



## MEDIÇÕES E SIMULAÇÕES ACÚSTICAS EM ESCALA REAL: ESTUDO DE CASO PARA ANÁLISE COMPARATIVA

V M Valadares; M A M Vecci; M A R De Paula & P S Pereira

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Arquitetura

Dept. de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo

Laboratório de Conforto Ambiental

30.130.140 – Belo Horizonte/MG - Brasil

fax: 55(31)269-1818

e-mail: vmvm@dedalus.lcc.ufmg.br

*RESUMO : Este trabalho apresenta resultados comparativos entre medições e simulações acústicas de condições de reverberância de uma tipologia de recinto fechado amplo, a saber, o salão de culto da Igreja Nossa Senhora Rainha, em Belo Horizonte, Minas Gerais Brasil. O tempo de reverberação foi mensurado e calculado através dos descritores RT20, RT30 e RT60. Pode-se observar, como resultados iniciais desta investigação, as variações dos dois tipos de procedimentos para obter tal grandeza acústica.*

*ABSTRACT: In this work a comparison between acoustical measurements and computational simulations about the acoustical attribute for reverberance in the Church of N.S. Rainha, in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil is discussed. The reverberation time was measured and calculated by means of the quantities RT20, RT30 e RT60. Preliminary results shows the values obtained for the two procedures used to quantify the reverberation time, are presented*

### 1 Introdução

Este trabalho apresenta resultados preliminares comparativos entre medições e simulações acústicas de condições de reverberância de uma tipologia de recintos fechados amplos, a saber, o salão de culto da Igreja Nossa Senhora Rainha, em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Ele integra um conjunto de atividades articuladas que

tem como objetivo o condicionamento acústico do referido salão, onde a reverberância consiste em um importante atributo acústico a ser considerado. Como grandeza acústica de caracterização da reverberância, utilizou-se o tempo de reverberação, o qual foi mensurado e calculado através dos descritores RT20, RT30 e RT60. Para levantamento em campo destes descritores fez-se medições acústicas através do método de SCHROEDER (1965) com um analisador de tempo real HP 3569A, tendo como referência a norma ISO-3382:1997. Os valores obtidos nos experimentos foram comparados com outros obtidos em simulações acústicas realizadas com os programas Odeon (Lynge, 1998) e Raynoise (LMS, sd). Como resultados, pode-se observar as variações dos dois tipos de programas de simulação utilizados em relação à medição do tempo de reverberação realizada em campo. A partir daí, uma noção da potencialidade dos referidos programas em prever uma situação real específica pode ser desenvolvida.

## **2 Metodologia**

Para desenvolver a análise comparativa entre valores preditos e medidos, foi necessário estabelecer, a princípio, as condições de medições, as quais foram reproduzidas durante as simulações. Desta forma, definiu-se 06 (seis) pontos distribuídos pelo salão da igreja, referentes aos receptores, onde seriam mensurados os valores de RT20, RT30 e RT60. O centro do altar foi escolhido para se posicionar da fonte sonora impulsiva

Foram coletadas 03 amostras de RT20, RT30 e RT60 em cada um dos seis pontos, em valores espectrais, nas frequências centrais no intervalo de [63Hz; 8kHz], assim como em valores globais A e Linear. Destes valores foram extraídas as médias respectivas. Cada amostra foi coletada com o salão vazio, mediante a operação de um analisador de tempo real HP 3569A, a partir da aplicação do método de Schroeder (1965), onde a fonte sonora consiste em um ruído impulsivo, que, neste trabalho, foi gerado a partir de estouro de balões. Os valores médios obtidos foram comparados com os valores médios de RT20, RT30 e RT60 extraídos de 06 simulações nos programas Odeon e Raynoise. A partir daí, foi possível comparar os valores médios, medidos e simulados, de RT20, RT30 e RT60.

Para desenvolver as simulações: (a) produziu-se um arquivo DXF referente ao modelo do recinto do salão da igreja em 3D, o qual foi importado pelos programas Odeon e Raynoise; (b) fez-se uma especificação de materiais de acabamento das superfícies internas do recinto da igreja, atribuindo a uma cada tipo de superfície seus respectivos coeficientes de absorção sonora. Em frequências abaixo de 125 Hz ou acima de 4kHz, onde havia ausência de dados de coeficientes de absorção sonoras, optou-se por selecionar os mesmos valores encontrados em 125Hz, para simulações em 63 Hz e em 4kHz, para simulações em 8kHz; (c) definiu-se a posição da fonte sonora e dos receptores onde os valores de RT20, RT30 e RT60 foram simulados e (d) ajustou-se os parâmetros dos programas para realização das simulações em condições similares entre si e entre as condições de medição, consultando-se a norma ISO-3382:1997, para adotar procedimentos afins entre o planejamento das medições e as simulações acústicas.

### 3 Resultados

A seqüência de figuras a seguir apresenta os resultados referentes aos valores medidos e preditos de RT20, RT30 e RT60 no salão de culto da Igreja Nossa Senhora Rainha. A Figura 1 apresenta os valores de RT20, RT30 e RT60 medidos. Observe que há concordância dos mesmos a partir de 4kHz. Na Figura 2 tem-se valores de RT20, RT30 e RT60 obtidos no programa Odeon. Observe que entre os valores há concordância mais refinada. A Figura 3 apresenta valores de RT20, RT30 e RT60 obtidos no programa Raynose. Ambos os valores foram coincidentes. Na Figura 4 tem-se a comparação entre RT60 medido e simulado. Observe que os valores simulados comportaram-se de forma mais semelhantes, porém com comportamento bastante distintos dos valores medidos. Apenas em 500Hz houve concordância entre os valores. A Figura 5 apresenta comparação de RT30, medido e simulado. Os valores de TR30 simulados concordam mais entre si. Ainda, há grande distinção entre os valores de TR30 simulados e medidos. Na Figura 6 tem-se a comparação de valores de RT20 medido e simulado. As observações são similares àquelas da Figura 5.

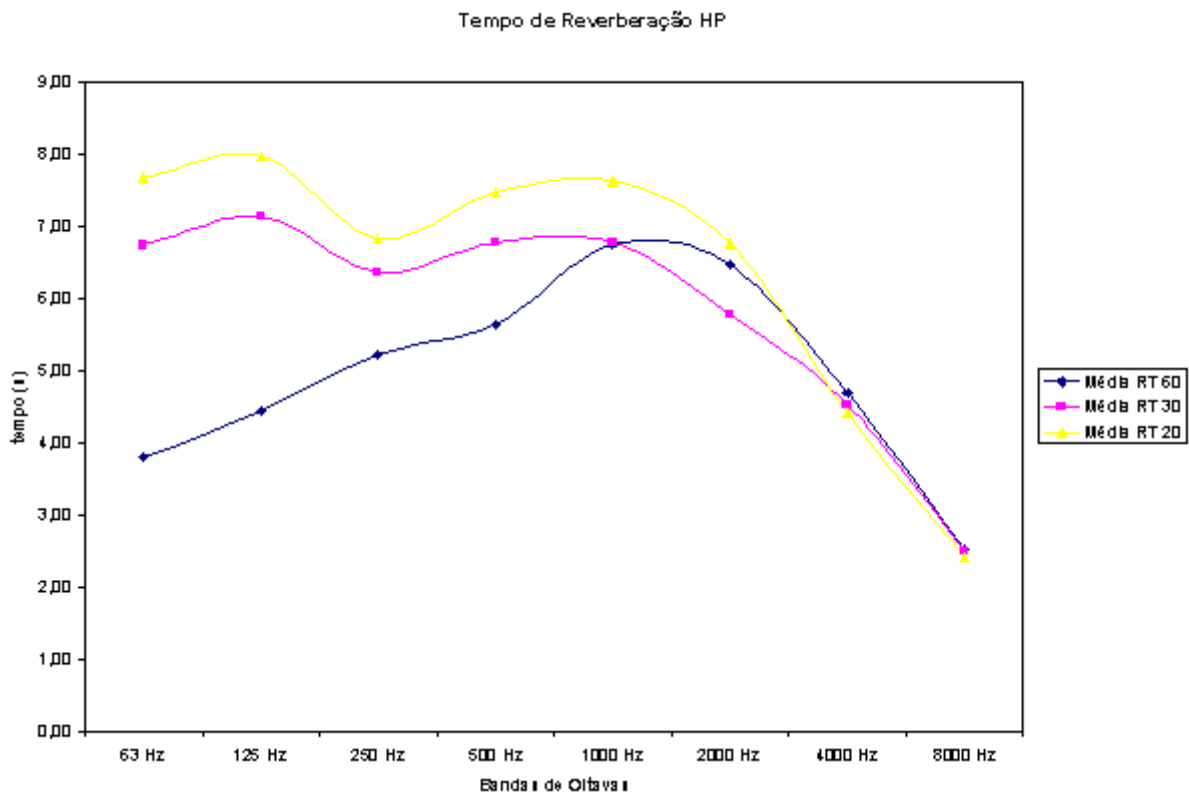
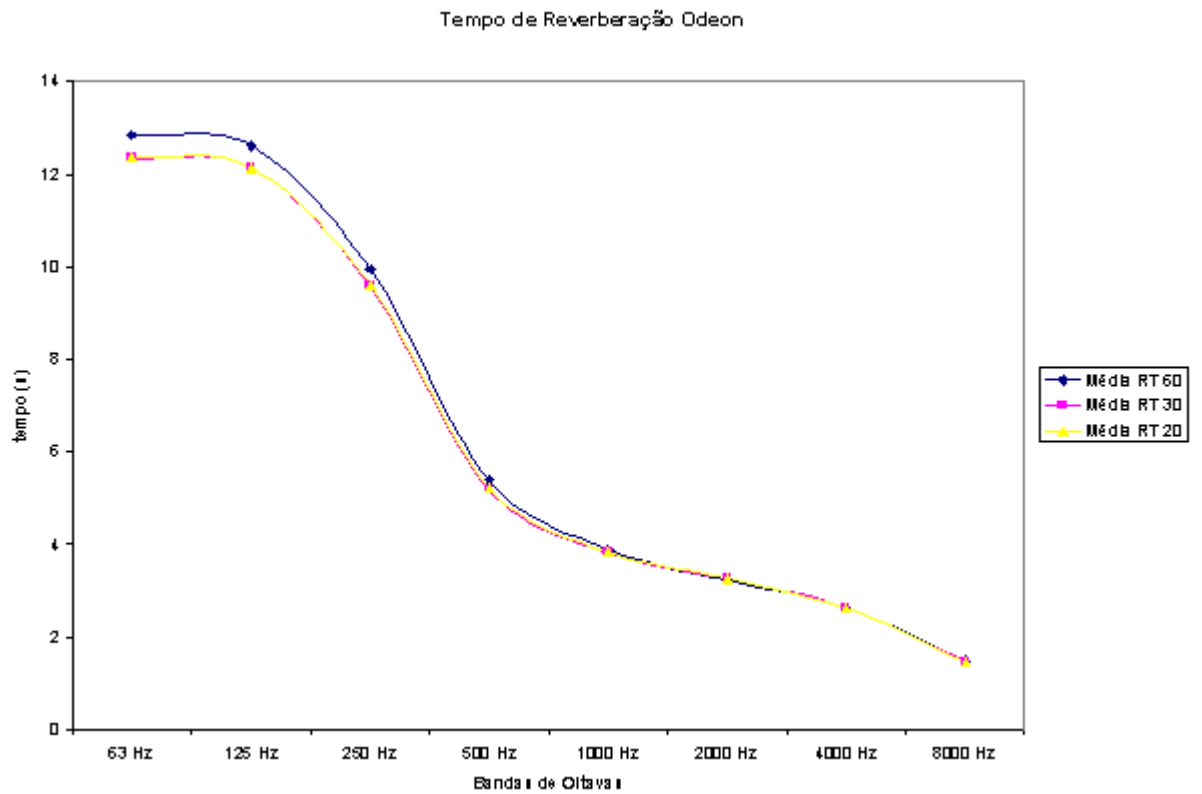
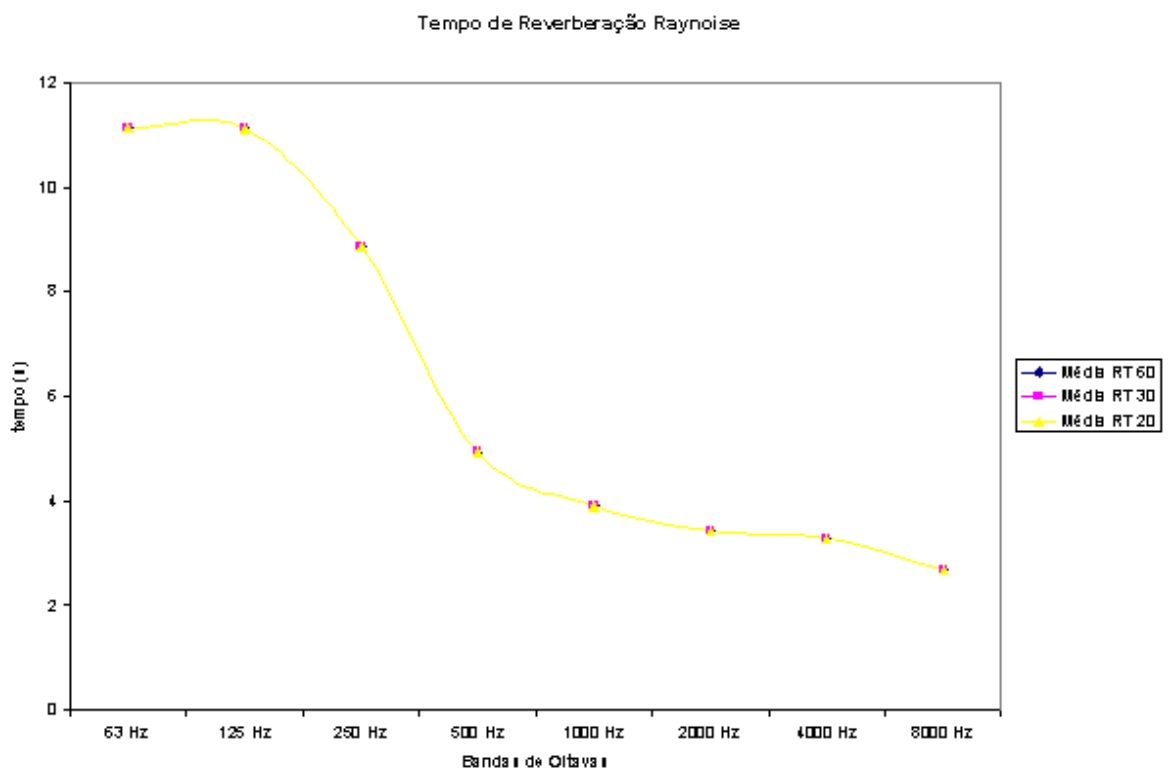


Fig. 1– Valores de tempo de reverberação médios medidos no salão de Culto da Igreja N.S. Rainha.



**Fig. 2 – Valores de tempo de reverberação médios simulados pelo programa Odeon no salão de Culto da Igreja N.S. Rainha.**



**Fig. 3 – Valores de tempo de reverberação médios simulados pelo programa Raynoise no salão de Culto da Igreja N.S. Rainha.**

Tempo de Reverberação RT60

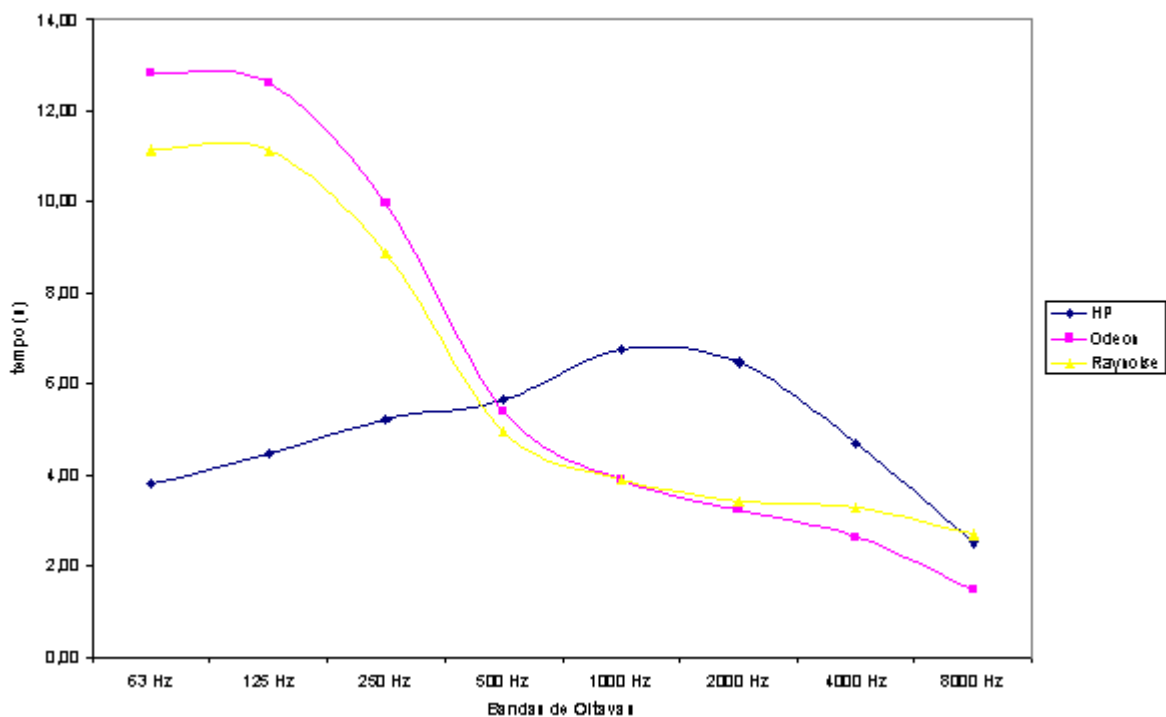


Fig. 4 – Comparação dos valores de tempo de reverberação médios ,RT60, medidos e simulados pelos programas Odeon e Raynoise no salão de Culto da Igreja N.S. Rainha.

Tempo de Reverberação RT30

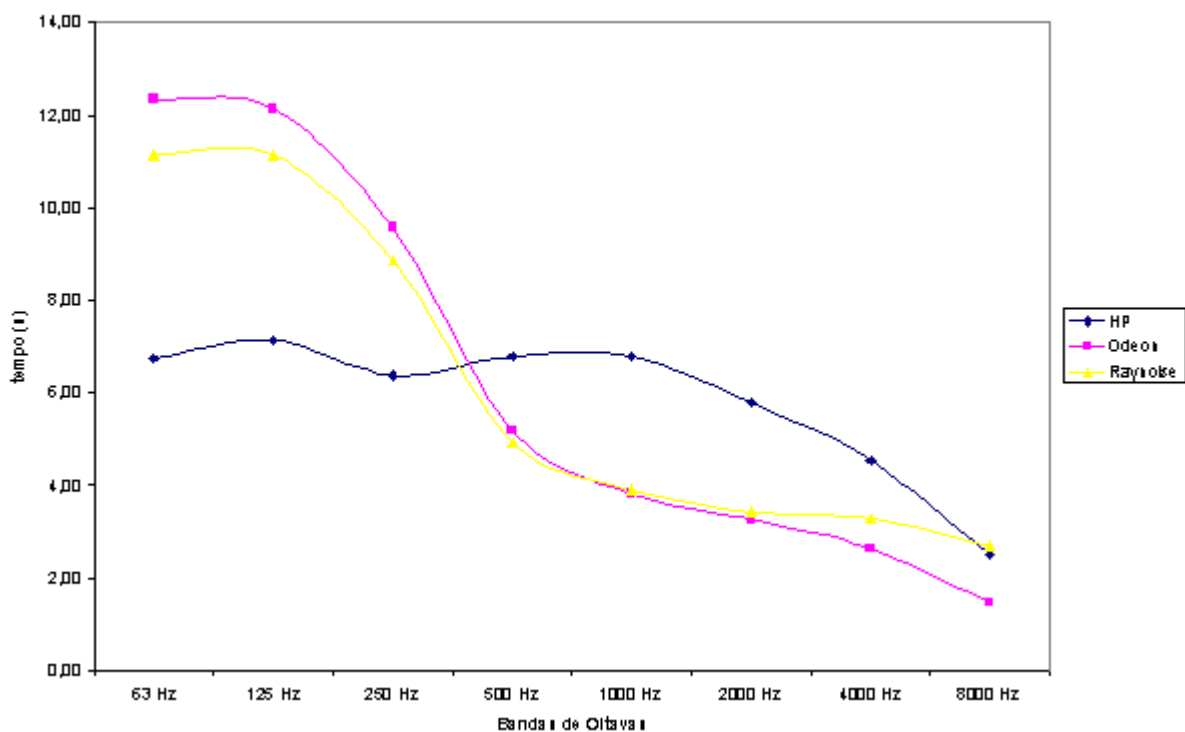


Fig. 5 – Comparação dos valores de tempo de reverberação médios ,RT30, medidos e simulados pelos programas Odeon e Raynoise no salão de Culto da Igreja N.S. Rainha.

Tempo de Reverberação RT20

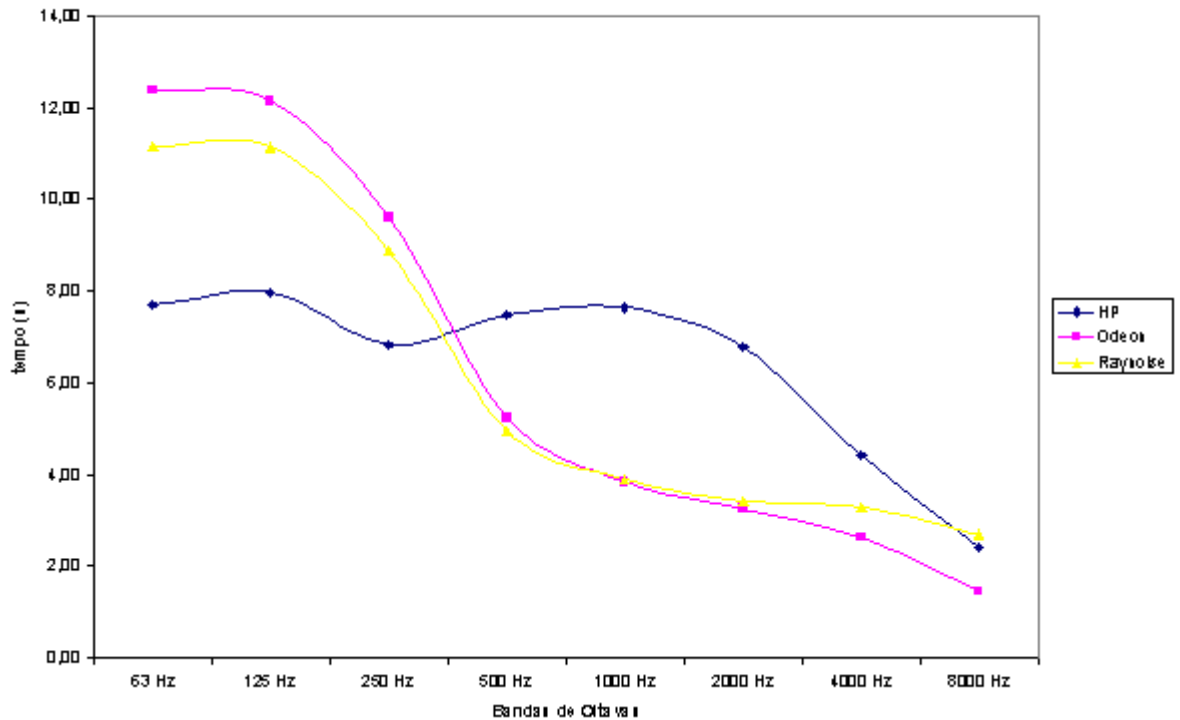


Fig. 6 – Comparação dos valores de tempo de reverberação médios ,RT20, medidos e simulados pelos programas Odeon e Raynoise no salão de Culto da Igreja N.S. Rainha.

#### 4 Conclusão

Pela seqüência das figuras de 1 à 6 apresentadas e comentadas no item 3, pode-se observar que, de uma maneira geral, os valores simulados de TR20, TR30 e TR60 apresentaram-se bem mais coincidentes entre si do que quando comparados com os valores medidos durante o experimento. A Figura 7 apresenta resultados do cálculo do erro entre os valores simulados e medidos de RT20, RT30 e RT60.

O erro tende a ser maior nas baixas freqüências, sendo que o erro de TR60 é maior que o erro de TR30 o qual, por sua vez, é maior que o erro de TR20. Nas altas freqüências há uma tendência de diminuição do erro. O fato do programa, na definição do fonte sonora, não reproduzir fielmente o estouro dos balões, podendo haver diferenças entre os espectros sonoros das fontes entre a medição e as simulações pode estar contribuindo para um erro maior nas baixas freqüências. Este fato será verificado durante a continuidade deste trabalho, onde novas medições e um maior controle das variáveis intervenientes, entre as medições e as simulações, deverá ser realizado.

A partir destes resultados preliminares, novas medições e simulações serão realizadas para elaboração de conclusões mais consistentes sobre a capacidade de predição dos programas Odeon e Raynoise. A partir de então, estes programas serão utilizados para desenvolver as propostas de condicionamento acústico do salão da Igreja Nossa Senhora Rainha, uma vez que os valores de TR60 encontram-se bastante acima do tempo ótimo de reverberação, TRo, recomendado para o recinto em questão.

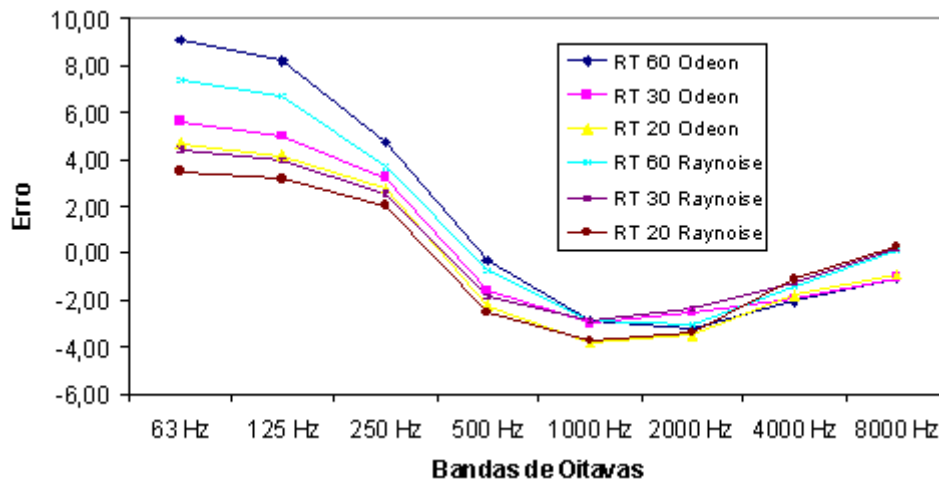


Fig. 7 – Cálculo do Erro entre os valores simulados e medidor de RT20, RT30 e RT60.

## 5 Referências Bibliográficas

LMS Numerical Technologies N V. Raynoise Rev. 3,0 – Building Acoustics and Industrial Noise Simulation. (sd)

Lynge, Claus Odeon Room Acoustics Program, Version 3.1, Industrial, Auditorium and and Combined Editions. Technical University of Denmark. 1998

Schroeder, M. R. (1965) New Method of Measuring Reverberation Time. Journal of Acoustical Society of America vol 37 pp. 409-12.