



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008  
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A124

## **Desempenho acústico de ginásios esportivos: análise comparativa**

Stelamaris Rolla Bertoli <sup>(a)</sup>,  
Carlos Eduardo Rodrigues <sup>(b)</sup>,

(a) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, CP 6021, Campinas, SP, 13083-970, Brasil. E-mail: rolla@fec.unicamp.br

(b) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, CP 6021, Campinas, SP, 13083-970, Brasil. E-mail: caduarq@hotmail.com.

### **Abstract**

The gymnasiums of sports are used also for games and other activities, as lectures, expositions, formations, shows. The constructive characteristics between them differ very little what it reflects in the noise of these spaces. This work had for objective to make comparative analysis of the acoustic performance of two gymnasia whose physical characteristics and constructive are typically identical, but with differentiated roofs. The acoustic performance was based on the measures of the acoustic parameters as reverberation time (TR), time of initial decline (EDT), clarity (C80), definition (D50) and index of transmission of speaks (STI). These acoustic parameters had been gotten through impulsive technique and calculated by software for the evaluation of rooms DIRAC of the Bruel & Kjaer. The proper procedure of measurement was a determinative factor in the evaluation for the dimensions of the space. Difficulties had been also found in the establishment of criterion for analysis of the acoustic performance of these environments. The results of the analysis of the evaluation acoustics and the comparison with the information of the project architectural had allowed establishing favorable and not favorable factors of the project that had influenced in its acoustic performance.

### **Resumo**

O uso de ginásios esportivos foi ampliado abrigando além de jogos esportivos também outras atividades como palestras, exposições, formaturas, shows. As características construtivas entre eles, diferem muito pouco o que reflete na sonoridade desses espaços. Este trabalho teve por objetivo fazer análise comparativa do desempenho acústico de dois ginásios cujas características físicas e construtivas são tipicamente iguais, mas com telhados diferenciados. O desempenho acústico baseou-se nas medidas dos parâmetros acústicos como tempo de reverberação (TR), tempo de decaimento inicial (EDT), clareza (C80), definição (D50) e índice de transmissão da fala (STI). Esses parâmetros acústicos foram obtidos através de técnica impulsiva e calculados pelo software para a avaliação de salas DIRAC da Bruel & Kjaer. Pelas dimensões do espaço, o próprio procedimento de medição foi um fator determinante na avaliação. Dificuldades também foram encontradas no estabelecimento de critério para análise do desempenho acústico desses ambientes. Os resultados da análise da avaliação acústica e a comparação com as informações do projeto arquitetônico permitiram estabelecer fatores favoráveis e desfavoráveis do projeto que influenciaram no seu desempenho acústico.

## 1 Introdução

Com o passar dos anos o homem têm acompanhado a transformação significativa que a humanidade esta tendo na conscientização quanto a acústica arquitetônica. Desde o período da Grécia antiga, já havia uma preocupação acústica nos teatros de arena. Não se sabe ao certo, como naquele tempo, os gregos construíam belíssimas edificações com o funcionamento acústico excepcional, sem as tecnologias dos tempos atuais. Após muito tempo esse conceito de uma obra com qualidade acústica foi pouco a pouco deixada de lado, preocupando-se apenas com a estética da edificação. Ainda hoje, arquitetos e engenheiros têm dificuldades de implantar questões relativas ao conforto ambiental de uma edificação.

Segundo Kusakawa (2002), nota-se a preocupação, por partes de empreendedores, em idealizar projetos arquitetônicos arrojados no que diz respeito à campo sonoro em ambientes e , menos ainda, às consequências do ruído ocupacional e recreacional gerados pela concepção, na maiorias das vezes, inadequada do projeto arquitetônico. Mas com a preocupação de pesquisadores e instituições à respeito do desempenho do ambiente construído, muitos profissionais estão se conscientizando e se preocupando com a qualidade do ambiente, seja ele em termos acústicos, térmicos ou lumínicos.

Nos diversos recintos públicos, a forma geométrica é muito utilizada, onde, para fins de projetos acústicos, todo o som deve ser imediatamente percebido pôr quem o está recebendo, proporcionando qualidade na compreensão (CARVALHO, 1967). Segundo Cowan (2000), os ginásios de esportes, por se tratarem de edificações cobertas de grande porte geralmente retangulares, apresentam superfícies reflexivas, o que propiciam altos tempos de reverberação.

O espaço edificado pode ser uma fonte de ruído, quando as atividades, neste desenvolvidas, são por natureza ruidosas, como também pode receber o ruído do espaço urbano. Seja qual for a função ao qual este ambiente se proponha, deverá ser preparado para conviver com ruídos advindo do mesmo. (BATISTA, 1998). No caso de ginásios de esportes o ruído desenvolvido dentro do ambiente é considerado de maior importância, devido as atividades nele desenvolvidas.

A concepção arquitetônica dos ginásios de esportes é, geralmente, voltada para o seu interior numa escala monumental, com a presença de grandes vãos cobertos com estruturas metálicas e iluminação zenital, trazendo a luz natural para o interior, criando ambientes agradáveis, na grande maioria das vezes climatizados artificialmente, proporcionando, assim, o conforto térmico e lumínico, porém ignorando o conforto acústico. O que se observa, principalmente em escolas publica é a preocupação da construção de um ginásio de esportes coberto para os alunos exercerem suas atividades escolares, mas sem qualquer preocupação com os aspectos de conforto ambiental. Alguns ginásios escolares até apresentam uma preocupação com a iluminação e com a temperatura dentro do ambiente, mas esquecem de um aspecto muito importante, a acústica, que pode ser prejudicial ao ser humano. Um fato que não se pode esquecer é que o ginásio de esporte devido as suas atividades é uma fonte de ruído, que onde quer que esteja implantado pode prejudicar edificações que o envolve.

Esta pesquisa buscou estudar o ginásio de esportes da Faculdade de Educação Física da Unicamp e o Ginásio Multidisciplinar da Unicamp. As características construtivas entre eles, diferem muito pouco o que reflete na sonoridade desses espaços. Ambos os ginásios são utilizados para atividades esportivas, eventos, palestras entre outras atividades que lhe forem possíveis. O ginásio da FEF é mais utilizado para a prática de aulas esportivas, enquanto o ginásio Multidisciplinar é mais utilizado para eventos.

A pesquisa teve por objetivo fazer análise comparativa do desempenho acústico dos dois ginásios de esportes cujas características físicas e construtivas são tipicamente iguais, mas com telhados e formas diferenciadas.

A percepção do som é bastante subjetiva e sua avaliação objetiva (medidas acústicas) nem sempre reflete os aspectos psicológicos associados ao estímulo sonoro. Pode-se dizer que em se tratando de ginásios de esportes, as pessoas são induzidas pelo seu comportamento psicológico a uma aversão ao ruído causado dentro e fora dos mesmos. Nesses espaços a arquitetura muitas vezes pode contribuir para melhorar este aspecto psicológico.

## **2 Acústica de ginásios de esportes**

Edificações destinadas a ginásios de esportes devem merecer projeto e planejamento adequados aos conceitos de conforto acústico. São raros os projetos que constam de avaliações, como simulações. Estes projetos acabam estando sempre limitados a códigos construtivos e algumas listas de checagem, atendendo às restrições e diretrizes constantes nos catálogos de especificações, usando pouco material de referência enquanto criam a forma (GRAÇA, 2002). O ginásio do Minas Tênis Clube, mas conhecido como Arena Telemig Celular, localizado na cidade de Belo Horizonte, MG, foi um dos projetos de ginásios do país que mais recebeu cuidados especiais desde sua implantação, não só em termos construtivos mas com todo o comportamento ambiental, seja ele acústico, térmico ou lumínico: projeto acústico e planejamento adequado aos conceitos de qualidade acústica, foram essenciais na consolidação da edificação. Atualmente, devido a qualidade acústica da edificação o ginásio do Minas Tênis Clube recebe várias atividades, como jogos, teatro, festas, shows, dentre outras atividades, não ocasionando desconforto e incomodo a sua vizinhança.

Os ginásios de esportes em geral possuem atividades como jogo de basquete, futebol, vôlei, música, palestras, teatros dentre outras e para tanto é importante que o mesmo esteja apto a cumprir os parâmetros acústicos adequados a essas atividades (KNUDSEN e HARRIS, 1988). O que se acostuma observar é um ginásio apto a cumprir a função de lazer ao usuário quanto aos parâmetros esportivos, mas com deficiência quanto aos parâmetros acústicos os quais proporcionam um maior conforto ao ambiente.

Ginásios de esportes por se tratar de grandes espaços internos com superfícies reflexivas e em geral retangulares mas com telhados diferenciados, proporcionam sons não integrados (ecos excessivos), e altos tempos de reverberação. Segundo Knudsen e Harris (1988), tais superfícies contribuem para um alto tempo de reverberação produzindo uma dificuldade na inteligibilidade da fala.

Segundo Cowan (2000), o mesmo tempo de reverberação destinado a fala não é o mesmo utilizado para músicas. O mesmo ocorre relacionando música e jogos, e esse ultimo com fala. Para tanto, para cada atividade subdividida em: jogos, palavra falada e música; o projeto e planejamento de ginásios deverão possuir parâmetros acústicos destinado especificamente a uma subdivisão. Um projeto arquitetônico mal elaborado faz com que se tenha um desempenho acústico inadequado no ambiente.

Cowan (2000), apresenta uma pesquisa em um ginásio de escola - The Pierce School (Brookline, MA) - onde o tempo de reverberação era igual a 6s, dificultando a inteligibilidade. Instrutores não escutavam o ruído que os alunos produziam e os mesmos não ouviam o que os instrutores falavam. O solução foi dada com a utilização de materiais absorventes. Analisando, o comportamento dos materiais de construção quanto a absorção sonora, o projeto acústico permitiu a distribuição dos sons nos recintos e contribuiu na adequação do tempo de reverberação. A mudança ocasionou a redução do tempo de reverberação, e os usuários passaram a entender melhor a fala.

Knudsen e Harris (1988), comprovam, que além da colocação de materiais específicos para tal função, irregularidades no teto, nas paredes e a localização das janelas e portas, podem auxiliar na adequação da reverberação, na inteligibilidade da fala e/ou em outros parâmetros acústicos. É possível verificar nas pesquisas realizadas por Knudsen e Harris (1988) e Cowan, (2000) a dependência da qualidade acústica em relação à volumetria dos ginásios de esporte.

### **3 Caracterização dos ginásios de esportes**

#### **3.1 Ginásio Multidisciplinar da Unicamp**

É considerado o maior ginásio de esportes da cidade de Campinas e tradicionalmente é local de shows, eventos, palestras, congressos e feiras. O ginásio não foi utilizado ainda para função de lazer esportivo, o que era sua principal função. Por se tratar de um espaço amplo e coberto, a edificação tornou-se um local de eventos da Unicamp. Segundo a administração do ginásio, tem capacidade para 3024 pessoas sentadas na arquibancada.

O ginásio está localizado na região norte de toda Universidade, próximo da Faculdade de Educação Física da Unicamp, da Biblioteca Central e ao Restaurante Universitário. O local de implantação está próximo de avenidas movimentadas com grande fluxo de carros, ônibus e pessoas gerando um elevado ruído ambiental.

A edificação tem forma de leque, chegando em suas maiores dimensões, 85,5 m de comprimento e 83 m de largura. As alturas das paredes chegam a 20 metros de altura. A quadra tem dimensões de 76 m de comprimento e 35 m de largura. Os materiais utilizados no ginásio são diversificados: piso em madeira, arquibancadas de concreto, paredes de alvenaria, estrutura em concreto armado e cobertura plana em telha metálica.



**Figura 1.** Ginásio de Esportes Multidisciplinar da UNICAMP.

#### **3.2 Ginásio de Esportes da Faculdade de Educação Física da Unicamp – FEF**

O ginásio da FEF é utilizado para aulas práticas de esportes como basquete, vôlei, futebol de salão, ginástica olímpica lutas em geral e handebol. Segundo funcionários da instituição o mesmo é utilizado apenas para eventos pequenos e prática esportiva. Os grandes usuários do ginásio são os alunos e os professores da instituição. O ginásio é dividido em três quadras, sendo duas destinadas a esportes com bolas e uma quadra separada por uma cortina de tecido, sendo utilizada para a prática de ginástica olímpica e lutas.

O ginásio está localizado também na região norte de toda a Universidade, próximo ao Ginásio Multidisciplinar da Unicamp, da Biblioteca Central e ao Restaurante Universitário. Está implantado próximo de avenidas movimentadas com grande fluxo de carros, ônibus e circulação de pessoas gerando elevado ruído ambiental.

A edificação é retangular com 55,60 m de comprimento por 42 m de largura. As alturas das paredes chegam a 9 m de altura. Os materiais utilizados são: piso em taco de madeira na área das duas quadras para atividades com bola e piso de borracha para as demais atividades, paredes em alvenaria com algumas aberturas laterais em tijolos cerâmicos furados e cobertura curva em telha metálica.



**Figura 2.** Ginásio de Esportes da FEF – UNICAMP

#### **4 Materiais e métodos**

O objeto de estudo deste trabalho são os ginásios de esportes da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp: Ginásio de Esportes da Faculdade de Educação Física e o Ginásio Multidisciplinar da Unicamp. O desenvolvimento desta pesquisa buscou-se no levantamento dos dados arquitetônicos e construtivos *in loco* e medidas de parâmetros acústicos, através dos procedimentos metodológicos. A escolha dos ginásios, se deu por se tratarem de edificações com poucas distinções em suas características construtivas; utilizadas para várias funções (exposições, formaturas, palestras, música, teatro e jogos) e por estar implantado em uma área próxima de avenidas e edificações ruidosas.

O desempenho acústico baseou-se nas medidas dos parâmetros acústicos como tempo de reverberação (TR), tempo de decaimento inicial (EDT), clareza (C80), definição (D50) e índice de transmissão da fala (STI) e nível de pressão sonora. Esses parâmetros acústicos com exceção do nível de pressão sonora, foram obtidos através de técnica impulsiva e calculados pelo software para a avaliação de salas DIRAC da Bruel & Kjaer. Pelas dimensões do espaço, o próprio procedimento de medição foi um fator determinante na avaliação. Dificuldades também foram encontradas no estabelecimento de critério para análise do desempenho acústico desses ambientes.

Para realizar as medidas acústicas foram utilizados os equipamentos: o analisador de frequências modelo BK 2238 (Mediator 2238) e o programa de avaliação acústica de salas Dirac 3.0, ambos de Bruel & Kjaer. Com o Mediator 2238, da B&K, realiza as medida do nível pressão sonora em função da frequência em bandas de 1/1 oitava entre 63 e 8.000 Hz. E nível de pressão sonora equivalente medido em dB(A). Ambas as medidas avaliam o ruído de fundo do ginásio de esporte. Foi utilizado também o analisador de frequência em tempo real modelo BK 2260 (Investigator 2260) da Bruel & Kjaer para se obter o espectro sonoro dos ambientes. Com os resultados do espectro sonoro é possível obter os valores de nível de critério (NC) através da tabela 2 – Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação – da NBR 10152 (ABNT, 2000). As medidas obedeceram também às recomendações da norma NBR-10151 (ABNT, 2000).

Para gerar a resposta impulsiva dos ginásios foi utilizado o sistema composto por: um micro computador com placa de som VX pocket, onde está instalado o programa Dirac 3.0 (Room Acoustics Software - Type 7841) da B&K, uma fonte sonora omnidirecional modelo 4296 da B&K (OmniPower™ Sound Source Type 4296), um amplificador modelo 2716 da B&K (Power Amplifier Type 2716); e um microfone do Mediator 2238 da B&K para receptor o sinal sonoro. A fonte gera um sinal sonoro que é captado pelo microfone e enviado para o programa Dirac através da placa de som. O programa calcula a resposta impulsiva do ambiente e os parâmetros acústicos, conforme a indicação das normas ISO 3382 (1997 apud Bruel & Kjaer, 2003) e IEC 60268-16 (IEC, 2003).

Segundo a NBR 10152 (ABNT, 2000), os valores recomendados para locais como pavilhões fechados para espetáculos a atividades esportivas são: nível equivalente (Leq) de 45 dBA – 60 dBA e nível de critério (NC) 40 – 55. O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para o conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Os níveis superiores aos estabelecidos são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Para garantir a qualidade na avaliação acústica dos ginásios foram definidos para as medidas vários pontos de fontes e vários pontos de medição. No ginásio Multidisciplinar da Unicamp, figura 3, foram escolhidos 7 pontos para medição e 6 pontos de fontes. Os pontos foram concentrados no interior da quadra do ginásio, por se tratar de uma área de maior concentração de ruído quando o ginásio esta em uso. Como dito anteriormente o ginásio é utilizado para eventos e os mesmos são realizados na área central do ginásio onde estão concentrados as fontes geradoras de ruídos do equipamento.

O ginásio da Faculdade de Educação Física da Unicamp, figura 4, como foi dito anteriormente é dividido em 3 quadras. Para o mesmo ambiente pode ser ocasionado três atividades consecutivas, gerando assim várias fontes de ruído ao mesmo tempo. Devido a isso, as medidas foram realizadas isoladamente para cada quadra. Para as duas quadras destinadas a atividades com bolas, foram escolhidos 3 pontos de fontes e 8 pontos para a medição em cada quadra independente. Para a quadra destinada à atividade de ginástica foram projetadas 2 fontes de ruído e 8 pontos receptores.

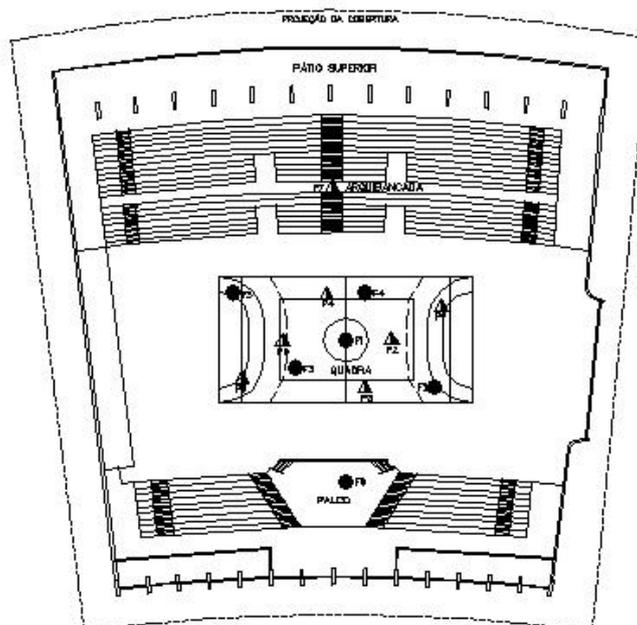


Figura 3. Planta baixa Ginásio Multidisciplinar da Unicamp.

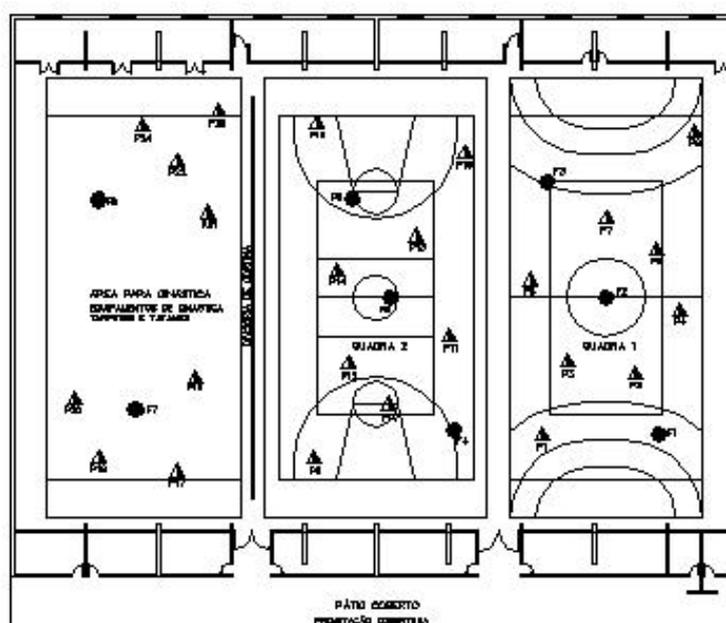


Figura 4. Planta baixa Ginásio Faculdade de Educação Física - Unicamp.

## 5 Resultados e análise

Para a apresentação e análise dos resultados das avaliações acústicas optou-se nesse trabalho por construir os gráficos dos diferentes parâmetros utilizando a média dos resultados dos diferentes pontos de medição e de fonte. A análise mais aprofundada da influência das posições na qualidade acústica do ambiente deverá ser apresentada em trabalho futuro.

### 5.1 Nível de Critério – NC

Segundo a norma NBR 10152 (ABNT, 2000), os valores recomendados para nível sonoro equivalente e nível critério para locais como pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas são respectivamente de 45 dBA – 60 dBA e NC 40 – 55. Na figura 05 são apresentados os resultados dos espectros sonoros do Ginásio Multidisciplinar e do Ginásio da Faculdade de Educação Física. Os níveis sonoros equivalentes em dB(A) relativos ao ruído de fundo do Ginásio Multidisciplinar e do Ginásio da Faculdade de Educação Física foram respectivamente 58dB(A) para o Ginásio Multidisciplinar da Unicamp e 46dB(A) para o Ginásio da Faculdade de Educação Física. Com base nos espectros sonoros determinou-se os valores de nível de critério (NC) correspondentes e o resultado o Ginásio Multidisciplinar foi NC 45 e para o Ginásio da Faculdade de Educação Física foi NC 40. Todos valores avaliados estão dentro do recomendado. pela norma NBR 10152 (ABNT, 2000) para ambientes dessa natureza.

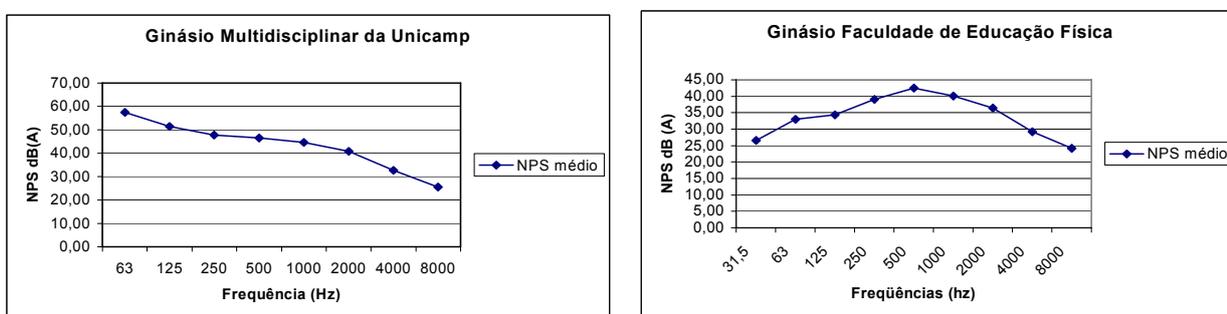


Figura 5. Nível de Pressão Sonora – NPS

### 5.2 Tempo de Reverberação – TR

Na figura 6 são apresentados os resultados dos tempos de reverberação em função da frequência dos dois ginásios avaliados. Observa-se em ambos os casos que os resultados do tempo de reverberação tem seus valores máximos nas médias frequências. Esse comportamento chama a atenção já que geral, o comportamento do tempo de reverberação de ambientes é grande em baixas frequências e diminui com o aumento da frequência. Embora os materiais construtivos sejam similares, os volumes dos ginásio são muito diferentes (variando de aproximadamente 20 000 m<sup>3</sup> para o Ginásio da Faculdade de Educação Física e 142 000 m<sup>3</sup> para o Ginásio Multidisciplinar), os tempos de reverberação são muito próximos. Assim esses resultados merecem um estudo mais aprofundado.

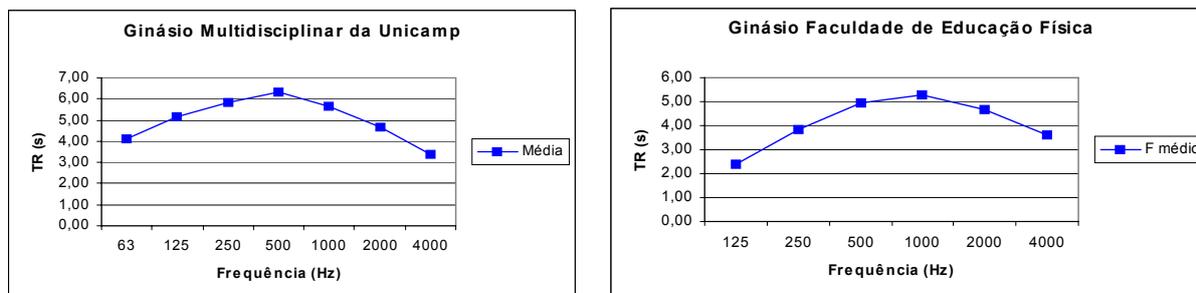


Figura 6. Tempo de Reverberação – TR

### 5.3 Tempo de Decaimento Inicial – EDT

Os resultados dos tempos de decaimento inicial (EDT) em função da frequência dos dois ginásios avaliados são apresentados na figura 07. Observa-se em ambos os casos que os resultados do tempos de decaimento inicial tem seus valores máximos nas médias frequências. O parâmetro EDT da uma idéia subjetiva sobre a percepção da reverberação. Assim quanto próximos os valores de EDT estão de TR mais próxima é a sensação da reverberação da realidade. Esse comportamento é observado nos resultados aqui apresentados.

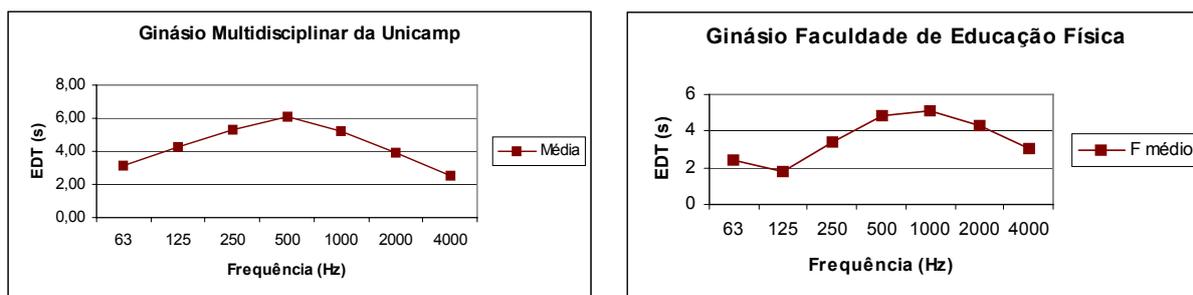


Figura 7. Tempo de Decaimento Inicial – EDT

### 5.4 Clareza – C80

Os resultados da clareza (C80) em função da frequência dos dois ginásios avaliados são apresentados na figura 08. A clareza (C80) é um parâmetro acústico associado a música. Representa a quantidade de energia recebido nos primeiros 80ms depois do som direto em relação a energia posterior. Para salas de execução musical recomenda-se valores entre  $-4$  e  $+4$ . Não temos dados para ginásios esportivos. Em princípio os ginásios atenderiam esses valores.

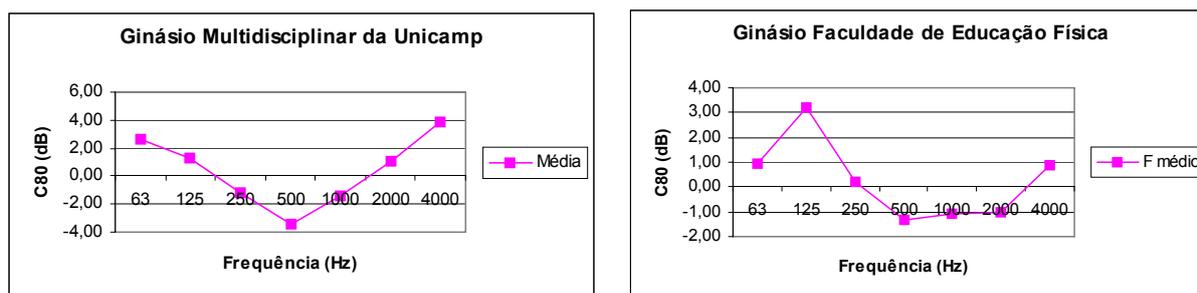


Figura 8. Clareza – C80

### 5.5 Definição – D50

A definição (D50) é um parâmetro acústico associado a inteligibilidade da fala. Representa a quantidade de energia recebido nos primeiros 50ms depois do som direto em relação a energia posterior. Seu valor varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1 melhor a qualidade do ambiente quanto a inteligibilidade da fala. Para os ginásios, valores de D50 estão em torno de 0,5 s , figura 09, o que caracteriza uma baixa qualidade para inteligibilidade da fala.

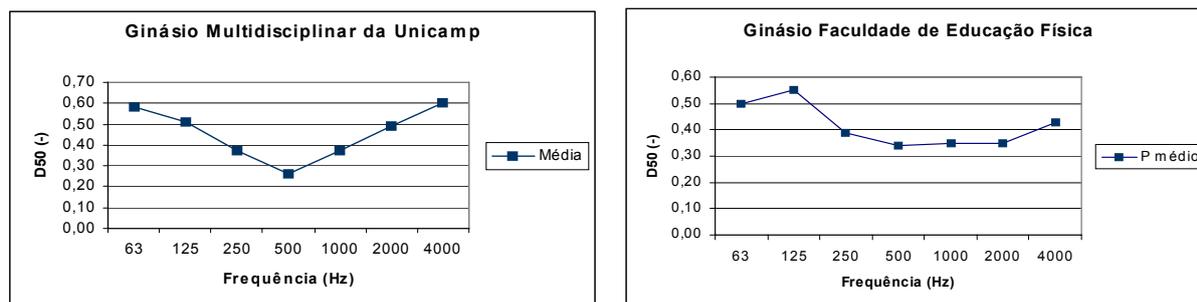


Figura 9. Definição – D50

### 5.6 Índice de Transmissão da Fala –STI

O STI representa a qualidade da transmissão da fala a respeito da inteligibilidade e é baseado na função de transferência de modulação de frequência e considera os efeitos da reverberação e interferência do ruído de fundo. Para o ginásio Multidisciplinar da Unicamp o índice de transmissão da fala (STI) variou de 0,37 (pobre) à 0,78 (excelente). O Ginásio da Faculdade de Educação Física o STI variou de 0,42 (pobre) à 0,61 (bom).

### Agradecimentos

O segundo autor agradece à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

### Referências bibliográficas

- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. **NBR 10151**: avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000. 4p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10152**: níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 2000. 4p.
- Batista, Norma. N. Uma Avaliação da interação entre o projeto arquitetônico e o projeto acústico *In*: Encontro da SOBRAC, 18., 1998, Florianópolis - SC. , 1998. p. 4.
- Carvalho, Benjamin de A.. **Acústica aplicada à arquitetura**. São Paulo: Freitas Bastos S.A., 1967.101p.
- Cowan, James. **Architectural Acoustics**. New York: The McGraw-Hill Companies, 2000. p. 57-58.
- Graça, Valéria A.C. da. **Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental: o caso das escolas de rede estadual de São Paulo**. 2002.154f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?view=vtls000256532>>. Acesso em: 18 ago. 2006.
- Knudsen, Vern O; Harris, Cyril M. **Acoustical Designing in Architecture**. United States of America: Acoustic Society of America. 5º edition, 1988.
- Kusakawa, M. S, “Arquitetura de shopping centers – análise do conforto acústico: estudo de caso – Shopping Avenida Center de Maringá – PR, 2002”, Dissertação ( Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. P. 94.