UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

FLORE
Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

La qualità acustica degli spazi per l’ascolto

Questa è la versione Preprint (Submitted version) della seguente pubblicazione:

Original Citation:
La qualità acustica degli spazi per l’ascolto / Simone Secchi. - STAMPA. - (2025), pp. 85-88.

Availability:
The webpage https://hdl.handle.net/2158/1433232 of the repository was last updated on 2025-08-28T07:17:12Z

Publisher:
Edifir

Terms of use:
Open Access
La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf)

Publisher copyright claim:

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

12 January 2026

3gA 2023 – Note di Architettura

Pistoia 16-18 novembre 2023

La qualità acustica degli spazi adibiti all'ascolto di musica e parato

Simone Secchi

Dipartimento di Architettura, Università di Firenze

simone.secchi@unifi.it

La qualità acustica di un ambiente adibito all'ascolto di musica o parlato è requisito di primaria importanza che può essere valutato mediante la misurazione o la simulazione di diverse grandezze che rappresentano i diversi fenomeni che caratterizzano la piacevolezza dell'ascolto.

Esistono molto riferimenti sia normativi che da letteratura per determinare e verificare la qualità acustica di ambienti per l'ascolto della parola, quali sala conferenze, auditorium, aule didattiche ecc. Nel caso di ambienti didattici esiste uno specifico richiamo del decreto sui Criteri Ambientali Minimi degli interventi di progettazione di edifici pubblici (DM 23/06/2022) che rimanda ad una norma specifica e quindi alla valutazione e verifica di parametri di non facile determinazione (UNI 11532-2: 2020). Nel caso di ambienti adibiti all'ascolto della musica, come teatri, data la complessità dei fenomeni che si relazionano nel determinare la qualità dell'ascolto, non esistono invece riferimenti legislativi cogenti. Viceversa, esiste un'ampia letteratura che descrive gli indicatori ed i valori di riferimento più appropriati per le diverse esecuzioni, musicali o teatrali, che si possono eseguire in una teatro.

In generale, la determinazione della qualità acustica all'interno degli ambienti chiusi, fenomeno correlato con la riverberazione, è misurabile per mezzo di numerosi parametri acustici che costituiscono tuttora argomento di ricerca a livello internazionale. Tuttavia, numerosi parametri sono ormai unanimemente considerati particolarmente indicativi e sono anche indicati all'interno di norme tecniche internazionali specifiche, quali la serie di norma UNI EN ISO 3382 (Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti).

La qualità dell'ascolto di un brano musicale o della voce prodotti all'interno di un ambiente chiuso (auditorium, teatro, sala conferenza ecc.) dipende dalle caratteristiche fisico-acustiche della sorgente e dell'architettura dell'ambiente; essa risulta soddisfacente qualora si realizzi un livello di energia sufficientemente elevato ed uniforme, che permetta a tutti i potenziali ascoltatori di udire e comprendere il segnale acustico emesso. L'uniformità delle condizioni di ascolto attribuisce all'ambiente un maggior pregio, a prescindere da qualsiasi altra condizione.

Solitamente, la molteplicità di modalità d'uso di una sala, e conseguentemente l'impossibilità di far riferimento ad un'unica configurazione delle sorgenti sonore, non permette di definire un valore ottimale dei parametri acustici. In particolare, la contemporanea percezione del suono diretto, generato dalla sorgente sonora, e delle varie riflessioni prodotte dalle superfici delimitanti la sala, creano una componente riverberante che condiziona il tipo di attività prevista per l'ambiente stesso.

La riverberazione consente di avere un valore discreto del livello sonoro anche a distanze abbastanza alte dalla sorgente sonora; tuttavia, ciò non comporta soltanto effetti positivi per quanto riguarda la qualità acustica di una sala: una quota eccessiva di energia riverberata può costituire infatti un disturbo indesiderabile ai fini di una corretta comprensione dei segnali emessi dalla sorgente.

Nel caso di esecuzioni musicali, un certo grado di riverberazione (dipendente dal genere musicale) è un fenomeno utile per una buona audizione, per la fusione dei suoni e il legamento delle note.

L’ottenimento del valore ottimale della riverberazione non è però sufficiente ad assicurare la buona acustica di una sala

In sintesi, le varie riflessioni provenienti dall’ambiente devono possedere i seguenti requisiti:

a) essere riflessioni precoci, con ritardo rispetto all’onda diretta inferiore a 80 millisecondi nel caso dell’ascolto della musica ed a 50 millisecondi nel caso dell’ascolto del parlato;
b) giungere all'ascoltatore da direzioni laterali;
c) avere una buona intensità del suono diretto.

Queste caratteristiche fisiche sono descritte da una serie di parametri monoaurali, binaurali e tridimensionali che possono essere contenuti nelle risposte all’impulso, ovvero nella registrazione di un segnale di tipo impulsivo (mono o stereo) in una determinato punto della sala.

Di seguito sono riportati i principali descrittori della qualità acustica delle sale con i relativi valori di riferimento.

Tra i parametri descritti, alcuni sono più “stabili” di altri, dal momento che la loro variazione risulta generalmente relativamente limitata con riferimento ai risultati delle misure acustiche.

Studi recenti hanno dimostrato una buona stabilità del tempo di riverberazione (T60) e dell'Early Decay Time (EDT) rispetto ai metodi di misura e alla strumentazione utilizzati, mentre sono risultati particolarmente *delicati* gli indici energetici che dipendono da un rapporto di frazioni energetiche quali, ad esempio, *la chiarezza*.

1. Tempo di Riverberazione

Il tempo di riverberazione è un parametro utile alla valutazione della durata della coda sonora, viene misurato in secondi ed è descritto dalla norma ISO 3382-2.

Dopo essere state emesse dalla sorgente, le onde sonore vengono ripetutamente riflesse dalle superfici della stanza e, a causa dell'assorbimento, si riducono gradualmente.

Il tempo di riverbero, T60, indica quanto tempo occorre ad un suono per decadere, dopo che è stato emesso e corrispondente ad una riduzione di 60 dB del livello sonoro.

La normativa tecnica (ISO 3382) permette esplicitamente di calcolare il tempo di riverbero anche utilizzando sorgenti impulsive mediante integrazione a ritroso di Shroeder.

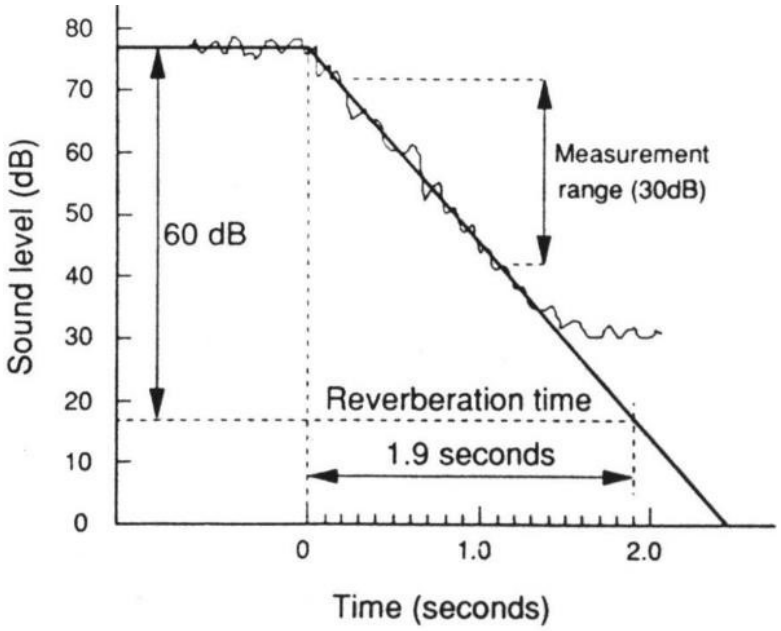


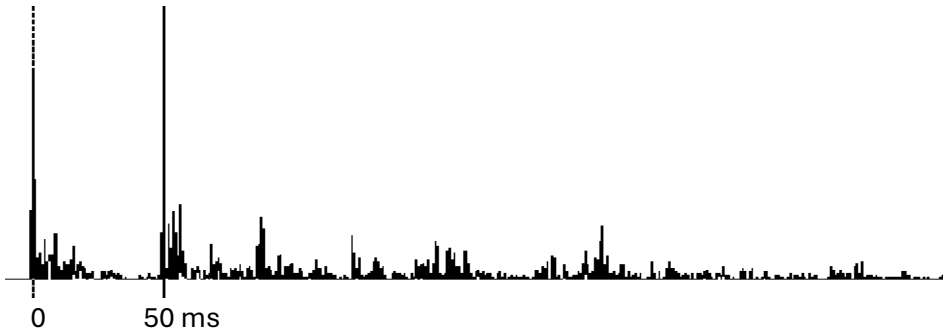
Figura 1 – rappresentazione grafica del significato di tempo di riverberazione

2. *Chiarezza a 50ms C_{50}*

Indicando con p la pressione sonora, si definisce la chiarezza C_{50} come il rapporto tra l'energia che arriva all'ascoltatore dei primi 50 millisecondi e l'energia che giunge successivamente:

$$C_{50} = 10\log \frac{\int_0^{50ms} p^2(t)dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t)dt}$$

Valori ottimali di questo parametro variano tra -1 e+1 dB, valori superiori a 1dB indicano un suono troppo secco, simile al suono all'aperto (la quota parte di suono diretto è preponderante rispetto a quella riverberata), mentre valori inferiori a -1dB indicano un eccesso di riverberazione, con la conseguente "sporcatura" del segnale.



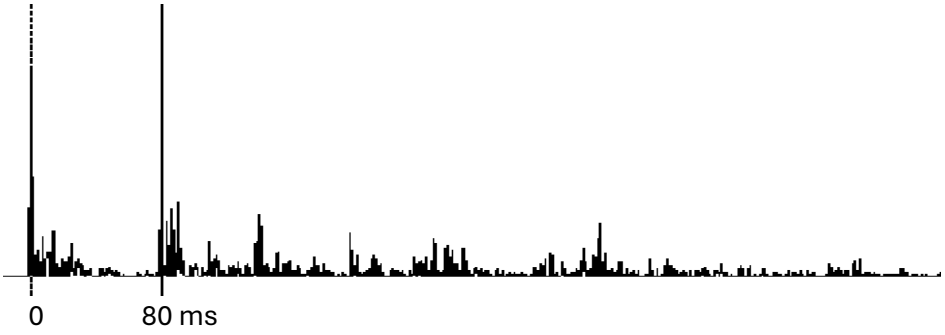
3. *Chiarezza a 80ms C_{80}*

La chiarezza a 80ms è stata proposta da Reichart et al. Nel 1974 e, analogamente al C_{50}, è definita dal rapporto tra l'energia che giunge all'ascoltatore nei primi 80 millisecondi e quella che giunge all'ascoltatore successivamente. A differenza tra gli estremi temporali nei quali si valuta la chiarezza C50 e la chiarezza C80 dipende dalla diversa struttura dei messaggi parlato e musicale.

$$C_{80} = 10\log \frac{\int_0^{80ms} p^2(t)dt}{\int_{80ms}^{\infty} p^2(t)dt}$$

È pertanto il rapporto tra l'energia delle prime riflessioni unita all'energia diretta e l'energia delle riflessioni successive.

Per ambienti destinati all'ascolto del parlato viene raccomandato dalla letteratura un valore di C_{80} maggiore di 3dB, e un valore compreso tra -4dB e 2dB per ambienti adibiti alla musica. In generale, il parametro C_{50} è destinato alla valutazione di sale per il parlato, mentre C_{80} si utilizza maggiormente per sale adibite all'ascolto di musica. Tale distinzione si utilizza poiché per il parlato si ha minore necessità di corposità del suono rispetto all'ascolto di musica.



4. *Istante baricentrico dell'energia sonora, ts*

È un parametro introdotto da Cremer e Kurer (1965) che rappresenta il rapporto tra l'energia dell'intero decadimento, pesata rispetto al tempo, e l'energia complessiva. Studi approfonditi hanno dimostrato come tale parametro sia ben correlato con l'intellegibilità percentuale delle sillabe.

Tale parametro è definito dall'espressione:

$$t_s = \frac{\int_0^{\infty} tp^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt}$$

I valori consigliati, in letteratura, per l'istante baricentrico dell'energia sonora ts si distinguono tra ambienti adibiti all'ascolto del parlato [$0 \leq t_s \leq 50$ms] e ambienti dedicati all'ascolto di musica [$50 \leq t_s \leq 250$ms].

5. Tempo di primo decadimento [Early Decay Time], EDT

È definito come il tempo richiesto per ottenere un decadimento di 10dB di un segnale stazionario o impulsivo. Si calcola mediante la retta di regressione lineare. Tale parametro è particolarmente sensibile alla posizione del microfono in relazione alla sua distanza con la sorgente. Tale indice infatti diminuisce con l'allontanarsi del microfono dalla sorgente di emissione e fornisce importanti informazioni per confrontare i diversi punti di una medesima sala (nella quale non è, verosimilmente, presente un campo perfettamente diffuso). I valori raccomandati per tale indice, da letteratura, risultano essere: $1.8 \leq EDT \leq 2.6$ s dipendendo anche dal tipo di evento sonoro ascoltato.

6. Tempo di riverberazione T20, T30

Tali parametri sono calcolati rispettivamente estrapolando, a -60dB, la pendenza media dei primi 20, o 30, del decadimento del livello di pressione sonora. Sono utilizzati poiché difficilmente, sperimentalmente, si riesce a garantire correttamente un superamento del livello di pressione sonora residuo di almeno 60 dB.