser revestidas de borracha para que o seu encosto seja suave e silencioso, não permitindo ao mesmo tempo a passagem dos ruídos; os *nós de banca* são talvez o melhor processo contra a passagem dos ruídos, mas também revestidos ou mesmo constituídos por borracha (*Fig. 17*).

A junta inferior das portas, a que quase roça pelo solo, deve ser dotada de um friso de borracha para completa vedação dos sons. No nosso desenho (*Fig. 18*) mostramos os vários sistemas da aplicação das tiras de borracha em volta dos batentes.

ISOLAMENTO DE CAIXILHOS. — O melhor isolamento das janelas feito nos seus caixilhos, é aquele que é obtido pela aplicação de caixilhos duplos, com cerca de 0^m,05 ou 0^m,10 de intervalo de um ao outro.

Para se evitar o som do exterior pelas ondas sonoras, é conveniente aplicar vidros bastante grossos, e para se evitar a passagem dos ruídos por oscilação, deve fazer-se o emprego de tiras de borracha ou de laticel nas suas juntas como se indica para as portas.

GENERALIDADES

A ventilação e a acústica são actualmente elementos que merecem a atenção dos técnicos da construção da casa. Em tempos distantes nem a ventilação nem as bases dos princípios acústicos eram consideradas, mas hoje com os progressos que se têm acentuado na edificação, é mister observar as boas regras que se não devem desprezar e que muitíssimo úteis são.

Os princípios necessários à ventilação são de ordem absolutamente prática e de bem fácil execução, tanto no que se refere à casa de habitação, como no que diz respeito às edificações sanitárias, industriais e escolares.

Trata-se apenas de deixar entrar o ar, fazê-lo circular pela casa e obrigá-lo a sair depois de se tornar irrespirável, quando perde a frescura que trouxe do exterior.

Com a acústica o problema é de solução muito mais difícil e temos de considerar a sua dualidade: a *insonoridade* e a *sonoridade* da casa.

Para a habitação, escolas, hospitais e gabinetes de estudo a insonoridade é indispensável.

A permissão dos ruídos exteriores é perniciosa às edificações destinadas a esse fim, mas é extremamente difícil evitá-los, mormente na construção moderna em que o betão armado é o principal elemento. E é bem sabido que este material é um dos melhores condutores de ruídos.

A boa sonoridade de um estúdio, de um teatro, de uma sala de concertos e de conferências é igualmente problema de difícil normalização.

As circunstâncias que oneram estas construções são múltiplas e diferentes.

Qualquer elemento construtivo ou de localização é mais que suficiente para provocar qualquer impedimento.

Dentro dos princípios estudados nos laboratórios explanamos matéria apropriada a estas construções.

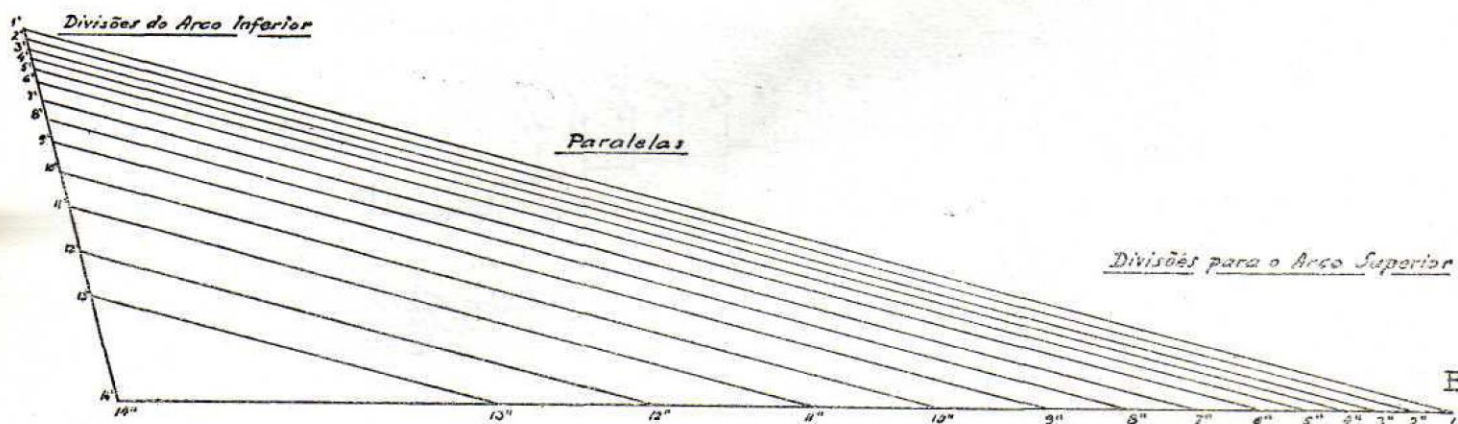


Fig. 19. — GRAFICO AUXILIAR DO TRAÇADO DOS TECTOS ACÚSTICOS

TECTOS ACÚSTICOS

Nos auditórios, quer se trate de recintos ao ar livre quer se entre nos domínios de salas de concertos ou teatros, existem dentro dos princípios da física dois elementos fundamentais no que respeita a acústica.

Esses dois elementos primordiais são o foco emissor do som e os pontos receptores dele, que são, como se depreende, as cabeças dos espectadores. Temos ainda a considerar as distâncias dos lugares, nas diferentes filas e bancadas, que separam do foco acústico.

O som emitido deste foco vai diminuindo de intensidade à medida que se vai afastando, chegando por

vezes a ser mal transmitido aos ouvintes que se encontram nas filas mais distantes.

Dentro destas realidades necessário se torna recorrer a processos artificiais para se remediar o facto, permitindo regular com igualdade a intensidade sonora, dentro de toda a sala, de maneira que todos os assistentes ouçam nas mesmas condições.

O meio estudado para se obter a solução do problema do reforço acústico proporcional às distâncias, é o chamado *tecto acústico*, que funciona como se fora uma *superfície reflexante*.

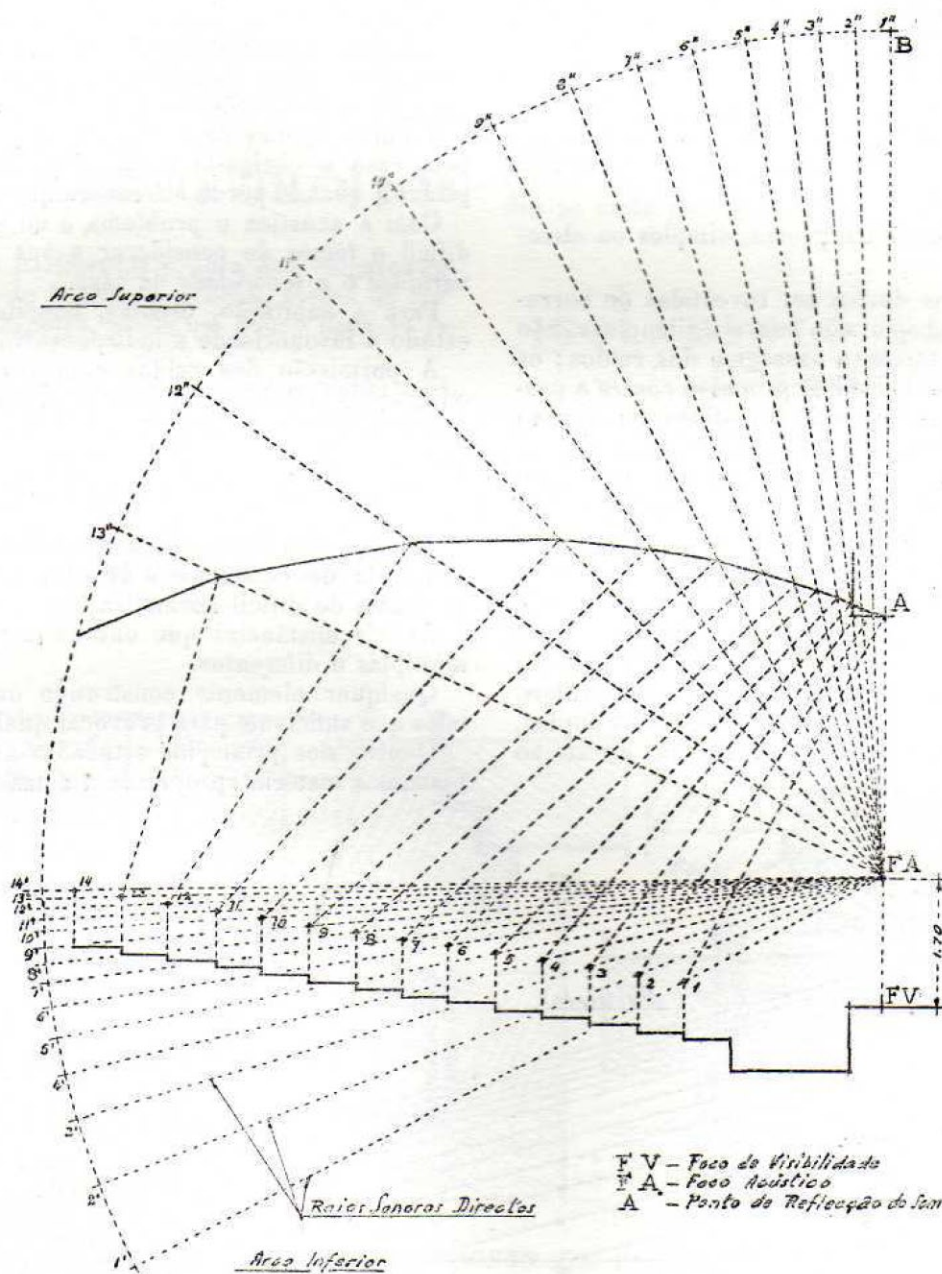


Fig. 20. — TRAÇADO DOS TECTOS ACÚSTICOS

Uma sala de audição assim dotada não só dá a cada ponto receptor além do som directo vindo do foco acústico, mas também outra porção de som, indirecto, emitido do tecto por reflexão, que reforça o som directo.

A intensidade deste raio sonoro complementar é directamente proporcional à distância a que se encontram os pontos receptores considerados.

Para a execução dos traçados destinados à construção dos *tectos acústicos*, há variadíssimos estudos de engenheiros e architectos europeus e americanos, que mais ou menos resolvem o problema. Porém, o que melhor se nos afigura de perfeita concepção para o fim em vista, é o estudo dos architectos mexicanos R. Cacho e A. Arai, baseado nas chamadas teorias de Gustavo Lyon, que apresentamos.

Trata-se de um estudo construtivo baseado sobre os cortes longitudinais. Os cortes transversais são a sequência lógica de todo o traçado.

T R A Ç A D O

ESTABELECIDAS as dimensões da sala de espectáculo, desenha-se o corte longitudinal com todos os lugares da plateia indicados por filas, quer se trate de um pavimento ligeiramente em declive ou em anfiteatro, como mostramos no nosso estudo (*Fig. 20*).

Situa-se no palco o foco de visibilidade *FV* que deve ficar na prumada interior do arco do procénio *A*, primeiro ponto de reflexão do tecto, e nessa mesma linha vertical *FV—A* marca-se a cerca de $1^m,70$, altura quase máxima das pessoas, neste caso actores, que nesse lugar actuam, o foco acústico *FA*.

Deste foco tira-se uma linha horizontal ou quase até à altura dos espectadores da fila média da plateia.

Prèviamente estabeleceu-se na primeira fila a altura a que ficam as cabeças dos espectadores sentados, a que

damos o ponto *I*, e prolongamos desde esse ponto uma linha paralela à plateia até ao fim do nosso desenho, dando-nos assim todas as alturas em todas as filas.

De cada pé de lugar elevamos uma perpendicular até à paralela descrita e obtemos os pontos de altura.

Estas alturas ficam todas numeradas de *1* a *14*, que neste estudo representa metade da sala, pois que na construção contamos com vinte e oito filas, mas cujo número depende da lotação que se lhe queira dar.

A linha horizontal ou quase saída de *FA* deve coincidir com a altura das cabeças dos espectadores da fila média.

Feito este traçado, tiramos um arco de círculo de *FA*, para baixo e para cima da horizontal saída do mesmo foco. O raio deste arco deve medir mais de metade do comprimento da plateia e corta o prolongamento da vertical subida de *FV* e que passa pelo *FA* e pelo arco do procénio *A*. O ponto dessa intersecção é assinalado por *B*.

Seguidamente tiram-se do foco emissor *FA* raios sonoros directos, que passando pelos pontos dos lugares das cabeças dos espectadores, verdadeiros postos receptores, se prolongam até alcançarem o arco inferior à linha horizontal. Estas intersecções vão de *1'* que corresponde a *1* da linha da plateia, até a *14'*, no nosso estudo, que por sua vez corresponde ao ponto *14* dos lugares.

Este arco representa em corte longitudinal a superfície da onda sonora emitida e considerada num momento preciso da sua trajectória (*).

Delineada toda esta primeira parte, vamos tratar da continuação do estudo, mas para isso é mister procedermos à construção de um *gráfico auxiliar*.

GRÁFICO AUXILIAR (*Fig. 19*). — Inicia-se com a inserção de uma recta com o comprimento

(*) Princípios da teoria de Gustavo Lyon, famoso professor de Paris.

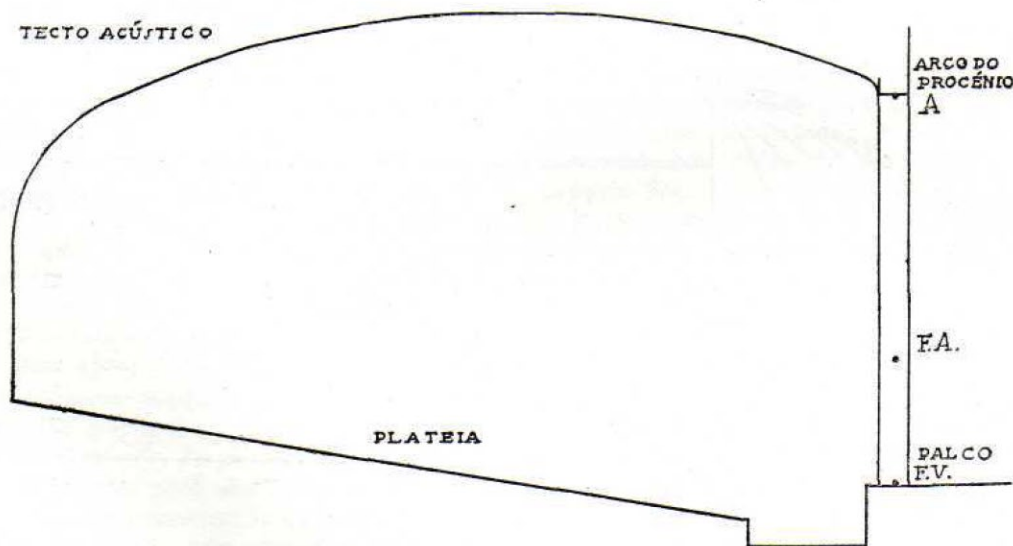


Fig. 21. — SALA DE ESPECTÁCULO PROVIDA DE TECTO ACUSTICO

do segmento do arco inferior, isto é, aquele pedaço que vai de $1'$ a $14'$, onde marcamos as suas divisões também de $1'$ a $14'$, de cima para baixo. Depois liga-se no ponto $14'$ uma linha recta que se faz estender para um dos lados e cujo comprimento é igual ao segmento do arco de círculo superior, aquele que vai de $14'$ a B .

Os extremos destas linhas fecham-se por uma outra linha, o cateto, que vai de $1'$ a B , formando-se assim um triângulo. Seguidamente tiram-se paralelas do cateto, a partir dos pontos divisórios de $1'$ a $14'$ e que ao tocarem na recta inferior dão os novos pontos de $1''$ a $14''$. Os pontos $14'$ e $14''$ formam o vértice do triângulo, como vemos.

Terminado o *Gráfico* vamos transportar, um a um, todos os pontos de $1''$ a $14''$ para o arco superior, a partir de B para baixo. Destes pontos inseridos no arco traçamos rectas ou raios para FA . Os pontos $14'$ e $14''$ ficam no mesmo lugar e o seu raio que vai para FA é aquela linha que já ligou o ponto 14 ao mesmo foco.

Esta divisão diz-nos que a superfície total da onda sonora, nos dois arcos, compreende dois grupos de raios, os directos e os indirectos.

Tratámos já dos primeiros raios vamos cuidar agora dos segundos. O ponto A é o primeiro ponto de reflexão do tecto e por isso lhe fazemos ligar o ponto 1 dos lugares por meio de uma recta, formando-se assim o ângulo $FA - A - 1$ pelo raio de incidência $FA - A$ e pelo de reflexão $1 - 1$.

Com a obtenção destes raios vamos achar a sua correspondente superfície de reflexão, que se obtém traçando a bissetriz do ângulo $1 - A - B$. A linha da bissetriz saída de A atinge o raio $FA - 2''$ e dessa intersecção sai para 2 novo raio. Depois acha-se a bissetriz do ângulo formado por $2 - 3''$ e tira-se um raio da linha da bissetriz para o ponto 3 , e assim sucessivamente até ao fim.

As linhas das bissetrizes cortando os raios directos e dando origem aos indirectos vão dando lugar à formação do *tecto acústico*, que para se finalizar é só traçar a sua forma arqueada, à *mão livre* ligando simplesmente as intersecções dos dois grupos de raios (*Fig. 21*).

Para se evitarem os ecos de reberveração não é conveniente, em caso nenhum, que os raios sonoros indirectos recorram a mais de vinte metros de distância do que os raios directos.

PRINCÍPIOS

A construção dos tectos das salas de espectáculos deve obedecer a planos, no seu sentido longitudinal, de cerca de $7^m,00$ de comprimento cada um, não convido, todavia, que qualquer tecto contenha menos de três dessas superfícies.

A diferença de altura de um plano para outro não deve ser inferior a $0^m,30$. Os planos mais altos situam-se para as trazeiras da plateia.

As melhores dimensões das salas de espectáculo são as de planta rectangular, no sentido longitudinal, e de altos pés direitos. As paredes devem formar concórdância com o tecto, numa espécie de arco de círculo ou sanca.

Os pavimentos da plateia, dos balcões e das galerias, além de ficarem em plano inclinado, devem formar degraus correspondentes às filas dos lugares, e cuja altura nunca deve ser inferior a $0^m,06$.

Segundo os princípios destas teorias as melhores dimensões para um plano destinado a comportar uma orquestra de duzentas figuras, pode medir de largura $10^m,50$ e ter de fundo $20^m,50$. Estas dimensões dão, mais ou menos, em diagonal $22^m,00$.

O comprimento de $22^m,00$ é o limite máximo da dimensão dos raios sonoros indirectos, a mais que o comprimento dos raios directos, pois que deixando-se ultrapassar a mais essa distância não se conseguirá evitar o aparecimento do eco de reverberação, sempre prejudicial à perfeição do som.

A construção dos tectos por planos, cuja garantia é assaz magnífica, pode substituir o *tecto acústico*, que é sempre de custo muito mais elevado.

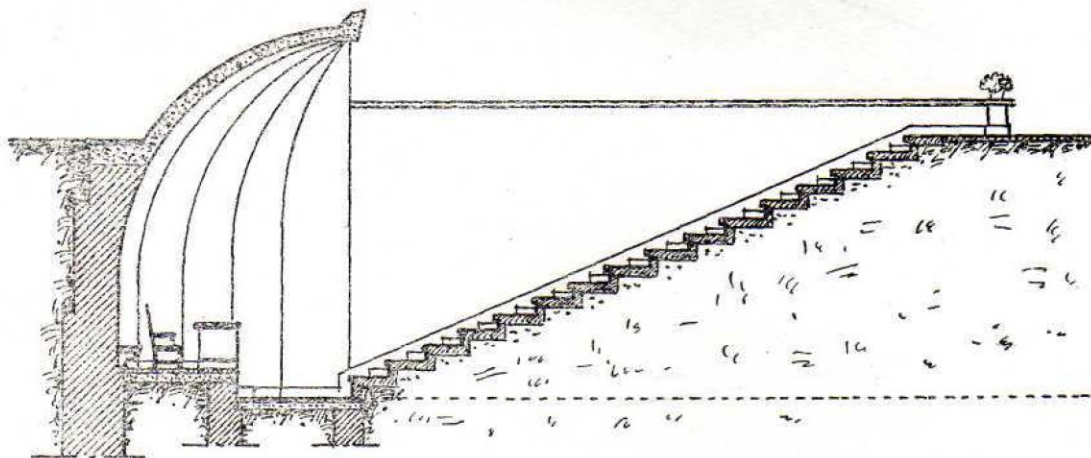


Fig. 22. — AUDITÓRIO AO AR LIVRE
(Corte longitudinal)

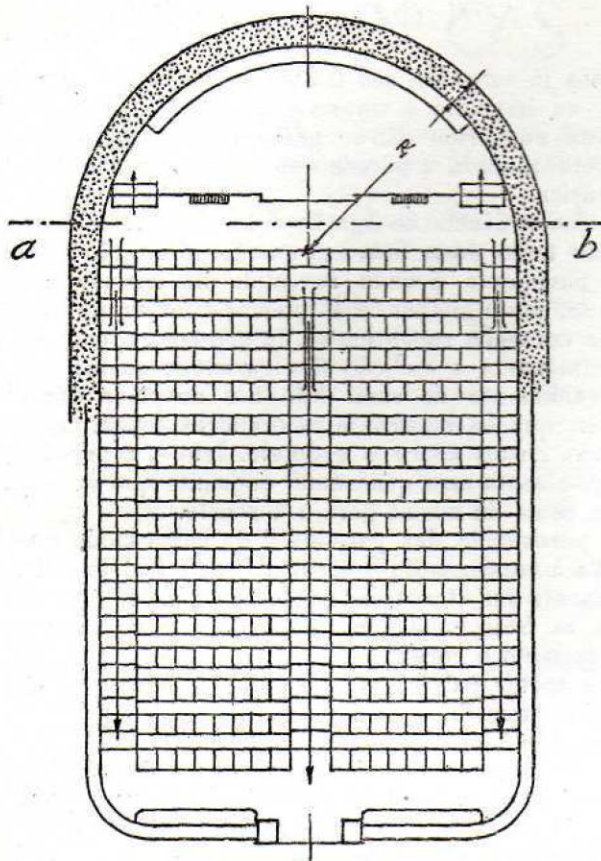


Fig. 23. — PLANTA DO AUDITÓRIO AO AR LIVRE

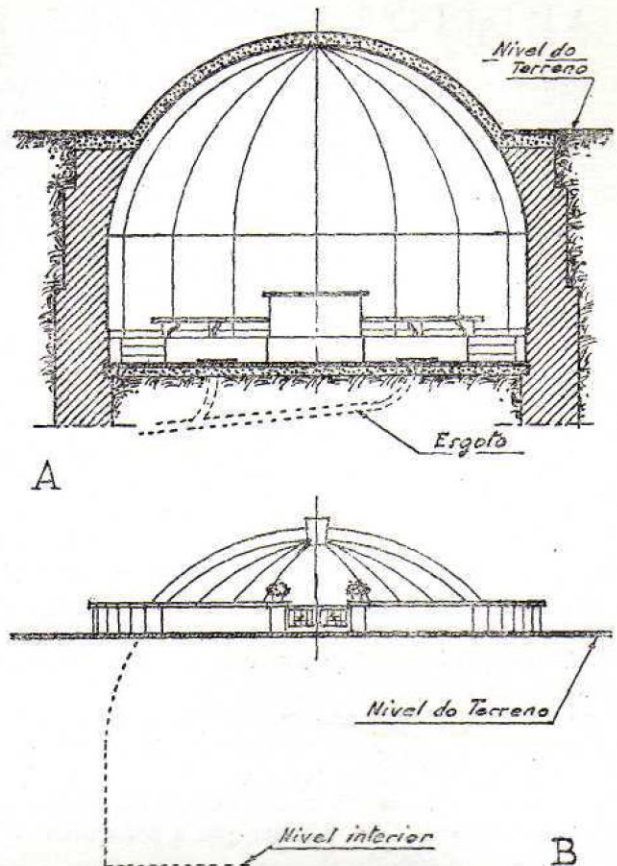


Fig. 24. — AUDITÓRIO
A) Corte por a-b; B) Fachada principal

A U D I T Ó R I O S

DEBAIXO da designação genérica de auditórios constroem-se recintos apropriados a concertos e palestras ao ar livre. Para estas construções adequam-se terrenos de encosta que facilitam economicamente a obra, mas há falta destes, apropriam-se quaisquer locais, fazendo-se as necessárias escavações.

Os lugares para os assistentes dispõem-se em anfiteatro, como convém, e a caixa destinada aos músicos ou aos oradores fica em forma de meio-círculo e coberta por uma cúpula dentro da mesma expressão geométrica.

A orientação que mais convém para estas construções é a de costas para o sudoeste, mas no entanto a disposição deve ser a mais apropriada ao local.

A construção é feita em obediência aos princípios que segue a edificação dos muros de suporte, aqui no nosso estudo (Fig. 22) de alvenaria de pedra e argamassa de cimento e areia. A cúpula, para efeitos de melhor economia de trabalho, deve ser construída de betão armado, com revestimentos de feltros por camadas exteriores e interiores, nunca inferiores a 0^m,05 ou 0^m,06.

O extradorso deve, além disso, ser também revestido

superiormente por indutos betuminosos de protecção contra a chuva.

O interior, como vimos, provido de feltros garante a sonoridade e atira-a para o lado dos assistentes. Se a cúpula fosse construída de ferro nunca seria mais do que uma boa caixa de ressonância, inútil para o seu próprio fim.

Para protecção das águas que durante as chuvas caem em cascata pelos degraus do anfiteatro, é conveniente prover a construção dos auditórios (*) com canalizações de esgoto. Assentam-se, para esse fim, no espaço da coxia, entre o primeiro degrau e o plano elevado para os músicos, alguns sifões com ralos metálicos.

As formas dos auditórios podem ser variadas mas é aconselhável dar à planta a forma rectangular, sendo a largura menor do que o comprimento.

As paredes laterais protegem a condução do som pelo anfiteatro.

(*) Auditório vem do latim *auditorium*, local de audições. Também significa o conjunto de pessoas assistentes.

AUDITÓRIOS LIVRES

EM alguns países constroem-se auditórios sobre qualquer encosta dos passeios públicos, a fim de substituírem os antiquados coretos de forma sextavada, já em desuso por não satisfazerem os predicados necessários.

Algumas vezes ainda se adaptam a esses velhos coretos tapamentos côncavos em algumas das faces, o que faz melhorar, de certo modo, as condições acústicas do pavilhão.

Na construção dos *auditórios livres* (*) há apenas que regularizar o plano inclinado para estabelecer os degraus do anfiteatro (Fig. 25) e construir a cúpula do lugar da emissão, tal qual como descrevemos no estudo anterior.

O acesso a este auditório pode fazer-se pela passagem inferior em frente do plano para a música, ou pelo cimo da colina. As condições acústicas deste tipo de auditório não são tão apreciáveis como as dos auditórios construídos abaixo do solo, como indicámos no estudo anterior.

Esta construção absolutamente ligeira é de preço relativamente baixo e muito indicada para jardins públicos, não só para audições musicais como também para representações.

O revestimento dos degraus como assentos, pode ser simplesmente de tijoleira, sendo no entanto mais apropriado um forro de pedra serrada.

Estes são os mais elementares princípios de uma construção adequada ao fim em que a sonoridade é de absoluta necessidade.

Estes auditórios reúnem, como se vê, muito melhores vantagens do que os antigos coretos, para qualquer género de audição.

(*) O mais notável auditório livre é o da ilha Catalina, na costa da Califórnia (E. U. A.).

A N O T A Ç Õ E S

COMO já sabemos, são muitos os casos que provocam ou impelem a transmissão dos sons. Para os salões de concertos dão-se grandes pés direitos e dá-se a forma côncava à parede que fica por detraz do lugar da música.

A concordância de ligação dos paramentos das paredes ao tecto deve ficar em quarto de círculo côncava.

O pavimento ficando revestido de espessa camada felpuda, tanto melhor, e os poucos vãos de portais que a sala contenha recobrem-se de grossos reposteiros.

Deste modo a audição fica garantida quanto ao bom aproveitamento do som. Não nos devemos esquecer, porém, que os músicos e os oradores devem ficar com as suas costas sobre o sudoeste. Isto é, a parede côncava enfrenta esse quadrante, enquanto que os espectadores ficam de costas para o noroeste.

A porosidade das paredes é de certo modo também nociva à condensação dos sons. Uma má alvenaria pode facilmente ser atravessada pelo som, fazendo perder ao salão as boas condições que lhe foram atribuídas pelo seu projecto e construção.

Em certos países, as boas salas de concertos têm as paredes revestidas de linóleo, o que lhes proporciona a posse de boas qualidades acústicas.

Os melhores sistemas de pavimentos são aqueles providos de camadas estanques, cujos desenhos apresentamos (Figs. 12, 13 e 14) o que descrevemos. Sobre a placa de betão armado assentamos uma camada estanque de betuminados, seguida de placas de *celotex* de 0^m,02 de espessura, sobre a qual se dispõe uma delgada camada de betão que se recobre com emepa. Superior a tudo fica o soalho. As camadas estanques mais indicadas para aplicação nos pavimentos são as de *corsil asfaltado*. Este material é simplesmente constituído por placas de cortiça comprimida e placas de feltro betuminado.

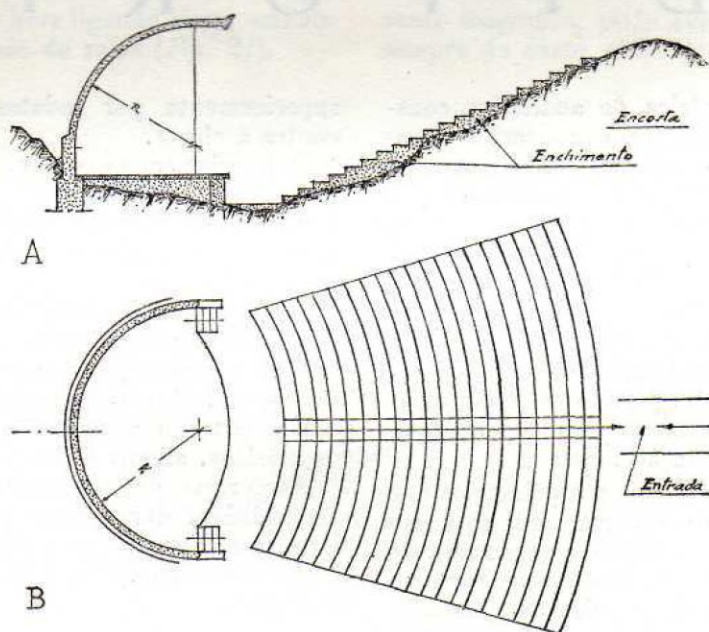


Fig. 25. — AUDITÓRIO LIVRE
A) Corte longitudinal; B) Planta