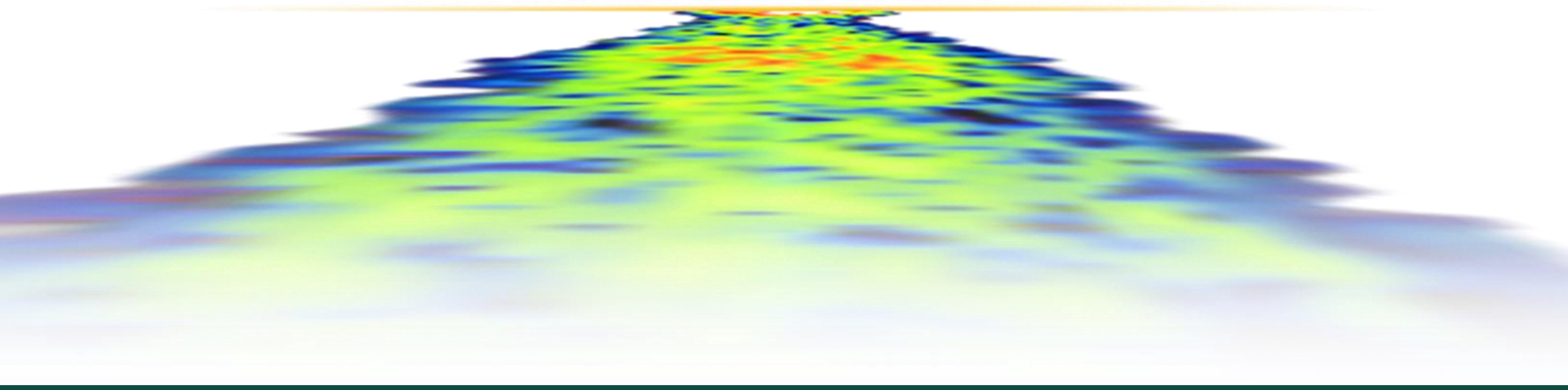
Smaart® v8

rational acoustics



# Guia do Usuário

rational acoustics

Rational Acoustics

# Smaart v8

## Guia do Usuário

Versão 8.2

Tradução: Fabio del Mazza

Revisão: Fernando Fortes e Alexandre Rabaço

rational acoustics

Aviso de direitos autorais do guia do usuário Smaart v8 Rational Acoustics

Direitos autorais © 2018, Rational Acoustics, LLC. Todos os direitos reservados. Exceto conforme permitido pela Lei de Direitos Autorais dos Estados Unidos de 1976, nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou distribuída sob qualquer forma ou armazenada em qualquer sistema de banco de dados ou recuperação de acesso público sem autorização prévia por escrito da Rational Acoustics, LLC. Smaart, SmaartLive, Rational Acoustics e o logotipo Rational Acoustics são marcas registradas da Rational Acoustics, LLC. Todas as outras marcas comerciais mencionadas neste documento são de propriedade de seus respectivos donos.

Para mais informações contatar:

Rational Acoustics, LLC
241 Church St., Suite H
Putnam, CT 06260
USA

telefone: (+1) 860 928-7828
e-mail: info@rationalacoustics.com
web: http://www.rationalacoustics.com

e-mail Brasil: suporte@smaart.com.br

# Conteúdo

**Introdução ..... 1**
O que é o Smaart? ..... 1
Âmbito e Finalidade deste Guia ..... 1
Como utilizar este Guia ..... 2
Observações sobre Teclas de Acesso Rápido (Hot Keys) e Cliques de Mouse ..... 2
"K" versus "k" ..... 3
Full Scale (dB FS) versus Full Scale ..... 3
Hardware recomendado ..... 3
Instalação e Licenciamento do Software ..... 4
Registro de instalação ..... 4
**Capítulo 1: Conceitos Fundamentais e Terminologia ..... 5**
Análise do Domínio do Tempo e Domínio da Frequência ..... 5
Transformadas de Fourier (DFT/FFT e IFT) ..... 6
Resolução de Tempo versus Resolução de Frequência ..... 7
Técnicas de Medição em Canal Único e Duplo ..... 10
Escala Linear e Logarítmica ..... 11
Escalas de Frequência Linear e Logarítmicas ..... 12
Amplitude Linear ..... 13
Decibéis (dB) ..... 14
Bandas de Oitavas e Oitava Fracionada em Medições de Espectro ..... 15
Suavização (Função de Transferência) ..... 17
Cálculo de Média ..... 17
Cálculo de Média Sobre Tempo (Média Temporal) ..... 17
Média Espacial ..... 19
Glossário de Termos ..... 20
**Capítulo 2: Encontre o que precisa no Smaart ..... 28**
Múltiplas Janelas e Abas ..... 28
Dois Modos Distintos de Medição e Análise ..... 28
Elementos Comuns de Interface de Usuário ..... 28
A Barra de Abas ..... 29

Distribuição da Área Gráfica ..... 29
Painel Gráfico Ativo ..... 30
Seleção de Tipo de Gráfico ..... 30
Controles Secundários de Gráfico ..... 30
Zoom ..... 31
Leitor de Cursor ..... 32
Opções Gerais ..... 34
O Gerador de Sinal ..... 36
Ruído Rosa (Pink Noise) ..... 37
Varredura de Ruído Rosa (Pink Sweep) ..... 38
Ondas Senoidais e Dupla Senoidais ..... 38
Sinais com base em Arquivo ..... 39
A Barra de Comando ..... 39
Configuração da Barra de Comando ..... 39
Janela de Medidores de Entrada ..... 40
Nível Sonoro (SPL e $L_{EQ}$) e Monitoração de Nível de Sinal ..... 41
Medição de Nível Sonoro ..... 41
Janela Histórico de SPL ..... 44
Padrões de Cor ..... 46
Gerenciamento de Configurações ..... 47
**Capítulo 3: Configuração do Smaart para Medições em Tempo Real ..... 49**
Medições de Espectro e Função de Transferência ..... 49
Cálculo de Médias ao Vivo ..... 50
Configuração de Entradas e Saídas de Áudio ..... 51
Configuração de Dispositivos de Entrada e Saída ..... 51
Configuração de Canais de Entrada e Saída ..... 52
Configuração de Medição ..... 54
Controle Estrutural ..... 54
Exibição em Abas ..... 55
Configurações de Medição de Espectro e Função de Transferência ..... 57
Medições de Espectro ..... 57
Medições de Função de Transferência ..... 59

Cálculo de Médias ao Vivo ..... 61
Configuração de SPL ..... 62
Configurações de Display de SPL ..... 63
Registro (Logging) ..... 64
Tabela de Medidores ..... 64
Alarmes 1 e 2 ..... 66
Configuração do 10EaZy Maximum Average Manager ..... 66
Registro de Nível Sonoro ..... 67
Calibração de Nível Sonoro ..... 69
Calibração com um Calibrador de Nível Sonoro ..... 69
**Capítulo 4: Interface de Usuário em Modo de Tempo Real ..... 72**
Layout de Janela Principal do Modo de Tempo Real ..... 72
Barra de Abas ..... 72
Leitor de Cursor ..... 73
Área Gráfica Principal ..... 73
Medidor SPL (ou Relógio) ..... 74
Barra de Controle ..... 75
Barra de Comando ..... 78
Barra de Dados ..... 78
Uso de Traços de Dados Capturados ..... 83
Biblioteca de Dados ..... 83
Diálogo Trace Info ..... 84
Cálculo de Média de Traço de Dados Capturados ..... 86
Importar ASCII ..... 86
Curvas de Ponderação ..... 87
Curvas de Ponderação Personalizadas ..... 88
Comparação Rápida ..... 89
Curvas Alvo ..... 89
Janela de Cliente de Rede ..... 92
Preparação de Cliente e Servidor ..... 92
Uso da Janela do Cliente ..... 94
**Capítulo 5: Medições em Canal Único ..... 95**

Medição de Espectro e Configuração de Display ..... 95
Medições RTA ..... 95
Controles de Média e Bandeamento ..... 96
Tipos de Gráfico RTA ..... 97
Alerta de Pico (Peak Hold) ..... 97
Níveis Calibrados por Plot ..... 98
Noções Básicas sobre o Espectrógrafo ..... 99
O Espectrógrafo em Tempo Real ..... 100
Extensão Dinâmica do Espectrógrafo ..... 101
Tamanho de Buffer e Altura de Faixa ..... 102
Tons de Cinza ..... 102
Opções de Espectro ..... 102
Exemplos de Aplicação ..... 105
Distorção e Sobrecarga ..... 105
Identificação de Microfonia ..... 109
Examinando Padrões de Interação com o Espectrógrafo ..... 111
**Capítulo 6: Medições de Função de Transferência em Canal Duplo ..... 112**
Configuração de Medição e Exibição de Canal Duplo ..... 114
Barra de Controle de Função de Transferência ..... 114
Configuração de Medição de Função de Transferência ..... 115
Suavização ..... 116
Ponderação ..... 116
Compensação de Delay ..... 116
Medição de Delay ..... 117
Resposta de Magnitude ..... 119
Resposta de Fase ..... 120
Comparação de Traços de Fase ..... 123
Display de Fase Não-Envolto ..... 124
Fase como Delay de Grupo ..... 126
Coerência ..... 126
Display de Coerência ..... 127
Causas da Má Coerência ..... 128

Live IR (Resposta ao Impulso ao Vivo) ..... 129
Proteção de Dados ..... 131
Opções de Função de Transferência ..... 132
Exemplos de Aplicação: Ajuste de Equalização para um Alto-Falante ..... 135
**Capítulo 7: Noções Básicas sobre Medições de Resposta ao Impulso ..... 140**
1: O que é uma Resposta ao Impulso? ..... 140
Anatomia de uma Resposta ao Impulso Acústica ..... 141
Delay de Propagação ..... 142
Chegada de Som Direto ..... 142
Reflexões Discretas ..... 142
Decaimento Primário, Acúmulo de Reverberação e Decaimento de Reverberação ..... 142
Ruído de Fundo (Noise Floor) ..... 143
Uso de Dados de Medição de Resposta ao Impulso ..... 143
Medição de Tempo de Delay ..... 143
Análise de reflexão ..... 143
Tempo de Reverberação (T60, RT60...) ..... 143
Early Decay Time (EDT - Tempo de Decaimento Primário) ..... 144
Razões entre Energia Primária-Tardia ..... 144
Modelos de Inteligibilidade de Fala ..... 144
**Capítulo 8: Interface de Usuário em Modo de Resposta ao Impulso ..... 145**
Barra de Abas ..... 145
Leitor de Cursor ..... 146
Painel de Navegação ..... 146
Área Gráfica Principal ..... 147
Barra de Comando ..... 150
Opções Adicionais para a Medição de Resposta ao Impulso e Análise e Exibição ..... 151
Opções Gerais Referentes aos Displays de Resposta ao Impulso ..... 151
Opções de Resposta ao Impulso ..... 152
**Capítulo 9: Análise de Dados de Resposta ao Impulso ..... 154**
Análise no Domínio do Tempo ..... 155
Display Logarítmico no Domínio do Tempo ..... 155
Display em Domínio de Tempo Linear ..... 156

Curva de Tempo de Energia (ETC) ..... 157
Filtro Passa-Bandas ..... 158
Reflexões Discretas ..... 159
Tempo de Reverberação ..... 160
Integral de Tempo Reverso ..... 160
Intervalos de Avaliação (EDT, T20, T30) ..... 161
Relatório de Resultados de Tempo de Reverberação ..... 163
Razões entre Energia Primária-Tardia ..... 164
Razões de Clareza (C35, C50, C80 ...) ..... 164
O Display Histograma ..... 165
Tabela All Bands ..... 166
Análise no Domínio da Frequência ..... 166
O Espectrógrafo ..... 168
Resolução de Tempo e Frequência do Espectrógrafo ..... 169
Extensão Dinâmica do Espectrógrafo ..... 170
Análise Espectrográfica de uma Resposta ao Impulso ..... 170
Métricas de Inteligibilidade de Fala ..... 171
STI e STIPA ..... 171
ALCons ..... 175
**Capítulo 10: Medição de uma Resposta ao Impulso Acústico ..... 176**
O que estamos medindo e por quê? ..... 176
Medição Direta vs. Indireta de Resposta ao Impulso ..... 176
Medição de IR Direta Usando um Estímulo Impulsivo ..... 177
Medição de IR Indireta (Canal Duplo) ..... 177
Medição de IR em Canal Duplo Utilizando Sinais Periódicos Casados ..... 178
Medição de IR em Canal Duplo Usando Sinais de Estímulo Aleatório ..... 181
Seleção de Fontes de Excitação e Posições ..... 183
Alto-falantes Direcionais e Tempo de Reverberação ..... 183
Distância Mínima de Fontes Sonoras ..... 184
Seleção de Posições de Medição ..... 185
Seleção de Parâmetros de Medição ..... 186
Fonte de Entrada ..... 186

Nível de Excitação ..... 186
Níveis de Entrada ..... 187
Duração da Medição (Janela de Tempo) ..... 187
Média e Sobreposição ..... 188
Apertar o botão e fazer a medição ..... 189
Salvar o trabalho ..... 189
Revisão: Configurações Comuns para Medições de IR em Canal Duplo ..... 190
Tipo de Sinal ..... 190
Tamanho de FFT e Média ..... 190
Nível de Excitação ..... 190
Níveis de Entrada ..... 190
Tempo de Delay ..... 191
**Apêndice A: Normas Aplicáveis e Leitura Complementar ..... 192**
Leitura Complementar sobre Engenharia de Áudio e Acústica ..... 192
Normas Aplicáveis para Medições de IR e Inteligibilidade de Fala ..... 192
**Apêndice B: Volume de Sala, Absorção e Tempo de Reverberação (RT60) ..... 194**
Coeficientes de Absorção de Materiais Típicos ..... 194
Absorção do Ar ..... 194
Frequência de Corte de Schroeder ..... 195
Considerações Práticas sobre Medição ..... 195
**Apêndice C: Características da Fonte Sonora ..... 197**
Fator de Diretividade (Q) ..... 197
Nível de Pressão Sonora na Posição do Ouvinte ..... 197
Índice de Diretividade (DI) ..... 198
Valores Q e DI na Prática ..... 198
Arrays de Alto-Falantes Convencionais ..... 199
“Line” Arrays ..... 200
Uma Observação sobre Ecos ..... 200
**Apêndice D: Efeitos de Superfície ..... 203**
Fontes Acusticamente Pequenas ..... 203
Microfones Perto de Superfícies ..... 203
**Apêndice E: Configuração Comum de Equipamentos de Medição ..... 206**

Áudio I-O Estéreo (2x2) ..... 206
I-O Multicanal ..... 207
Interfaces Stand-Alone Tradicionais USB/FireWire ..... 207
Áudio I-O em Rede ..... 208
**Apêndice F: Licença e Instalação ..... 209**
my.RationalAcoustics.com ..... 209
Instalação do Smaart v8 ..... 209
Instalação do Software no Windows® ..... 209
Instalação do Software no Mac OS X® ..... 209
Ativando uma instalação ..... 209
Ativação Online ..... 210
Ativação Off-line ..... 210
Desativar ..... 211
Mover o Smaart para um novo computador - ou - Reformatar seu Sistema Operacional ..... 211
Time Machine, Utilitários de Migração ou Software de Clonagem ..... 212
Atualizando seu Sistema Operacional ou Principais Componentes do Sistema ..... 212
Reativação ..... 212
Reativar o Smaart em um Computador Desativado ..... 212
Reativar após restauro de arquivos de backup ou migratórios ..... 212
Glossário de Instalação e Ativação ..... 213
**Apêndice G: Formatos de Arquivo de Texto para Importar ASCII ..... 215**
Traços de Dados de Espectro e Transferência ..... 216
Importar Traços de Dados de Espectro ..... 216
Importar Traços de Dados de Função de Transferência ..... 217
**Índice ..... 218**

# Tabela de ilustrações

Figura 1: Medições em canal duplo vs. medições em canal único no domínio do tempo e domínio da frequência. ..... 5
Figura 2: Análise de Fourier. ..... 7
Figura 3: Resolução de frequência FFT mostrada em escala de frequência logarítmica. ..... 9
Figura 4: Medições em canal único vs. canal duplo. ..... 11
Figura 5: Escala de frequência Logarítmica vs. Linear. ..... 12
Figura 6: Função de Transferência MTW vs FFT de 16K em escala de frequência logarítmica. ..... 13
Figura 7: Escala de amplitude Logarítmica vs. Linear. ..... 14
Figura 8: Dados de banda de oitava Fracionada vs FFT em escala de frequência logarítmica. ..... 16
Figura 9: Suavização em oitava fracionada para dados de função de transferência. ..... 17
Figura 10: Cálculo de média em tempo real para medição ativa. ..... 17
Figura 11: Dois modos distintos de operação, tempo real e resposta ao impulso. ..... 28
Figura 12: Botões de distribuição da Área Gráfica. ..... 29
Figura 13: Seleção de painel gráfico ativo. ..... 30
Figura 14: Seleção de Tipo de Gráfico. ..... 30
Figura 15: Zoom com o mouse (ou zoom elástico). ..... 31
Figura 16: Opções de Zoom pré-configurado. ..... 32
Figura 17: Leitor de cursor mostra coordenadas para cursores fixo e móvel. ..... 33
Figura 18: A página das opções Gerais do diálogo Options. ..... 34
Figura 19: Controles do gerador de sinal na Barra de Controle. ..... 36
Figura 20: Layout compacto do controle de gerador de sinal. ..... 36
Figura 21: Seleção de dispositivo e canal de saída para gerador de sinal. ..... 36
Figura 22: Opções de gerador de sinal para “Ruído Rosa” e outros sinais de formas pseudoaleatórias. ..... 37
Figura 23: Opções do gerador de sinal para sinais de varredura de ruído rosa (senoide de varredura logarítmica). ..... 38
Figura 24: Opções do gerador de sinal para os sinais de dupla senoidais. ..... 38
Figura 25: Opções de gerador de sinal para sinais com base em arquivo. ..... 39
Figura 26: O diálogo Command Bar Configuration. ..... 40
Figura 27: Janela de Medidores de Entrada em orientação horizontal e vertical ..... 40
Figura 28: Janela Principal da aba do Painel medidor SPL ..... 41
Figura 29: Janela de Medidores SPL em layout 1x2 (um modulo de largura, dois módulos de altura) ..... 42
Figura 30: Uma janela de medidores SPL 1x3 com display 10EaZy MAM anexado. ..... 43
Figura 31: A janela Histórico de SPL ..... 45
Figura 32: A aba Skin do diálogo Options. ..... 47
Figura 33: A janela de diálogo Config Managment. ..... 48
Figura 34: Blocos de controle de medição ao vivo de função de transferência na barra de controle do modo de tempo real. ..... 49
Figura 35: Diálogo New TF Measurement. ..... 49
Figura 36: Caixa de diálogo New Measurement Average para uma média de espectro ao vivo. ..... 50

Figura 37: A página I-O Config da caixa de diálogo Configurator. ..... 52
Figura 38: Caixa de diálogo Microphones para o gerenciamento de microfones nomeados. ..... 53
Figura 39: Diálogo de curvas de correção de microfone. ..... 54
Figura 40: Detalhe do painel de exibição estrutural na página Measurement Config do diálogo Configurator. ..... 55
Figura 41: A Página Measurement Config da caixa de diálogo Configurator. ..... 56
Figura 42: Detalhe das configurações de medição de uma medição de espectro em Measurement Config. ..... 57
Figura 43: Configurações de medição para medições de função de transferência em Measurement Config. ..... 59
Figura 44: Detalhe dos ajustes de medição de uma medição de espectro em Measurement Config. ..... 61
Figura 45: página SPL Config no diálogo Configurator ..... 63
Figura 46: painel de Medidores SPL 2x2 exibindo medidores LEQ. ..... 63
Figura 47: Detalhe da tabela de medidors em SPL Config ..... 64
Figura 48: Configurações de alarme em SPL Config ..... 66
Figura 49: Controles do 10EaZy MAM em SPL Config ..... 66
Figura 50: Diálogo Log Config ..... 67
Figura 51: Controles de registro em SPL Config ..... 67
Figura 52: O diálogo Amplitude Calibration ..... 69
Figura 53: Diálogo de Progresso de Calibração de nível sonoro. ..... 70
Figura 54: O diálogo Amplitude Calibration com controles de ganho e phantom power para um canal de entrada Smaart I-O. ..... 71
Figura 55: Anatomia do layout da janela principal para o modo de tempo real ..... 72
Figura 56: Caixa de legenda para um gráfico de Função de Transferência. ..... 74
Figura 57: Controles da medição ativa para uma medição de espectro. ..... 75
Figura 58: Controles de medição ativos de medição de função de transferência. ..... 75
Figura 59: Controles de medição ao vivo para duas medições de espectro (acima) e uma média ao vivo. ..... 76
Figura 60: Blocos de controle para medições de função de transferência. ..... 77
Figura 61: Controles do Gerador de Sinal na Barra de Controle. ..... 77
Figura 62: Botões do display principal para o modo de tempo real. ..... 78
Figura 63: Barra de Dados para dados de medição de Espectro ..... 79
Figura 64: Menu da Barra de Dados ..... 80
Figura 65: Barra de Dados para dados de medição de função de transferência ..... 83
Figura 66: Diálogo Trace Info para um traço de dados de função de transferência. ..... 85
Figura 67: Versão integral do diálogo Trace Average. ..... 86
Figura 68: Diálogo para importar ASCII ..... 86
Figura 69: Diálogo de curvas de ponderação personalizadas ..... 88
Figura 70: Curvas alvo em um display de bandas RTA e o diálogo Target Curve ..... 90
Figura 71: Detalhe da página API no diálogo Options ..... 92
Figura 65: Detalhe da página API no diálogo Options ..... 92

Figura 72: Medidor SPL/Relógio na janela do cliente é substituído com as informações de conexão de rede. ..... 94
Figura 73: Display RTA com Banda de Oitavas, ⅓ de oitavas e 1/12 de oitavas. ..... 95
Figura 74: Controles de medição ao vivo para medições de espectro na Barra de Controle ..... 96
Figura 75: Tipos de gráfico RTA (Barra, Linha ou “ambos”) ..... 97
Figura 76: Gráfico RTA em barras com alerta de pico ..... 98
Figura 77: Transformando um analisador de espectro em um espectrógrafo ..... 100
Figura 78: Display do Espectrógrafo em modo de tempo real ..... 101
Figura 79: Extensão dinâmica do Espectrógrafo e mapeamento de cores ..... 101
Figura 80: A aba Spectrum do diálogo Options ..... 103
Figura 81: Exemplo de configuração em loop para distorção e sobrecarga ..... 105
Figura 82: Configuração I-O para exemplo de aplicação de distorção e sobrecarga ..... 106
Figura 83: Configuração de Gerador de Sinal para exemplo de aplicação de distorção e sobrecarga ..... 107
Figura 78: Resultados de exemplo de aplicação de medição de distorção e sobrecarga ..... 108
Figura 85: Configuração do sistema de medição para estudo de microfonia ..... 109
Figura 86: Estudo de microfonia ..... 110
Figura 87: Exibição do Espectrógrafo de padrões de interação de filtro pente ..... 111
Figura 88: Diagrama de blocos de uma função de transferência e/ou medição de resposta ao impulso em canal duplo ..... 112
Figura 89: Barra de Controle de Função de Transferência ..... 114
Figura 90: Parâmetros de medição de função de transferência ..... 115
Figura 91: Botão Delay Finder para a medição de função de transferência ativa ..... 117
Figura 92: Delay Finder automatizado ..... 118
Figura 93: Botão Delay Tracking para a medição de função de transferência ativa ..... 119
Figura 94: Gráfico de função de transferência de Magnitude ..... 119
Figura 95: Delay uniforme (linear) em uma escala de frequência linear ..... 121
Figura 96: Delay uniforme (linear) em uma escala de frequência logarítmica ..... 121
Figura 97: Display padrão de fase “envolta” ..... 122
Figura 98: Resposta de fase e de magnitude de um filtro passa-bandas Linkwitz-Riley de 4ª ordem ..... 123
Figura 99: Comparação de traços de fase ..... 124
Figura 100: Fase em display de fase não-envolto versus envolto (normal) ..... 125
Figura 101: Fase exibida como delay de grupo ..... 126
Figura 102: O traço de coerência é exibido em escala de 0-100 ..... 127
Figura 103: Supressão pela Coerência ..... 128
Figura 104: Perda de coerência em altas frequências na função de transferência MTW devido a delay incorreto ..... 129
Figura 105: Exibições Log e ETC da resposta ao impulso de um filtro passa-bandas de baixa frequência ..... 130
Figura 106: Página do diálogo de opções de função de transferência ..... 132
Figura 107: Configuração de um sistema de medição para ajustes em um equalizador de um alto-falante ..... 135
Figura 108: Criando uma nova medição de função de transferência ..... 136

Figura 109: Configuração de medição para medição de EQ..... 137
Figura 110: Medição de Alto-Falante..... 138
Figura 111: Medição de função de transferência – resposta inicial do alto falante (arquivada), traço de EQ (invertido) e resposta do alto-falante equalizado..... 139
Figura 112: Ilustração conceitual de um impulso acústico..... 140
Figura 113: Resposta ao impulso acústico com seus componentes comuns marcados. ..... 141
Figura 114: Anatomia do layout da janela principal do Smaart em modo de Resposta ao Impulso ..... 145
Figura 115: Barra de Controle em modo de resposta ao impulso..... 148
Figura 116: Opções de Resposta ao Impulso..... 152
Figura 117: O gráfico IR logarítmico (Log) em domínio de tempo ..... 154
Figura 118: Zoom em exibição no domínio do tempo linear (Lin) de room.wav e uso do leitor de cursor para encontrar o tempo relativo de chegada de uma reflexão discreta..... 155
Figura 119: Zoom de visualizações de resposta ao impulso linear de um filtro passa bandas, com polaridade normal e invertida ..... 156
Figura 120: Comparação de resposta ao impulso ETC com escala de amplitude linear e logarítmica .... 157
Figura 121: Uma comparação dos gráficos Log IR e ETC no Smaart para a banda de oitava de 125 Hz em room.wav ..... 158
Figura 122: Tempo de reverberação estimado por integral reversa de uma resposta ao impulso. ..... 161
Figura 123: Um display Log IR com tudo e mais um pouco..... 162
Figura 124: Uma escala para interpretação de resultados de medição C50 e C80 de voz e música ..... 164
Figura 125: O gráfico Histograma e tabela All Bands. ..... 165
Figura 126: Movendo o ponto 0 do tempo e selecionando um intervalo de tempo para exibição. ..... 167
Figura 127: Resolução de frequência e tempo do espectrógrafo como uma função do tamanho da FFT. ..... 169
Figura 128: Sobreposição de FFT. ..... 169
Figura 129: O exemplo de FFT de 2K da Figura 127, mostrado com 50%, 75% e 99% de sobreposição . 170
Figura 130: Extensão dinâmica do Espectrógrafo e mapeamento de cores ..... 170
Figura 131: ETC de banda larga e Espectrográfico de uma resposta ao impulso de uma sala que mostra uma reflexão problemática de uma parede traseira..... 171
Figura 132: Gravação de uma voz masculina dizendo, “Joe took father’s bench out” ..... 172
Figura 133: STI estima a inteligibilidade da fala através de um canal de transmissão como uma função da perda de modulação..... 173
Figura 134: Diagrama de bloco de medição de IR por função de transferência de FFT Dupla ..... 178
Figura 135: Três medições de IR indiretas da mesma sala, capturadas com microfone na mesma posição usando ruído aleatório vs. ruído pseudoaleatório de período casado. ..... 179
Figura 136: Uma medição de resposta ao impulso usando um sinal de varredura logarítmica senoidal (Pink Sweep), mostrando produtos de distorção harmônica..... 180
Figura 137: O efeito de calcular a média (Avg) de uma medição de IR feita usando um sinal de estímulo aleatório..... 181
Figura 138: Distância mínima para qualquer posição de medição a partir da fonte de excitação (por exemplo, um alto-falante) usada para as medições do tempo de reverberação. ..... 184

Figura 139: O nível de sinal de medição (M) está rodando em um nível confortável. O canal de referência (R) está clipando. ..... 187
Figura 140: Seletor do tamanho de FFT do modo IR mostrando a constante de tempo em milissegundos para cada tamanho de FFT ..... 188

# Introdução

## O que é o Smaart?

Smaart® da Rational Acoustics é um software de análise acústica com base em FFT em canal duplo que roda em Microsoft Windows e Mac OSX. Fornece análise de espectro em tempo real de sinais de áudio, análise da resposta de um sistema por função de transferência de dois canais e medição de resposta ao impulso acústico e capacidade de análise. Smaart permite medir e analisar o conteúdo frequencial de sinais de áudio, estudar o tempo e resposta de frequência de sistemas eletroacústicos e realizar análises básicas de ambiente acústico.

O Smaart é projetado para ser acessível a uma grande variedade de engenheiros de áudio e técnicos oferecendo flexibilidade e escalabilidade para atender as necessidades de praticamente qualquer aplicação de análise e medição em campo, mantendo o nível de acessibilidade intuitiva que pode ser apreciada desde o principiante até os mais experientes profissionais. Sendo completamente baseado em software, o Smaart é independente de hardware e pode processar dados de quase qualquer fonte sonora que possa enviar dados a um computador, desde placas de áudio internas em laptops e tablets e consoles digitais, até sistemas de áudio digital em rede.

## Âmbito e Finalidade deste Guia

Este guia é planejado como uma introdução prática à configuração e operação. Nosso objetivo é provir uma explicação compreensiva do programa e suas características e operação junto com uma breve explanação de conceitos base relacionados à medição e análise acústica e formar uma base para medições válidas e repetíveis e extrair informação útil dos resultados. Não é um livro sobre engenharia de sistema de som ou medição acústica em geral e encorajamos qualquer iniciante no assunto que deseja aprender com seriedade que leia um, ou vários. Uma lista de fontes adicionais de informação é fornecida nos apêndices.

Entendemos que o leitor possui um conhecimento mínimo sobre equipamentos de áudio e práticas de engenharia. Um guia separado chamado *Choosing gear for your Smaart measurement system* (N. do T.: *Como escolher equipamentos para seu sistema de medição Smaart)* está disponível em nosso site onde discutimos o básico sobre dispositivos de Áudio I-O e hardware relativos especificamente à medição e análise acústica, como microfones de medição e calibradores de nível sonoro.

Independente de experiência prévia com versões anteriores do Smaart, ou outros sistemas de análise, é necessário se familiarizar com o processo de configuração da versão 8 do Smaart. O Smaart oferece uma *extensa* flexibilidade no número de entradas que pode analisar e maneiras de exibir os resultados. Pode interagir com múltiplos dispositivos I/O simultaneamente e rodar múltiplos displays em tempo real em múltiplas janelas, cada uma com múltiplas áreas de trabalho configuradas em páginas e abas. Ao rodá-lo pela primeira vez, entretanto, o Smaart abre com um simples gráfico RTA e sem nenhum setup de medição pré-configurado. Fica a cargo do usuário assumir desse ponto e configurar um ambiente de trabalho que faça sentido às suas aplicações específicas.

# Como utilizar este Guia

Este guia está organizado de tal forma que ele pode ser lido do início ao fim. Procuramos apresentar informações sobre o programa e seus vários atributos e opções de forma orgânica e contextual. Como resultado, caso precise achar detalhes de um item específico, talvez não esteja no primeiro lugar que pense em procurar. Proporcionamos uma extensa tabela de conteúdo e um índice para ajudar o leitor a localizar por tópico, e claro se estiver lendo uma versão eletrônica pode também fazer uma busca completa por texto. Como alternativa, o sistema online de ajuda do Smaart pode ser usado, o qual contém muito da mesma informação, mas está organizada em paralelo com a interface de usuário do programa, para se aprofundar nos menus, caixas de diálogo e controles na tela para encontrar o que estiver procurando.

## Observações sobre Teclas de Acesso Rápido (Hot Keys) e Cliques de Mouse

O Smaart roda tanto em Windows quanto em Mac OS X, o que significa que existem algumas pequenas diferenças no teclado e comandos de mouse entre as duas versões. Especificamente, a tecla Control [Ctrl] serve aos mesmos fins em um computador Windows como a tecla Command [Cmd] (também normalmente chamada tecla Apple ou tecla Maçã) em um Mac. Do mesmo modo, a tecla [Alt] na versão Windows do Smaart age como a tecla [Option] no teclado do Mac. Além disso, a maioria dos mouses de PC tem pelo menos dois botões (esquerdo e direito) enquanto muitos mouses de Mac têm apenas um.

Neste documento, vamos escrever os nomes das teclas utilizadas para atalhos de teclado (também chamadas de “hot keys” ou teclas de atalho) entre colchetes para distingui-los de outros textos. Nos casos em que uma tecla tem um nome em um teclado do Windows e outro em um Mac, os dois nomes aparecerão dentro dos colchetes com uma barra no meio, por exemplo, [Ctrl/Cmd] significa pressionar a tecla [Ctrl] em um Windows ou a tecla [Cmd] em um Mac.

***Sumário de observações para operações de teclado e mouse***

Nomes de teclas para comandos de teclado aparecem entre colchetes ([Nome da tecla])

[Ctrl/Cmd] significa pressionar a tecla [Ctrl] no Windows ou a tecla [Cmd] no Mac.

[Alt/Option] significa pressionar a tecla [Alt] no Windows ou a tecla [Option] no Mac.

Clicar com o esquerdo no Windows é um clique normal no Mac

Clicar com o direito para usuários do Windows significa clicar o mouse junto com [Ctrl] no Mac.

Em relação ao mouse (ou outro dispositivo apontador), o botão esquerdo de um mouse do Windows corresponde a um clique de mouse normal no Mac, por isso, se dissermos “clicar com o esquerdo”, usuários de Mac apenas clicam e se apenas dissermos “clicar” os usuários do Windows clicam com o esquerdo. Uma operação com o botão direito no Windows pode ser realizada em um Mac mantendo pressionada a tecla [Ctrl] (não deve ser confundida com a tecla [Cmd]) enquanto clicar. Em um

dispositivo touchscreen, “clicar com o esquerdo” pode equivaler a um toque rápido na tela com o dedo ou caneta e “clicar com o direito” pode significar pressionar e segurar por mais tempo.

### “K” versus “k”

Uma grande causa de ambiguidade em literatura e documentação sobre software e hardware DSP é a abreviatura de “k minúsculo” (para kilo) para expressar múltiplos de 1000 e 1024 ($2^{10}$) Nesse guia, iremos nos ater a nova convenção internacional de medições usando “k” para denotar apenas múltiplos de 1000. Usaremos “K” maiúsculo quando falarmos de múltiplos de 1024. Por exemplo, você sempre verá 48k como 48000 e 8K como 8192 (8 x 1024).

Devidamente falando, $2^{10}$ provavelmente *deveria* ser abreviado “Ki” (abreviatura de “Kilobinário), para desassocia-lo de “K” de Kelvin ou Karat, entretanto não há muito risco de pensarem que medimos FFT com medidas de peso ou temperatura e “Ki” ainda precisa se tornar mais comum

### Full Scale (dB FS) versus Full Scale

Existem agora duas referências concorrentes para decibéis em sinais de áudio digital. A primeira convenção dB FS se refere aos maiores valores de amplitude positiva e negativa obtidos de uma amostra do tamanho de uma palavra de número inteiro – ex. +/− 32768 para 16 bits – normalizados para extensão de +/− 1.0, tal qual 0 dB FS denota a maior amplitude digital. Iremos nos referir a esse exemplo como “Full Scale normalizada”.

A segunda convenção, preferida pela Audio Engineering Society (AES), refere 0 dB FS ao valor RMS de uma senoide em Full Scale de pico a pico (ou seja, Full Scale normalizada em 0,7071, em vez de 1.0). Iremos chama-la de “Full Scale AES”. No Smaart, valores de decibéis em Full Scale sempre se referem a Full Scale normalizada, o que significa que a magnitude RMS de uma senoide digital em Full Scale é -3,01 dB FS.

## Hardware recomendado

Mesmo o Smaart operando em uma grande variedade de hardware, recomendamos que sigam configurações mínimas para novas instalações:

Windows®

- Sistema operacional: Windows 7 ou mais recente (32 e 64 bits)
- CPU: Processador Dual-Core Intel i5 de 2 GHz ou mais rápido
- RAM: 2 GB ou mais
- Gráficos: Intel HD 4000 ou melhor, ou 256 MB de RAM dedicada de vídeo
- Tela: Display Min. de 1024 × 768 pixels
- Som: Hardware de áudio com sistema operacional compatível com drivers ASIO, WAV/WDM

Macintosh

- Sistema operacional: Mac OS X 10.7 (32 + 64 bits) ou mais recente
- CPU: Processador Dual-Core Intel i5 de 2 GHz ou mais rápido
- RAM: 2 GB ou mais

- Gráficos: Intel HD 4000 ou melhor, ou 256 MB de RAM dedicada de vídeo
- Hardware de Som: Hardware de áudio compatível com drivers de dispositivo Core Audio

# Instalação e Licenciamento do Software

Para instalar o Smaart v8 em um computador Windows, baixe e execute o programa de instalação do Windows e siga as instruções do assistente de instalação. Em um computador Macintosh, abra a imagem do disco de instalação e arraste o pacote de aplicativos Smaart em sua pasta de aplicativos.

## Registro de instalação

Após a instalação, a primeira vez que executar o Smaart, será apresentada uma tela de ativação solicitando um código de licença de 18 dígitos. Para ativar o Smaart em um computador que está conectado à internet, insira o código de licença nos campos fornecidos e clique no botão *Next*. O Smaart irá pedir suas credenciais de login de *my.rationalacoustics.com*. Digite o nome de usuário e senha que usa para fazer login no site e clique em *Next*. O Smaart irá preencher automaticamente três campos para você, com detalhes sobre a instalação que estiver registrando. O nome, nome do computador e endereço de e-mail podem ser o que quiser que sejam. Estes só são utilizados para identificar a instalação na sua página de gerenciamento de licenças em my.rationalacoustics.com. Quando clicar no botão *Activate*, o Smaart irá se conectar ao website, registrar a instalação e, em seguida, ativar-se automaticamente – supondo que você tenha pelo menos um slot de instalação disponível em sua licença.

Se estiver ativando uma instalação do Smaart em um computador que não está conectado à internet, você pode executar uma ativação off-line em *my.rationalacoustics.com*. Isso requer o login no site e entrar o *Machine ID* de 10 dígitos exclusivo do seu computador (gerados durante a instalação do Smaart) para criar um *código de ativação* exclusivo para a instalação (consulte *Ativação Off-line* na página 210 para mais detalhes). Para mais informações sobre a instalação do Smaart, registo e gerenciamento de licença geral, por favor consulte o *Apêndice F: Licença e Instalação* na página 209.

# Capítulo 1: Conceitos Fundamentais e Terminologia

Dependendo da aplicação, o uso do Smaart de maneira eficaz requer a compreensão de uma ampla variedade de conceitos de sistema de medição e práticas de engenharia de áudio profissional. Embora esteja fora do escopo deste documento cobrir todos eles, este capítulo destaca alguns conceitos chave que irão significativamente ajudar a compreender o funcionamento do Smaart v8 e seu uso. Os leitores que desejam aprofundar seus conhecimentos sobre estes e outros temas relacionados à medição acústica e engenharia de sistemas de som podem consultar a lista de leitura no *Apêndice A: Normas Aplicáveis e Leitura* Complementar na página 189 para algumas sugestões sobre onde aprender mais.

## Análise do Domínio do Tempo e Domínio da Frequência

Uma compreensão básica dos pontos comuns e as diferenças entre a análise no domínio do tempo e da frequência é fundamental para alavancar o poder de medição apresentado no Smaart. A capacidade de analisar uma medição de várias perspectivas é extremamente útil no processo de análise de um sinal ou resposta de um sistema. Cada um dos modos de operação principais do Smaart (tempo real e resposta ao impulso) inclui tanto a medição e a capacidade de análise nos domínios de tempo e frequência.

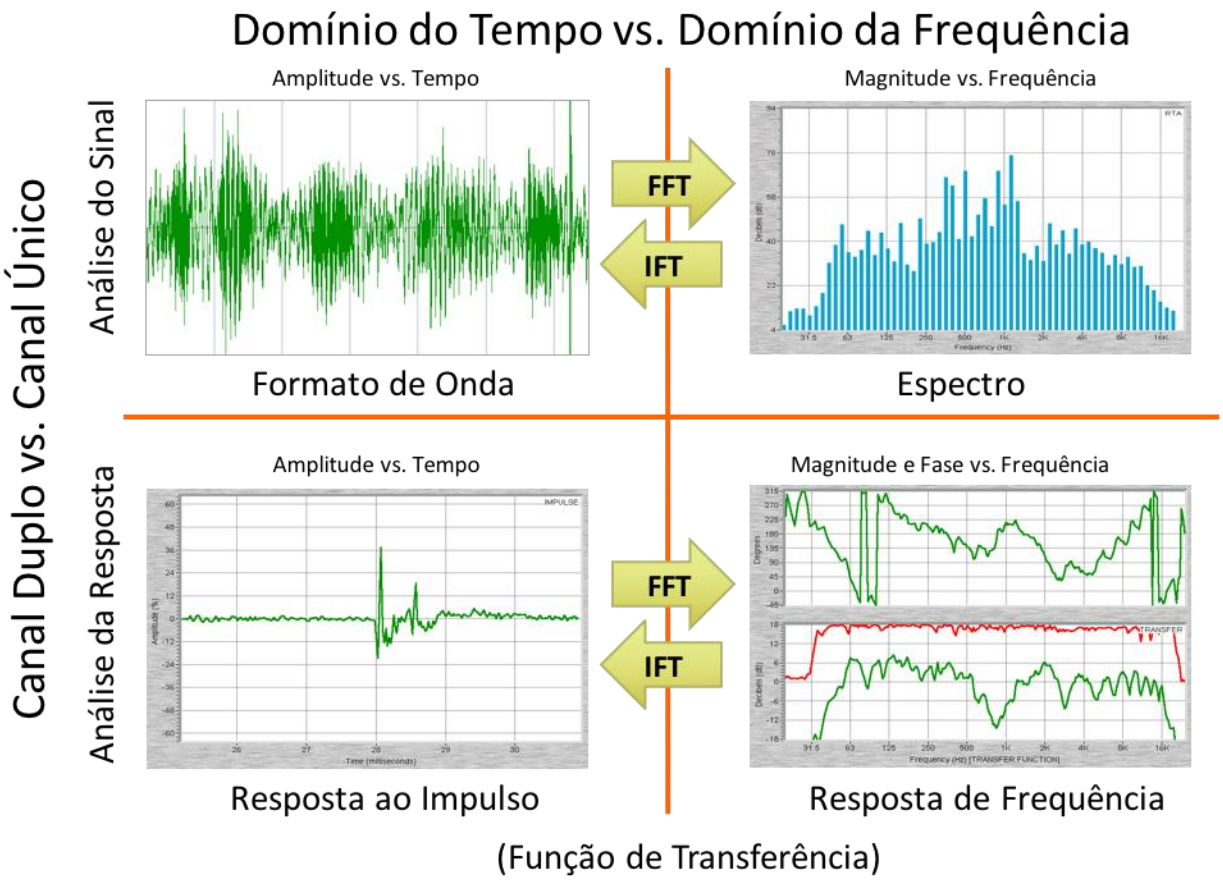



*Figura 1: Medições em canal duplo vs. medições em canal único no domínio do tempo e domínio da frequência.*

O “domínio” de um gráfico ou de um sinal refere-se à variável independente, geralmente mostrada no eixo horizontal de um gráfico. Formatos de onda de áudio, por exemplo, são sinais no domínio do tempo, onde a tensão ou amplitude digital do sinal varia ao longo do tempo. O tempo é a variável independente nesse caso, por isso normalmente está no eixo *x* (horizontal) de um gráfico de forma de onda, com a amplitude no eixo *y* (vertical). Em um gráfico no domínio da frequência, normalmente colocamos a frequência no eixo *x* e a magnitude no eixo *y*. A exceção em ambos os casos é o espectrógrafo, que tem duas variáveis independentes, de modo que o orientamos em qualquer direção que faça mais sentido em um determinado contexto.

Em gravações, um gráfico no domínio do tempo de um sinal de áudio proporciona uma exibição do formato de onda – essencial para editores de som. Em engenharia de sistemas de som e acústica de ambiente, uma exibição no domínio do tempo da resposta do sistema (a resposta ao impulso) mostra o atraso de propagação através do sistema e reflexões tardias e reverberação que podem ser potencialmente problemáticas.

A análise no domínio da frequência de um sinal fornece uma visão do seu espectro, que é obviamente um conjunto extremamente útil de informação ao analisar o conteúdo tonal ou procurar por feedback. Uma exibição no domínio da frequência da resposta do sistema (a função de transferência ou resposta de frequência) fornece um excelente olhar para a resposta tonal de um sistema bem como a sua resposta de tempo/fase por frequência.

A Figura 1: fornece um bom exemplo da capacidade de utilizar ambas as exibições em domínio de tempo e frequência para examinar a resposta do sistema. A medição da resposta de frequência retrata uma resposta com uma série de vales e picos linearmente espaçados em sua resposta de magnitude (inferior direito). No entanto, esta ondulação é um sintoma de um problema e não o problema de verdade. A causa da ondulação é claramente identificável na exibição da resposta do sistema no domínio do tempo como uma óbvia segunda chegada na resposta ao impulso, causada por uma reflexão proeminente. Reflexões são cópias do som direto que chegam atrasadas, depois de refletir em alguma superfície. Misturar duas cópias do mesmo sinal com uma diferença de tempo entre elas resulta no comb filter que se pode observar no display em domínio de frequência.

## Transformadas de Fourier (DFT/FFT e IFT)

Transformadas de Fourier, em homenagem ao matemático e físico francês do século XIX Jean-Baptiste Joseph Fourier, baseiam-se na ideia de que os sinais complexos (como fala ou música) podem ser construídos a partir de, ou divididos em ondas sonoras de diferentes relações de amplitude e fase. Transformadas de Fourier são usadas extensivamente na análise de áudio para encontrar o conteúdo espectral de sinais no domínio do tempo. Transformadas de Fourier Inversa (IFTs) reconstroem sinais no domínio do tempo a partir de dados espectrais.

Existem vários tipos diferentes de transformadas de Fourier, mas o tipo que nos interessa no Smaart é a transformada de Fourier discreta (DFT), que trabalha em sinais no domínio do tempo de comprimento finito. O termo Transformada Rápida de Fourier (FFT) refere-se aos métodos para calcular uma DFT de forma mais eficiente, geralmente exigindo que uma parte do sinal analisado seja uma amostra de

comprimento de potência de dois ($2^n$), por exemplo, 4096 (4K), 8192 (8K), 16384 (16K) ... ($2^{12}$, $2^{13}$, $2^{14}$...). Todos as FFTs são DFTs, mas nem todas as DFTs são rápidas.

A maioria das DFTs no Smaart são FFTs de potência de dois (também chamadas de FFTs de raiz de 2 ou apenas FFTs). Usamos DFTs de extensão arbitrária para algumas coisas, especialmente para análise de resposta ao impulso, mas como FFTs geralmente são executadas muito mais rapidamente, elas têm preferência para operações em tempo real em particular, ou qualquer aplicação onde as restrições adjuntas na duração do registro de tempo não são um problema.

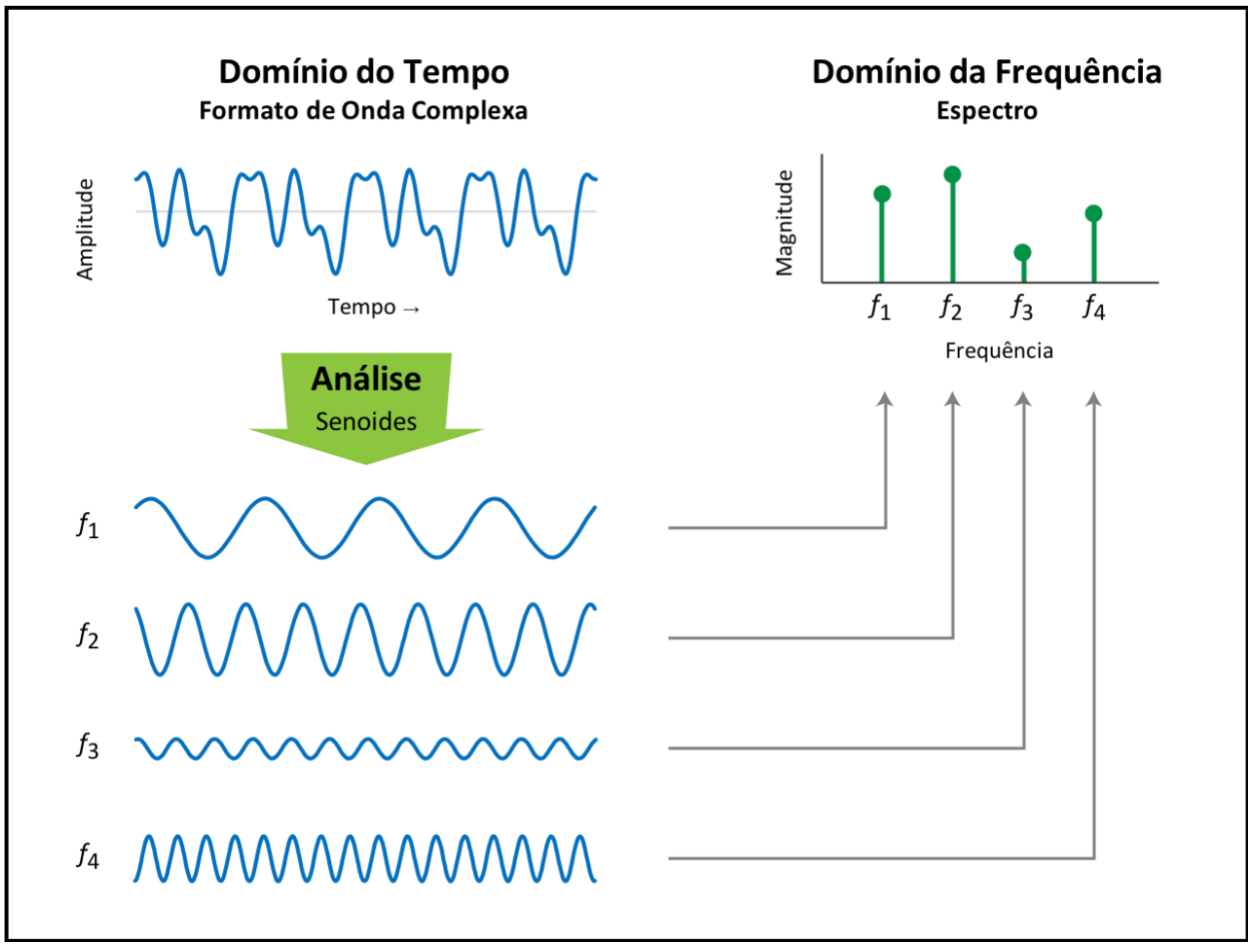



*Figura 2: Análise de Fourier. A transformada de Fourier discreta (DFT ou FFT) analisa um sinal complexo no domínio do tempo para encontrar a magnitude e a fase das senoides que compõem a forma de onda complexa. A magnitude de cada onda senoidal constituinte pode ser apresentada em um gráfico no domínio da frequência para formar uma imagem do conteúdo espectral do sinal complexo – os dados de fase são realmente apenas de interesse se temos um sinal de referência para compará-lo, ou se quisermos sintetizar uma réplica do sinal original no domínio do tempo utilizando uma transformada de Fourier inversa (IFT).*

## Resolução de Tempo versus Resolução de Frequência

Um contraponto importante quando se trabalha com transformadas de Fourier discreta (DFT ou FFT) é a relação inversa entre a resolução de tempo e a resolução de frequência – enquanto um melhora, o outro piora. Ambas são uma função da "constante de tempo" (também chamada de "janela de tempo") da medição. A constante de tempo é simplesmente o tempo que se leva para gravar amostras

suficientes para uma DFT de um dado tamanho, a uma determinada taxa de amostragem. Janelas de tempo mais longas proporcionam uma resolução de frequência mais estreita e detalhada (muitas vezes mais do que queremos em altas frequências), mas ao custo de uma resolução de tempo menos detalhada.

Resolução de tempo pode ser a menor das suas preocupações se estiver calculando uma média de longo prazo de um sinal ou uma medição de estado estacionário de um sistema de som usando um sinal estatisticamente aleatório como o ruído rosa. Pode, no entanto, ser um fator importante quando se analisa um sinal dinâmico, como fala ou música, onde seja preciso ver características do sinal que estão estreitamente espaçadas no tempo como eventos separados. Por exemplo, se duas batidas de uma bateria ocorrem dentro da constante de tempo de uma única FFT, o espectro resultante no domínio da frequência inclui a energia de ambas como uma única forma em cada frequência. Se for preciso ver cada batida como um evento separado, será preciso diminuir o intervalo de tempo, o que pode resultar em faixas de frequência mais espaçadas.

É possível calcular a constante de tempo de uma FFT (em segundos) dividindo a taxa de amostragem utilizada para gravar o sinal no domínio de tempo pelo tamanho da FFT em amostras. Por exemplo, o tamanho da FFT padrão para medições de espectro no Smaart é 16K (16384) amostras. Uma FFT de 16K capturada em 48000 amostras/segundo tem uma constante de tempo de 0,341 segundos (16384/48000) ou 341 milissegundos.

$$Constante\ de\ Tempo = \frac{Tamanho\ de\ FFT}{Taxa\ de\ Amostragem} = \frac{1}{Resolução\ de\ Frequência}$$

Frequências graves têm ciclos mais longos do que as altas frequências, é claro – é o que as torna frequências baixas – então faz sentido ter que observar um sinal por um período maior de tempo para resolvê-lo. De fato, a frequência mais baixa que uma FFT (ou qualquer outro tipo de DFT) pode claramente "ver" é 1/T onde T é a constante de tempo da FFT em segundos. Usando o exemplo de uma FFT de 16K em taxa de amostragem de 48k, a resolução de frequência, nesse caso, é de 2,93 Hz (1/0,341).

$$Resolução\ de\ Frequência = \frac{Taxa\ de\ Amostragem}{Tamanho\ de\ FFT} = \frac{1}{Constante\ de\ Tempo}$$

Se estiver familiarizado com a relação recíproca entre o tempo de ciclo e frequência em senoides ($f$ =1/$t$ e $t$ = 1/$f$), você deve ter notado que isso se repete na relação entre constante temporal e resolução frequencial em uma FFT. De fato, a resolução frequencial de uma FFT é igual à frequência de uma senoide cujo ciclo é único dentro de um espaço de tempo de uma FFT. Todas as outras faixas de frequência estão em múltiplos de números inteiros (harmônicos) daquela frequência fundamental, por isso saber a constante temporal também diz o quão separadas as faixas de frequência estão.

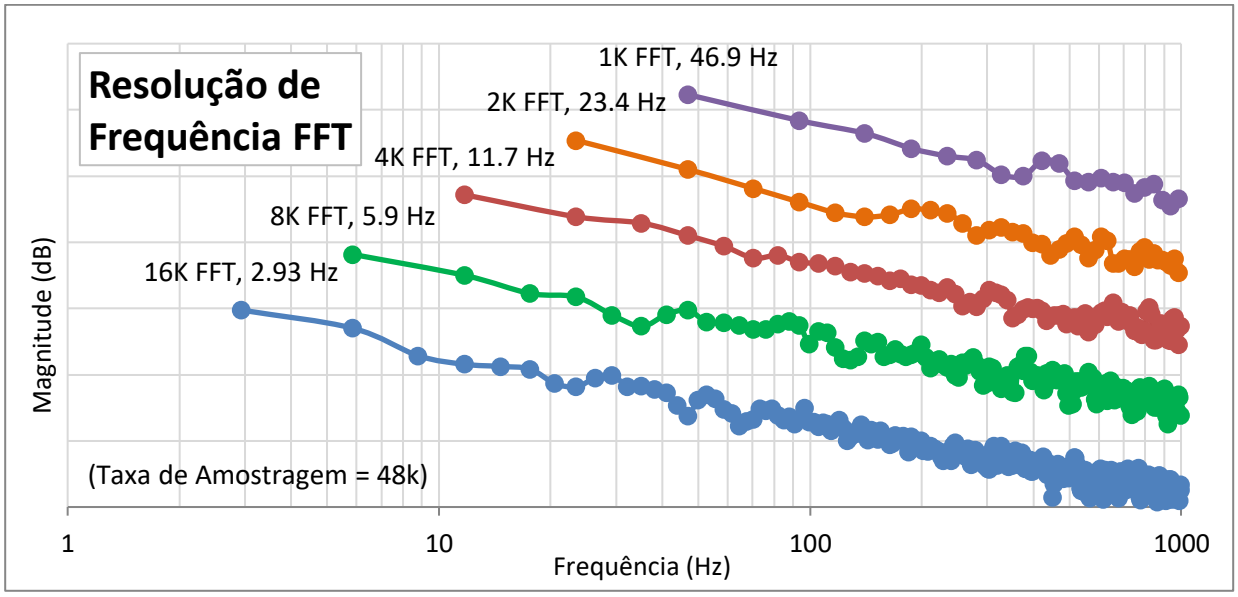



*Figura 3: Resolução de frequência FFT mostrada em escala de frequência logarítmica. Cada repetição do tamanho da FFT (em amostras) dobra a resolução frequencial da FFT e estende seu alcance frequencial uma oitava abaixo.*

Em termos práticos, dada uma taxa de amostragem de 44.1k ou 48k, o padrão de tamanho de FFT do Smaart de 16K para medição de espectro proporciona uma resolução muito boa para baixas frequências até os mais graves subwoofers e resolução de tempo muito maior do que o necessário para análise de sinais como ruído rosa. Em se tratando de sinais mais dinâmicos como fala ou música, se gravarmos FFTs de 16K de ponta a ponta por um minuto em taxa de amostragem de 48k, isso proporcionará algo em torno de 176 quadros por minuto (60/0.341 ≈ 176). O que tende a atender ou exceder a média de andamento para a maioria dos gêneros musicais, o que significa que fornece resolução de tempo suficiente para ver o conteúdo espectral de notas individuais na maioria dos casos.

Em termos de análise de fala, o ritmo comum para nativos de língua inglesa gira em torno de 140-180 palavras por minuto ou quase 200-300 sílabas por minuto, por isso uma FFT em 16K lhe dá palavras, mas não sílabas. Baixar o tamanho da FFT para 8k iria dobrar a resolução de tempo para um mínimo de 352 quadros por segundo – suficiente para acompanhar qualquer música insanamente rápida ou distinguir sílabas individualmente em ritmo comum de conversa – mas ao custo de alguma perda de detalhes em baixas frequências.

Outros contrapontos associados ao tamanho de uma DFT ou FFT são custos computacionais, que aumentam exponencialmente com o tamanho e o problema com excesso de resolução em altas frequências quando dados DFT espaçados linearmente são mostrados em escala de frequência logarítmica. Em medições RTA o uso de bandas de oitava fracionadas efetivamente elimina o problema de excesso de resolução em altas frequências e até mesmo computadores inferiores de hoje em dia conseguem realizar análise em tempo real usando tamanhos de FFT de 16K ou até 32K com relativa facilidade.

Em medições de função de transferência, onde custos computacionais são um problema grande normalmente, o recurso Janela Multi-Temporal do Smaart (MTW) procura contornar esses problemas

usando uma série de pequenas FFTs em taxas de amostragem progressivamente mais baixas para entregar aproximadamente resolução de 1Hz para baixas frequências sem estar sujeito a resoluções excessivamente grandes em oitavas mais altas. Suavizar a função de transferência também ajuda a limpar o excesso resolutivo em altas frequências e funciona tanto para MTW quanto para medições que usam apenas um tamanho de FFT.

## Técnicas de Medição em Canal Único e Duplo

Em modo de tempo real, o Smaart realiza dois tipos básicos de medição: canal único (análise de sinal) e canal duplo (análise de resposta). Medição de espectro em canal único são medições de análise de sinal, porque só podem mostrar o conteúdo frequencial e amplitude de um sinal. Os displays de Analisador de Espectro em Tempo Real (RTA) e Espectrógrafo são baseados em análise de FFT em canal único.

Outro exemplo seria a medição de nível sonoro, ex. nível de pressão sonora (SPL) ou nível sonoro equivalente (LEQ). Quando calibrado para uma referência absoluta como SPL, medições em canal único darão valores absolutos que podem ser comparados diretamente com outros valores absolutos e mostrar exatamente o quão alto um som está em uma determinada frequência, ou através de uma determinada faixa de frequência. Podem ajudar a responder a perguntas como, “Quanto de 1 kHz tem aquele sinal”, “Qual a frequência daquele tom”, ou “Qual o SPL neste local do ambiente”?

Medições em canal duplo comparam dois sinais para encontrar as semelhanças e diferenças entre eles. Medições de função de transferência e resposta ao impulso no Smaart são medições em canal duplo que comparam o sinal de saída de um dispositivo ou sistema com o de entrada que o produziu. Podemos então dizer que estamos medindo a resposta do sistema a um dado estímulo, e porque ambos os sinais são conhecidos, o espectro de entrada do sinal torna-se quase imaterial. Também podemos medir precisamente a relação de tempo entre os dois sinais, permitindo que examinemos relações de fase e encontrar tempos de atraso.

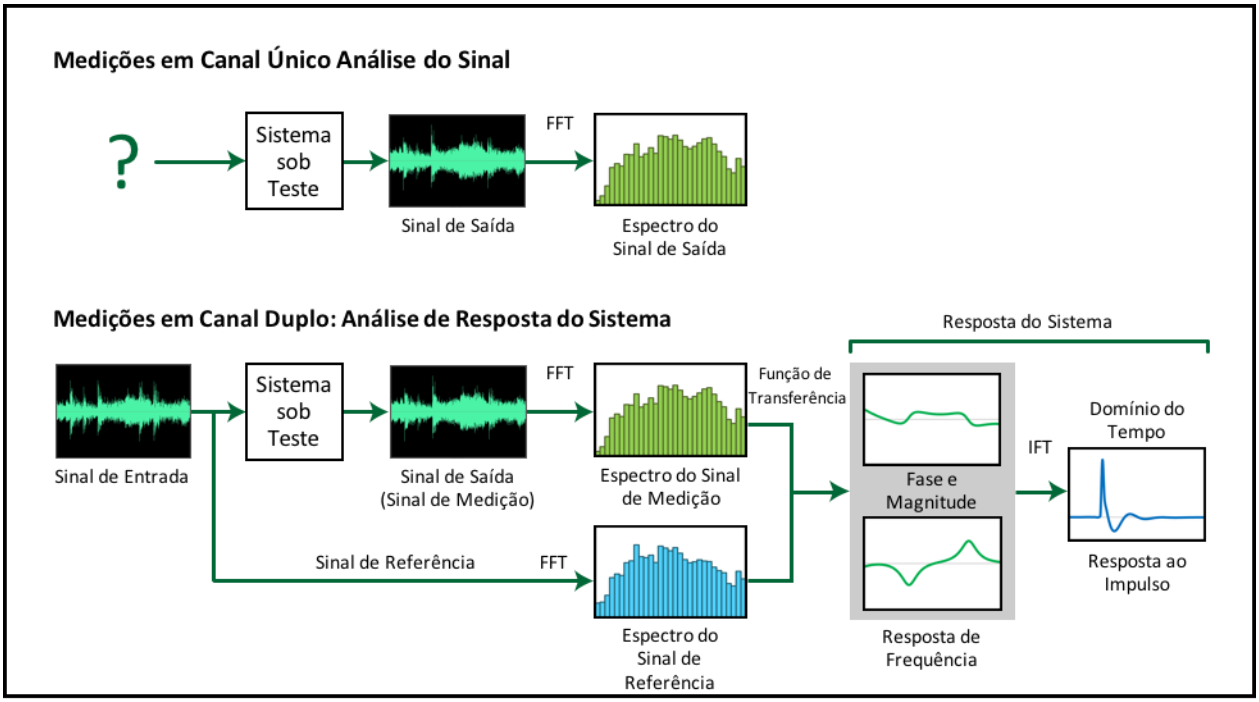



*Figura 4: Medições em canal único vs. canal duplo. Medições de espectro de canal único analisam a energia contida no domínio de tempo do sinal. Se o sinal analisado é a saída de um sistema de som e você já sabe o espectro do sinal de entrada, pode-se deduzir (apenas) uma estimativa da resposta da magnitude de um sistema. Medição em canal duplo analisa diretamente os sinais de entrada e saída para fornecer um quadro mais completo da resposta do sistema que inclui magnitude, resposta de fase e atraso de taxa de transferência.*

Métodos em canal duplo proporcionam uma medição relativa (entrada vs. saída) e podem ajudar a responder questões como “Qual a frequência de crossover do sistema”, “Quanto de ganho ou atenuação existe em 1 kHz”, ou “Quando a energia do alto-falante está chegando no microfone?”

Ambas as medições em canal único e duplo podem ser ferramentas poderosas quando você compreender seus pontos fortes e fracos – o que estão medindo e, tão importante quanto, o que não estão. Confundir ou contradizer os dois, entretanto, pode levar a más decisões baseadas em informação incorreta ou incompleta.

## Escala Linear e Logarítmica

Uma questão que ocorre repetidamente na análise acústica é que a percepção humana é logarítmica por natureza e cobre uma extensão relativamente grande de valores. A audição de todo mundo é diferente, mas em geral, a diferença entre o limiar da audição e da dor – os sons mais silenciosos que podemos escutar e os mais altos que podemos suportar – é entre 120 decibéis (dB). O que significa seis ordens de magnitude decimal (a diferença entre um e um milhão, por exemplo).

Em termos de frequência, o espectro auditivo dos seres humanos é tipicamente definido como 20Hz a 20kHz, uma extensão de quatro dezenas logarítmicas. É certo que, muitos ou talvez a maioria de nós não consegue ouvir toda essa extensão, mas é seguro dizer que a maioria das pessoas consegue ouvir em um intervalo de três dezenas, ex. de 80Hz a 8kHz, o que é um alcance amplo de números.

A questão é, nós não ouvimos diferenças entre todos esses números igualmente em ambos os casos. Para nossos sentidos, a diferença entre um e dois não é o mesmo que a diferença entre dois e três, como seria se o mundo fosse percebido de forma linear. Para nós, a diferença entre um ou dois soa (ou parece ou sente) como a diferença entre quatro e oito, ou oito e dezesseis… (essa é a ideia).

Mapear áudio e dados acústicos em amplitude logarítmica (magnitude) ou escala de frequência nos auxilia de duas maneiras, portanto: ajuda a tornar o amplo alcance de valores que nossa audição possui mais manejável e resulta na apresentação de dados que são muitas vezes mais significativos em termos de percepção humana. Não quer dizer que escala linear não tenha uso, mas para a maioria das coisas que fazemos no Smaart, escalas e unidades logarítmicas (dezenas, oitavas e decibéis), tendem a ser melhores em nos mostrar o que queremos ver de forma mais intuitiva.

## Escalas de Frequência Linear e Logarítmicas

Em se tratando de escalas de frequência linear e logarítmica (não confundir com banda de oitava fracionada) estamos na verdade falando de como frequências são mostradas em uma lista ou gráfico. Em escala de frequência linear, digamos que a cada 100 Hertz (você pode escolher qualquer número), ocupa a mesma quantidade de espaço no gráfico como todos os outros. Em escala de oitavas, cada oitava é da mesma largura que todas as outras, mesmo que a faixa de frequência linear para cada banda dobre conforme a frequência aumenta (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz...). Em escala logarítmica decimal, cada potência de 10 Hz, (10, 100, 1000, 10000) tem a mesma largura que as outras. Escalas logarítmicas funcionam da mesma forma para qualquer base, mas as bases que usamos para escalas de log no Smaart são dois e dez (oitavas e decimais).

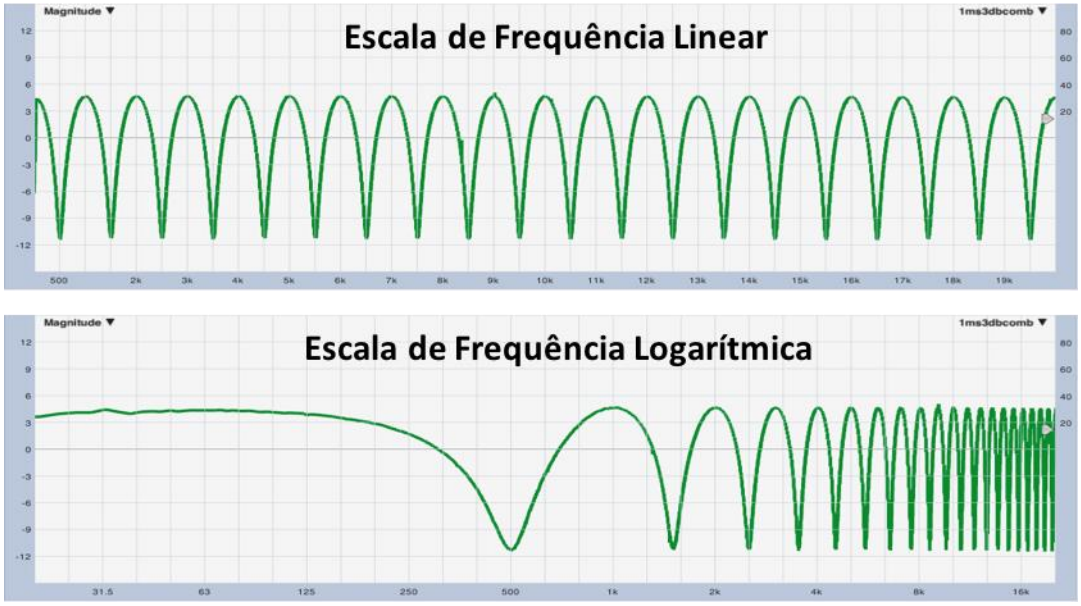



*Figura 5: Escala de frequência Logarítmica vs. Linear. Duas exibições do mesmo filtro pente em gráfico de escala linear e logarítmica.*

Normalmente observamos frequências em escalas de oitava ou decimais porque se relacionam melhor com nossa percepção sonora logarítmica. Entretanto, escalas lineares também são úteis e algumas vezes relacionam-se melhor com a física subjacente do som e acústica. Mapear frequência em escala linear

pode apresentar cancelamentos, distorção harmônica de forma mais clara por seus lóbulos ou picos estarem separados linearmente. Outro exemplo que pode ser a diferença de fase associada com um atraso fixo, que se torna um slope em linha reta em uma escala de frequência linear.

Observe que quando se analisam dados de FFT de medição acústica ou outros sinais ruidosos em escala de frequência logarítmica, o traço torna-se estranho de olhar nas frequências mais altas. Isso não quer dizer necessariamente que há mais ruído nas altas. É uma consequência natural de agrupar mais e mais pontos de FFT separados linearmente em uma quantidade cada vez menor de espaço gráfico. É uma das razões para a opção de função de transferência MTW, como dito antes. Suavização também ajuda a reduzir o ruído visual nas altas durante medição de função de transferência, assim como bandas de oitava fracionada para medições de espectro.

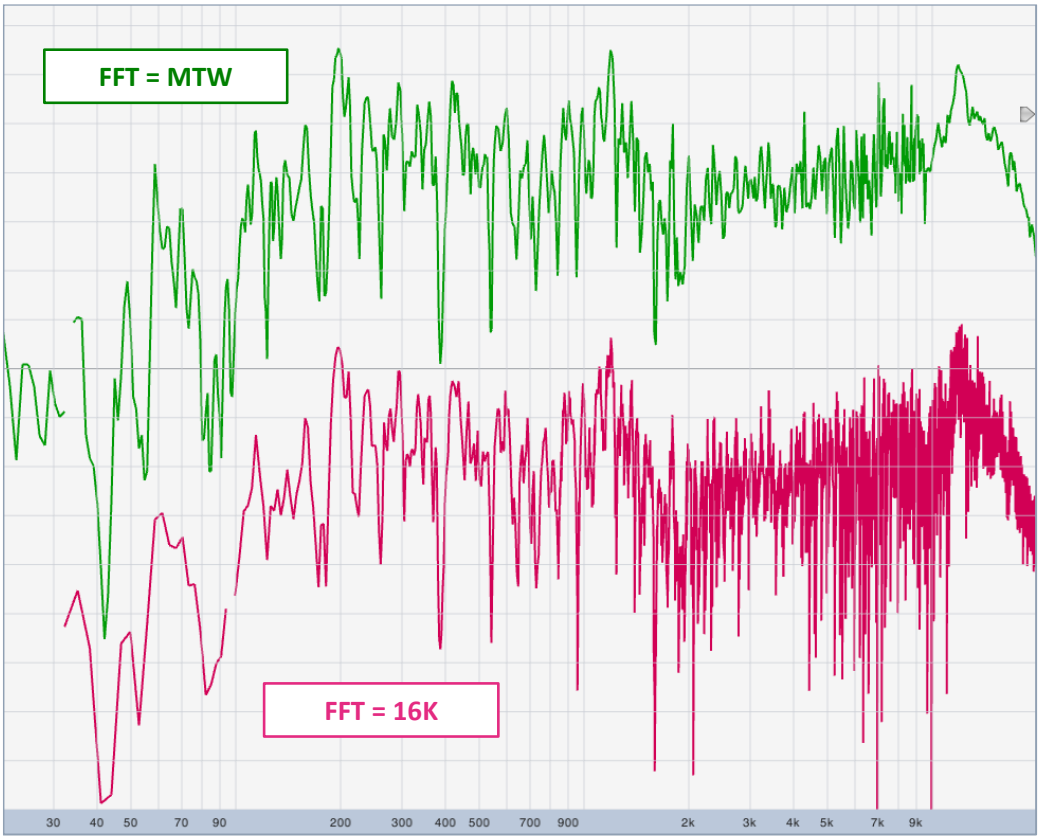



*Figura 6: Função de Transferência MTW vs FFT de 16K em escala de frequência logarítmica. A MTW usa constantes de tempo maiores em baixas frequências para melhorar a resolução nas baixas frequências, enquanto constantes de tempo menores em frequências mais altas reduzem o "ruído" visual devido ao excesso de resolução.*

## Amplitude Linear

Amplitude linear, como o nome indica, é a amplitude mostrada em escala linear, por exemplo, volts ou unidades digitais com base em números inteiros. No Smaart, os únicos lugares onde se vê amplitude linear são gráficos em domínio de tempo linear, onde a amplitude é mostrada como um percentual de Full Scale normalizada. Isso quer dizer que os maiores números positivo e negativo obtidos de um

número inteiro de um determinado número de bits (ex.: 16 ou 24 bits por amostra) são dimensionados em uma faixa entre 1 e -1 (incluso), com valores fracionados entre eles expressos como percentuais.

Como não é possível calcular o log de um número negativo, a única forma de ver polaridade relativa em uma resposta ao impulso é usando escala de amplitude linear. Alguns também a preferem para identificar reflexões discretas em uma resposta ao impulso e podem também ser úteis para observar outros tipos de sinais. Uma escala de amplitude linear tende a não ser muito útil ao observar decaimento de reverberação ou para identificar picos em baixas frequências de uma resposta ao impulso onde o período do comprimento de onda espalha-se tanto no tempo que não é fácil discernir o impulso.

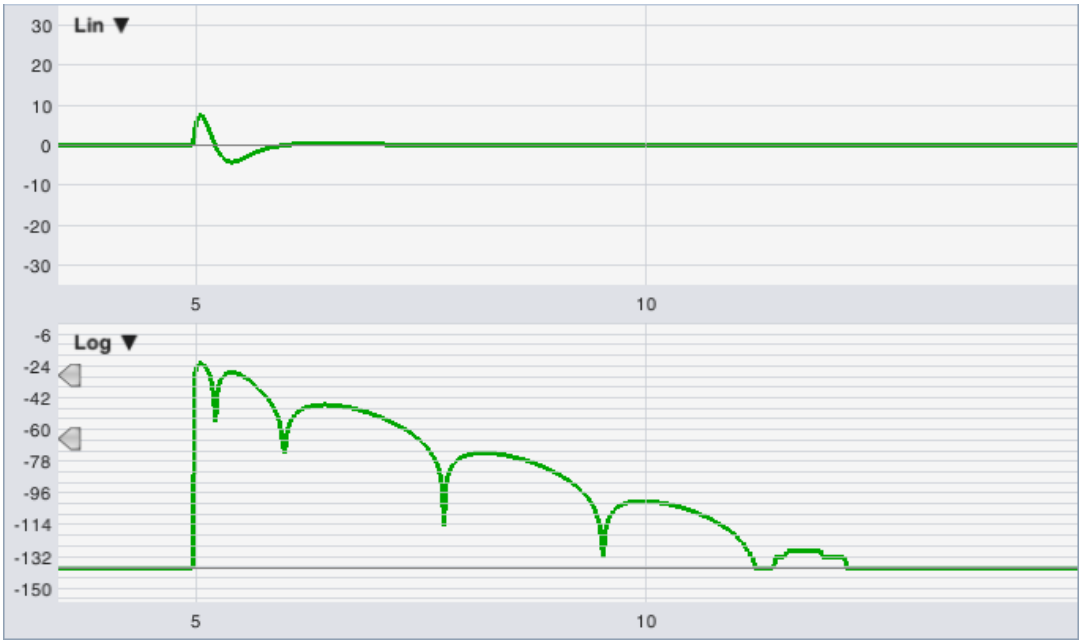



*Figura 7: Escala de amplitude Logarítmica vs. Linear. A resposta ao impulso de um filtro passa bandas é apresentada em escala de amplitude linear (percentual de uma Full Scale normalizada) versus amplitude logarítmica (decibel). Note que apenas as duas primeiras oscilações na IR são mais perceptíveis no modo Linear (Lin), enquanto o modo Log apresenta claramente os seis primeiros lóbulos correspondentes.*

## Decibéis (dB)

O decibel é uma relação logarítmica normalmente usada para expressar amplitudes, tensões, pressão sonora, ganho e atenuação e sem dúvida outras coisas também. A palavra significa literalmente um décimo de Bel. O Bel tem esse nome devido a Alexander Graham Bell, inventor do telefone (ou um dos inventores). Por que eles chamam de um “Bel” em vez de “Bell” é uma pergunta que alguém teria de responder, mas que provavelmente explica por que a abreviatura de decibéis é escrita como dB (com um B maiúsculo). Apesar de não usarem Bels para muita coisa – a maioria simplesmente diria 10 dB – as fórmulas de conversão de e para decibéis parecem menos arbitrárias se considerarmos que um Bel representa o logaritmo de uma relação de potência de 10:1 e que o decibel é 1/10 disso.

Com isso em mente:

$$dB = 10 \cdot \log_{10}(Potência) = 20 \cdot \log_{10}(Amplitude)$$

$$Potência = 10^{(dB/10)} = Amplitude^2$$

$$Amplitude = 10^{(dB/20)} = \sqrt{Potência}$$

Observe que decibéis expressam uma relação, valores em decibéis devem ter alguma referência. Se nenhuma referência for dada, como nas equações anteriores, usa-se o número um como referência; entretanto pode ser qualquer número. Para referir dB a qualquer número que não seja um, pode-se apena dividir o valor que se deseja converter em dB pelo valor de referência antes de fazer o log.

Nesse caso...

$$dB = 20 \cdot \log_{10}(v/v_0)$$

onde $v$ é um valor linear que você deseja converter em decibéis e $v_0$ é um valor de referência.

Um exemplo comum disso no áudio é o dBu, onde 0 dB equivale a 0,775 Volts.
Outro pode ser a convenção da AES para dB FS (Full Scale) em que 0 dB equivale a raiz quadrada de 0,5 (0,7071), por isso uma senoide em Full Scale, de pico a pico tem valor RMS de 0 dB ao invés de -3,01 dB.

## Bandas de Oitavas e Oitava Fracionada em Medições de Espectro

Espectros em bandas de oitava e oitava fracionada são outra forma de reconciliar o que ouvimos com o que vemos em um analisador. Em um display RTA por banda ou espectrógrafo, cada oitava fracionada representa a soma da potência de todas as frequências dentro daquela banda. Por isso uma medição por banda de ruído rosa parece plana em um display por banda, mas se observar os dados de FFT espaçados linearmente, verá que um sinal que cai 3 dB por oitava ou 10 dB por dezena. Cada faixa de FFT contém menos e menos energia conforme a frequência aumenta, mas cada oitava é composta de duas vezes mais frequências, por isso todas as bandas acrescentam em um número igual de decibéis (dado um ruído rosa perfeito). Se olhar para um sinal de ruído branco, que possui a mesma energia em todas as frequências (nominalmente pelo menos), verá que parece plano em espectro logarítmico ou linear sem bandas, mas curva-se para cima em 3 dB por oitava em um display por bandas.

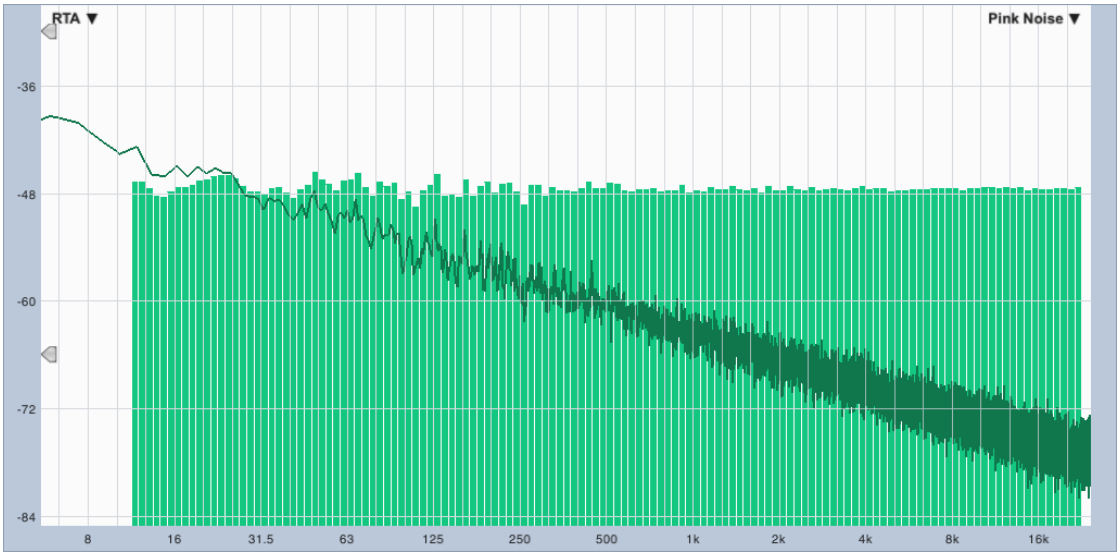



*Figura 8: Dados de banda de oitava Fracionada vs FFT em escala de frequência logarítmica. As barras em verde claro mostram uma medição de ruído rosa RTA em oitava fracionada em 1/12. O traço verde escuro é uma exibição em banda estreita (sem banda) dos mesmos dados em escala de frequência logarítmica.*

Displays de espectro por banda são úteis por uma série de razões. Particularmente, podem ser usados em conjunto com ruído rosa para realizar uma medição simples da magnitude (apenas) da resposta de frequência de um dispositivo ou sistema. Uma medição única espectro do canal não pode dizer nada sobre as relações de tempo ou fase, sendo que ambos são fatores importantes na forma como um sistema realmente soa, mas poderia ser melhor do que nada em um pequeno ajuste ou talvez como uma verificação rápida de manutenção de um sistema que já foi alinhado. Outra situação onde bandeamento pode ser útil é para suavizar dados de espectro. Somando-se múltiplas faixas de FFT em cada banda, consegue-se imediatamente uma imagem mais homogênea e mais estável que várias faixas pulando.

Há também uma questão psicoacústica em relação às bandas. Ruído rosa ou ruído 1/f como é chamado em Física, parece onipresente na natureza e sistemas complexos de todo tipo, talvez então não é de se estranhar que a média de espectros de longa duração em todo tipo de música, através de uma gama de gêneros e culturas, tende a se assemelhar com o ruído rosa. Por esse motivo, portanto, o espectro em faixas de banda pode ser uma forma natural e intuitiva de se observar conteúdo musical e outros sinais.

## Suavização (Função de Transferência)

Suavização por oitava fracionada de Função de Transferência é útil para filtrar pequenas flutuações em magnitude e fase para ajudar a observar maiores características e tendências nos dados de maneira mais fácil. É análogo à banda de oitava fracionada exceto que funciona por média ao invés de soma. Suavização coloca cada ponto frequencial no centro de sua própria "banda", ao invés de juntar as faixas em um número fixo de bandas em intervalos fracionados por oitavas. Nesse caso, cada "banda" é uma janela suavizada centro-ponderada conforme a frequência aumenta.

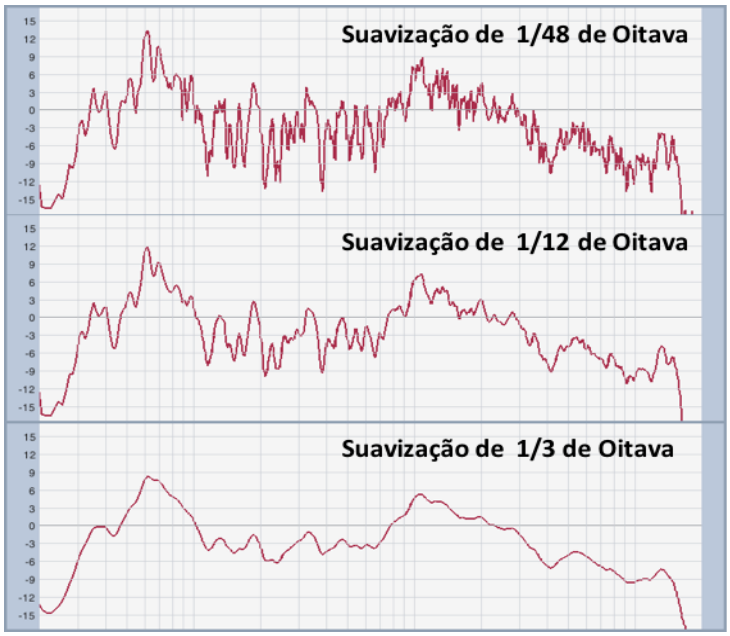



*Figura 9: Suavização em oitava fracionada para dados de função de transferência.*

Em display logarítmico, conforme os pontos FFT espaçados linearmente se aproximam das frequências altas, a janela de suavização se abre para incluir mais pontos nos dois lados da média. Isso ajuda a controlar a "confusão" inerente nas altas ao mostrar medições FFT em sinais de ruído em escala logarítmica de frequência.

# Cálculo de Média

Cálculo de média é usado de diferentes formas no Smaart, procurando separar informação útil de fatores externos como ruído, reverberação e anomalias acústicas dependentes de posição. Existem duas categorias de cálculo de média no Smaart, temporal ou espacial e há opções diferentes para cada tipo, dependendo do tipo de medição.

## Cálculo de Média Sobre Tempo (Média Temporal)

Média temporal significa simplesmente a média de tempo calculada sobre um período de tempo. Normalmente isso é feito em um ponto de medição ou posição do microfone, embora medições movendo o microfone em diferentes posições utilizando média temporal são usadas para aplicações específicas. Em medições acústicas, uma grande quantidade de ruído de variadas fontes se junta ao sinal que tentamos medir. Os componentes do ruído são aleatórios, o que significa que são diferentes em cada "quadro" de dados de medição capturado e flutua bastante de um quadro a outro. Isso tende a fazer com que os gráficos se movimentem muito e pareçam ruidosos e difíceis de ler.

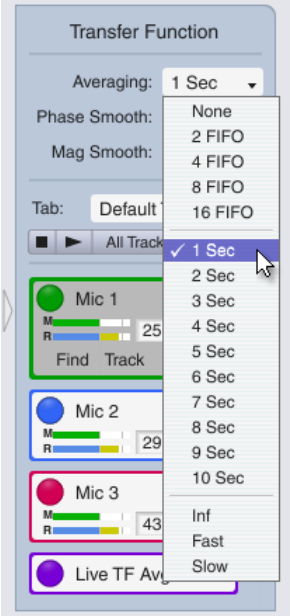



*Figura 10: Cálculo de média em tempo real para medição ativa.*

Média por tempo aumenta a relação sinal ruído de uma medição através de um processo conhecido como regressão à média. As partes ruidosas dos dados, mais aleatórias que o componente do sinal, tendem a cancelarem umas às outras quando agregadas ao longo do tempo. Os componentes do sinal, de característica estacionária (no caso de sistema de medição estacionário onde o sinal medido não muda rapidamente) ou bem menos aleatório que as partes ruidosas (ao analisar sinais dinâmicos) tendem a se igualar, tornando-se mais regulares e fáceis de se observar.

O contraponto em ambos os casos é a capacidade de resposta. Ao analisar o espectro de sinais dinâmicos, média em excesso pode mascarar flutuações que são parte do sinal e podem ser coisas que você precisa ver. Em medições de resposta de um sistema, média excessiva torna a medição lenta em resposta às mudanças dos ajustes no sistema como equalização ou delay. A dica é usar apenas o suficiente.

Para medições eletrônicas, é possível se virar com pouco uso de cálculo de média. Para medições acústicas, a quantidade de média necessária varia com o ruído ao redor e preferência do usuário. Algo que pode ajudar a acelerar a equalização do sistema e alinhamento ao medir em um ambiente barulhento é pressionar a tecla [V] após fazer uma mudança de parâmetro. Isso descarrega o buffer da média e o reinicia, para que não seja preciso esperar que o dado anterior deixe a medição antes de começar a ver o resultado de suas mudanças.

Medições de média temporal são ajustadas pelo controle de média na barra de controle localizada na direita inferior da janela principal (ver Figura 10:). Entre as opções estão vários tipos e também níveis de média.

- As primeiras quatro opções na lista são para uma média móvel simples igualmente ponderada (chamada FIFO) dos dados dos quadros *2*, *4*, *8* ou *16* mais recentes. Neste tipo de média, o quadro mais anterior cai completamente assim que um novo quadro aparece, por isso o nome FIFO, do inglês “First In, First Out” ou primeiro a entrar, primeiro a sair.
- As opções marcadas como *1-10 Sec* referem-se ao método de média que chamamos média variável, em que tentamos combinar as características mais usadas de FIFO e médias exponenciais em movimento.
- Média *Fast* e *Slow* modela as características de decaimento da integração exponencial do tempo dos padrões rápido e devagar usadas em medidores sonoros padrão. Estas são médias exponenciais de primeira ordem com constante de tempo de 0,125 e 1,0 segundos respectivamente.
- Média infinita (*Inf*) é uma média cumulativa de ponderação equivalente sem período de tempo definido. Simplesmente irá calcular a média até que a medição pare ou a tecla [V] seja pressionada para reiniciá-la. É possível calcular a média por vários minutos ou horas se preferir, para se ter a imagem mais limpa possível de um sistema em estado estacionário ou encontrar o espectro de uma média de longa duração de um sinal dinâmico como fala ou música.

### *Média Polar vs. Complexa (Função de Transferência)*

Para medições de função de transferência, existem duas opções adicionais para média temporal de dados de média de magnitude; *Polar* ou *Complexa*. Média polar pode também ser chamada de média de decibel porque primeiro calculamos a magnitude dos decibéis de cada quadro e então pegamos a média

móvel do resultado. Média complexa mantém duas médias separadas das partes real e "imaginária" do sinal complexo e então calcula a magnitude e fase dessas médias no final.

Média Polar (as vezes chamada de média RMS) tende a ser mais estável e tolerante dos dois, em circunstâncias onde fatores como vento, correntes de ar ou movimento mecânico estão presentes. Média Complexa (também chamada de média "vetor") pode nos dar uma melhor rejeição ao ruído em geral e tendem a excluir mais energia reverberante que na média polar.

> Média de fase no Smaart 8 é sempre baseada em dados complexos. Para média temporal em medições RTA, sempre calculamos a média da magnitude (potência) ao quadrado, porque queremos ver o espectro de média de potência nesse caso.

Em termos subjetivos, média polar pode ser a mais "musical" das duas opções, devido ao fato de que ela tende a deixar entrar mais energia reverberante. Média complexa tende a se correlacionar um pouco melhor com a inteligibilidade da fala subjetiva. Esta opção pode ser ajustada separadamente para cada medição de função de transferência para que seja fácil compará-las em tempo real, para ver se uma apresenta melhor resposta que a outra em uma determinada situação.

## Média Espacial

Média espacial no Smaart funciona de forma parecida com média temporal. A diferença é que neste caso, estamos calculando a média de medições capturadas em locais diferentes, ao invés de medições feitas em um mesmo local em tempos diferentes. Média espacial é útil para ajudar a separar a resposta de um sistema de anomalias acústicas localizadas em um único lugar, ou para conseguir uma imagem mais ampla, mais estatística do ruído de fundo ou da cobertura de um alto-falante.

Se houver vários microfones e entradas disponíveis, é possível calcular a média em tempo real. É também possível ser feita calculando médias de snapshots de medições capturadas em locais diferentes. Vamos falar sobre configuração de medição ao vivo e como trabalhar com snapshots de dados arquivados na próxima sessão. As opções a seguir aplicam-se a ambos os métodos.

### *Média de Potência vs. Decibel (Medições RTA)*

Para medições RTA, existe a opção de média de potência versus decibel em médias espaciais. Cálculo de média de potência nos dá o espectro da média de potência dos sinais analisados e seria a escolha comum para análises de sinal de ruído ambiente ou para checar a média de nível sonoro em uma área grande por qualquer motivo. Cálculo de média de potência proporciona mais ponderação aos sons mais altos em cada frequência e pode resultar em um gráfico que se aparenta como soa.

Cálculo de média em decibel é uma simples média aritmética de valores de magnitude que podem ser preferíveis em medições de sistema de som em geral. Pode-se dizer que lhe dá uma visão mais "consensual" que média de potência. Por exemplo, se uma das medições em média de potência vier em nível muito maior que outras, irá dominar a média e pode mudar o formato de toda a curva de modo significativo. Em uma média de decibéis, a medição do nível superior moveria o nível da curva média global mais alto, mas não a afetaria de forma significativa mais do que qualquer outro colaborador da média faz.

### *Ponderação pela Coerência (Medições de Função de Transferência)*

Em dados de função de transferência, a média de decibéis é usada para dados de magnitude e a média de fase é baseada em dados complexos. Entretanto existe a opção de usar (ou não) ponderação pela coerência. Ponderação pela coerência dá mais ponderação na média para as frequências em cada medição que tenha os maiores valores de coerência. Coerência tende a ser um indicador de uma relação sinal-ruído em medições de função de transferência – maior coerência sugere que os dados são mais confiáveis. Ao calcular a média dos dados de microfones em várias posições, se uma medição tiver pouca coerência em algumas frequências devido a um acúmulo reverberante localizado, ou talvez pela captura próxima ao limite de cobertura de um alto-falante onde as altas frequências estejam perdendo força, a ponderação pela coerência resulta em frequências mais confiáveis contribuindo mais para a média do que frequências problemáticas.

## Glossário de Termos

**Alcance Dinâmico (Range Dinâmico):** A diferença de níveis entre o sinal mais alto e mais baixo que um sistema aceita ou reproduz, por exemplo o alcance entre o ruído de fundo e a tensão clipada de um amplificador, geralmente expressa em decibéis.

**Amplitude:** Em processamento de sinais, a maior variante do zero em um sinal alternado tanto na direção positiva ou negativa, geralmente expressa em volts para um sinal elétrico, ou como fração ou percentual de *Full Scale*, no caso de um sinal digital.

**Atenuação:** Uma redução do nível de um sinal. A atenuação pode referir-se à redução do nível de uma extensão de frequências específico ou uma diminuição do nível geral.

**Código de Bloqueio:** Código obtido após a desativação do Smaart 8 no menu *About*. O código de bloqueio pode ser usado para "liberar" manualmente um Machine ID de sua licença. É preciso saber o código de bloqueio caso pretenda registrar outra vez um Machine ID manualmente (através de *my.rationalacoustics.com*) que foi desativado.

**Compressor:** Um dispositivo eletrônico que provoca alterações no ganho de saída (tipicamente atenuação) como uma função do nível de entrada. Estes dispositivos NÃO devem ser usados para fazer medições da função de transferência pois são não-lineares por natureza e medições de função de transferência assumem que o sistema sob teste é um Sistema Linear Invariante no Tempo.

**Constante de Tempo:** Em física e engenharia o termo *constante de tempo* é mais comumente usado para designar um intervalo de tempo entre os pontos de referência ou de limiar em processos contínuos, como o tempo de ascensão ou de decaimento do intervalo da resposta em filtros, tempos de aquecimento e arrefecimento em sistemas térmicos e atrasos em sistemas mecânicos. Em contexto de medição acústica normalmente usamos (ou talvez erroneamente usamos) o termo para expressar o tempo total necessário para processos discretos, como o tempo que se leva para coletar amostras o suficiente para uma FFT e/ou intervalo de tempo de uma medição de resposta ao impulso. Isso quer dizer que nós tendemos a usar o termo alternadamente com *Janela de Tempo*.

**Constante temporal de FFT/DFT:** A quantidade de tempo que se leva para recolher todas as amostras necessárias para um único quadro de FFT de um determinado tamanho a uma determinada taxa de

amostragem. A constante temporal de uma FFT, também chamada de janela de tempo, pode ser calculada dividindo-se o tamanho da FFT pela taxa de amostragem. Por exemplo, uma FFT de 32K (32768 amostras) amostrada a 48k amostras/segundo tem uma constante de tempo de 0,683 segundos.

**Conversão Analógica-Digital (A/D):** Processo de "digitalização" de um sinal analógico por amostras de amplitude em intervalos regulares. Este processo quase sempre implica limitar o conteúdo de frequência do sinal digitalizado para o máximo da metade da taxa de amostragem, o que permite a perfeita reconstrução do sinal original em sua faixa limitada de frequências a partir de suas amostras.

**Crosstalk:** Energia não desejada em um sinal (ou canal) introduzida por sinal ou canal adjacente.

**Decibel:** O decibel, frequentemente abreviado como dB, é uma relação logarítmica, entre dois valores. Em eletrônica e acústica, decibéis normalmente se referem a uma relação entre um dado valor de amplitude e o número 1, onde algum valor de referência como o maior valor de saída de um conversor A/D (dB Full Scale ou dBFS) ou o limite da audição humana (para dB SPL) é escalado para igualar a 1. O valor de decibel de amplitude é então calculado como: $dB = 20\ Log_{10}(A) = 10 \cdot Log_{10}(A^2)$, onde *A* é a amplitude linear. Neste caso valores amplitude maiores que um produzem decibéis positivos e números menores que 1 tornam-se decibéis negativos. É por isso que valores de dB FS são geralmente negativos e valores de dB em medições de nível sonoro são quase sempre positivos.

**Delay de Propagação:** O tempo levado para um som viajar de um lugar (como um alto-falante) para outro lugar (ex. um microfone de medição)

**Diferença de Fase:** A diferença de tempo de um sinal (relativo a uma diferença) em uma ou mais frequências, geralmente expresso em graus, onde 360°= um ciclo completo em determinada frequência.

**Domínio:** Em processamento de sinal, o termo "domínio" refere-se à variável independente de um sinal. Por convenção, ao exibir um sinal, a variável independente é geralmente posicionada no eixo horizontal (*x*) com a variável dependente no eixo vertical (*y*). No Smaart por exemplo, a imagem de uma resposta ao impulso, com o tempo (variável independente) no eixo *x* e a amplitude (variável dependente) no eixo *y*, é chamado display no domínio do tempo. Da mesma forma, displays de espectro e de função de transferência onde magnitude ou diferença de fase são apresentados com uma função da frequência são chamados de displays de domínio da frequência.

**Equalizador (EQ):** Um dispositivo com um determinado número de filtros utilizados para alterar o ganho relativo ou atenuação de um sinal em algumas frequências, mas não em outras. O termo "equalizador" vem do fato de que a principal aplicação para este tipo de dispositivo é a de "igualar" (isto é equalizar) os altos e baixos na curva de resposta de frequência de um sistema de som para torná-lo mais acusticamente transparente. Filtros de equalização podem ser "ativos", dado que aumentam ou atenuam o filtro passa-bandas, ou "passivos" (somente atenuação). O ganho de cada filtro é normalmente ajustável independentemente. As frequências centrais e larguras de banda dos filtros podem ser variáveis ou fixas. Um banco de filtros composto de filtros passa-bandas com frequências e larguras de banda fixas, por exemplo, em intervalos de 1/3 de oitava é comumente referido como um equalizador *gráfico*. Quando as frequências e larguras de banda para cada filtro em um banco de filtros são variáveis, juntamente com os ganhos, é chamado equalizador paramétrico.

**Equalizador Gráfico:** Um equalizador com um certo número de filtros passa-bandas usados para alterar o ganho ou a atenuação de um sinal em frequências pré-selecionadas. As larguras de banda e frequências centrais dos filtros normalmente são espaçadas em intervalos de oitava ou oitava fracionada e, geralmente, não são ajustáveis pelo usuário final. O termo “gráfico” vem do fato que uma série de faders dispostos linearmente lado-a-lado são normalmente usados para ajustar os ganhos dos filtros individuais, de modo que os botões dos faders formam uma espécie de gráfico rudimentar sugerindo a curva de resposta da unidade. Na prática, entretanto, interações entre filtros adjacentes podem tornar o termo impróprio.

**Equalizador Paramétrico:** Um equalizador ou banco de filtro digital no qual o ganho ou atenuação digital, assim como a frequência ou largura de banda de filtros individuais são ajustáveis independentemente.

**Escala Linear:** Um conjunto de valores em que estes estão equidistantes. Em escala linear, cada valor (ou unidade) tem dimensão igual e cada múltiplo inteiro de número de base ou unidade representa um passo igual, portanto 1, 2 e 3 são passos iguais assim como 10, 20, 30...

**Escala logarítmica:** A escala em que cada potência de um determinado número (por exemplo, dez) é dada a mesma dimensão. Em escala logarítmica, ordens de magnitude, por exemplo, 10, 100, 100, 10000... (ou $10^1$, $10^2$, $10^3$, $10^4$...), são intervalos iguais. Em uma escala logarítmica de base 10, as ordens de magnitude são muitas vezes referidas como "decimais. Em uma escala de base 2, cada passo é essencialmente uma oitava.

**Espectro:** O conteúdo de frequência de um sinal.

**Espectrógrafo:** Um gráfico de dados em três dimensões, exibido em duas dimensões com a cor representando a terceira dimensão (ou eixo z). O espectrógrafo é uma representação topográfica do antigo gráfico “cachoeira”.

**Frequência Nyquist:** Nomeada por Harry Nyquist, um pioneiro na área de processamento de sinal digital (embora não tenha sido chamada assim na época), a frequência de Nyquist é uma quantidade relativa igual a metade da taxa de amostragem utilizada para gravar um sinal digitalizado. A frequência de Nyquist é importante porque ela representa o limite teórico para a frequência mais elevada que pode ser reconstruída com exatidão a partir de um sinal amostrado. (Na prática, o limite do mundo real tende a um pouco menos devido às dificuldades associadas com a criação de um filtro perfeito passa-baixas para anti-aliasing e reconstrução de sinais.)

**Full Scale (FS):** O termo full scale tem dois significados possíveis em processamento de sinal digital. Full Scale normalizada refere-se à amplitude máxima de um sinal digital amostrado a um determinado tamanho de palavra de amostra de número inteiro (bits por amostra), escalado a +/- 1,0, de modo que 0 dB corresponde ao valor do sinal de pico máximo possível e todos os valores menores de decibéis são negativos. Uma segunda convenção preferida pela Audio Engineering Society (AES) relaciona 0 dB ao valor RMS de uma onda senoidal de pico-a-pico em full scale (ou seja, 0,7071 em vez de 1,0). No Smaart, todos os valores de decibéis FS são referenciados a full scale normalizada, o que significa que a potência

RMS de uma onda senoidal em full scale é -3,01 dB. Quando se utiliza uma escala de amplitude linear, valores de amplitude de full scale são normalmente dados como percentagens, onde 100% = 1.

**Full Scale Digital:** Ver *Full Scale (FS)*

**Função de Coerência:** Em termos práticos a função de coerência proporciona uma estimativa da relação sinal ruído e a linearidade de um sistema sob teste em medições de função de transferência no domínio da frequência. É calculada ao dividir a média cruzada do espectro da medição e sinais de referência pelo espectro de potência do sinal de referência. O resultado é uma fração entre zero e um que é tipicamente expresso como um percentual. Números maiores significam melhor coerência. Dado um sistema linear ou meio de transmissão idealmente sem ruído, iremos esperar um valor de coerência de um (100%) em todas as frequências. Um valor de zero significa que não há correlação detectável entre os sinais de entrada e saída.

**Função de Janelamento de Dados:** Função matemática que afeta a amplitude de um sinal por um período de tempo. Janelamento de dados é normalmente usado para condicionar um sinal em domínio do tempo antes de realizar uma Transformada Fourier Discreta (DFT), para reduzir artefatos espectrais resultados do truncamento abrupto do sinal. Em teoria, janelamento de dados pode ser virtualmente de qualquer tamanho. Na prática, as janelas mais úteis para transformar dados de áudio são curvas suavemente afuniladas, curvas simétricas como cosseno elevado (Hann, Hamming, Blackman) ou janelas Gaussianas que gradualmente reduzem a amplitude dos dados de domínio do tempo no início e fim de uma série de amplitude/tempo finitos para zero ou quase zero.

**Função de Transferência:** A resposta de frequência (magnitude ou fase) de um sistema, função ou rede. A função de transferência do sistema de tempo linear invariante (LTI) pode ser medição diretamente, utilizando técnicas tais como medições da função de transferência de FFT dupla que comparam a saída do sistema com o sinal de entrada no domínio da frequência, ou usando a transformada de Fourier da resposta ao impulso do sistema.

**Janela de Tempo:** A quantidade de tempo necessário para e/ou representada por uma medição ou outro processo. Muitas vezes usado de forma intercambiável com a Constante de Tempo (veja acima).

**Latência:** Em processamento de sinal, latência refere-se à taxa de atraso de transferência de um dispositivo ou cadeia de sinal. Todos os dispositivos de processamento de sinais digitais introduzem uma certa quantidade de latência em uma cadeia de sinal.

**Machine ID:** Um código único atribuído a cada instalação do Smaart durante o processo de instalação.

**Magnitude:** 1. Um número atribuído a uma quantidade de modo que possa ser comparado com outras quantidades. 2. O valor absoluto da amplitude. Por convenção, geralmente usamos os termos amplitude para nos referirmos a quantidades de escala linear e magnitude quando expressamos amplitude em unidades logarítmicas tal qual decibéis ou ordens de magnitude.

**Média de Coerência pela Ponderação** utiliza valores de coerência para “ponderar” a contribuição de cada medição em uma média (espacial) de múltiplas medições. Por exemplo, se uma das medições de

um traço de média ao vivo tem pouca coerência em alguma frequência, terá menos influência no traço médio final que medições com melhor coerência naquela frequência.

**Nível de Pressão Sonora (SPL):** O nível RMS da pressão das ondas no ar expresso em decibéis, referenciada ao limiar aproximado de audibilidade para a audição humana em que 0 dB é aproximadamente o som mais silencioso que o ser humano comum pode detectar (e 1 Pascal ≈ 94 dB). SPL é geralmente integrado por certo período de tempo, por exemplo, usando as configurações de integração em tempo rápido e lento encontradas em todos os medidores de nível sonoro padrão. É mais frequentemente ponderada pela frequência de modo a refletir características de percepção do ouvido humano usando o padrão de curvas de ponderação A ou C especificadas nas normas IEC e ANSI relacionadas com a medição dos níveis sonoros.

**Resolução de Bandas de Oitavas:** Em um display de oitavas ou banda de oitavas fracionada a potência agregada para todas as frequências dentro de cada banda é somada e exibida como um único valor por banda. É uma prática comum exibir dados em bandas de oitava como um gráfico de barras, em vez de um traço de linha, para melhor transmitir a ideia de que cada valor mostrado no gráfico representa a potência total em toda uma extensão de frequências, não apenas um único ponto frequencial no centro da banda. Note que por convenção, as frequências *nominais* centrais de oitavas e 1/3 de oitava para padrão ISO são ligeiramente diferentes das bandas de frequência centrais *exatas* na maioria dos casos, mas são próximas.

**Resolução de frequência de FFT/DFT:** A resolução de frequência de uma transformada discreta de Fourier (DFT ou FFT) é determinada pela divisão da taxa de amostragem usada para gravar os dados em domínio de tempo pelo número de amostras gravadas sendo transformadas. Por exemplo, uma FFT de 32K (32768-amostras) de um registro do tempo amostrado a 48000 Hz, terá uma resolução de frequência de 1,46 Hz, ou seja, haverá um ponto de dados linearmente espaçado de frequência a cada 1,46 Hz ao longo do eixo da frequência.

**Resposta ao Impulso:** A resposta de um sistema a um estímulo impulsivo no domínio do tempo. A resposta ao impulso temporal linear invariante (LTI) de um sistema é também o inverso da transformada de Fourier em sua função de transferência.

**RT60:** Ver Tempo de Reverberação

**Ruído Branco:** Um sinal aleatório (ou pseudoaleatório), em que, durante um determinado período, cada frequência tem a mesma energia. O ruído branco é um sinal de teste comum em eletrônica. Raramente é usado em sistemas de teste que incluem alto-falantes porque tem tanta energia nas altas frequências que pode facilmente danificar os componentes de alta frequência do sistema e a audição humana também.

**Ruído Rosa (Pink Noise):** Sinal aleatório (ou pseudoaleatório) no qual, durante um dado período de referência, cada banda de oitava (ou outro intervalo logarítmico) contém a mesma energia.

**Sinal:** Estritamente falando um sinal pode ser qualquer conjunto de valores que depende de algum outro conjunto de valores. No processamento de sinais, a variável independente, por exemplo, tempo ou frequência, é dito ser o domínio do sinal. Em áudio e acústica sinais no domínio do tempo são o que

mais pensamos como sinais, onde tensões ou valores numéricos que representam amplitude (a variável dependente) variam ao longo do tempo (a variável independente). Mas, por definição estrita, a maioria das coisas que vemos no Smaart também poderiam ser chamadas de sinais, incluindo Magnitude e Fase de função de transferência e displays RTA onde a energia relativa ou diferença de fase são apresentadas como uma função da frequência, em vez do tempo.

**Sistema Linear Invariante no Tempo (LTI):** Não é incomum para descrições de sistemas de tempo linear invariante ter muitas páginas e incluir muita matemática intimidadora. Em termos simples, LTI significa essencialmente que uma determinada entrada sempre irá produzir uma saída previsível e escalada proporcionalmente e que sempre será necessário a mesma quantidade de tempo para passar pelo sistema. Por exemplo, se entrar cinco e sair dez, então introduzir 10 deve resultar em 20 e a taxa de atraso de transferência (latência) deve ser a mesma em ambos os casos. Ganho e latência através do sistema não precisam ser as mesmas para todas as frequências, mas devem ser consistentes para qualquer frequência. A maioria dos componentes em um sistema de som, com exceção de processadores intencionalmente não lineares como compressores, limiters e efeitos especiais, se destinam a ser sistemas LTI. Do nosso ponto de vista, uma propriedade muito útil do sistema LTI é que podem ser completamente ajustados por sua função de transferência em domínio de frequência e/ou sua resposta ao impulso em domínio temporal.

**Sobreposição:** Para fins do Smaart, o termo Sobreposição refere-se à quantidade de dados que cada quadro FFT tem em comum com o anterior. Quadros FFT sobrepostos são análogos às telhas de um telhado. Quando a sobreposição não é usada, cada novo quadro FFT começa onde o último parou, como contas em um colar.

**STI - Índice de Transmissão de Fala:** Uma estimativa objetiva da inteligibilidade da fala humana transmitida através de um meio de transmissão ou sistema sob teste. É baseado na perda relativa de modulação de baixas frequências em ondas portadoras de frequências mais altas. STI é indicado como uma fração entre 0-1, em que 0 representa um resultado completamente ininteligível e 1 indica uma excelente inteligibilidade sem perda da modulação na transmissão. STI é calculado a partir das funções de transferência de modulação (MTF) por 7 bandas de oitava de 125 Hz a 8 kHz, e avalia 13 frequências de modulação em cada banda. Os resultados para todas as frequências de modulação em cada banda são combinados em um Índice de Transferência de Modulação banda-por-banda (MTI), então ponderados e somados para produzir um único número STI. Estimativas separadas para fala masculina e feminina podem ser obtidas usando tabelas de peso diferente ao calcular STI. A não ser que seja indicada de outro modo, é presumida a ponderação para fala masculina.

**STIPA (STI para os sistemas de P.A.)** é uma variante menos rigorosa de STI (veja acima), destina-se especificamente para uso em medições de sistemas de endereçamento ao público (P.A.). STIPA foi validado apenas para a fala masculina. A única diferença funcional na forma como STI e STIPA são medidas é que em vez de avaliar 13 frequências de modulação em cada oitava, STIPA usa apenas duas frequências por banda para reduzir o tempo necessário para a medição direta das funções de transferência de modulação (MTF). Como o Smaart calcula o MTF de um sistema indiretamente de sua resposta ao impulso e todos as 13 frequências de modulação necessários para STI são também utilizados para STIPA (não apenas em cada faixa) não há nenhuma vantagem particular ao uso do STIPA no Smaart.

**T60:** Ver Tempo de Reverberação

**Taxa de Amostragem:** O número de vezes que a amplitude de um sinal é medida dentro de um determinado período de tempo em conversão analógica-para-digital. Para sinais de audiofrequência, a taxa de amostragem é normalmente expressa em amostras/segundo ou Hertz.

**Taxa de Decaimento:** Taxa a qual um sistema decai de um ponto de excitação após o cessar de um sinal de estímulo. Em acústica, essa quantidade é normalmente avaliada com base em alcance de frequência específico e expressa ou em decibéis por segundo ou pela quantidade de tempo necessária para o sinal decair 60 decibéis na taxa de decaimento observada. (Ver Tempo de Reverberação)

**Tempo de Decaimento:** Ver Tempo de Reverberação

**Tempo de Reverberação:** Em acústica, a quantidade de tempo necessário para a energia de áudio introduzida em um sistema (tipicamente uma sala) diminuir, ou decair 60 decibéis após o desaparecimento do sinal de estímulo utilizado para excitar o sistema — por exemplo, um estouro de balão, tiro de festim ou burst de ruído rosa. É normalmente indicado banda por banda para cada oitava individual. Por convenção, os tempos de decaimento são normalizados para o tempo necessário para que 60 dB de decaimento a uma taxa observada de decaimento, independentemente da extensão de amplitude medido. Tempo de Decaimento de 60 dB é muitas vezes referida como "RT60" ou "T60", o que, às vezes, confunde. E só para confundir as coisas um pouco mais, o ISO 3382 especifica que ele deve ser chamado T20 ou T30, onde o “20” e ”30” referem-se à extensão de decaimento realmente mensurado. A principal coisa a lembrar é que todos os itens acima se referem ao tempo de decaimento de 60 dB dentro de uma faixa de frequência indicada. Quando um valor único tempo de reverberação é dado, de acordo com a norma ISO, ele deve ser a média dos tempos de reverberação para bandas de oitava de 500 Hz e 1 kHz, também chamado de "$T_{mid}$."

**Transformada de Fourier Discreta (DFT):** Técnica matemática para determinar o conteúdo espectral de formas de onda complexas. A DFT essencialmente compara o sinal analisado a uma série de ondas de seno e cosseno em intervalos de espaço regular (harmônicos) para determinar quanta energia está presente em cada harmônico. O espaçamento entre cada frequência ou resolução de frequência da DFT é uma função de seu tamanho em amostras e a taxa de amostragem para gravar um sinal analisado. Apresentando a amplitude de energia encontrada em cada frequência em gráfico x/y, produz uma representação visual do conteúdo espectral do sinal original em domínio do tempo.

**Transformada de Fourier Rápida (FFT):** A Transformada de Fourier *Rápida* é um caso especial de uma Transformada de Fourier *Discreta* (DFT) que é otimizada para facilidade de cálculo. Na prática geralmente envolve especificar o tamanho dos sinais em domínio do tempo em amostras de tamanho de potência de 2 (ex.: 16, 32, 64, 128, 256...). Esta limitação permite usar alguns atalhos para calcular a DFT em um computador digital usando matemática binária que reduz significativamente o número de operações computacionais necessárias, resultando em execuções mais rápidas.

**Velocidade do Som:** A velocidade com que as ondas sonoras se propagam através de um meio de transmissão, tais como ar ou água. Essa quantidade depende de fatores como temperatura e densidade do material de propagação. Como regra geral valores para a velocidade do som no ar à temperatura

ambiente são 344 m/seg ou 1130 pés/seg. No Smaart a velocidade do som é usada principalmente para calcular distância equivalente para diferenças de tempo.

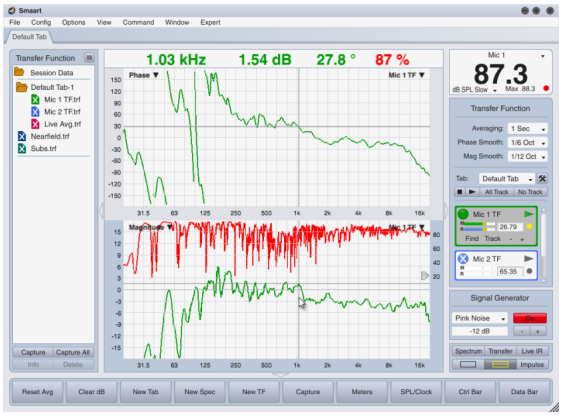
# Capítulo 2: Encontre o que precisa no Smaart

## Múltiplas Janelas e Abas

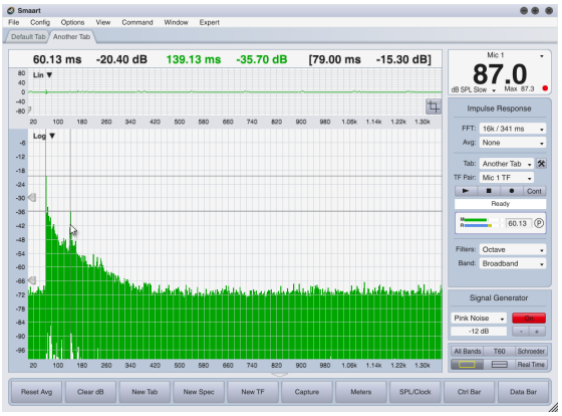
O Smaart v8 pode ser executado em várias janelas e cada janela pode hospedar várias “abas”. Se você estiver familiarizado com Smaart v7, cada aba na versão 8 é quase como uma cópia completa do Smaart v7, com suas próprias medições ao vivo, gráficos e layout da janela. Você pode alternar entre as abas usando os botões de guia na barra de abas no topo da janela, logo abaixo da barra de menus.

## Dois Modos Distintos de Medição e Análise

O Smaart opera em dois modos de medição e análise distintas: *Tempo Real e Resposta ao Impulso.* Você pode alternar entre os modos de medição usando os botões de modo na *barra de controle*, através dos comandos de *Real Time* e *Impulse Response* no menu *View*, ou usando as teclas de atalho [I] e [R]. Contudo uma outra maneira de ir e vir é acessar uma tela predefinida baseada em um modo ou em outro, mas talvez estejamos nos precipitando.



**Modo de Tempo Real**



**Modo de Resposta ao impulso**

*Figura 11: Dois modos distintos de operação, tempo real e resposta ao impulso.*

Em ambos os modos, é possível medir e exibir ativamente os dados em domínios de tempo e frequência. A diferença fundamental entre eles é o seu foco operacional. Modo em tempo real é um ambiente para medir e capturar medições de espectro e função de transferência – muitas vezes em múltiplos – em tempo real, e é otimizado para alinhamento do sistema *in loco* e mixagem Modo de resposta ao impulso fornece um conjunto robusto de ferramentas para medir e analisar as propriedades acústicas de sistemas e salas, incluindo a análise dos tempos de reverberação, razões entre energia primária-tardia e métricas de inteligibilidade da fala. Vamos explorar a interface do usuário para cada modo em detalhes nos próximos capítulos. Por enquanto, vamos nos concentrar nas coisas que têm em comum.

## Elementos Comuns de Interface de Usuário

À primeira vista, os layouts padrão de janela em modos de tempo real e de impulso são muito semelhantes. Cada um tem uma barra de controle no lado direito da janela principal com um grande

medidor numérico de nível de sinal/pressão sonora. À esquerda da barra de controle, está a principal área de gráfico com o leitor de cursor acima dela, que ocupa a maior parte da área da janela. Na parte inferior da janela, há uma fileira de botões configuráveis pelo usuário que chamamos de Barra de Comando (*Command Bar*). Abas em modo de tempo real possuem uma barra de dados à esquerda. Cada um desses componentes pode ser ocultado clicando nos botões triangulares na borda das áreas que os separam de área do gráfico ou usando comandos de menu ou atalhos de teclado listados no menu *View*. Estes botões permanecem visíveis na borda da janela quando a área correspondente estiver oculta. Clicar no botão de uma área oculta novamente irá restaurá-la. A barra de abas na parte superior da janela permite alternar entre as guias "paginadas" em janelas com várias abas.

# A Barra de Abas

O Smaart pode ser executado em várias janelas e cada janela pode hospedar várias áreas de trabalho em guias que nos referimos simplesmente como abas. Cada aba inclui as suas próprias medições, layout de tela e seleções de gráfico. É possível alternar entre elas clicando nos botões em formato de aba que aparecem abaixo da barra de menu na área chamada Barra de Abas. Você pode mover uma aba de uma janela Smaart para outra clicando em seu botão na Barra de Abas com o mouse e arrastá-la para outra janela, em seguida, liberando o botão do mouse para soltá-la.

Se não estiver usando várias abas ou não estiver alternando entre as abas muitas vezes, você pode ocultar a barra de abas para abrir espaço para os gráficos, selecionando *Tab Bar* no menu *View* ou pressionar a tecla [A] no seu teclado. Repetir qualquer uma dessas ações irá restaurar a Barra de Abas quando oculta. Note que quando a barra de abas estiver oculta, você ainda pode alternar entre as abas usando o seletor *Tab* na barra de controle.

## Distribuição da Área Gráfica

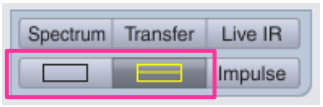



*Figura 12: Botões de distribuição da Área Gráfica.*

A principal área gráfica em ambos modos de tempo real e de impulso pode ser subdividida em vários painéis. No modo de tempo real, pode ser dividida em dois painéis a qualquer momento, os quais podem ser atribuídos a qualquer um dos quatro tipos principais de gráfico no domínio da frequência: *RTA*, *Espectrógrafo*, *Magnitude* ou *Fase*. Quando um gráfico de função transferência de magnitude ou fase estiver visível, você também tem a opção de adicionar um terceiro painel com um display de resposta ao impulso ao vivo clicando no botão *Live IR*.

No modo de resposta ao impulso há um pequeno painel gráfico na parte superior da área principal do gráfico, logo abaixo do leitor de cursor, que está sempre visível. Este gráfico é utilizado para fins de navegação. A parte inferior da área gráfica pode ser novamente distribuída como um ou dois painéis gráficos, cada um dos quais podem ser atribuídos a qualquer um dos seis tipos principais de gráfico para o modo IR (displays em domínio do tempo *Lin*, *Log* ou *ETC*, *Frequência*, *Espectrógrafo* ou *Histograma*). O painel *Live IR* em tempo real e o painel de navegação no modo de impulso são restritos somente aos tipos de gráfico no domínio do tempo (*Lin*, *Log* ou *ETC*).

## Painel Gráfico Ativo

Quando múltiplos painéis gráficos estão presentes em uma aba, um deles é sempre considerado o gráfico ativo. Clicar em um painel o seleciona como ativo e é possível observar qual está ativo pela cor das margens em torno do gráfico.

*Figura 13: Seleção de painel gráfico ativo.*

Em modo de tempo real, a seleção do gráfico ativo determina quais controles podem ser vistos na Barra de Controle e qual grupo de dados capturado se pode observar na Barra de Dados ao lado esquerdo da janela (Espectro ou Função de Transferência). Os padrões de cor automáticos ajustam a cor de destaque das margens do gráfico ativo para corresponder à cor de fundo da Barra de Controle e Barra de Dados, para enfatizar o fato que estes três trabalham juntos. O painel gráfico ativo é a fonte para as operações de captura de dados em modo de tempo real e é o alvo para a maioria dos comandos de menu ou teclado que afetam o que você vê em um gráfico, como teclas de zoom ou comandos de ordem z.

## Seleção de Tipo de Gráfico

O tipo de gráfico no momento atribuído a cada painel gráfico no Smaart é mostrado no canto superior esquerdo do painel. Clicar neste ícone abre um menu com os tipos disponíveis para o painel gráfico selecionado. É possível mudar o tipo de gráfico selecionando outro tipo nesse menu.

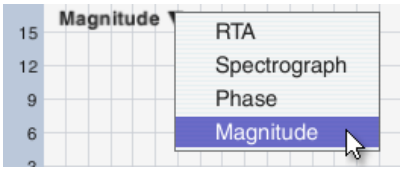



*Figura 14: Seleção de Tipo de Gráfico.*

## Controles Secundários de Gráfico

Além do seletor de tipo de gráfico no canto superior esquerdo de cada painel, a maioria dos gráficos no Smaart têm controles adicionais no canto superior direito. Além disso, alguns gráficos incluem ferramentas móveis que controlam o threshold do alcance dinâmico do Espectrógrafo e supressão pela coerência, conforme aplicável.

Em modo de resposta ao impulso, o gráfico no domínio da frequência tem um menu no canto superior direito para selecionar a *Suavização (Smoothing)* do traço de resposta de frequência. O Espectrógrafo em modo IR tem controles no gráfico para o tamanho de *FFT* e *Sobreposição* no canto superior direito, juntamente com um botão *Calc* que recalcula o espectrógrafo. O painel de navegação também possui

um ícone móvel na parte inferior do gráfico que permite habilitar o ponto de tempo zero e a medição de resposta ao impulso para fins de exibição.

Em modo de Tempo Real, o nome do traço superior (o que estiver exibido no momento à frente de todos os outros, na parte superior do eixo z) em cada gráfico aparece no canto superior direito de seu painel gráfico. Você pode percorrer a ordem z em gráficos em tempo real pressionando a tecla [Z] ou [Shift] + [Z] em seu teclado. Em todos os gráficos em tempo real exceto o gráfico *Live IR* clicar no ícone do traço superior abre a caixa de legenda do gráfico (ver *Legendas de Gráfico* na página 74 para mais detalhes).

### *Ícones de Threshold*

Os displays de espectrógrafo apresentam em ambos os modos de resposta ao impulso e tempo real, ferramentas em forma de ponta de seta posicionadas na margem esquerda do gráfico. É possível clicar e arrastar com o mouse para ajustar valores máximos e mínimos do alcance dinâmico do espectrógrafo. As ferramentas de controle do alcance do espectrógrafo se repetem no gráfico RTA no modo em tempo real e no Log IR e gráficos ETC no modo de resposta ao impulso. No gráfico de função de transferência de magnitude no modo de tempo real, uma ferramenta de controle de threshold na borda direita do gráfico define o threshold da supressão pela coerência.

## Zoom

É possível ampliar ou diminuir a exibição em qualquer um dos gráficos no Smaart com o mouse, usando as teclas de atalho ou por pré-configurações de zoom definidas pelo usuário. Pressionando as teclas mais e menos ([+] e [-]) para ampliar e diminuir o eixo (vertical) *y* de qualquer gráfico no Smaart exceto o painel de navegação no modo de resposta ao impulso, que tem uma extensão *y* fixa. Mantendo pressionada a tecla [Alt/Option] enquanto pressionar mais ou menos vai ampliar ou reduzir o eixo (horizontal) do gráfico ativo. Mantendo pressionada a tecla [Ctrl/Cmd] enquanto pressionar mais ou menos irá ampliar ou reduzir ambos os eixos *x* e *y* do gráfico ativo.

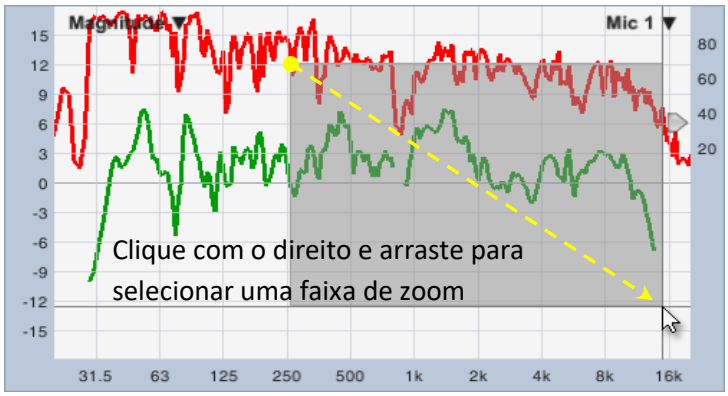



*Figura 15: Zoom com o mouse (ou zoom elástico). Clique com o direito ([Ctrl]+clique no Mac) e arraste com o mouse em qualquer gráfico para selecionar a extensão do zoom.*

É também possível clicar com o direito ([Ctrl]+clique no Mac) e arrastar com o mouse em qualquer gráfico para desenhar uma "caixa elástica" ao redor da área que quiser ampliar. Quando você soltar o botão do mouse a área selecionada irá expandir para preencher todo o gráfico. Clicar na margem de qualquer display ampliado irá restaurá-lo para a seu zoom padrão.

### *Pré-configurações de Zoom*

Pré-configurações de zoom permitem definir o alcance do eixo *x* de um gráfico (o eixo do tempo ou frequência) para extensões predefinidas. Pré-configurações de zoom são ativadas selecionando

*Zoom>Zoom 1-4* no menu *Command* ou pressionando [Alt/Option] + [1-4] em seu teclado. Selecionar *Default* no menu *Zoom* na janela principal do Smaart, pressionar [Alt/Option] + [5] ou simplesmente clicar na margem de um display restaura seu alcance padrão em *x* e *y*.

Extensões pré-configuradas de Zoom são definidas na aba *Zoom* da caixa de diálogo *Options*, selecionando *Zoom* no menu *Options*.

- Configurações na seção *Frequency* das opções de *Zoom* definem extensões pré-configuradas para gráficos no domínio da frequência em ambos os modos de resposta ao impulso e tempo real.
- Configurações de alcance de zoom na seção *Absolute Time* aplicam-se somente aos gráficos no domínio do tempo em modo de resposta ao impulso.
- Configurações de *Relative Time* definem para +/- o alcance de tempo para o display de função de transferência *Live IR* (centralizado na configuração do tempo de atraso para a medição da função de transferência ativa).

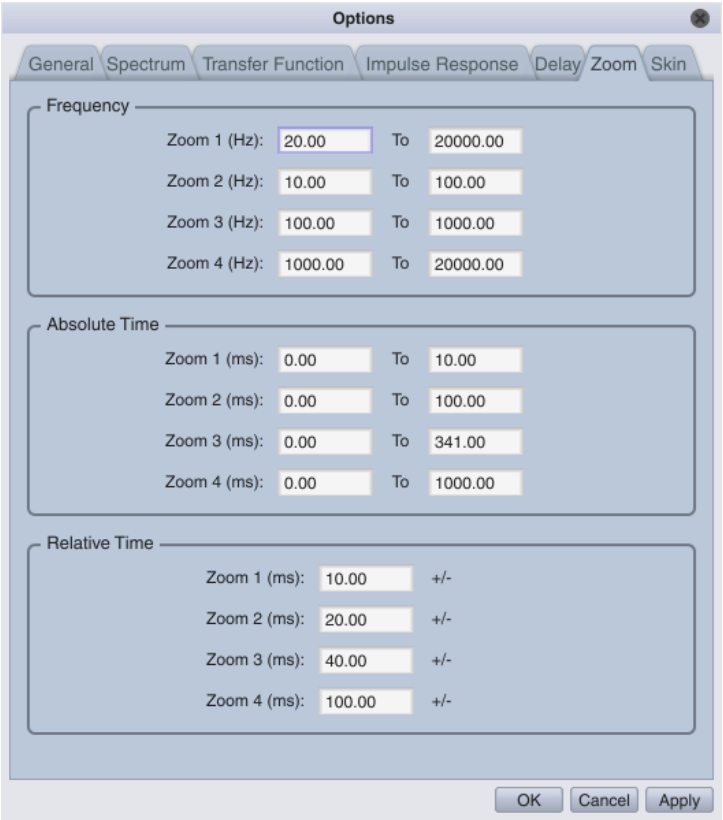



*Figura 16: Opções de Zoom pré-configurado.*

## Leitor de Cursor

Uma das ferramentas de análise mais importantes no Smaart é o simples mouse (ou outro dispositivo apontador). Além de clicar botões, interagir com ferramentas de controle e fazer seleções de menu, o cursor do mouse é usado para encontrar as coordenadas precisas de frequência, amplitude, fase ou tempo (conforme o caso) de qualquer ponto que lhe interessa em qualquer modo gráfico de tempo real ou resposta ao impulso. Ao posicionar o cursor sobre qualquer exibição dos dados na área do gráfico, o leitor de cursor acima da área do gráfico principal mostra as coordenadas do cursor do mouse em unidades de amplitude, frequência ou de tempo, dependendo do tipo de gráfico.

O leitor de cursor também pode exibir comprimento de onda ou nota musical em gráficos no domínio da frequência e unidades de distância em gráficos no domínio do tempo. Estas opções estão localizadas na aba *General* da caixa de diálogo *Options*, acessando *General* do menu *Options*.

## *Cursor do Mouse Segue Dados (ou Não)*

Ao mover o cursor do mouse sobre qualquer gráfico no Smaart – desde que hajam dados visíveis no gráfico – você vai notar linhas horizontais e verticais que se estendem por todo o caminho para o outro lado do gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, seguindo o cursor do mouse. As coordenadas para o ponto em que estas duas linhas se cruzam são reportadas no leitor de cursor numérico na parte superior da área do gráfico. Frequentemente queremos saber o valor de um ponto, então o comportamento padrão para o cursor de "alvo" móvel em todos os tipos de gráficos, exceto o espectrógrafo, é seguir o cursor do mouse na horizontal e encaixar nos dados de amplitude/magnitude mais próximos no eixo vertical. Se vários traços estiverem presentes, o cursor acompanha o traço frontal na ordem *z*.

Você pode desativar o acompanhamento do traço de dados pelo cursor móvel desmarcando *Free Cursor Tracks Data* no menu *Command* > *Cursor* (um ícone de verificação aparece no lado esquerdo da linha de menu quando a opção for selecionada) ou pressionando [Ctrl/Cmd] + [Shift] + [F] em seu teclado. No espectrógrafo é claro, ambos os eixos *x* e *y* representam coordenadas absolutas e assim o cursor móvel sempre segue os dados, não importa onde colocá-lo no gráfico.

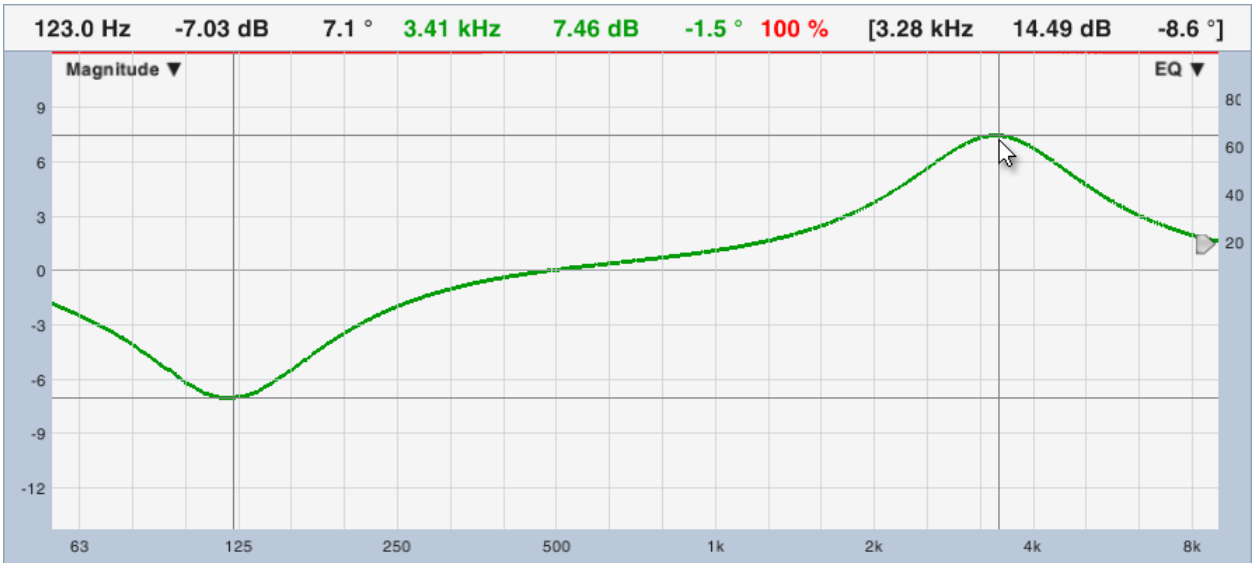



*Figura 17: Leitor de cursor mostra coordenadas para cursores fixo e móvel.*

## *Cursores Travados*

Além do cursor móvel "livre", você também pode definir um segundo cursor chamado de cursor "travado" na maioria dos gráficos do Smaart. As exceções a esta regra são os gráficos do espectrógrafo, o gráfico Live IR no modo de tempo real e o painel de navegação pequeno no modo de resposta ao impulso. Quando um cursor travado estiver presente, o leitor de cursor dá coordenadas de ambos os cursores e mostra a diferença entre os dois entre colchetes.

Para definir um cursor como travado, mantenha pressionada a tecla [Ctrl/Cmd] no seu teclado enquanto clica em algum ponto no gráfico de seu interesse, ou pressione [Ctrl/Cmd] + [P] para definir um cursor como travado no pico mais alto do gráfico ativo. Para remover um cursor travado pressione [Ctrl/Cmd] + [X].

Ao habilitar *Locked Cursor Tracks Data* no menu *Command* > *Cursor* ou pressionar [Ctrl/Cmd] + [Shift] + [L] no teclado o cursor travado irá rastrear a magnitude à medida que se move para cima e para baixo. Esta opção pode ser utilizada junto com a função localizar pico.

## Opções Gerais

O diálogo de opções *Gerais* (menu *Options* > *General*) contém ajustes que se aplicam à aparência e funcionamento do Smaart em modos tanto em tempo real quanto resposta ao impulso.

### *Espessura de Linha*

Os controles *Line Thickness* definem a espessura da linha para todos os gráficos de linhas no Smaart, incluindo função de transferência (Magnitude, Fase, Live IR), Espectro de banda estreita (Linear/Log) e displays de modo de Resposta ao Impulso em domínio de tempo e frequência.

- *Foreground Trace* define a espessura da linha em pixels para os traços em primeiro plano no eixo z em todos os gráficos de linhas.
- *Background Trace* define a espessura da linha em pixels para todos os traços de dados diferentes do traço em primeiro plano quando vários traços são exibidos em qualquer gráfico de linha.

### *Leitor de Cursor de Frequência*

As opções nesta seção controlam que informação aparece nos leitores de cursor para coordenadas do eixo *y* em gráficos no domínio da frequência.

- *Frequency* – o leitor de cursor exibe apenas frequência em Hertz para as coordenadas de frequência correspondentes à posição do cursor do mouse.
- *Frequency and Wavelength* – leitor de cursor exibe frequência em Hertz e o comprimento de onda em pés ou metros, com base na seleção de unidades de tempo e temperatura na seção velocidade do som abaixo.
- *Frequency and Note ID* – leitor de cursor exibe frequência em Hertz e a nota musical mais próxima correspondente a essa frequência.

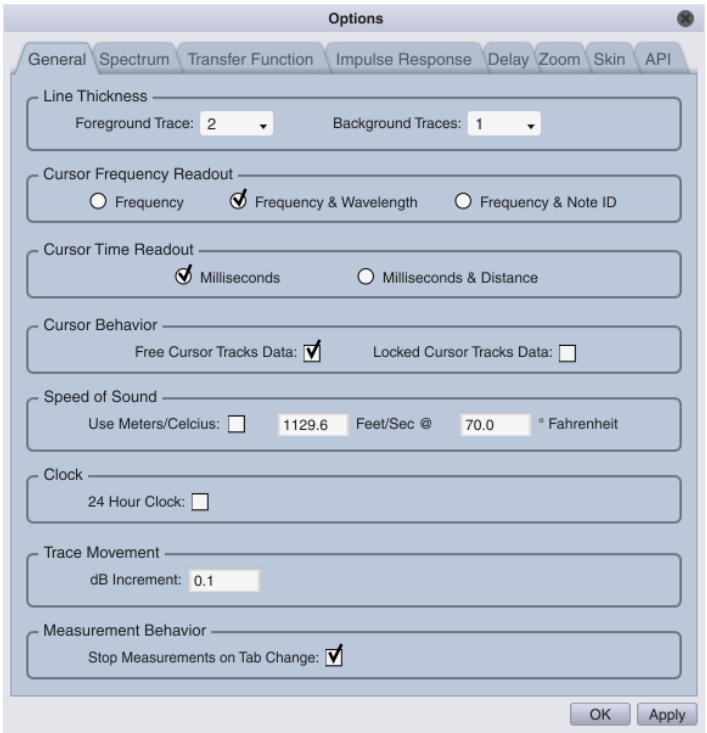



*Figura 18: A página das opções Gerais do diálogo Options.*

### *Leitor de Cursor do Tempo*

A configuração do leitor de cursor do tempo aplica-se a ambos gráficos em modos de IR e Live IR em displays de Função de Transferência.

- *Milliseconds* – exibe as coordenadas de tempo e diferenças de tempo relativas em milissegundos apenas.
- *Milliseconds & Distance* – exibe coordenadas de tempo em milissegundos e distância equivalente, baseados nos ajustes da velocidade do som (ver a seguir).

### *Velocidade do Som*

As configurações nesta seção determinam a velocidade do som que o Smaart usa para calcular distâncias equivalentes das coordenadas de tempo e também se as distâncias são exibidas em pés ou metros. Pode também servir como uma conveniente calculadora da velocidade do som a qualquer momento que você precise saber a velocidade do som para uma dada temperatura do ar.

- *Use Meters/Celsius* – quando essa opção for selecionada, o Smaart exibe distâncias em metros e a temperatura utilizada para calcular a velocidade do som em graus Celsius. Caso contrário, o Smaart exibe distâncias em pés e usa graus Fahrenheit para a temperatura.
- *Speed of sound ([unit]/sec) and temperature* – Em elevações onde os seres humanos respiram confortavelmente, a velocidade do som é principalmente uma função da temperatura, assim estes dois campos de entrada estão conectados. Alterar a configuração da temperatura automaticamente recalcula a velocidade correspondente do som e vice-versa.

### *Relógio*

*24 Hour Clock* – esta opção muda o visor do relógio no Smaart de um relógio de 12 horas para 24 horas. O display do relógio substitui o medidor de nível de sinal/nível sonoro na parte superior da barra de controle quando você selecionar *Toggle SPL/Clock* no menu *View* ou pressionar a tecla [K] no seu teclado.

### *Movimento de Traço*

*dB Increment* – define os comandos de incremento de movimento (em decibéis) do *Front Trace Up* (*atalho:* [Ctrl/Cmd] + [ ↑ ]) e *Front Trace Down* ([Ctrl/Cmd] + [ ↓ ]) no menu Command que movem o traço frontal do gráfico ativo para cima ou para baixo para fins de exibição.

### *Comportamento da Medição*

*Stop Measurements on Tab Change* – Quando essa opção estiver selecionada, o Smaart automaticamente interrompe todas as medições rodando em uma aba quando você alternar para outra aba na mesma janela. Quando não selecionada, medições ao vivo rodando em todas as abas continuarão rodando até que você mesmo as interrompa ou saia do programa. As vantagens de permitir operações em segundo plano são que quando você retornar a uma aba, não será preciso reiniciar todas as suas medições novamente e esperar suas médias se formarem. Além disso, se um cliente remoto estiver conectado à janela, mudar as abas na máquina host não interrompe os dados de medição sendo enviados ao cliente.  A ressalva é que se houverem muitas medições rodando em múltiplas abas, muitos ciclos de processamento podem ser engolidos esmagando dados que você não está usando na verdade, podendo afetar a performance como resultado.

# O Gerador de Sinal

O gerador de sinal do Smaart é uma fonte de sinal versátil e altamente configurável capaz de conduzir todos os tipos de medições de domínio do tempo e da frequência. Pode gerar efetivamente ruído rosa aleatório, pseudoaleatório, ruído rosa com banda limitada opcional, ruído ponderado por fala, senoides, sinais duplo-senoidais, senoidais de varredura logarítmica (chamados de "varredura") e os sinais baseados em arquivos salvos como arquivos .wav ou .aiff. Algumas das opções mais avançadas do gerador são particularmente vantajosas para medições de resposta ao impulso acústico para a análise acústica de um ambiente e vamos discutir com mais detalhes nos capítulos referentes ao modo de resposta ao impulso. Para medições em tempo real, na maioria das vezes, usa-se ruído rosa de uma forma ou de outra.

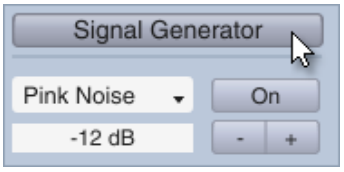



*Figura 19: Controles do gerador de sinal na Barra de Controle.*

Controles do gerador de sinal aparecem na Barra de Controle em modos de tempo real e resposta ao impulso. Esses controles de nível superior permitem que você selecione o tipo básico de sinal (*ruído rosa*, *varredura de ruído rosa*, *senoide*, *dupla senoide* ou *arquivo*), ajuste o nível de saída e ligue ou desligue o gerador. O leitor do nível de saída é diretamente editável; clique com o mouse para editá-lo e, em seguida, pressione a tecla [Enter] para definir o novo nível. Opções do gerador de sinal são acessíveis selecionando *Signal Generator* do menu *Options*, pressionando Alt/Option] + [N] no seu teclado, ou clicando sobre o título na seção *Signal Generator* da barra de controle, que se torna um botão quando o cursor do mouse passa sobre ele.

Além do layout padrão de controle, outro mais compacto está disponível para o gerador de sinal ao selecionar *Compact Signal Generator* no menu *View.* Quando essa opção estiver selecionada, o tipo de sinal é indicado no botão que liga e desliga o gerador e clicar no leitor de nível numérico no centro abre o painel de controle do *Gerador de Sinal.*

*Figura 20: Layout compacto do controle de gerador de sinal*

Seleções de *Dispositivo* e canal de saída do gerador de sinal são configuradas na parte inferior do diálogo de configuração do *Gerador de Sinal.* O Smaart pode endereçar a saída do gerador de sinais para quaisquer duas saídas (*Main* e *Aux*) em qualquer dispositivo de saída de áudio disponível. Observe que todos os sinais que o Smaart gera são monaurais. Quando uma saída *Aux* estiver designada, o mesmo sinal é enviado para ambos os canais *Main* e *Aux*. Caso você especifique um arquivo estéreo .wav ou .aiff para geração de sinal com base em arquivo, o Smaart usa apenas o canal esquerdo e ignora o canal direito.

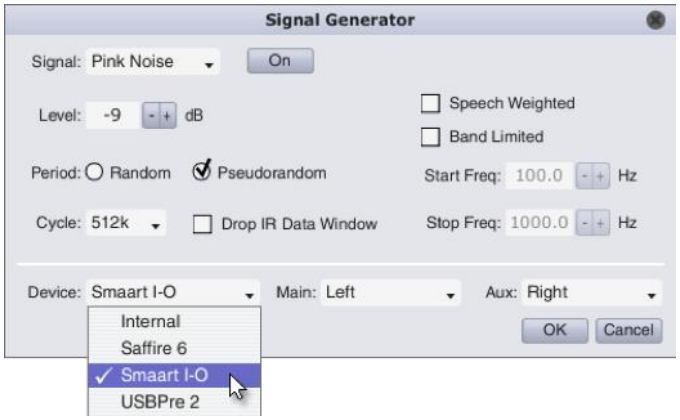



*Figura 21: Seleção de dispositivo e canal de saída para gerador de sinal.*

A parte superior da caixa de diálogo *Signal Generator* é dedicada à seleção e configuração do tipo de sinal de saída. Estas opções variam um pouco, dependendo do tipo de sinal atualmente selecionado no seletor de sinal no canto superior esquerdo da janela de diálogo.

## Ruído Rosa (Pink Noise)

O Smaart pode gerar dois tipos básicos de ruído, aos quais nos referimos como aleatório ou pseudoaleatório. Ruído rosa *aleatório* é criado enviando a saída de um gerador de números aleatórios através da rede de um filtro digital, quase da mesma maneira que a maioria dos geradores de ruído rosa de hardware trabalham. Tecnicamente, o gerador de números aleatórios é pseudoaleatório também, no entanto, é aleatoriamente reabastecido cada vez que o gerador ligar e dada a sua duração do ciclo de $2^{19937}$ amostras, nunca irá efetivamente se repetir.

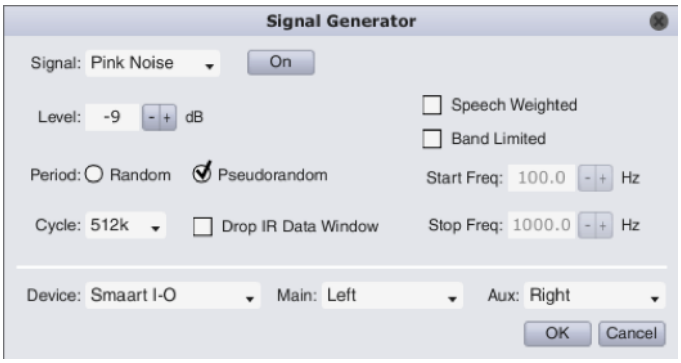



*Figura 22: Opções de gerador de sinal para "Ruído Rosa" e outros sinais de formas pseudoaleatórias.*

Sinais de ruído *pseudoaleatório* no Smaart repetem-se em intervalos de tamanhos de amostras de potência de dois em até $2^{19}$ (512K amostras). Estes podem ser limitados por banda ou formatados para um espectro idealizado de média de fala de longo prazo (*LTASS*) além do ruído rosa de banda larga. Ao usar ruído pseudoaleatório, deve-se sempre escolher um comprimento de ciclo que seja pelo menos tão longo quanto o maior tamanho de FFT que estiver usando para as medições. A janela de tempo mais longa usada na função de transferência MTW tem pouco mais de um segundo, então 64K seria o limite inferior nesse caso, mas sequências de ruído curtas assim tendem a se tornar difíceis de ouvir muito rapidamente.

Para medições em tempo real em geral, a configuração de 512K ou 1024K é geralmente uma boa escolha para o tempo de *Ciclo*. 512K é cerca de 11-12 segundos em taxas de amostragem de 48 kHz, o que é tempo suficiente para fazer repetições imperceptíveis, mas ainda suficientemente curtas para médias serem calculadas de forma relativamente rápida. Você talvez queira aumentar o tamanho para taxas de amostragem maiores. Para medições de resposta ao impulso no modo de IR, a opção *Drop Data Window* estabelece automaticamente o comprimento da sequência para coincidir com o tamanho da FFT para medições de IR de dois canais, de modo que possam ser gravadas sem uma janela de dados.

Há três opções de espectro para o ruído pseudoaleatório: rosa de banda larga, rosa de banda limitada e ponderados por fala. Ruído rosa tem um espectro que aparece plano em display RTA de oitava fracionada e cai 3 dB por oitava (10 dB por decimal) em uma escala de frequência de banda estreita. Ruído rosa de banda limitada é um sinal com um espectro nominalmente rosa por uma largura de banda especificada. Selecionar a opção *Band Limited* ativa os controles de frequência inicial (*Star Freq*) e frequência final (*Stop Freq*) que permitem especificar a banda desejada. Ruído *ponderada por fala* é ruído pseudoaleatório com uma forma espectral com base no espectro idealizado de fala média de longo prazo (*LTASS*) definidos na norma ANSI S3.5-1997.

Níveis de sinal digital para todos os sinais de ruído são calibrados para full scale normalizada, o que quer dizer que a amplitude máxima possível para uma amostra de tamanho de palavra dada (por exemplo, 24 bits) é igual a 0 dB pico. Sinais de ruído rosa aleatório e pseudoaleatório são limitados a assegurar uma relação de pico-a-RMS de 12 dB. Quando *Show Peak* estiver selecionado, o nível do sinal mostrado no campo *Level* mostra o nível do sinal de pico. Quando selecionar *Show RMS*, o Smaart simplesmente subtrai os 12 dB.

## Varredura de Ruído Rosa (Pink Sweep)

O sinal *Pink Sweep* é uma varredura senoidal logarítmica destinado principalmente para uso em medições de resposta ao impulso para a análise acústica de ambiente. Um sinal de varredura consiste em um período curto de silêncio, seguido por uma sequência de varredura, seguida por outro período de silêncio. A varredura em si leva apenas metade do período do ciclo selecionado.

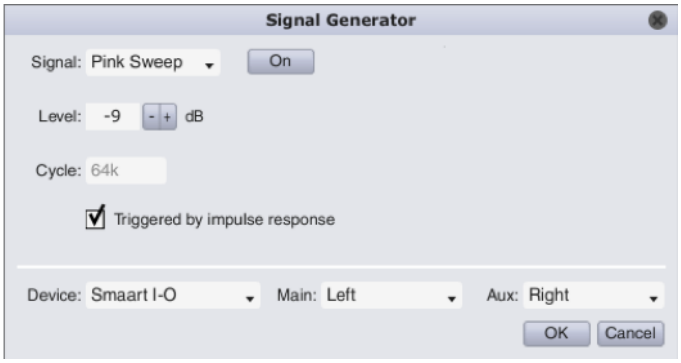



*Figura 23: Opções do gerador de sinal para sinais de varredura de ruído rosa (senoide de varredura logarítmica).*

No modo de resposta ao impulso você pode usar a opção *Triggered by impulse response* para definir automaticamente o comprimento da varredura para corresponder ao tamanho FFT utilizado para a medição IR e acionar o gerador automaticamente quando iniciar uma medição. Observe que você geralmente irá querer medir e configurar o tempo de delay entre as medições dos sinais de medição e referência usando varreduras a não ser que o tempo de delay esperado seja muito curto, e normalmente pouca ou nenhuma média é necessária ou mesmo desejável.

## Ondas Senoidais e Dupla Senoidais

As opções para ondas senoidais e dupla senoidais são essencialmente idênticas. Selecionar *Sine* apenas remove a linha inferior dos controles que você vê na Figura 24. O nível de sinal relativo para cada onda senoidal (Nível 1 e Nível 2) é definido de forma independente e o controle *Master Level* controla o nível geral do sinal.

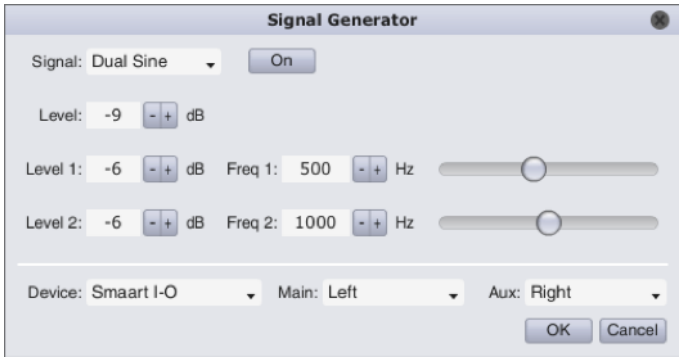



*Figura 24: Opções do gerador de sinal para os sinais de dupla senoidais.*

Observe que o Smaart não usa a convenção AES para Full Scale digital ao estabelecer níveis de saída para sinais de teste. Níveis de sinal para todos os sinais de saída do gerador são demonstrados em relação ao pico da full scale normalizada, o que significa que a amplitude máxima de pico de uma onda senoidal em full scale é 0 dB (não +3 dB) e o nível RMS máximo é -3 dB (não 0 dB).

## Sinais com base em Arquivo

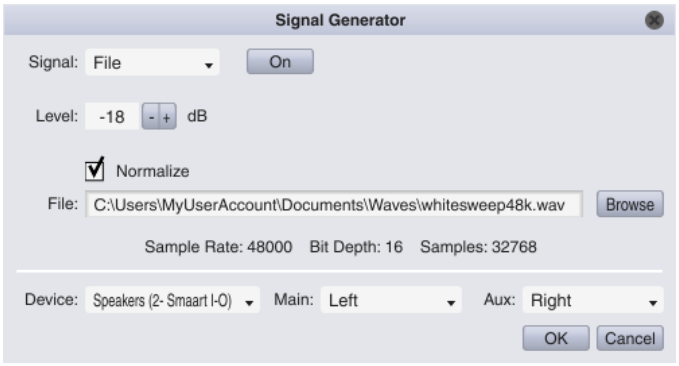



*Figura 25: Opções de gerador de sinal para sinais com base em arquivo.*

Além dos sinais gerados internamente, o Smaart também permite que você use qualquer arquivo .wav ou .aiff como um sinal de teste. Ao usar sinais com base em arquivos, só é preciso selecionar o arquivo que deseja usar e especificar o nível de saída. Quando a opção *Normalize* é selecionada, o Smaart irá escalar o sinal para um nível de pico de 0 dB em Full Scale normalizada. Observe que o gerador de sinal de sinal do Smaart sempre envia sinais idênticos a ambos os canais de saída selecionados *Main* e *Aux.* Caso o arquivo de origem seja estéreo, apenas o canal esquerdo é usado e o canal direito é ignorado. Saiba também que o Smaart copia todo o arquivo na RAM para proporcionar um looping perfeito, portanto prefira arquivos menores.

# A Barra de Comando

A barra de comando é uma barra de botões configuráveis pelo usuário que se encontra ao longo da parte inferior de uma janela Smaart. É possível ocultá-la e restaurá-la pelo botão triangular centralizado na margem externa logo acima dela. O botão *Show/Hide* permanece visível na margem da janela quando a barra de comando estiver oculta e clicar neste botão novamente irá restaurá-la. Também é possível ocultar ou restaurar a barra de comando, selecionando *Command Bar* no menu *View* ou pressionando a tecla [U] no seu teclado.

## Configuração da Barra de Comando

A barra de comando consiste em dez botões, cada um dos quais pode ser atribuído qualquer uma de uma ampla variedade de funções. Em geral, quase tudo que se pode fazer com uma tecla de atalho também pode ser feito com um botão de barra de comandos. As funções dos botões da barra de comandos são atribuídas na caixa de diálogo *Command Bar Configuration*, acessível selecionando *Command Bar Config* no menu *Config*.

Para atribuir uma função a um botão da Barra de Comando, clique em um dos seletores na coluna *Command* à direita e selecione a função que deseja atribuir na lista. Um nome padrão para a função será sugerido automaticamente no campo *Name* correspondente à esquerda. Clique neste campo para torná-lo editável se quiser alterar o nome. Depois de editar o nome de um botão, pressione a tecla [Enter] para definir a mudança. Quando terminar de configurar as suas seleções, clique em OK para sair da caixa de diálogo. Você deve ver imediatamente seus novos nomes de botão na Barra de Comando.

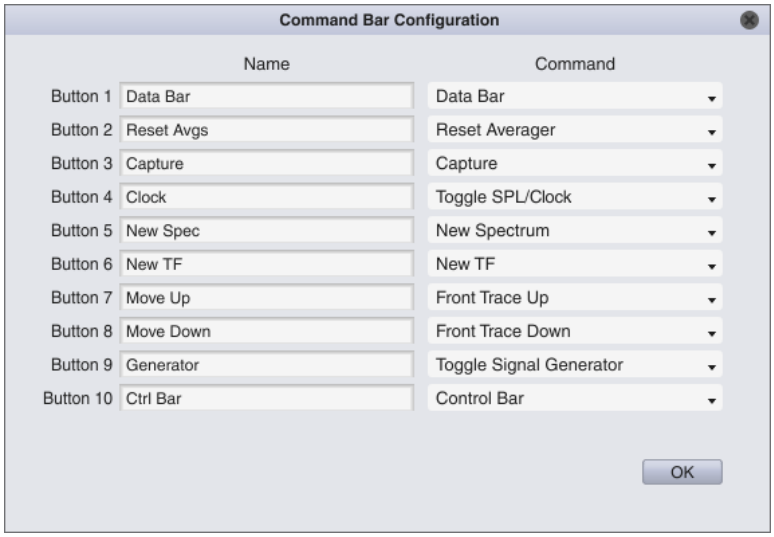
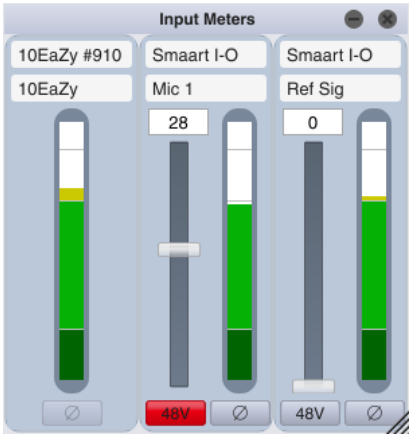



*Figura 26: O diálogo Command Bar Configuration.*

## Janela de Medidores de Entrada

Os medidores de entrada exibem um medidor de nível de sinal gráfico leitor de pico calibrado em full scale normalizada para cada canal de entrada que estiver selecionado para uso no Smaart na aba *I-O Config* do diálogo *Configurator*. Essa janela é acessada selecionando *Input Meters* > *Input Meters Window* no menu *View* ou pressionando [Shift] + [E] em seu teclado. Repetir qualquer uma das ações enquanto a janela estiver aberta irá fecha-la.

Medidor na Orientação Vertical




Medidor na Orientação Horizontal

*Figura 27: Janela de Medidores de Entrada em orientação horizontal e vertical*

A janela de *Medidores de Entrada* é redimensionável e seu módulo medidor dimensiona com o tamanho da janela, o que significa que você pode expandir a janela para exibir medidores maiores ou diminuir a janela e todo o seu conteúdo para ocupar menos espaço ou alocar mais medidores em sua tela. Você também tem a opção de um layout horizontal ou vertical. Para mudar a orientação da janela de *Medidores de Entrada*, selecione *Input Meter* > *Input Meters Orientation* no menu *View* ou pressione [Alt/Option] + [Shift] + [E] em seu teclado. Repetir quaisquer ações irá mudar de volta.

Os medidores individuais que compõem a janela de *Medidores de Entrada* são multicores, com cada cor representando uma faixa de amplitude específica. Sinais abaixo de -60 dB FS Pico são exibidos em verde escuro, mudando para verde claro a partir de -60 até -12 dB, então em amarelo em -12 e -6 dB e vermelho acima de -6. Como os medidores estão calibrados para pico de full scale normalizada, o maior valor possível é 0 dB. Se algum canal de entrada clipar, toda a sua barra no medidor ficará vermelha até que a condição seja resolvida.

Cada módulo medidor inclui um botão de inversão de polaridade (útil se você tiver um microfone com o 3.o pino positivo) e todos os medidores Smaart I-O também incluem controles de ganho e phantom power 48V. Observe que botões de inversão para dispositivos 10EaZy estão desabilitados pois seus microfones tem a polaridade conhecida.

# Nível Sonoro (SPL e $L_{EQ}$) e Monitoração de Nível de Sinal

O Smaart oferece múltiplas formas para monitorar o nível de sinal, níveis de pressão sonora (SPL) ou níveis de som equivalentes ($L_{EQ}$). Elas incluem um medidor de aba interno na janela principal que é dinamicamente atribuível para qualquer canal de entrada configurado durante o processo, uma janela separada autônoma de *Medidores SPL* contendo um número de módulos medidores de nível sonoro dedicados, atribuídos a canais de entrada específicos, e uma janela de *Histórico de SPL* que atua com as funções de registro de nível sonoro do Smaart para proporcionar um gráfico das mudanças em nível sonoro através do tempo.

Em todos os casos, o Smaart mede simultaneamente 13 métricas de nível sonoro separadas (além de full scale pico digital) para entradas calibradas sendo medidas ou registradas. Elas incluem os níveis de pressão sonora (SPL) comuns *Fast* e *Slow* e medições de nível sonoro equivalente (Leq) com período de integração de um minuto ou também definido pelo usuário. Cada uma delas está disponível com o padrão *A*, *C* ou sem ponderação, para um total de 12 métricas SPL e Leq separadas. Além dessas, o Smaart também calcula níveis de pico de ponderação *C* (Pico C) para cada canal de entrada calibrado que estiver atribuído a um medidor ou arquivo de registro. O cálculo simultâneo de todas as métricas disponíveis significa que você pode alternar entre qualquer medidor entre tipos de medição de uma determinada entrada instantaneamente – sem ter que esperar a média recarregar – e registrar *todos* os tipos de medição em um arquivo de texto ASCII para fins de registro e análise off-line.

## Medição de Nível Sonoro

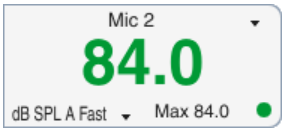



*Figura 28: Janela Principal da aba do Painel medidor SPL*

O grande visor numérico que aparece (por padrão) no topo da barra de controle, no canto superior direito de cada aba nas janelas principais do Smaart pode ser configurado para funcionar como um medidor de nível de pressão sonora (SPL), um medidor de nível sonoro equivalente (Leq), ou um medidor de nível de pico do sinal digital calibrado para full scale normalizada de um único canal de entrada. Se o medidor está oculto no painel, você pode restaurá-lo selecionando SPL Meter na parte inferior do menu *View* ou pressionar [Alt/Option] + [K]. Quando visível, ele também pode ser substituído por um relógio selecionando *Toggle SPL/Clock* no menu *View* ou pressionar a tecla [K] no teclado.

Além do medidor de SPL, o Smaart também pode exibir os níveis de sinal e os níveis de ruído para entradas múltiplas em uma janela separada de *medidores SPL*. A janela é composta de um determinado número de módulos do medidor dispostos em uma grade. Ele deve ser configurado na página *SPL Config* de *Configurator* antes de ser utilizado. *SPL Config* é abordado em detalhes no próximo capítulo, a partir da página 62. Uma vez configurado, a janela do medidor de nível de SPL é acessível selecionando *SPL Meters* no menu *View* ou pressionando a tecla [E] no teclado. A janela *SPL Meters* é redimensionável e seus módulos escalam com o tamanho da janela, o que significa que você pode expandir a janela para exibir grandes medidores ou encolher a janela e todo o seu conteúdo para ocupar menos espaço ou encaixar mais medidores na sua tela.

Medidores SPL em aba e módulos medidores individuais na janela *SPL Meters* operam quase da mesma forma. A única diferença funcional entre eles (exceto a opção de relógio) é que o medidor em aba pode ser trocado de uma entrada para outra diretamente a partir do visor do medidor – a principal linha de texto no painel do medidor que mostra o nome do canal de entrada atualmente atribuído ao medidor também funciona como um menu para selecionar a entrada quando você clicar sobre ele com o mouse. Os nomes e atribuições do medidor de entrada para módulos medidores na janela *SPL Meters* são atribuídas na aba *SPL Config* do diálogo *Configurator* e só podem ser mudados de lá. Caso contrário, existem algumas pequenas diferenças no layout, mas ambos têm os mesmos componentes básicos e funcionam da mesma maneira.

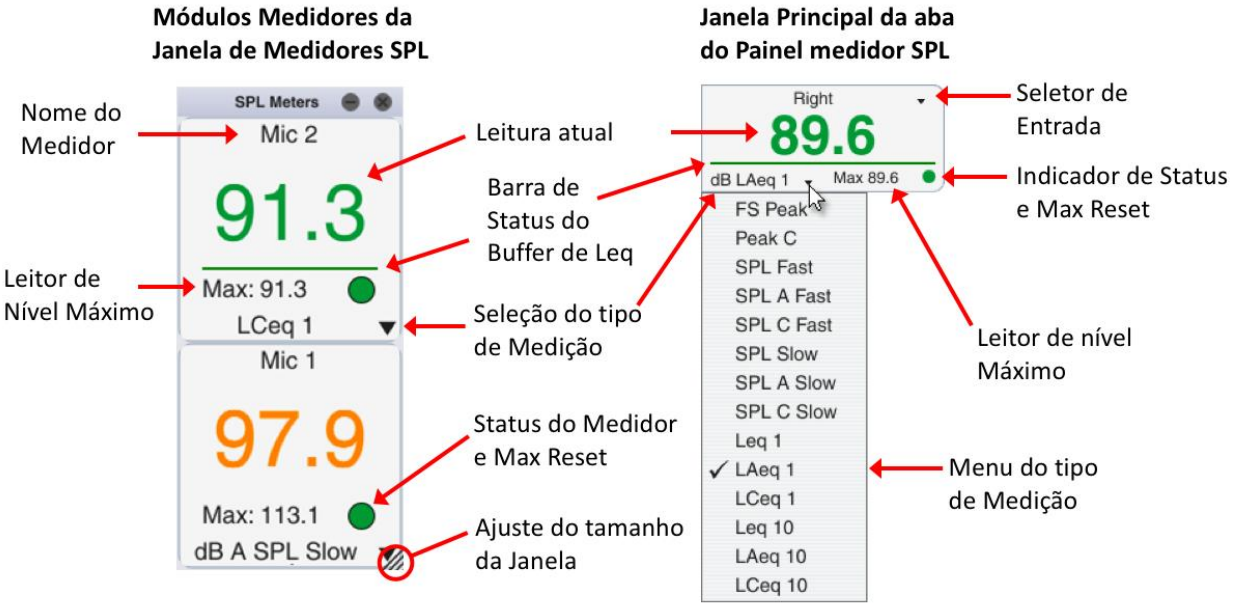



*Figura 29: Janela de Medidores SPL em layout 1x2 (um modulo de largura, dois módulos de altura), exibida junto a um painel da janela principal do medidor SPL com seu tipo de medição expandido.*

O número grande no centro do medidor é, naturalmente, o nível atual de sinal ou nível sonoro. Nos medidores SPL e Leq, a cor do texto deste número pode variar de acordo com o nível de som, de acordo com os níveis de threshold especificados em *Green Above*, *Yellow Above* e *Red Above*, especificados em *SPL Config*. Abaixo do nível especificado em *Green Above*, o número muda para a cor do texto do medidor de SPL padrão do padrão atual de cores. Os níveis de sinal em Full Scale são sempre mostrados

na cor de texto padrão. Abaixo da leitura atual, são exibidas a seleção do tipo de medição e de leitura de máximo (Max) registrados desde que começou a medição, ou desde a última reinicialização. Na janela *SPL Meters*, estas são empilhadas em duas linhas. Em um medidor em aba elas aparecem lado a lado.

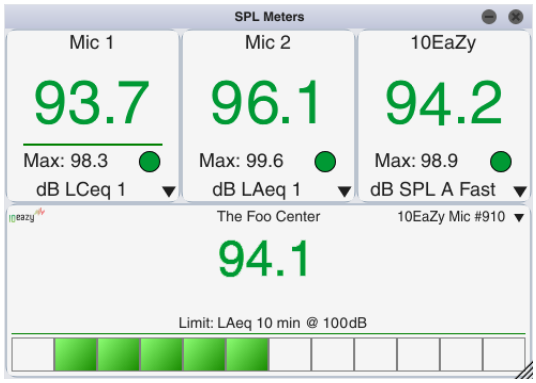



*Figura 30: Uma janela de medidores SPL 1x3 com display 10EaZy MAM anexado.*

À direita do valor máximo há um círculo colorido que funciona como um indicador de status para o medidor e também como um botão de reset para a leitura de nível máximo. Fica verde quando o medidor estiver bem e fica vermelho se a entrada estiver sobrecarregada. A leitura Max se alterará para "OVERLOAD" nesse caso também. Indicadores de status nos medidores SPL e Leq também irão ficar cinza se o nível do sinal cair abaixo do nível "Verde" acima especificado em *SPL Config*. Além disso, a borda da janela de medidor SPL piscará em vermelho se os níveis de alarme definidos em *SPL Config* forem excedidos em um dos dois canais de entrada especificados. Clicando sobre o indicador com o mouse limpa a leitura de máximo anterior.

Clicando no ícone do tipo de medição em qualquer medidor com o mouse, irá mostrar um menu com todos os tipos de medição disponíveis para o canal de entrada atualmente atribuídos ao medidor. Se a entrada for calibrada para medição do nível sonoro, você terá a sua escolha de 14 diferentes tipos de medida. Se não, então a única opção disponível será *FS Peak*, que define a exibição para um pico de leitura do medidor de nível de sinal normalizado calibrada para Full Scale.

Observe que dois grupos de medições Leq aparecem no menu de tipo de medição mostrado na *Figura 29*, Leq 1 e Leq 10 (com versões de ponderação A, C e sem ponderação de cada). O período de Leq de um minuto é fixo mas o outro é definível pelo usuário. Se você abriu *SPL Config* (por exemplo, selecionando *SPL Config* do menu *Config* ou pressionando [Ctrl/Cmd] + [Shift] + [E] no teclado), e mudou a definição de *User Leq Time* para 15 minutos, então, todas as seleções Leq 10 mudariam para Leq 15.

Quando o tipo de medição atribuída a um medidor for uma medição Leq, uma barra de status de carregamento aparece imediatamente abaixo da leitura atual no centro do medidor. Quando você começar uma medição ou redefinir o carregamento de Leq para a entrada selecionada, o indicador começa como um curto segmento de linha laranja à esquerda que aumenta gradualmente conforme a média cresce. Quando o buffer da média é totalmente preenchido, a linha muda de amarelo para verde e a partir desse ponto, o Smaart começará a retirar continuamente os dados mais antigos da média de Leq conforme os novos dados chegam para substituí-lo.

Clicar em qualquer lugar na parte central de qualquer medidor abre a caixa de diálogo Configurator da página de configuração de SPL. Clicar com o botão direito em qualquer medidor mostra um menu que permite redefinir o buffer de Leq para a entrada selecionada. Em um medidor em aba, você também pode alternar o painel do medidor entre um medidor ou um relógio, ou acessar as configurações de calibração para a entrada selecionada a partir do menu de contexto.

### *10EaZy Maximum Average Manager (MAM)- Gerenciador de Médias de níveis Máximos*

Se você tiver um ou mais dispositivos da 10EaZy SGAudio Aps conectados ao seu computador, um display do 10EaZy MAM pode ser anexados à janela de medidor de SPL como mostrado na figura anterior. O MAM é um algoritmo preditivo concebido para ajudar os engenheiros de som ao vivo a manter a saída de um sistema de som dentro de um determinado limite de nível sonoro, especificado em termos de nível de som equivalente (Leq) como Leq 10 ou Leq 15. Se você estiver familiarizado com o MAM conforme implementado no pacote de software do 10EaZy, o display do MAM no Smaart deve exigir pouca explicação, uma vez que funcionam de forma idêntica.

O grande número no centro do visor é o nível atual de Leq do microfone que está sendo monitorado. Note que as configurações de Leq para o display MAM são especificadas de forma independente dos outros medidores no Smaart. Abaixo da leitura atual, são mostrados o período de integração Leq e o nível limite do MAM. Estes são definidos na seção *10EaZy Maximum Average Manager Config* em *SPL Config*.

A barra gráfica de "LED" na parte inferior da tela do MAM mostra quanto headroom você tem nos níveis sonoros atuais ou o quanto você irá exceder o nível alvo se os níveis sonoros atuais continuarem. Cada segmento da barra representa 1 dB Leq. Segmentos verdes à esquerda do centro indicam quanto mais alto o nível sonoro poderia ser sem ultrapassar o seu limite. Segmentos vermelhos à direita do centro preveem que o nível alvo será ultrapassado e mostram quantos decibéis o nível atual teria de reduzir para atingir o limite especificado. Em geral, este display é mais significativo após cerca de 30 segundos a níveis sonoros representativos e podem ser enganosos durante os intervalos entre as músicas ou outras pausas no programa de áudio.

O nome do local (*Venue Name*) especificado em *SPL Config* normalmente é mostrado na parte superior do display MAM, acima da leitura atual Leq e o nome do dispositivo de entrada sendo monitorado aparece no canto superior direito. O nome mostrado aqui é o *Apelido* especificado para o canal de entrada na aba *I-O Config* do diálogo *Configurator*. Se você tiver mais de um 10EaZy conectado, você pode alternar entre dispositivos clicando sobre o nome de entrada e selecionar um dispositivo diferente no menu pop-up. Note que se você diminuir a janela de *Medidores SPL* abaixo do ponto onde há espaço para ambos, o nome do local se desloca para a direita, substituindo o nome de entrada. Depois, será necessário expandir a janela para ver os dois.

## Janela Histórico de SPL

A janela *Histórico de SPL* trabalha com funções de registro de nível sonoro do Smaart para fornecer uma visualização gráfica de medições de nível sonoro durante algum período de tempo. Ela pode ser usada para monitorar as medições ao vivo atualmente em curso ou como um navegador de arquivos para dados previamente gravados armazenados em arquivos de log do nível sonoro. Esta janela é acessível selecionando *SPL History* no menu *View*, pressionando [Alt/Option] + [H] no teclado, ou clicando no botão *SPL History* na aba *SPL Config* em *Configurator*.

A janela Histórico de SPL consiste principalmente de um ou dois painéis gráficos. Quando abrir a janela, ambos os gráficos estarão em branco até você selecionar uma fonte de dados. Se o registro de nível sonoro for ligado, a seleção de fonte pode ser uma entrada ou um arquivo de log. Note que apenas as

entradas atualmente selecionadas para registo em *Log Config* estão disponíveis como fontes de dados ao vivo neste caso (ver *Registro de Nível Sonoro* na página 67 para mais detalhes). Quando o registo está desligado, a seleção de fonte automaticamente vai para *File* e o campo *File Path* torna-se ativo. Você pode clicar no botão *Browse* à direita de *File Path* para navegar até o arquivo de registro que você deseja exibir.

Quando você seleciona uma fonte de dados, dados do nível de som da fonte são plotados nos dois gráficos principais. A parte superior dos dois painéis é sempre visível e funciona como uma visão geral, mostrando todos os dados do arquivo ou todos os dados coletados desde que começou o registro de um único tipo de medição (SPL, Leq ou pico C).

O painel gráfico inferior (opcional) pode exibir qualquer combinação dos 13 tipos de medição disponíveis para um determinado intervalo de tempo, que pode ser todo o tempo registrado ou qualquer parte do mesmo. Se você tem níveis de *Alarme* configurados em *SPL Config* para um tipo de medição apresentados, estes também são plotados no gráfico. O intervalo de tempo para o gráfico inferior é selecionado, clicando e arrastando os dois widgets em forma de seta no gráfico geral do painel para a esquerda ou para a direita com o mouse.

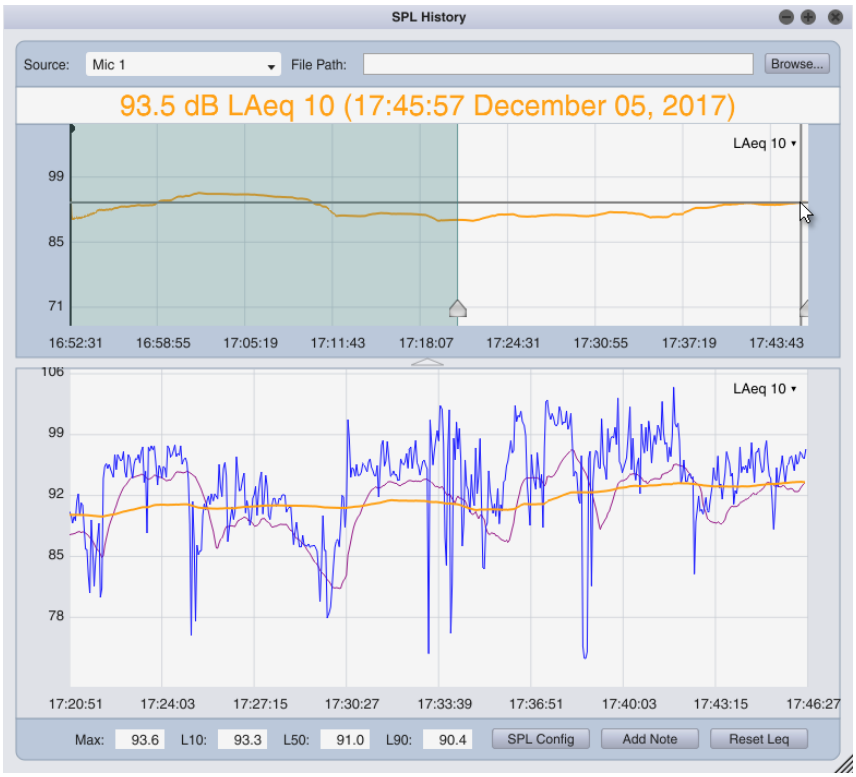



*Figura 31: A janela Histórico de SPL*

O tipo de medição exibida no gráfico superior será o traço frontal no gráfico abaixo. O nome desta medida é mostrado no canto superior direito de cada gráfico. Clicar sobre o nome do traço frontal exibe uma lista de todos os tipos de medição disponíveis. Você pode clicar nas caixas à esquerda de cada tipo de medição para selecionar as medições que você quer que apareça nos seus gráficos. Clicar no nome

de uma medição selecionada para exibição irá trazê-la para a frente do gráfico. Você também pode usar a tecla [Z] para alternar a ordem do eixo z, assim como na maioria dos outros gráficos no Smaart.

Abaixo dos gráficos de histórico estão algumas estatísticas sobre o traço frontal, incluindo leitura de nível Máximo (Max) registrada para o período de tempo selecionado atualmente e três figuras adicionais identificadas como *L10*, *L50* e *L90*. Estas remetem a índices percentis de todas as leituras registradas dentro do intervalo de tempo designado. Todas estas leituras são indicadas em decibéis.

- *L10* refere-se ao mais alto 10% de todas as leituras registradas – em outras palavras, 90% de todas as leituras individuais tomadas foram inferiores a este nível.
- *L50* é a leitura mediana – metade de todas as leituras registradas foram inferiores ou iguais a este nível e metade foram maiores.
- *L90* é o nível que foi excedido 90% do tempo e é geralmente considerada como uma estimativa dos níveis de ruído de fundo.

O botão *SPL Config* oferece um link direto para a página *SPL Config* do diálogo *Configurator*, onde a maioria dos controles para a medição do nível sonoro e registro estão localizados. *SPL Config* é abordado em detalhes no próximo capítulo, a partir da página 62.

Os botões *Add Note* e *Reset Leq* estão disponíveis quando uma entrada for selecionada como a fonte de dados para os gráficos de histórico de SPL. Ao clicar no botão *Add Note,* aparecerá uma janela de diálogo para adicionar uma nota no cabeçalho do arquivo de registro gravado no momento. *Reset Leq* esvazia a média para todos os buffers de medições de Leq associadas com a entrada selecionada e reinicia as médias.

Quando você reiniciar o buffer de Leq para um canal de entrada conectado, um marcador preto de "pirulito" (uma linha vertical com um círculo no topo) aparece no gráfico para indicar a posição do reset. Note que a mesma coisa acontece automaticamente sempre que a entrada sendo registrada for sobrecarregada, com a posição da sobrecarga indicada nos gráficos por um pirulito *vermelho* nesse caso.

## Padrões de Cor

O Smaart tem embutido dois padrões de cor, o padrão *Dark* (claro sobre escuro) que se vê a primeira vez que o programa é rodado e um padrão *Light* com texto mais escuro e traços em fundo claro. O padrão *Dark* funciona bem para trabalhar em interiores, especialmente em ambientes escuros. O padrão *Light* “de alto contraste” pode ser uma escolha melhor para trabalhar ao ar livre na luz do dia, em salas iluminadas, ou ao fazer capturas de tela para os documentos impressos ou apresentações de slides. A maioria das capturas de tela neste documento foram feitas usando o padrão de cor *Light*.

Para mudar para o padrão de cor de alto contraste, selecione *High Contrast* no menu *View* ou pressione [Ctrl/Cmd] + [Shift] + [X] no seu teclado. Note que um ícone de verificação aparece no menu ao lado do comando *High Contrast* quando essa opção for selecionada. Selecionar o comando de menu de novo ou repetir o atalho de teclado irá desligá-la.

### *Padrões de Cor Customizados*

Além dos esquemas de cores padrão embutidos, o Smaart também permite definir padrões de cor personalizados ou “skins” próprias. Para definir um padrão de cor personalizado, selecione *Skin Manager* no menu *Options*. Isso abre a caixa de diálogo *Options* da página *Skin*.

A página de opções de *Skin* é dividida em duas seções, *Color Picker* e *Skin Manager*. A seção *Color Picker* é composta por um número de quadrados de cores que mostram as seleções atuais para vários elementos do atual padrão de cor do Smaart. Cada quadrado é um botão que abre uma caixa de diálogo *Color Selection*, em que você pode especificar uma cor para o elemento gráfico de interface de usuário associado. As alterações de cor têm efeito imediato no Smaart quando você clicar no botão *Apply* na caixa de diálogo *Color Selection* para aplicar as alterações e sair do diálogo.

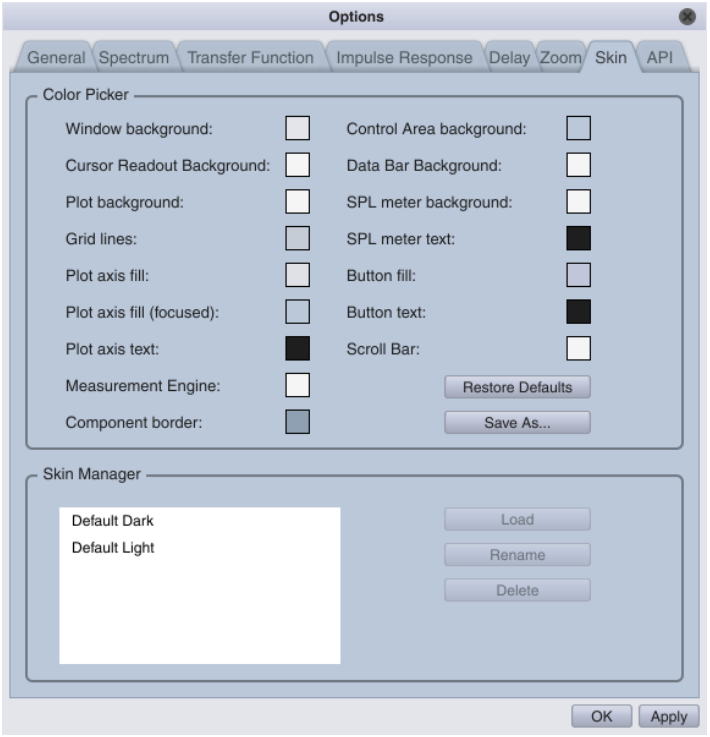



*Figura 32: A aba Skin do diálogo Options.*

Quando tiver configurado um esquema de cores a seu gosto, você pode clicar no botão *Save As* e dar-lhe um nome para salvá-lo na lista abaixo. Seleções de cores atuais são parte da sua configuração atual do programa, mas esquemas de cores nomeados são guardados separadamente e estão disponíveis para todas as configurações. O botão *Restore Defaults* restaura o padrão de cor para o modo *Dark*.

A seção *Skin Manager* da página de opções de Skin tem uma lista no lado esquerdo contendo todos os esquemas de cores nomeados disponíveis. Clicar no nome de um padrão de cor na lista e então clicar no botão *Load*, aplica suas definições de seleção de cor atuais no Smaart. Observe que também é possível alternar entre suas *skins* configuradas de uma janela Smaart em nível superior, sem abrir o gerenciador de *skins*, pressionando [Ctrl/Cmd] + [Shift] + [X] em seu teclado.

Os padrões de cores *Light* e *Dark* não podem ser excluídos ou renomeados, mas eles podem ser usados como base para suas próprias aparências personalizadas. Basta selecionar um ou outro e clicar no botão *Load*, em seguida, fazer suas modificações na seção *Color Picker* acima e clicar no botão *Save As*. Os botões *Rename* e *Delete* na seção *Skin Manager* podem ser usados para apagar ou renomear padrões de cor personalizados.

## Gerenciamento de Configurações

Quase todas as definições configuráveis pelo usuário do Smaart são armazenadas em um arquivo XML ao desligar, de modo que o Smaart pode “lembrá-los” na próxima vez que você executar o programa. A

configuração também pode fornecer uma maneira fácil de alternar entre configurações para diferentes tarefas ou ambientes de trabalho. Os arquivos de configuração (config) são armazenados no subdiretório *Config* da pasta *Smaart v8* na pasta *Documents* de sua conta de usuário. Configurações nomeadas podem ser criadas e gerenciadas através da caixa de diálogo *Config Management*, acessada pelo menu *Config* (*Config* > *Manage Configurations*). Cópias de arquivos de configuração para um determinado computador podem ser salvas para outro local para fins de backup se você preferir. No entanto, não recomendamos tentar movê-las para outra máquina, devido às informações específicas do ambiente que contêm.

A configuração atual inclui os nomes, layouts e locais de todas as suas janelas e abas, as seleções de dispositivos de áudio, incluindo apelidos e configurações de calibragem, configurações de medição para cada guia, presets de visualização e tudo mais exceto alguns ajustes de menu e caixa de diálogo. É atualizada cada vez que fizer uma mudança de configuração no Smaart, então quando o configurar a seu gosto para um cenário em particular, salvar uma cópia da configuração atual irá lhe permitir voltar o programa para esta instalação no futuro. Para armazenar uma configuração, abra a caixa de diálogo *Configuration Management* e clique no botão *Save As* na seção *Current Config*. Será solicitado um nome para a nova configuração. Quando você tiver feito isso, clique em OK para fechar a janela e sua nova configuração irá aparecer na lista *Stored Configs*.

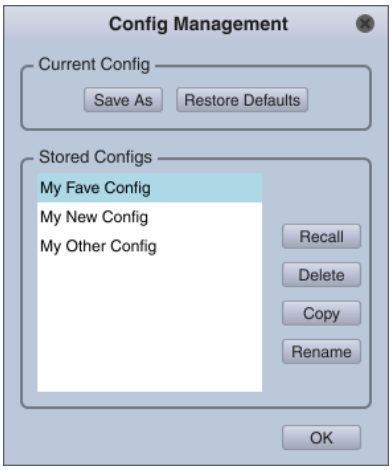



*Figura 33: A janela de diálogo Config Managment.*

Para fazer uma cópia de uma configuração armazenada selecione seu nome e clique no botão *Copy*. Aqui, novamente, será solicitado um nome para o novo arquivo de configuração. Para excluir uma configuração armazenada que não é mais necessária, selecione seu nome e clique no botão *Delete*.

# Capítulo 3: Configuração do Smaart para Medições em Tempo Real

Antes que você possa fazer muita coisa com o Smaart, é preciso configurar um ou mais objetos de medição ao vivo. Nos referimos a eles várias vezes como mecanismos de medição, objetos de medição, ou simplesmente medições. Cada medição ao vivo de espectro ou função de transferência no Smaart é essencialmente um completo analisador de espectro ou função de transferência em tempo real. Eles podem ser conduzidos por qualquer via de áudio que seu computador tenha acesso e não há limite definido de quantos se podem criar e executar simultaneamente. Pode haver um limite prático, dependendo de fatores como recursos computacionais disponíveis (RAM, CPU e GPU) ou quantos microfones e canais de entrada você pode comprar, mas o Smaart não impõe limites em si mesmo.

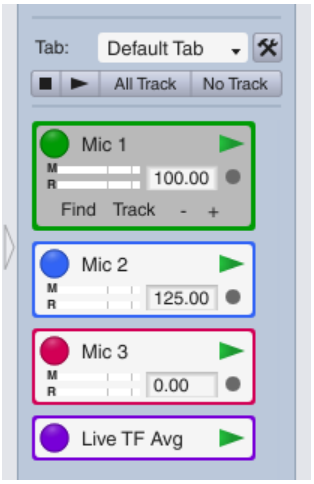



*Figura 34: Blocos de controle de medição ao vivo de função de transferência na barra de controle do modo de tempo real.*

## Medições de Espectro e Função de Transferência

O primeiro passo ao configurar medições de espectro e função de transferência é escolher os dispositivos de entrada e canais que deseja usar com o Smaart. Isso é feito através da página *I-O Config* do *Configurator*, selecionando *I-O Config* no menu *Config* ou usando o atalho de teclado [Alt/Option] + [A]. Quando iniciar o Smaart pela primeira vez ou com uma nova configuração, ele irá mostrar uma mensagem dizendo que você não tem nenhuma medição configurada, clicar em *OK* na janela de mensagem irá levá-lo diretamente para *I-O Config*. O *Configurator* irá criar automaticamente as medições de espectro para cada canal de entrada em cada dispositivo de entrada que for selecionado, com os seus "apelidos" especificados pelo usuário como os nomes de medição.

Depois de ter feito suas seleções de entrada, você pode criar medições de função de transferência usando também essas entradas, seja através da página *Measurement Config* do *Configurator* ou selecionando *New TF* no menu *Config* (atalho: [Ctrl/Cmd]+[T]). Você também pode criar medições adicionais de espectro das mesmas entradas, por qualquer motivo, tanto em *Measurement Config* ou selecionando *New Spectrum* pelo menu *Config* ou pressionando [Ctrl/Cmd] + [S] no seu teclado. Quando criar uma nova medição, um bloco de controle é adicionado para ela na Barra de Controle.

Criar uma nova medição pode ser tão simples quanto digitar um nome e selecionar um dispositivo de entrada e canal(is) para endereça-lo. O Smaart irá atribuir uma cor de traço automaticamente e as configurações padrão para medições de espectro e função de transferência geralmente funcionam bem para a maioria das aplicações. Medições de espectro só precisam de um único canal de entrada. Para medições de função de transferência são necessários dois; um sinal de medição (abreviado *"Mea Ch"* na Figura 35:) que é a saída de um

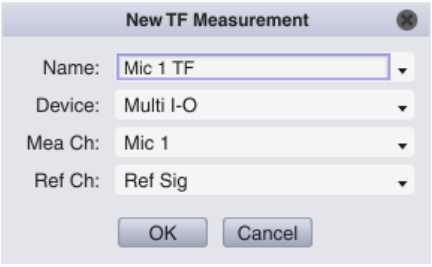



*Figura 35: Diálogo New TF Measurement.*

dispositivo ou sistema sob teste, juntamente com o seu sinal de entrada como um sinal de referência (*Ref Ch*).

Observe que todas as medições em uma determinada aba devem ser nomeadas exclusivamente; no entanto, diferentes abas podem ter medições com os mesmos nomes das medições em outras guias. Se quiser que uma medição apareça em mais de uma aba ou janela, você pode criar cópias arrastando e soltando na exibição estrutural em *Measurement Config*. Outra maneira de fazer isso é abrir um dos diálogos de *new measurement* (ver página anterior) e, em vez de digitar um nome, clicar na seta para baixo ao lado do campo *Name* para ver uma lista das medições existentes e, em seguida, selecionar a que quiser. Medições com nomes idênticos possuem cor de exibição e seleção de canal de entrada em comum e quaisquer alterações a estas definições são aplicadas a todas as cópias. Outras configurações de medição podem ser definidas de forma independente para cada cópia.

## Cálculo de Médias ao Vivo

Cálculo de médias ao vivo são medições calculadas através da média da saída de outra medição de espectro ou função de transferência no grupo. São utilizadas principalmente para média espacial em tempo real de medições efetuadas através de várias posições de microfone.

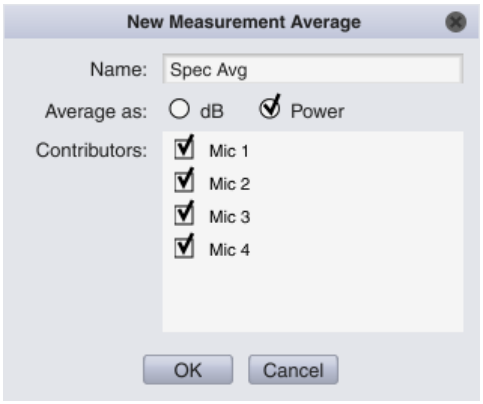



*Figura 36: Caixa de diálogo New Measurement Average para uma média de espectro ao vivo.*

Para criar uma nova média ao vivo, selecione *New Spectrum Avg* ou *New TF Avg* no menu *Config* ou clique nos botões *New Spectrum Average* ou *New TF Average* em uma aba em *Measurement Config*. Qualquer ação irá abrir a janela *New Measurement Average* para o tipo de medição correspondente. Na caixa de diálogo, você verá uma lista de medições do mesmo tipo na aba atual com um ícone de seleção ao lado de cada um. Digite um nome para sua nova média ao vivo, em seguida, clique nos ícones de seleção das medições que deseja incluir na média.

Se estiver criando uma nova média de espectro, também será solicitado selecionar entre média de potência (Power) ou Decibel (dB). Para médias ao vivo de função de transferência, há a opção de usar ponderação pela coerência. (Se mudar de ideia mais tarde, em ambos os casos, basta ir até a aba de configurações de medição para a medição em *Measurement Config* e alterar sua seleção.)

Média de potência em médias de espectro fornece o espectro da média de potência dos sinais analisados e seria a escolha comum para aplicações de análise de sinais, tais como pesquisa de ruído de fundo ou verificar o nível sonoro médio de toda uma vasta área por qualquer outro motivo. Média de potência dá mais peso para os sons mais altos em cada frequência. Média de Decibel (dB) é uma média aritmética simples dos valores de magnitude em decibéis e pode ser preferível para medições do sistema de som onde se está à procura de um quadro geral da resposta do sistema. Pode-se dizer que lhe dá uma visão mais “consensual” do que a média de potência.

Ponderação pela coerência em médias de função de transferência dá mais peso às frequências em cada medição que têm os maiores valores de coerência. Coerência tende a ser um indicador de uma relação

sinal-ruído em medições de função de transferência – maior coerência sugere que os dados são mais confiáveis. Se uma medição contribuinte tem pouca coerência em algumas frequências, por exemplo, devido a um acúmulo reverberante localizado ou talvez capturada próximo ao limite de cobertura de um alto-falante onde as altas frequências estejam se perdendo, a ponderação pela coerência irá resultar em frequências mais confiáveis contribuindo para a média geral do que suas frequências problemáticas.

# Configuração de Entradas e Saídas de Áudio

A página *I-O Config* do diálogo *Configurator* é onde se selecionam e configuraram os dispositivos de áudio no Smaart. É diretamente acessada selecionando *I-O Config* no menu *Config* ou usando o atalho de teclado [Alt/Option] + [A]. Aqui você irá selecionar quais dispositivos e canais deseja ver na lista, atribuir "apelidos" para suas entradas e saídas, calibrar entradas e aplicar curvas de correção de microfone.

Os controles de tamanho de taxa de amostragem e de palavra de amostra (bits por amostra) na seção *Global Settings* se aplicam a todos os canais de entrada e saída. O resto da página é dedicado à tabela de dispositivos no canto superior esquerdo e tabela de canais do dispositivo selecionado abaixo.

## Configuração de Dispositivos de Entrada e Saída

No topo da página *I-O Config* à esquerda estão dois botões para dispositivos de entrada e dispositivos de saída (ver figura a seguir). Estes selecionam o tipo de dispositivos mostrados na tabela de dispositivos. Claro, a maioria dos dispositivos de áudio físicos têm as entradas e saídas, mas o sistema operacional entende suas entradas e saídas como pertencentes a "dispositivos" virtuais separados. A tabela de dispositivos abaixo dos botões de seleção lista todos os dispositivos de áudio do tipo selecionado que seu sistema operacional conhece. Essa tabela é compreendida em quatro colunas, chamadas *Use*, *API: Driver Name*, *Friendly Name*, e *Status*. O layout da tabela é o mesmo para ambos os dispositivos de entrada e saída.

- Para selecionar um dispositivo no Smaart, clique em seu ícone de seleção na coluna *Use*.
- A coluna *API: Driver Name* lista o nome que o dispositivo ou o seu controlador reporta para o sistema operacional. No Mac OS X, todos os dispositivos irão utilizar o API CoreAudio. O Windows pode ter dispositivos API ASIO e Wave e alguns dispositivos podem aparecer como ambos os tipos. Se você tiver ambos os drivers Wave e ASIO instalados para um dispositivo I-O com mais de dois canais, ele irá normalmente mostrar-se como um dispositivo ASIO e vários dispositivos Wave, porque a API Wave suporta apenas dois canais de entrada por dispositivo.
- Clicar em qualquer entrada na coluna *Friendly Name* torna o nome editável de modo que você pode digitar o nome que quiser. Pressione a tecla [ENTER] após a edição para aplicar a alteração.
- *Status* – O status de um dispositivo pode ser "*OK*", o que significa que o Smaart foi capaz de se conectar a ele com sucesso ao ligar, ou "*N/C"* (não conectado). *N/C* pode significar *realmente* não conectado – o Smaart lembra de dispositivos de áudio usados antes, mesmo quando não estão presentes – ou se o dispositivo está presente e conectado pode indicar que algum problema de hardware ou software impediu o Smaart de se comunicar com ele ao ligar. Isto pode ser um driver de dispositivo suspenso, um cabo solto, ou talvez o dispositivo não esteja respondendo e precise de uma reinicialização. Nesse caso, você provavelmente precisará reiniciar o Smaart uma vez que o

problema for corrigido, para ver o dispositivo como OK e pronto para usar. Você pode remover um dispositivo *N/C* selecionando-o na lista e clicando no botão *Remove* abaixo da tabela de dispositivos.

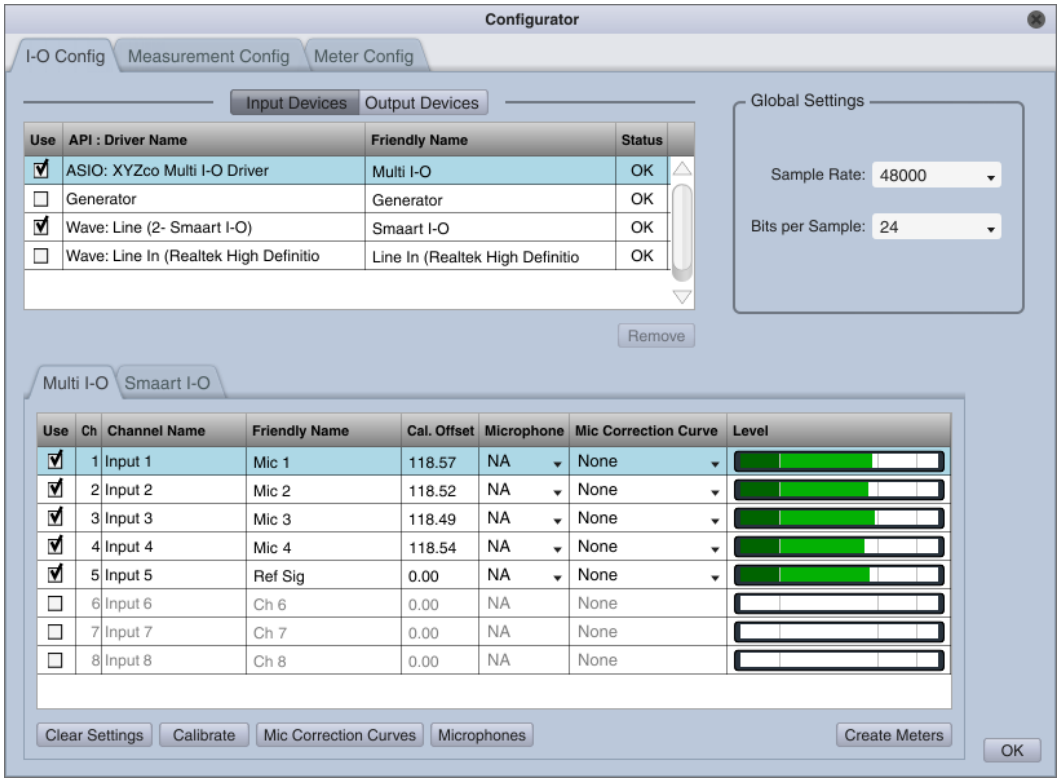



*Figura 37: A página I-O Config da caixa de diálogo Configurator.*

## Configuração de Canais de Entrada e Saída

Abaixo da tabela de dispositivos há outra tabela que lista os canais individuais para o dispositivo selecionado. Observe que uma nova aba é adicionada a esta tabela para cada dispositivo que designar para utilização na tabela acima. Neste caso, o layout da tabela depende da seleção do tipo de dispositivo (Entrada ou Saída) no topo da página, mas a única opção definida por usuário para canais de saída é o *Friendly Name* que já mencionamos antes.

A tabela canais de entrada tem oito colunas, sendo a última um medidor de nível de sinal para cada entrada.

- Os ícones de verificação na coluna *Use* funcionam da mesma forma como na tabela de dispositivos. É possível selecionar ou remover os canais que queira usar ou ignorar ao clicar nos ícones de verificação.
- A coluna Channel (*Ch*) lista os canais por número.
- A coluna *Channel Name* lista os nomes oficiais (informados por driver) dos nomes dos canais. Estes não são editáveis.
- Clicando em qualquer entrada na coluna *Friendly Name* torna o nome editável de modo que você pode digitar o nome que quiser. Pressione a tecla [ENTER] após a edição para aplicar a alteração e seguir abaixo na lista para o próximo canal.

- Os números na coluna *Cal. Offset* representam a diferença em decibéis entre amplitude digital em full scale de cada canal de entrada e seu nível calibrado. Uma compensação de calibração em zero significa que a entrada é calibrada para full scale digital. Quando uma entrada é calibrada para medição de nível sonoro (SPL/LEQ), normalmente você verá um número maior do que 100. Você pode editar os números nesta coluna diretamente, mas mais frequentemente, o processo de calibração os preenche. (Para mais informações sobre este assunto, consulte *Calibração de Nível* Sonoro na página 69.)
- Se o dispositivo de entrada selecionado for um Smaart I-O, uma outra maneira de calibrar a medição de nível de som é atribuir um microfone nomeado na coluna *Microphone* e deixar o Smaart calcular a compensação de calibração necessária. Se seu microfone ainda não estiver na lista, mas você conhece sua sensibilidade, você pode criar um microfone nomeado ao clicar no botão *Microphones* abaixo da tabela de canais. Na caixa de diálogo *Microphones*, clique no botão *Add* para nomear o microfone e inserir sua sensibilidade em mV/Pascal. Você então verá seu novo registro listado na caixa de diálogo *Microphones* e de volta a *I-O Config* ele aparecerá na lista quando clicar em qualquer linha da coluna *Microphone* da tabela de canais.

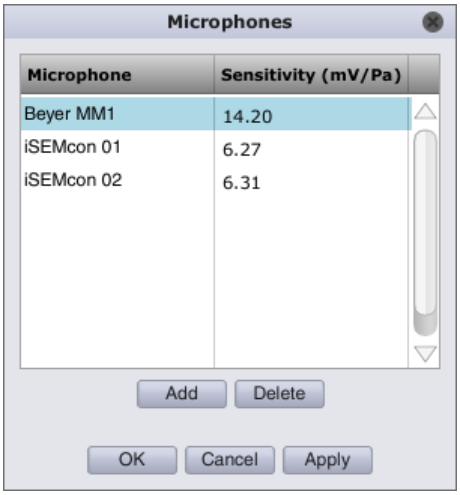



*Figura 38: Caixa de diálogo Microphones para o gerenciamento de microfones nomeados.*

- Os seletores *Mic Correction Curve* atribuem curvas de correção de microfone para canais de entrada. Para mais informações sobre a importação de curvas de correção de microfone, consulte o tópico sobre *Mic Correction Curves* abaixo.

Abaixo da tabela de canais, existem vários botões cujas funções são as seguintes:

- O botão *Clear Settings* irá limpar quaisquer compensações de calibração, microfone e ajustes de curva de correção feitos e reconfigurar apelidos para os canais aos seus nomes padrão definidos pelo driver. (Uma mensagem de aviso aparecerá primeiro no caso de você clicar no botão por acidente.)
- O botão *Calibrate* abre a janela *Amplitude Calibration* com a entrada atualmente selecionada para calibração. Para mais informações sobre calibrar os canais de entrada no Smaart, consulte *Calibração de Nível* Sonoro na página 69.
- O botão *Mic Correction Curves* abre a janela *Mic Correction Curves* (veja abaixo).
- O botão *Microphones* abre a janela de microfones como discutido acima.
- O botão *SPL Log Config* abre o diálogo *Log Config* onde você pode selecionar os canais de entrada para registro de nível sonoro (ver *Registro de Nível Sonoro*, começando na página 67, para mais informações).

### *Curvas de Correção de Microfone*

Se você mediu individualmente dados de resposta de frequência para os seus microfones, o Smaart pode usar esta informação para nivelar altos e baixos da magnitude da resposta de medições de espectro e função de transferência do microfone. Curvas de correção de microfone podem ser importadas de arquivos de texto ASCII separado por vírgulas ou abas tendo uma frequência (em Hertz) e um valor de magnitude (em dB) por linha.

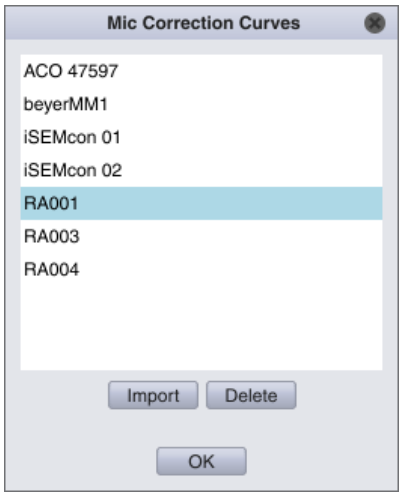



*Figura 39: Diálogo de curvas de correção de microfone.*

Você pode importar uma nova curva de correção selecionando *Import* > *Mic Correction Curve* no menu *File* ou clicando no botão *Import* na caixa de diálogo *Mic Correction Curves*. Ambas ações abrem a caixa de diálogo *Import Mic Correction* onde se pode navegar até o arquivo que contém a curva e abri-lo. Se a importação for bem-sucedida, a sua curva deve aparecer imediatamente na caixa de diálogo *Mic Correction Curve* e nas listas *Mic Correction Curve* em *I-O Config*. Caso contrário, o problema é provavelmente apenas um erro de formatação de algum tipo. Para mais informações sobre formatação de arquivos de curva de correção, consulte o *Apêndice G*, na página 215. A caixa de diálogo *Mic Correction Curves* é acessada ao selecionar *Mic Correction Curves* no menu *Options* ou clicando no botão *Mic Correction Curves* abaixo da tabela de canais na aba *I-O Config* do *Configurator*.

## Configuração de Medição

A página *Measurement Config* da caixa de diálogo *Configurator* é a sede central para a configuração e gerenciamento de medições de espectro e função de transferência ao vivo, juntamente com abas e janelas para contê-las. É acessada clicando no botão na Barra de Controle com o ícone do martelo e chave, usando o atalho de teclado [Alt/Option] + [G], ou selecionando *Measurement Config* no menu *Config*. Você também pode pular diretamente para as configurações de medição para um mecanismo de medição específico clicando duas vezes o seu bloco de controle na barra de controle.

### Controle Estrutural

A página *Measurement Config* é dividida em duas seções principais. À esquerda há uma exibição em "árvore" de todas as janelas, abas e medições configuradas. O controle estrutural pode ser usado para criar janelas e abas, e para copiar ou mover as medições de uma aba para outra, ou abas inteiras de uma janela ou de outra. Os ícones de mais ou menos (+ /-) ao lado de cada nome de aba na exibição estrutural são botões para expandir ou reduzir o seu conteúdo. Clicando duas vezes em qualquer janela, aba, ou nome da medição na exibição estrutural torna o nome editável. Tal como acontece com a maioria dos campos de texto no Smaart pressione a tecla [Enter] para definir as alterações após a edição de um nome.

A exibição estrutural também serve como uma barra de navegação para selecionar o que se vê ao lado direito da página *Measurement Config*, o que podemos entender como um painel de "conteúdo". Clicar em qualquer nome da aba ou medição no controle de estrutural exibe o conteúdo ou definições para o item selecionado na área à direita (quando um nome de janela é selecionado, o conteúdo da sua primeira guia é mostrado).

Dois dos botões abaixo do painel de exibição estrutural (*New Tab* e *New Window*) repetem as funções de comandos no menu *Config*. Como os nomes sugerem, *New Window* cria uma nova janela Smaart e *New Tab* cria uma nova aba vazia na janela selecionada.

O botão *Copy* abaixo do painel de exibição estrutural é um caso especial. Você vai notar que ele liga ou desliga quando clicar nele. O estado deste botão determina a função de operações de arrastar e soltar do mouse na exibição estrutural. Quando o botão está ativado, como mostrado na figura acima, clicar e arrastar qualquer item na exibição estrutural (uma medição, uma guia ou uma janela inteira) de um lugar para outro na exibição estrutural cria uma nova cópia do item quando você soltar o botão do mouse. Quando não está ativado, operações de arrastar e soltar *movem* o item selecionado.

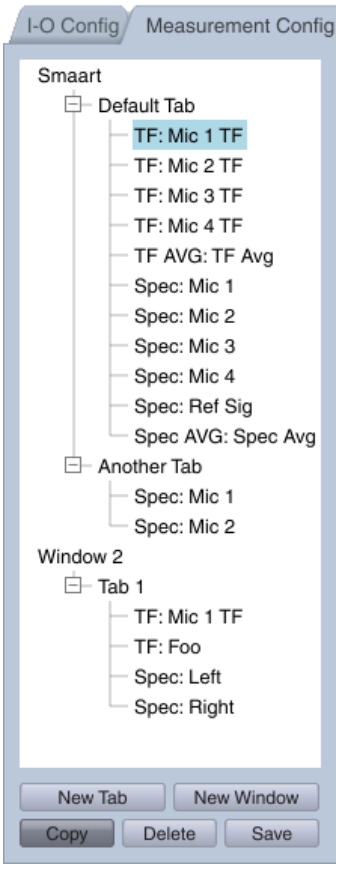



*Figura 40: Detalhe do painel de exibição estrutural na página Measurement Config do diálogo Configurator.*

O botão *Delete* exclui a janela, ou aba de medição selecionada. Por favor, note que esta ação não pode ser desfeita.

O botão *Save* salva toda a sua configuração do Smaart, incluindo todas as abas, janelas, medições e configurações de exibição para uma nova configuração nomeada que pode ser recuperada mais tarde pela caixa de diálogo *Config Management*, acessada pelo menu *Config* (consulte *Gerenciamento de Configurações* na página 47).

## Exibição em Abas

Quando um nome de guia é selecionado no controle estrutural, você verá uma tabela no lado direito da página como a da figura a seguir, listando todas as suas medições, suas cores de exibição e os seus canais de entrada. As medições de função de transferência (*TF*) aparecem no topo da tabela, com medições do espectro (*Spec*) listadas abaixo. Ao clicar duas vezes em uma medição na tabela ou selecionar seu nome na exibição estrutural irá substituir a tabela de medições com definições detalhadas para a medição selecionada.

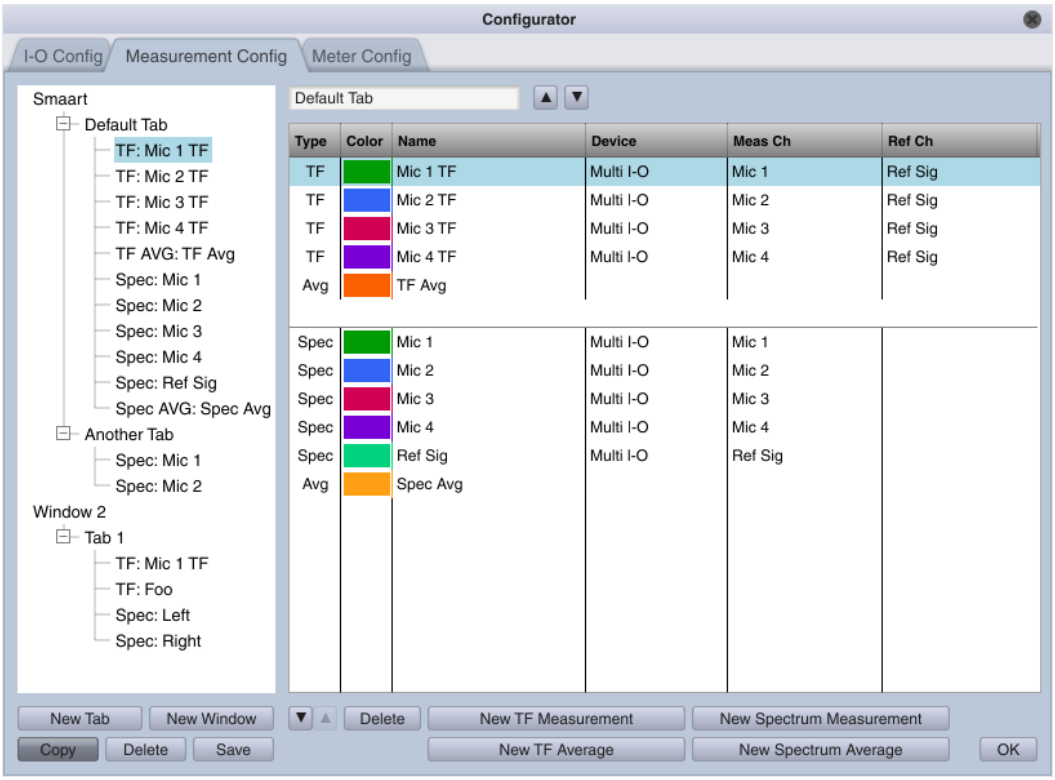



*Figura 41: A Página Measurement Config da caixa de diálogo Configurator.*

Abaixo da tabela de medições existem botões para cima/para baixo (▲ /▼ )para mover uma medição selecionada para baixo ou para cima em sua lista, um botão Delete que apaga a medição selecionada e botões para criar novas medições de espectro e função de transferência (TF) e cálculos de média ao vivo. Este último tem a mesma função que os comandos do menu correspondente no menu *Config*.

*New TF Measurement* abre a janela *New TF Measurement* para criar uma nova medição de função de transferência ao vivo. Para medições de função de transferência, só é preciso digitar um nome e selecionar um dispositivo de entrada e dois de canais de entrada para endereçar.

*New Spectrum Measurement* abre a janela *New Spectrum Measurement*, onde você pode nomear a sua medição e selecionar o canal do dispositivo de entrada para endereçá-lo.

*New TF Average* e *New Spectrum Average* abrem a caixa de diálogo *New Measurement Average*, onde você pode selecionar outras medições ao vivo de espectro ou função de transferência para incluir em uma média em tempo real. Consulte *Cálculo de Médias ao Vivo* na página 50 para mais informações.

Depois de criar uma nova medição de qualquer tipo, ela deve aparecer imediatamente na tabela de medições acima e no painel de exibição estrutural à esquerda. Você pode clicar duas vezes em seu nome na tabela ou selecionar seu nome na exibição estrutural para ver as configurações de medição em detalhe.

# Configurações de Medição de Espectro e Função de Transferência

Quando um nome de medição é selecionado na exibição estrutural, as definições para a medição aparecerão no lado direito da página *Measurement Config* substituindo a tabela de medições na figura anterior. Estes incluem configurações específicas para cada medição individual e configurações globais que podem ser aplicadas a todas as medições do mesmo tipo básico (de espectro ou função de transferência). Configurações para ambas medições de espectro e função de transferência são divididas em três grupos de controle chamados *Measurement Settings*, *Input Settings* e *Global* (*Spectrum* ou *TF*) *Settings*. As configurações de medições de espectro e de função de transferência são um pouco diferentes. Medições de espectro são as mais simples das duas, então vamos começar por aí.

*Figura 42: Detalhe das configurações de medição de uma medição de espectro em Measurement Config.*

## Medições de Espectro

### *Configurações de Medição*

O campo *Name* do grupo de controle *Measurement Settings* define o nome da medição. Se você editar o nome da medição, certifique-se de pressionar a tecla [Enter] para definir a mudança quando terminar.

Note que, quando há várias cópias de medições com o mesmo nome em abas diferentes, mudar o nome de uma instância da medição irá desvinculá-la das outras. Caso contrário, as configurações de cor e de entrada para todas as instâncias estão ligadas e alterações nessas configurações afetam todas as cópias com nomes idênticos. Para medições de espectro autonomeadas, criadas durante o processo de seleção de entrada, mudar o apelido do canal de entrada endereçando a(s) medição(ões) na página *I-O Config* do *Configurator* irá automaticamente renomear todas as cópias da medição para corresponderem-se.

O campo *Delay* define o atraso do sinal para a medição em milissegundos. Para medições de espectro este será normalmente 0,00, mas pode haver casos especiais em que se queira atrasar um sinal para fins de exibição, se necessário é possível fazer isso digitando um número neste campo.

Ao clicar sobre o quadrado *Color* é aberta uma caixa de diálogo do seletor de cores para alterar a cor de exibição para uma medição. Alterações na cor de exibição serão aplicadas automaticamente em todas as cópias ligadas da medição com o mesmo nome.

O controle *Plot* define a atribuição de exibição preferida para a medição. É ignorado quando apenas um gráfico de um determinado tipo é apresentado. Se abrir um segundo quadro do mesmo tipo na mesma

guia, medições com uma configuração 1 de *Plot* (configuração padrão) vão ficar com a primeira instância do quadro e quaisquer medições com uma configuração 2 vão passar para o segundo.

*Averaging* especifica o período de tempo ao longo do qual as medições individuais têm a média calculada para suavizar e estabilizar os traços ou gráficos de barras na tela.

*Weighting* aplica uma curva de ponderação à medição do espectro para remodelar seu espectro, subtraindo os valores de magnitude em algumas frequências e, talvez, acrescentando-lhes outros. Ponderação no domínio da frequência é análogo à filtragem no domínio do tempo. Curvas de ponderação comuns incluem A e C utilizadas para medições SPL e LEQ.

Se o ícone de seleção *Use Global* estiver marcado *Averaging* ou *Weighting*, eles vão seguir as alterações nas configurações globais para medições do espectro (ver a seguir). Caso contrário, a medição irá manter sua(s) própria(s) configuração(ões) e ignorar as configurações globais.

### *Configurações de Entrada*

Configurações de entrada para medições de espectro consistem em um único dispositivo de entrada e seleção de canais. Tal como acontece com a seleção de cor (ver acima), as alterações nas configurações desta seção serão aplicadas a todas as medições do espectro com o mesmo nome.

### *Configurações Globais de Espectro*

Duas das configurações dos grupos de controle *Global Spectrum Settings*: *tamanho de FFT* e *Banding*, simplesmente se aplicam a todas as medições de espectro em sua configuração, *Averaging* e *Weighting* podem ser aplicados globalmente ou localizadas para medições individuais ao desselecionar seus ícones de verificação *Use Global* no grupo de controle *Measurement Settings* (ver acima).

O tamanho de FFT (em amostras) determina a resolução de constante de tempo e resolução de frequência em exibições de domínio da frequência. O aumento do tamanho de FFT proporciona uma resolução de frequência mais detalhada, permitindo distinguir características mais próximas umas das outras em frequência, mas o faz ao custo da resolução de tempo, a habilidade de determinar características de transientes de um sinal em intervalo curto de tempo. Em geral, a configuração padrão de 16K pontos é uma boa relação custo-benefício entre os dois que funciona bem para a maioria das aplicações dado uma taxa de amostragem de 44.1k ou 48k amostras por segundo.

*Banding* define a resolução de frequência para gráficos RTA e Espectrógrafo. As opções incluem *None* (resolução de frequência de banda estreita), bandas de oitava (*Oct*) e oitava fracionada de 1/3 a 1/48 de oitava.

## Medições de Função de Transferência

### *Configurações de Medição*

*Figura 43: Configurações de medição para medições de função de transferência em Measurement Config.*

O campo *Name* do grupo de controle *Measurement Settings* define o nome da medição. Se você editar o nome da medição, certifique-se de pressionar a tecla [Enter] para definir a mudança quando terminar. Observe que quando houver várias cópias de medições com o mesmo nome em várias abas, mudar o nome de uma instância da medição vai desconecta-la das outras. Caso contrário, as configurações de cor e de entrada para todas as instâncias estão conectadas e alterações nessas configurações afetam todas as cópias com nomes idênticos.

O campo *Delay* define a quantidade de atraso do sinal (em milissegundos) necessária para alinhar os sinais de referência e de medição. Valores positivos atrasam o sinal de referência (o caso mais comum). A inserção de um número negativo atrasa o sinal de medição.

Ao clicar sobre o quadrado *Color* é aberta uma caixa de diálogo do seletor de cores para alterar a cor de exibição para uma medição. Alterações na cor de exibição serão aplicadas automaticamente em todas as cópias ligadas da medição com o mesmo nome.

O controle *Plot* define a atribuição de gráfico preferida para a medição. É ignorado quando apenas um gráfico de um determinado tipo é apresentado. Se abrir um segundo quadro do mesmo tipo na mesma guia, medições com uma configuração 1 de *Plot* (configuração padrão) vão ficar com a primeira instância do quadro e quaisquer medições com uma configuração 2 vão passar para o segundo.

Selecionar o ícone *Inverted* exibe a medição de forma invertida (apenas) em gráficos de magnitude. Isso pode ser uma opção útil ao ajustar curvas de EQ em alto-falantes, por facilitar o ajuste de uma sobra na curva de resposta com um filtro de corte complementar ou talvez ajustar um filtro de ganho para compensar uma perda.

As configurações ao lado direito do grupo *Measurement Settings* da função de transferência podem ser atribuídas local ou globalmente. Se o ícone de seleção *Use Global* estiver selecionado para qualquer um dos seguintes parâmetros, eles vão seguir as alterações nos controles da seção *Global TF Settings* (ver a seguir). Caso contrário, a medição irá manter as suas próprias definições e ignorar as configurações globais.

O tamanho de FFT (em amostras) determina a resolução de constante de tempo e resolução de frequência em exibições de domínio da frequência. Quando *MTW* é selecionado, o Smaart executa várias FFTs e combina os resultados em um único conjunto de dados de frequência. Os tamanhos de FFT individuais usados, neste caso, não são selecionáveis pelo usuário.

*Averaging* especifica o período de tempo ao longo do qual as medições individuais são calculadas para estabilizar a função de transferência de traços na tela do analisador e melhorar a sua relação sinal-ruído.

*Phase Smoothing* define o grau de suavização usado para o display de fase da função de transferência. Esta opção pode ser definida global ou localmente para cada medição.

*Mag Smoothing* define o grau do tipo de suavização para traços de magnitude de função de transferência. Esta opção pode ser definida global ou localmente para cada medição.

*Weighting* aplica uma curva de ponderação à medição para remodelar sua curva de resposta, subtraindo os valores de magnitude em algumas frequências e, talvez, acrescentando-lhes outros. Ponderação no domínio da frequência é análogo a filtrar o sinal de medição no domínio do tempo. Curvas de ponderação comuns incluem A e C utilizadas para medições SPL e LEQ.

*Mag Avg Type* define o tipo de cálculo da média utilizada para traços de magnitude. As opções são *Polar* (RMS) ou *Complex* (vetor). Traços de fase sempre usam média complexa. Média *Polar* é, provavelmente, o tipo mais comum de traços de magnitude, mas ambos os tipos têm seus usos. Em termos práticos, a média *Polar* permite mais energia reverberante na média, o que tende a concordar melhor com o que se escuta, em particular com material de programa musical. Média de magnitude complexa tende a rejeitar a energia reverberante como ruído e pode dar-lhe melhores indicações sobre a inteligibilidade do que a média polar.

## *Configurações de Entrada*

Configurações de entrada para medições de função de transferência consistem em atribuições de dispositivo (*Device*) e canal (*Channel*) para o sinal de medição (*Measurement Signal*) e sinal de referência (*Reference Signal*). O sinal de medição será a saída de um dispositivo ou sistema sob teste e o sinal de referência será o sinal de entrada que produziu essa resposta. Tal como acontece com a seleção de cor (ver acima), as alterações nas configurações desta seção serão aplicadas a todas as medições de função de transferência com o mesmo nome.

Normalmente, ambos os sinais virão a partir do mesmo dispositivo de entrada e, portanto, a seleção do dispositivo para o sinal de medição é automaticamente aplicada ao sinal de referência também. É possível utilizar simultaneamente sinais de dois dispositivos diferentes se você ativar *Allow Multi-Device Transfer Function* na seção *Advanced Signal Selection* das opções de função de transferência, no entanto isso só vai realmente funcionar se seus clocks de amostra estiverem sincronizados. Mesmo assim, você pode encontrar problemas com tempos de atraso relativos mudando quando parar e reiniciar uma medição, portanto proceda com cautela se decidir tentar isso.

## *Configurações Globais de Função de Transferência*

Duas das definições do grupo de controle *Global TF Settings*, *Mag Threshold* e *Blanking Threshold*, aplicam-se a todas as medições de espectro em sua configuração. O resto pode ser aplicado global ou

localmente para medições individuais, desmarcando as caixas de seleção *Use Global* no grupo de controle *Measurement Settings* (veja anteriormente).

*Mag Threshold* define um valor de dB FS normalizada que o sinal de referência deve exceder antes que novos dados sejam aceitos na medição em qualquer frequência. Quando a magnitude do sinal de referência não ultrapassa o limiar em alguma frequência, novos dados de entrada nesta frequência são excluídos da média.

*Blanking Threshold* define o valor da coerência que deve ser atingido ou ultrapassado antes de um ponto de dados em uma determinada frequência ser apresentado no gráfico. Esta definição aplica-se a ambos os gráficos de fase e magnitude.

As configurações a seguir aplicam-se a qualquer medição de função de transferência submetidas às configurações globais para este parâmetro: *FFT*, *Averaging*, *Mag Avg Type*, *Phase Smoothing*, *Mag Smoothing*, e *Weighting*. Por favor, consulte *Configurações de Medição* para medições de função de transferência, na página 59, para mais detalhes.

## Cálculo de Médias ao Vivo

Configurações de medição de cálculos de média de espectro e função de transferência são semelhantes o suficiente para que possamos falar sobre elas simultaneamente. Como outras medições ao vivo, elas têm um nome, cor e preferência de *Plot*. Você pode editar o campo *Name*, clicando sobre ele (pressione a tecla [Enter] quando acabar para definir a mudança) e clicar no quadrado colorido abre uma janela *Color Picker* onde você pode mudar a cor do traço.

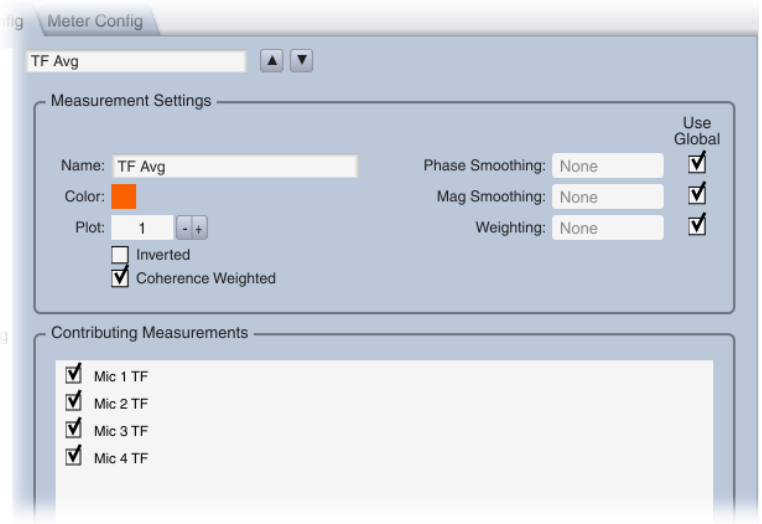



*Figura 44: Detalhe dos ajustes de medição de uma medição de espectro em Measurement Config.*

Se houver cópias de uma medição de média calculada com o mesmo nome em várias abas, mudar o nome de uma instância da medição vai desconectá-la das outras. Caso contrário, as configurações de cores para todos os casos estão conectadas e mudar a cor em qualquer cópia afeta todas as cópias com nomes idênticos. Note que se você copiar uma média ao vivo de uma guia para outra no controle estrutural, o Smaart automaticamente copia todo seu espectro e medições de função de transferência. Só é possível criar médias ao vivo de medições que residam nas mesmas abas da média.

O controle *Plot* define a atribuição de gráfico preferida para a medição. É ignorado quando apenas um gráfico de um determinado tipo é apresentado. Se abrir um segundo quadro do mesmo tipo na mesma guia, medições com uma configuração 1 de *Plot* (configuração padrão) vão ficar com a primeira instância do quadro e quaisquer medições com uma configuração 2 vão passar para o segundo.

Médias de função de transferência tem um ícone de seleção *Inverted* que inverte a medição de cabeça para baixo nos gráficos e um ícone de seleção *Coherence Weighted* (Ponderação pela Coerência). Ponderação pela Coerência dá mais peso às frequências em cada medição que têm os maiores valores de coerência. Como a coerência tende a ser um indicador de relação sinal-ruído nas medições da função de transferência, maior coerência sugere dados mais confiáveis. Se uma medição contribuinte tem pouca coerência em algumas frequências, por exemplo, devido a um acúmulo reverberante localizado, a ponderação pela coerência irá resultar em frequências mais confiáveis contribuindo para a média geral do que suas frequências problemáticas.

Médias de espectro permitem a escolha entre média de *Potência* ou *Decibel*. Cálculo de média de *potência* nos dá o espectro de média de potência dos sinais analisados e seria a escolha comum para análises de sinal ruído ambiente ou para checar a média de nível sonoro em uma área grande por qualquer motivo. Cálculo de média de potência proporciona mais ponderação aos sons mais altos em cada frequência e pode resultar em um gráfico que se aparenta como soa.

Média de *Decibel* é uma média aritmética simples dos valores de magnitude em decibéis e pode ser preferível para medições do sistema de som onde se está à procura de um quadro geral da resposta do sistema. Pode-se dizer que lhe dá uma visão mais “consensual” que média de potência. Se uma das medições em média de potência vier em nível muito maior que outras, pode dominar a média e pode alterar significativamente a forma da média do espectro. Em uma média de decibéis, a medição do nível superior moveria o nível da curva média global mais alto, mas não afetaria de forma significativa mais do que qualquer outro contribuinte para a média faz.

Ambas médias de espectro e de função de transferência tem um controle de Ponderação (*Weighting*). Médias de função de transferência também têm configurações para *Mag Smoothing* (Suavização de Magnitude) e *Phase Smoothing* (Suavização de Fase). Estas funcionam da mesma forma em medições de médias como em suas contrapartes sem média calculada e podem ser definidas global ou localmente para cada medição. Se seus ícones de seleção *Use Global* estiverem marcados, eles vão seguir as alterações nas configurações globais para medições do mesmo tipo. Caso contrário, a medição irá manter as suas próprias definições e ignorar as configurações globais.

*Weighting* aplica uma curva de ponderação à medição para remodelar sua curva de resposta, subtraindo os valores de magnitude em algumas frequências e, talvez, acrescentando-lhes os outros. Ponderação no domínio da frequência é análogo a filtrar o sinal de medição no domínio do tempo. Curvas de ponderação comuns incluem A e C utilizadas para medições SPL e LEQ.

*Phase Smoothing* define o grau de suavização usado para o display de fase da função de transferência. *Mag Smoothing* define o grau do tipo de suavização para traços de magnitude de função de transferência.

## Configuração de SPL

A página de configuração de SPL do diálogo *Configurator* é acessível selecionando *SPL Config* do menu *Config* ou pressionando [Ctrl/Cmd] + [Shift] + [E] no teclado. Definições nesta página controlam o layout da janela *SPL Meters*, funções de registro do nível sonoro, e a aparência e o comportamento de ambos

painéis medidores de SPL em aba nas janelas principais do Smaart, bem como os módulos medidores individuais da janela de *Medidores SPL*. A aba *SPL Config* está organizada em seis seções.

## Configurações de Display de SPL

O canto superior esquerdo da seção *SPL Config*, identificados como *SPL Display Settings*, controla o layout geral da janela de medidores SPL e exibem cores para as leituras do medidor. Para configurar a janela de medidores de SPL, comece por definir ambos os campos em *Display Grid* com um número maior do que zero. Juntos, eles determinar quantos medidores a janela irá conter e como eles são definidos. O primeiro número define o número de colunas e o segundo é o número de linhas. O número total de medidores na janela *SPL Meters* será o primeiro número multiplicado pelo segundo. No exemplo abaixo, estabelecemos uma janela de medidores que tem dois módulos de largura por duas fileiras de profundidade (2 x 2), para um total de 4 módulos medidores.

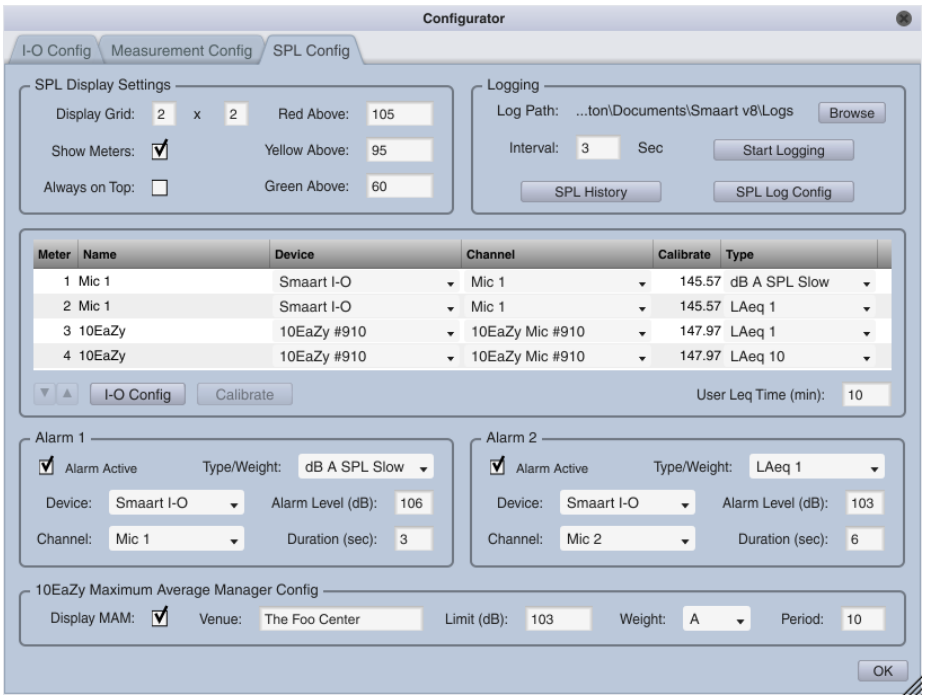



*Figura 45: página SPL Config no diálogo Configurator*

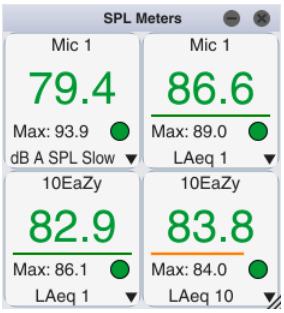



*Figura 46: painel de Medidores SPL 2x2 exibindo medidores LEQ*

*Show Meters* abre a janela *SPL Meters* quando selecionado e fecha quando desmarcado. Note que você também pode fazer isso a partir da janela principal do Smaart pressionando a tecla [E] no teclado ou selecionando *SPL Meters* no menu *View*.

*Always on Top* faz com que a janela *SPL Meters* fique na frente de todas as outras janelas na tela quando selecionado (exceto a janela *Configurator*, ironicamente), independentemente de qual janela está em foco.

As configurações de *Red Above*, *Yellow Above* e *Green Above* definem o threshold de nível sonoro para medidores SPL e Leq onde o texto da leitura vai mudar de cor. O uso típico para esta funcionalidade seria definir o verde acima do nível confortavelmente acima do próprio nível de ruído do microfone e preamp, de modo que, quando o nível do medidor estiver verde, você vai saber que está medindo os

sons reais. O threshold de *Yellow Above* pode ser definido para um nível de som que não deve ser ultrapassada e *Red Above*, para um nível que não deve ser excedido. Note que o SG Audio 10 Aps EaZy lê sua faixa de valor utilizável diretamente do dispositivo e ignora o *threshold* de *Green Above*. Caso contrário, essas configurações se aplicam a todos os medidores SPL e Leq no Smaart, incluindo os painéis medidores de SPL em guia nas janelas principais do programa.

## Registro (Logging)

Os controles na seção superior direita da *SPL Config* fornecem acesso a funções de registro de nível sonoro do Smaart. Funções de registro são cobertas em detalhes posteriormente neste capítulo. Por favor, consulte *Registro de Nível Sonoro,* que começa na página 67, para mais informações.

## Tabela de Medidores

No centro da página *SPL Config* há uma tabela que lista todos os medidores e suas configurações individuais. Cada linha na tabela define um módulo para a janela *SPL Meters*. A maioria das entradas desta tabela, com exceção do número de medidores (*Meters*) e *Calibrate*, são controles interativos. O número de linhas na tabela é determinado pelas configurações em *Display Grid* em *SPL Display Settings*.

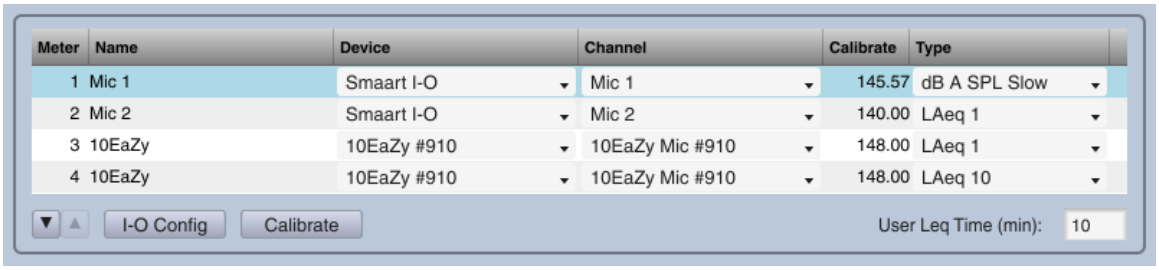



*Figura 47: Detalhe da tabela de medidors em SPL Config*

Quando você criar um novo grupo de medidores, o Smaart escolhe um dispositivo de entrada e canal padrão e pega o apelido atribuído ao canal de entrada em *I-O Config* (veja *Configuração de Canais de Entrada e Saída* na página 52 para mais detalhes) como o nome. Enquanto um nome de medidor for idêntico ao nome do canal de entrada, qualquer alteração no nome do canal de entrada irá acontecer no medidor. Isso, no entanto, não é um requisito. Nomes de medidores podem ser qualquer coisa que você quiser. Apenas clique em qualquer entrada na coluna *Name* para alterá-lo – tal como acontece com a maioria dos campos de texto no Smaart, lembre-se de pressionar a tecla [Enter] depois da edição para aplicar a mudança. O medidor irá então ignorar quaisquer alterações subsequentes ao nome de entrada, a menos que você altere qualquer um para o outro, o que irá reconecta-los.

Clicar sobre qualquer entrada na coluna *Device* abre uma lista de todos os dispositivos de entrada configurados onde você pode selecionar o dispositivo de entrada que deseja usar como módulo do medidor. Da mesma forma, cada entrada na coluna *Channel* é um menu drop list que seleciona o canal de entrada no dispositivo selecionado para uso. Dispositivos de entrada e canais são listados por seus apelidos e apenas os dispositivos e canais selecionados para utilização na página *I-O Config* em *Configurator* irá aparecer nestas listas, portanto, se você não vir o que estiver procurando, mude para a aba *I-O Config* e certifique-se de que seu ícone *Use* esteja marcado. Observe que quando o nome de um medidor (ver acima) é idêntico ao seu nome de canal de entrada, alterar a atribuição de canal de

entrada também irá mudar o nome para combinar com a nova seleção. Se não, então o nome não é afetado.

Entradas na coluna *Calibrate* mostram o offset em decibéis em Full Scale (FS) atribuído para calibrar cada canal de entrada do medidor para a medição do nível sonoro (se aplicável). Estes são diretamente editáveis, exceto no caso do *SGAudio Aps 10EaZy* ou canal de entrada da *Rational Acoustics Smaart I-O* que foi calibrado pela sensibilidade do microfone. Atribuições de microfone do Smaart I-O podem ser alterados a partir da página *I-O Config* nos diálogos *Configurator* ou *Amplitude Calibration*. Offset de calibração para o 10EaZy só pode ser alterado por recalibragem.

Quando o parâmetro *Calibrate* em um canal de entrada é definido como 0 dB, significa que a entrada está calibrada internamente para full scale e o único tipo de medição disponível para o medidor será dB FS (pico). Para calibrar uma entrada para medições de nível sonoro, você pode clicar sobre o seu número do *Meter* para selecionar a linha e, em seguida, clicar no botão *Calibrate* abaixo da tabela para abrir o diálogo *Amplitude Calibration*. Para mais informações sobre como calibrar o Smaart para medições de nível sonoro, por favor, consulte a seção sobre a *Calibração de Nível Sonoro,* começando na página 69.

O menu drop list na coluna *Type* define o tipo de medição para cada medidor. As escolhas são *FS Peak* para um simples medidor de leitura de pico do nível de sinal referenciados em Full Scale digital normalizada ou, se a entrada for calibrada para medição do nível sonoro, qualquer um dos 13 tipos de medição de nível sonoro. Estes incluem SPL de ponderação A, C ou não ponderada com padrão de integração de tempo exponencial rápido ou lento, Leq com um 1 minuto (Leq) ou períodos de integração especificados pelo usuário (ver abaixo) e pico C.

Note que você também pode selecionar o tipo de medição de medidores SPL ininterruptamente, diretamente a partir da janela de *SPL Meters*, usando o menu drop list integrado em cada módulo medidor (veja a *Figura 29* na página 42). O Smaart calcula continuamente todos os tipos de medição disponíveis em segundo plano, independentemente de que tipo está sendo exibido, o que significa que você pode ver os resultados atuais imediatamente quando alternar entre os tipos, sem ter de esperar que a média recalcule a cada vez.

Imediatamente abaixo da tabela de medidores à esquerda há um par de botões com setas para cima/baixo| (▲|▼) que movem uma definição de um medidor selecionado para cima ou para baixo na tabela. Este reordena a posição do medidor correspondente na janela *SPL Meters* também. À direita dos botões há mais dois, identificados como *I-O Config* e *Calibrate*. Estes fornecem atalhos para configurações de calibração e entrada do medidor (ver *Configuração de Entradas e Saídas de Áudio*, a partir da página 51 e *Calibração de Nível Sonoro* na página 69 para mais informações).

Na extrema direita, abaixo da tabela de medidores, há um campo de entrada de texto de valor numérico identificado como "*User Leq Time*", que estabelece o período de Leq definível pelo usuário em minutos. Esta é uma configuração global que se aplica tanto aos medidores SPL quanto ao registro de nível sonoro. A configuração padrão é 10 minutos, que aparece nos menus como "*Leq 10*, *LAeq 10* e *LCeq 10*". Se você mudou o número neste campo de 10 para 15, você irá ver imediatamente qualquer medidor *Leq 10* visível no Smaart mudar para medidor *Leq 15* quando você pressionar a tecla [Enter] no teclado para aplicar a mudança. Você poderia também ver os indicadores de buffer indo de totalmente preenchido

para dois terços cheio – os dados no buffer ainda são válidos para o período durante o qual foram recolhidos, mas o Smaart precisaria de mais cinco minutos de história para calcular *Leq 15*.

## Alarmes 1 e 2

Abaixo da tabela de configurações do medidor há dois grupos de controle chamados *Alarm 1* e *Alarm 2*. Estes podem ser usados para configurar limites individuais para os canais de entrada que farão disparar um alarme. Quando acionado, o alarme irá fazer a borda da janela *SPL Meters* piscar em vermelho e os alarmes são marcados como eventos discretos em arquivos de registro do nível de som quando o registo está acionado.

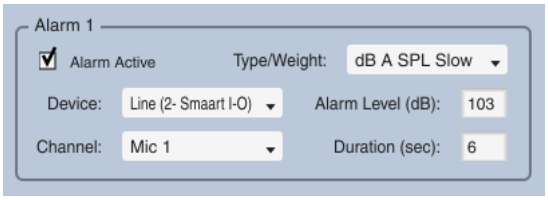



*Figura 48: Configurações de alarme em SPL Config*

Para definir um alarme, clique no ícone de verificação *Alarm Active* se estiver desmarcado, em seguida, use o menu drop list para selecionar o dispositivo (*Device*) de entrada e o canal (*Channel*) que você deseja monitorar e as métricas de medição (*Type*/*Weight*) que você deseja usar. Digite seu nível limite desejado no campo *Alarm Level* e pressione a tecla [Enter] para aplicar a configuração. O período de duração (*Duration*) define o número de segundos que o alarme continuará piscando depois que o nível de som na entrada sendo monitorado descer abaixo do threshold de alarme.

## Configuração do 10EaZy Maximum Average Manager

As definições na seção inferior de *SPL Config* estão ativas somente quando um ou mais dispositivos *SGAudio Aps 10EaZy* estiverem conectados ao seu computador e selecionados para uso na aba *I-O Config* do *Configurator*. Quando ativa, essas configurações se aplicam a todos os dispositivos 10EaZy disponíveis, se você tiver mais de um.

*Figura 49: Controles do 10EaZy MAM em SPL Config*

O 10EaZy Maximum Average Manager (MAM) é um algoritmo preditivo concebido para ajudar os engenheiros de som ao vivo a manter a saída de um sistema de som dentro de um determinado limite de nível sonoro, especificado em termos de nível sonoro equivalente (Leq) como Leq 10 ou Leq 15. A configuração é simples, exigindo apenas 3 informações: o *Limite* do nível sonoro equivalente (Leq) em decibéis que deseja permanecer abaixo, o *Período* do Leq em minutos e a frequência da curva de ponderação (A, C ou nenhuma) que você deseja usar para a Leq. Para obter mais informações sobre como usar o display 10EaZy MAM no Smaart, por favor consulte *10EaZy Maximum Average Manager (MAM)* no capítulo dois, que começa na página 43.

## Registro de Nível Sonoro

O Smaart pode registrar o nível sonoro (SPL e Leq) e Full Scale em qualquer entrada calibrada selecionada para uso em *I-O Config*. "Calibrada", neste contexto, significa simplesmente que o offset de calibração (*Cal. Offset*) especificado para a entrada em *I-O Config* é superior a 0 dB. Se o valor de offset de calibração para um determinado canal de entrada é definido como algo diferente de zero, o Smaart torna-o disponível para registro. Naturalmente, medições de nível sonoro só são precisas se a entrada for calibrada com precisão (ver *Calibração de Nível Sonoro* na página 69 para obter detalhes) e o Smaart e não tem nenhuma maneira de saber se isso é verdade, por isso é da responsabilidade do operador assegurar que os valores de calibração estão corretos para a sua aplicação.

*Figura 50: Diálogo Log Config*

Após confirmar que as definições de calibração estão em ordem, o primeiro passo para definir o registro de nível sonoro é selecionar a(s) entrada(s) que quiser registrar no diálogo *Log Config*, que é acessível tanto através das abas *I-O Config* ou *SPL Config* do diálogo *Configurator*. Para abrir o diálogo *Log Config* na aba *I-O Config*, clique no botão *SPL Log Config* abaixo da tabela de canais. Na aba *SPL Config*, o botão para abrir *Log Config* está localizado no grupo de controle *Logging*, no canto superior direito da página.

Para selecionar um canal de entrada para registro, simplesmente clique no ícone de verificação próximo ao seu nome no diálogo *Log Config*. Ou, você pode selecionar todas as entradas calibradas de um determinado dispositivo ao clicar na caixa de verificação próxima ao nome do dispositivo. Se quiser, você também pode preencher os três campos de texto na parte superior da janela do diálogo. Suas entradas irão então aparecer em todos os cabeçalhos do arquivo de registro. Observe que dispositivos e canais de entrada estão listados por seus apelidos. Se você não vir um dispositivo ou canal que quiser registrar, selecione suas definições em *Cal. Offset* e *Friendly Name* e certifique-se que seu ícone *Use* está selecionado em *I-O Config* (ver *Configuração de Audio I-O*, começando na página 51, para detalhes). Quando tiver feito suas seleções em *Log Config*, clique no botão OK para aplicar suas mudanças e sair do diálogo, então mude para a aba *SPL Config* do diálogo *Configurator* (se já não estiver lá).

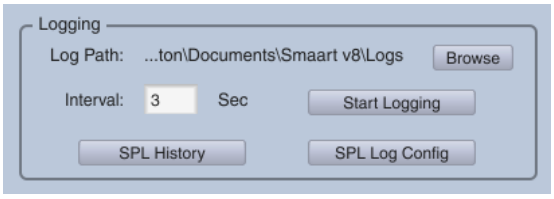



*Figura 51: Controles de registro em SPL Config*

Controles de registro em *SPL Config* estão localizados à direita superior no grupo de controle apropriadamente chamado *Logging*. *Log Path* mostra o nome da pasta atualmente selecionada para os arquivos de registro de nível sonoro. O local padrão é uma pasta chamada "Logs" na pasta Smaart v8, localizada no diretório Documents de sua conta de usuário. Se preferir arquivar seus registros em outro lugar, você pode mudar o *Log Path* clicando no botão *Browse* e então navegar até a pasta onde quer que seus registros permaneçam.

As definições em *Interval* controlam o quão frequentemente os registros são atualizados. O padrão é a cada 3 segundos.

O registro começa quando você clicar no botão *Start Logging* e continua até que você explicitamente o desligue ou saia do programa. Se você sair do programa com o registro habilitado, ele irá continuar quando o programa reiniciar, tornando possível configurar operações agendadas ou recuperar-se de quedas de energia usando seu agendador do sistema operacional ou ferramentas de terceiros.

O botão *SPL History* abre a janela do display gráfico *SPL History*, que foi coberto no capítulo dois (ver *Janela Histórico de SPL*, começando na página 44, para mais informações sobre este display). O botão *SPL Log Config* abre o diálogo *Log Config* como discutido anteriormente.

## Formato de Arquivo de Registro

Os arquivos de registro de nível sonoro no Smaart são gravados em formato de texto delimitado por abas ASCII. Quando o registo está ligado, o Smaart cria um arquivo separado na pasta selecionada como destino (veja acima) para cada canal de entrada que foi selecionado para registo.

Os arquivos de registro concluídos consistem em um cabeçalho seguido de uma tabela de dados contendo 14 tipos de dados medidos diretamente gravados no registro de cada intervalo. Estes incluem níveis de pressão sonora de ponderação A, C e não ponderada com padrão de tempo exponencial de integração rápida e lenta, Leq A, C e não ponderada para cada um dos dois períodos de integração (1 minuto e especificado pelo usuário), nível sonoro de pico de ponderação C (Pico C) e pico de Full Scale não ponderada do nível de sinal. Para os níveis de SPL, o Smaart usa a leitura máxima registada durante cada intervalo de registo. Os níveis Leq são simplesmente o Leq quando cada linha do arquivo foi escrita.

Além dos dados SPL e Leq, níveis C-A para cada período de Leq são calculados para cada intervalo de registo e quatro colunas adicionais registram a entrada de eventos de alarme, sobrecargas e redefinições de buffer de Leq. Níveis C-A são simplesmente a diferença entre a Leq de ponderação A com ponderação C, que fornece uma estimativa aproximada do conteúdo de baixa frequência dos sons que estão sendo medidos. Alarmes, sobrecargas, e redefinição de Leq são marcados por um asterisco.

Os arquivos de registro são denominados automaticamente com a data e a hora (Ano, Mês, Dia, Hora, Minuto), seguido pelo dispositivo de entrada e apelido do canal atribuídos em I-O Config.

Arquivos de dados de registro: **AAAAMMDD.HHMM.NomeDoDispositivo.NomeDaEntrada.dado.txt**

Arquivos de registro completos: **AAAAMMDD.HHMM.NomeDoDispositivo.NomeDaEntrada.txt**

Enquanto o registo está em andamento, o arquivo de dados de registro conterá apenas a tabela dos dados. Quando você desativar o registro ou sair do Smaart normalmente, os blocos do cabeçalho são escritos e os arquivos são renomeados automaticamente. No caso de queda do programa ou do sistema ou perda de energia, os cabeçalhos não serão escritos, mas todos os dados coletados podem ainda ser encontrados no arquivo de dados.

Os arquivos de cabeçalho são compostos de informações sobre o ambiente, níveis máximos e contagens de eventos. Dados do ambiente incluem a data de criação do arquivo, os nomes do operador, local e empresa do diálogo *Log Config*, nomes do canal e do dispositivo de entrada, data de calibração, se

conhecidos, e o número da versão do Smaart. Datas de calibração para cada canal de entrada são baseados na última vez em que a compensação de calibração do canal foi alterada e armazenada no arquivo de configuração do Smaart. A seção dos níveis máximos e resumos de eventos incluem os níveis de alarme 1 e alarme 2 especificados em *SPL Config*, o número total de vezes que cada alarme foi disparado e o número total de vezes que o canal de entrada foi sobrecarregado, juntamente com os níveis máximos gravados em todo o registro para cada tipo de SPL e Leq.

Se o dispositivo de entrada sendo registrado for um 10EaZy da SGAudio Aps, mais um bloco de informações irá aparecer no cabeçalho contendo definições da seção *10EaZy Maximum Average Manager Config* em *SPL Config*, o tipo de calibração (de fábrica ou do usuário) e o número de vezes que o limite especificado para o MAM foi excedido.

# Calibração de Nível Sonoro

Para calibrar um ou mais canais de entrada para medições de nível sonoro (SPL ou LEQ) no Smaart, pressione [Alt] + [A] no teclado ou selecione *I-O Config* no menu *Config* para abrir a caixa de diálogo *Configurator* na página *I-O Config.* Em *I-O Config*, selecione o dispositivo de entrada e canal que deseja calibrar e clique no botão *Calibrate* na parte inferior da página abaixo da tabela de canais. Isto abre o diálogo *Amplitude Calibration*.

Na parte superior da caixa de diálogo de calibração há três seletores drop list para dispositivo de entrada (*Input Device*), Canal de Entrada (*Input Channel*) e microfone (*Microphone*). Certifique-se de que o dispositivo e canal que deseja calibrar estão selecionados – caso contrário, você pode alterar as seleções. Se o dispositivo de entrada em que estiver trabalhando for um Smaart I-O, o seletor *Microphone* torna-se disponível também, caso contrário estará desabilitado.

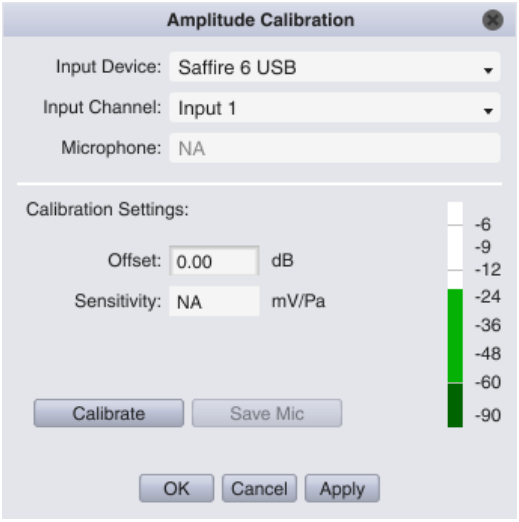



*Figura 52: O diálogo Amplitude Calibration*

## Calibração com um Calibrador de Nível Sonoro

No reino do áudio digital, a única referência real que temos para valores de amplitude é o quão grande são em relação ao maior número que se pode obter de uma palavra de amostra de um determinado número de bits. Por exemplo, uma palavra de amostra de um número inteiro de 24 bits proporciona uma amplitude PCM máxima de +/- 8388607 ($2^{23}$ - 1). Nós geralmente normalizamos estes números em full scale para +/- 1, para que uma full scale seja 0 dB e todas as amplitudes menores sejam números negativos em escala de decibéis. A fim de relacionar a referência de amplitude interna para um certo número de volts ou Pascais de pressão no mundo real, é preciso calibrá-lo para um sinal de amplitude conhecida – e para fazer *isso* com um microfone precisamos de um sinal *acústico* de amplitude conhecida. Aqui entra um calibrador de nível sonoro.

Calibrar um canal de entrada e um microfone de medição para SPL usando um calibrador de nível sonoro é um processo de dois passos que consiste em:

- Medir o nível de sinal da full scale digital de um microfone com o calibrador de nível de som acoplado a ele, e
- Atribuir o valor de amplitude de referência do nível de som do calibrador para a amplitude medida em full scale.

Para medir o nível de sinal de entrada você precisa:

1. Ligar um microfone no canal de entrada que você deseja calibrar.
2. Anexar seu calibrador de nível sonoro ao microfone.
3. Ligar o calibrador e ajustar o ganho em seu canal de entrada para o nível desejado.
4. Clicar no botão *Calibrate* na caixa de diálogo *Amplitude Calibration* para rodar o procedimento de calibração do Smaart.

Mas antes de fazer isso, tenha em mente que uma vez calibrado, você precisa deixar o ganho de entrada exatamente onde está para manter a calibragem (exceto se estiver usando um Smaart I-O) então um pouco de planejamento vai evitar que você tenha que repetir esse processo depois. Duas coisas a se considerar são os sons mais altos que você precisa medir e a maior taxa de SPL de seu microfone.

Se seu microfone tivesse uma taxa máxima de 120 dB SPL, então você precisaria de um microfone diferente para medir sons mais altos que isso. Por outro lado, se seu microfone tiver uma taxa de 140 dB, então, com sorte, você não vai precisar chegar perto disso e talvez queira escolher um valor menor como máximo. O que quer que decida por max SPL subtraia do nível de referência de seu calibrador (ex. 94, 104, ou 114 dB) e se o resultado for negativo, então esta é sua amplitude máxima em *full scale* para calibração. Se sua amplitude em full scale alvo for 0, então 0dB em full scale será seu máximo absoluto, mas talvez você queira pensar em algo como -1 ou -2 dB FS, apenas para se certificar que não irá clipar durante a calibragem.

O diálogo *Amplitude Calibration* possui um medidor de nível de entrada que mostra o nível de sinal de pico em full scale do canal selecionado (ver ***Error! Reference source not found.***). Com seu calibrador rodando, ajuste o ganho do canal de entrada para seu nível alvo de amplitude em full scale e então clique no botão *Calibrate*. O diálogo *Calibration Progress* irá aparecer, o Smaart mede o sinal de entrada pelo período de alguns segundos e então reporta o nível de sinal em full scale. Se estiver contente com o resultado, certifique-se que o valor no campo *Set this value to* no diálogo seja o mesmo do nível de referência de seu calibrador e então clique em *OK*.

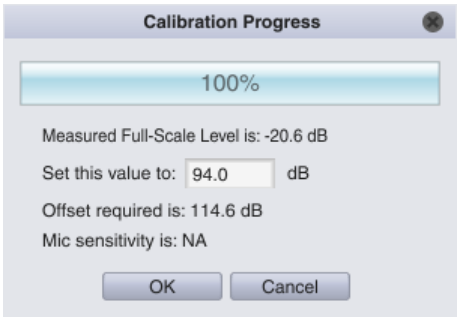



*Figura 53: Diálogo de Progresso de Calibração de nível sonoro.*

De volta ao diálogo *Amplitude Calibration*, você vai ver que o Smaart calculou o valor de compensação necessária para calibrar a entrada selecionada para SPL. Se o dispositivo de entrada for um Smaart I-O, o campo *Sensitivity* será preenchido também. Se estiver usando um Smaart I-O, você pode clicar no botão *Save Mic* e dar-lhe um nome e o Smaart irá selecionar o nome do novo microfone automaticamente.

Caso contrário, terminamos. Você pode clicar em OK para sair da caixa de diálogo ou no botão *Apply* e selecionar outra entrada para calibrar.

## *Calibração Baseada em Sensibilidade de Microfones (Usuários Smaart I-O)*

O Smaart I-O é um caso especial para calibração porque o Smaart conhece a sensibilidade elétrica de suas entradas e pode ler as configurações de ganho de seu pré-amplificador. Isto faz com que seja possível calcular a sensibilidade combinada do pré-amplificador e do microfone, desde que a sensibilidade do microfone seja conhecida. Quando o dispositivo de entrada selecionado no diálogo *Amplitude Calibration* for um Smaart I-O, um controle de ganho e botão de phantom power aparecem ao lado do medidor de nível de entrada e os campos do seletor de microfone e de sensibilidade são habilitados.

Microfones de medição muitas vezes vêm com dados de sensibilidade e resposta de frequência medidos individualmente, por isso, se você conhece a sensibilidade do seu microfone em milivolts por Pascal, você pode simplesmente digitar o número no campo *Sensitivity* e pressionar a tecla [Enter] no teclado para definir a alteração. O Smaart irá calcular a compensação necessária para a calibração de SPL. Se não souber a sensibilidade de seu microfone, você pode seguir o procedimento de *calibração com um calibrador de nível sonoro* (acima) para medi-la. De qualquer maneira, uma vez que tiver o valor de sensibilidade preenchido, você pode clicar no botão *Save Mic*, para dar-lhe um nome e salvá-lo em sua lista de microfones. Você então será capaz de calibrar a entrada do Smaart I-O para este microfone no futuro selecionando seu nome da lista *Microphone* no *I-O Config* ou na caixa de diálogo *Amplitude Calibration*.

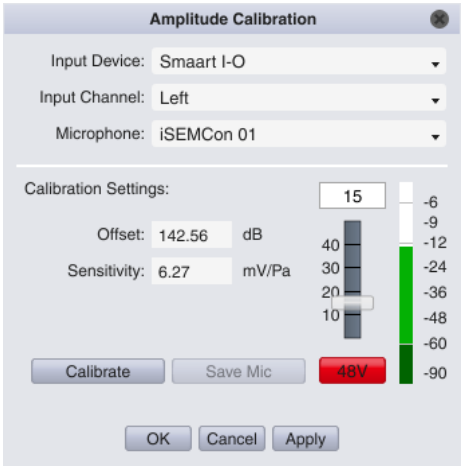



*Figura 54: O diálogo Amplitude Calibration com controles de ganho e phantom power para um canal de entrada Smaart I-O.*

# Capítulo 4: Interface de Usuário em Modo de Tempo Real

## Layout de Janela Principal do Modo de Tempo Real

Na primeira vez que você rodar o Smaart, você verá uma tela parecida com esta abaixo, exceto que tomamos algumas liberdades por motivos de apresentação. Alternamos do padrão de cor escuro para o de maior contraste (menu *View* > *High Contrast*), há duas medições ao vivo preparadas e rodando e capturamos alguns traços na Barra de Dados.

*Figura 55: Anatomia do layout da janela principal para o modo de tempo real*

### 1 Barra de Abas

O Smaart pode ser executado em várias janelas e cada janela pode hospedar várias áreas de trabalho em guias que nos referimos simplesmente como abas. Cada aba inclui suas próprias medições, layout de tela, atribuições de gráfico e seleções de exibir/ocultar dados de arquivos. É possível alternar entre as abas clicando nos botões em formato de aba abaixo da barra do menu na área chamada Barra de Abas.

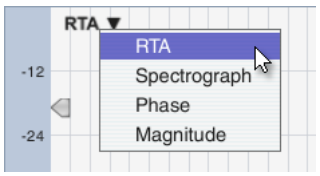
Você pode mover uma aba de uma janela Smaart para outra clicando em seu botão na Barra de Abas com o mouse e arrastá-la para outra janela, em seguida, soltar o botão do mouse para libera-la.

Se não estiver usando múltiplas abas em uma janela ou não estiver alternando entre abas muito frequentemente, a Barra de Abas pode ser ocultada para abrir um pouco de espaço para gráficos ao selecionar *Tab Bar* no menu *View* ou pressionar a tecla [A] em seu teclado. Repetir qualquer uma dessas ações irá restaurar a Barra de Abas quando oculta. Note que quando a barra de abas estiver oculta, você ainda pode alternar entre as abas usando o seletor *Tab* na Barra de Controle.

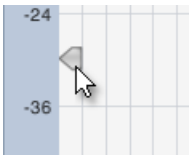
## 2 Leitor de Cursor

Quando dados de medição estiverem presentes em um gráfico, o Leitor de Cursor mostra coordenadas numéricas correspondentes a localização do cursor conforme você mover o mouse sobre as áreas gráficas. Coordenadas numéricas são fornecidos aqui para a localização do cursor em unidades de amplitude/magnitude e frequência ou de tempo, conforme aplicável para o tipo de gráfico. O leitor de cursor funciona da mesma forma para todos os tipos de gráfico no Smaart e é coberto em detalhes na seção *Elementos Comuns de Interface de Usuário* do capítulo 2 na pág. 28.

## 3 Área Gráfica Principal




A área gráfica principal em modo de tempo real pode ser dividida em um ou dois painéis gráficos principais (além do painel *Live IR* opcional para displays de função de transferência) usando os botões de controle de display na parte inferior da Barra de Controle ou carregando uma *exibição pré-configurada* no menu *View.* Painéis da área gráfica principal podem ser designados a qualquer dos quatro tipos de gráfico de frequência em tempo real (RTA, Espectrógrafo, Função de Transferência, Magnitude ou Fase) usando o menu drop list que aparece à esquerda superior de cada painel gráfico. Para o painel Live IR é possível escolher entre três tipos de gráfico de domínio de tempo; resposta ao impulso com amplitude em escala linear ou logarítmica ou Curva Envelope de Tempo (ETC).

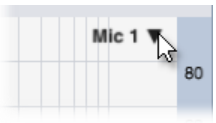



Os dois ícones em forma de ponta de seta que você pode ver posicionados na extremidade esquerda dos gráficos RTA e Espectrógrafo são os controles de threshold do Espectrógrafo. É possível clicar e arrastar com o mouse para ajustar valores máximos e mínimos do alcance dinâmico do threshold do espectrógrafo. Um ícone semelhante que aparece à direita superior nos gráficos de função de transferência de magnitude é usado para definir o threshold de supressão pela coerência.

Quando uma ou mais medições ao vivo ou traços de dados armazenados estão presentes em um gráfico, o nome do traço mais à frente na sequência de ordem do eixo *z* (também chamamos este de traço superior) aparece no canto superior direito do painel gráfico. Você pode também circular entre a ordem *z* de um gráfico pressionando a tecla [Z] ou usar [Shift] + [Z] para circular na outra direção. Se

houver uma curva de ponderação aplicada à medição, o nome da curva de ponderação aparece abaixo do nome da medição.

### *Legendas de Gráfico*




Clicar no nome do traço frontal abre a caixa de legenda do gráfico que lista todas as medições ao vivo e traços capturados que estiverem visíveis atualmente no gráfico. Clicar em qualquer lugar na janela Smaart fora da caixa de legenda irá fecha-la. Traços de medições ao vivo aparecem na legenda como botões redondos enquanto traços capturados são representados como ícones de arquivo (uma folha com um canto dobrado). Um traço é sempre selecionado – normalmente o que estiver no topo da lista – e a *medição ao vivo ativa* no momento é indicada por um contorno em volta dela.

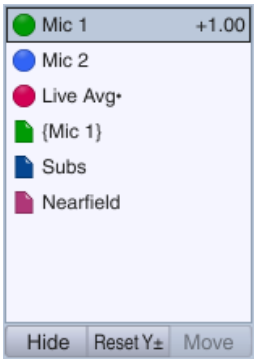



*Figura 56: Caixa de legenda para um gráfico de Função de Transferência.*

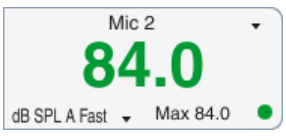
Cada ícone na legenda é colorido para corresponder a cor do display do traço de dados correspondente no gráfico. Se qualquer traço tiver uma curva de ponderação nele aplicada, um pequeno ponto (•) é anexado ao nome do traço para indicar. Quando um traço é exibido com offset vertical (o eixo *y*), o valor de compensação em decibéis é exibido à direita do nome. Um traço de função de transferência invertido é mostrado com seu nome entre chaves (ex., "{Mic 1}" na Figura 56:).

Você pode ocultar uma medição clicando em seu ícone. Quando o fizer, o traço é removido do gráfico e um "X" é desenhado em seu ícone na barra de controle se for uma medição ao vivo, ou no painel da biblioteca de dados da Barra de Dados se for um arquivo capturado. Clicar no ícone de um arquivo ou medição ao vivo oculto restaura sua visibilidade no gráfico.

Clicar no *nome* de um traço ao vivo ou capturado na caixa de legenda seleciona o objeto e move-o para o topo da lista da legenda. Isto também o torna o traço mais acima na ordem do eixo-*z* do(s) gráfico(s) correspondente(s). Você pode selecionar vários traços segurando a tecla [Ctrl/Cmd] enquanto clicar em seus nomes com o mouse, ou segurar a tecla [Shift] enquanto clicar para selecionar um grupo contínuo de objetos.

Abaixo da lista da legenda há três botões. O botão *Hide* oculta um traço ou grupo de traços selecionado e os remove do gráfico. O botão *Reset Y±* limpa todas as compensações verticais aplicadas a qualquer traço de dados ao vivo ou capturado. Essa ação pode ser desfeita enquanto a legenda continuar aberta ao clicar no botão *Reset Y±* novamente, desde que nenhuma nova mudança seja feita nas compensações do traço enquanto isso. Quando dois gráficos do mesmo tipo forem selecionados, o botão *Move* movimenta um traço ou medição selecionado do gráfico atual para o outro.

## 4 Medidor SPL (ou Relógio)




O grande leitor numérico que aparece (por padrão) na parte superior da barra de controle no canto superior direito da cada guia pode ser configurado para funcionar como um medidor de Nível de Pressão Sonora (SPL), um medidor integrado de Nível de Som Equivalente ($L_{EQ}$), um medidor de pico de sinal

calibrado para Full Scale Digital normalizada, ou como um relógio. Quando o medidor de nível é exibido, pressionar a tecla [K] no seu teclado alterna a exibição para um relógio e vice-versa. Este display pode ser ocultado se você não precisar dele, selecionando *SPL Meter* no menu *View* pressionando [Alt/Option] + [K] no seu teclado. Quando oculto, repetir qualquer uma destas ações irá restaurá-lo.

O medidor em aba de Nível de Sinal / Nível Sonoro opera de forma quase idêntica a um módulo medidor na janela *SPL Meters*. Ambos são abordados em detalhes na seção *Medição de Nível Sonoro* na página 41. Observe que, a fim de realizar medições $L_{EQ}$ ou SPL precisas, a entrada a ser monitorada tem de ser calibrada para SPL. Consulte *Calibração de Nível Sonoro* na página 69 para mais informações.

## 5 Barra de Controle

A Barra de Controle em tempo real abriga controles de medição ao vivo do gráfico ativo, gerador de sinal e controles do display principal para medições de tempo real em domínio de frequência e *Live IR*. A Barra de Controle e Medidor SPL dentro de Aba (quando presente) podem ser ocultados ao clicar no botão triangular na borda entre a Barra de Controle e a Área Gráfica. Este botão permanece visível na margem da janela quando a Barra de Controle está oculta e clicar neste botão novamente irá restaurá-la. Você também pode ocultar ou restaurar a barra de controle por meio do comando *Control Bar* no menu *View* ou pressionando a tecla [O] no seu teclado.

### *Controles de Medição ao Vivo*

A Barra de Controle propriamente consiste em controles de medição ao vivo do gráfico ativo (ver *Painel Gráfico Ativo* na página 30). Quando o gráfico ativo for um RTA ou Espectrógrafo, essa área contém controles para medição de espectro. Se o gráfico ativo for de magnitude de função de transferência, Fase ou *Live IR*, então os controles de medição de função de transferência aparecem aqui.

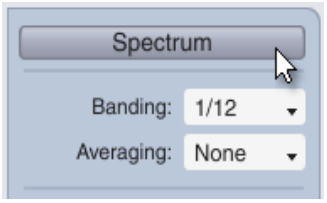



*Figura 57: Controles da medição ativa para uma medição de espectro.*

O ícone na parte superior dessa seção indica qual tipo de display (*Spectrum* ou *Transfer Function*) está ativo no momento. Observe que este ícone se torna um botão quando o cursor do mouse passa por ele. Clica-lo abre as opções de Espectro ou Função de Transferência, dependendo do gráfico ativo atual.

O primeiro grupo de controles aplica-se à medição ativa, quer dizer, a medição mais à frente no gráfico ativo. A medição ao vivo ativa no momento é indicada pela cor de fundo de seu bloco de controle na parte inferior da faixa de controle. No exemplo mostrado aqui, a medição marcada como *"Mic 1 TF*" está ativa.

*Figura 58: Controles de medição ativos de medição de função de transferência.*

- Os controles de medição ativa de uma medição de espectro consistem em seletores de *Banding* e de *Averaging*.
- Para medições de função de transferência, o conjunto de controles inclui um seletor de *Média* e dois controles de suavização separados para dados de fase (*Phase Smooth*) e de magnitude (*Mag Smooth*).

Se a medição ativa atual usa as configurações globais para cálculo da média, bandeamento ou suavização (conforme o caso), então as mudanças nessas configurações afetarão todas as medições do mesmo tipo que também usam as configurações globais. Se a medição ativa atual *não* estiver submetida às seleções globais para uma dada configuração, então o seletor afeta apenas a medição ativa. Para obter mais informações sobre esses parâmetros, consulte as configurações de medição do espectro e medições de função de transferência em *Configurações de Medição*.

Abaixo dos controles de medição ativos estão os controles de medição de abas e blocos de controles individuais para os mecanismos de medição ao vivo. O seletor *Tab* pode ser usado para alternar entre abas, se a barra de abas estiver oculta. O botão à sua direita com o ícone do martelo e chave inglesa abre a página *Measurement Config* no diálogo *Configurator*.

Ambas medições de Espectro e Função de Transferência possuem botões de *parar todos* (■) e *rodar todos* (►) abaixo do seletor *Tab* que liga e desliga todas as medições da aba. Controles de medição de Função de Transferência em abas também incluem botões *All Track* e *No Track* que habilitam ou desabilitam a captura de delay para cada medição na aba (ver *Alternar Captura de Delay* para maiores informações).

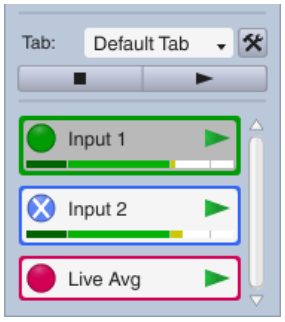



*Figura 59: Controles de medição ao vivo para duas medições de espectro (acima) e uma média ao vivo.*

A parte inferior da seção de controles de medição ao vivo é uma área de rolagem contendo blocos de controle para cada medição individual da aba. Se houver mais medições configuradas do que puderem caber, uma barra de rolagem aparecerá para que se possa rolar entre a lista.

Os blocos de controle diferem um pouco dependendo do tipo de medição. Cálculo de médias ao vivo (espectro ou função de transferência) consistem apenas no nome da medição, um botão de exibir/ocultar e um botão rodar/parar (►). A cor do botão exibir/ocultar e a cor da borda do bloco de controle correspondem à cor do display do traço de dados associado nos gráficos RTA e de função de transferência e seus ícones correspondentes nas legendas de gráfico. *Estes elementos são comuns a todos os tipos de medições ao vivo.*

Aos de cima, adicionamos um medidor de nível de entrada para medições de espectro de canal único. As medições da função de transferência em canal duplo têm dois medidores de nível de entrada (identificados como“*M*” e “*R*” para canais de medição e de referência), um campo de tempo de delay, e um indicador de captura de delay (●). É possível clicar no campo de tempo de delay para editá-lo e digitar um novo tempo (em milissegundos), então pressionar a tecla [Enter].

Quando uma medição de função de transferência em canal duplo for a medição ativa, uma fileira adicional de botões aparece abaixo da base de controle, marcados *Find*, *Track*, e -|+ (ver Figura 60:). O botão *Find* inicia o *Delay Finder* da medição selecionada, um procedimento automatizado para encontrar delays de sinais de alinhamento (ver *Delay Finder Ativo* para maiores informações). O botão *Track* habilita a captura de delay, o que na verdade mede novamente e ajusta o delay do sinal de medição a cada nova atualização da medição – é possível também ligar ou desligar a captura de delay ao clicar no indicador de captura (●). Os botões de mais ou menos (-|+) aumentam/diminuem o tempo de delay por uma unidade especificada nas opções de Delay. O padrão é uma amostra (cerca de 21 microssegundos por clique em taxa de amostragem de 48k).

*Figura 60: Blocos de controle para medições de função de transferência.*

Clicar no botão (▶) para rodar uma medição ao vivo inicia a medição. Clicar no botão novamente quando a medição estiver rodando a interrompe. O botão de execução fica verde quando a medição está sendo executada e cinza quando é interrompida. Observe que quando você começar uma média ao vivo, pelo menos uma das medições que compõem a média também deve estar em execução, a fim de ver quaisquer dados nos gráficos.

Observe que quando você parar uma medição de canal único ou canal duplo ao vivo, o Smaart a esconde automaticamente e um "X" aparece em seu botão exibir/ocultar. Se desocultar uma medição interrompida clicando em seu botão exibir/ocultar, você verá o último dado capturado nos gráficos aplicáveis. Esta pode ser uma forma conveniente de "congelar" um traço para melhor inspeção sem capturar um traço de dados salvo.

## *Controles de Gerador de Sinal*

O próximo grupo de controles na Barra de Controle é do gerador de sinal. O ícone no topo desta seção é outro botão flutuante (torna-se um botão quando o cursor do mouse passa sobre ele). Clica-lo abre o diálogo *Signal Generator*, que contém mais opções para o gerador de sinal do que caberiam na Barra de Controle (ver *O Gerador de* Sinal na página 36 para maiores informações). Abaixo do nome há um seletor de tipo de sinal (*ruído rosa* é selecionado no exemplo mostrado aqui) e um campo de nível de saída que mostra o nível de saída atual em full scale de dB normalizada. O botão *On* liga ou desliga o gerador – ele brilha um vermelho forte quando o gerador está em execução. Os botões menos e mais (-|+) à direita do nível de saída diminuem ou aumentam o nível de saída por 1 dB.

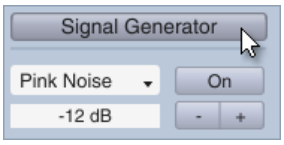



*Figura 61: Controles do Gerador de Sinal na Barra de Controle.*

Os controles padrão do gerador de sinal podem ser substituídos com uma versão mais compacta ao selecionar *Compact Signal Generator* do menu *View*. No layout compacto, o tipo de sinal atual é indicado no botão que liga e desliga o gerador e clicar no leitor de nível numérico no centro abre o painel de controle do *Gerador de Sinal.*

### *Controles do Display Principal*

O último grupo de controles na faixa de controle ao lado direito da janela do modo em tempo real é dedicada às funções de exibição de dados. Começando da esquerda superior da tela exibido aqui à direita:

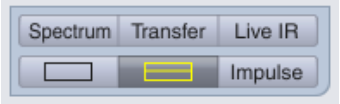
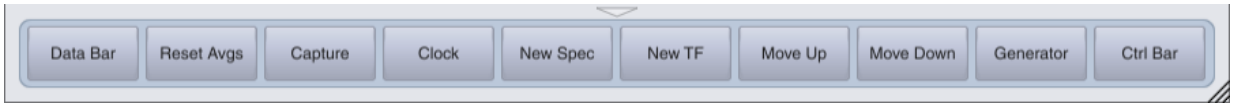



*Figura 62: Botões do display principal para o modo de tempo real.*

- O botão *Spectrum* é na verdade uma exibição codificada padrão que coloca o gráfico em um painel único, carregando o gráfico RTA para ele. É possível retornar a essa exibição pressionando a tecla [S] ou selecionando *Spectrum* no menu *View*.
- O botão *Transfer Function* é outra exibição padrão que divide o gráfico em dois painéis e carrega os displays de função de transferência de Fase e Magnitude. A exibição padrão *Transfer* é acessada do menu *View* ou pressionando [T] no teclado. Observe que existem também 10 exibições pré-configuráveis no menu *View* (sete das quais vêm pré-configuradas por padrão). As exibições *Spectrum* e *Transfer* receberam tratamento especial porque simulam os modos de espectro e função de transferência em versões anteriores do Smaart e Smaart Live.
- O botão *Live IR* apresenta o painel de resposta ao impulso ao vivo quando qualquer um dos gráficos de domínio de frequência de função de transferência (Magnitude ou Fase) estiverem visíveis.
- Os dois botões marcados com retângulos dividem a área principal em um ou dois gráficos: um retângulo, um painel; dois retângulos, dois painéis. A Figura 62: mostra a opção de painel duplo selecionada.
- O botão *Impulse* sai do modo tempo real e alterna o Smaart para modo de Resposta ao Impulso (não confundir com *Live IR*). Note que no modo de resposta ao impulso, o botão *Impulse* muda para um botão *Real Time* que lhe traz de volta para o modo de tempo real.

## 6 Barra de Comando




A barra de comando é uma barra de botões configuráveis pelo usuário que se encontra ao longo da parte inferior de uma janela do Smaart. Você pode ocultar e restaurá-la através do botão triangular centralizado na margem logo acima dela. O botão exibir/ocultar permanece visível na margem da janela quando a barra de comando está oculta e clicar neste botão novamente irá restaurá-la. Também é possível ocultar ou restaurar a barra de comando, selecionando *Command Bar* no menu *View* ou pressionando a tecla [U] no seu teclado. Para personalizar a barra de comando, selecione *Command Bar Config* no menu *Config* (ver *Configuração da Barra de Comando* na página 39 para detalhes).

## 7 Barra de Dados

A Barra de Dados, que normalmente aparece à esquerda da janela Smaart principal em modo de tempo real é dedicada ao armazenamento e gerenciamento de “snapshots” capturados de traços ao vivo (usuários antigos do Smaart o conhecem por “traços de referência”). A barra de dados é essencialmente uma janela para as pastas de arquivos onde seus traços de dados capturados do Smaart do tipo de

gráfico ativo no momento são arquivados. O botão triangular na margem entre a barra de dados e a área gráfica oculta a barra de dados – assim como o comando *Data Bar* no menu *View*, ou pressionar a tecla [B] em seu teclado. O botão exibir/ocultar permanece visível na margem da janela quando a Barra de Dados estiver oculta e clicar nesse botão de novo quando a barra de dados estiver oculta irá restaurá-la, assim como o comando de menu *Data Bar* ou o atalho de teclado.

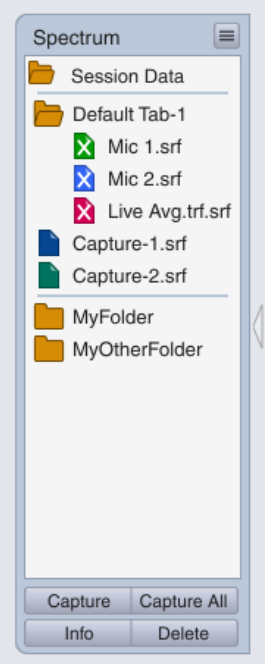



*Figura 63: Barra de Dados para dados de medição de Espectro*

A barra de dados mostra apenas um tipo de arquivo por vez; dados de espectro ou função de transferência, dependendo da seleção de gráfico ativo na área gráfica. O título no topo da Barra de Dados diz que tipo de arquivos estão sendo mostrados no momento. A parte central da Barra de Dados lista os arquivos e pastas em sua biblioteca de dados atual que correspondem ao tipo de gráfico ativo. Cada ícone dos arquivos é colorido para corresponder à cor no display do traço de dados salvo no arquivo. Um "X" aparece nos ícones para arquivos que não estão sendo exibidos no momento no gráfico ativo.

Você pode organizar seus arquivos de dados usando pastas e arrastar arquivos de uma pasta para outra, da mesma forma como faria em qualquer janela de sistema de arquivos em seu computador e você pode arrastar arquivos da barra dados em um gráfico compatível na área gráfica para exibi-los. Observe que uma pasta está sempre "fixa" no topo do painel da biblioteca. Chamamos essa pasta de "pasta de sessão"

A pasta de sessão é o destino de novos dados capturados e quaisquer novas pastas que você criar durante sua sessão do Smaart no momento. Você pode mudar a pasta de sessão ao clicar no botão (de três linhas) do menu no canto superior direito da Barra de Dados e selecionar *New Session Folder* no menu ou arrastar uma pasta existente para a primeira posição no painel da biblioteca de dados com o mouse e então solta-lo. Criar uma nova pasta de sessão automaticamente muda as pastas da sessão para ambos os dados de espectro e função de transferência e as pastas de sessão anteriores tornam-se pastas de arquivos comuns. Arrastar e soltar uma pasta já existente para torná-la a pasta de sessão funciona de maneira semelhante, exceto que a mudança se aplica apenas ao tipo atual dos dados.

Na parte inferior da Barra de Dados há quatro botões chamados *Capture*, *Capture All*, *Info* e Delete.

O botão *Capture* captura um novo arquivo de traço de dados da medição ao vivo ativa (desde que ao menos uma medição ao vivo esteja rodando). Será solicitado um nome para o traço capturado.

O botão *Capture All* captura todas as medições que estiverem rodando no gráfico ativo da área gráfica. Será solicitado especificar um nome de pasta a ser criada na pasta de sessão para conter os arquivos dos traços capturados. Cada traço capturado é nomeado de acordo com a medição ao vivo da qual foi capturada.

O botão *Delete* apaga permanentemente o arquivo selecionado, ou grupo de objetos selecionados no painel da biblioteca. Você pode selecionar diversos arquivos no painel da biblioteca, seja segurando a tecla [Ctrl/Cmd] enquanto clicar nos ícones dos arquivos com o mouse (para selecionar um grupo aleatório de arquivos), ou segurar a tecla [Shift] enquanto selecionar uma extensão contínua de objetos. Observe que apagar uma pasta automaticamente apaga todos os arquivos e pastas que contém.

O botão *Info* abre o diálogo *Trace Info* de um arquivo de dados selecionado, onde você pode rever e editar as propriedades do arquivo. Por favor, consulte *Diálogo Trace Info* na página 84 para mais detalhes.

## Menus da Barra de Dados

O botão (de três linhas) do menu na parte superior direita da Barra de Dados abre um menu com os seguintes comandos relativos aos arquivos de traço de dados capturados. Note que vários destes mesmos comandos também são acessíveis pelo contexto do menu pop-up quando clicar com o direito ([Ctrl]+clique no Mac) em um arquivo no painel da biblioteca da Barra de Dados. A disponibilidade de comandos individuais em ambos os menus depende de alguma forma de sua(s) seleção(ões) atual(is) no painel da biblioteca de dados da Barra de Dados.

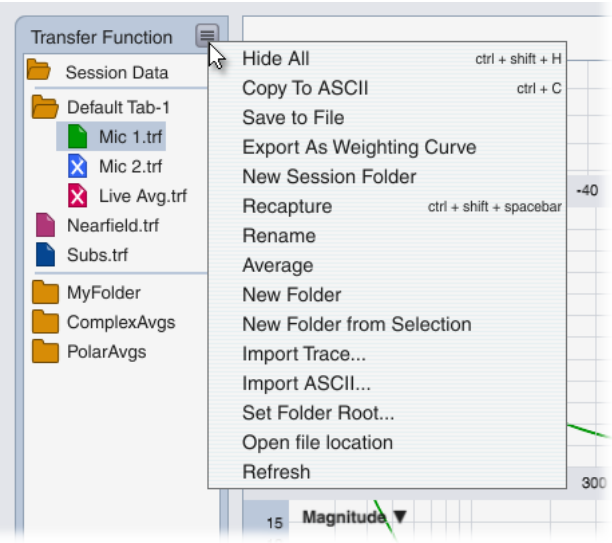



*Figura 64: Menu da Barra de Dados*

*Hide All* configura o estado de todos os traços do gráfico associado como oculto, como se passado pela lista e clicado no ícone de cada traço visível para marcar todos em "X". Este comando faz a mesma coisa que o comando *Captured Data Traces* > *Hide All* ([Ctrl/Cmd] + [H]) no menu *Command*.

*Copy to ASCII* copia os traços de dados de um arquivo selecionado para a área de transferência do sistema operacional em texto ASCII separado por abas, adequado para colar em uma planilha, editor de texto ou outro programa que aceite texto ASCII. Dados ASCII de espectro exportados consistem em duas colunas – frequência e magnitude – além de cabeçalhos de colunas. Traços de função de transferência incluem frequência, magnitude, fase e coerência para cada frequência. Se quiser salvar os dados em um arquivo de texto, você pode simplesmente colá-lo em um editor de texto como o Notepad (Windows) ou TextEdit (Mac) e então salvar o arquivo.

*Save to File* salva uma cópia dos traços selecionados para um local diferente da Biblioteca de Dados (onde já está salva). Selecionar este comando abre um diálogo *Browse For Folder* onde pode-se escolher ou criar uma pasta onde quiser colocar a nova cópia.

*Export as Weighting Curve* cria uma nova curva de ponderação de um traço de função de transferência capturado. Será possível então aplicar a curva de ponderação às medições ao vivo em *Measurement Config* ou aos traços capturados no diálogo *Trace Info* – ver *Curvas de Ponderação* na página 87 para

mais informações. Este comando só está presente no menu quando o gráfico ativo for um gráfico de função de transferência de *Magnitude*, *Fase* ou *Live IR*.

*New Session Folder* cria novas pastas de sessão para ambos arquivos de dados de espectro e função de transferência. A pasta de sessão é sempre fixa no topo do painel da biblioteca de dados da Barra de Dados e é o destino de todos os novos traços capturados e quaisquer novos arquivos criados durante sua sessão Smaart. Selecionar este comando abre uma caixa de diálogo pedindo um nome para a pasta. Quando clicar no botão *OK* no diálogo, novas pastas de sessão com o nome especificado são criadas para ambos os dados de espectro e função de transferência. Suas pastas de sessão anteriores de ambos os tipos de dados são "rebaixadas" para pastas de arquivo comuns em sua biblioteca de dados.

*Recapture* substitui os dados no traço de dados selecionado por novos dados de medição capturados da medição ao vivo ativa do gráfico ativo.

O comando *Rename* torna o nome de um arquivo selecionado ou pasta no painel *Data Library* editável, para que você possa mudá-lo. Lembre-se de pressionar a tecla [Enter] em seu teclado depois de digitar um novo nome para definir a mudança.

O comando *Average* faz uma de duas opções, dependendo da(s) seleção(ões) atual(is) no painel da biblioteca de dados da Barra de Dados. Se uma pasta e/ou vários arquivos de traços de dados forem selecionados, o Smaart oferece calcular a média dos traços selecionados, incluindo todos os traços contidos em qualquer pasta selecionada. Para selecionar mais de um arquivo ou pasta na biblioteca de dados, você pode segurar a tecla [Ctrl/Cmd] em seu teclado enquanto clicar nos objetos que quiser selecionar com o mouse, ou segurar a tecla [Shift] enquanto selecionar o início e final de um grupo contínuo de objetos. Se um único arquivo de traço de dados for selecionado ou não houver seleção no momento, este comando abre a versão integral do diálogo *Trace Average*, onde você pode selecionar arquivos individuais de traço de dados ao clicar nos ícones de verificação próximos aos seus nomes. Para mais informações sobre média de traços, consulte *Cálculo de Média de Traço de Dados Capturados* na página 86.

O comando *New Folder* cria um novo subdiretório vazio em sua pasta atual de sessão. O nome padrão da nova pasta é automaticamente selecionado para edição, para que você simplesmente comece a renomea-lo, e então pressionar a tecla [Enter] para definir a mudança.

Quando um ou mais arquivos ou pastas forem selecionados no painel da biblioteca de dados da Barra de Dados, o comando *New Folder from Selection* cria uma nova pasta na pasta de sessão e move os objetos selecionados para dentro dela em uma operação. O nome da nova pasta é automaticamente selecionado para edição ao criar a pasta de forma que você pode simplesmente começar a digitar para renomea-la. Quando terminar de editar o nome da pasta pressione a tecla [Enter] para definir a mudança. Observe que todos os arquivos e pastas selecionados para esta operação devem estar dentro ou fora da atual pasta da sessão.

*Import Trace* faz o mesmo que o comando *Import* > *Trace Data File* no menu *File.* Pode ser usado para copiar dados de arquivos de outros lugares para sua biblioteca de dados do Smaart e pode converter arquivos .ref de versões anteriores do Smaart, Smaart Pro ou SmaartLive em arquivos .srf ou .trf do

Smaart 8. Selecionar este comando abre o diálogo *Load Reference File*, onde você pode navegar e selecionar o(s) arquivo(s) que quiser importar. Observe que este diálogo mostra apenas arquivos de dados nativos que correspondem à seleção do gráfico ativo na janela Smaart ativa. Se o gráfico ativo for um gráfico de função de transferência (de magnitude, fase ou *Live IR*), você verá apenas arquivos .trf. Se for um RTA ou Espectrógrafo, irá mostrar apenas arquivos .srf. Arquivos .ref de versões anteriores do Smaart podem ser de ambos os tipos. Não há como distinguir o tipo de dados olhando o nome do arquivo, por isso se você selecionar um arquivo .ref para importar e nada acontecer, tente trocar o tipo de gráfico. Note que o Smaart não pode abrir arquivos de referência *em grupo (.rgp)* de versões anteriores do Smaart Pro ou SmaartLive. Apenas traços de referência individuais (.ref) podem ser importados.

O comando *Import ASCII* lê os dados de um arquivo de texto ASCII e os converte em um arquivo de traço de dados de espectro ou função de transferência. Este comando funciona da mesma maneira que o comando *Import* > *Import ASCII* do menu *File.* Por favor, consulte *Importar ASCII* na página 86 para mais detalhes.

O comando *Set Root Folder* é usado para especificar o diretório principal de sua biblioteca de dados do Smaart. Selecionar este comando abre um diálogo *Browse For Folder* onde pode-se escolher ou criar uma pasta onde quiser colocar seus novos arquivos Smaart de traço de dados. Uma vez que tiver feito sua seleção, o Smaart irá automaticamente criar uma pasta chamada “Traces” no local especificado (se já não houver uma) com duas pastas adicionais dentro chamadas “Spectrum” e “Transfer Function”. O conteúdo dessas duas pastas irá então aparecer no painel da biblioteca de dados na Barra de Dados quando um tipo de gráfico correspondente for selecionado como gráfico ativo na área gráfica.

*Open File Location* abre a pasta onde o arquivo selecionado ou pasta estão em uma janela padrão do sistema. Se você mover ou renomear quaisquer arquivos ou pastas em sua biblioteca de dados do Smaart certifique-se de usar o comando *Refresh* (ver abaixo) depois de fazê-lo, para assegurar que o Smaart fez a(s) mudança(s).

O comando *Refresh* força o Smaart a reler o conteúdo das pastas de arquivos de sua biblioteca de dados. Normalmente, o Smaart examina as pastas da biblioteca ao iniciar e acompanha as mudanças que você fizer na interface de usuário do Smaart. Se você fizer quaisquer mudanças nas pastas da biblioteca do Smaart fora dele, como adicionar, apagar, renomear ou mover arquivos ou pastas, você pode usar o comando *Refresh* para se certificar que o Smaart pegou as mudanças.

### *Menu de Conteúdo da Barra de Dados*

O menu pop-up de contexto que aparece quando você clicar com o direito ([Ctrl]+clique no Mac) em um arquivo ou pasta no painel da biblioteca da Barra de Dados é principalmente um subconjunto dos comandos detalhados acima. Há, entretanto, dois comandos adicionais no menu de contexto, *Info* e *Delete Selected Trace*, que repetem as funções de dois dos botões na parte inferior da Barra de Dados. *Delete Selected Trace* apaga permanentemente o(s) arquivo(s) selecionado(s) e/ou pasta(s) – observe que apagar uma pasta automaticamente apaga todos os arquivos e pastas que contém. O botão *Info* abre o diálogo *Trace Info* de um arquivo de dados selecionado, onde você pode rever e editar as propriedades do arquivo. Por favor, consulte *Diálogo Trace Info* na página 84 para mais detalhes.

## Uso de Traços de Dados Capturados

O Smaart pode capturar e exibir "snapshots" estáticos de medições ao vivo de espectro e função de transferência como arquivos de dados para futura referência. O Smaart 8 pode abrir e exibir arquivos de dados de espectro (.srf) e função de transferência (.trf) da versão 7 ou posterior e pode converter arquivos de dados .ref antigos feitos em versões anteriores do Smaart até a versão 1.0.

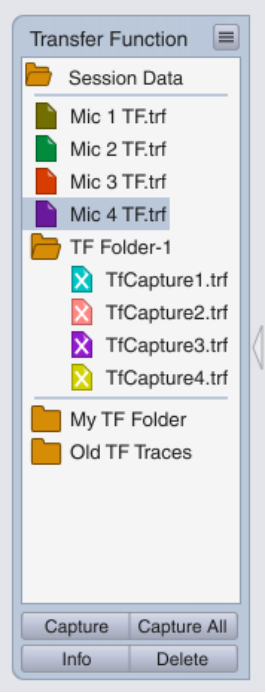



*Figura 65: Barra de Dados para dados de medição de função de transferência*

Você pode capturar novos arquivos de traço de dados do gráfico ativo na área gráfica ao clicar nos botões *Capture* ou *Capture All* na Barra de Dados. O comando *Capture* (atalho: [Barra de espaço]) captura a medição *ativa* ao vivo no gráfico ativo. *Capture All* ([Shift] + [Barra de espaço]) captura *todas* as medições que estiverem rodando correspondentes ao tipo de gráfico ativo.

Novos traços de dados são salvos na *pasta de sessão* designada em sua *biblioteca de dados*. Arquivos capturados na biblioteca de dados que não são exibidos em um gráfico no momento tem um "X" escrito em seus ícones. Para exibir um arquivo oculto ou ocultar um visível, clique em seu ícone. Clicar no *nome* do arquivo o seleciona.

### Biblioteca de Dados

A biblioteca de dados é simplesmente uma pasta em seu disco rígido designada como destino dos arquivos de dados capturados. O local padrão é uma pasta chamada "Smaart v8" localizada no diretório dos documentos de sua conta de usuário. Lá dentro você encontra uma pasta chamada *Traces*, com outras duas pastas dentro chamadas *Spectrum* e *Transfer Function*. O conteúdo de uma ou da outra dessas subpastas aparece na Barra de Dados no Smaart quando um tipo de gráfico correspondente for selecionado como gráfico ativo na área gráfica.

Você pode mudar o local de sua pasta de biblioteca de dados se quiser, usando o comando *Set Root Folder* no menu da barra de dados. O Smaart irá automaticamente criar a pasta *Trace* e seus dois subdiretórios principais no local da pasta raiz especificado se já não houver. Você pode mover arquivos e pastas para dentro ou para fora destas pastas da mesma forma que faria com qualquer pasta em seu sistema. Algo para ter em mente é que o Smaart irá somente mostrar dados de espectro (.srf) na pasta *Spectrum* e arquivos .trf na pasta *Transfer Function*. Além disso, caso você faça mudanças no conteúdo de qualquer pasta da biblioteca enquanto o Smaart estiver rodando, será preciso rodar o comando *Refresh* no menu da Barra de Dados no Smaart depois de fazê-las, para se certificar que o Smaart pegou as mudanças.

### *Pasta de Sessão*

Uma das pastas de traço de espectro e função de transferência é sempre designada como sua pasta de sessão para o tipo de dados. A pasta de sessão é fixa no topo do painel da biblioteca de dados na Barra de Dados no Smaart e é o destino dos novos traços e quaisquer novos arquivos que você criar durante sua sessão Smaart. Você pode mudar a pasta de sessão ao clicar no botão (de três linhas) do menu no canto superior direito da Barra de Dados e selecionar *New Session Folder* no menu ou arrastar uma pasta existente para a primeira posição no painel da biblioteca de dados com o mouse e então soltá-lo. Criar uma nova pasta de sessão automaticamente muda as pastas da sessão para ambos os dados de espectro e função de transferência e as pastas de sessão anteriores simplesmente tornam-se pastas de arquivos comuns. O mesmo acontece quando você mudar a pasta de sessão ao arrastar uma pasta existente para a primeira posição, exceto que a mudança se aplica apenas ao tipo de dados atual.

### *Organizando seus Dados*

Você pode mover os arquivos em sua biblioteca de dados da mesma forma que em uma janela do sistema, clicando e arrastando com o mouse. Para criar uma pasta nova (comum) em sua biblioteca de dados, clique no botão (de três linhas) do menu no canto superior direito da barra de dados e selecione *New Folder* no menu. Isso irá criar uma nova pasta na pasta de sessão atual, com seu nome padrão sugerido em destaque e pronto para edição. Quando tiver nomeado sua nova pasta, pressione a tecla [Enter] para definir a mudança. Você pode então arrastar a pasta para qualquer lugar que quiser colocar e arrastar arquivos para dentro dela de outros lugares.

Outra forma de criar uma nova pasta é selecionar um ou mais arquivos e/ou pastas, então clicar com o direito no painel da biblioteca de dados ou clicar no botão (de três linhas) do menu no canto superior direito da barra de dados e selecionar *New Folder from Selection*. Uma nova pasta é então criada e os objetos selecionados serão movidos para dentro dela. Mais uma vez, o nome da nova pasta é automaticamente destacado para edição, para que você possa digitar um nome para a pasta e então pressionar a tecla [Enter] para definir a mudança.

Para selecionar diversos arquivos, você pode segurar a tecla [Ctrl/Cmd] enquanto clicar nos ícones dos arquivos com o mouse para selecionar um grupo aleatório de arquivos, ou segurar a tecla [Shift] enquanto selecionar uma extensão contínua de objetos. Para renomear um arquivo ou pasta, clique com o direito em seu nome ([Ctrl] + clique no Mac) então selecione *Rename* do menu pop-up – o comando *Rename* também aparece no menu principal da barra de dados, mas é normalmente mais conveniente clicar com o direito. Você também pode renomear arquivos de dados no diálogo *Trace Info.*

## Diálogo Trace Info

O diálogo *Trace Info* pode ser aberto de duas maneiras: Você pode clicar no nome do arquivo que quiser examinar para selecioná-lo e então clicar no botão *Info* na parte inferior da Barra de Dados ou clicar com o direito sobre o nome do arquivo ([Ctrl] + clique no Mac) e selecionar *Info* no menu pop-up.

Na parte superior do diálogo *Trace Info*, você vai encontrar uma lista de tudo o que o Smaart sabe sobre o traço selecionado e a medição da qual foi capturado. Esta lista irá variar de acordo com o tipo de medição, mas deve ser bastante autoexplicativa.

Abaixo da lista de estatísticas vitais estão campos de texto editáveis para nome do traço (*Name*) e comentário opcional (*Comment*). Em seguida, vem a cor de exibição do traço. Você pode mudar a cor de exibição clicando no quadrado *Color* para abrir um diálogo seletor de cores.

O campo *dB Offset* pode ser usado para mover o traço selecionado para cima e para baixo em quadros aplicáveis na área gráfica principal quando aplicado (ao clicar no botão *Apply* ou clicar *OK* para aplicar as mudanças e sair do diálogo). Valores positivos movem o traço para cima no quadro por um número específico de decibéis e números negativos o movem para baixo. Note que *dB offsets* não são armazenados no arquivo de dados. São zerados cada vez que você fechar o Smaart.

*Figura 66: Diálogo Trace Info para um traço de dados de função de transferência.*

O controle *Weighting* atribui uma curva de ponderação ao traço. O Smaart tem curvas de ponderação A e C internas usadas em medições SPL e LEQ com versões normais e invertidas de cada uma. Você também pode criar suas próprias curvas de ponderação de traços de dados de função de transferência ou importando arquivos de texto ASCII. Ver *Curvas de Ponderação* na página 87 para saber mais sobre as curvas de ponderação personalizadas.

O número *Plot* determina a preferência de exibição de cada traço quando dois quadros do mesmo tipo estiverem exibidos na área principal. Se isso for definido como 1 (a configuração padrão), o traço aparecerá no primeiro dos dois quadros a serem exibidos. Se estiver definido como 2, o traço irá mover-se para o segundo dos dois gráficos. É ignorado quando apenas um gráfico de um determinado tipo é apresentado.

O botão *Save* faz o mesmo que o comando *Save to File* no menu da Barra de Dados. Ele abre uma janela de diálogo de arquivo, permitindo salvar uma cópia do arquivo de traço de dados em qualquer lugar de seu sistema de arquivos.

O botão *Copy to ASCII* copia o traço para a área de transferência do sistema operacional em formato de texto ASCII separado por aba, adequado para colar em uma planilha, editor de texto ou qualquer outro programa que aceite texto ASCII.

Todos os itens acima são comuns a ambos traços de espectro e de função de transferência. Para traços de função de transferência especificamente, há uma opção adicional que é exibir o traço de cabeça para baixo (*Inverted*) no gráfico. Esta opção pode ser útil para configurar curvas de EQ em alto-falante.

## Cálculo de Média de Traço de Dados Capturados

O comando *Average* faz uma de duas opções, dependendo da(s) seleção(ões) atual(is) no painel da biblioteca de dados da Barra de Dados. Se uma pasta e/ou vários arquivos de traços de dados forem selecionados, o Smaart oferece calcular a média dos traços selecionados, incluindo todos os traços contidos em qualquer pasta selecionada. Para selecionar mais de um arquivo ou pasta na biblioteca de dados, você pode segurar a tecla [Ctrl/Cmd] em seu teclado enquanto clicar nos objetos que quiser selecionar com o mouse, ou segurar a tecla [Shift] enquanto selecionar o início e final de um grupo contínuo de objetos. Se um único arquivo de traço de dados for selecionado ou não houver seleção no momento, este comando abre a versão integral do diálogo *Trace Average*, onde você pode selecionar arquivos individuais de traço de dados ao clicar nos ícones de verificação próximos aos seus nomes.

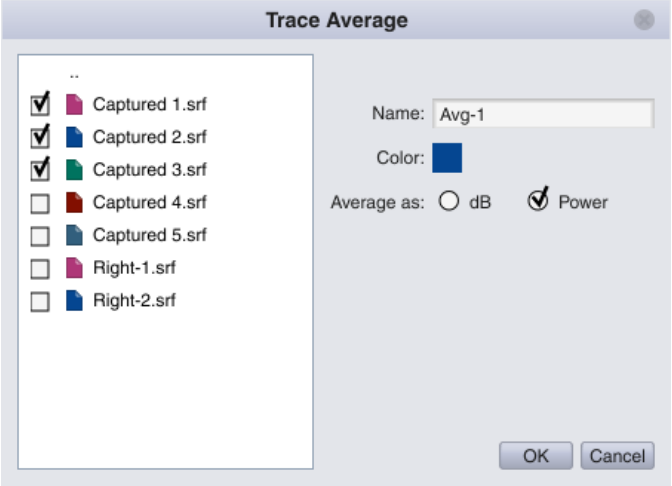



*Figura 67: Versão integral do diálogo Trace Average.*

Em ambos os casos, será solicitado um nome para o novo traço da média calculada e você terá a opção de usar média de *dB* ou *Potência* para médias de espectro ou, no caso de médias de função de transferência, criar uma média *Ponderada pela Coerência*. Você talvez as reconheça como as mesmas opções discutidas no último capítulo sobre médias de medições ao vivo. Por favor, consulte *Cálculo de* Médias ao Vivo na página 61 para mais detalhes. Você pode mudar a cor do novo traço de média calculada clicando no quadrado colorido no diálogo *Trace Average* para abrir o seletor de cores. Quando clicar em *OK* no diálogo *Trace Average*, o novo traço de média calculada irá imediatamente aparecer em sua pasta de sessão na Barra de Dados e no gráfico ativo na área gráfica.

## Importar ASCII

Além de seus próprios formatos de arquivo de referência, o Smaart pode importar dados no domínio da frequência a partir de arquivos de texto ASCII em formato separado por vírgula (.csv) separado por aba. É algo conveniente para importar dados de espectro e resposta de frequência de outros programas, criar curvas alvo ou níveis de uso ou não uso, etc. Para importar dados de um arquivo de texto ASCII, selecione *Import ASCII* do menu em *Data Bar* ou *Import>Import ASCII* do menu *File*. Ambos abrem a janela de diálogo *ASCII Import*.

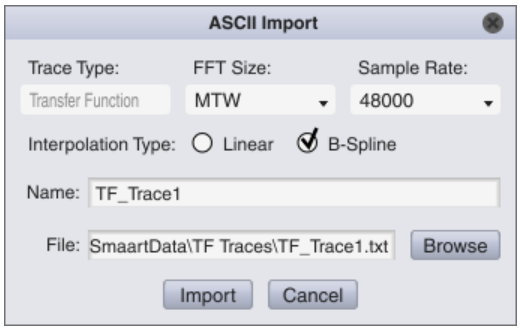



*Figura 68: Diálogo para importar ASCII*

Você irá criar um traço comum de espectro ou função de transferência arquivado por isso é preciso especificar um *Tamanho de FFT* e *Taxa de Amostragem* – juntos estes dois determinam o espaço entre os pontos de frequências no novo traço. O tipo de medição atual determina o *Tipo de Traço*.

O espaçamento entre frequências no arquivo de texto *não* precisa coincidir o tamanho exato das faixas de frequência FFT com o *Tamanho de FFT* e *Taxa de Amostragem* selecionados. O Smaart irá automaticamente interpolar os pontos frequenciais necessários para qualquer grupo de coordenadas fornecidas, usando interpolação *Linear* ou *Spline* cúbica (*B-Spline*). *B-Spline* é geralmente a melhor escolha para sinais reais e funções de suavização. Interpolação linear pode funcionar melhor para as curvas arbitrárias com ângulos fechados. O campo *Name* especifica o nome do arquivo de traço de dados criado.

Para importar um arquivo de texto ASCII, clique no botão *Browse* para abrir o diálogo *Load File*, então navegue até o arquivo e abra-o. No mínimo, o arquivo de texto a ser importado precisa ter pelo menos duas coordenadas de frequência e magnitude. Cada coordenada ocupa uma linha com frequência em Hertz na primeira posição, seguida por um caractere separador de coluna (vírgula ou aba) e um valor de magnitude em decibéis. Para traços de Função de Transferência é possível adicionar uma coluna para fase em graus. O Smaart irá ignorar qualquer linha no arquivo iniciando com um asterisco (*) ou ponto-e-vírgula (;), portanto estes podem ser usados para adicionar títulos ou comentários ao arquivo. Consulte o *Apêndice G: Formatos de Arquivo de Texto para Importar ASCII*, começando na página 215 para mais detalhes.

Uma vez que todos os parâmetros são definidos, clique no botão *Import* para importar dados do arquivo. A caixa de diálogo *ASCII Import* irá fechar, um novo arquivo de dados é criado na pasta de sessão da biblioteca de dados e seu traço recém-importado deverá imediatamente aparecer no gráfico ativo na área gráfica.

## Curvas de Ponderação

Curvas de ponderação são utilizadas no Smaart para moldar a exibição de dados de medição ao vivo ou salvas, dando mais ou menos ponderação para algumas frequências em relação a outras. Outra maneira de dizer poderia ser que filtrar no domínio do tempo torna-se ponderação no domínio da frequência. Curvas de ponderação podem ser aplicadas a todos os gráficos de frequência/magnitude em tempo real no Smaart incluindo *RTA*, *Espectrógrafo* e gráficos de função de transferência de *Magnitude*.

Para adicionar uma curva de ponderação a uma medição de espectro ou função de transferência, abra as configurações da medição – clicando duas vezes sobre seu bloco de controle na Barra de Controle, ou abra *Configurator* e selecione o nome da medição na visão estrutural na página *Measument Config*. Você irá notar que há seletores de *Ponderação* em ambas as *Configurações de Medição* individuais e também nas seções de configurações globais da página de configurações de medição. Para aplicar uma curva de ponderação globalmente, para todas as medições sujeitas à configuração global, clique no seletor *Weighting* em *Configurações Globais de Espectro* (ver página 58) ou *Configurações Globais de Função de Transferência* (ver página 60) e selecione a curva que quiser usar da lista. Para aplicar uma curva localmente, para apenas uma única medição, desmarque o ícone de seleção *Use Global* ao lado do seletor *Weighting* em seu grupo de controle *Measurement Settings* (ver páginas 57 e 59) para permitir o controle local e então selecionar sua curva desejada.

Para adicionar uma curva de ponderação ao traço de dados capturado, use o seletor *Weighting* no diálogo *Trace Info*. Você pode abrir *Trace Info* para um arquivo selecionado em sua biblioteca de dados

usando o botão *Info* na parte inferior da Barra de Dados ou clicar com o direito ([Ctrl] + clique no Mac) e selecionar *Info* do menu pop-up.

## Curvas de Ponderação Personalizadas

Smaart vem com curvas integradas para padrões A e C usados para medições SPL e LEQ, com versões normais e invertidas de cada. Além das curvas integradas, é possível adicionar curvas definidas por usuário, seja ao importar dados de arquivos de texto ou exportar um traço de função de transferência capturado.

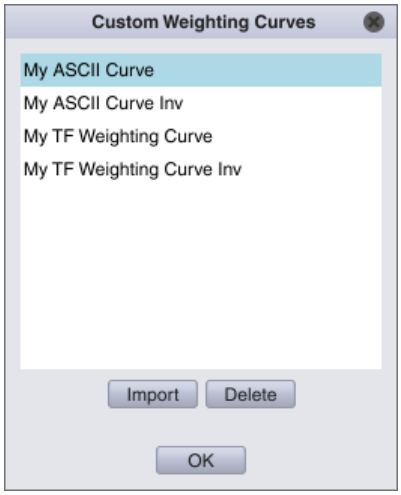



*Figura 69: Diálogo de curvas de ponderação personalizadas*

### *Importar Curva de Ponderação*

Para importar uma curva de ponderação salva em arquivo de texto ASCII, selecione *Import* > *Weighting Curve* do menu *File* ou abra o diálogo *Custom Weighting Curves* (menu *Options* > *Weighting Curve*) e então clique no botão *Import*. Ambos irão abrir o diálogo *Import Weighting Curve* onde pode-se navegar para a pasta contendo seu arquivo de curva de ponderação customizada e abri-lo para importar os dados da curva.

Curvas de ponderação em arquivos de texto precisam estar em formato de texto ASCII, com um valor de frequência em Hertz e um valor de magnitude em decibéis por linha e um caractere separador de vírgula ou aba que separa os dois valores. O Smaart irá ignorar as linhas que começam com um asterisco (*) ou ponto-e-vírgula (;) para que estes possam ser usados para adicionar títulos ou comentários legíveis em um arquivo. Consulte o *Apêndice G*, começando na página 214 para mais detalhes.

### *Exportar Traço Capturado de Função de Transferência como Curva de Ponderação*

Para exportar um traço de medição de função de transferência como uma curva de ponderação, selecione o traço que quiser exportar na Barra de Dados, então clique no botão (de três linhas) do menu no canto superior direito da Barra de Dados e selecione *Export as Weighting Curve* no menu. Uma pequena janela de diálogo aparece onde você pode especificar um nome para a nova curva de ponderação. Quando clicar em *OK* no diálogo *New Weighting Curve*, a nova curva será adicionada aos seletores *Weighting* para medições ao vivo e traços de dados arquivados e estará imediatamente disponível para seleção. O Smaart também cria automaticamente uma versão invertida da curva e acrescenta "*Inv*" ao seu nome.

### *Excluir Curva de Ponderação*

Para excluir uma curva de ponderação personalizada, selecione *Weighting Curves* no menu *Options* para abrir o diálogo *Custom Weighting Curves*, em seguida, clique no nome da curva que você não quer mais e clique no botão *Delete*. A exclusão de uma curva de ponderação remove as versões normais e invertidas. Note que as curvas de ponderação de (nível sonoro) padrão A e C são codificadas no Smaart e não podem ser excluídas.

# Comparação Rápida

O recurso *Quick Compare* é semelhante à ponderação, exceto que ela é concebida como uma maneira rápida e temporária para subtrair uma medição de função de transferência a partir de outra. Sua funcionalidade equivale a exportar um traço de função de transferência como uma curva de ponderação, então aplicar a curva de ponderação invertida em todas as medições ao vivo, exceto que há menos etapas envolvidas e nada para limpar quando terminar se não quiser guardar a curva de ponderação para mais tarde.

## *Capturar Comparação Rápida*

Para fazer uma comparação rápida primeiro você precisa copiar a medição existente na memória para usar como referência. A referência pode ser qualquer medição de função de transferência ao vivo ou traço de dados de função de transferência armazenados. Para capturar a curva de referência, certifique-se que o gráfico ativo é um gráfico de Função de Transferência de *Magnitude* ou *Fase* e que o traço que quiser usar como referência é o primeiro traço da página. Se o nome não aparecer no canto direito superior do gráfico, abra a legenda de gráfico e clique em seu nome para trazê-lo ao topo da lista ou apenas pressione a tecla [Z] em seu teclado repetidamente até seu nome aparecer, então pressione [Alt/Option] + [Q] ou selecione *Capture Quick Compare* do menu *Command* para copiar o traço na memória.

## *Alternar Comparação Rápida*

Quando tiver capturado a curva de referência para comparação, pressione a tecla [Q] no teclado ou selecione *Toggle Quick Compare* no menu *Command* para subtraí-lo de todas as medições ao vivo que estiverem em execução. Para desligar a comparação rápida pressione a tecla [Q] ou selecione *Toggle Quick Compare* no menu *Command* novamente. Para substituir a referência, repita o procedimento de captura de comparação rápida acima.

# Curvas Alvo

Uma curva alvo no Smaart é uma linha com formato específico, desenhado em display de banda RTA (apenas) em nível específico. O propósito de uma curva alvo é apenas ser visível na tela como referência, por exemplo ao medir ruído ambiente ou alinhar um sistema com uma curva de resposta alvo específica em formato de oitava fracionada, como Curva X para cinema ou curvas de mascaramento de ruído usadas para sistemas de privacidade de fala.

Curvas alvo não podem ser arrastadas ou movidas no gráfico como podem medições ao vivo ou traços estáticos. Elas se movem para cima e para baixo automaticamente para acomodar mudanças em resolução de banda, mas caso contrário sua posição é fixa. Elas não aparecem na legenda do gráfico e o leitor de cursor as ignora. Curvas alvo não são exibidas em displays de espectro sem banda (banda estreita) ou gráficos de função de transferência. Entretanto, seu você precisar de uma curva alvo para um gráfico RTA de banda estreita ou função de transferência, você pode criar uma facilmente importando os dados de um arquivo de texto como um traço de dados comum, usando a função *Import ASCII* (*ver Importar ASCII* na página 86).

## *Exibir e Gerenciar Curvas Alvo*

Para exibir todas as curvas alvo que estiverem selecionadas, certifique-se que o gráfico de bandas RTA esteja visível na aba ativa da janela ativa e selecione *Show Target Curves* do menu *Options*, ou pressione [X] em seu teclado. Pressionar [X] novamente ou selecionar novamente *Show Target Curves* do menu oculta todas as curvas alvo quando estiverem visíveis.

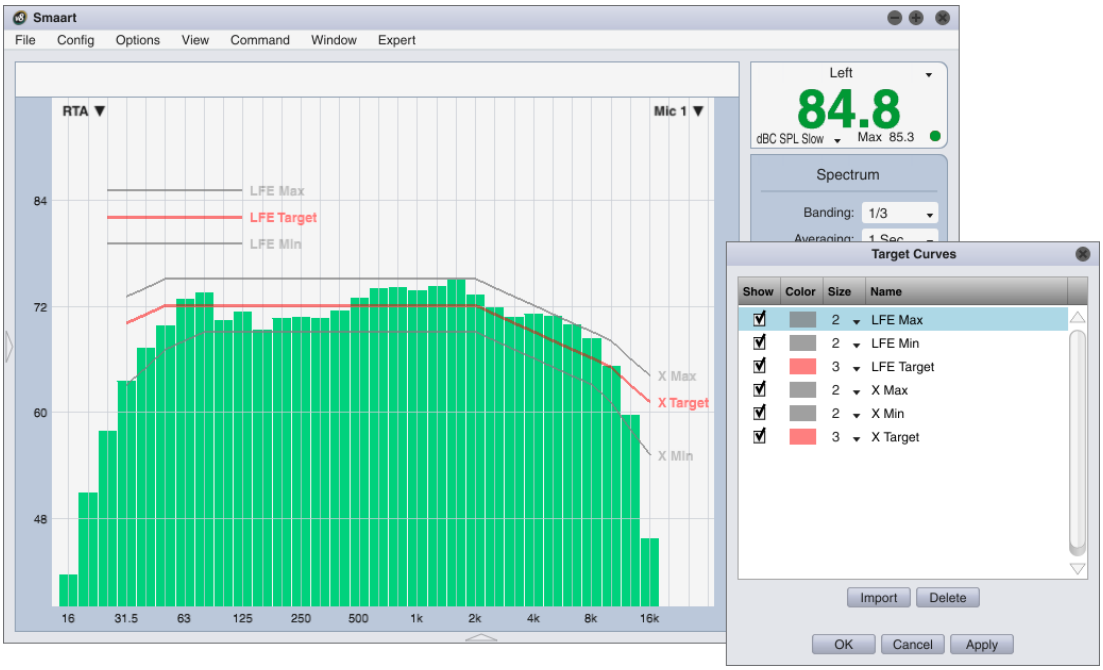



*Figura 70: Curvas alvo em um display de bandas RTA e o diálogo Target Curve*

Para ver e gerenciar curvas alvo disponíveis, selecione *Target Curves* do menu *Options* (ou *Command* ) ou pressione [Alt/Option] + [X] em seu teclado. Isso abre o diálogo *Target Curves*. Lá, você pode definir o status de exibição, cor da linha e espessura para todas as curvas disponíveis. Você também pode importar novas curvas alvo ou excluir curvas existentes nesta janela.

Clicar no ícone de seleção da coluna *Show* alterna o status de exibição de cada curva. Quando selecionado, a curva de referência correspondente aparece em displays de bandas RTA quando *Target Curves* estiver ativado (ver *Exibir Curvas Alvo*). Clicar em qualquer um dos quadrados coloridos na coluna *Color* abre a caixa de diálogo do seletor de cores, permitindo-lhe alterar a cor de exibição para qualquer curva. Clicar em qualquer entrada na coluna *Size* abre um menu no qual você pode especificar a espessura da linha para cada curva em pixels. Clicar no botão *Delete* abaixo da tabela exclui a curva selecionada. O botão *Import* abre uma janela de arquivos onde você pode selecionar um arquivo contendo uma especificação de curva alvo para importar. Também é possível importar um arquivo de curva alvo usando o comando *Import* > *Target Curve* no menu *File*.

## *Formatação de Arquivo de Curva Alvo*

Um arquivo de curva alvo é simplesmente um arquivo de texto ASCII com um formato especial de cabeçalho, seguido por uma lista de coordenadas de frequência e magnitude com um valor de

frequência em Hertz e magnitude em decibéis por linha, separados por um caractere de [Aba] ou uma vírgula.

A formatação do cabeçalho é como se segue:

*Line:* [value]
*Color:* [value]
*Show:* [value]
*Band:* [value]

- O valor *Line* no cabeçalho define a espessura da linha inicial da curva alvo em pixels (essa configuração pode ser alterada depois da importação no diálogo *Target Curves*). Os valores permitidos são 1-5.
- O valor *Color* configura a cor da linha em formato aRGB (alfa, Vermelho, Verde, Azul) hexadecimal (base 16). Evidentemente, é um pouco complicado a menos que você fale hexadecimal. Talvez você queira apenas configurar a cor de um novo traço para FF808080, para uma cor cinza neutra e então usar o seletor de cor no diálogo *Target Curves* no Smaart para ajustar a cor da linha depois de importar. Os dois primeiros caracteres na sequência aRGB definem o valor "alpha", que controla a transparência. Normalmente, estes são definidos como "FF" (totalmente opaco), no entanto, você pode configurá-los para um valor menor como 80 para obter uma linha parcialmente transparente.
- O valor *Show* define o status de exibição inicial do traço, em que 1 significa mostrar e 0 significa ocultar.
- O valor *Band* define o número de bandas fracionadas por oitava em que os valores de magnitude da curva alvo são especificados. Por exemplo, um valor de "3" significa 1/3 de bandas de oitava (provavelmente a escolha mais comum). Esta definição é necessária para que o Smaart possa ajustar corretamente o nível da curva na tela quando você alterar as configurações de banda do display RTA. Os valores permitidos são 1, 3, 6, 12, 24 ou 48 (oitava completa até 1/48 de Oitava).

O exemplo mostrado abaixo deve produzir um espectro idealizado de fala comum de longa duração, (baseado em ANSI S3.5), como se você fosse digitar o texto em arquivo, então salvar e importar como uma curva alvo. Lembre-se que os valores de frequência e magnitude nas linhas abaixo do cabeçalho teriam de ser separados por caracteres de [Aba], não espaços. O Smaart usa o nome do arquivo como nome da curva, por isso certifique-se de salvar seu arquivo de texto com o nome que quiser que apareça na lista de curvas alvo.

```
Line:  3
Color: FF808080:
Show:  1
Band:  3

100      55
500      62
10000    36
```

Observe que neste exemplo, a resolução base da linha *Band* está configurada para "3" (⅓ de oitava), o que significa que há 20 bandas entre 100Hz e 10kHz, mas estamos apenas especificando coordenadas para três pontos. Esta curva ocorre composta de dois segmentos em linha reta então só precisamos especificar os pontos finais. O Smaart vai interpolar os pontos entre eles conforme necessário.

Note também que os valores de magnitude neste exemplo são referenciados ao nível de pressão sonora (SPL). Isso significa que a entrada de uma medição RTA no Smaart precisaria ser calibrada em SPL com a opção *Plot Calibrated Levels* habilitada nas opções do *Espectro* para exibir uma medição ao vivo apropriada em relação à curva alvo.

# Janela de Cliente de Rede

A Janela de Cliente habilita a exibição e controle remoto de medições em tempo real de espectro e função de transferência rodando em outro computador através de uma conexão em rede. Tipos de display suportados são: *RTA*, *Espectrógrafo* e gráficos de Função de Transferência de *Magnitude* e *Fase*. O cliente remoto pode iniciar e parar medições, controlar cálculo de média, banda e suavização (onde aplicável), e medir e configurar delays para medições de função de transferência no servidor. Clientes em rede podem também capturar traços e ligar e desligar o gerador de sinal da máquina host e definir seu nível de saída.

## Preparação de Cliente e Servidor

Ambas as máquinas cliente e servidora de medição precisam ter o Smaart 8 instaladas e ambas as cópias devem estar atualizadas com as últimas revisões do software. Todas as guias e medições exigidas pelo cliente precisam ser configurados em uma única janela Smaart antes de conectar e nenhuma mudança deve ser feita nessa janela enquanto o cliente estiver conectado.

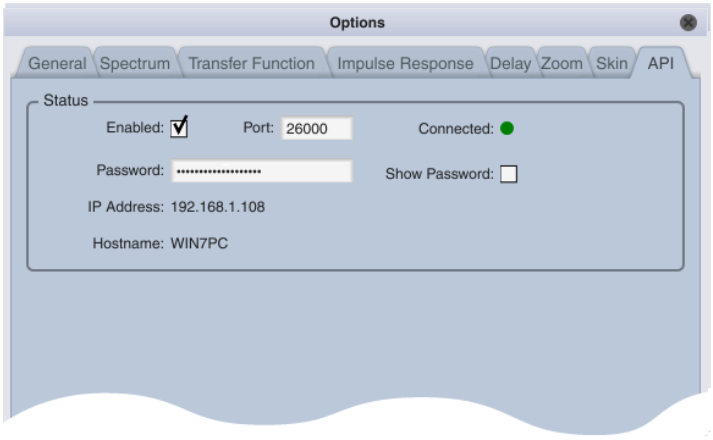



Figura 71: Detalhe da página API no diálogo Options

A janela do cliente remoto se conecta a uma janela Smaart selecionada na máquina servidora e lê todos as suas abas e medições no momento da conexão. O cliente não pode alternar entre janelas uma vez conectado e não será capaz de detectar qualquer alteração em abas ou medições na janela a que ele se conecta sem desconectar e reconectar.

Se o cliente remoto requer o uso do gerador de sinal da máquina servidora, o tipo de sinal tem que ser configurado de antemão. Clientes remotos podem ligar e desligar o gerador da maquina host e configurar seu sinal de saída, mas não podem acessar outros parâmetros do gerador de sinal. O tipo de gerador de sinal é exibido na janela de cliente, mas não pode ser alterado de lá.

O Smaart pode servir dados a vários clientes simultaneamente, mas clientes não podem detectar mudanças nas configurações de medição feitas no servidor ou por outros clientes. Por exemplo, se dois

clientes estão conectados à mesma janela e um deles altera a configuração da média de uma medição, essa mudança vai afetar os dados de medição que ambos os clientes veem, mas apenas um vai ver que a configuração foi alterada.

Portanto você pode querer dedicar uma janela na máquina servidora para cada cliente remoto e manter essas janelas minimizadas no servidor para mantê-las fora de perigo. Esta é uma ideia especialmente boa quando o operador estiver usando o Smaart em máquina host enquanto clientes remotos estão conectados. Em casos onde apenas uma pessoa estiver usando ambas as máquinas, tais medidas não são necessárias ou mesmo desejáveis.

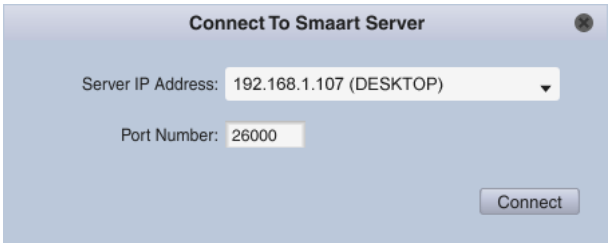
### *Configuração de Rede*

Recomendamos que ao menos uma das máquinas em relação cliente-servidor esteja conectada com fio à rede. Se ambos estiverem operando em conexões sem fio, o desempenho pode sofrer. Configurar a máquina servidora para aceitar conexões de cliente em rede é uma questão apenas de habilitar a API da rede do Smaart nas opções de *API* (menu *Options* > *API*). O endereço da *Porta* padrão 26000 deve funcionar bem para a maioria dos casos. Você geralmente precisa mudar apenas no caso de conflito com outro aplicativo usando o mesmo endereço de entrada no mesmo adaptador de Ethernet, mas não deve acontecer muito. A *Senha* é opcional. Caso você deixe este campo em branco, nenhuma senha é pedida ao conectar. *Show Password* torna a *Senha* legível.

A primeira vez que ativar a API, você pode receber um aviso de seu sistema operacional que o Smaart está tentando acessar a rede, perguntando se você deseja conceder permissão. Certifique-se de dizer que sim se isso acontecer, de modo que o Smaart não fique bloqueado pelo seu firewall. Você também pode precisar de uma nova autorização de acesso em alguns casos depois de instalar atualizações de software.

No lado do cliente, é uma boa ideia *desabilitar* o network API para prevenir que outra cópia do Smaart tente se conectar àquela máquina enquanto estiver operando como um cliente – qualquer instalação do Smaart pode ser um cliente ou um servidor, mas não ambos ao mesmo tempo. Para conectar um cliente ao servidor, selecione *Client Window* do menu *View* na máquina cliente ou use o atalho [Alt/Option] + [R]. Será mostrado um diálogo de conexão como o diálogo a seguir. Aqui, novamente, se você estiver fazendo isso pela primeira vez, o sistema operacional pode avisá-lo que o Smaart está tentando acessar a rede e pergunta-lhe se isso está OK. Certifique-se de dizer que sim, se assim for.

Se as máquinas cliente e servidor estiverem conectadas à mesma rede de área local (LAN), então o Smaart deve ser capaz de detectar automaticamente o endereço de entrada do servidor (o endereço IP e o número da porta). Se houver vários servidores Smaart disponíveis na mesma LAN, você pode clicar na seta para baixo à direita do campo *Server IP Address* para ver uma lista e selecionar o que quiser. Se o servidor ao qual você deseja se conectar *não* estiver na mesma rede local que sua máquina cliente (ou talvez em uma sub-rede diferente), você pode digitar o seu endereço IP e o número da porta nos campos fornecidos. Depois de editar cada campo, lembre-se de pressionar a tecla [Enter] no teclado para definir a mudança.




Quando tiver feito suas seleções, clique no botão *Connect* para continuar. Se o Smaart se conectar com sucesso será solicitada uma senha caso aplicável e então, se várias janelas Smaart estiverem abertas no servidor, você verá outro diálogo pedindo-lhe para escolher qual a janela que deseja emular. Se houver apenas uma janela no servidor, o Smaart vai se conectar a ela e seguir em frente. Depois de ter estabelecido a conexão do servidor e seleção de janela, a janela do cliente será aberta.

## Uso da Janela do Cliente

A janela do cliente é muito parecida com qualquer outra janela do Smaart (com todas as guias em modo de tempo real) e opera da mesma maneira, embora existam algumas limitações. As diferenças mais visíveis são de que o display de Medidor SPL/Relógio acima da barra de controle é substituído por um bloco de informações sobre a sua conexão com o servidor. Os botões *Live IR*, *Impulse* e *Measurement Config* (martelo e chave inglesa) na *Barra de Controle* estão desativados, assim como algumas opções de menu e não existem medidores de nível para medições ao vivo. Medições de resposta ao impulso (modo *Live IR* ou *Impulse Response*), alerta de pico e supressão pela coerência estarão sem suporte, assim como fase não envolta e delay de fase como grupo, monitoração SPL e medidores SPL.

Na Barra de Dados, o painel de biblioteca de dados mostra seu repositório local. Traços capturados atribuídos aos gráficos na máquina host *não* são transportados para o cliente quando você se conectar. Quando capturar um traço na janela do cliente, entretanto, o Smaart na verdade o captura na máquina host e então faz o upload de uma cópia para o cliente, o que quer dizer que o arquivo do traço existe em ambas as máquinas.

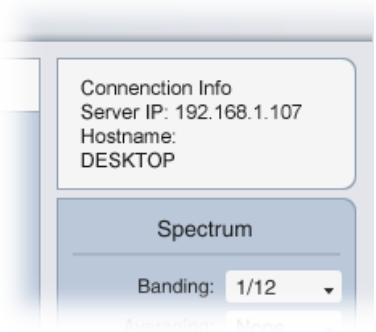



*Figura 73: Medidor SPL/Relógio na janela do cliente é substituído com as informações de conexão de rede.*

Se puder observar as máquinas host e cliente ao mesmo tempo, verá que algumas mudanças na configuração de medição na janela do cliente afetam as configurações correspondentes no servidor e outras não. Cálculo de média, por exemplo, é feito no nível de processamento da medição no Smaart e, portanto, deve ser feito no servidor. *Bandeamento* e *Suavização* são processos posteriores e são feitos no lado do cliente; servidor e cliente podem ter configurações diferentes para eles.

# Capítulo 5: Medições em Canal Único

## Medição de Espectro e Configuração de Display

Medições de espectro em canal único permitem que você examine o conteúdo espectral de sinais de áudio em todo o sistema. Medições de espectro são muito úteis em muitas aplicações, incluindo a identificação de frequências de feedback em sistemas de som, ruído e medições de exposição de som e tarefas de monitoramento de sinais em geral. Os dados de medições do espectro podem ser exibidos como um gráfico RTA convencional (analisador de espectro em tempo real), ou apresentados ao longo do tempo em um gráfico espectrográfico tridimensional (nível vs. frequência vs. tempo).

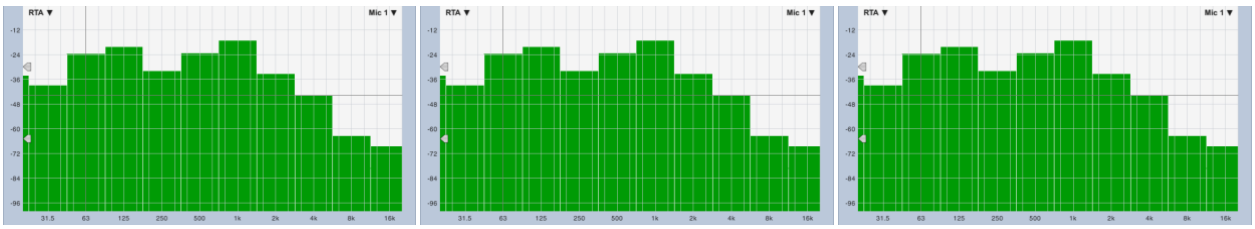
Dois grupos básicos de configurações determinam a aparência e o comportamento dos displays RTA e Espectrógrafo no Smaart:

- Configurações de medição afetam a forma como os dados são adquiridos. Estes, discutimos em detalhes no Capítulo 3. Nesta seção, vamos olhar mais especificamente a forma como algumas dessas opções afetam os displays RTA e Espectrógrafo.
- Configurações de display afetam como os dados da medição de espectro são exibidos depois de capturados, mas não mudam os dados fundamentais da medição. Estas opções se encontram na página *Spectrum* do diálogo *Options* (menu *Options* > *Spectrum*), sobre o qual falaremos aqui.

Na prática não é realmente possível traçar uma linha reta entre os dois – por exemplo, banda de oitava fracionada é na verdade feita em display de tempo, mas tratamos como um parâmetro de medição por razões práticas – mas esta é a intenção organizacional básica, em termos de onde as várias opções de medição de espectro são localizadas no Smaart.

## Medições RTA

O analisador de espectro em tempo real, ou RTA, é uma ferramenta familiar para a maioria dos profissionais de áudio e dispensa apresentações. Permite que se observe o conteúdo frequencial de sinais momento a momento em tempo real. Essencialmente o *RTA* é um gráfico da energia de um sinal de entrada, discriminado em frequências ou extensão de frequências, com frequência (em Hertz) no eixo *x* e magnitude (energia) no eixo *y* em decibéis (dB). O gráfico é atualizado continuamente quando uma ou mais medições do espectro ao vivo estiverem em execução, para produzir um display em tempo real. Ao ajustar a escala e média do display, podemos refinar a resolução da medição e a capacidade de resposta para atender diferentes tarefas.



Bandas de Oitavas | Bandas de 1/3 de Oitavas | Bandas de 1/12 de Oitavas

*Figura 74: Display RTA com Banda de Oitavas, ⅓ de oitavas e 1/12 de oitavas.*

Resolução de tempo e frequência são grandes contrapontos associados com medições de espectro e análise de domínio de frequência em tempo real em geral. Sempre temos que abrir mão de um para ter mais do outro. Basicamente, o tamanho da FFT usada para transformar sinais no domínio do tempo em espectros no domínio da frequência limita o tempo e resposta de frequência do RTA e Espectrógrafo Tamanhos maiores de FFT permitem espaçamento mais apertado e mais detalhado em baixa frequência ao custo de integrar por um período mais longo, o que pode limitar sua capacidade de ver mudanças bruscas no sinal. Outros fatores principais que afetam o grau de detalhe em que se pode observar um gráfico RTA e sua resposta às mudanças no sinal de entrada são cálculo de média e bandeamento.

## Controles de Média e Bandeamento

Para o display RTA, normalmente calculamos a média de entrada de sucessivos quadros de FFT por um período de tempo para produzir um display que seja homogêneo e menos instável. Porém, a média também limita a velocidade em que o RTA pode responder às mudanças bruscas no conteúdo frequencial de um sinal. Ao contrário do bandeamento, o tamanho da FFT e o cálculo da média são somados aos dados RTA no nível da medição – quando se captura um traço RTA está se capturando uma média de dados (se aplicável). Note que a média do espectro afeta apenas os dados RTA. O espectrógrafo sempre é resultante de dados de espectro instantâneos (sem cálculo de média).

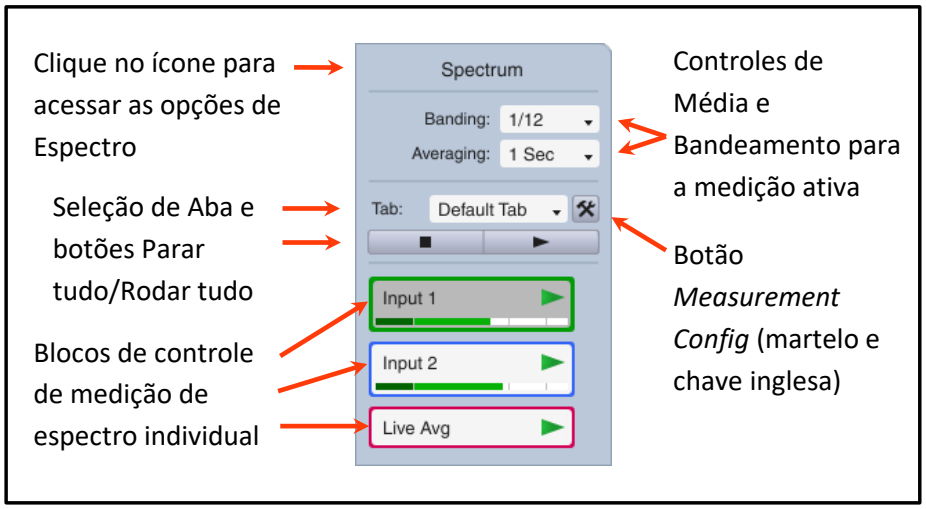



*Figura 75: Controles de medição ao vivo para medições de espectro na Barra de Controle*

Bandeamento é na verdade um parâmetro de display para dados de Espectro. Quando você capturar um snapshot de um traço RTA, você o está capturando na resolução FFT original e sempre pode mudar o bandeamento posteriormente. Usar bandas de oitava fracionada maiores pode ajudar a reduzir o "ruído" visual e tornar as tendências maiores no espectro de um sinal mais óbvias, mas à custa de limitar a quantidade de detalhes que você pode ver.

Quando o display ativo for um gráfico *RTA*, as configurações de *Bandeamento* e *Média* da medição de espectro são ajustadas na barra de controle ao lado direito da janela principal do Smaart. *Bandeamento* é uma configuração global que se aplica à todas as medições de espectro. Média aplica-se apenas à visualização *RTA* e pode ser configurada especificamente para medições individuais de espectro. Se a medição ativa no momento usa a configuração global para o cálculo da média do espectro, o seletor

*Averaging* na barra de controle controla a configuração global. Caso contrário, aplica-se apenas à medição ativa.

## Tipos de Gráfico RTA

Geralmente, o RTA é exibido como um gráfico de barras com escala de frequência de oitava fracionada, porém o Smaart pode exibir dados RTA em bandas como um gráfico linear ou traçar uma combinação de dados de oitava fracionada em forma de gráfico de barras com os dados de FFT sobrepostos como um gráfico de linha. Dados de FFT não bandeados (ou banda estreita) são sempre exibidos como um gráfico linear. Estas três opções para os *Dados em Banda* (*Bars (Barras)*, *Lines (Linha)* ou *Both (Ambos)*) estão localizadas na seção *RTA Display Settings* da página *Spectrum* na janela do diálogo *Options* (menu *Options* > *Spectrum*).

Gráfico de Barras de Oitava Fracionada (*Bars*)

Gráfico de Linhas de Oitava Fracionada (*Lines*)

Gráfico de Barras e Linhas não bandeado de Oitava Fracionada (*Both*)

*Figura 76: Tipos de gráfico RTA (Barra, Linha ou "ambos")*

## Alerta de Pico (Peak Hold)

Ao observar sinais dinâmicos em display RTA, o gráfico normal de barras ou linhas normalmente tem a média calculada por algum período. Sem cálculo de média o display pode ficar muito instável para leitura, mas média tende a suavizar alguns picos mais rápidos no sinal. Se quiser ver tanto média de potência como um registro dos picos de níveis mais altos no sinal em cada frequência ou em cada banda, você pode acionar o alerta de pico ao selecionar *Toggle Peak Hold* no menu *View* ou pressionar a tecla [P] em seu teclado. Alerta de pico é mostrado como uma segunda linha em gráficos de linha ou uma série de segmentos de barras niveladas em gráficos de barras. Quando capturar um traço RTA com alerta de pico ligado, ambos os dados de RTA e alerta de pico são salvos na medição capturada.

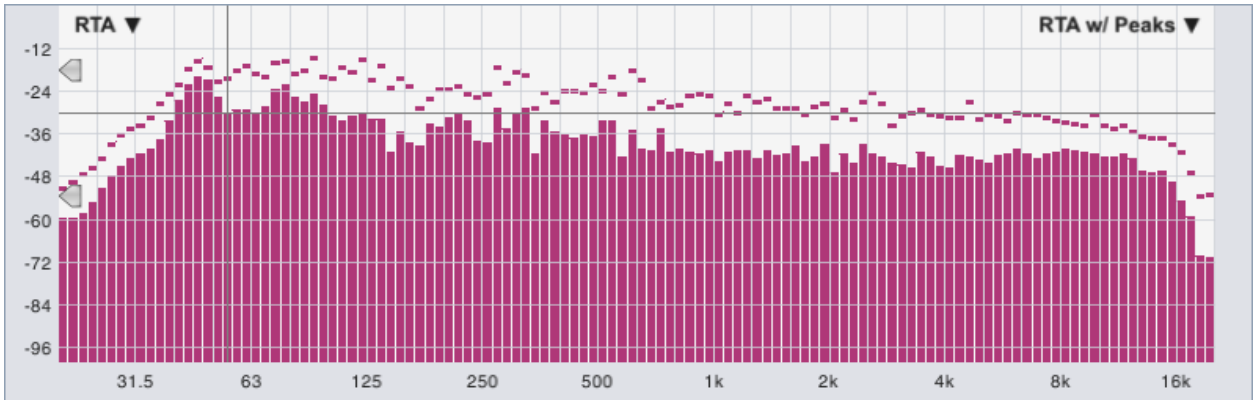



*Figura 77: Gráfico RTA em barras com alerta de pico*

O seletor *Peak Type* na seção *RTA Display Settings* das opções de espectro (menu *Options* > *Spectrum*) define o tipo de alerta de pico. As opções são *Infinite* ou *Timed*. *Infinite Peak Hold* preserva o nível mais alto do pico registrado para cada frequência até que seja substituída por uma leitura mais elevada ou quando desativar o recurso ou quando pressionar a tecla [V] para liberar o buffer da média. *Timed Peak Hold* permite que o traçado do pico decaia depois de algum tempo, conforme especificado no campo *Hold*.

Por padrão, a função de alerta de pico procura pelos picos mais altos em cada FFT de entrada, antes que a média dos dados seja calculada para o display RTA normal, isso significa que você talvez nunca veja um traço RTA chegar perto dos níveis de pico. Se ao invés disso, quiser observar os níveis mais altos em sinal com média calculada, clique no ícone *Averaged* em *RTA Display Settings* nas opções de *Spectrum*. Quando usar esta opção, você talvez queira rodar o RTA por alguns momentos e permitir que as medições se ajustem antes de ligar o alerta de pico.

## Níveis Calibrados por Plot

O display RTA no Smaart é calibrado para full scale digital, isso significa que o maior valor de magnitude alcançável em uma senoide digital (dada a seleção de *Bits por amostra* na *configuração I-O*) é escalada em 0 dB e todas as magnitudes menores acabam sendo valores negativos de decibéis. Isso funciona bem exceto quando necessário comparar o display RTA a alguma referência externa, como nível de pressão sonora (SPL).

Se uma ou mais medições de espectro usam uma entrada calibrada em SPL (onde iremos chegar mais adiante nesta seção) e você quer que o display RTA se refira aos níveis calibrados, abra as opções de Espectro (menu *Options* > *Spectrum*) e clique no ícone *Plot Calibrated Levels* nas configurações de display RTA para habilita-lo. Isso se aplica ao ajuste de calibragem de entrada específico para cada canal de entrada de medições de espectro antes de exibir o gráfico RTA. Também define o alcance de magnitude padrão do RTA para 20 dB até 120 dB (ao invés de 0 a -100 dB).

Um possível problema que você pode encontrar ao usar *Níveis Calibrados por Plot* é que isso pode resultar em uma diferença drástica em escala entre os dados calibrados de entrada e medições não calibradas; por exemplo, entre entradas de microfone calibradas e entradas de linha. Medições de espectro não calibradas tendem a “sumir” no gráfico quando *Plot Calibrated Levels* estiver habilitado. A

melhor forma de resolver este problema é adicionar uma calibragem simulada para canais de entrada não calibrados usados para medições de Espectro, para que estes se reescalem junto com medições calibradas quando *Plot Calibrated Levels* estiver selecionado.

Para atribuir uma calibragem simulada a uma entrada não calibrada, abra primeiro um gráfico RTA e rode todas as medições de espectro com *Plot Calibrated Levels* desabilitado, para se certificar que todas as medições estejam visíveis no gráfico e têm sinal presente. Com o RTA ainda rodando, habilite *Plot Calibrated Levels* nas opções de *Spectrum*, então selecione *I-O Config* do menu *Config* ou pressione [Alt/Option] + [A]. Em *I-O Config* selecione o dispositivo de entrada que esteja recebendo uma medição não calibrada na tabela de dispositivos à esquerda superior para exibir os canais de entrada na tabela de canais abaixo. Lá você verá que as entradas não calibradas têm um valor de *Cal. Offset* de 0.00 dB. Clique em qualquer entrada na coluna *Cal. Offset* para editar o valor e então pressione [Enter] para confirmar a mudança.

Se estiver tentando equivaler uma entrada de linha a uma entrada de microfone calibrada em SPL, um offset de 120 dB é geralmente um bom começo. Após mudar a compensação de calibragem, clique no botão *Apply* no canto inferior direito da janela e sua medição irá aparecer no gráfico RTA. Se quiser mover para cima ou para baixo, você pode ajustar o valor de compensação e reaplicar a mudança.

## Noções Básicas sobre o Espectrógrafo

O Espectrógrafo do Smaart ampara-se em domínios de tempo e frequência possibilitando uma visão panorâmica do conteúdo frequencial de um sinal através do tempo. O Espectrógrafo em tempo real e a versão em modo IR são essencialmente o mesmo display, orientados em duas direções diferentes.

Se você for novo no espectrógrafo, uma forma de saber como ele funciona é começar com a ideia de um analisador de espectro. Em um analisador de espectro em tempo real (RTA) você normalmente tem um gráfico em barras ou linhas com frequência no eixo *x* e magnitude em dB no eixo *y*, exibindo o espectro de um sinal em determinado momento de tempo – talvez algo parecido com a Figura 78:a.

Um RTA é uma ferramenta muito útil, mas se quiser uma compreensão melhor de como o espectro de um sinal muda conforme o tempo, você precisa ou de uma memória muito boa ou de um tipo diferente de gráfico. Uma solução pode ser apenas deslizar os dados antigos para trás ao invés de apagá-los enquanto novos dados chegam, para formar um gráfico 3-D com tempo no eixo *z*, como na Figura 78:b. Se isso fosse feito com um gráfico de área 3-D ao invés de gráfico de barras, teríamos o que geralmente chamamos de gráfico cachoeira, mas vamos continuar com o exemplo do gráfico de barras, já que ambos possuem a mesma limitação. O problema com esta abordagem é que conforme novos dados entram, níveis com maior valor na frente irão cobrir alguns dados na parte de trás, apresentando uma visão parcial da história, como na Figura 78:b.

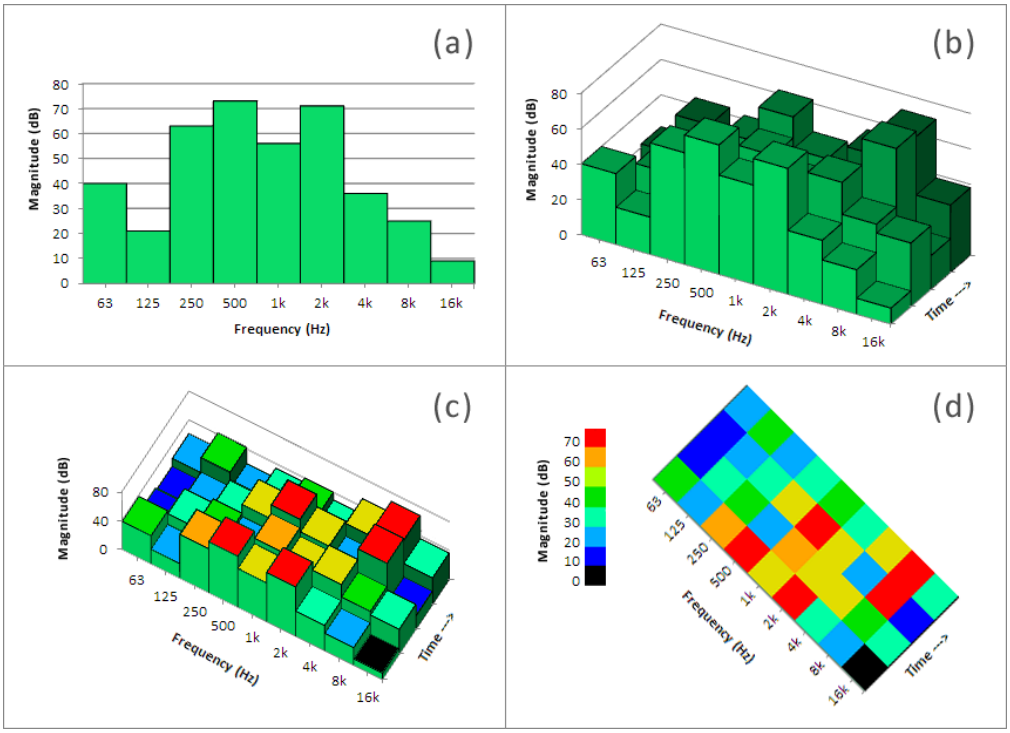



*Figura 78: Transformando um analisador de espectro em um espectrógrafo*

Você poderia girar o gráfico no espaço até ver todos os topos das barras, mas quando o fizesse seria difícil de discernir a altura de cada um. Partindo do princípio que você possui um monitor colorido (gráficos em cachoeira eram populares antes que houvesse monitores em cores) você poderia aliviar o problema pintando os topos das barras em cores diferentes baseadas na magnitude relativa como fizemos na Figura 78:c. Mas nesse ponto, o gráfico seria mais legível se dispensasse a ideia do gráfico de barras e, ao invés disso, o apresentasse como um gráfico 2-D, com frequência em um eixo, tempo em outro e magnitude indicada por cor (Figura 78:d). Isto é um Espectrógrafo.

Geralmente, o "domínio" de um gráfico é uma variável independente, por exemplo, tempo ou frequência que normalmente são designados ao eixo horizontal (x), mas o espectrógrafo possui duas variáveis independentes. Você pode orienta-lo do jeito que for mais conveniente. Em modo de tempo real no Smaart queremos comparar o espectrógrafo com outros gráficos de domínio de frequência, por isso o exibimos com a frequência no eixo *x* e tempo no eixo *y*. Em modo IR, geralmente queremos observá-lo em contexto de outros gráficos de domínio de tempo, por isso fazemos ao contrário – neste caso, tempo vai para o eixo *x* e frequência no eixo *y*.

## O Espectrógrafo em Tempo Real

Agora que temos uma ideia geral do como um espectrógrafo funciona e o que pode nos informar, vamos olhar mais especificamente o espectrógrafo em tempo real. O display do espectrógrafo do Smaart é a exibição do espectro de um sinal por um período de tempo, com frequência (em Hertz) no eixo *x*, tempo no eixo *y* e magnitude em decibéis representada em cores. O eixo temporal do gráfico não é referenciado, porque a frequência pode variar, dependendo de quão ocupado estiver o computador em determinado momento.

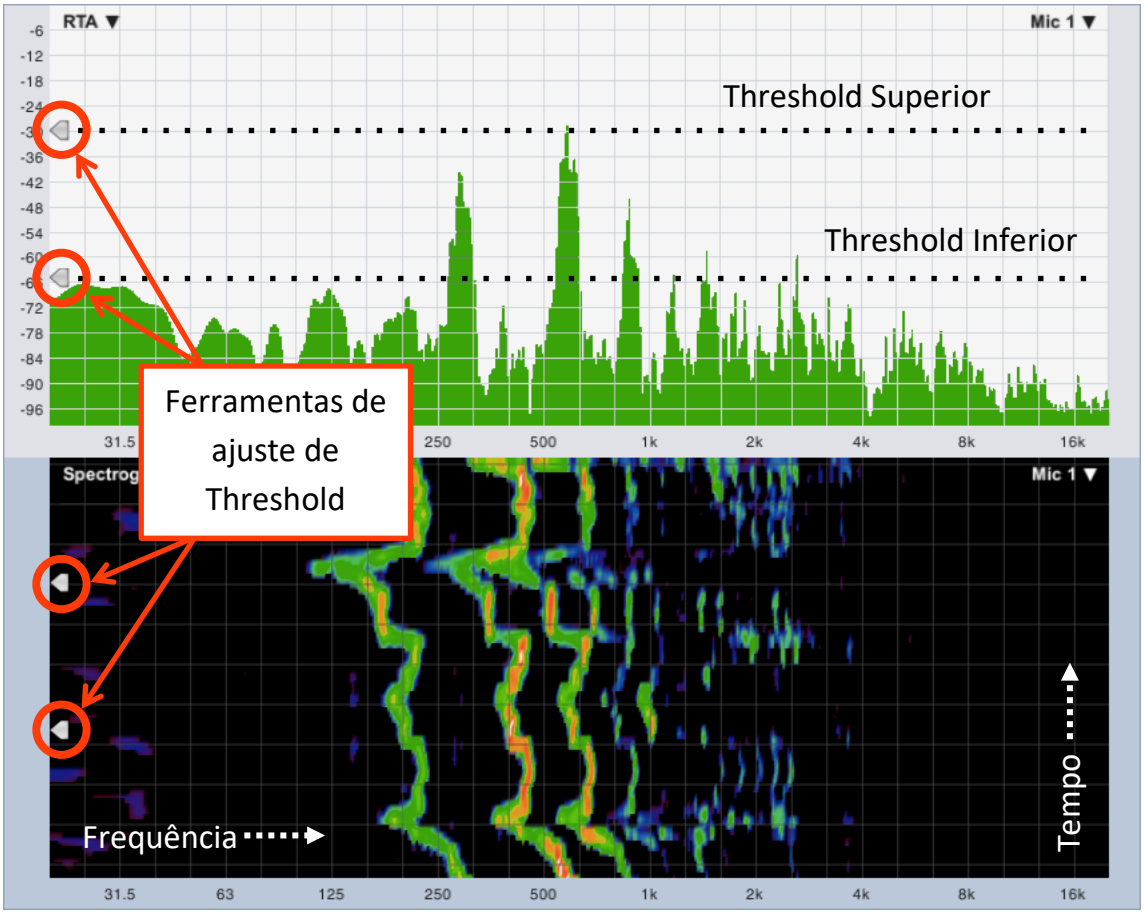



*Figura 79: Display do Espectrógrafo em modo de tempo real*

## Extensão Dinâmica do Espectrógrafo

A extensão dinâmica do espectrógrafo é controlada por dois ícones em forma de triângulo que aparecem à esquerda superior do gráfico do Espectrógrafo. Esses controles também aparecem no gráfico RTA. O mais acima dos dois ícones determina o threshold máximo (Max); o mais abaixo determina o mínimo (Min). O espectrógrafo escala seu espectro de cores entre esses dois extremos. Qualquer faixa de FFT cuja magnitude exceder o máximo especificado é mapeada na cor branca. Valores abaixo do mínimo são mapeados em preto. Observe que você pode também especificar valores de threshold para a extensão dinâmica na seção *Spectrograph Settings* das opções de *Spectrum* (menu *Options* > *Spectrum*.

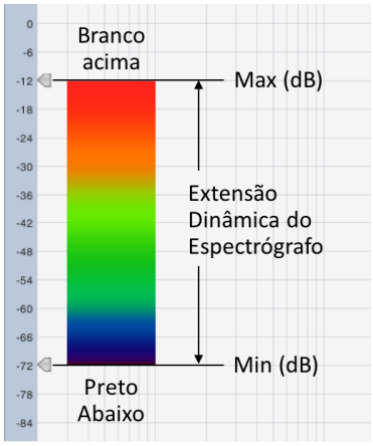



*Figura 80: Extensão dinâmica do Espectrógrafo e mapeamento de cores*

O ponto principal ao criar um espectrógrafo útil é ajustar a extensão dinâmica corretamente. Se você definir o intervalo muito largo, o display perde definição e características importantes podem se perder. Defina-o muito estreito ou defina o threshold inferior muito alto e você pode perder algumas características importantes completamente. Uma das mais importantes vantagens do Espectrógrafo em

tempo real do Smaart 8 é a habilidade de ajustar thresholds do espectrógrafo dinamicamente para que se possa observar o efeito dos ajustes dos thresholds Min/Max nos dados diretamente na tela e fazer uma comparação em medidas correspondentes.

### Tamanho de Buffer e Altura de Faixa

O Smaart pode manter um histórico bastante extenso do Espectrógrafo. O tamanho do histórico do espectrógrafo que se pode *exibir* é limitado pela resolução da tela, tamanho do gráfico e altura da faixa do espectrógrafo, mas é possível manter 2000 faixas de histórico na memória. Isso se traduz como ao menos 80 segundos de dados em velocidade máxima de atualização de 24 quadros por segundo. Quando o tamanho do histórico exceder o tamanho do gráfico, você pode rolar o gráfico para frente e para trás usando as setas para cima e para baixo no teclado (desde que o espectrógrafo seja o gráfico ativo).

A configuração de *Slice Height* nas configurações do Espectrógrafo das opções do diálogo *Spectrum* determina a altura vertical de cada "faixa" horizontal do espectrógrafo. Quanto menor a altura da faixa, mais dados podem caber na tela. Faixas maiores podem produzir características menores mais fáceis de visualizar e consumir menos processamento gráfico. Observe que você também pode mudar a altura da faixa do Espectrógrafo na janela principal, usando as teclas de mais e menos ([+] / [−]) em seu teclado quando o gráfico ativo for um Espectrógrafo.

### Tons de Cinza

Uma opção adicional do espectrógrafo em tempo real é renderizar o gráfico em escala de cinza ao invés de cores. Os usuários que são daltônicos ou tem dificuldade em distinguir algumas cores podem achar o espectrógrafo em tons de cinza mais fácil de ler do que a versão colorida. A opção tons de cinza também pode produzir melhores resultados ao fazer capturas de tela para documentos impressos, se você não planeja imprimir o documento em cores. Para alterar o espectrógrafo para tons de cinza, abra as opções de espectro (menu *Options*>*Spectrum*) e clique no ícone de seleção *Grayscale* na seção *Spectrograph Settings*.

## Opções de Espectro

Já cobrimos o uso da maioria das configurações nas opções de *Espectro*, mas não todas. Para selecionar as que não mencionamos e recapitular as que já mencionamos, aqui vai uma lista de todas as configurações na página *Spectrum* do diálogo *Options*.

## Configurações Gerais

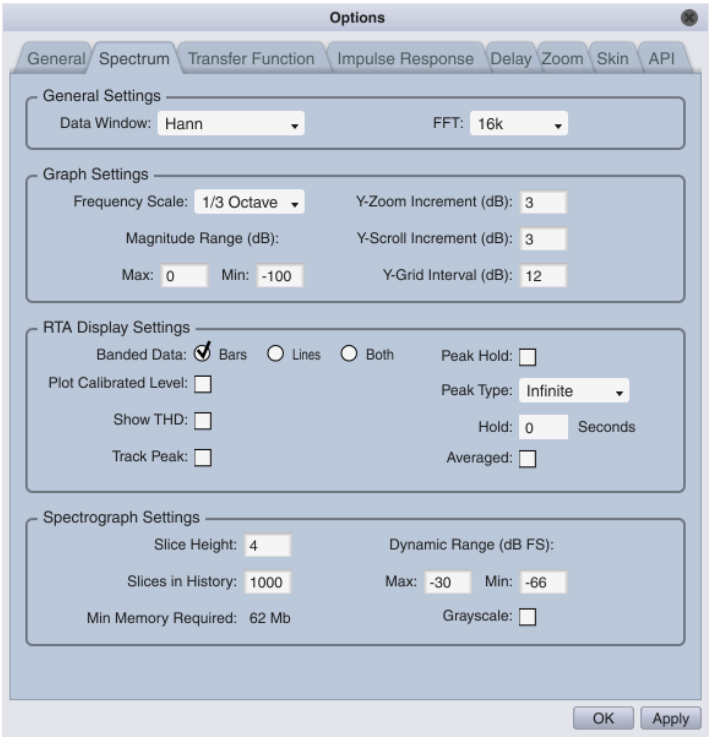



*Figura 81: A aba Spectrum do diálogo Options*

*Data Window* configura a função de janelamento de dados, usada para pré-condicionar sinais em domínio de tempo antes de executar uma FFT para medições de espectro de banda estreita (medições de espectro bandeadas sempre utilizam janelamento Hann). A configuração padrão é Hann, o que geralmente é bom manter a menos que tenha uma boa razão para mudar isso.

O seletor de FFT define o tamanho global da FFT (em amostras) para todas as medições de espectro. O tamanho da FFT, juntamente com a taxa de amostragem, determina a resolução de tempo e frequência da medição. Dada uma taxa de amostragem de 44.1k ou 48k amostras por segundo, a configuração padrão de 16K pontos é geralmente uma boa relação custo-benefício que funciona bem para a maioria das aplicações de áudio. O equivalente funcional para taxas de amostragem de 88.2k ou 96k seria 32K.

## Configurações Gráficas

O seletor *Frequency Scale* determina a escala de frequência e opções de grade quadriculada para o display RTA. Há na verdade apenas duas opções de *escala*: linear (*Lin*) e logarítmica. Todas as opções nessa lista além de *Lin* são opções de grade quadriculada para escala de frequência logarítmica.

- *Decade* exibe o gráfico RTA com escala de frequência logarítmica e grade quadriculada vertical decimal (base 10).
- *Octave* exibe o gráfico RTA com escala de frequência logarítmica e linhas de grade verticais com espaçamento em intervalos de uma oitava.
- *⅓ Octave* exibe o gráfico RTA com escala de frequência logarítmica e linhas de grade verticais com espaçamento em intervalos de ⅓ de oitava.
- *Lin* exibe o gráfico RTA em escala de frequência linear e grade quadriculada espaçada linearmente.

*Magnitude Range (dB)* determina a extensão de decibéis para o eixo *y* do gráfico RTA. Observe que os padrões de extensão *y* (calibrados ou não) para gráficos RTA não podem ser alterados. Estas definições controlam apenas a extensão da exibição no momento e são substituídos se você ampliar a imagem usando o mouse ou atalhos de teclado ou redefinir para a extensão padrão.

*Y-Zoom Increment (dB)* determina o aumento usado no zoom do teclado no eixo *y* do gráfico RTA. Quando o display RTA estiver selecionado na área gráfica, pressionar as teclas [+/=] ou [-] irá aumentar ou diminuir a escala vertical do gráfico pelo número de decibéis especificados aqui.

*Y-Scroll Increment (dB)* determina o aumento usado ao rolar com o teclado nos displays RTA e Espectrógrafo. Quando um display RTA ou Espectrógrafo estiver selecionado na área gráfica, cada vez que pressionar as teclas para cima [↑] irá rolar o gráfico para cima ou para baixo pelo número de decibéis especificado.

*Y-Grid Interval (dB)* determina o intervalo da grade quadriculada no eixo *y* para o gráfico RTA em decibéis.

## *Configurações de Display RTA*

A configuração de *Banded Data* na seção *RTA Display Settings* das opções *Spectrum* determina o tipo de gráfico usado para displays de banda de oitava e oitava fracionada.

- Selecionar *Bars* exibe gráficos RTA como um gráfico em barras.
- Selecionar *Lines* muda o gráfico RTA para um gráfico linear.
- A opção "*Both*" é um display híbrido que sobrepõe um traço de espectro de banda estreita sobre um gráfico em barras de oitava fracionada.

*Plot Calibrated Level* aplica compensação de calibragem de entrada (ex. para calibragem SPL) para medições RTA (se aplicável) e torna a extensão padrão de display de 20 dB para 120 dB. Observe que isso irá resultar em uma diferença drástica em escala entre dados das entradas calibradas em SPL e entradas calibradas em Full Scale digital. Quando esta opção não estiver selecionada, o Smaart ignora a calibração de sensibilidade de entrada e referencia todas as medições de espectro em Full Scale digital. A extensão da magnitude padrão para displays RTA nesse caso é de 0 a -100 dB.

Quando *Show THD* estiver habilitado e o gráfico RTA estiver configurado a uma resolução de oitava fracionada de 1/12 ou mais, irá aparecer *THD: n%* no leitor de cursor acima do gráfico RTA, onde n é o percentual de THD calculado para a frequência atual do cursor. Valores de THD no Smaart são a razão entre a potência na banda de oitava fracionada na frequência do cursor e a soma da potência nos próximos três harmônicos. **Se (e somente se)** o cursor estiver posicionado na frequência de uma senoide simples usada para estimular um sistema sob teste, este valor deve ser indicativo da distorção total harmônica presente no sistema naquela frequência. Caso contrário, é geralmente insignificante.

*Track Peak* faz o Smaart rastrear e exibir magnitude e frequência do ponto com maior magnitude no traço frontal do gráfico RTA quando habilitado.

O ícone *Peak Hold* habilita o alerta de pico.

*Peak Type* configura o tipo de tempo de decaimento:

- *Timed Peak Hold* permite que o traçado do pico decaia depois de algum período de tempo, conforme especificado no campo *Hold*.

- *Infinite peak hold* preserva o maior nível de pico registrado para cada frequência até que seja substituído por uma leitura maior ou que se desligue a opção ou pressione a tecla [V] para esvaziar o buffer.

O campo *Hold* determina o tempo de decaimento do alerta de pico *temporário* em segundos.

Alerta de pico *Averaged* baseia o alerta de pico em dados de média RTA quando selecionado (caso aplicável). Do contrário, a função alerta de pico procura pelos maiores picos em cada FFT que entra, antes dos dados irem para a média do display RTA normal.

### *Configurações do Espectrógrafo*

*Slice Height* configura a altura em pixels de cada fileira no display do Espectrógrafo.

*Slices in History* configura o número máximo de fileiras do histórico do espectrógrafo. Isso pode exceder o número de fileiras que podem ser exibidas na tela em determinado tempo, permitindo rolar e observar transientes ou outras características que tenham passado na tela. A ressalva é que quanto mais fileiras no histórico, mais memória é necessária. Para tamanhos maiores de FFT e históricos muito longos os requisitos da memória podem ser bem grandes.

*Max Memory Required* mostra os requisitos de memória para o tamanho de um histórico de espectrógrafo específico baseado no tamanho de FFT atual selecionado para as medições de espectro em *I-O Config*.

*Grayscale* muda para tons de cinza o espectrógrafo ao invés de cores.

*Dynamic Range (dB FS)* estabelece os limites superior e inferior (máximo e mínimo) da exibição do espectrógrafo em decibéis. Pontos de frequência cujos valores de magnitude estejam abaixo do mínimo especificado *(Min)* são exibidos em preto. Na parte superior, valores fora do alcance especificado *(Max)* são definidos como branco.

## Exemplos de Aplicação

A seguir alguns exemplos de medição de espectro usado em aplicações no “mundo real”. Estes tem o intuito de ser exercícios passo a passo onde se possa aprender na prática, além de exemplos de coisas úteis que você pode fazer com o Smaart.

### Distorção e Sobrecarga

Para este exercício, vamos começar com uma configuração de medição muito simples e fornecer instruções detalhadas para cada etapa do processo como se estivesse começando do zero com uma nova configuração. Se já souber como se localizar no Smaart então pule algumas partes que já saiba.

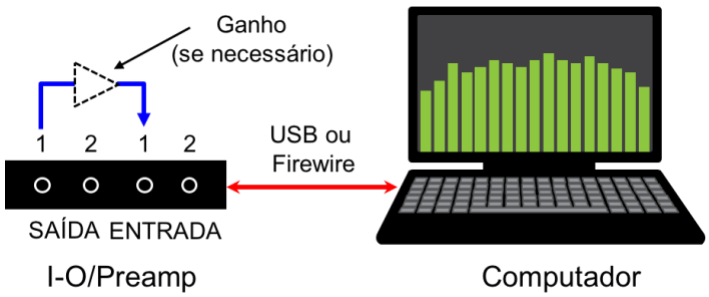



*Figura 82: Exemplo de configuração em loop para distorção e sobrecarga*

Se a saída de fone de ouvido de seu computador é capaz de sobrecarregar suas entradas de linha, a configuração de medição para esse exemplo pode ser simples como um cabo P2 (3.5 mm ou TRS de ⅛"). Caso contrário, pode ser necessário endereçar a saída do seu dispositivo de áudio I-O em algum tipo de ganho, como um mixer ou pré-amplificador e depois de volta para uma entrada. A ideia é ser capaz de mandar uma onda senoidal com força suficiente para clipar a entrada no seu dispositivo de áudio I-O.

Clique no botão *Spectrum* na parte inferior da barra de controle para garantir que a área do gráfico tem painel gráfico único, com o tipo de gráfico definido para RTA. Se você ainda não tem uma medição de espectro configurada para o dispositivo e canal de entrada que estará usando, selecione *I-O Config* no menu *Config* ou pressione [Alt/Option] + [A] no seu teclado para abrir o diálogo *Configurator* na página *I-O Config*.

Em *I-O Config*, certifique-se de que *Input Devices* está selecionado na parte superior da página, em seguida, selecione o ícone *Use* ao lado do dispositivo de entrada que você estará usando. O Smaart selecionará automaticamente todos os seus canais para uso na tabela de canais abaixo e criar uma medição de espectro para cada canal com os apelidos da tabela de canais como seus nomes de medição. Se quiser alterar o nome de uma entrada e sua medição de espectro associada, clique no *Friendly Name* do canal e digite um novo nome, então pressione a tecla [Enter] para definir a mudança. Se houver quaisquer canais no dispositivo que não queira usar, você pode desmarcar os ícones de seleção *Use* na tabela de canais.

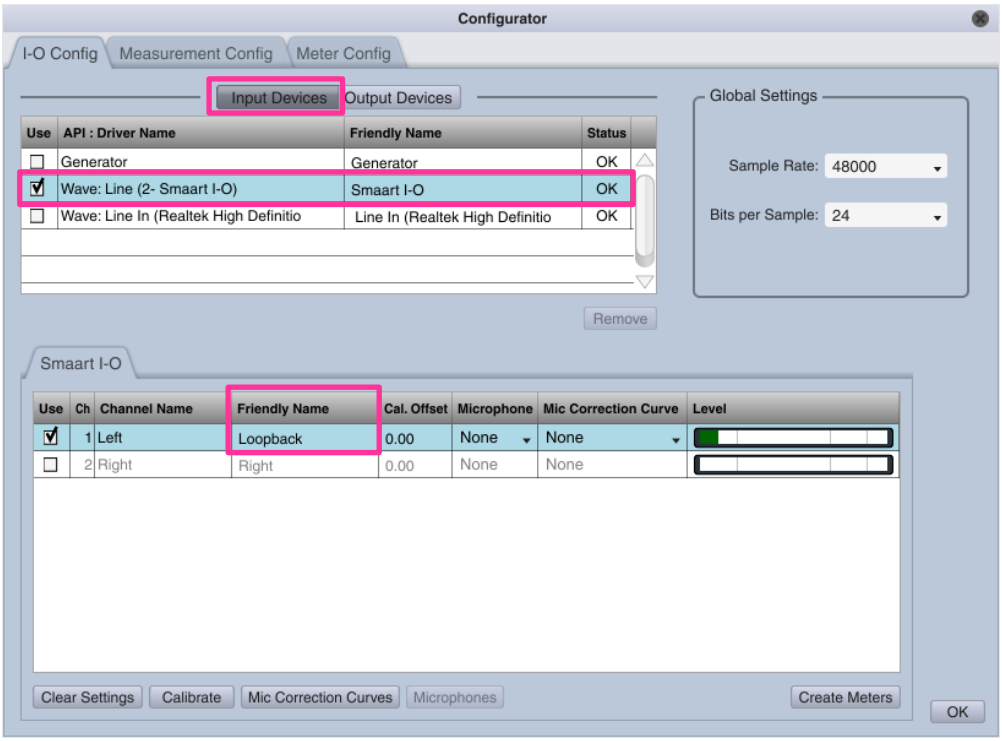



*Figura 83: Configuração I-O para exemplo de aplicação de distorção e sobrecarga*

Quando terminar de configurar as suas seleções, clique em *OK* para sair do diálogo *Configurator*. De volta à janela Smaart principal, você deve ver agora um bloco de controle para a sua nova medição na

parte inferior da barra de controle. Clique no botão *Run* (►) da medição para ter certeza que funciona. Tudo que importa nesse ponto é certificar-se que o botão fique verde e que o Smaart não apresente nenhuma mensagem de erro.

Se houver algum problema, volte para *I-O Config* e certifique-se que o estado do dispositivo de entrada que você selecionou está "OK". Se mostrar "N/C", então o dispositivo não está ligado ou há algum tipo de problema de hardware ou driver, então escolha outro dispositivo ou pare e resolva o problema.

Uma vez confirmado que a medição está funcionando, coloque o seletor *Banding* na barra de controle em *1/48 Octave* e *Averaging* em 8 FIFO. Se você tiver alterado o tamanho da FFT para medições do espectro, clique no ícone *Spectrum* no topo da barra de controle e mude-o de volta para 16K em *Spectrum Options*. Clique no título do grupo de controle do *Gerador de Sinal* na Barra de Controle ou selecione *Signal Generator* no menu *Options* para abrir as opções do diálogo *Signal Generator*. Na janela de diálogo, selecione *Sine* como seu tipo de sinal, então defina o valor master *Level* em -12 dB e o ganho do *Level 1* para 0 dB. Coloque a frequência (*Freq*) em 1000 Hz e, em seguida, clique em OK para sair do diálogo.

O seletor de tipo de sinal no grupo de controle do Gerador de Sinal na barra de controle deve agora dizer *Sine* (em vez de *Pink Noise*) e o nível de saída deve ser -12 dB. Vá em frente e clique no botão *On* com o mouse ou pressione [G] no teclado para iniciar o gerador de sinal.

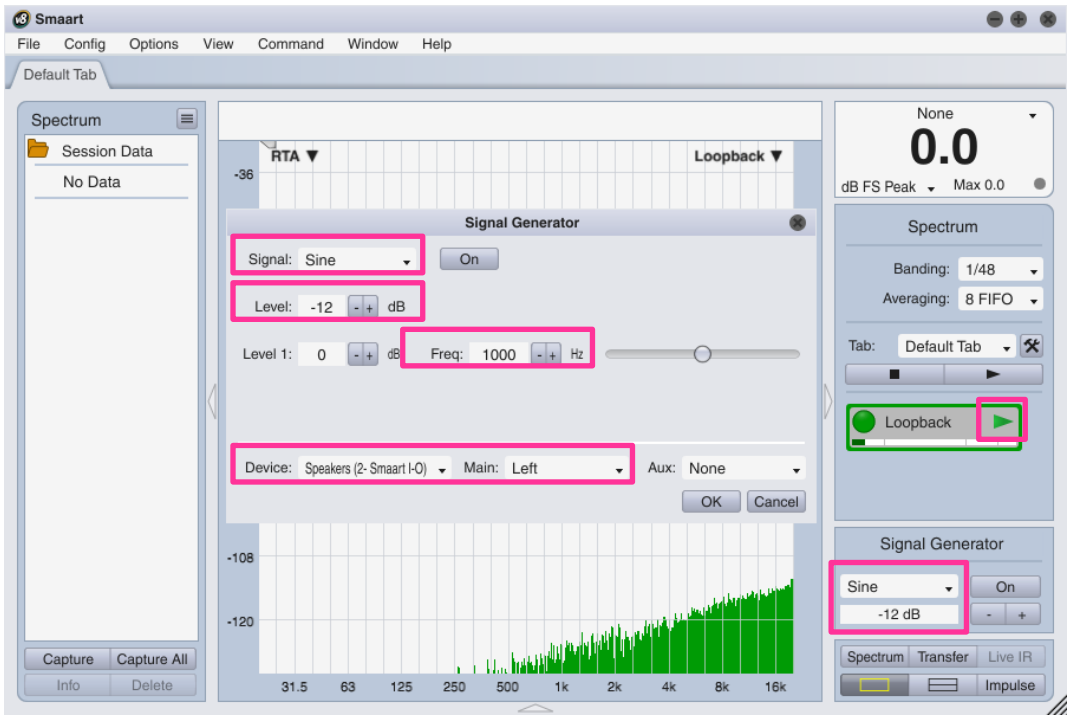



*Figura 84: Configuração de Gerador de Sinal para exemplo de aplicação de distorção e sobrecarga*

Certifique-se que a medição de espectro que você configurou ainda esteja acontecendo, então ajuste o nível do sinal de forma que esteja na parte amarela do medidor do nível de entrada da medição. Você pode usar os botões -/+ no gerador de sinal ou o ganho do dispositivo caso aplicável. Se tudo der certo,

você deve ver um pico claro no display RTA em 1000 Hz como na Figura 85:a. Se não enxergar nada, clique em qualquer parte na margem esquerda do gráfico RTA para reiniciá-lo ao intervalo *y* padrão.

Se você não puder ver o nível de ruído de fundo do dispositivo I-O no gráfico RTA, use as teclas para cima/para baixo no teclado para deslizar o intervalo da curva para cima e para baixo e as teclas mais/menos para dimensionar o intervalo *y* até poder ver tudo, desde o ruído de fundo até 0 dB.

Agora aumente o nível do sinal um pouco de cada vez até que a entrada comece a clipar. Conforme o medidor de nível de sinal da medição começar a chegar no máximo da zona vermelha, você deve começar a ver outros picos se levantando no gráfico RTA em múltiplos inteiros de 1kHz, como na Figura 85:b. Estes são produtos de distorção harmônica se formando conforme a entrada sobrecarregada clipa o sinal e nossa bela e limpa senoide começa a se parecer mais com uma onda quadrada.

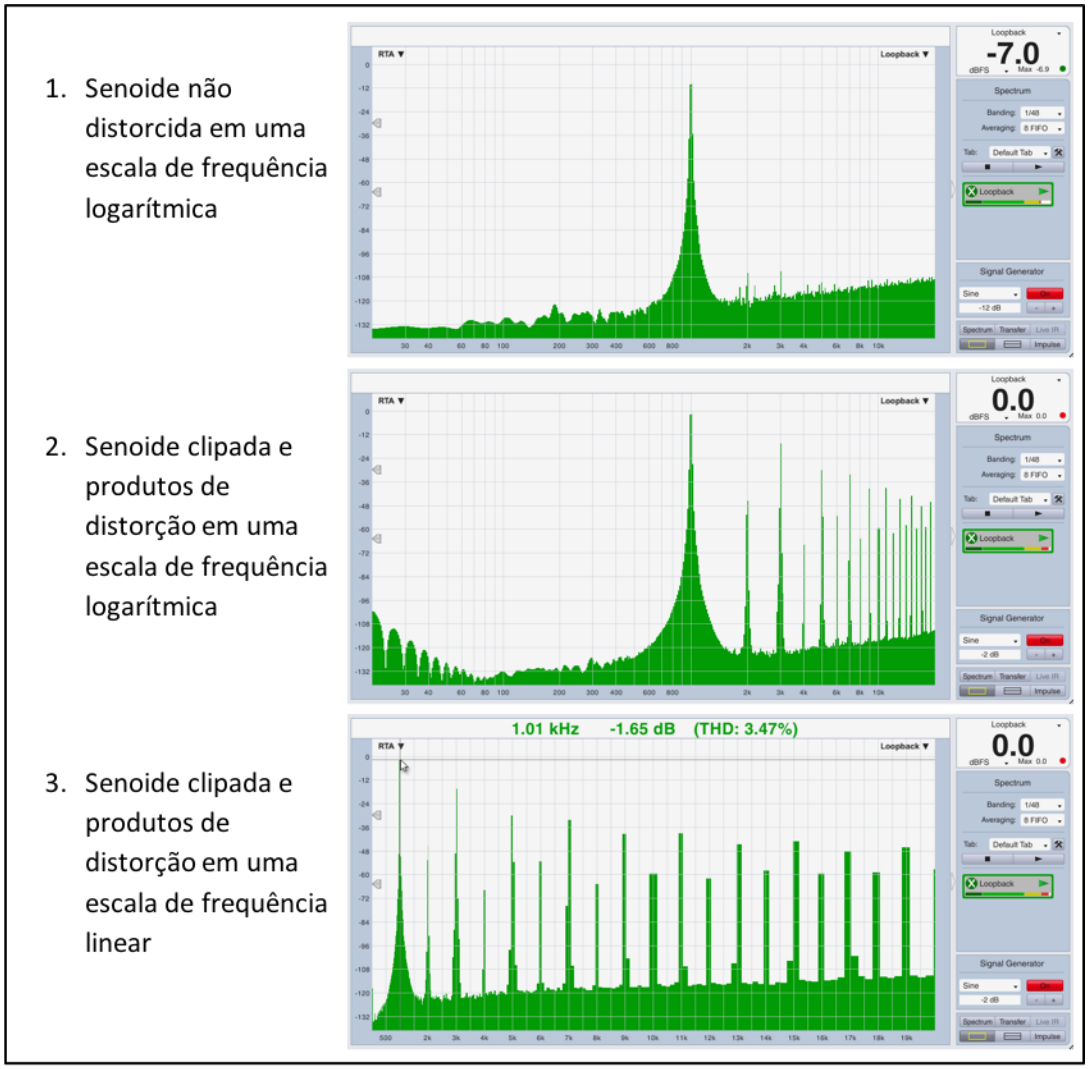



*Figura 85: Resultados de exemplo de aplicação de medição de distorção e sobrecarga*

A relação entre as frequências harmônicas torna-se ainda mais evidente se você mudar a escala de frequência do gráfico para linear, então clique na palavra *Spectrum* na parte superior da barra de controle ou selecione *Spectrum* no menu *Options* para abrir opções de espectro. Na seção *Graph*

*Settings* das opções *Spectrum*, altere a definição de *Frequency Scale* para *Lin* e clique no ícone de seleção *Show THD* na seção *RTA Display Settings*. Clique no botão *OK* no canto inferior direito da janela de diálogo para aplicar as alterações e sair do diálogo. Agora você deve ver os produtos de distorção da entrada sobrecarregada espaçados em intervalos regulares ao longo da exibição do eixo da frequência. Além disso, se você colocar o cursor do mouse sobre o pico em 1 kHz, o Smaart irá calcular a THD e exibir o valor no leitor de cursor.

Certifique-se de voltar e alterar a escala de frequência RTA de volta para uma das opções logarítmicas (*Decade*, *Octave* ou *⅓ Octave*) antes de passar para o próximo exercício. Escala de frequência linear é ótima para observar harmônicos e filtro pente, mas geralmente não tão boa para a maioria das outras coisas que fazemos com o Smaart.

## Identificação de Microfonia

Para este próximo exemplo, precisamos de um sistema de som de verdade. Não precisa ser um sistema de som muito elaborado, apenas um microfone e um mixer alimentando um amplificador e alto-falante ou um alto-falante ativo serão suficientes. O microfone vocal é endereçado pelo mixer para o amplificador e alto-falante e capturamos o sinal do mixer como o nosso sinal de medição de saída.

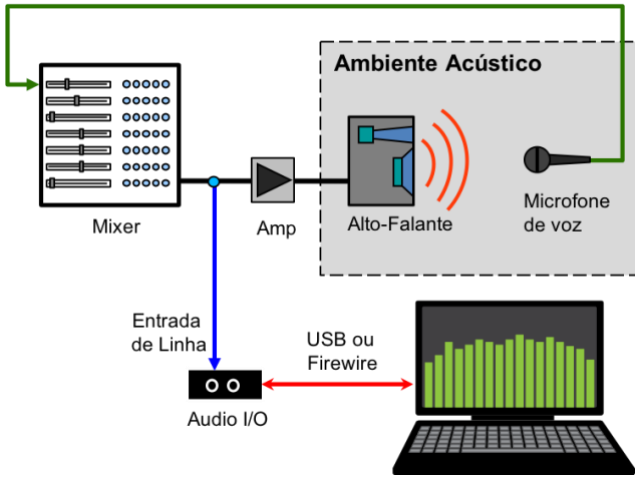



*Figura 86: Configuração do sistema de medição para estudo de microfonia*

No Smaart, configure uma medição do espectro para a entrada do seu dispositivo I-O que estiver ligado no mixer. Veja o exemplo de aplicação de *distorção e sobrecarga* na página 105 para obter instruções sobre como fazer isso, se você precisar de ajuda. Clique no botão *Spectrum* na barra de controle e, em seguida, clique no botão com o retângulo dividido na próxima fileira abaixo. Sua área gráfica deve então parecer com a Figura 87:, com um gráfico de RTA na parte superior e um espectrógrafo abaixo. Ajuste o seletor *Banding* na barra de controle para a direita ou o gráfico em *1/24-octave* e *Averaging* para *1 Sec*.

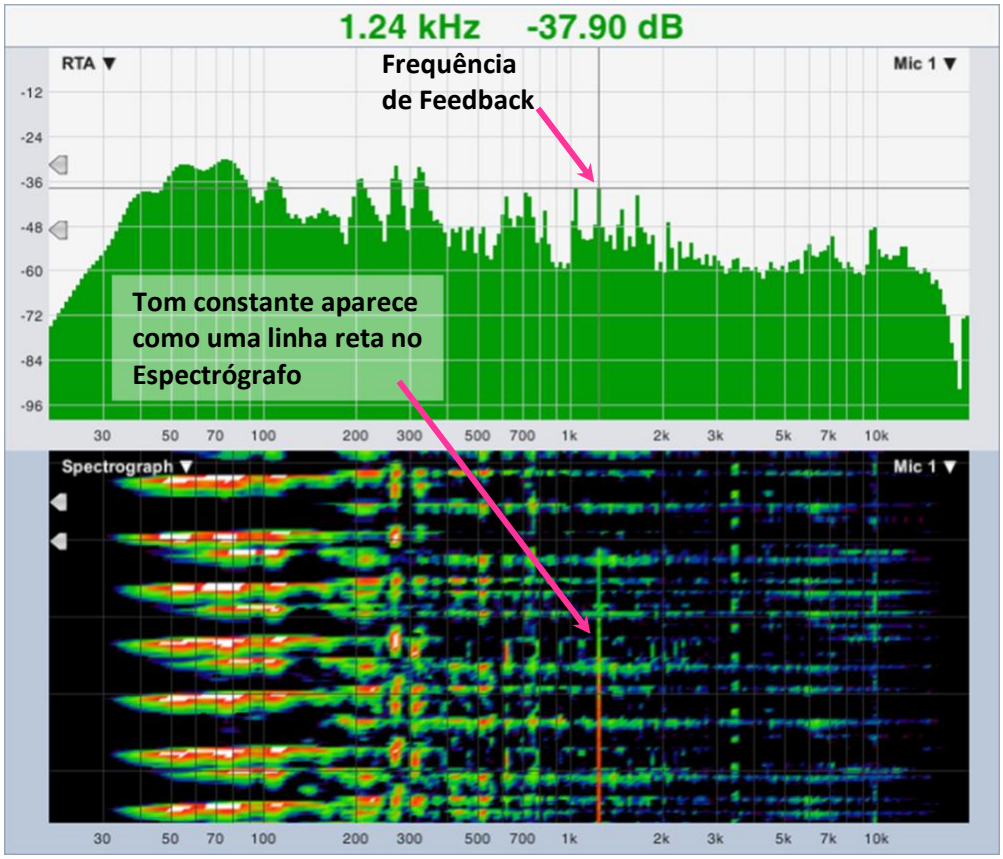



*Figura 87: Estudo de microfonia*

Clique no botão *Run* em sua medição para começar a capturar dados e então aos poucos aumente o ganho do microfone até que o sistema comece a apresentar microfonia. Você deve ver uma faixa vertical se formando no espectrógrafo na frequência de feedback, como a de 1.24 kHz na Figura 87:. Se você posicionar o cursor do mouse sobre a faixa no gráfico, você pode ler a frequência precisa no leitor de cursor no topo do gráfico. Para mais certeza, ligue um aparelho de música no mixer e repita o experimento com música. Você ainda deve achar facilmente a frequência de feedback no espectrógrafo, enquanto fica mais difícil de encontrar no gráfico RTA na presença de um sinal dinâmico complexo como música.

O espectrógrafo é também uma ferramenta poderosa para ajudar a rastrear e identificar problemas de áudio além de microfonia durante performances. É prática comum para operadores de áudio rotear a saída Bus Solo da console para uma entrada do Smaart. Operadores de monitor acham isso particularmente útil para analisar o conteúdo espectral de suas mixagens, ou em geral, para observar o espectro de um sinal de entrada antes de ser amplificado pelo sistema de som. Operadores de FOH geralmente tem um microfone configurado para monitorar a saída acústica do sistema em tempo real. Mesmo os ouvidos mais treinados podem se beneficiar com isso. Por exemplo, se estiver ouvindo uma sobra de médio grave entre 160Hz e 220Hz, o analisador de espectro pode lhe ajudar a ver exatamente qual frequência está sobrando e quanto é necessário tirar para equalizar.

## Examinando Padrões de Interação com o Espectrógrafo

A seguir uma técnica simples que utiliza o Espectrógrafo para examinar a cobertura e interação de padrões em sistemas de alto-falantes. Simplificando, alimente o sistema com ruído rosa – que deve produzir um nível/cor relativamente constante em todas as frequências de um espectrógrafo – e então mova o microfone de medição pelo ambiente. Variações nos níveis de interações como filtro pente causado por reflexões, podem ser observados como padrões de interação na exibição do sinal de microfone do espectrógrafo. Ajustar a extensão dinâmica ajuda a ilustrar melhor os padrões de interação.

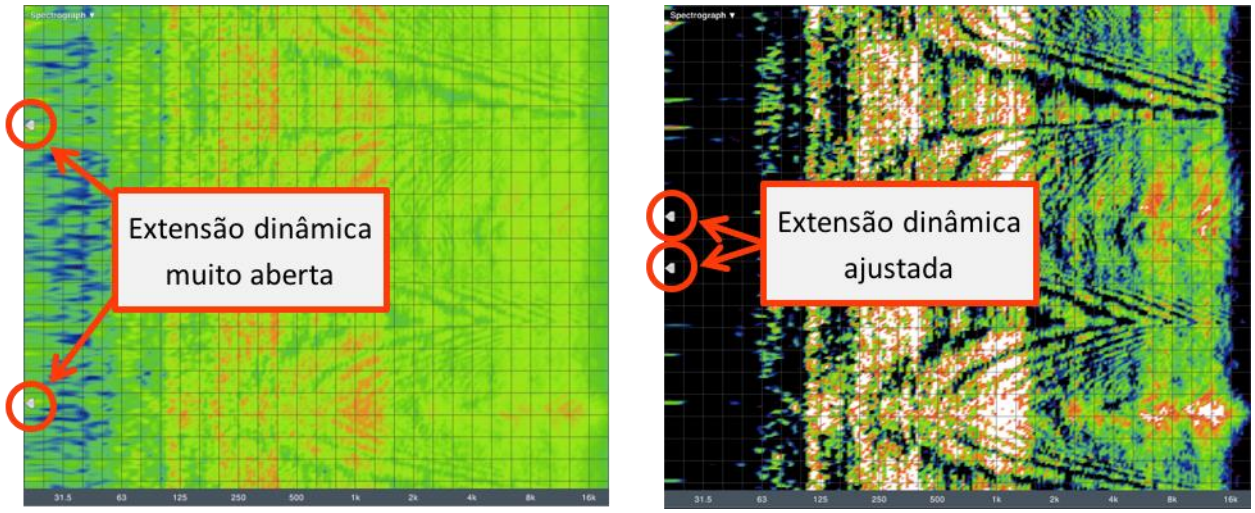



*Figura 88: Exibição do Espectrógrafo de padrões de interação de filtro pente*

# Capítulo 6: Medições de Função de Transferência em Canal Duplo

A função de transferência é uma técnica de medição em canal duplo que determina a resposta de frequência de um sistema, comparando o seu sinal de entrada (o sinal de referência) com a sua saída (sinal de medição). O resultado desta medição é um sinal complexo que representa a diferença entre os sinais de medição e de referência tanto em amplitude como em fase. Os resultados da medição apresentam o comportamento do conjunto de processamento do sistema sob teste (SUT) como uma função de frequência ou tempo.

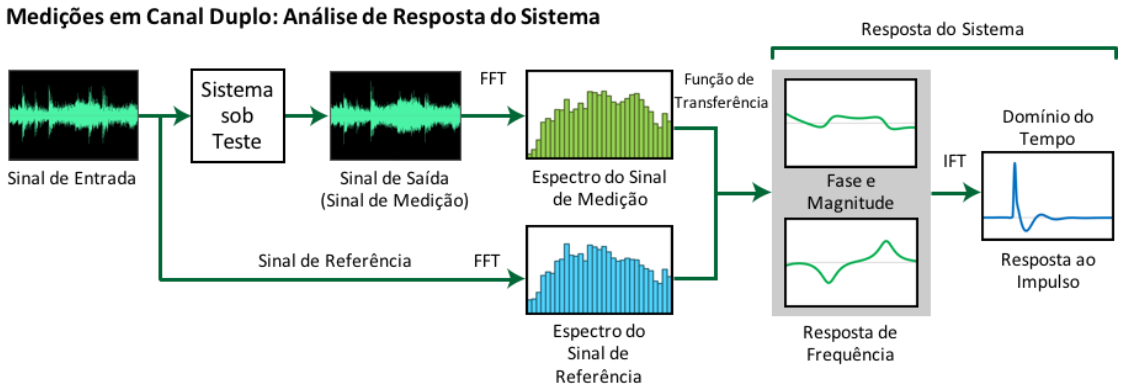



*Figura 89: Diagrama de blocos de uma função de transferência e/ou medição de resposta ao impulso em canal duplo*

A palavra “sistema”, neste caso significa tudo o que afeta o teor de energia espectral e tempo do sinal de referência, do ponto em que foi introduzido na cadeia do sinal, até o ponto em que se obteve a saída resultante como nosso sinal de medição. No caso de medições acústicas (capturado por um microfone), a definição de SUT, portanto, inclui o caminho acústico do alto-falante, bem como a via eletrônica e o sistema de alto-falantes. Se estivéssemos medindo apenas um único canal de um processador da sua entrada para a sua saída, então este único canal é o SUT – para medições eletrônicas de um único dispositivo, poderíamos dizer “dispositivo sob teste” (DUT) em vez de SUT, mas ambos os termos são tecnicamente corretos nesse caso.

A função de transferência permite examinar a resposta de frequência de componentes de um sistema de som, sejam elétricos (EQ’s, mixers, processadores) ou eletroacústicos (alto-falantes, seus drives e seu ambiente acústico). Esse tipo de medição é extremamente útil para uma variedade de aplicações, incluindo o design de caixas acústicas, avaliação de equipamentos, equalização e otimização de sistemas de som.

Dados das medições de função de transferência são apresentados de três formas diferentes no Smaart em três tipos de gráficos: resposta de magnitude, resposta de fase e resposta ao impulso ao vivo (Live IR). As duas primeiras (*Magnitude* e *Fase*) são gráficos no domínio da frequência no eixo horizontal *x* e a variável dependente (magnitude ou fase) no eixo vertical *y*. *Live IR* é um gráfico no domínio do tempo com tempo no eixo *x* e amplitude linear ou magnitude em decibéis no eixo *y*. Uma medição parecida

chamada coerência é também calculada a partir dos mesmos dados. A coerência é apresentada no gráfico de *Magnitude* como um indicador da qualidade dos dados da função de transferência.

Dois grupos de configurações determinam a aparência e o comportamento destes displays:

- Configurações de medição afetam a forma como os dados são adquiridos. Estas são configuradas na página *Measurement Config* do diálogo *Configurator* (menu *Config>Measurement Config*) e as discutimos com detalhes no Capítulo 3 (ver página 59). Nesta seção, iremos ver mais especificamente como algumas daquelas opções afetam diretamente os displays de *Magnitude*, *Fase* e *Live IR*.
- Configurações de display afetam como os dados da medição de função de transferência são exibidos depois de capturados, mas não mudam os dados fundamentais da medição. Estas opções se encontram primeiramente na página de *Função de Transferência* (menu *Options>Transfer Function*), as quais veremos nesta seção.

Como foi o caso com as medições de Espectro, a diferença entre medição e função de display torna-se menos evidente em alguns lugares. Suavização por oitava fracionada, por exemplo, é tecnicamente uma função de display que não afeta os dados fundamentais, mas a agrupamos com parâmetros de medição por razões práticas. Thresholds de magnitude e coerência podem ser definidos de ambos lugares. A intenção organizacional básica, no entanto, é que configurações de display se encontram principalmente nas opções de *Função de Transferência* e parâmetros de medição localizam-se nas *Configurações de Medição*.

# Configuração de Medição e Exibição de Canal Duplo

## Barra de Controle de Função de Transferência

À primeira vista, a barra de controle do display de função de transferência se parece muito com uma de medição de Espectro. Obviamente, lê-se "*Transfer Function*" na parte superior em vez de "*Spectrum*". Se você mover o cursor do mouse sobre o título, irá aparecer um botão que abre as opções de *Função de Transferência*. Aqui mais uma vez, temos um seletor de Cálculo de Média (*Averaging*) para a medição ativa, mas em vez de Bandeamento (*Banding*), há controles separados de suavização para displays de fase e magnitude (*Phase Smooth* e *Mag Smooth*)

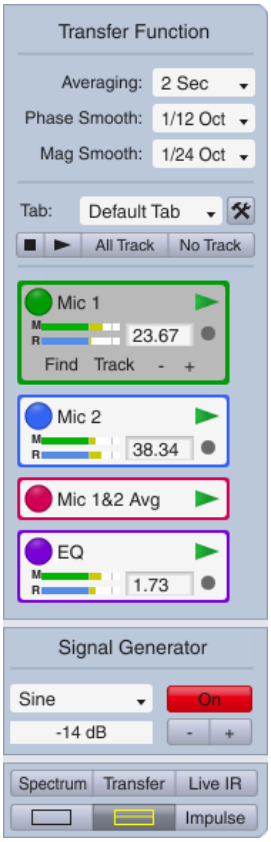



*Figura 90: Barra de Controle de Função de Transferência*

No nível de configuração de medição, todas as três configurações podem ser definidas globalmente, para todas as medições de função de transferência ou para medições individuais. Se a medição ativa no momento usa configurações globais para qualquer um desses parâmetros (como é normalmente o caso), então os controles na Barra de Controle serão aplicados às configurações globais e as alterações feitas nestes controles irão se manter por quaisquer outras medições submetidas às configurações globais. Para qualquer uma configurada localmente, no nível de medição da medição ativa, o controle correspondente na Barra de Controle afeta apenas a medição ativa.

Outra diferença entre Barras de Controle de *Espectro* e *Função de Transferência* são seus controles de medição ao vivo. O seletor de *Abas* funciona da mesma forma para medições de espectro, mas além dos botões para Parar Todas (■) e Rodar Todas (►), também temos os botões *All Track* e *No Track* que habilita ou desabilita o localizador de delay de todas as medições do grupo.

Os blocos de controle para medições ao vivo individuais para medições de função de transferência em canal duplo contêm controles de delay e localizador de delay, além dos botões padrão de cor/ocultar, nome da medição e rodar/parar, eles incluem um campo de delay e dois medidores de nível de entrada; um para o sinal de medição (escrito "M") e outro para sinal de referência (escrito "R"). Além disso, o bloco de controle para a medição ao vivo ativa se expande para incluir uma linha extra de botões flutuantes abaixo dos medidores de nível de sinal. Estes incluem um botão *Find* que aciona o *Delay Finder* do Smaart, um botão *Track* que liga ou desliga o localizador de delay e botões de -/+ para ajuste fino do tempo de delay por uma amostra.

O campo de delay em cada bloco de medição é diretamente editável. Clique com o mouse para selecionar, então digite um novo valor e pressione [Enter] no teclado para definir a mudança. O círculo cinza à direita do campo de delay fica amarelo quando o localizador de delay está ativo e funciona como um botão para ligar e desligar o localizador quando você clicar nele com o mouse.

## Configuração de Medição de Função de Transferência

Se você clicar no botão com o martelo e chave inglesa na Barra de Controle (ver Figura 90:) para abrir as *Configurações de Medição*, e então selecionar uma medição de função de transferência na exibição estrutural ou clicar duas vezes no nome de uma das tabelas de medição exibição em Abas, você verá que existem vários parâmetros a mais que antes para medições de espectro e mais deles são localizáveis.

*Figura 91: Parâmetros de medição de função de transferência*

### *Tamanho de FFT*

A seleção de FFT para medição de função de transferência pode ser configurada globalmente ou para medições individuais e não apenas globalmente para todas as medições. Os seletores de FFT para medições de função de transferência incluem a mesma seleção de FFTs de potência de dois disponíveis para medições de espectro, além de uma opção adicional chamada *MTW*.

MTW significa janela de tempo múltiplo (em inglês: Multi-Time-Window). Esta é a seleção FFT padrão para medições de função de transferência e para a grande maioria das aplicações de alinhamento de sistema, raramente há necessidade de altera-la. Ao invés de capturar uma única FFT para cada sinal de entrada (de referência e de medição) a uma taxa de amostragem única, MTW usa uma série de decimações de taxa de amostragem e tamanhos de FFT diferentes para produzir uma medição com resoluções diferentes de tempo e frequência em diferentes faixas de frequência. Há várias vantagens em relação a esta abordagem.

Uma vantagem da MTW é contornar alguns contrapontos inerentes da resolução de tempo vs. frequência em análise de FFT. Ter por volta de 840 pontos frequenciais torna as medições MTW mais fáceis de ler que uma medição de FFT de tamanho único com semelhante resolução em baixa frequência. Outra é que o uso de janelas de tempo menores em altas frequências torna a função de coerência muito mais útil para detectar diferenças de tempo entre referência e medição do que qualquer medição baseada em FFT de tamanho único com semelhante resolução em baixa frequência. Em taxa de amostragem de 48k, MTW desempenha melhor que resolução de 1 Hz em frequências mais baixas, comparando a ~1,5 Hz de uma FFT de 32K, com maior eficiência computacional e dados frequenciais quase 20 vezes menores que uma FFT de 32K, é muito menos trabalho para a placa de vídeo do computador exibir.

### *Tipo de Cálculo de Média de Magnitude (Mag Avg Type): Polar vs. Complexa*

*Magnitude Averaging Type* é um parâmetro global para medições de função de transferência que se aplica a todas as medições em 2 canais. Há duas opções: *Polar* ou *Complexa*. A diferença implícita entre elas (internamente) é que a média Complexa mantém em execução médias separadas para os dados reais e imaginários e calcula magnitudes para exibir a partir dos dados de média complexa. Média Polar calcula a magnitude para cada atualização de medição que entra e mantém uma única média em execução dos valores de magnitude.

Em termos práticos, a principal diferença entre elas é que a média de magnitude (Polar) permite a entrada de mais energia reverberante, que se assemelha melhor com o que se ouve, em particular para programa musical. Média Polar também pode ser mais estável do que a média complexa sob condições difíceis de medição, onde há uma grande quantidade de ruído de fundo e/ou vento ou movimento físico. Média complexa rejeita energia mais reverberante como ruído do que a média polar e pode oferecer uma melhor imunidade a ruídos também. Porque a audição humana é bastante sofisticada quando se trata de processamento de sons em ambientes reverberantes, média complexa de magnitude pode dar-lhe melhores indicadores sobre a inteligibilidade de fala do que a média polar.

Observe que estas duas opções de média se aplicam apenas a forma como os dados de magnitude são processados. Média de Fase é baseada em cálculo de média complexa em ambos os casos.

## Suavização

Suavização ajuda a reduzir o ruído visual e ondulação nos dados de medição de função de transferência pela média de cada ponto de dado frequencial com algum número dos pontos em cada lado. Uma janela de média centro-ponderada que se expande de forma logarítmica é usada, ascendendo em frequência, semelhante à forma como funcionam bandas de oitava fracionada. As opções de suavização são em aumentos de oitava fracionada – maiores frações significam mais suavização. Existem controles separados de suavização para dados de fase e magnitude (Mag) porque tendemos a buscar coisas diferentes nos dois displays. É comum usar mais suavização para dados de fase, onde tendemos estar mais interessados em tendências gerais do que dados de magnitude, onde se pode querer ver mais detalhes.

## Ponderação

Ponderação aplica uma curva de ponderação para medições de função de transferência, seja localmente ou globalmente. Curvas de ponderação comuns incluem *A* e *C weighting* usadas para medições de SPL e LEQ e a curva *X* usada para sistemas de som de cinema.

## Compensação de Delay

Compensação de delay é um fator crucial em medição de função de transferência. O sinal de referência para a medição, independentemente da fonte, é, tipicamente, uma ligação direta com o nosso sistema de medição, o que significa que se desloca através de um cabo para a entrada do sistema de medição, mais ou menos, à velocidade da luz. O sinal de medição, sendo a saída do sistema sob teste, é sujeito a atrasos de filtragem, atraso de processamento através de dispositivos digitais, atraso intencional de alinhamento, e, claro, no caso de medições acústicas, viajando através do ar à velocidade do som.

Tudo isso pode introduzir dezenas de milissegundos de deslocamento do tempo entre os sinais de referência e de medição e devemos compensar essa diferença atrasando o sinal de referência para coincidir com o tempo de chegada do sinal de medição. Cada medição de função de transferência de dois canais tem uma linha de atraso embutida para este propósito. Na caixa de diálogo *Measurement Config*, os atrasos para cada medição de função de transferência ao vivo aparecem na tabela da guia *Group* e nas guias individuais de configuração de medição. Se souber o tempo de delay para uma determinada medição você pode dar entrada manualmente em qualquer desses lugares. Caso contrário, é preciso medi-la.

## Medição de Delay

Há vários métodos para se encontrar o tempo de atraso relativo entre dois sinais no Smaart. Geralmente se usa um dos dois procedimentos automatizados (*delay tracking* ou *Delay Finder*) que são baseados em medições de resposta ao impulso. Em casos mais complicados, você pode alternar para o modo IR, medir a resposta ao impulso e analisar visualmente os resultados. Usuários experientes também usam o display de *Fase* para ajuste fino de tempos de delay ou para lidar com casos difíceis como medição de subwoofer em um ambiente barulhento.

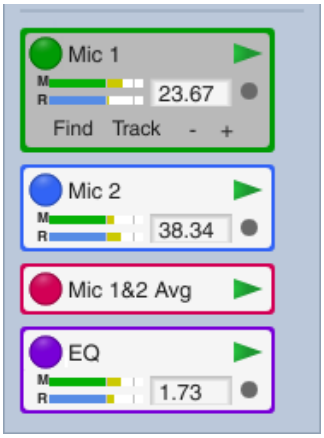



*Figura 92: Botão Delay Finder para a medição de função de transferência ativa*

### *O Delay Finder*

O Delay Finder do Smaart é um procedimento automatizado para encontrar o tempo de delay em medição ativa de função de transferência. Funciona ao medir a resposta ao impulso do SUT e então escanear a IR para encontrar o pico mais alto, o que normalmente representa a primeira chegada do sinal de medição no ponto de medição. Em medições acústicas, nós chamamos isso de primeira chegada ou chegada de som direto.

Para executar o *Delay Finder*, certifique-se que o gráfico ativo é um display de função de transferência de *magnitude*, *Fase* ou *Live IR*; para que os controles da medição de função de transferência estejam visíveis na barra de controle à direita da área do gráfico. Torne a medição cujo tempo de atraso você quer encontrar a medição ativa, clicando em seu bloco de controle na parte inferior da barra de controle – a medição deve estar em execução a fim de selecioná-la como a medição ativa. Certifique-se de que a fonte de sinal a ser utilizada para excitar o SUT esteja ligada e os níveis de entrada para a medição estejam rodando em níveis razoáveis, em seguida, clique no botão *Find* que aparece abaixo dos medidores no bloco de controle da medição ativa. A janela do *Delay Finder* aparece; o Smaart executa o procedimento de medição e relata seu resultado quando terminar.

Se o tempo de atraso medido parecer razoável e você estiver contente com os resultados, clique no botão *Insert* para atribuir o tempo de atraso de medição para a medição atual e sair do diálogo *Delay Finder*. Se não, você pode clicar no botão *Find Delay* para executar novamente a medição, ou clicar em *Cancel* para sair do diálogo sem atribuir o tempo de atraso medido.

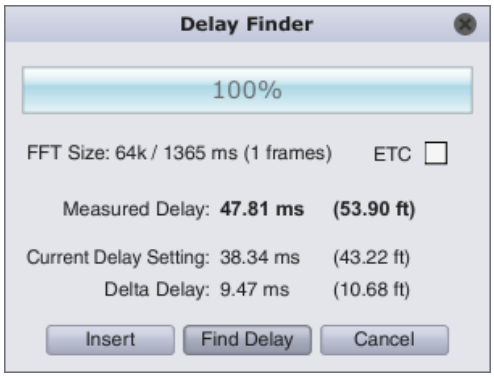



*Figura 93: Delay Finder automatizado*

O tamanho de FFT e o número de médias para o *Delay Finder* são definidos na aba *Delay* do diálogo de opções principais (menu *Options* > *Delay*). O padrão é uma FFT de 64K sem cálculo de média, que roda em constante temporal de 1365 ms em taxa de amostragem de 48k. Isso é suficiente para encontrar tempos de atraso em distâncias de cerca de 140 metros (450 pés) de uma fonte – uma boa regra geral é que a constante de tempo da FFT deve ser pelo menos 3x maior que o tempo de atraso esperado. Quando medir distâncias extremamente longas ou usar taxa de amostragem maior que 48k, talvez seja necessário aumentar o tamanho da FFT. Ao trabalhar em ambientes muito barulhentos, aumentar o número de médias pode ajudar também.

Observe que quando você executar o *Delay Locator*, o Smaart calcula automaticamente a diferença (*Delta Delay*) entre o tempo de atraso da medição e a configuração de delay da medição no momento. Esta é uma ferramenta útil para encontrar o tempo de atraso relativo entre dois sistemas de alto-falantes, por exemplo, um sistema de PA principal e um de delay. O procedimento é medir o primeiro sistema (chegando depois) e definir o tempo de delay, então fechar o primeiro sistema, ligar o segundo e rodar o *Delay Locator* novamente.

Selecionar o ícone *ETC* no diálogo *Delay Finder* faz o Smaart usar a Curva Envelope de Tempo (ETC) da resposta ao impulso, ao invés da resposta ao impulso em si para achar o tempo de delay. Isto frequentemente irá resultar em um tempo de delay ligeiramente diferente. É possível que um possa fornecer uma resposta melhor do que o outro.

### *Delay Tracking*

A função delay tracking foi desenvolvida para manter medições de função de transferência alinhadas em situações onde o tempo de delay pode mudar de uma atualização para outra, por exemplo, medir em condições de vento ou enquanto o microfone estiver sendo movido para outro local. É possível usá-lo como um localizador de delay rápido e rasteiro ao medir tempos de delay menores sob melhores condições de medição. Basta ligar o *tracking* e deixá-lo encontrar o tempo de delay e segui-lo. Isso pode funcionar para delays de até 80-90 milissegundos em medições eletrônicas. Para medições acústicas feitas na presença de ruído e reverberação, o limite eficaz pode ser mais entre 50-60. Tenha em mente que o delay tracking consome recursos de computação, então mantenha-o desligado quando achar que o delay não irá mudar enquanto uma medição estiver rodando.

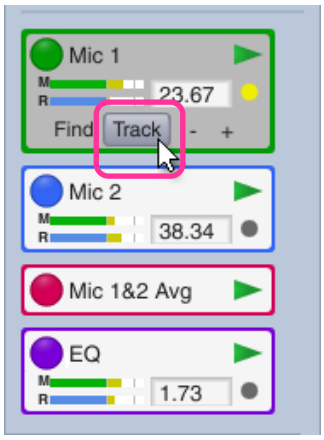



*Figura 94: Botão Delay Tracking para a medição de função de transferência*

## Resposta de Magnitude

O gráfico da função de transferência de Magnitude exibe tanto a parte da magnitude da resposta de frequência do sistema sob teste (SUT) quanto a Coerência da medição de função de transferência ativa. O gráfico de magnitude exibe ganho relativo e atenuação na saída do sistema em cada frequência.

Se os sinais de referência e de medição são idênticos em nível em todas as frequências, o traço de magnitude será uma linha reta em 0 dB. Se houver uma diferença geral de nível entre os dois sinais, a linha central de medição se move para cima ou para baixo no gráfico – acima significa que o sinal de medição é enviado a um nível mais elevado, em relação ao sinal de referência, para baixo significa o contrário. Se o SUT produz um ganho relativo em algumas frequências e atenuação em relação a outras (como é geralmente o caso com sistemas de som do mundo real), o traço de magnitude irá aumentar acima da linha central da medição em frequências onde há um ganho relativo e diminuir abaixo dele, em regiões de atenuação.

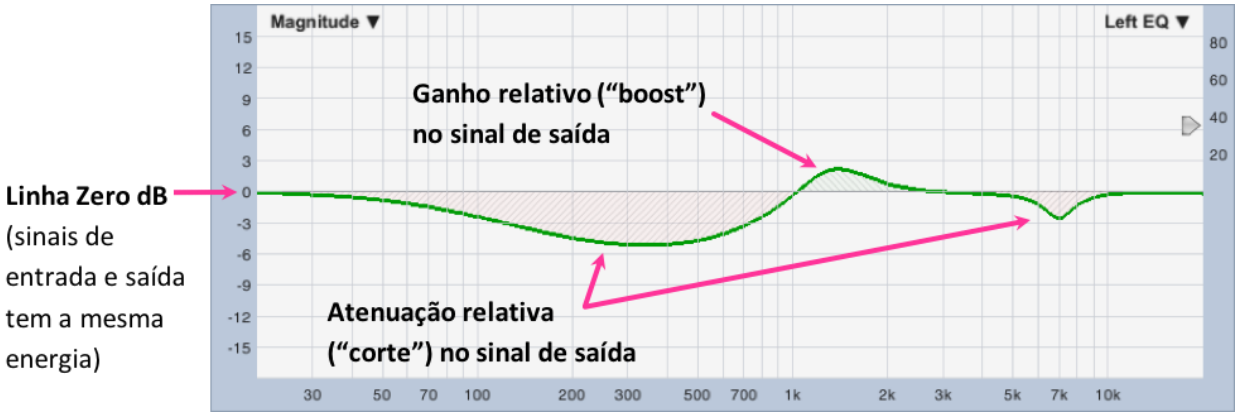



*Figura 95: Gráfico de função de transferência de Magnitude*

Por estarmos comparando diretamente o sinal entrando no SUT com o sinal de saída que o sistema produz em resposta, obtemos a mesma curva de resposta usando virtualmente qualquer sinal de banda larga com energia suficiente em todas as frequências para resolver a medição, incluindo música. Ao

contrário das medições de espectro, o formato da curva de resposta não é dependente do espectro do sinal de entrada. O resultado da resposta de magnitude acaba se parecendo muito a uma medição de espectro de oitava fracionada usando ruído rosa, especialmente quando média *Polar* é usada. Quando média de magnitude *Complexa* é selecionada, medições RTA e de função de transferência de magnitude do mesmo sistema *podem* parecer bastante diferentes em alguns casos, devido a tendência da média complexa rejeitar reverberação como "ruído".

Quando diversas medições de função de transferência ao vivo estiverem rodando é uma boa prática equivaler a sensibilidade de cada medição para que seus níveis de magnitude gerais se igualem. Isso torna os níveis gerais de cada medição diretamente comparáveis entre si e diretamente associados ao nível relativo de pressão sonora. Um método simples para equiparar a sensibilidade é medir a mesma fonte exatamente da mesma posição com cada microfone, ajustar seus níveis para equivalerem-se naquela posição e então não mexer no preamp depois. É claro, nenhum par de microfones tem resposta de frequência idêntica, mas qualquer microfone dito de medição deve ter uma resposta bastante plana até 10-12 kHz pelo menos, portanto este é normalmente o intervalo onde se concentrar.

Observe que equiparar a sensibilidade não é o mesmo que calibração do nível sonoro. Você pode, entretanto, conseguir mais ou menos o mesmo resultado usando um calibrador de nível sonoro, ajustando os ganhos de entrada para cada microfone para conseguir a mesma amplitude em full scale para cada um. Neste caso, o ajuste de calibragem para medição de SPL acaba sendo o mesmo para cada microfone.

## Resposta de Fase

O gráfico de função de transferência de *Fase* apresenta a porção de fase da resposta de frequência do sistema sob teste (SUT). Fase é representada com frequência em Hertz no eixo *x* e fase em graus sobre o eixo *y*. Fase ou desvio de fase é uma medição da relação do tempo relativo entre os dois sinais como uma função da frequência, expressa em termos de ciclo de tempo. Como a representação da *Magnitude*, a inclinação do traço de fase é plana quando os sinais de referência e de medição da transferência são idênticos e chegam exatamente ao mesmo tempo. Ao contrário do traço magnitude, o traço de fase não vai para 0° em frequências onde os dois sinais chegam ao mesmo tempo; ele apenas torna-se plano.

Com poucas exceções, o ponto crucial para ler traços de fase é quase ignorar os números à esquerda do gráfico e prestar atenção apenas à inclinação da linha. Quando a linha inclina para cima, o sinal de medição está chegando antes (na frente) do sinal de referência. Quando se achata e tende para o lado, os dois sinais estão chegando ao mesmo tempo. Quando a linha se inclinar para baixo, o sinal de medição está atrasado em relação ao sinal de referência. Se você simplesmente repetir estas três coisas até fundir sua cabeça, irá imediatamente saber mais sobre traços de fase do qualquer um que conheça.

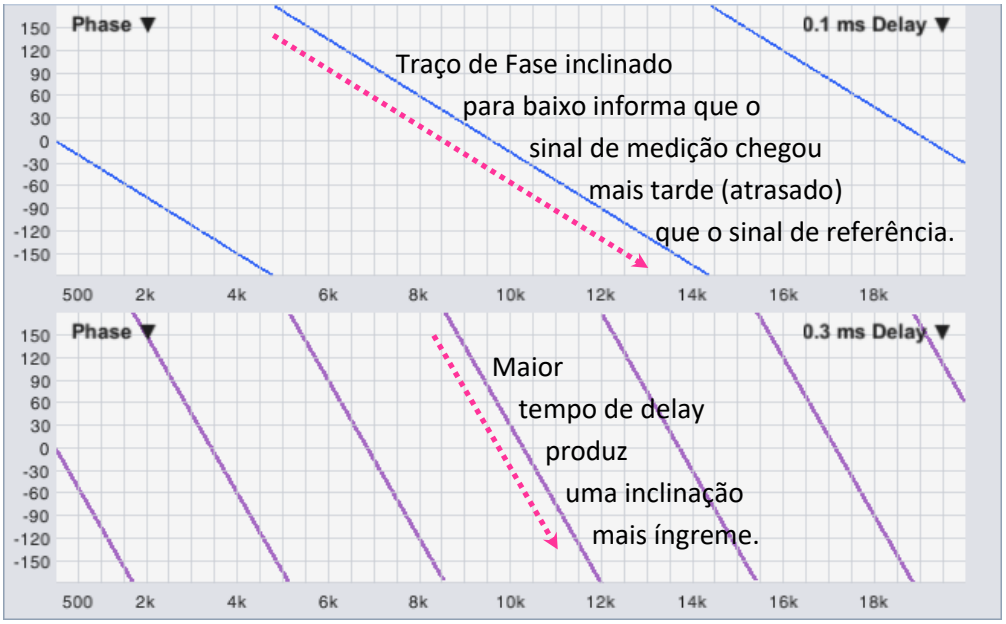



*Figura 96: Delay uniforme (linear) em uma escala de frequência linear*

Quando há um tempo uniforme de deslocamento entre dois sinais idênticos, você verá que o traço de fase é uma linha reta em escala linear de frequência, com inclinação para cima ou para baixo em taxa constante de mudança; quanto maior o atraso, mais íngreme a inclinação. Em escala logarítmica de frequência, a linha reta torna-se curva e os contornos tornam-se mais próximos conforme a frequência aumenta, mas a informação é a mesma. O motivo pelo qual o traço de fase "contorna" – ou seja, corre do topo ou fundo do gráfico periodicamente e então reaparece no lado oposto – é que estamos medindo o tempo baseado em ciclos de senoides e toda informação sobre as relações de tempo entre dois sinais é restrita à faixa de 360°.

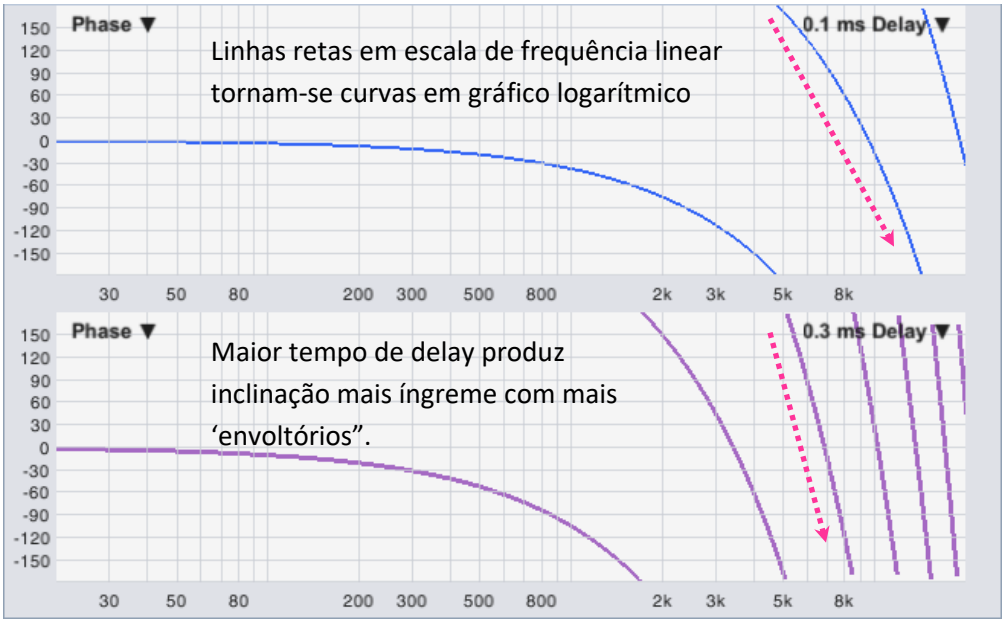



*Figura 97: Delay uniforme (linear) em uma escala de frequência logarítmica*

Por exemplo, uma senoide de 10 Hz possui um ciclo de 0,1 segundos ou 100 milissegundos (1÷f, onde *f* é a frequência), isso significa que dois sinais idênticos com tempo de compensação de 25 ms, estão com fase compensada em um quarto de ciclo, ou 90° graus em 10 Hz. Em 20 Hz os mesmos 25 ms de delay representam meio ciclo ou 180° graus de diferença de fase. Consequentemente, 40 Hz tem ciclo completo de 360° em 25 milissegundos, mas aqui há uma parte complicada: acontece o mesmo em uma senoide de 80 Hz e em uma de 160 Hz e 320 Hz… porque nosso "relógio" de fase só vai até 360°. Ele volta ao zero toda vez que uma senoide completa um ciclo. Não há como distinguir o tempo além de 1÷*f* segundos apenas observando a fase em uma única frequência. É apenas quando se juntam vários dados que se começa a enxergar as relações de fase, no contexto de um período de tempo maior.

Podemos pensar no padrão ("contornado") de display de fase como uma linha contínua desenhada em um tubo de papel, cortada em comprimento e disposta em um plano para que possamos enxergá-la. Qualquer lugar que a linha cruze o ponto onde cortamos o tubo, o traço pula do topo do gráfico para baixo, ou vice-versa. Usar as teclas de seta para cima/baixo quando um gráfico de fase estiver selecionado como gráfico ativo no Smaart ou clicar em um traço de fase e arrastá-lo para cima e para baixo para mudar a extensão do gráfico, é análogo a unir o tubo de volta e então cortá-lo em um ponto diferente. Isto, aliás, é também porque o Smaart não produz segmentos em linha vertical entre dois pontos envoltórios, como se vê normalmente em gráficos de fase. Conectar linhas em pontos envoltórios não representam dados verdadeiros e não deveriam realmente estar lá.

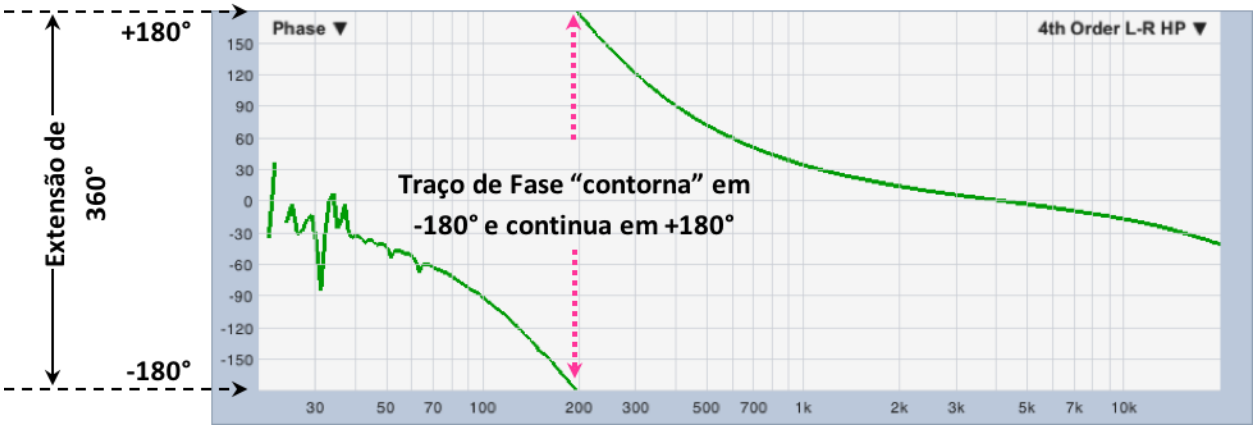



*Figura 98: Display padrão de fase "envolta"*

Até agora, falamos sobre diferença de fase em termos de dois sinais idênticos chegando em tempos diferentes, mas claro, a maioria das coisas que medimos no Smaart fazem mais a um sinal de entrada do que apenas atrasa-lo. Quando você coloca um sinal em um sistema sob teste, o sinal que sai normalmente tem mais energia do que o sinal de entrada em algumas frequências e menos em outras. ***Isto é chamado de filtragem.*** Pode-se pensar sobre transdutores, sistemas de alto-falante e mesmo sistemas de som completos como filtros passa bandas. Todos acima permitem que a energia de alguma extensão de frequências passe relativamente sem problemas, enquanto que a energia fora dessa extensão seja significativamente atenuada – quer dizer, todos têm um passa-bandas com bandas de transição e corte em cada lado, o que é a definição de um filtro passa-banda.

Em sistemas físicos, qualquer processo que afete o conteúdo espectral de um sinal também afeta o seu tempo. Você não pode mudar a resposta da magnitude sem afetar a resposta da fase. Essas são as regras.

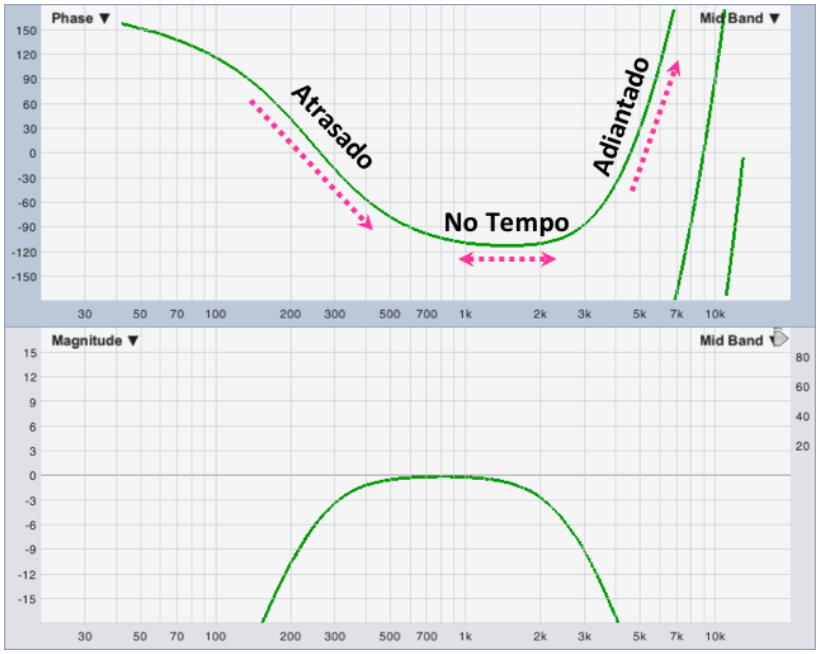



*Figura 99: Resposta de fase e de magnitude de um filtro passa-bandas Linkwitz-Riley de 4ª ordem*

Mas agora, alguns leitores atentos devem estar sem dúvida pensando: "Espere um pouco. E os filtros FIR de fase linear?" Bem, de fato, elas *sim* produzem diferença de fase, entretanto elas são feitas com uma resposta ao impulso simétrica que induz exatamente a mesma quantidade de diferença de fase para frente ou para trás, de forma que a diferença de fase na metade anterior do filtro exatamente cancela a diferença de fase da metade posterior.

O custo é um tempo geral de delay em todas as frequências igual a metade do comprimento do filtro kernel, por isso são chamados filtros de fase linear e não filtros de defasagem zero. Essa desvantagem do tempo de delay também tende a limitar a utilidade de filtros FIR em sistemas de PA, especialmente em frequências mais baixas.

Filtros FIR simétricos à parte, filtros digitais de resposta ao impulso infinita (IIR), filtros analógicos e outros processos de tempo contínuo que afetam o conteúdo frequencial de sinais, como perda no ar e reflexões acústicas, todos produzem respostas ao impulso assimétricas. Eles afetam o tempo relativo de maneira diferente em frequências diferentes. A resposta de fase de um filtro passa-bandas geralmente está adiantada em algumas frequências, atrasada em outras e correta em outras ainda, por isso quando for preciso alinhar o tempo de dois filtros passa bandas – sejam dois drivers, dois gabinetes ou dois subsistemas completos – não há apenas uma resposta certa que funcione para tudo. É preciso escolher uma faixa de frequência onde você quer que as duas funções se alinhem. Aqui o display de fase vem a calhar.

## Comparação de Traços de Fase

Quando comparar traços de fase, lembre-se que a inclinação informa o tempo de chegada (a regra para cima/baixo/lados) e a posição vertical no gráfico mostra a diferença de fase. Com essas duas considerações em mente:

- Em quaisquer frequências onde dois traços tiverem a mesma inclinação, eles estão alinhados no tempo – ou seja, ambos estão apresentando o mesmo tempo de delay nessas frequências, independentemente de sua posição relativa no eixo vertical do gráfico. Dizemos que está "*no tempo*".
- Quando dois traços de fase têm a mesma inclinação e sobrepõem-se uns sobre os outros no gráfico, ambos estão *no tempo* e *em fase* uns com os outros.
- Quando dois traços se cruzarem no gráfico mas tiverem inclinações diferentes, eles estão *em fase* onde se cruzam, mas *fora do tempo* entre eles (chegando em tempos diferentes).
- Dois traços com diferentes inclinações em diferentes posições verticais no gráfico em alguma faixa de frequências de interesse estão *fora do tempo* e *fora de fase* entre si.
- Se você observar dois traços de fase que pareçam idênticos ou quase, mas que estejam separados verticalmente no gráfico por exatos 180°, isso diz que há uma inversão de polaridade entre eles. (Essa é a principal exceção à regra sobre observar as inclinações e ignorar os números que mencionamos antes).

*Figura 100: Comparação de traços de fase*

## Display de Fase Não-Envolto

Como discutimos nas últimas páginas, tudo sobre diferença de fase se aplica na extensão de 360° que normalmente exibimos como ± 180°. Antes usamos o exemplo de delay de 25 milissegundos, que produz a mesma diferença de fase em 40 Hz, 80 Hz, 160 Hz, 320 Hz... até a frequência Nyquist como nossa taxa de amostragem, onde não teríamos mais frequências. Claro, sabemos que cada vez que a frequência dobra, duas vezes mais ciclos se encaixam em cada período, mas a fase não sabe disso. É como um relógio analógico sem o ponteiro das horas. O ponteiro dos minutos pode dizer quanto se passou da hora atual, mas não que hora do dia ou da noite é.

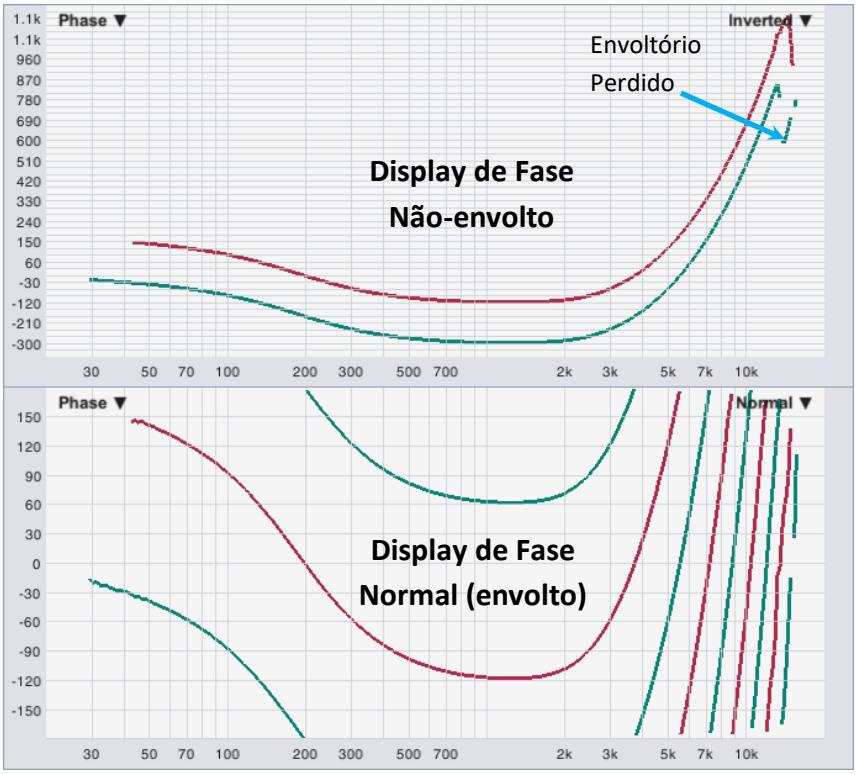



*Figura 101: Fase em display de fase não-envolto versus envolto (normal)*

Podemos, entretanto, *inferir* coisas das relações de fase que os valores de fase não podem nos dizer sozinhos. Usando a analogia do relógio, mesmo que um relógio sem ponteiro de horas não pode realmente nos dizer qual é a hora em qualquer período de tempo maior que uma hora, *poderíamos* contar o número de horas que se passaram desde que começamos a vê-lo, contando o número de vezes que o ponteiro de minutos fez uma volta completa.

Isso é essencialmente como um display de fase não-envolto é construído; contando os pontos envoltórios e somando ou subtraindo cada vez que uma volta acontece. O processo fica um pouco mais complicado pelo fato de nosso "relógio" nesse caso poder girar tanto para frente quanto para trás e poder, às vezes, emitir números aleatórios em áreas ruidosas da medição, como os valores nulos de um filtro pente e frequências fora do passa-bandas do SUT. Reverberação pode ser um problema também. Tudo isso para dizer que fase não-envolta pode ser um pouco duvidosa e definitivamente funciona melhor em alguns casos que outros. No entanto, um display de fase não-envolto ainda pode ser útil quando funciona.

Para exibir a fase não-envolta no Smaart, clique no ícone *Transfer Function* acima dos controles de medição ativa na Barra de Controle ou selecione *Transfer Function* no menu *Options* para abrir o diálogo *Options* com a página *Transfer Function* selecionada. Na seção *Phase* das opções de *Transfer Function*, clique no ícone *Unwrap Phase* para selecioná-la, então clique nos botões *OK* ou *Apply* na parte inferior da página para aplicar a mudança. Você pode desligá-la da mesma maneira.

Como o display de fase normal (envolto), o gráfico de fase não-envolto exibe frequência em Hertz no eixo *x* e fase em graus no eixo *y*. Ao contrário do visor padrão de fase, o eixo vertical do gráfico não está

limitado a um intervalo constante de 360°. As configurações *Unwrapped Phase Range* na seção *Phase* determinam o alcance inicial do display de fase não-envolto. Você também pode ampliar a seu alcance vertical, utilizando as teclas [+]/[-] do teclado ou clicando com o botão direito e arrastando com o mouse sobre o gráfico para selecionar um alcance *x*/*y* para exibir, assim como em outros gráficos no Smaart.

### Fase como Delay de Grupo

Outra coisa que podemos inferir das relações de fase é o tempo de atraso por frequência, ou delay de grupo. Uma vez que sabemos que a inclinação dos traços de fase torna-se mais acentuada quando o tempo de atraso aumenta, podemos usar a taxa de variação entre os pontos de frequência vizinhos para estimar o tempo de atraso por frequência. Esta pode ser uma medição muito útil e porque o apoio para a função é muito localizado, alguns erros aqui e ali não vão atrapalhar toda a medição, como pode acontecer com o display de fase não-envolto. No entanto, você ainda pode ter problemas se houver ondulação significativa no traço de fase, o que pode ser um problema quando se mede em um ambiente muito reverberante.

*Figura 102: Fase exibida como delay de grupo*

Para exibir fase como delay de grupo, clique no ícone *Transfer Function* acima dos controles da medição ativa na Barra de Controle ou selecione *Transfer Function* no menu *Options*, então clique em *Phase as Group Delay* para seleciona-la. Clicar no botão *OK* ou *Apply* na parte inferior da janela de diálogo aplica a alteração. No modo de delay de grupo, o display de *Fase* exibe a frequência em hertz no eixo *x* e tempo de atraso em milissegundos no eixo *y*. Se a fase é linear, o delay de grupo será constante e a exibição do delay de grupo será plana no gráfico do tempo de delay. Se a fase for não-linear, o delay de grupo irá variar de acordo com frequência. Para desativar o recurso, abra as opções de função de transferência e clique em seu ícone de seleção novamente para desmarca-lo e, em seguida, aplicar a alteração.

## Coerência

A coerência é uma estimativa estatística da causalidade ou linearidade entre os sinais de referência e de medição em uma medição de função de transferência. Coerência faz um bom trabalho ao detectar a contaminação do sinal de medição por sinais não relacionados, tais como o ruído de fundo e reverberação, e é sensível às diferenças de tempo também. Nós a usamos no Smaart para mensurar a

qualidade dos dados da medição da função de transferência, frequência por frequência, em tempo real. Além disso, já que os mesmos fatores que afetam a coerência (principalmente ruído e reverberação) também afetam inteligibilidade de fala, o traço de coerência pode também dar uma ideia de quão inteligível o sistema está.

O cálculo de coerência essencialmente pergunta “Quão seguros podemos estar que o que estamos vendo no sinal de medição nesta frequência foi resultado do sinal de referência? ” A resposta é um número entre Zero e Um, que o Smaart mostra como um percentual. Um valor de 100% indica uma correlação perfeita entre os dois sinais e zero significa que não há nenhuma relação perceptível entre eles.

Em termos técnicos, coerência funciona por comparação cruzada do espectro (a representação no domínio da frequência de uma correlação cruzada) dos sinais de referência e medição com o produto de seu espectro de média de potência. Isso significa que deve ser calculada através de múltiplas leituras dos dois sinais, a fim de ser significativa. Caso se observasse apenas uma única leitura de qualquer par de sinais, a coerência sempre seria de 100% em todas as frequências e, portanto, essa função desliga-se automaticamente quando o cálculo da média não está em uso.

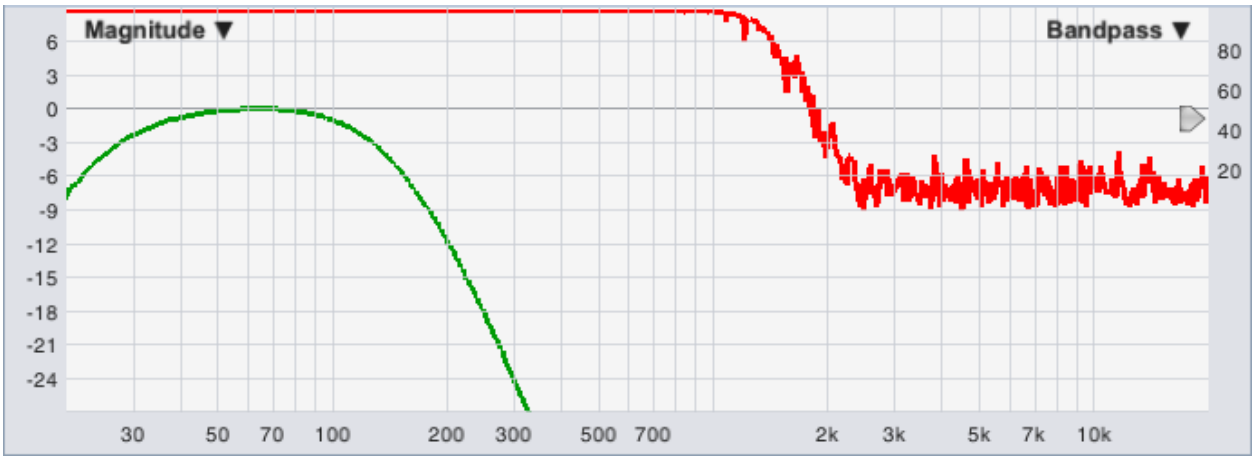



*Figura 103: O traço de coerência é exibido em escala de 0-100* na metade (ou quarto) superior do gráfico de magnitude.

## Display de Coerência

O traço de coerência no Smaart é exibido na parte superior do gráfico de magnitude – quer a metade superior ou opcionalmente, a zona superior – com frequência sobre o eixo *x,* é claro, e coerência, como um valor percentual entre zero e cem, por eixo dos *y*. Coerência é sempre calculada para todas as medições de função de transferência que usam média, mas apenas o traço de coerência do traço de magnitude na parte superior é exibido – em outras palavras, o traço cujo nome aparece no canto direito superior do gráfico. Esta pode ser uma medição ao vivo ou um traço armazenado, conforme o que está atualmente à frente sobre o eixo *z* do gráfico de *Magnitude*.

A ferramenta em forma de seta que se pode ver apontando na escala de coerência na borda direita do gráfico de *Magnitude* determina o threshold da função de supressão pela coerência. Supressão pela coerência remove os dados questionáveis dos traços de magnitude e fase em qualquer frequência em que a coerência não atende ou excede o limite especificado. Você pode clicar no ícone com o mouse e

movê-lo para cima e para baixo para alterar o threshold. Supressão pela coerência funciona para todos os traços exibidos de *Magnitude* e *Fase* que utilizem média, não apenas o mais à frente, e funciona mesmo se o traço de coerência não estiver exibido.

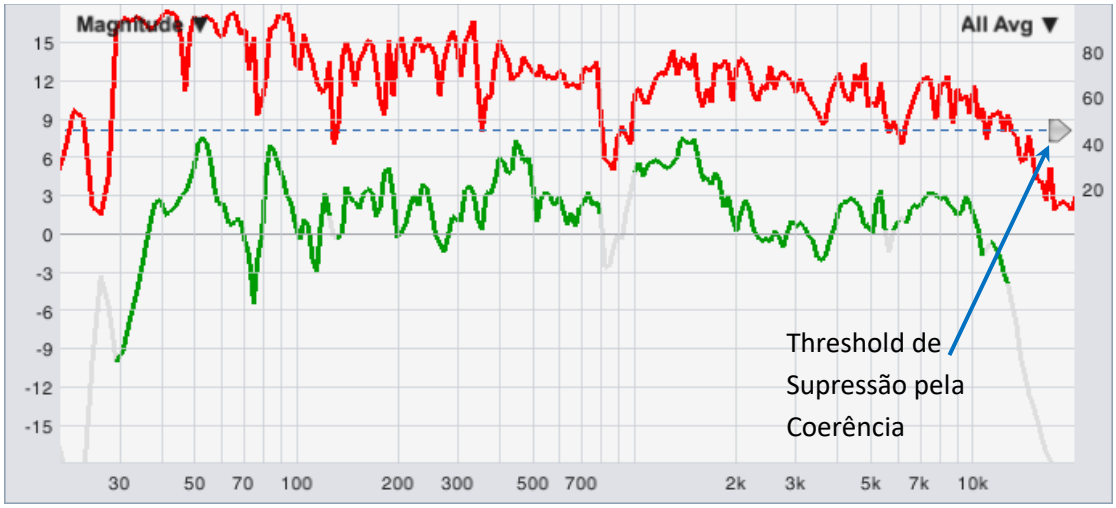



*Figura 104: Supressão pela Coerência*

As opções do display do traço de coerência são encontradas na seção *Coherence* das opções de *Função de Transferência* (menu *Options* > *Transfer Function*). Elas incluem *Show Coherence*, que habilita a exibição do traço de coerência, *¼ Height*, que comprime o traço em um quarto do gráfico superior de *Magnitude* ao invés da metade superior. O campo *Blanking Threshold %* repete o ajuste do ícone de threshold no gráfico e pode ser usado para definir o threshold em um número específico.

## Causas da Má Coerência

Três fatores principais são as causas mais comuns para a perda de coerência:

- Um problema com o sistema de medição
- O ruído ambiente causando a contaminação do sinal de medição
- Reverberação

### *Problemas com o sistema de medição*

A questão mais comum do sistema de medição que afeta a coerência é uma diferença de tempo entre os sinais de referência e de medição. Perda de coerência de uma diferença de tempo vai aparecer nas frequências mais altas em primeiro lugar, no entanto, a diferença precisa ser uma parte significativa da janela de tempo de medição para se tornar óbvia. Diferenças de tempo pequenas podem não ser muito visíveis ao usar tamanhos grandes de FFT. A função de transferência MTW usa janelas de tempo muito pequenas nas oitavas superiores e é, portanto, muito mais sensível a pequenas diferenças de tempo do que as medições FFT de tamanho grande e único. Se você não observar a coerência cair mais nas altas frequências do que nas baixas em uma medição MTW, então o tempo provavelmente não é o problema.

Outros fatores possíveis que podem impactar a coerência em um sistema de medição incluem o ruído eletrônico em excesso, distorção, processos não lineares como compressão e limiter ou linha cruzada ou outros sinais misturados no caminho do sistema de medição, mas esses são menos comuns.

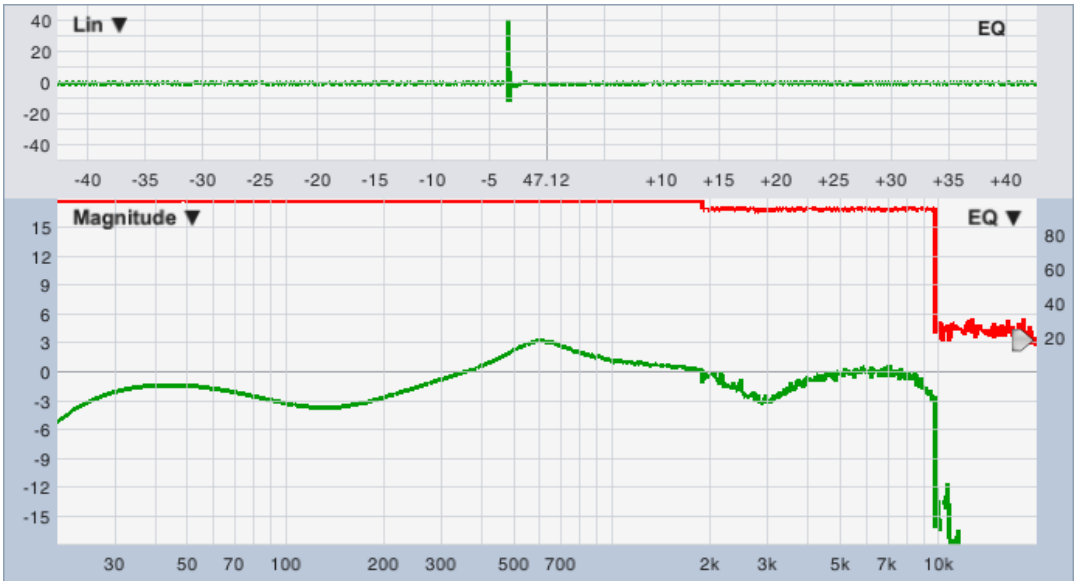



*Figura 105: Perda de coerência em altas frequências na função de transferência MTW devido a delay incorreto*

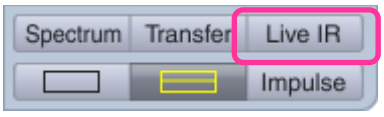
### *Ruído Ambiente*

Como a coerência funciona essencialmente como uma estimativa de linearidade/causalidade, quaisquer componentes do sinal de medição que não estejam correlacionados com o sinal de referência incluindo ruído ambiente, HVAC (aquecedor, ventilação, ar condicionado), construção, pessoas falando ou gritando, etc., terão um impacto negativo na coerência. Você sabe que o problema é o barulho se medir mais alto melhorar a coerência. As soluções são: ou medir mais alto, ou, eventualmente, reduzir o ruído de fundo se você puder – por exemplo, desligar sistemas de climatização ou pedindo às pessoas para fazer uma pausa enquanto você termina a sua medição. A utilização de mais de média provavelmente não vai melhorar o nível geral da coerência mas pode ter um efeito estabilizador sobre o traço de coerência.

### *Reverberação*

Se possíveis problemas no sistema de medição foram descartados e a coerência não melhorar quando você medir mais alto, o provável problema é a reverberação. Reverberação é um fenômeno não-linear, mas aumenta proporcionalmente quando o nível de pressão sonora de excitação é aumentado – medir mais alto não vai melhorar a relação de som direto-reverberante. Geralmente não há muito o que fazer a não ser que seja possível abafar as superfícies refletivas de alguma forma ou talvez redirecionar o alto-falante que estiver medindo para reduzir a excitação do campo reverberante.

## Live IR (Resposta ao Impulso ao Vivo)




O gráfico de função de transferência *Live IR* exibe a resposta ao impulso do sistema sob teste – a representação no domínio do tempo de sua resposta em frequência – continuamente recalculada em tempo real. O gráfico *Live IR* mostra o tempo no eixo *x* em milissegundos e a amplitude ou magnitude no eixo *y*, seja como um percentual da full scale digital (Lin) ou em decibéis (Log ou ETC), dependendo do tipo de gráfico selecionado no canto superior esquerdo do painel *Live IR*. O ponto central do eixo do

tempo é determinado pela configuração de delay da medição atual da medição de função de transferência ao vivo ou tempo de delay salvo em um arquivo de traço capturado.

O painel *Live IR* é mostrado apenas quando o botão *Live IR* estiver ativado e um ou ambos os gráficos de função de transferência no domínio da frequência (*magnitude* ou *fase*) estiver visível. Como o display de coerência, o traço frontal nos gráficos de *Magnitude* e *Fase* determina o que aparece no gráfico *Live IR*. O *Live IR* é calculado apenas para medições em canal duplo ao vivo e os dados da IR são incluídos nos traços capturados apenas se a medição *Live IR* estiver em execução no momento em que foram capturados. Isso significa que nenhum dado aparece no gráfico *Live IR* se o traço frontal for uma medição de média ao vivo, um snapshot capturado de uma média ao vivo, ou um traço de função de transferência capturado que não inclui dados de IR.

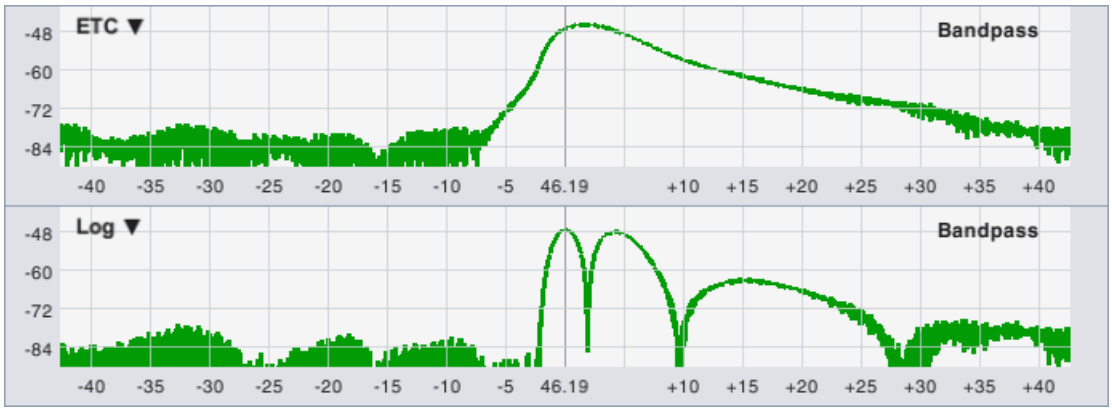



*Figura 106: Exibições Log e ETC da resposta ao impulso de um filtro passa-bandas de baixa frequência*

A *Live IR* é calculada independentemente das medições da função de transferência no domínio da frequência e assim as configurações do tamanho de *FFT* e *médias* em *Measurement Config* não a afetam. O tamanho da FFT da *Live IR* (que determina sua constante de tempo) e o número de médias usadas estão na seção *Live Impulse Response* de opções de *Função de Transferência* (menu *Options* > *Transfer Function*). A ícone de seleção *Show LIR* nesta seção faz a mesma coisa que o botão *Live IR* na barra de controle da janela principal. Uma outra configuração na guia de opções de função de transferência que afeta o display *Live IR* é o ícone *Proporcional Panes* na seção *Graph Settings*. Quando esta opção for selecionada, a área do gráfico na janela principal é dividida igualmente entre o gráfico *Live IR* e o(s) outro(s) painel(is) gráfico(s), em vez de exibi-lo em um painel menor, de tamanho fixo.

As três opções de gráfico de *Live IR* (selecionadas pelo menu no canto esquerdo superior) são *Lin, Log* e *ETC*. *Lin* e *Log* exibem a resposta ao impulso com escala de amplitude linear ou logarítmica (dB). *ETC* mostra a curva de envelope de tempo da resposta ao impulso com escala de amplitude em decibéis. A *ETC* acaba se parecendo com uma versão mais suave e com menos movimento da *Log IR* que é muitas vezes mais fácil de ler. As exibições *Log IR* e *ETC* são especialmente úteis para observar drivers de baixa frequência e subs, onde os picos na IR tendem a ser de níveis mais baixos e espalham-se durante um longo período de tempo, tornando-os difíceis de ver em uma escala de amplitude linear particularmente quando se mede em um ambiente ruidoso.

# Proteção de Dados

Falamos sobre a supressão pela coerência, na página 127, na seção referente ao display de coerência. Supressão pela Coerência é uma das várias maneiras que o Smaart tenta manter os dados de medição ruins ou questionáveis fora da tela e fora de seu processo de tomada de decisão. Alguns outros incluem threshold de magnitude, proteção contra sobrecarga e detecção de sinal presente para display *Live IR*.

## *Threshold de Magnitude*

Ajuste de threshold de Magnitude funciona no nível da medição para garantir a validade dos dados da função de transferência. A ideia é que se não introduzirmos nada no sistema sob teste em determinada frequência então não deveríamos ter nada na volta, por isso o Smaart observa o sinal de referência frequência por frequência e omite quaisquer faixas onde o sinal de referência fica abaixo do threshold de magnitude especificado quando calcular a função de transferência. Faixas que não atingem o threshold não são atualizadas então se uma faixa em questão contém dados válidos de uma medição anterior, o Smaart não a altera. Frequências que não ultrapassaram o threshold desde o início da medição permanecem em branco.

O *Threshold de Magnitude* para medições de função de transferência é definido pelo usuário. É definido na seção *Graph Settings* na guia *Transfer Function* da caixa de diálogo *Options* (menu *Options* > *Transfer Function*).

## *Proteção contra Sobrecarga*

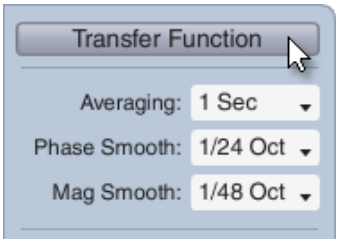
Proteção contra sobrecarga aplica-se apenas para medições de função de transferência e IR. Se você fez o exercício de medição de distorção no capítulo de medição de Espectro então você viu que quando clipamos o sinal de entrada intencionalmente, o Smaart não vê problema em analisar o espectro do sinal clipado. Medições de função de transferência e resposta ao impulso são mais seletivas sobre os dados de entrada. Se o Smaart detecta três ou mais amostras consecutivas com valores de amplitude máxima em qualquer referência ou sinal de medição, ele entende que ocorreu sobrecarga e não vai usar esses dados para a medição de função de transferência ou de resposta ao impulso em canal duplo.

No modo IR se a sobrecarga é detectada enquanto dados de uma medição em canal duplo são gravados, o Smaart irá interromper a gravação e enviar uma mensagem de erro. No modo de tempo real, ele esvazia o buffer e obtém um novo e vai continuar fazendo isso até obter dados não clipados. Se os níveis de entrada são constantemente sobrecarregados, a medição irá travar na tela se já estiver rodando quando o problema ocorrer. Se os níveis de entrada estiverem clipando quando você iniciar a medição, o Smaart não vai começar a exibir os dados no gráfico até o problema ser corrigido.

## *Detecção de Presença de Sinal para Medições IR*

Detecção de presença de sinal para medições em canal duplo é semelhante ao threshold de magnitude para a medição de transferência no domínio da frequência. Neste caso, no entanto, o Smaart simplesmente interrompe o processamento da medição quando o sinal de referência desce abaixo do threshold. No modo IR se o sinal de referência não estiver presente ou for perdido durante a gravação de dados para a medição em canal duplo, o Smaart vai parar de gravar e lançar uma mensagem de erro. No modo de tempo real, ele irá manter a verificação de entrada e iniciar ou retomar o processamento uma vez que o sinal de referência for adquirido.

# Opções de Função de Transferência




Provavelmente agora cobrimos a maioria das configurações das opções de *Função de Transferência*, mas há algumas que não cobrimos, por isso aqui está uma lista completa de todas as configurações da aba *Transfer Function* do diálogo *Options* com uma breve descrição. Para acessar as opções de Função de Transferência clique no ícone *Transfer Function* acima dos controles da medição ativa da função de transferência na Barra de Controle da janela principal, ou selecione *Transfer Function* do menu *Options* ou pressione [Alt/Option]+[T] em seu teclado.

## *Configurações Gerais*

As configurações nesta seção são parâmetros globais de medição para todas as medições de função de transferência no domínio da frequência:

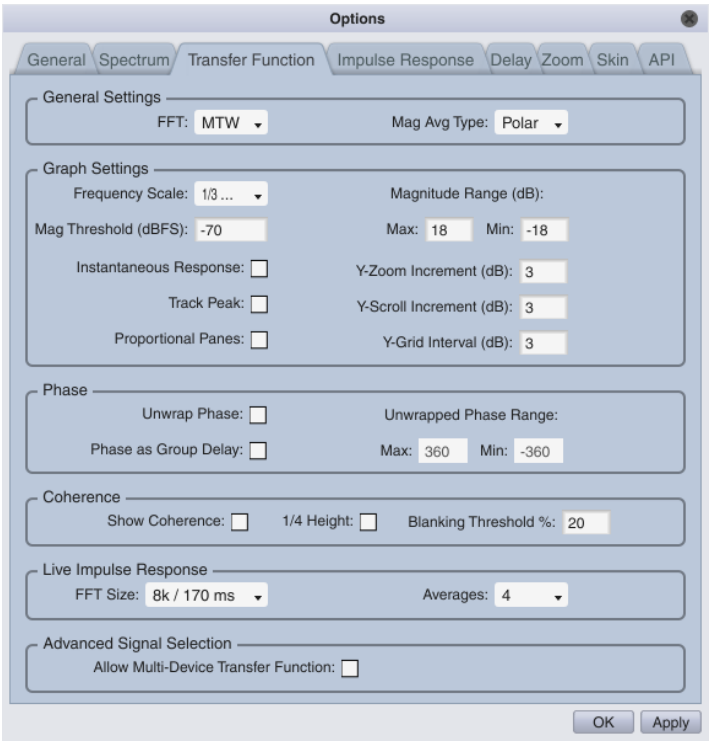



*Figura 107: Página do diálogo de opções de função de transferência*

O seletor *FFT* define o tamanho da FFT (em amostras) para todas as medições de espectro. O tamanho da FFT, juntamente com a taxa de amostragem, determina a resolução de tempo e frequência da medição. A configuração padrão é *MTW*, que geralmente funciona bem para a maioria das aplicações. As outras opções são tamanhos de FFT convencionais de potência de dois.

*Mag Avg Typ* determina o tipo de cálculo de média de magnitude para medições de função de transferência no domínio da frequência em tempo real. Há duas opções para essa configuração:

- Cálculo de Média *Complexa* utiliza os dados da função de transferência complexa, mantendo duas médias separadas para dados reais e "imaginários" para cada frequência, então converte os resultados da média em magnitude de decibel para exibir após cada atualização. Cálculo de média complexa tende a rejeitar energia reverberante como ruído e pode fornecer melhores indícios em respeito à inteligibilidade de fala do que média polar.
- Cálculo de Média *Polar* converte os dados de transferência complexa para magnitude em decibel antes de calcular a média, então calcula a média dos dados de magnitude diretamente. A média Polar permite mais energia reverberante na média, o que tende a concordar melhor com o que se escuta, em particular para material de programa musical.

## *Configurações Gráficas*

*Frequency Scale* determina o tipo de escala de frequência utilizada para displays de função de transferência de *Magnitude* e *Fase*. As opções são linear (*Lin*) ou logarítmica (*Log*). Na verdade, existem apenas duas opções de escala: linear (*Lin*) e logarítmica. As outras opções nessa lista além de *Lin* são opções de grade quadriculada para escala de frequência logarítmica.

- *Decade* exibe os gráficos de *Magnitude* e *Fase* com escala de frequência logarítmica e grade quadriculada vertical decimal (base 10).
- *Octave* exibe gráficos de *Magnitude* e *Fase* com escala de frequência logarítmica e linhas de grade vertical espaçadas em intervalos de uma oitava.
- *⅓ Octave* exibe gráficos de *Magnitude* e *Fase* com escala de frequência logarítmica e linhas de grade vertical espaçadas em intervalos de ⅓ de oitava.
- *Lin* exibe gráficos de *Magnitude* e *Fase* com escala de frequência linear e linhas de grade vertical espaçadas linearmente.

*Mag Threshold (dB)* configura o nível mínimo do sinal de referência para medições de função de transferência. Em frequências onde a magnitude do sinal de referência não atende ou excede o valor especificado aqui os dados são ignorados e não serão adicionados à média. Ao invés disso, o valor da atualização mais recente a cruzar o threshold é mantido até que um novo dado venha substitui-lo.

*Instantaneous Response* exibe dados de resposta de frequência instantâneos do traço mais à frente junto com (geralmente a média dos) dados do traço padrão. *Instantaneous response*, quando ativada, aparece no gráfico como pontos desconectados, em vez de linhas. Observe que esta opção pode consumir muito do processamento gráfico e resultar em uma performance mais lenta em algumas máquinas.

*Track Peak* faz o Smaart rastrear e exibir magnitude e frequência do ponto com maior magnitude no traço frontal do gráfico de função de transferência de magnitude quando habilitado.

*Proporcional Panes* permite que o gráfico *Live IR* ocupe uma proporção igual da área do gráfico em relação a outros painéis gráficos (em vez de um painel gráfico menor, de altura fixa) quando o gráfico *Live IR* estiver visível.

*Magnitude Range (dB)* configura o alcance padrão de decibéis para o display de função de transferência de *Magnitude*.

*Y-Zoom increment (dB)* configura o aumento usado no zoom do teclado no eixo *y* do gráfico de *Magnitude*. Quando o display de magnitude de função de transferência estiver selecionado na área gráfica, pressionar as teclas [+/=] ou [-] irá aumentar ou diminuir a escala vertical do gráfico pelo número de decibéis especificado aqui.

*Y-Scroll increment (dB)* configura o aumento pela rolagem do teclado em display de magnitude de função de transferência. Quando um display de magnitude de função de transferência for selecionado na área gráfica, cada vez que você pressionar as teclas com a seta para cima/baixo irá rolar o gráfico para cima ou para baixo pelo número de decibéis especificados neste campo.

*Y-Grid Interval (dB)* configura o espaço da grade para gráficos de *Magnitude* de função de transferência.

### *Fase*

*Unwrap Phase* desfaz o "contorno" do display de fase quando selecionado, observando os pontos envoltórios onde o traço de fase cruza o limite de +/- 180°, então "junta" o traço nesses pontos envoltórios para fornecer uma visão contínua da resposta de fase. Porém, lembre-se que os dados de fase na verdade sempre estão no intervalo de +/- 180°, o que significa que o display envolto tem que contar com algumas suposições que podem ser questionadas em alguns casos. Este tipo de exibição tende a não funcionar muito bem, se os dados de medição de entrada têm uma relação sinal-ruído ruim.

*Phase as Group Delay*, quando selecionada, converte os ângulos de fase entre frequências adjacentes no display de fase para valores de tempo relativo (em milissegundos). Um valor de zero milissegundos para um determinado ponto significa que os sinais de referência e medição estão chegando exatamente ao mesmo tempo nessa frequência. Valores de tempo positivos indicam que o sinal de medição está chegando mais tarde do que o sinal de referência nessas frequências. Valores de tempo negativos indicam que o sinal de medição está chegando antes que o sinal de referência. Esteja ciente que valores de tempo para frequências onde a medição for barulhenta podem ser duvidosos.

*Unwrapped Phase Range* configura os valores máximos e mínimos (em graus) para display de fase não-envolto. Você pode também ajustar o alcance dos gráficos de fase não-envoltos e delay de grupo usando as teclas [+]/[–] em seu teclado ou fazendo zoom com o mouse ou outro dispositivo apontador.

### *Coerência*

*Show Coherence* exibe coerência por frequência do traço no topo do eixo *z* no display de função de transferência de magnitude. O traço da coerência é mostrado na metade superior do display de magnitude entre 0 dB e o topo do gráfico.

*¼ Height:* Clicar neste ícone comprime o display de coerência, normalmente exibido na metade superior do gráfico de magnitude de função de transferência para ¼ do gráfico. Selecione esta opção se quiser a área do gráfico mais desobstruída para traços de magnitude ao exibir coerência.

*Blanking Threshold %* configura o valor mínimo permitido de coerência para display de função de transferência de magnitude e fase. Pontos de frequência com valores de coerência que não atingem o valor especificado aqui não serão exibidos.

### *Resposta ao Impulso ao Vivo*

*Show LIR* exibe o gráfico de resposta ao impulso ao vivo quando um display de *Magnitude* de função de transferência ou *Fase* estiver visível na área gráfica. Este controle tem o mesmo efeito que o botão *Live IR* na barra de controle na janela principal do Smaart.

*FFT Size* configura o tamanho de quadro de FFT (em amostras) para display *Live IR*. A constante de tempo resultante, com base na configuração de taxa de amostragem atual em *Audio Options*, é calculada e exibida para cada tamanho de FFT disponível.

*Average* configura o número de cálculo de médias usado para o display *Live IR*. Aumentar este valor pode resultar em um display mais estável ao custo da capacidade de resposta. Aumentar esse valor irá

também dar uma chance melhor de capturar uma medição *Live IR* aproveitável quando você medir sob condições difíceis.

### *Seleção de Sinal Avançada*

*Allow Multi-Function Device Transfer Function* permite selecionar canais de entrada a partir de dois dispositivos de entrada diferentes como suas fontes de referência e sinal de medição para medições de função de transferência. Esteja ciente que isso só vai mesmo funcionar se os clocks de amostragem dos dois dispositivos estiverem sincronizados de alguma forma e mesmo assim você pode ter problemas com tempo relativo de delay entre os dois dispositivos mudando quando parar e reiniciar uma medição.

## Exemplos de Aplicação: Ajuste de Equalização para um Alto-Falante

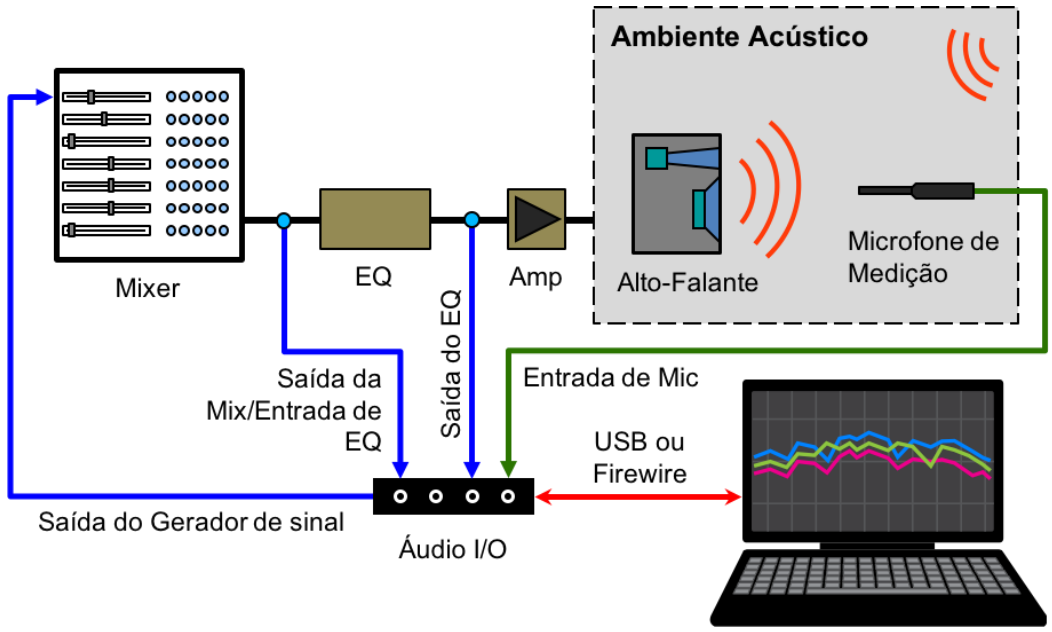



*Figura 108: Configuração de um sistema de medição para ajustes em um equalizador de um alto-falante*

Neste exemplo, nós medimos a Função de Transferência de um alto-falante e depois ajustamos um equalizador para deixar “flat” a sua resposta geral. Este exemplo utiliza a configuração de hardware mostrada na Figura 108:. A configuração exibida permite medir, ao mesmo tempo, o equalizador (Mix Out comparada à saída de EQ na Figura 108:) e o sistema de alto-falante completo (Mix Out comparada ao Microfone). Se você não tiver um dispositivo I-O multicanal, esse procedimento pode ser feito em sequência, medindo o alto-falante e arquivando os resultados da medição, então refazer as conexões para medir o EQ enquanto ajusta seus parâmetros, então medir o alto-falante de novo e conferir os resultados.

Para começar abra o Smaart e clique no botão *Transfer* na parte inferior da Barra de Controle que fica ao lado direito da janela principal do Smaart. Isso irá dividir a área do gráfico em dois painéis com o

gráfico de *Fase* no painel superior e o de *Magnitude* abaixo. Isso também irá carregar o controle de função de transferência configurado na Barra de Controle, pois os dois painéis contêm gráficos de função de transferência. Clique no botão com o ícone de martelo e chave inglesa próximo ao seletor de abas na Barra de Controle para abrir a página *Measurement Config* do *Configurator*.

Em *Measurement Config*, selecione o nome da aba na exibição estrutural à esquerda e então clique no botão *New TF Measurement* abaixo da tabela de medições. Nomeie sua medição “Mic One.” Selecione seu dispositivo de áudio I-O no seletor de dispositivos e torne o canal do sinal de medição (*Mea Ch*) o canal de entrada em que seu microfone está ligado. A entrada do sinal de referência (*Ref Ch*) deve ser definida como o canal de entrada ligado à saída do seu mixer.

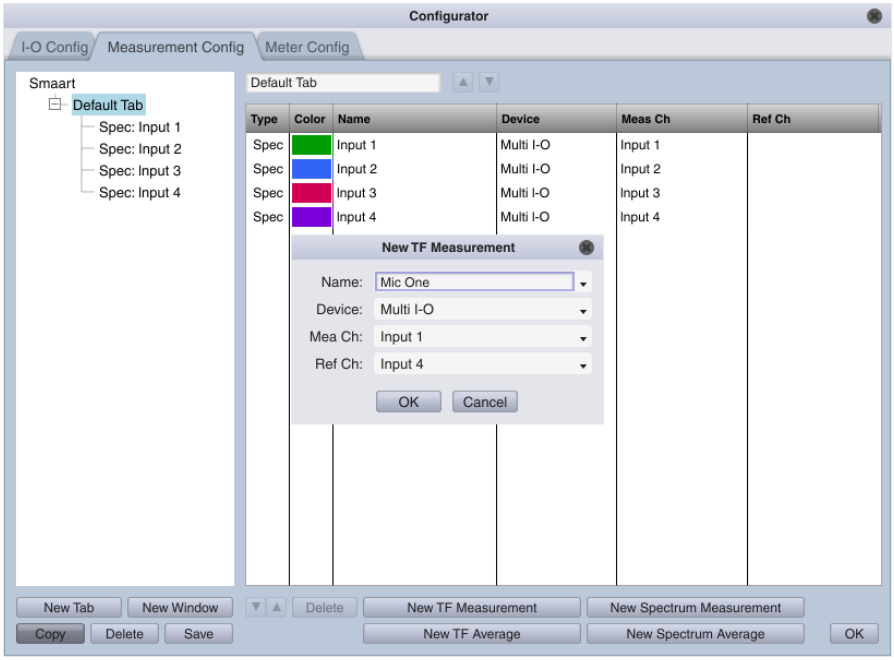



*Figura 109: Criando uma nova medição de função de transferência*

Se você não localizar seu dispositivo I-O listado no seletor *Device*, cancele o diálogo e clique na aba I-O Config e certifique-se que o seu esteja com o ícone *Use* selecionado na tabela de dispositivos à esquerda superior e que seu *Status* esteja *OK*. Além disso, certifique-se que todos os ícones *Use* de todos os canais que quiser usar estejam selecionados na tabela de canais abaixo.

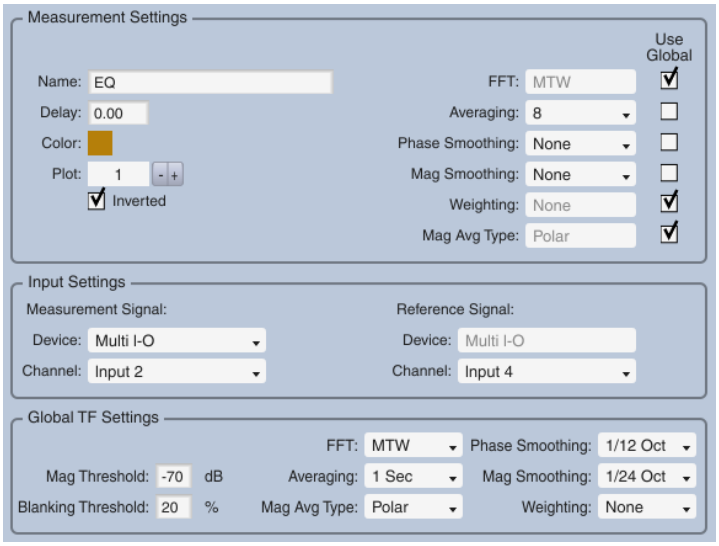



*Figura 110: Configuração de medição para medição de EQ*

Quando tiver feito suas seleções, clique em *OK* para criar a medição e sair do diálogo *New TF Measurement*. Agora você deve ver uma medição *TF* chamada *Mic One* no topo da tabela de medições em *I-O Config*.
Agora, repita este procedimento para criar uma segunda medição chamada “EQ”. Seu canal de sinal de referência deve ser a saída do mixer na Figura 108: e o seu canal de medição deve ser a saída do equalizador.

Uma vez feito isso, selecione a medição do EQ no painel de exibição estrutural ou clique duas vezes em seu nome na tabela de medições para abrir suas configurações. Na seção de configurações de medição, desabilite os ícones *Use Global* para *Averaging*, *Phase Smoothing* e *Mag Smoothing*. Ajuste *Averaging* para 8 FIFO ou 6 FIFO e ambos controles de *Smoothing* para *None*. Clique no ícone *Inverted* (para exibir a resposta de EQ invertida), então clique em *OK* para sair de *Measurement Config*.

De volta à janela principal do Smaart, inicie o gerador de sinal com ruído rosa selecionado e ajuste o nível de saída a um volume confortável. Use os controles de ganho em seu dispositivo de áudio I-O para ajustar os níveis de sinal para que os sinais de medição e referência das medições do Mic One e EQ estejam rodando mais ou menos da mesma maneira, em nível razoável e certifique-se que nada esteja clipando. Clique no botão start (►) da medição do Mic One então clique em seu botão *Track* para encontrar e definir o delay da medição.

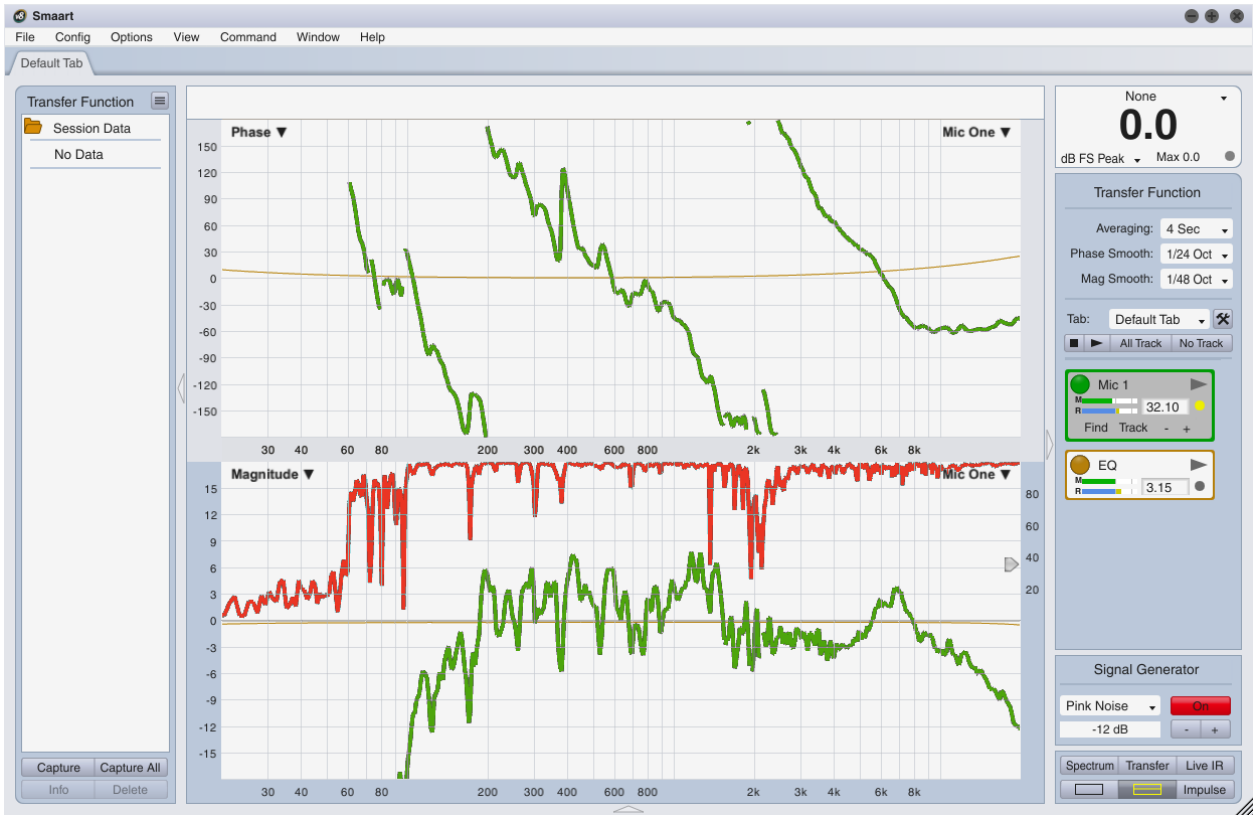



*Figura 111: Medição de Alto-Falante*

Ajuste o controle *Averaging* na parte superior da barra de controle para algo na faixa de 2-4 seg. Ajuste *Phase Smooth* para 1/24 Oct e *Mag Smooth* para 1/48 Oct. Se tudo der certo, sua tela deve ser parecida com a Figura 111: – sua curva de resposta do alto-falante será um pouco diferente, é claro. Capture o traço da resposta do alto-falante ao pressionar a barra de espaço em seu teclado. Nomeie o traço capturado “Pre EQ” (ou qualquer outro nome que quiser).

Em seguida, comece a medição do EQ e se seu equalizador for digital, use o *delay tracking* para encontrar e configurar o delay da medição para compensar seu delay de transferência. Depois de ter encontrado o tempo de delay você pode desligar o *tracking*. Uma vez que configuramos a medição para exibir a curva de resposta de EQ invertida você irá notar que filtros de corte fazem o traço da medição EQ subir e filtros de ganho o fazem descer. Digite alguns filtros de corte bastante amplos para se adequarem aos principais excessos em sua curva “Pre EQ” de alto-falante capturada como fizemos na Figura 112:. Observe o efeito que eles têm sobre a medição ao vivo da resposta do alto-falante (Mic One).

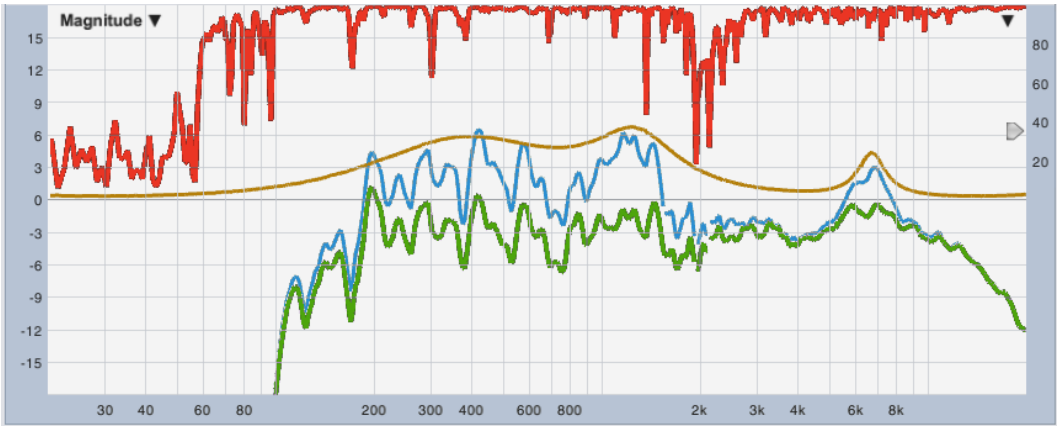



*Figura 112: Medição de função de transferência – resposta inicial do alto falante (arquivada), traço de EQ (invertido) e resposta do alto-falante equalizado.*

Isso conclui este exercício. Se quiser ir além, tente usar música ao invés de ruído rosa como seu sinal de referência, para que possa ouvir os efeitos das mudanças de EQ enquanto analisa – deixamos a critério do leitor resolver a fonte do sinal e roteamento para isso.

# Capítulo 7: Noções Básicas sobre Medições de Resposta ao Impulso

## 1: O que é uma Resposta ao Impulso?

Em termos mais simples, uma resposta ao impulso (IR) pode ser definida como a resposta no domínio do tempo (tempo vs amplitude) de um sistema sob teste (SUT) a um estímulo impulsivo. A palavra "sistema" neste caso pode significar algo tão pequeno como um microfone ou um único transdutor, tão simples como um único filtro em um equalizador. Ou algo tão grande como uma sala de concertos ou arena de esportes, tão complicado como um sistema de som inteiro ou uma combinação dos dois. Usuários do Smaart, é claro, estão na maioria das vezes interessados em sistemas de som e seus ambientes acústicos.

No contexto da análise acústica, você também pode imaginar uma resposta ao impulso como a "assinatura" acústica de um sistema. A IR contém uma variedade de informação sobre um sistema acústico incluindo o tempo de chegada e conteúdo frequencial, características de decaimento de reverberação, relação sinal-ruído e pistas sobre sua habilidade em reproduzir fala de forma inteligível, até sua resposta de frequência geral. A resposta ao impulso de um sistema e sua função de transferência no domínio da frequência acabam por ser Transformadas de Fourier contínuas e inversas umas das outras.

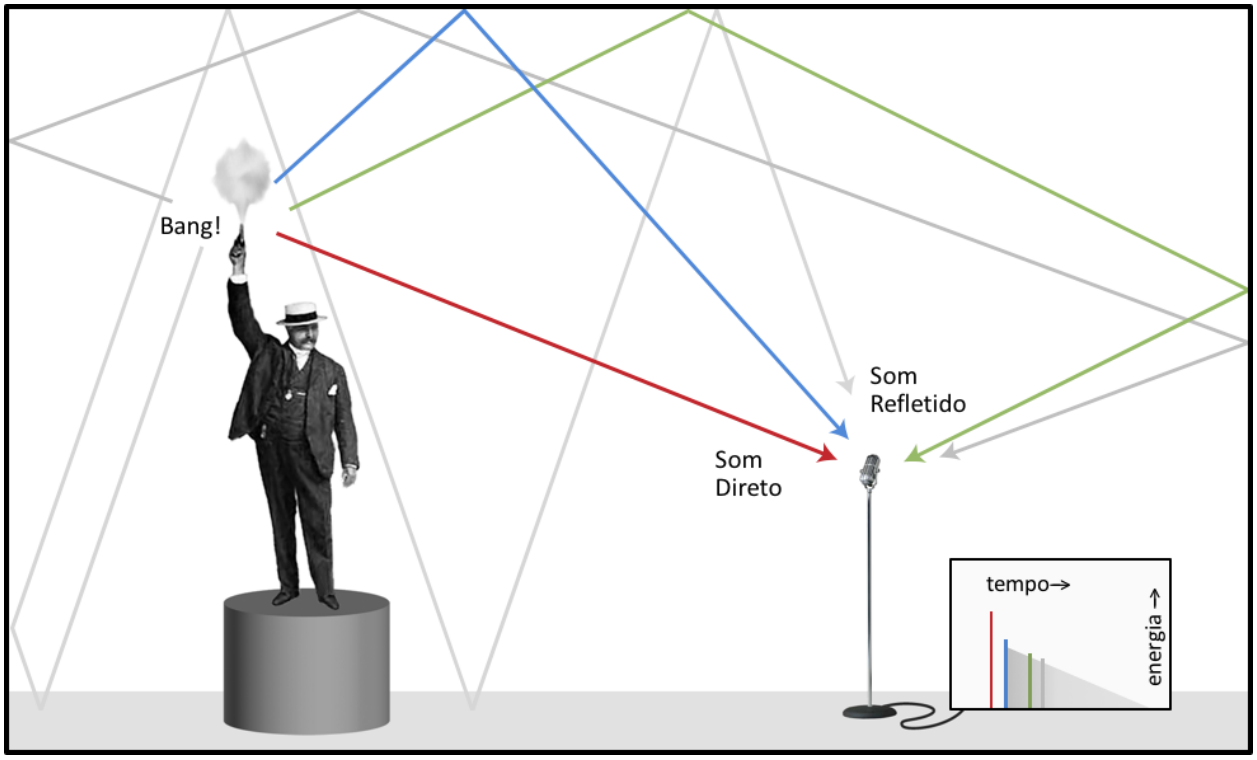



*Figura 113: Ilustração conceitual de um impulso acústico. O som de uma fonte de excitação chegando a uma posição de medição por diversos caminhos, entre diretos e refletidos. Aqui vemos o caminho do som direto da fonte até o microfone em vermelho, seguido de uma reflexão de primeira ordem em azul, uma reflexão de segunda ordem em verde e reflexões de ordem maior em cinza. Chegadas posteriores tendem a se acumular umas sobre as outras formando um declive.*

Uma resposta ao impulso acústico é criada pelo som irradiando para fora a partir de uma fonte de excitação e rebatendo ao redor da sala. O som viajando pelo caminho mais direto (uma linha reta a partir da fonte para uma posição de medição) chega primeiro e deverá ser o mais alto. O som refletido chega mais tarde por diversos caminhos, perdendo energia no ar e na superfície de absorção ao longo do caminho de forma que as chegadas posteriores tendem a vir em níveis cada vez mais baixos. Em teoria, este processo vai continuar para sempre. Na prática, a parte que nos interessa ocorre dentro de alguns segundos – talvez menos de um segundo em salas menores e/ou espaços que foram acusticamente tratados para reduzir seus tempos de reverberação.

A chegada do som direto e, provavelmente, algumas das primeiras reflexões que chegam serão claramente distinguíveis em um gráfico no domínio do tempo da resposta ao impulso. Como cópias refletidas do som original que continuam a chegar mais e mais atrasadas, em níveis de amplitude cada vez mais baixos, elas começam a se acumular e formar uma declinação exponencial que normalmente se parece com algo próximo a uma linha reta quando exibido em um gráfico com uma escala de amplitude logarítmica.

## Anatomia de uma Resposta ao Impulso Acústica

Embora duas salas não-idênticas não tenham respostas ao impulso idênticas, existem algumas características do componente que podemos identificar em algumas combinações em quase qualquer resposta ao impulso acústico. Estas incluem a chegada do som direto, reflexões primárias, acúmulo e decaimento de reverberação e ruído de fundo. A Figura 114: mostra um impulso acústico com os seus componentes marcados. Descrições de cada um a seguir.

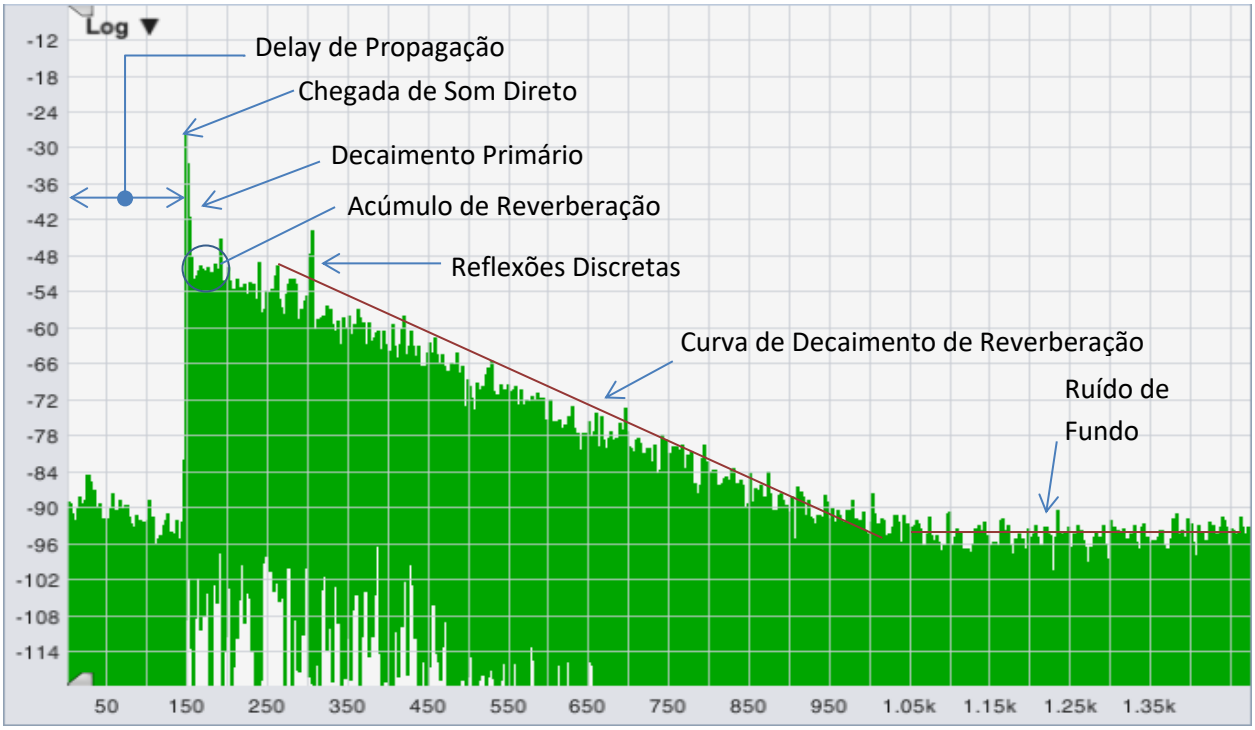



*Figura 114: Resposta ao impulso acústico com seus componentes comuns marcados. Este é um gráfico no domínio do tempo semi-log com o tempo em milissegundos no eixo x e a magnitude em decibéis no eixo y.*

## Delay de Propagação

O tempo que leva para o som direto da fonte sonora alcançar a posição de medição é o tempo de delay de propagação. Isto pode incluir quaisquer atrasos de transferência para os processadores DSP no caminho do sinal para além do tempo que leva para o som a viajar através do ar.

## Chegada de Som Direto

Uma vez que a menor distância entre dois pontos é sempre a linha mais reta, a primeira coisa que nós esperamos ver quando observarmos uma resposta ao impulso (IR) é a chegada do som direto a partir de qualquer fonte sonora que estamos usando para estimular o sistema sob teste. Dependendo do que estamos tentando descobrir, a fonte pode ser um sistema de som instalado, um alto-falante omnidirecional trazido especificamente para fins de cálculo, um estouro de balão ou um tiro de uma pistola de festim, ou como substituto, talvez palmas ou alguém batendo uma tampa de case.

Na maioria dos casos, também seria de se esperar que a primeira chegada seja a mais alta e corresponda ao pico mais alto que podemos ver na IR, e na maioria dos casos, estaria certo. Pode haver ocasiões em que pode não ser completamente verdade, mas na grande maioria dos casos, deveria.

## Reflexões Discretas

Após a chegada do som direto, as seguintes características mais proeminentes que tendemos a ver são sons que chegam dos caminhos diretos mais próximos; a ordem mais baixa das reflexões. O som que rebate em uma superfície a partir da fonte de excitação para uma posição de medição é chamado de reflexão de primeira ordem, dois rebatimentos lhe dão uma reflexão de segunda ordem e assim por diante. O som refletido pode ser útil ou prejudicial, dependendo de fatores tais como a sua magnitude relativa e tempo em relação ao som direto e na medição em que se distingue claramente a partir da difusão do som reverberante.

## Decaimento Primário, Acúmulo de Reverberação e Decaimento de Reverberação

Após a chegada do som direto e reflexões de menor ordem, o som em um espaço reverberante vai continuar refletindo em torno de uma sala por um tempo, criando reflexões de ordem cada vez maior. Em uma determinada posição de escuta, um pouco dessa energia refletida vai combinar de forma construtiva ao longo de um período relativamente curto de tempo, resultando em um acúmulo de som reverberante, antes que a perda no ar e a absorção pelos materiais que compõem superfícies refletoras façam seu papel. Nesse ponto, a fase de decaimento de reverberação começa.

Na prática, você pode ou não ser capaz de ver o acúmulo de reverberação em uma resposta ao impulso distinto do som direto e reflexões primárias. Às vezes podem ser claramente visíveis, outras vezes nem tanto. Por convenção, os primeiros 10 dB de decaimento após a chegada do som direto na IR integrada em tempo reverso (vamos falar sobre isso no *Capítulo 9: Análise de Dados de Resposta ao Impulso*) é chamado de decaimento primário. Decaimento de reverberação é geralmente medido ao longo de uma faixa de 5 dB abaixo do nível de som direto para um ponto de 30 dB abaixo na IR integrada inversa, ou 20 dB abaixo se necessário.

### Ruído de Fundo (Noise Floor)

Em teoria, a fase de decaimento da reverberação da IR continua infinitamente, como uma curva exponencial que idealmente nunca atinge o zero. Na prática, ela atinge relativamente rápido um ponto onde já não podemos distinguir do ruído de fundo da medição. O ruído em uma medição IR pode vir de diversas fontes, incluindo o ruído acústico do ambiente e ruído elétrico no sistema sob teste e no sistema de medição, ruído de quantização da digitalização do(s) sinal(is) de análise e o ruído processual de processos DSP utilizados para a análise.

## Uso de Dados de Medição de Resposta ao Impulso

### Medição de Tempo de Delay

O uso mais comum para as medições de resposta ao impulso no Smaart é encontrar tempos de delay para o alinhamento do sinal em medições de função de transferência e alinhar os sistemas de alto-falante. Cada vez que você clicar no localizador de delay no Smaart uma medição IR é executada em segundo plano. Neste caso, tudo o que realmente importa é a chegada inicial do som direto, que normalmente é tão proeminente que você pode selecioná-la com confiança, mesmo quando a relação sinal-ruído da IR for ruim, por isso, sequer exibimos os resultados. Smaart simplesmente busca o pico mais alto e entende ser a primeira chegada e na maioria das vezes isso funciona muito bem.

Ocasiões onde medições de delay automático podem não funcionar direito incluem medições de dispositivos de baixa frequência ou qualquer caso em que se tente medir um sistema direcional full-range muito fora do eixo em um local onde uma reflexão proeminente possa dominar as altas frequências. Neste último caso, é possível que a energia das altas frequências refletidas forme um pico mais alto do que a chegada do som direto, exigindo-lhe inspecionar visualmente os dados da IR para encontrar a primeira chegada.

### Análise de reflexão

Outro uso comum para as medições de IR é na avaliação do impacto das reflexões discretas problemáticas. Sons refletidos podem ser benéficos ou prejudiciais para a percepção de um ouvinte sobre a qualidade do som e/ou a inteligibilidade de fala, dependendo de um número de fatores. Estes fatores incluem o tipo de material do programa a ser apresentado (em geral, fala ou música), o tempo de chegada e o nível geral do som refletido relativo ao nível de som direto, e o conteúdo de frequência e a direção a partir da qual eles chegam. Como regra geral, quanto mais tarde chegam e o mais alto são (em relação ao som direto) mais problemáticos tendem a ser.

### Tempo de Reverberação (T60, RT60...)

Tempo de reverberação é uma espécie de avô de parâmetros acústicos quantitativos. Inicialmente proposto por Walter Sabine há um século atrás, o tempo de reverberação T60 ou RT60 é o tempo que leva para um som reverberante em um ambiente diminuir 60 decibéis de um estado de excitação (após os sinais de excitação pararem). É uma das quantidades mais amplamente utilizadas (e em alguns casos, talvez abusada) na acústica de ambientes. Embora seja bastante possível que duas salas com tempos de reverberação idênticos soem muito diferentes, quando avaliados banda-por-banda ainda podem lhe dar uma ideia quanto ao caráter global do campo reverberante em um determinado ambiente. Em salas de

concerto podem lhe dar uma ideia do calor e espaço percebidos na música. Em auditórios, muitas vezes é usado como um preditor aproximado de inteligibilidade da fala.

## Early Decay Time (EDT - Tempo de Decaimento Primário)

Early Decay Time acaba por ser o tempo de decaimento do som direto e reflexões primárias de ordem mais baixa. Como as primeiras reflexões tendem a ser mais benéficas em se tratando de separar sons que queremos ouvir da reverberação e do ruído de fundo, EDT pode dar-lhe algumas pistas sobre a clareza geral e inteligibilidade em uma sala e/ou do sistema. EDT, como RT60, é convencionalmente normalizado para o tempo que seria necessário para o sistema diminuir 60 dB na taxa de medição de decaimento.

## Razões entre Energia Primária-Tardia

Razões entre Energia Primária-Tardia é uma medição direta da energia do som que chega dentro de um intervalo específico após a chegada do som direto, contra a energia na parte restante da IR. Estas fornecem um método mais direto de se avaliar a relação entre som direto e reflexões primárias benéficas que um ouvinte escuta contra a quantidade de reverberações (potencialmente prejudiciais) e ruído, do que inferências feitas a partir das taxas de decaimento primário e reverberantes.

## Modelos de Inteligibilidade de Fala

Razões entre energia primária e tardia, como C35 e C50 têm sido muito utilizadas como indicadores objetivamente mensuráveis de inteligibilidade da fala subjetiva. Na década de 1970 Victor Peutz apresentou a Perda de Articulação de Consoantes (ALCons, em inglês *Articulation Loss of Consonants*), uma métrica preditiva para a inteligibilidade com base no volume de uma sala e seu tempo de reverberação, a diretividade de alto-falantes e distância da fonte para o ouvinte. Mais tarde, Peutz revisou a equação para usar uma razão entre energia direta-reverberante no lugar do volume, distância e fator Q do alto-falante, tornando ALCons uma quantidade diretamente mensurável. Mais recentemente, os índices de transmissão de voz (STI e STIPA) surgiram como métricas que são geralmente mais robustas. Todas estas podem ser calculadas a partir da resposta ao impulso de um sistema.

# Capítulo 8: Interface de Usuário em Modo de Resposta ao Impulso

Se você já estiver familiarizado com o modo IR no Smaart 8 provavelmente você pode ignorar esta seção, mas não há problema em, pelo menos, revisar. Se o modo IR é novidade para você então as apresentações estão a seguir. Para chegar ao modo IR no Smaart, selecione *IR Mode* no menu *Mode*, pressione a tecla "I" no teclado ou clique no botão *Impulse* que aparece no canto superior direito da janela principal no modo de tempo real (logo abaixo do medidor de nível/sinal). Você vai encontrar uma tela como a apresentada abaixo. (As cores podem ser mais escuras, mas o layout é o mesmo). No lado direito da janela há uma faixa vertical de controles. O resto da janela é dedicado às áreas gráficas e leitor de cursor.

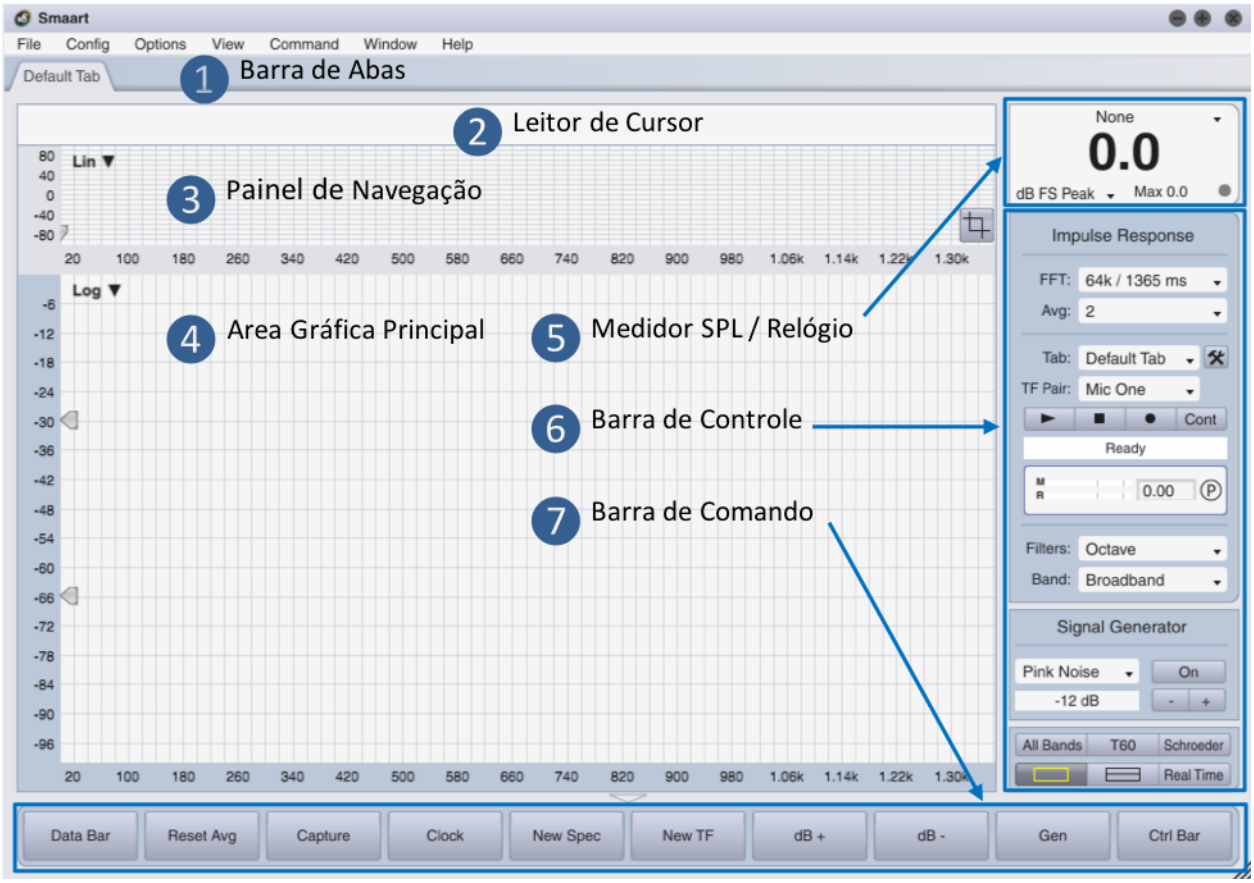



*Figura 115: Anatomia do layout da janela principal do Smaart em modo de Resposta ao Impulso*

## 1 Barra de Abas

O Smaart pode ser executado em várias janelas e cada janela pode hospedar várias áreas de trabalho em guias a que nos referimos simplesmente como abas. Cada aba inclui as suas próprias medições, layout de tela e seleções de gráfico e você pode alternar entre elas clicando nos botões em forma de link

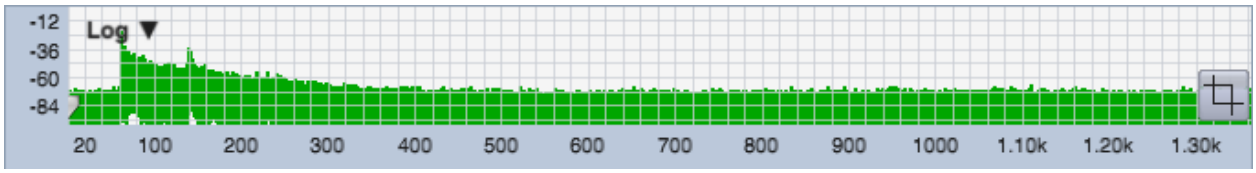
abaixo da barra de menu na área a que nos referimos como a Barra de Abas. Você pode mover uma aba de uma janela Smaart para outra clicando em seu botão na Barra de Abas com o mouse e arrasta-la para outra janela, em seguida, liberando o botão do mouse para solta-la.

## ❷ Leitor de Cursor

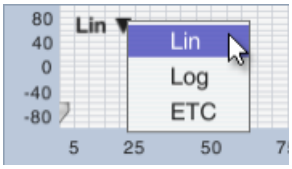
Quando dados de medição estiverem presentes em um gráfico, o Leitor de Cursor mostra coordenadas numéricas correspondentes à localização do cursor conforme você mover o mouse sobre as áreas do gráfico. Coordenadas numéricas são fornecidas aqui para a localização do cursor em unidades de tempo, amplitude/magnitude e frequência, conforme aplicável para o tipo gráfico.

Para gráficos no domínio do tempo (*Lin*, *Log* ou *ETC*) na(s) área(s) gráfica(s) principal(is), existem três conjuntos de coordenadas como mostrado acima. Da esquerda para a direita, são eles a localização do cursor travado que normalmente marca o pico mais alto da resposta ao impulso, coordenadas do cursor móvel (mouse) e, entre parênteses à direita, a diferença entre os cursores travados e móveis. Observe que as coordenadas de tempo podem, opcionalmente, ser exibidas tanto como tempo (em milissegundos) e como a distância percorrida equivalente, com base na velocidade do som especificada.

## ❸ Painel de Navegação

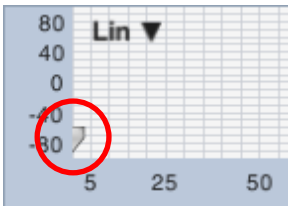



O pequeno display no domínio do tempo na parte superior da área gráfica é usado para navegação e está sempre visível. Clicar com o botão direito e arrastar (Ctrl + clique e arraste no Mac) por este painel seleciona um intervalo de tempo específico para exibição nos gráficos em domínio do tempo maiores. O registro completo do tempo da IR permanece visível no painel de navegação quando estiver ampliado (a menos que você use a função *crop*). Clicar em qualquer lugar na margem esquerda do gráfico limpa a faixa de zoom e retorna quaisquer gráficos no domínio do tempo no(s) painel(eis) de exibição principal para o registro de tempo de IR completo.




O seletor no canto superior direito do painel de navegação seleciona o tipo de gráfico a ser exibido nesta área. O painel de navegação é limitado somente aos tipos de gráfico no domínio do tempo (*Lin*, *Log* ou *ETC*).

O botão *Crop* no canto inferior direito do painel de navegação pode cortar um arquivo para fins de exibição para mostrar apenas o intervalo de tempo selecionado – um recurso muito útil quando se trabalha com medições de IR com caudas longas de ruído. O corte é não-destrutivo e pode ser desfeito – clicar no botão *Crop* novamente em uma medição recortada restaura toda a extensão original do registro de tempo – no entanto, se você salvar a IR recortada para um arquivo, a versão recortada é salva em arquivo.



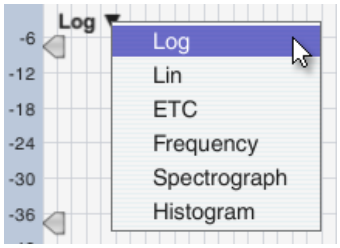

O ícone em forma de seta posicionado no canto inferior esquerdo do painel de navegação (circulado em vermelho na seleção da tela mostrada à direita) é o marcador de tempo 0. Quando se grava uma medição de resposta ao impulso em canal duplo no Smaart, este marcador é automaticamente definido para coincidir com o tempo de delay do sinal de referência – se você estiver familiarizado com medição de função de transferência em tempo real ela é análoga ao ponto central da *Live IR*. Para medições em canal único ou dados baseados em arquivo, está configurado para o início do registro do tempo. Arrastando-o para a esquerda ou direita move o ponto de tempo zero para todos os gráficos no domínio do tempo (*Lin, Log* ou *ETC*) exibidos na área gráfica principal.

## 4 Área Gráfica Principal

A parte maior (inferior) da área gráfica pode ser dividida em um ou dois painéis clicando nos botões com retângulos na área # 5. Cada painel pode receber qualquer um dos seis tipos de gráfico principais disponíveis:

- *Lin, Log, ETC* (visualizações no domínio do tempo)
- *Espectrógrafo* (frequência e nível vs. tempo),
- *Frequência* (espectro)
- *Histograma* (gráfico de barras dos valores acústicos quantitativos por oitava ou 1/3 de oitavas).

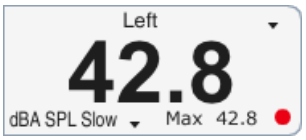
Vamos discutir cada um desses tipos de exibição no próximo capítulo.




O tipo de gráfico para cada painel é selecionado por meio do menu drop list no canto superior esquerdo do painel. Alguns tipos principais de gráficos também têm seletores adicionais no seu canto superior direito que controlam opções de exibição específicas para esse gráfico. Os dois widgets em forma de ponta de seta à esquerda da lista de tipos de gráficos aparecem em todos os gráficos em domínio de tempo e espectrógrafo. Eles controlam o alcance dinâmico do espectrógrafo.

Como você deve ter notado, a área gráfica principal e o painel de navegação estão em branco quando você entra no modo IR pela primeira vez. Você não vai ver quaisquer dados nas áreas do gráfico até gravar uma medição ou carregar uma resposta ao impulso de um arquivo (menu *File* > *Load Impulse Response*). O Smaart pode abrir e analisar arquivos .wav e .aiff que contenham qualquer tipo de dados de áudio, mas o modo IR é feito para o propósito de analisar as respostas ao impulso. Não há suporte para arquivos multicanal ou otimização para trabalhar com arquivos com mais do que alguns segundos de duração – e, claro, muito da capacidade de análise da IR é irrelevante para outros tipos de dados de áudio.

## 5 Medidor SPL / Relógio




O grande leitor numérico que aparece (por padrão) na parte superior da barra de controle no canto superior direito de cada guia pode ser configurado para funcionar como um medidor de Nível de Pressão Sonora (SPL), um medidor integrado de Nível de Som Equivalente ($L_{EQ}$), um medidor de pico de sinal calibrado para Full Scale Digital normalizada, ou como um relógio. Quando o medidor de nível é exibido, pressionar a tecla [K] no seu teclado alterna a exibição para um relógio e vice-versa. Este display pode ser ocultado se você não precisar dele, selecionando *SPL Meter* no menu *View* pressionando [Alt/Option] + [K] no seu teclado. Quando oculto, repetir qualquer uma destas ações irá restaura-lo.

O medidor em aba de Nível de Sinal/Nível Sonoro opera de forma quase idêntica a um módulo medidor na janela *SPL Meters*. Ambos são abordados em detalhes na seção *Medição de Nível Sonoro* na página 41. Observe que, a fim de realizar medições $L_{EQ}$ ou SPL precisas, a entrada a ser monitorada tem de ser calibrada para SPL. Consulte *Calibração de Nível Sonoro* na página 69 para mais informações.

## 6 Barra de Controle

A barra de controle do modo de resposta ao impulso inclui controles de medição ao vivo, gerador de sinal de filtros passa-banda e os controles de display principal

### *Controles de Medição ao Vivo*

A parte superior da barra de controle é dedicada a controles de medição de impulso ao vivo para a gravação de medições de resposta ao impulso no campo. Note que você também pode analisar os dados com base em arquivos no modo de resposta ao impulso. Para carregar e resposta ao impulso de um arquivo .wav ou .aiff, selecione *Load Impulse Response* do menu *File* e, em seguida, navegue até o local do arquivo que você deseja abrir na caixa de diálogo *Load Impulse* e abra-o.

Os controles de tamanho de *FFT* e média (*Avg*) determinam juntos a duração da medição para medições de IR em canal duplo. Note que para cada tamanho de FFT, a constante de tempo é dada juntamente com o tamanho da FFT em amostras. A constante de tempo da FFT, também chamada janela de tempo, é a quantidade de tempo que se leva para gravar o número necessário de amostras na taxa de amostragem selecionada no momento.

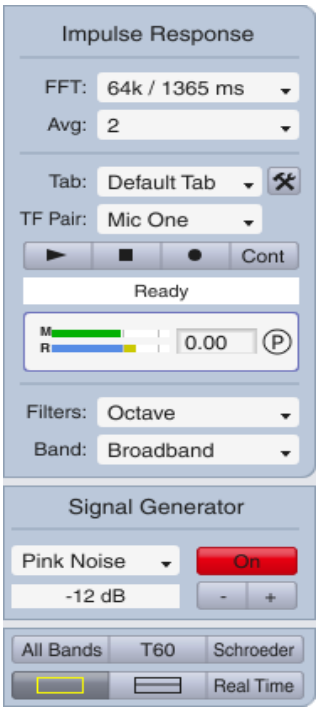



*Figura 116: Barra de Controle em modo de resposta ao impulso*

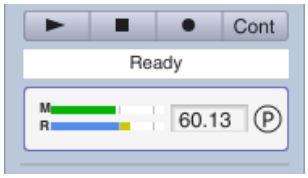
*Averages* (*Avg*), define o número de medições de IR sucessivas para calcular a média em conjunto para melhorar a relação sinal-ruído das medições em canal duplo. Para medições de IR deterministas feitas através de sinais de período correspondente, o número de médias é normalmente definido como um número baixo ou mesmo "Nenhum". Quando se mede com sinais

aleatórios ou em ambientes ruidosos, mais média pode melhorar significativamente a relação sinal-ruído de medições de resposta ao impulso.

O seletor *Tab* pode ser usado para alternar entre abas, se a barra de abas estiver ocultada. O botão à sua direita com o ícone do martelo e chave inglesa abre a página *Measurement Config* no diálogo *Configurator*.

*TF Pair* seleciona os sinais a serem utilizados para as medições de IR em dois canais. Medições de IR em canal duplo no Smaart são essencialmente medições de função de transferência com o acréscimo de uma transformada de Fourier inversa no final e qualquer um dos pares de sinais de referência e de medição que você configurou na aba atual para medições de função de transferência em tempo real podem ser usados para medições de IR. Basta clicar sobre este controle e selecionar o nome de uma medição que utiliza o canal de entrada que você deseja gravar. Para gravações em canal único, apenas o canal do sinal de medição é gravado.

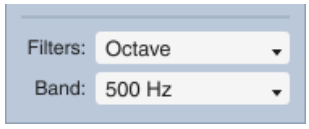
Os controles de medição ao vivo no modo IR são análogos a um "mecanismo de medição" de uma função de transferência em modo de tempo real, com alguns extras. A partir do canto superior esquerdo, os botões marcados com um triângulo (►) e um quadrado (■) iniciam e param a medição.




O botão marcado com um círculo (●) funciona como o botão de gravação em um leitor de cassetes ou gravador digital, mas neste caso, é um controle do *modo* de medição. Clicar no botão start (►) *sem* o botão de gravar acionado inicia uma medição de IR em canal duplo. Quando o botão de gravação (●) estiver ativado, o Smaart torna-se um gravador digital em canal único e grava apenas o canal do sinal de medição do sinal selecionado como *TF Pair*. A ideia é que você iria começar a gravação e estourar um balão ou disparar sua pistola de festim (ou qualquer outra coisa), e, em seguida, clicar no botão stop (■) para terminar a gravação e exibir seus resultados.

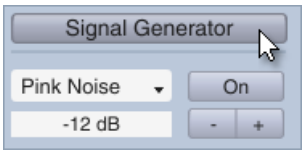
O botão *Continuous* (*Cont*) faz com que a rotina de medição em dois canais rode continuamente, começando de novo automaticamente cada vez que termina uma medição até que você a interrompa (ao clicar no botão stop). Os resultados da última medição são exibidos enquanto estiver gravando e processando a próxima medição. Clique no botão Stop (■) para terminar a gravação e exibir os dados gravados.

## Filtros Passa-Bandas




A resposta ao impulso de banda larga é útil para encontrar tempos de delay e reflexões discretas, mas para a maioria dos fins de análise acústica, a IR deve ser filtrada em bandas de oitava ou, às vezes, 1/3 de oitava. O Smaart inclui conjuntos completos de oitava e filtros de banda de 1/3 de oitava para a análise de resposta ao impulso. Filtro passa banda é não-destrutivo e é feito em tempo real sempre que você precisar. Basta selecionar o parâmetro do filtro que você deseja usar (*Octave* ou *1/3-Octave*) usando o seletor *Filter* na barra de controle e, em seguida, escolher a frequência central para a banda que você quer analisar da lista *Band*.

### *Controles de Gerador de Sinal*




O próximo grupo de controles na Barra de Controle é para o gerador de sinal. O ícone na parte superior desta seção é na verdade um botão flutuante (ele se transforma em um botão quando o cursor do mouse passa sobre ele) que abre a caixa de diálogo *Signal Generator*, que contém muito mais opções para o gerador de sinal do que poderia caber na Barra de controle. Abaixo estão um seletor de tipo de sinal (ruído rosa é selecionado no exemplo à direita) e um campo de nível de saída que mostra o nível de saída atual em dB Full Scale normalizada. O botão *On* liga ou desliga o gerador – ele brilha um vermelho forte quando o gerador está em execução. Os botões menos e mais (+|-) à direita do nível de saída aumentam ou diminuem o nível de saída por 1 dB.

### *Controles do Display Principal*

O último grupo de controles na faixa de controle ao lado direito da janela do modo em tempo real é dedicado às funções de exibição de dados. Começando da esquerda superior da tela exibido aqui à direita:

- O botão *All Bands* abre a tabela *All Bands*, onde você vai encontrar quase todas as métricas acústicas quantitativas que o Smaart pode calcular automaticamente para uma resposta ao impulso. Ver *Histograma* e Tabela *All Bands* para saber mais sobre esta função.
- Clicar no botão *T60* exibe os marcadores de nível utilizados para o cálculo do tempo de reverberação e de decaimento primário nos gráficos *Log IR* ou *ETC*.
- O botão *Schroeder* mostra uma curva de integração em tempo reverso em gráficos *Log IR* ou *ETC*.
- Os dois botões em forma de retângulo dividem o gráfico principal em um ou dois painéis gráficos: Um retângulo, um painel; dois retângulos, dois painéis.
- O botão *Real Time* sai do modo IR e volta ao modo de medição no domínio de frequência em tempo real. (No modo de tempo real muda para um botão *Impulse* que irá voltar para o modo de IR)

## 7 Barra de Comando

A barra de comando é uma barra de botões configuráveis pelo usuário que se encontra ao longo da parte inferior de uma janela do Smaart. Você pode oculta-la e restaura-la clicando no botão triangular na margem logo acima dela. Este botão exibir/ocultar permanece visível na margem da janela quando a barra de comando estiver ocultada e clicar novamente irá restaura-la para visível. Também é possível ocultar ou restaurar a barra de comando, selecionando *Command Bar* no menu *View* ou pressionando a tecla [U] no seu teclado. Para personalizar a barra de comando, selecione *Command Bar Config* no menu *Config* (ver *Configuração da Barra de Comando* na página 39 para detalhes).

# Opções Adicionais para a Medição de Resposta ao Impulso e Análise e Exibição

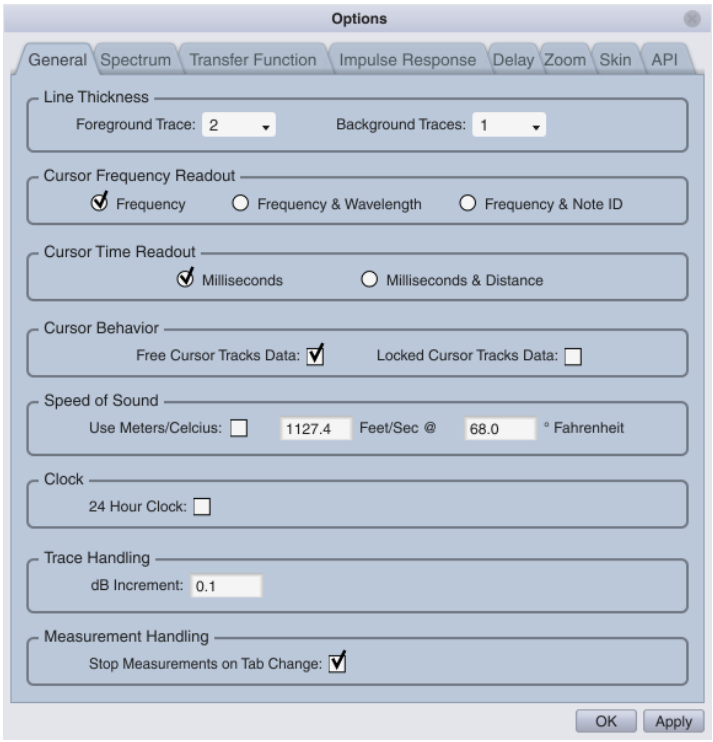
Algumas opções adicionais relativas à medição de IR que não aparecem na tela principal podem ser encontradas nas páginas de opções gerais e de resposta ao impulso, selecionando *General* no menu *Options* ou pressionando [Alt/Option] + [O] no seu teclado.

## Opções Gerais Referentes aos Displays de Resposta ao Impulso

### *Leitor de Cursor do Tempo*

A configuração do leitor de cursor do tempo aplica-se a ambos os gráficos em modos de IR e *Live IR* em displays de Função de Transferência em modo de tempo real.

- *Milliseconds* – exibe as coordenadas de tempo e diferenças de tempo relativas em milissegundos apenas.
- *Milliseconds & Distance* – exibe coordenadas de tempo em milissegundos e distância equivalente, baseados nas configurações da velocidade do som




### *Velocidade do Som*

As configurações nesta seção determinam a velocidade do som que o Smaart usa para calcular distâncias equivalentes para coordenadas de tempo e também se as distâncias são exibidas em pés ou metros. Pode também servir como uma conveniente calculadora da velocidade do som a qualquer momento que você precise saber a velocidade do som para uma dada temperatura do ar.

- *Use Meters/Celsius* – quando essa opção for selecionada, o Smaart exibe distâncias em metros e a temperatura utilizada para calcular a velocidade do som em graus Celsius. Caso contrário, o Smaart exibe distâncias em pés e usa graus Fahrenheit para a temperatura.
- *Speed of sound ([unit]/sec) and temperature* – Em elevações onde os seres humanos respiram confortavelmente, a velocidade do som é principalmente uma função da temperatura, assim estes dois campos de entrada estão ligados. Alterar a configuração da temperatura automaticamente recalcula a velocidade correspondente de som e vice-versa.

## Opções de Resposta ao Impulso

A maioria dos controles na aba de diálogo de opções de Resposta ao Impulso repetem as configurações dos controles na janela principal. Nós já falamos sobre eles com algum detalhe por isso vamos nos concentrar aqui sobre os que não se repetem.

### *Configurações de Display no Domínio do Tempo*

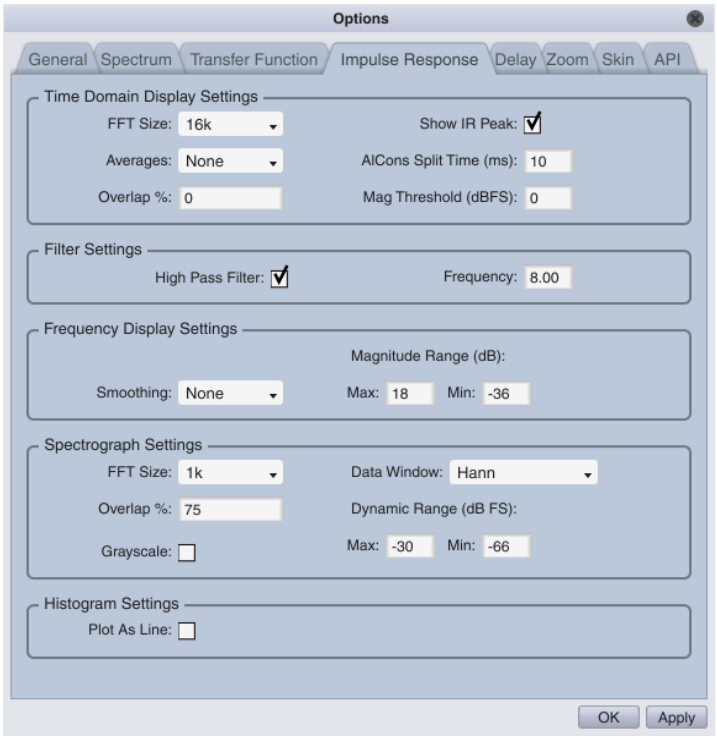



*Figura 117: Opções de Resposta ao Impulso*

- *Tamanho de FFT* e *Cálculo de Média* repetem as configurações dos controles na tela para medições de IR em canal duplo de que falamos anteriormente na página 148.
- *Overlap %* (Para cálculo de média, não confundir com overlap para display de Espectrógrafo) – Quando a sobreposição é configurada com qualquer valor diferente de zero, cada medição sucessiva entrando em uma medição de IR em canal duplo compartilha o percentual especificado de dados com o(s) quadro(s) anterior(es).
- *Show IR Peak* define o cursor travado no modo IR para o pico mais alto da resposta ao impulso cada vez que você executar uma nova medição.
- *ALCons Split Time* define a divisão de tempo para a razão entre a energia primária-tardia usada no cálculo de ALCons (um tipo de estimativa de inteligibilidade da fala que pode ser calculada a partir de uma resposta ao impulso). Não há nenhum padrão real para este parâmetro, mas as definições comuns são 10 ou 20 milissegundos.
- *Mag Threshold (dBFS)* é semelhante ao threshold de magnitude em medições de função de transferência. É desativado quando definido como zero. Quando definido como qualquer outro valor (em dB FS), o Smaart irá zerar a função de transferência em qualquer frequência onde o sinal de referência não ultrapassa o threshold antes de calcular a resposta ao impulso (em canal duplo).

### *Configurações de Filtro*

O Smaart inclui um filtro passa-altas de varredura para medições de IR que pode ser útil ao analisar as medições de IR que incluem uma grande quantidade de ruído de baixa frequência ou nos casos em que o sinal de referência a ser utilizado numa medição em canal duplo é de alguma forma de banda limitada. O filtro é aplicado em processo posterior aos dados de IR para fins de exibição – o que significa que pode ser usado em dados baseados em arquivo ou recém medidos – e só afeta o que você vê na tela. Isso não muda a medição subjacente. A frequência de corte do filtro pode ser ajustada para qualquer valor entre

0 Hz e uma metade da frequência de Nyquist (igual à metade da frequência de amostragem) para a taxa de amostragem de áudio que estiver selecionada.

### *Configurações de Display de Frequência*

- *Smoothing* repete o ajuste do controle de suavização no canto superior direito do gráfico de *Frequência* no modo IR.
- Os controles *Magnitude Range (dB)* são úteis para configurar uma extensão específica de decibéis do gráfico de frequência no modo IR, no entanto você também pode redimensionar o intervalo utilizando as teclas +/- ou clicar com o botão direito e arrastar com o zoom do mouse, como é possível com outros tipos de gráfico no Smaart.

### *Configurações do Espectrógrafo*

- Os controles *FFT Size* e *Overlap* repetem as configurações dos controles encontrados no canto superior direito da tela do espectrógrafo no modo IR. Juntos, eles determinam a resolução de tempo do espectrógrafo.
- *Grayscale* exibe o espectrógrafo usando vários tons de cinza em vez de cores para representar magnitude.
- *Data Window* – define a função de janela de dados utilizada no cálculo das FFTs individuais usadas para criar o display do espectrógrafo. Você pode deixar definida como Hann ao menos que tenha uma boa razão para mudar isso.
- *Dynamic Range* repete as configurações dos ícones de controle deslizante encontrados na margem esquerda dos displays em domínio de tempo e espectrógrafo em modo IR. O espectrógrafo escala seu espectro de cores (ou tons de cinza) para o intervalo entre os valores Min e Max e exibe valores de decibel acima dos thresholds Max em branco e abaixo de Min em preto.

### *Configurações do Histograma*

O gráfico *Histogram* exibe em Modo IR os valores encontrados para qualquer coluna na tabela *All Bands* banda por banda para todas as oitavas ou 1/3 de oitava. Controles de seleção são encontrados no canto superior direito do gráfico na janela principal. Por padrão, o Smaart exibe o gráfico do histograma como um gráfico de barras. Selecionar *Plot as Line* em *Histogram Settings* faz com que este quadro seja exibido como um gráfico de linhas ao invés de barras.

# Capítulo 9: Análise de Dados de Resposta ao Impulso

O Smaart fornece um poderoso conjunto de ferramentas para analisar os dados de resposta ao impulso, tanto no domínio do tempo quanto da frequência. Ferramentas de análise no domínio do tempo incluem imagens logarítmicas e lineares do domínio do tempo, Curvas de Tempo de Energia, filtros de oitava e 1/3 de oitava, integral em tempo reverso e cálculo automático dos parâmetros acústicos comuns, tais como EDT, RT60 e fatores de clareza. Ferramentas de análise no domínio de frequência incluem a análise de espectro de faixas de tempo arbitrárias e o Espectrógrafo.

Se estivéssemos discutindo o modo de medição e análise em tempo real do Smaart, teríamos que fazer uma pausa neste momento para preparar e começar a medir alguma fonte sonora a fim de ter algo para analisar. Mas no modo IR, medição e análise são geralmente duas coisas separadas que podemos falar separadamente. A análise dos dados no modo IR é um processo off-line posterior que funciona da mesma maneira se estivermos no local de medição de um sistema de fato ou trabalhando com uma resposta ao impulso gravada em um arquivo .wav ou .aiff. Uma vez que só falamos sobre a interface de usuário no modo IR no capítulo anterior, vamos seguir em frente para realmente usa-la.

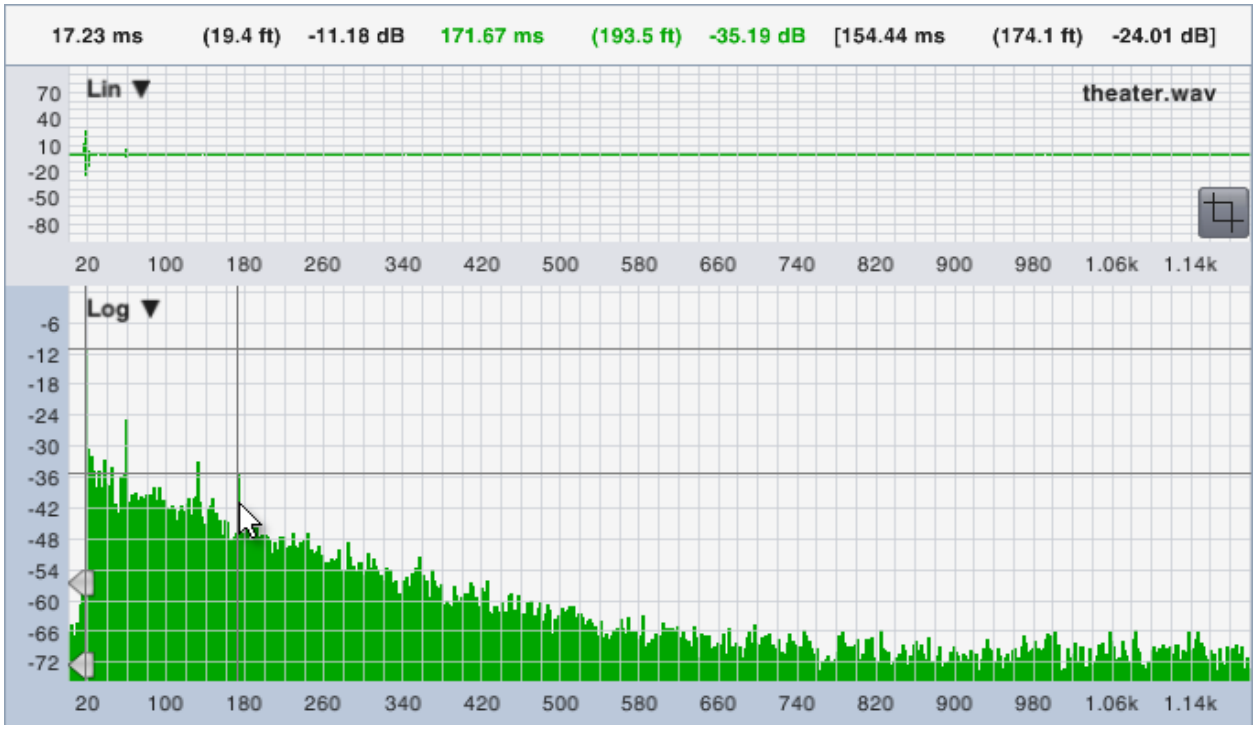



*Figura 118: O gráfico IR logarítmico (Log) em domínio de tempo exibe o tempo no eixo x e magnitude em decibéis no eixo y. A combinação de cursores fixos e móveis em displays no domínio do tempo permite que você encontre o tempo relativo de chegada e diferenças de amplitude entre quaisquer dois pontos do gráfico. Coordenadas de tempo podem, opcionalmente, ser exibidas com distâncias equivalentes, como mostrado acima. O par de coordenadas no canto esquerdo no leitor de cursor na parte superior do quadro é a posição do cursor travado, que está definida para o pico mais alto da IR. O par de coordenadas no meio em verde é a localização absoluta do cursor móvel e o par da direita entre parênteses é a diferença entre as duas primeiras.*

A maioria dos exemplos neste capítulo foram criados usando alguns arquivos .wav que você pode baixar do site da Rational Acoustics. Sempre que pertinente, vamos informar qual arquivo foi usado e como duplicar nossas configurações, de modo que você possa ganhar um pouco de experiência prática conforme avançamos.

Para baixar os arquivos, visite [www.rationalacoustics.com/support/168699-Smaart-v8-Documentation](www.rationalacoustics.com/support/168699-Smaart-v8-Documentation) e selecione *Sample IR Wave Files* da seção *Smaart v8 Documentation.*

Nosso primeiro exemplo usa *theater.wav*, uma medição de IR de um histórico teatro vaudeville de 400 lugares. A medição foi feita na área da plateia principal, cerca de 6m (20 pés) de distância do palco, usando um pequeno alto-falante com a corneta posicionada na beira da frente do palco como a fonte de excitação. Se você mesmo quiser carregar o arquivo, abra o Smaart, alterne para o modo IR, em seguida, selecione *Load Impulse Response* no menu *File*, e navegue para onde o arquivo se encontra no disco rígido para abri-lo.

# Análise no Domínio do Tempo

## Display Logarítmico no Domínio do Tempo

O display IR no domínio do tempo com escala de amplitude logarítmica (Log) é provavelmente o mais familiar a qualquer um acostumado com respostas ao impulso acústicas. Neste display você pode encontrar os tempos de chegada do som direto e reflexões primárias e sobrepor a integral em tempo reverso da IR, juntamente com ícones interativos para calcular EDT e tempo de reverberação (apenas nos displays *Log* e *ETC*). O Smaart fornece filtros de banda de oitava e 1/3 de oitava que você pode usar para filtrar a IR em tempo real, para ver como o decaimento de reverberação e outras características mudam com a frequência.

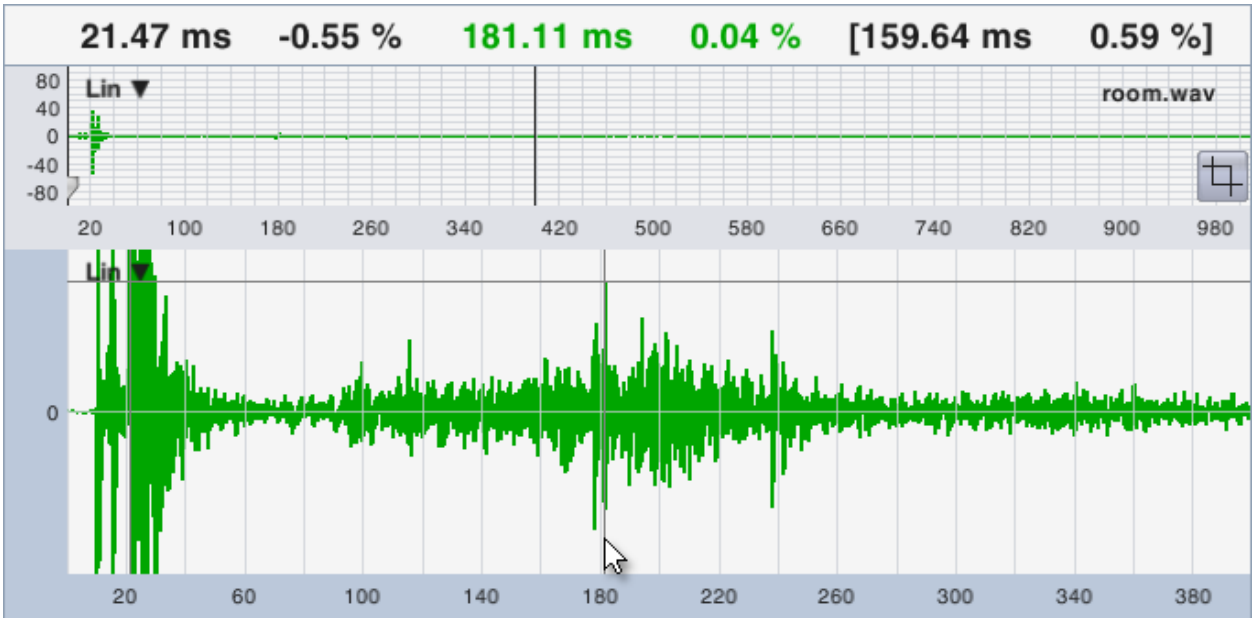



*Figura 119: Zoom em exibição no domínio do tempo linear (Lin) de room.wav e uso do leitor de cursor para encontrar o tempo relativo de chegada de uma reflexão discreta*

A combinação de cursores travados e móveis em displays de domínio de tempo permite que você encontre o tempo relativo de chegada e diferenças de amplitude entre quaisquer dois pontos do gráfico. A diferença entre os dois é mostrada no leitor de cursor. Se a opção de *Milliseconds* e *Distance* for selecionada na seção do Leitor de Cursor de Tempo da página de opções gerais (menu *Options* > *General*), o Smaart também lhe dará distâncias equivalentes para as coordenadas de tempo, com base na velocidade atual das configurações de som. Para mover o cursor travado para um ponto qualquer sobre o gráfico, mantenha pressionada a tecla Ctrl (tecla Cmd no Mac) no seu teclado enquanto clicar com o mouse sobre um ponto que você deseja marcar. Pressionando Ctrl/Cmd + "P" redefine o cursor travado para o pico mais alto da IR.

## Display em Domínio de Tempo Linear

Um gráfico linear (*Lin*) no domínio do tempo exibe os mesmos dados que a Log IR mas em uma escala de amplitude linear normalizada, onde os valores de amplitude são dados como um percentual da Full Scale Digital. Esta exibição tende a ser menos útil para a análise acústica em geral, no entanto, pode ser uma boa ferramenta para encontrar reflexões discretas, particularmente quando se mede em um salão vazio antes do público chegar. Neste caso, a exibição da IR linear pode ajuda-lo a identificar reflexões difíceis que podem ser mascaradas pelo campo reverberante difuso em um display logarítmico, apenas para se tornar muito mais óbvia e audível (muitas vezes no palco, para o temor de cantores de ópera) uma vez que há público no lugar e os níveis reverberantes diminuem.

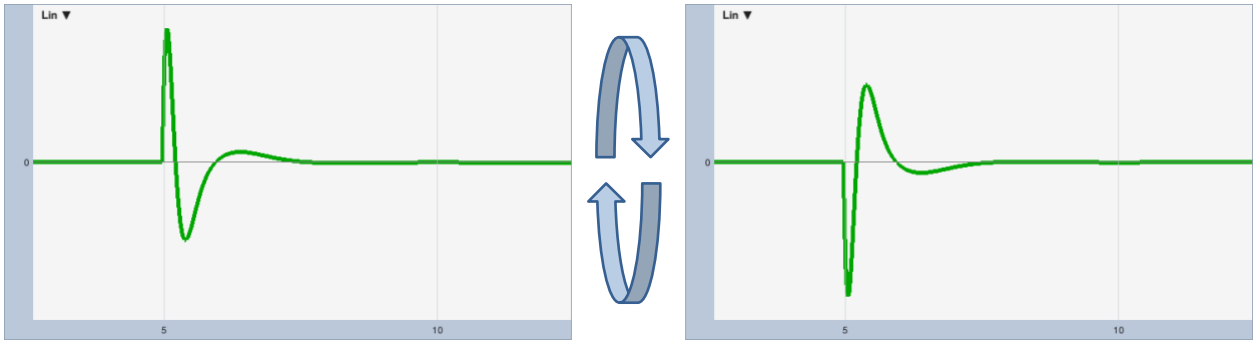



*Figura 120: Zoom de visualizações de resposta ao impulso linear de um filtro passa bandas, com polaridade normal e invertida*

Outra coisa que a IR Linear pode mostrar que Log e ETC não podem é polaridade relativa. Por exemplo, você poderia medir dois alto-falantes de médio alcance ou outros dispositivos semelhantes e determinar se eles são conectados com a mesma ou diferente polaridade observando que direção os picos proeminentes no impulso são apontados. A Figura 120: mostra uma visão ampliada da resposta ao impulso linear (Lin) de um filtro passa-banda Butterworth de $2^{.a}$ ordem com polaridade normal e inversa. Frequências de corte para o filtro são 400 e 1600 Hz. É fácil ver que os dois picos nas duas IRs estão apontando em sentidos diferentes em relação uns aos outros. Infelizmente, isso não necessariamente mostra qual é o correto. Mas se você mediu três dispositivos iguais e um foi diferente, você pode dizer que a maioria venceu. Ou se você mediu dois dispositivos iguais e encontrou polaridade oposta e um deles soava melhor, é possível que você tenha encontrado o problema. Exibição Linear

também pode vir a calhar para observar outros tipos de sinais no domínio do tempo diferente de respostas ao impulso.

## Curva de Tempo de Energia (ETC)

A resposta ao impulso representa um gráfico 2-D de um evento 3-D: a magnitude e a fase da chegada de energia ao longo do tempo. Com magnitude no eixo vertical (y) e o tempo no eixo horizontal (x), a fase acaba sendo representada no eixo *z*, o qual é efetivamente perdido nesta exibição. Consequentemente, nas exibições lineares e logarítmicas da IR, a chegada da energia defasada em 90° ou 270° é mostrada como passagens por zero, tornando uma única chegada lançada ao longo do tempo e fase parecer como várias chegadas.

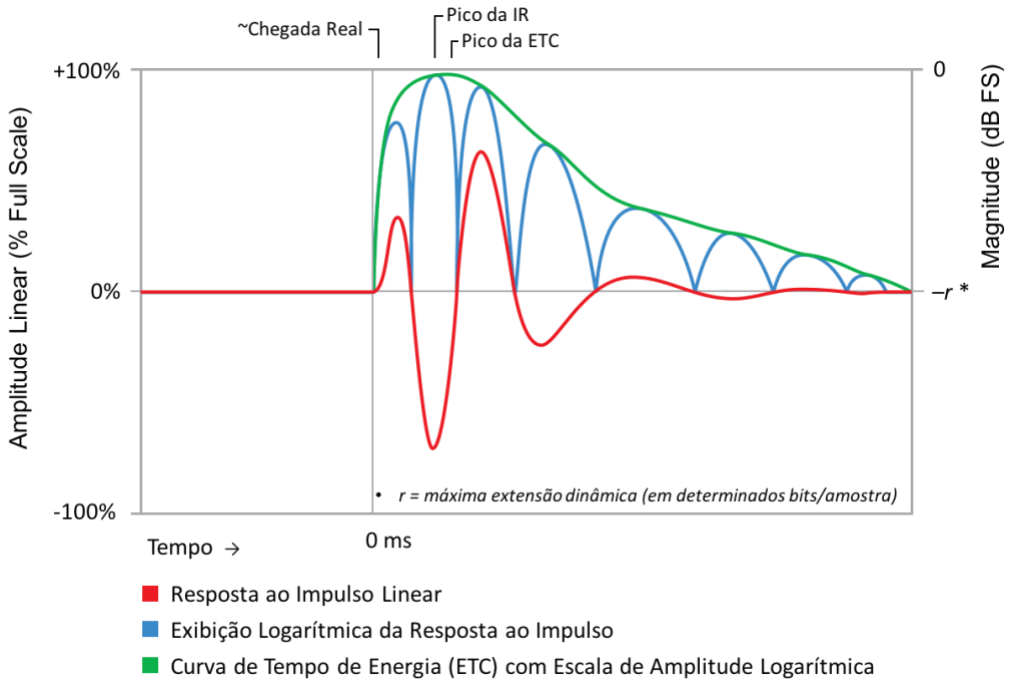



*Figura 121: Comparação de resposta ao impulso ETC com escala de amplitude linear e logarítmica*

A Curva de Tempo de Energia, também chamada de envelope da resposta ao impulso, representa a magnitude da chegada de energia ao longo do tempo, efetivamente ignorando a fase. A descrição do livro é a própria resposta ao impulso combinada com a sua transformada de Hilbert – uma cópia de si mesma que foi movida 90° em fase. Em termos práticos, o somatório dos dois tende a preencher passagens por zero vistas na Log IR produzindo um sinal que pode ser muito mais fácil de se observar que a Log IR em razão de ser menos ondulado. Em frequências mais altas a Log IR e ETC podem parecer muito semelhantes – ambas são exibidas em uma escala de magnitude logarítmica – mas a ETC é particularmente útil para ampliar a chegada do som direto em baixas frequências.

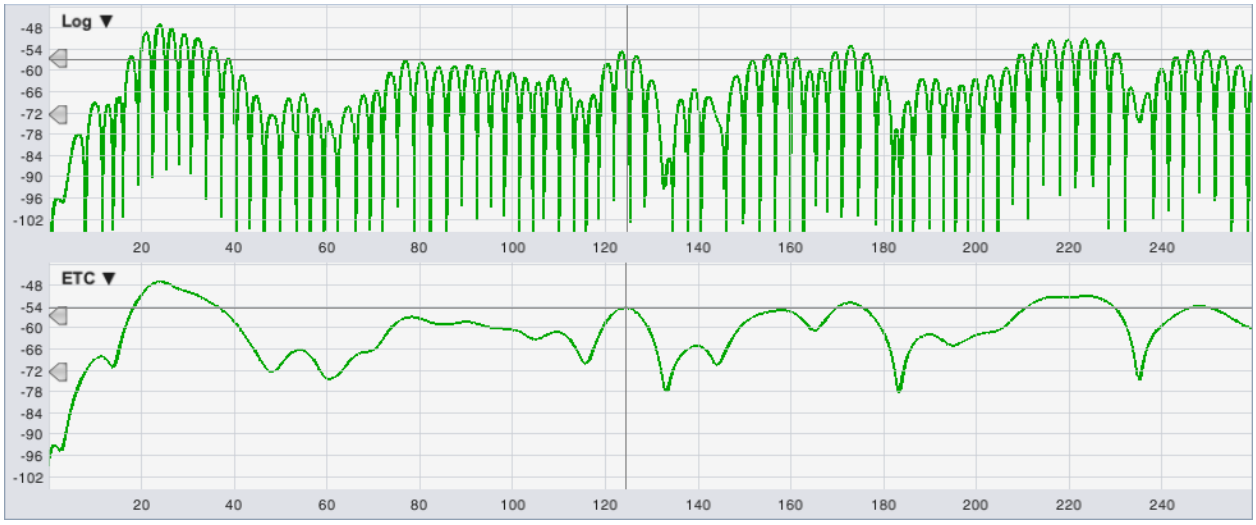
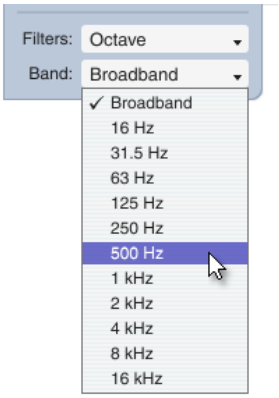



*Figura 122: Uma comparação dos gráficos Log IR e ETC no Smaart para a banda de oitava de 125 Hz em room.wav*

Se você aumentar o zoom sobre os primeiros 250 ms de room.wav e mudar para a banda de oitava de 125 Hz, a diferença entre a Log IR e ETC é bastante impressionante (veja a Figura 122:). Para dimensionar o seu monitor para parecer com a Figura 122:, pressione a tecla mais [+] no seu teclado algumas vezes para ampliar o alcance da magnitude, em seguida, use as teclas de seta para cima/baixo para alterar o alcance para cima e para baixo.

Observe que quando utilizar picos para encontrar delays, a ETC às vezes pode lhe dar uma resposta um pouco diferente do que a Log IR, devido à forma como ela efetivamente interpola entre picos na IR. Se você olhar para o pico menor na ETC, a cerca de 124 ms na Figura 122:, você pode ver que ele cai entre dois lóbulos na Log IR. Descobrimos que a ETC pode ser mais eficaz do que a ferramenta Log IR para encontrar tempos de delay de subwoofer. Mas isso é feito melhor no modo de tempo real, utilizando a ETC na Live IR junto com os displays em domínio de frequência de função de transferência, onde você pode ver tanto a fase como a magnitude e observar as mudanças acontecendo em tempo real enquanto ajustar as configurações do processador

## Filtro Passa-Bandas




Até agora temos principalmente observado a IR de banda larga, mas muito da análise acústica é convencionalmente feita usando bandas de oitava, ou às vezes 1/3 de oitava, especialmente à medida que entramos em tempos de reverberação e razões entre energia primária-tardia. O Smaart inclui configurações completas de filtros passa-bandas de oitava e 1/3 de oitava entre 16 Hz e 16 kHz (presumindo taxa de amostragem de 48k ou maior, com taxas mais baixas perdem-se algumas das bandas superiores). Filtro passa-banda no Smaart é feito de forma não destrutiva, sob demanda. Para ver uma versão filtrada da IR, selecione o conjunto de filtros quer for usar (Octave ou 1/3 Octave) no seletor de filtros, selecione a banda que você quer observar a partir da lista *Band*.

Filtros passa-banda do Smaart têm resposta de fase linear e sua resposta de magnitude satisfaz as exigências mais rigorosas (Tipo 0) para filtros de oitava e de banda de oitava fracionada especificadas na IEC 61260 e ANSI S1.11. Se quiser ver a resposta de magnitude dos filtros passa-banda, carregue o arquivo *1samplePulse.wav* e abra o gráfico de frequência, em seguida, percorra a lista *Bands* para ver cada filtro. Filtro passa-banda se aplica a todos os principais tipos de display, exceto o Histograma (que já é filtrado por bandas). Não afeta o pequeno gráfico no painel de navegação. Observe que a filtragem da resposta ao impulso irá limpar o display do Espectrógrafo e pedir um novo cálculo (clicando no botão *Calc* novamente).

## Reflexões Discretas

Reflexões são um assunto complicado porque os seres humanos são muito bons em processa-las. Elas podem ser úteis ou prejudiciais, dependendo de fatores como o tempo de chegada e intensidade em relação ao som direto (os dois principais), o seu conteúdo de frequência e até mesmo o ângulo em que chegam. Reflexões discretas podem causar problemas sonoros que variam de mudança de timbre para o deslocamento da imagem para ecos sonoros, mas tentar descobrir quais reflexões são boas ou ruins olhando para linhas irregulares na tela do computador pode ser um pouco arriscado.

Reflexões curtas que chegam dentro dos primeiros 30 milissegundos ou menos após o som direto em níveis relativamente elevados são notórias em produzir filtro pente que estragam a nossa análise no domínio de frequência em tempo real; mas os seres humanos realmente acham-nas benéficas, melhorando a inteligibilidade da fala e a clareza da música. Fora dessa janela de integral primária, reflexões ainda podem contribuir para impressões subjetivas de presença, calor, espaço, etc. No entanto, as regras são um pouco diferentes para fala vs. música.

Reflexões individuais de banda larga que chegam a 95 ms ou mais podem destruir a inteligibilidade da fala e tornar a vida dos apresentadores e artistas difícil se chegarem ao palco. Nesse ponto você está entrando na extremidade alta da taxa silábica da fala humana rápida e as pessoas acham desorientador estar ouvindo a última sílaba ao falar ou cantar durante a tentativa de proferir a próxima. Isso foi realmente o problema a ser investigado na medição de IR mostrada na Figura 132: na página 171, onde um alto nível de reflexão chega a cerca de 160 ms, que é próximo da taxa média silábica para conversação normal.

Reflexões primárias de baixa ordem podem ser visíveis em gráficos no domínio do tempo como picos individuais, após a chegada do som direto. Chegadas tardias podem aparecer como pontos salientes no slope da reverberação. No Espectrógrafo, reflexões de banda larga de nível superior podem muitas vezes ser identificadas como faixas verticais distintas quando você rodar o controle do alcance dinâmico para cima e para baixo, especialmente a configuração Max. Elas tendem a ser mais problemáticas quando chegarem em tempos de delay mais longos e níveis relativamente elevados, em comparação com o nível do campo reverberante difuso.

Uma boa regra geral é que quanto mais atrasada a chegada, menor o nível que ela precisa ter a fim de ser vista como benéfica ou neutra. Outra é que os nossos limites de tolerância para sons refletidos e reverberação tendem a ser mais amplos para a música do que a fala. O Smaart é muito útil para

identificar reflexões problemáticas; no entanto seus ouvidos são provavelmente ainda a melhor ferramenta para avaliar a sua importância relativa ou gravidade.

# Tempo de Reverberação

Tempo de reverberação (geralmente referido como T60 ou RT60, ou um pouco menos frequentemente como T30, T20 ou simplesmente T) é o tempo necessário para a energia do som reverberante em um espaço diminuir em 60 dB de um nível de excitação. É considerado como uma métrica importante na acústica dos espaços de performance musical e também salas de aula, auditórios e cinemas, onde é usado como um indicador aproximado da inteligibilidade de fala.

## Integral de Tempo Reverso

Tempo de reverberação é calculado a partir da integral reversa de uma resposta ao impulso que foi filtrada em bandas de oitava. Convencionalmente, são avaliadas as bandas de 125 Hz a 4 kHz. Integral de tempo reverso também é chamada de integral de Schroeder, nomeada por seu criador Dr. Manfred Schroeder. É simples no conceito, mas pode ser um pouco complicada para se fazer corretamente.

Em teoria, inicia-se no final do registro de tempo e calcula-se o seu caminho de volta para o início, registrando cada amostra na IR durante a operação. Um problema comum, no entanto, é que a integral irá achatar quando o slope da reverberação atingir o ruído de fundo da IR. Isto pode levar a uma avaliação excessiva do tempo de reverberação, particularmente se a IR tiver alcance dinâmico limitado e/ou uma cauda longa de ruído.

A solução mais simples para este problema consiste em encontrar o ponto na IR em que slope se encontra com o ruído de fundo, por vezes referido como o "ponto de sela" e começar a integral ali, em vez de no final do arquivo. Porém, a localização do ponto de sela em uma IR é notoriamente difícil de calcular automaticamente. O Smaart 8 utiliza um algoritmo patenteado para estimativa de ponto sela da IR que provou ser bastante forte, mas não é completamente à prova de falhas. Portanto, ainda é uma boa ideia verificar cada banda para se certificar de que você concorda com as escolhas que o software faz – especialmente se houver quaisquer grandes anomalias na cauda da IR, tais como um pico proeminente ou produtos de distorção acumulados no fim do registo de um sinal de varredura.

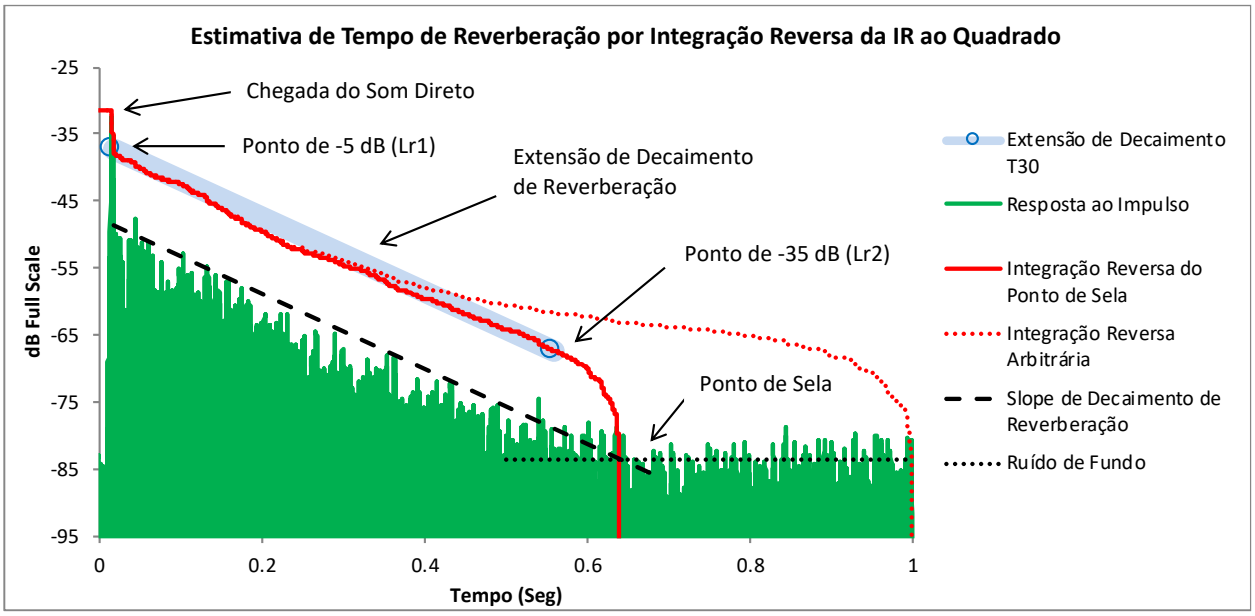



*Figura 123: Tempo de reverberação estimado por integral reversa de uma resposta ao impulso. Integral reversa da IR a partir do "ponto de sela" – o ponto aproximado onde o slope da reverberação se encontra com o ruído de fundo da medição – fornece uma boa estimativa do tempo de decaimento da reverberação. Iniciar a integral reversa a partir de um ponto arbitrário, como o fim do arquivo, pode resultar em avaliação excessiva do tempo de decaimento.*

## Intervalos de Avaliação (EDT, T20, T30)

Porque é raramente possível medir realmente um total de 60 dB de decaimento reverberante em sistemas acústicos, a reverberação é tipicamente avaliada por uma faixa menor. Este marcador está posicionado sobre a curva integral reversa no ponto correspondente ao tempo de chegada do som direto. O ponto final da extensão é 30 dB abaixo da curva a partir do ponto de partida, desde que seja pelo menos 10 dB acima do ruído de fundo – se não, pode ser usada uma faixa de 20 dB. Em ambos os casos, o tempo de decaimento medido é extrapolado para o tempo de decaimento de 60 dB equivalente. Em jargão ISO 3382, estes são referidos como T20 ou T30. Tempo de decaimento primário (EDT) é convencionalmente medido a partir da chegada de som direto para 10 dB a menos na curva da integral. Como o tempo de reverberação, EDT também é normalizado para tempo de decaimento de 60 dB.

Observe os cinco ícones marcadores de nível mostrados no gráfico na Figura 124:. Se você estiver se perguntando sobre as legendas, o decodificador e as posições padrão para cada um dos marcadores estão a seguir.

- *Ld* = Nível Direto. Este marcador está posicionado sobre a curva integral reversa no ponto correspondente ao tempo de chegada do som direto.
- *Le* = Nível Primário (de Decaimento). Este marcador é automaticamente posicionado 10 dB abaixo do marcador Ld na curva integral reversa. O slope entre *Ld* e *Le* é usado para calcular EDT.
- *Lr1* = Nível Reverberante 1. Este marcador designa a parte superior da faixa de decaimento de reverberação 5 dB abaixo da curva integral do marcador *Ld*. Todos os marcadores de nível são

ajustáveis pelo usuário, mas o posicionamento destes três é bastante preciso. Você *dificilmente* deve encontrar qualquer necessidade de ajustá-los.

- *Lr2* = Nível Reverberante 2. Este marcador designa o ponto final para o slope de decaimento de reverberação. Se houver extensão dinâmica suficiente deve ser colocado a 30 dB abaixo da curva integral inversa da *Lr1*. Se não, 20 dB será suficiente. *LR2* é um dos dois marcadores que você pode querer às vezes ajustar à mão; o outro é *Ln* (abaixo).
- *Ln* = Nível de Ruído. Isto é tipicamente o mais subjetivo dos cinco marcadores em termos de posicionamento. A localização do tempo determina o ponto de início para a curva da integral de tempo reverso, o qual é a base para o posicionamento de todos os outros marcadores. Idealmente, isso vai corresponder aproximadamente ao ponto de sela na resposta ao impulso. As coordenadas de magnitude serão utilizadas para estimar o nível do ruído de fundo da medição e o marcador *Lr2* precisa estar pelo menos 10 dB acima disso. O Smaart posiciona muito bem o marcador *Ln* na maior parte do tempo. No entanto, o toque humano ainda pode ajudar em alguns casos – particularmente se a extensão dinâmica da medição é marginal ou se existem artefatos de distorção significativos a partir de uma medição com varredura senoidal ou quaisquer outras anomalias proeminentes na cauda de ruído da IR sendo analisada.

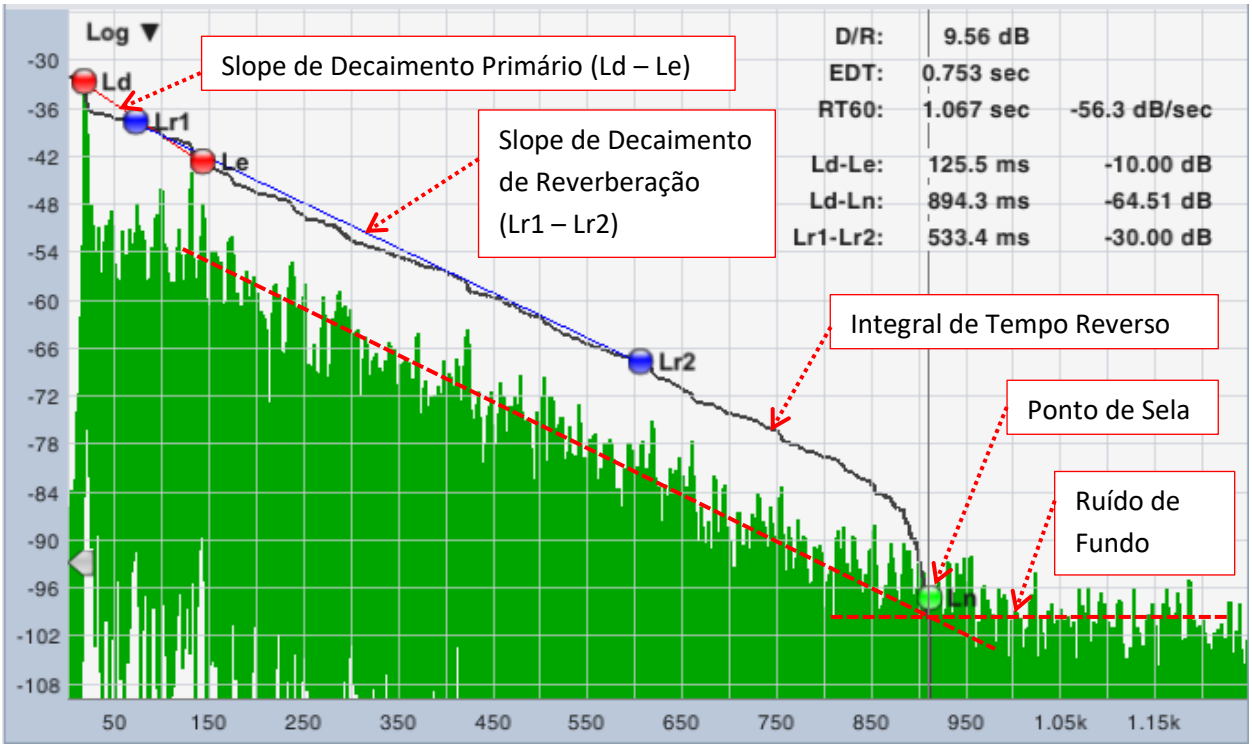



*Figura 124: Um display Log IR com tudo e mais um pouco. A resposta ao impulso mostrada aqui é a banda de oitava de 500 Hz de theater.wav. Clicar nos botões Schroeder e RT60 mostra a curva da integral de tempo reverso e os pontos inicial e final para intervalos de avaliação de EDT e RT60 em gráficos Log ou ETC. As posições de todos os marcadores de nível (Ld, Le, Lr1, Lr2 e Ln) são ajustáveis pelo usuário, no entanto, não deve exigir muito ajuste na maioria dos casos.*

Quando os marcadores de nível de tempo de reverberação estão visíveis, um bloco de estatísticas principais também aparece no canto superior direito do gráfico. Estes incluem os tempos de reverberação de 60 dB e de decaimento primário (RT60 e EDT) e as diferenças de tempo e nível entre três pares de marcadores. A diferença de nível *Ld-Le* sempre deve ser de 10 dB. *Lr1-Lr2* deve ser 20 ou 30 dB – este número é conveniente para verificar o seu trabalho se você acabar ajustando *Lr2* à mão. O delta *Ld-Ln* é interessante também, porque lhe dá a extensão dinâmica da medição. D/R significa relação direta/reverberante. É uma razão entre energia primária-tardia, que recebe o seu tempo dividido a partir das coordenadas de tempo do marcador *Le*.

### *Salvar o trabalho*

Se você acabar ajustando qualquer um dos marcadores de nível à mão, você pode salvar suas posições em um arquivo de texto de valores separados por vírgula (.csv), selecionando *Save Decay Markers* no menu *File*. Para recarregá-las novamente mais tarde, primeiro carregue o arquivo .wav ou .aiff contendo a resposta ao impulso, em seguida, selecione *Load Decay Markers* no menu *File* para abrir o arquivo de posição do marcador.

## Relatório de Resultados de Tempo de Reverberação

Tempo de reverberação, idealmente, deve ser medido de vários locais em toda a sala e calculada a média dos resultados de cada posição de medição juntas, banda de oitava por banda de oitava para obter um tempo médio de decaimento para cada oitava. O Smaart não faz essa parte para você, mas a tabela *All Bands* faz com que seja fácil obter os dados de cada medição em uma planilha.

### *Faixas de Frequência*

A faixa de avaliação padrão para o tempo de reverberação são as seis bandas de uma oitava entre 125 Hz e 4 kHz. Tempos de média para cada banda de oitava podem ser apresentados em uma tabela ou em um gráfico. Ao apresentar tempos de reverberação em um gráfico, o eixo do gráfico de frequência deve ser classificado com o padrão IEC de frequências centrais de banda de oitava nominal. O eixo *y* do gráfico deve ter uma origem em 0 e ser classificado em segundos. Deve-se observar tanto na tabela e no gráfico se T20 ou T30 foi utilizado. ISO 3382-1 especifica que se um gráfico for apresentado deve ser um gráfico de linhas com uma proporção de exibição padronizada de 2,5 cm por segundo e 1,5 cm por oitava. ISO 3382-2 não é tão exigente. Diz apenas "um gráfico”.

Tempos de reverberação para as bandas de 125 e 250 Hz podem ter a média calculada em conjunto para obter um valor de $T_{Low}$. A média da banda de 500 Hz e 1 kHz é chamada $T_{Mid}$. Quando um único número é dado para o tempo de reverberação, presume-se ser $T_{Mid}$ salvo quando de outro modo indicado. O Smaart calcula esses valores para você automaticamente e os exibe na tabela *All Bands*.

Dividir $T_{Low}$ por $T_{Mid}$ lhe dá a razão de graves (*Bass Ratio*). Razão de graves quantifica o "calor" do som em um local e é um parâmetro particularmente importante para salas de concerto. A palavra "Grave", neste caso, refere-se aos registros vocal ou de instrumento grave e não deve ser confundido com o tipo de PA de frequências subgraves. Os valores aceitáveis dependem da expectativa. Uma Razão de Graves de 1,1-1,25 seria considerado bom para salas de concerto bastante reverberantes (RT 60 maior do que 1,8 segundos), mas a figura superior poderia ser aumentada para 1,45 por espaços menos reverberantes.

Em relação sobre o que procurar nos resultados de tempo de reverberação, tempos de reverberação preferidos variam de acordo com o tamanho das salas e a finalidade e o tipo de programa que está sendo apresentado. Em geral, buscam-se tempos de reverberação mais curtos para auditórios, salas de aula, teatros e cinemas – de preferência de cerca de 0,4-0,5 segundos para salas menores, até 0,8 a 1,2 segundos para salas maiores. Casas de ópera e espaços de performance variada, onde tanto a inteligibilidade da fala e apreciação musical são igualmente importantes, normalmente buscam a extremidade inferior de 1,2 a segunda extensão de 1,8. Espaços destinados às performances sinfônicas e música de órgão podem variar entre cerca de 1,8 segundos até três segundos ou mais em grandes salões.

Tempos de reverberação que são aproximadamente iguais em todas as frequências são geralmente preferíveis para a maioria dos propósitos. As exceções são corais, órgão e música clássica romântica, onde uma curva de tempo de reverberação com mais ponderação nas frequências mais baixas pode ser preferida. É bastante normal que frequências mais altas decaiam mais rápido do que baixas, mas não é bom ver tempos totalmente diferentes em oitavas vizinhas. Em geral, porém, tratamentos acústicos e/ou alterações físicas do sistema de som são normalmente necessários para tratar eficazmente qualquer problema que se possa encontrar.

# Razões entre Energia Primária-Tardia

Razões entre energia primária-tardia são uma outra maneira de caracterizar objetivamente as características reverberantes de uma sala. Elas são, sem dúvida, uma medição melhor do que tempo de reverberação para qualquer local onde um sistema de som é uma parte orgânica da equação acústica. Elas são simples de calcular automaticamente e não estão sujeitas aos tipos de complicações que podem fazer a medição dos tempos de reverberação um pouco subjetiva, mas elas são uma inovação mais recente e podem ser menos amplamente compreendidas que RT60.

## Razões de Clareza (C35, C50, C80 ...)

Índices de clareza são razões entre energia primária-tardia que comparam a energia integral a chegar dentro dos primeiros n milissegundos da chegada de som direto (incluso) com a energia do resto do período de decaimento da reverberação. Os dois mais utilizados são C50 e C80, que usam 50 ou 80 milissegundos, respectivamente, como suas parciais. O resultado da comparação é expresso como uma razão de decibéis.

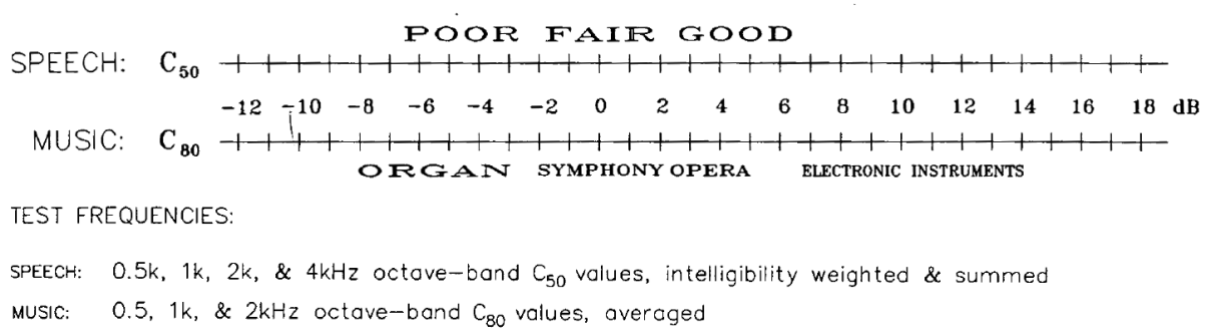



*Figura 125: Uma escala para interpretação de resultados de medição C50 e C80 de voz e música*

Parciais de divisão mais curta, como 35 ou 50 ms são consideradas melhores indicadoras de inteligibilidade da fala. C80 é mais útil para a música. Em termos de quais os tipos de números procurar, Gerald Marshall proporcionou a tabela apresentada na Figura 125: no artigo do jornal da AES de 1996 intitulado *Um procedimento de análise para acústica e sistemas de amplificação de som baseado na razão entre energia primária-tardia do som*.

No lado da inteligibilidade de fala do gráfico, Marshall usou uma média ponderada das oitavas de 500 Hz a 4 kHz, com os seguintes valores atribuídos a cada banda:  15% para 500 Hz, de 25% para 1 kHz, 35% para 2 kHz e de 25% para 4 kHz. Outros usaram as tabelas de ponderação do Índice de Articulação, STI e outras escalas de sua própria concepção, com resultados semelhantes. Para música, ele usou uma média simples das bandas de oitava de 500 Hz, 1 kHz e 2 kHz. Não sabemos de nenhum padrão aplicável para esta métrica e tem sido dito que estender a faixa de frequência Marshall usada em uma oitava acima para a fala e duas oitavas acima para música pode ser útil, mas esperamos que este exemplo forneça um ponto de partida útil para a avaliação.

## O Display Histograma

Selecionar *Histogram* como o tipo de display para um gráfico de IR traça um gráfico de todos os tempos de reverberação ou razões entre energia primária-tardia em bandas de oitava ou 1/3 de oitava. O tipo de dados que o histograma exibe e a resolução são selecionados pelo controle de lista no canto superior direito do gráfico. Você pode alterar o histograma para um gráfico de linhas, abrindo a página de opções de resposta ao impulso (menu *Options* > *Impulse Response*) e selecionar *Plot as Line* abaixo de *Histogram Settings*.

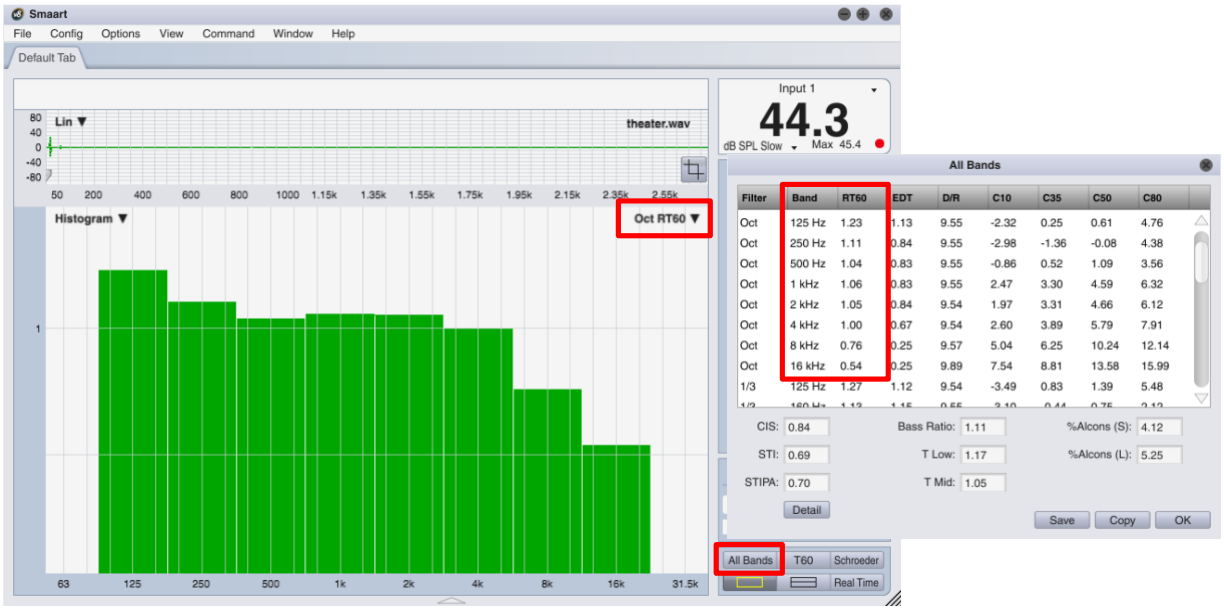



*Figura 126: O gráfico Histograma e tabela All Bands. A tabela All Bands no Smaart armazena tempos de reverberação e razões entre energia primária-tardia para todas as bandas de oitavas e 1/3 de oitava em uma única tabela. Métrica de inteligibilidade de fala (STI e ALCons) também são exibidas aqui. O gráfico do Histograma pode exibir qualquer coluna da Tabela All Bands como um gráfico de barras ou linha em resolução de oitavas ou 1/3 oitavas.*

## Tabela All Bands

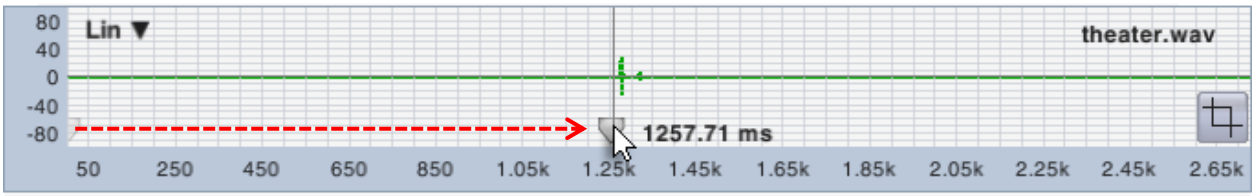
Clicar no botão *All Bands* no modo *Impulse* abre uma janela informativa contendo praticamente todas as grandezas acústicas que o Smaart pode calcular automaticamente a partir de uma IR, para cada banda de oitava e banda de 1/3 de oitava, quando aplicável (ver Figura 126:). Métricas de inteligibilidade de fala (STI e ALCons) são exibidas aqui, juntamente com *Bass Ratio*, *T Mid* e *T Low*, que são calculados a partir dos tempos de reverberação para as bandas de oitava de 125 Hz a 1 kHz.

Clicar no botão *Copy* nesta janela copia a tabela inteira para a área de transferência do sistema operacional no formato ASCII separado por tabulação, adequado para colar em uma planilha ou qualquer outro programa que aceite texto ASCII. Você também pode salvá-la em um arquivo de texto, clicando no botão *Save*.

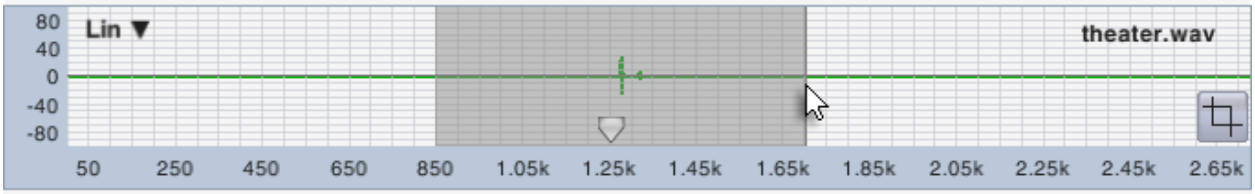
## Análise no Domínio da Frequência

Selecionar *Frequency* como o tipo de gráfico da área principal transforma automaticamente a IR no domínio da frequência para mostrar-lhe o seu espectro. O gráfico *Frequency* tem frequência em Hertz no eixo *x* (horizontal) e magnitude em decibéis no eixo *y* (vertical). O controle de suavização (*Smoothing*) no canto superior esquerdo do gráfico de frequências funciona exatamente da mesma maneira como a suavização no display de função de transferência em tempo real.

**Passo 1: Clique e arraste o marcador deslizante de tempo 0 para a direita.**




**Passo 2: Clique com o direito (Ctrl+clique no Mac) e arraste no painel de navegação para selecionar um intervalo de tempo desejado.**




**Resultado: O espectro de um intervalo de tempo selecionado é exibido no gráfico de Frequência.**

*Figura 127: Movendo o ponto 0 do tempo e selecionando um intervalo de tempo para exibição. O intervalo de tempo selecionado no painel de navegação aplica-se ao gráfico de frequências, bem como os gráficos no domínio do tempo (Lin, Log ou ETC). Observe que o Smaart utiliza uma janela de dados afunilada ao transformar qualquer subconjunto do intervalo de tempo da IR completa. Nós desenhamos o contorno de uma janela de Hann em vermelho no painel de navegação da parte do "resultado" na ilustração acima para ajudar a visualizar isso.*

O Smaart pode calcular DFTs de tamanho arbitrário no modo IR para dar-lhe o espectro de praticamente qualquer subconjunto do registro do tempo IR que se queira ampliar. Displays em domínio de tempo e frequência estão conectados de modo que o zoom em um gráfico no domínio do tempo (*Lin*, *Log* ou *ETC*) muda o display de frequência para corresponderem-se. Quando todo o registro de tempo é selecionado, supõe-se que você está analisando uma IR de FFT dupla medida no Smaart e assim nenhuma janela de dados é usada para calcular o espectro nesse caso.

O Smaart utiliza automaticamente uma janela de dados afunilada ao transformar qualquer subconjunto do registro de tempo, por isso, se você estiver analisando um arquivo de IR de alguma outra fonte ou um arquivo que foi editado para menos do que seu comprimento original, você poderá ver resultados

melhores se ampliar ligeiramente no domínio do tempo. Janelas de dados afuniladas atenuam significativamente os dados nas bordas de um intervalo de tempo selecionado – muitos vão até 0 – por isso, posicione quaisquer picos que você deseja examinar perto do centro de um intervalo selecionado. O marcador de tempo 0, no painel de navegação pode ser usado para mover picos mais próximos ao centro da janela de tempo, se estiverem muito perto da borda, para centralizarem-se na seleção. Clicar na margem direita da navegação limpa o zoom do tempo.

Se você ampliar a IR e selecionar um intervalo de tempo muito estreito, centralizado na chegada do som direto é possível ver a resposta de magnitude do alto-falante sem filtro pente causado por reflexões iniciais, pelo menos em altas frequências. Na prática, a utilidade desta estratégia pode ser limitada à distância entre o alto-falante e o microfone das superfícies reflexivas mais próximas. A resposta de frequência de uma DFT é limitada pela constante temporal, então você pode descobrir que quando diminuir a janela de tempo o suficiente para se livrar das reflexões de primeira ordem, você não pode realmente ver muitos detalhes no domínio da frequência. Mas é algo que as pessoas costumavam fazer com frequência antigamente antes dos dados de resposta anecoica medidos em laboratório da maioria dos alto-falantes profissionais tornarem-se mais acessíveis. 98

## O Espectrógrafo

O display do Espectrógrafo no modo de resposta ao impulso é essencialmente o mesmo display do Espectrógrafo em tempo real. Se você compreende um, então você compreende o outro – e se você não entende nenhum você pode rever *Noções Básicas sobre o Espectrógrafo* na página 98. A principal diferença entre os dois é que o espectrógrafo em modo IR está angulado em 90° em relação à versão em tempo real, para posicionar o tempo no eixo *x* no lugar da frequência. No modo de tempo real do Smaart associamos o espectrógrafo com outros gráficos no domínio da frequência, mas no modo IR queremos, na maioria das vezes, observá-lo no contexto de outros gráficos no domínio do tempo. A outra diferença principal é que o número de “fatias” no espectrógrafo em modo IR é determinado pelo tamanho da FFT e parâmetros selecionados que se sobrepõem.

Para abrir o espectrógrafo no modo IR, clique no seletor de gráfico no canto superior esquerdo de um painel na área principal do gráfico e selecione *Spectrograph*. Inicialmente, aparecerá um gráfico em branco até que você clique no botão *Calc* (Calcular) no canto superior direito do painel gráfico. O espectrógrafo pode consumir muito recurso gráfico quando se redesenha e por isso tentamos desenha-lo somente quando necessário. Alterar a seleção de intervalo de tempo no painel de navegação não afeta o espectrógrafo como fazem os outros gráficos em domínio de tempo (*Lin*, *Log* e *ETC*) e gráficos de frequência em modo IR, mas mover o tempo 0, editar o registro de tempo ou filtrar a IR irá limpar o espectrógrafo e será necessário clicar no botão *Calc* novamente. Você pode redimensionar o espectrógrafo e mover a sua extensão usando as teclas de [+], [-] e setas ou clicar e arrastar com o botão direito do mouse sobre o gráfico para aumentar o zoom em um intervalo selecionado como em qualquer outro gráfico no Smaart. Além disso, como acontece com outros tipos de gráfico no Smaart, clicando na margem esquerda do gráfico depois de ampliar irá limpar o zoom e retornar o gráfico para sua extensão x/y anterior.

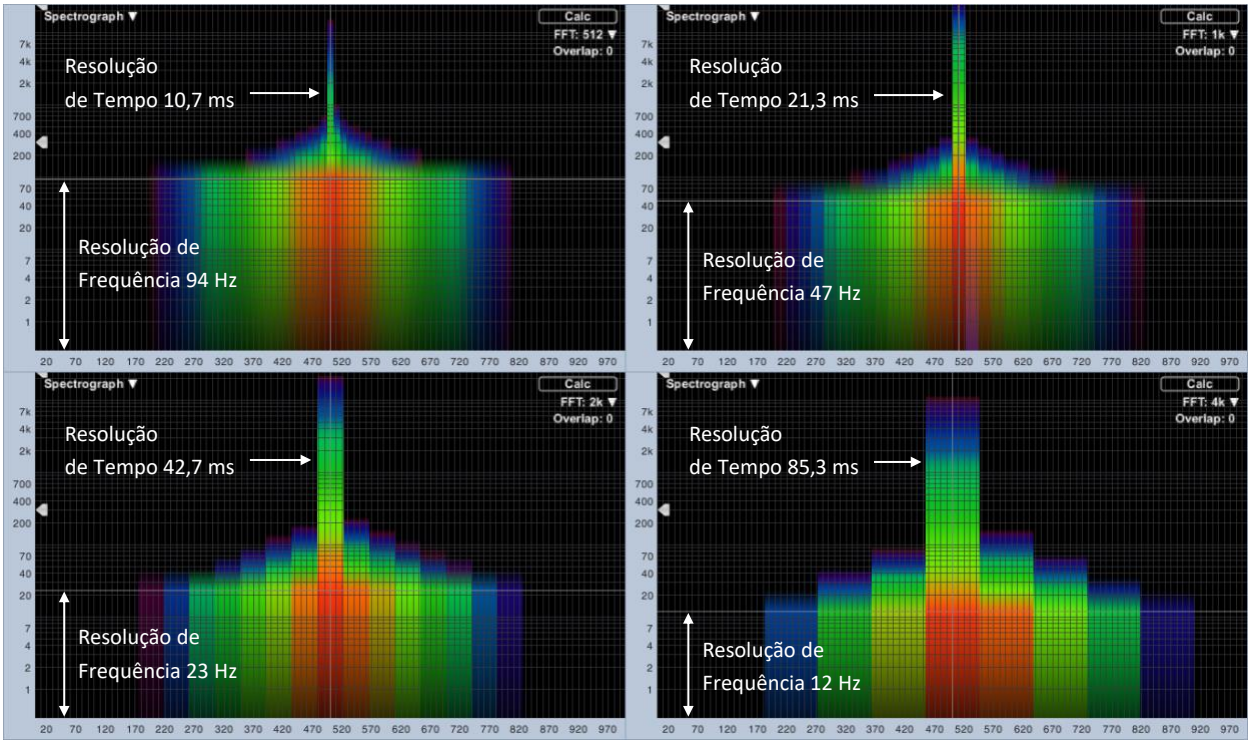
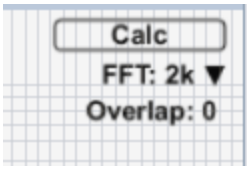



*Figura 128: Resolução de frequência e tempo do espectrógrafo como uma função do tamanho da FFT. Tamanhos de FFT que variam de 512 amostras a 4K comparados, usando 0% de sobreposição. À medida que o tamanho da FFT aumenta, a resolução de frequência melhora, mas o pico da IR é espalhado ao longo de um intervalo de tempo maior. O eixo x do gráfico é o tempo, com frequência no eixo y.*

## Resolução de Tempo e Frequência do Espectrógrafo




Em *Noções Básicas sobre o Espectrógrafo* no capítulo 5 (página 100), utilizou-se um analisador de banda de oitava como exemplo por uma questão de simplicidade. O espectrógrafo em modo IR é de banda estreita, mas o conceito é o mesmo. Cada linha vertical no espectrógrafo em modo IR representa uma FFT, ou seja, o tamanho da FFT determina a resolução de tempo e frequência do display. FFTs maiores fornecem mais detalhes no eixo da frequência, mas pode mascarar transientes no eixo do tempo, por isso é um contraponto a esse respeito. Os controles *FFT* e *Overlap* (sobreposição) que aparecem abaixo do botão *Calc* determinam a resolução de tempo e frequência do display do Espectrógrafo.

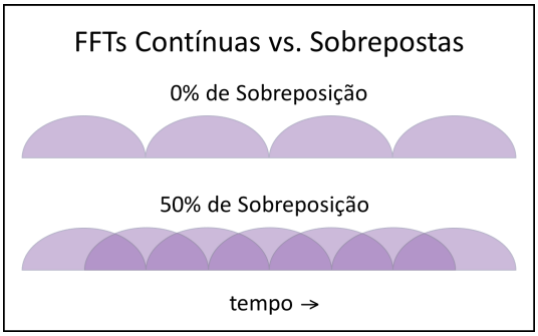



*Figura 129: Sobreposição de FFT. Quando definida em 0% cada FFT é calculada de um único dado. Em 50% de sobreposição, as áreas mais escuras são compartilhadas por FFTs sucessivas. Nossas "FFTs" são ilustradas como meio círculos para indicar uma janela afunilada de dados de FFT.*

A Figura 128: ilustra como essa relação funciona. Ela foi criada usando o arquivo 6dbOctImpulse.wav; a resposta ao impulso de um filtro passa-baixa de fase linear com atenuação de 6 dB por oitava. A parte mais nítida do pico na resposta ao impulso, onde a maioria da energia das altas frequências está, tem provavelmente não mais do que alguns milissegundos de largura, mas observe como sua energia se espalha por toda a constante temporal da

FFT em todos os casos. Em 512 pontos, a resolução de tempo (a constante de tempo da FFT) é de respeitáveis 10,7 milissegundos, mas as faixas de frequência da FFT estão separadas em quase 100 Hz. Aumentar o tamanho da FFT para 4K pontos proporciona 12 Hz de resolução de frequência, mas espalha o pico na IR ao longo de um intervalo de tempo de 85 ms.

O outro fator que afeta a resolução de tempo do espectrógrafo é a porcentagem de sobreposição que você especificar no canto superior direito do gráfico. Quando *Overlap* for configurado em zero como na Figura 128:, cada "fatia" sucessiva da FFT do espectrógrafo é calculada dos dados únicos no domínio do tempo, cada quadro começando onde o último terminou. Quando *Overlap* for configurado em qualquer valor diferente de zero, cada quadro FFT sucessivo compartilha alguma porcentagem de seus dados em comum com o(s) quadro(s) anterior(es). A constante de tempo da FFT ainda é a constante de tempo da FFT, porém mais sobreposição pode às vezes, aludir a, se não for exatamente restaurar algum detalhe em falta no eixo do tempo, conforme o tamanho da FFT é aumentado, além de produzir uma combinação mais suave entre as "fatias" (ver Figura 129:).

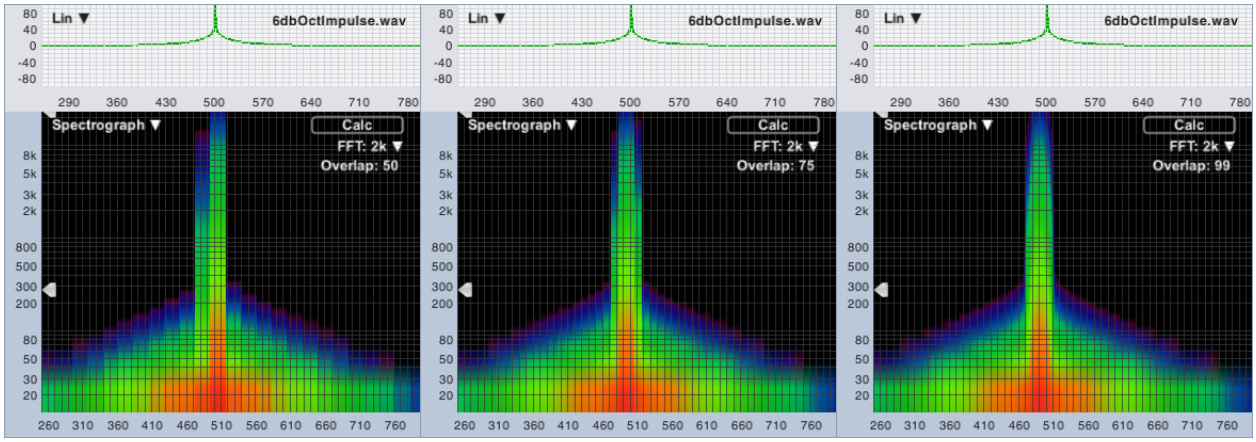



*Figura 130: O exemplo de FFT de 2K da Figura 128:, mostrado com 50%, 75% e 99% de sobreposição(da esquerda para a direita)*

## Extensão Dinâmica do Espectrógrafo

A extensão dinâmica do espectrógrafo é controlada por dois ícones em forma de triângulo que aparecem à esquerda superior do gráfico do Espectrógrafo. Esses controles são repetidos nos displays *Log IR* e *ETC* onde eles se relacionam diretamente com os níveis de decibéis no gráfico. O mais acima dos dois ícones determina threshold máximo (Max); o mais abaixo determina o mínimo (Min). O espectrógrafo escala seu espectro de cores entre esses dois extremos. Qualquer faixa de FFT cuja magnitude exceder o máximo especificado é mapeada na cor branca. Valores abaixo do mínimo são mapeados em preto.

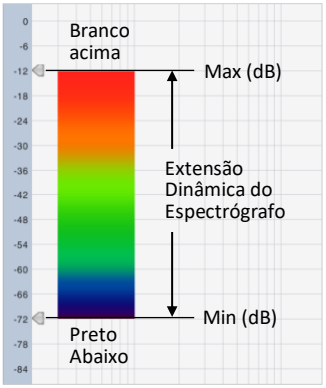



*Figura 131: Extensão dinâmica do Espectrógrafo e mapeamento de cores*

## Análise Espectrográfica de uma Resposta ao Impulso

Usuários do Smaart de longa data podem reconhecer a resposta ao impulso mostrada na Figura 132:. Ela foi feita usando o arquivo *room.wav*

que foi distribuído com as primeiras versões do Smaart. Um espectrográfico deste arquivo apareceu pela primeira vez no manual do usuário 1.0 Smaart e tem aparecido em inúmeros lugares desde então. A medição foi registrada no palco de um espaço de apresentações de 6000 lugares usando um cluster de PA suspenso como a fonte de excitação. Possui uma fase de acúmulo de reverberação muito proeminente e energia tardia refletida problemática que chega a cerca de 160 ms depois do som direto.

Este é um bom arquivo para experimentar para ver como alterar o tamanho da FFT, Sobreposição e faixa dinâmica podem revelar diferentes aspectos da IR. Você pode ver que nós definimos o tipo de gráfico painel de navegação para ETC e movemos o Tempo 0 para cerca de 100 ms. O tamanho da FFT é de 2K, sobreposição é de 95% e faixa dinâmica é -20 para -60 dB.

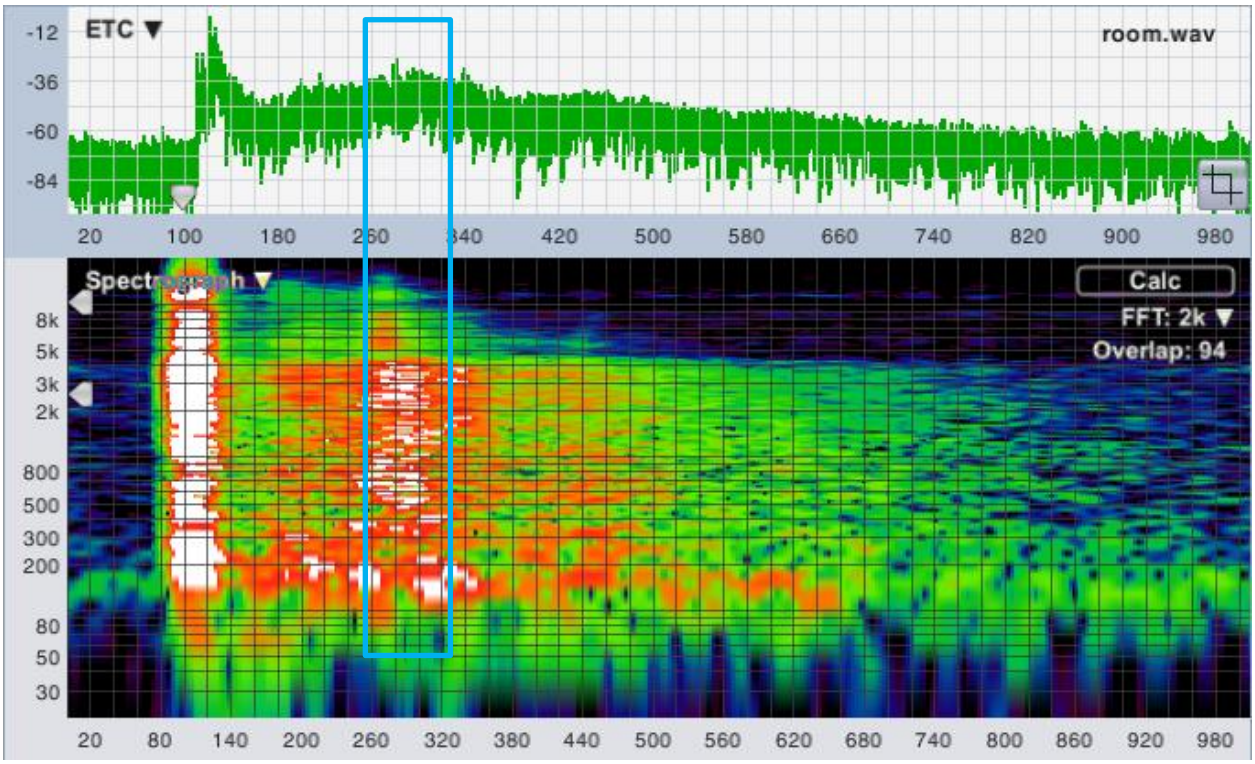



*Figura 132: ETC de banda larga e Espectrográfico de uma resposta ao impulso de uma sala que mostra uma reflexão problemática de uma parede traseira. O espectrógrafo pode ser extremamente útil para examinar tanto o conteúdo de nível e de frequência de características da IR como acúmulo de reverberação e reflexões discretas.*

# Métricas de Inteligibilidade de Fala

Discutimos a aplicabilidade das razões entre energia primária-tardia como bons indicadores de inteligibilidade da fala subjetiva e RT60 como um indicador um pouco mais aproximado. Existem também algumas métricas criadas especificamente para a previsão de inteligibilidade da fala. Duas destas, ALCons e STI, podem ser calculadas a partir da resposta ao impulso de um sistema acústico.

## STI e STIPA

O Índice de Transmissão de Fala (em inglês, *Speech Transmission Index*, ou STI) surgiu mais ou menos na última década como uma métrica acessível à estimativa objetiva da inteligibilidade de fala em acústica. STI é relativo ao Índice de Articulação (em inglês *Articulation Index*, ou AI), que se baseia em razões

entre fala e ruído através de uma ampla faixa de frequências. Mas ao contrário de AI (e seu sucessor, SII), STI funciona bem para ambientes reverberantes, além de sistemas de comunicação.

Ao invés de estimar a inteligibilidade baseado em relações direta-reverberante ou sinal-ruído, STI começa com o conceito da fala como uma frequência portadora (o som de nossas cordas vocais) que é modulada por flutuações de muito baixa frequência conforme a boca e a língua do palestrante se movem e mudam de forma para formar palavras). Observando a Figura 133:, um segmento da fala humana real, não é difícil ver como alguém pode chegar a essa conclusão.

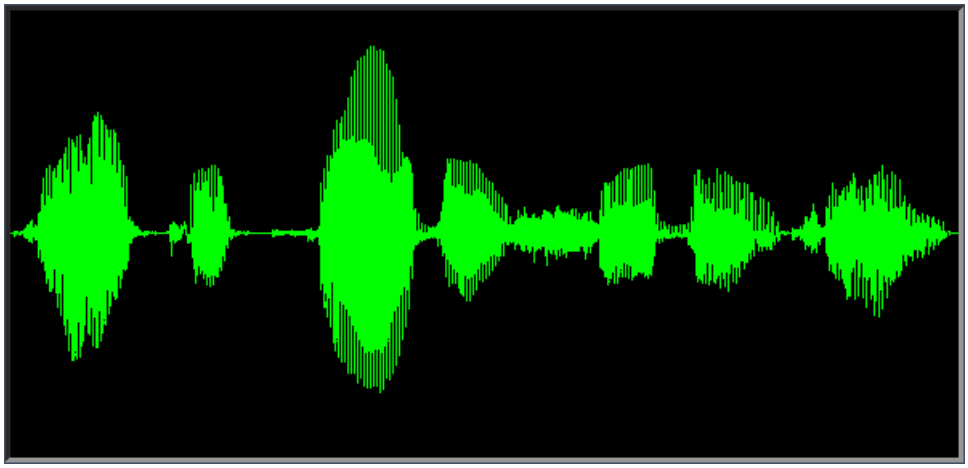


*Figura 133: Gravação de uma voz masculina dizendo, "Joe took father's bench out"*

A ideia básica é que a maioria das informações na fala é realizada nestas modulações de baixa frequência e qualquer coisa que reduza a profundidade das modulações deve afetar negativamente a inteligibilidade da fala. A verdadeira vantagem dessa abordagem é que o STI acaba sendo sensível a praticamente qualquer fator que faça degradar a inteligibilidade da fala de um sistema de som e/ou sala, incluindo o ruído, a reverberação excessiva, distorção e ecos audíveis.

A base para o STI é a função de modulação de transferência (MTF) que quantifica a profundidade da modulação no sinal recebido em relação ao sinal transmitido em frequências especificadas. A função de modulação de transferência pode ser medida diretamente usando sinais de teste especializados tipo "fala" ou calculada indiretamente da resposta ao impulso ou ETC de um sistema sob teste. Em ambos os casos, ela é medida ao longo de um intervalo de sete oitavas, de 125 Hz a 8 kHz, em catorze frequências de modulação por banda. As frequências de modulação variam de 0,63 Hz a 12,5 Hz em intervalos de 1/3 de oitava.

A norma IEC atual sobre STI (60268-16, Edição 4.0 2011-06) diz que ao medir STI indiretamente de uma resposta ao impulso, *"A duração da resposta ao impulso não deve ser inferior à metade do tempo de reverberação e pelo menos 1,6 seg para assegurar um cálculo confiável dos índices de modulação para a modulação de frequência mais baixa de 0,63 Hz".* No entanto, para nós, este parece ignorar o fato de que as faixas de frequência em uma DFT são linearmente espaçadas, ou seja, duas faixas menores estão sempre afastadas uma oitava, enquanto as frequências de modulação para STI estão em intervalos de 1/3 de oitava. Se a janela de tempo da DFT é de 1,6 segundos, então as duas menores faixas estão em

0,63 e 1,25 Hz, enquanto que as três primeiras frequências de modulação STI estão em 0,63, 0,8 e 1,0 Hz.

Isto quer dizer que atingir todas as frequências mais baixas da modulação STI exigiria uma janela de medição muito maior que 1,6 segundos. Experimentamos e descobrimos que uma constante de tempo de medição de 5 segundos produz dados muito próximos de todas as frequências de modulação STI. Essa é a razão para o tamanho de DFT de 5000 ms para medições de IR. (O tamanho exato da DFT em amostras depende da taxa de amostragem selecionada, por exemplo, para taxa de amostragem de 48k, 5000 ms vai até 240.000 amostras).

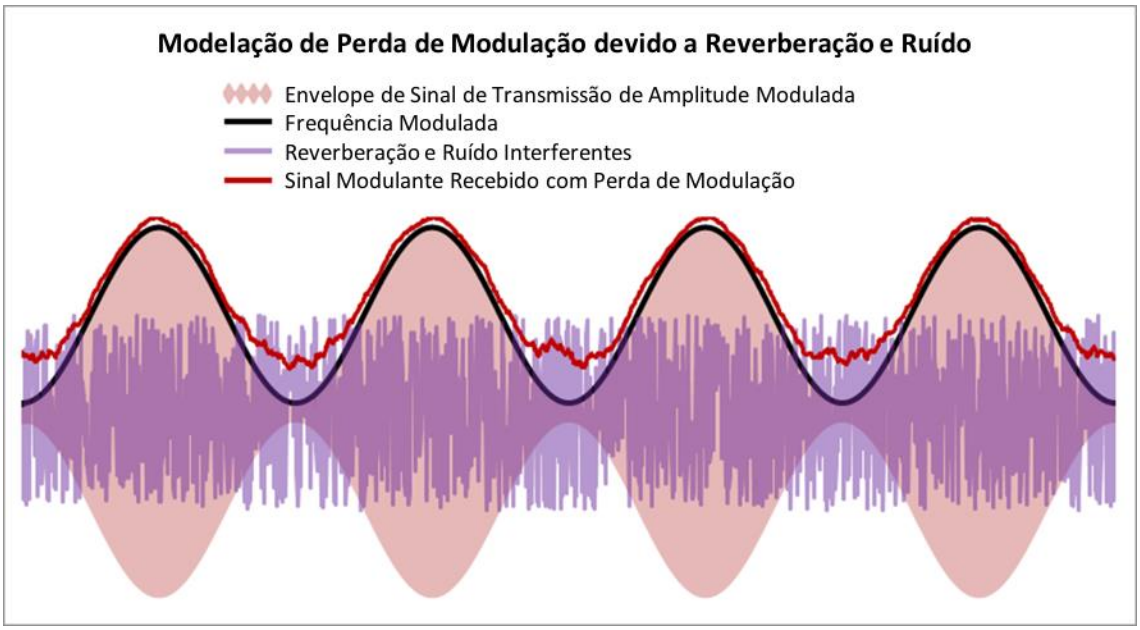



*Figura 134: STI estima a inteligibilidade da fala através de um canal de transmissão como uma função da perda de modulação. A linha preta na figura acima é o sinal de modulação de um sinal transmitido. A linha vermelha é o sinal de modulação da transmissão recebida. A diferença entre os dois (a função de modulação de transferência ou MTF), quantifica a perda de modulação devido a fatores tais como reverberação e ruído.*

IEC 60268-16 qualifica técnicas de medição STI baseados em IR para medições "sem ruído", onde uma proporção mínima de sinal-ruído de 20 dB em todas as sete bandas de oitava é alcançável. A norma qualifica especificamente os sinais de teste MLS e varredura para serem usados como técnicas de medição indiretas, mas também afirma que, "Teoricamente, outros sinais de pseudoruído matematicamente deterministas (fase aleatória) poderiam ser empregados." Ruídos pseudoaleatórios de período casado no Smaart se encaixam nessa descrição e funcionam bem para STI.

Há algumas vantagens possíveis para a utilização de ruído periódico casado ao invés de sinal de varredura. Uma é que é importante a realização de medições STI em níveis sonoros que reflitam o uso real do sistema sob teste e o nível absoluto de sinais de varredura que iniciam e param podem ser ambíguos. Outra é a questão de produtos de distorção potencialmente acumulando-se no final do registro de tempo de medições de IR com base em FFT feitas com sinais de varredura logarítmicos. Estes

precisam ser tratados de alguma forma, sejam cortados ou removidos da janela, para não corromper a medição. Isso não é um problema com ruído periódico casado embora você ainda precise tomar cuidado para não sobrecarregar o SUT.

Advertências gerais para usar o STI são de que ele é sensível a forte flutuação dos níveis de ruído de fundo, que pode levar a superestimação dos sistemas de baixa inteligibilidade ou subestimação dos valores na parte alta. Quando se mede na presença de ruído de fundo flutuante, pelo menos três medições devem ser tomadas e a média de seus resultados calculada para reduzir a incerteza da medição. Além disso, se a fonte da fala e alguma fonte proeminente de ruído ambiente interferindo estiverem amplamente separadas, o STI pode subestimar a inteligibilidade – a audição humana pode ser mais esperta que as máquinas neste caso. O STI também é sensível a saturação (clipping) ou compressão de amplitude no canal de transmissão, mas no nosso caso, esses também violariam a regra de sistema linear invariante no tempo para as medições da função de transferência. Portanto, não faça isso.

### *Thresholds Qualitativos para STI e STIPA*

Em se tratando de níveis específicos para buscar, qualquer valor de STI melhor do que 0,80 é considerado excelente. Valores de STI entre 0,61 e 0,80 são "Bons", 0,45-0,60 são "Razoáveis", 0,35-0,44 é "Ruim" e qualquer valor menor do que 0,35 é péssimo. Note que existem versões masculina e feminina de STI nas versões mais recentes do padrão. Sempre que um número STI é afirmado sem especificar se é para um homem ou uma mulher, presume-se que é para um homem.

### *STIPA*

Um dos problemas com medição direta de STI é que leva muito tempo para fazer a medição. As frequências de modulação são tão próximas que cada uma tinha que ser medida separadamente e há 98 frequências de modulação ao todo (14x7). A medição direta completa leva cerca de 15 minutos para ser feita como resultado. STI para os sistemas de endereçamento ao público (STIPA) foi desenvolvido para contornar este problema.

STIPA é essencialmente a mesma medição que STI, mas utiliza um subconjunto de suas frequências de modulação; dois por oitava, para um total de 14. STIPA é normalmente medido diretamente, usando um sinal de teste especial que estimula todas as 14 frequências ao mesmo tempo, de modo que a medição pode ser completada numa única passagem. Medições STIPA podem ser concluídas em poucos segundos e tem uma correlação muito boa com o mais rigoroso, completo STI. STIPA é atualmente validado apenas para a fala masculina.

No Smaart é claro, medimos STI indiretamente da resposta ao impulso e a medição STI completa não leva mais tempo do que uma medição direta típica de STIPA. O Smaart fornece números tanto para STI e STIPA, no entanto STIPA no nosso caso é mais apropriadamente denominado STIPA (IR), uma vez que se baseia em dados de IR, em vez de medir diretamente. Ele é fornecido para fins informativos, por exemplo, para facilitar a comparação com leituras de medidores STIPA de mão e é literalmente apenas um subconjunto da medição completa STI, calculado exatamente a partir dos mesmos dados de medição.

## ALCons

ALCons, às vezes chamado %ALCons porque é apresentado como um percentual, significa perda de Articulação das Consoantes (*Articulation Loss of Consonants*). Sons de consoantes são fundamentais para a inteligibilidade da fala, pois são de curta duração e tendem a se perder mais facilmente do que sons de vogais que são expressos por um longo período de tempo e têm mais energia no total. ALCons foi originalmente concebido como uma estimativa baseada na distância do ouvinte de uma fonte sonora, o volume da sala e o tempo de reverberação da sala. Isto é geralmente chamado de forma "arquitetônica" de ALCons, devido a sua dependência das dimensões da sala e distância. Formas anteriores de cálculo usando razão direta-reverberante no lugar de volume e distância fez a ALCons adequada para a medição direta de uma resposta ao impulso e continuou por uma variedade de plataformas de medição acústica incluindo o Smaart.

As formas anteriores usam uma razão entre energia primária-tardia com uma divisão de tempo relativamente curta – geralmente na faixa de 10-15 milissegundos – para estimar razão direta-reverberante. A primeira das duas formas diretamente medida mais comumente usada não levava o ruído de fundo em consideração, tornando-a adequada apenas para casos onde o ruído não era um fator significativo afetando a inteligibilidade de fala. Uma versão posterior que considera o ruído é informalmente chamada ALCons "forma longa", para diferencia-la do cálculo anterior "forma curta". As formas diretamente medidas de ALCons podem ser calculadas para qualquer faixa de frequência, mas ALCons é considerada como mais significativa na faixa de oitava centrada em 2 kHz, por ser onde a maioria da energia em sons consonantais é encontrado.

As vantagens de ALCons incluem o fato de que em sua forma "arquitetônica" original, fez a estimativa de inteligibilidade de fala possível para o projeto de um sistema de som ainda não instalado, nas salas ainda não construídas, sem o auxílio de programas de modelagem acústica ainda não disponíveis nos anos 1970 e 80. Na sua forma posterior, pode ser medida diretamente em instalações existentes com base em ETC ou dados IR produzidos por TDS e sistemas de medição MLS/FHT que foram predominantes antes do poder de processamento necessário para calcular FFTs grandes o suficiente para o trabalho de acústica de um ambiente se tornar abertamente acessível. As principais desvantagens de ALCons são sua dependência em presunções de que o campo sonoro se comporta bem estaticamente e sem ecos audíveis e também, no caso de sistemas eletroacústicos, que o sistema é livre de distorção audível que possa afetar a inteligibilidade.

### *Thresholds Qualitativos para ALCons*

ALCons está ao contrário em relação a outras métricas de inteligibilidade. Números menores significam melhores pontuações. Qualquer valor menor do que 5% é considerado excelente. Entre 5-10% é "Bom", de 10-15% é classificado como "Razoável" e menos do que 15% é problemático.

# Capítulo 10: Medição de uma Resposta ao Impulso Acústico

Você pode fazer uma medição de resposta ao impulso no Smaart clicando em um único botão. Se essa medição apresenta alguma informação útil ou não depende de decisões tomadas de antemão. O processo para a medição de uma resposta ao impulso acústico pode ser resumido da seguinte forma:

- Seleção da técnica de medição e tipo de estímulo.
- Seleção de fonte(s) de excitação(ões) e a(s) posição(ões).
- Seleção de posição(ões) de medição.
- Estimativa do tempo de reverberação e ruído ambiente.
- Seleção dos parâmetros de medição (tamanho/duração da medição, nível de excitação).
- Excitar o sistema e gravar os resultados.

## O que estamos medindo e por quê?

Antes de se preparar para fazer qualquer medição acústica, é sempre útil definir os seus objetivos claramente. É melhor prevenir que remediar. Obviamente queremos medir a resposta ao impulso acústico de um sistema sob teste (SUT) por algum motivo, mas o que exatamente é o sistema? É uma sala? É um sistema de som? É uma combinação do sistema de som e seu ambiente acústico? O que você quer saber sobre o sistema? Qual o equipamento e as medições que serão necessárias para se ter certeza de obter a informação que você precisa?

Se você quiser medir o tempo de reverberação de uma sala com um sistema de som instalado, você está mais interessado na sala ou no sistema? Considere que usar um alto-falante direcional para estimular o espaço pode afetar o tempo de reverberação em locais que estão no eixo do alto-falante. Considere também que, ao usar diferentes alto-falantes para medir de diferentes pontos da sala, quaisquer diferenças significativas entre os alto-falantes vão aparecer em seus resultados de medição. Se a sala é o seu objetivo, o caminho de menor resistência pode ser trazer um alto-falante omnidirecional projetado especificamente para medição acústica. Por outro lado, se o seu objetivo é medir o desempenho de um sistema de alto-falantes instalado em uma sala, você deve estar mais interessado em razões entre energia primária-tardia e métricas de inteligibilidade da fala do que com tempo de reverberação da sala, exclusiva do sistema de som.

## Medição Direta vs. Indireta de Resposta ao Impulso

Existem duas formas básicas para medir uma resposta ao impulso no Smaart; direta ou indireta. Ou pode-se dizer que existem três métodos possíveis, porque o método de medição IR indireta que o Smaart emprega pode ser usado como uma técnica de medição determinista ou não-determinista. Vamos começar com o mais simples e mais fácil de entender – medição tradicional direta de IR – e prosseguir a partir dela. Isto não deve ser interpretado como sendo de qualquer tipo de ordem de preferência. Na verdade, estamos começando com o que é normalmente o método menos preferido, mas todos eles têm suas vantagens.

## Medição de IR Direta Usando um Estímulo Impulsivo

A forma mais intuitiva para medir a resposta ao impulso de um sistema seria a utilização de um estímulo impulsivo de algum tipo e simplesmente gravar o que acontece. E, de fato, as pessoas têm feito exatamente isso por décadas. As vantagens são que você não precisa de um sistema de som ou até mesmo um sistema de medição para realizar a medição. Tudo o que você realmente precisa é de algum modo fazer um grande estrondo e grava-lo de alguma maneira. O principal problema com esta abordagem – além do fato dele não dizer nada sobre um sistema de som instalado (se aplicável) – é a escassez de fontes de estímulo impulsivos realmente boas.

Um estímulo impulsivo ideal seria uma explosão de energia instantânea e omnidirecionalmente perfeita, contendo proporções iguais de energia em todas as frequências audíveis. No domínio do tempo, iria se parecer como um único pico vertical, com largura de não mais do que uma amostra. No domínio da frequência, iria produzir um traço de magnitude e fase perfeitamente plano. Ao avaliar a resposta do seu sistema sob teste (SUT) a esse estímulo ideal, você poderia assumir, com confiança, que qualquer coisa que você viu na IR que não foi um pico instantâneo, ou qualquer coisa no domínio da frequência que não era uma linha reta, deve ser a resposta do seu sistema.

Se você carregou o arquivo 1samplePulse.wav para observar a resposta em frequência de filtros de banda do Smaart no capítulo anterior, você estava na verdade executando uma medição de IR direta nos filtros utilizando um impulso ideal. Infelizmente, sinais de estímulo como estes não existem no mundo físico. Quando precisamos medir a resposta ao impulso de um sistema acústico diretamente, nós acabamos usando fontes de estímulo que não são ideais. Pistolas de festim e estouro de balão são fontes comuns. Canhão de sinal, emissores de faísca, fogos de artifício e até mesmo soldadoras têm sido utilizados. O problema com tudo isso é que o seu conteúdo espectral não é uniforme, os envelopes não são instantâneos, eles não podem realmente ser tão omnidirecionais como se poderia imaginar e todos esses fatores irão variar até certo ponto, de uma medição a outra. Isto traz incerteza desde o início sobre qual parte da medição completa é estímulo e qual é resposta. Também limita a capacidade de repetição dos resultados dos testes. Por esta razão, sistemas como o Smaart que indiretamente inferem a resposta de um sistema de um impulso ideal tornaram-se as melhores opções hoje em dia.

## Medição de IR Indireta (Canal Duplo)

Medições de resposta ao impulso indiretas são feitas usando técnicas de medição de dois canais que matematicamente estimam a resposta de um SUT usando sinais de teste contínuos ou periódicos. Três dos quatro métodos de medição IR indiretas que podemos citar exigem sinais de teste especializados, tais como varreduras (Espectrometria de Tempo de Delay e Convolução Direta) ou ruído especializado (Transformada de Hadamard/MLS).

O método de função de transferência em canal duplo que o Smaart utiliza para medição de IR indireta também funciona melhor com sinais de teste de período casado, mas ao contrário dos outros três também pode produzir resultados muito aceitáveis usando sinais de teste aleatórios, desde que ambos os sinais de referência e de medição sejam capturados. Sistemas de medição com base em função de transferência de IR através do cálculo da função de transferência no domínio da frequência de um sistema sob teste (SUT) a partir das transformadas de Fourier de dois sinais – o sinal de entrada em um

sistema e a saída do sistema em resposta a esta entrada – e, em seguida, transformando o resultado de volta para o domínio do tempo utilizando uma transformada de Fourier inversa (IFT).

Você se lembra do impulso perfeito que lamentávamos não existir no mundo real para medições de IR diretas? Bem, é o que conseguimos se usarmos a IFT da função de transferência de dois sinais idênticos. Então, acontece que quando pegamos a função de transferência de um sinal de estímulo e a resposta do SUT a ele, teoricamente, deveríamos obter algo muito parecido com sua resposta a um impulso ideal. E, na verdade isso é o que acontece na prática, quando você usa um sinal de excitação periódico casado. Quando você usa essa mesma técnica com sinais efetivamente aleatórios você também terá um monte de ruído, mas repetir a medição várias vezes e calcular a média dos resultados geralmente cuida disso, e o Smaart torna isso fácil de fazer.

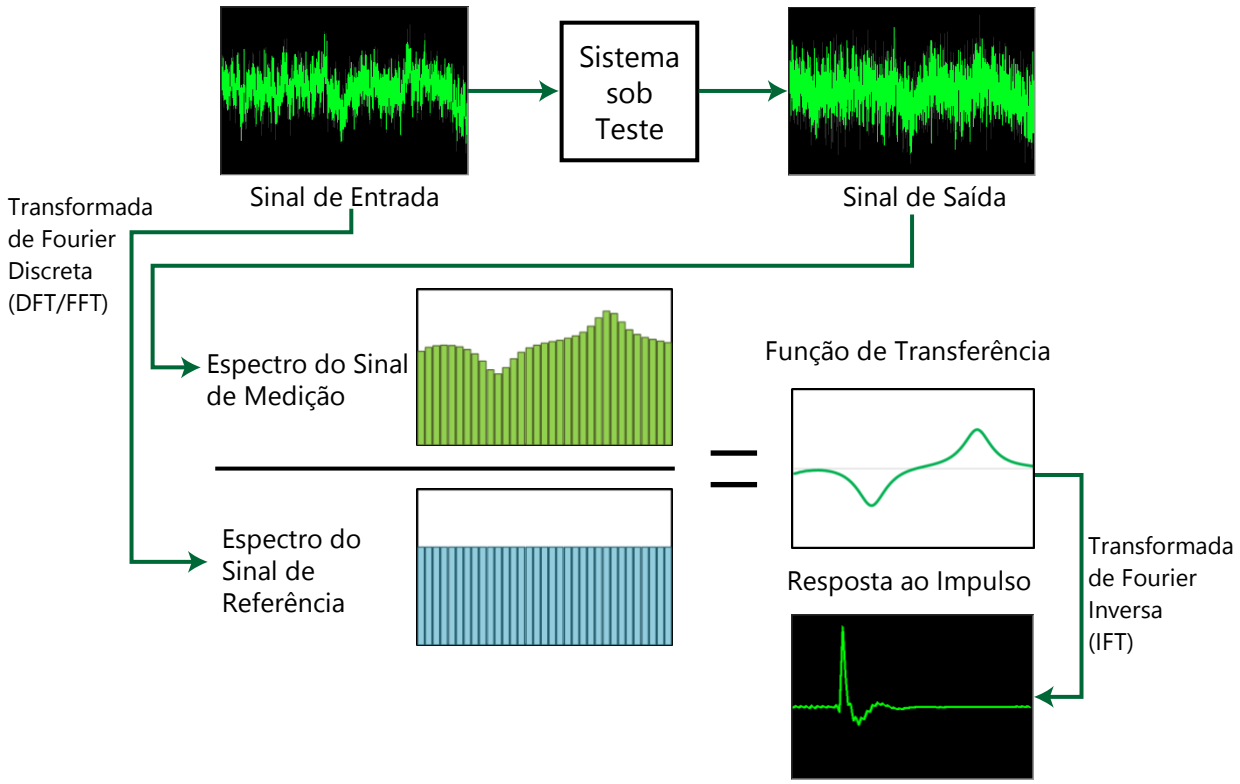



*Figura 135: Diagrama de bloco de medição de IR por função de transferência de FFT Dupla*

## Medição de IR em Canal Duplo Utilizando Sinais Periódicos Casados

De certa forma, a transformada de Fourier discreta (DFT ou FFT – todas as FFTs são DFTs, mas nem todas as DFTs são rápidas) é uma espécie de truque matemático. Transformadas de Fourier de todos os tipos, teoricamente, utilizam apenas sinais de tamanho infinito, mas a DFT contorna isto fingindo que um pedaço finito de sinal sendo analisado é realmente apenas uma instância de uma série de repetição infinita de pedaços que se parecem exatamente como ele.

A melhor maneira de contornar este pressuposto inerente a esta ciclicidade na análise DFT/FFT é dar à DFT o que ela realmente quer: um sinal de teste que ou se encaixa completamente dentro da janela de

tempo da medição ou ciclos com periodicidade igual ao comprimento da constante de tempo da DFT. Sinais que atendem a esses critérios podem produzir medições altamente repetíveis, determinísticas em uma fração do tempo que se leva para obter resultados semelhantes usando sinais aleatórios.

Ao usar sinais periódicos casados:

- Nenhuma janela de dados é necessária.
- Compensação de delay não é um requisito essencial.
- Consideravelmente menos média é necessária normalmente.
- Constantes de tempo de medição podem ser mantidas em comprimentos razoáveis.
- Pequenas variações de tempo tornam-se uma preocupação a menos.
- Subjetividade na seleção de parâmetros de medição é reduzida.
- O sistema de medição não precisa necessariamente estar ligado ao sistema sob teste. (Ao utilizar um sinal de teste conhecido, o sistema de medição e o SUT podem obter os seus sinais de estímulo/referência de duas fontes diferentes e a medição ainda vai funcionar. Você não terá um tempo exato de delay de propagação sem o áudio da fonte de sinal utilizado para excitar o SUT, mas se você realmente não precisa do tempo de delay isso pode ser uma opção muito útil.)

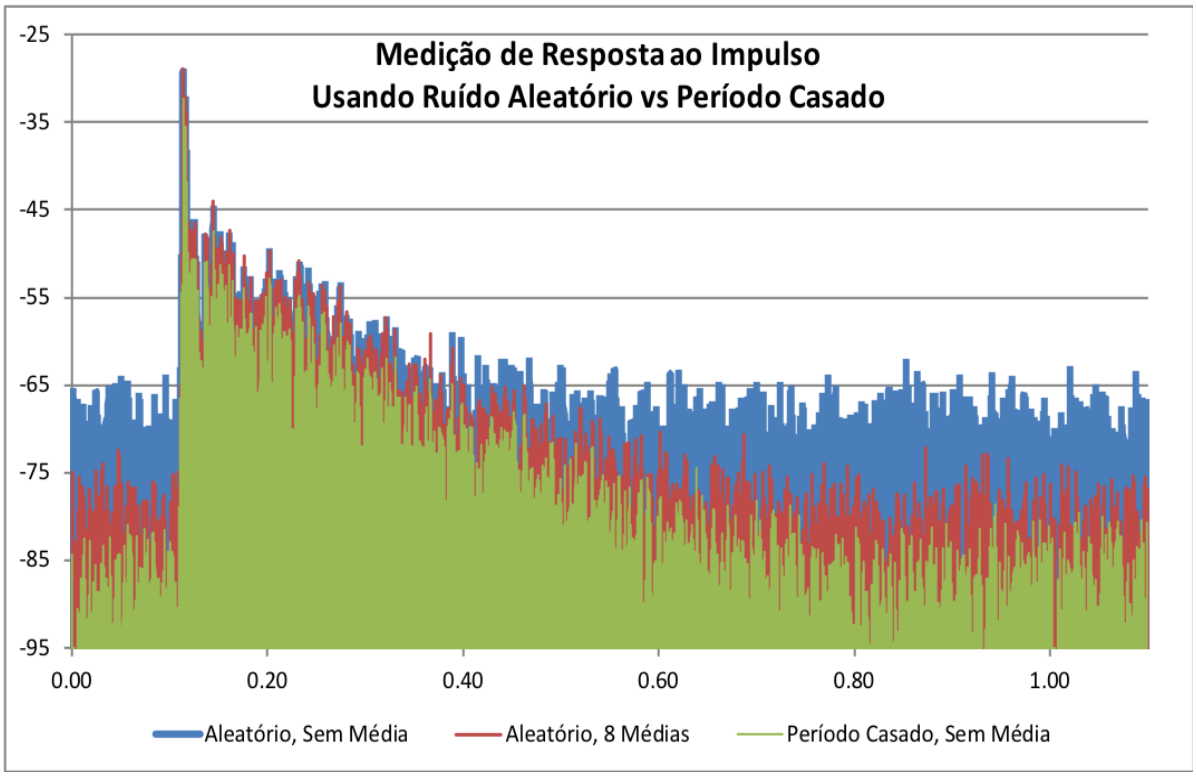



*Figura 136: Três medições de IR indiretas da mesma sala, capturadas com microfone na mesma posição usando ruído aleatório vs. ruído pseudoaleatório de período casado. A medição de ruído periódico casado (em verde) leva a mesma quantidade de tempo que a medição aleatória sem média calculada (em azul), mas tem um alcance dinâmico muito melhor. Ao repetir a medição de ruído aleatório oito vezes e calcular a média dos resultados (a medição em vermelho) podemos melhorar significativamente a relação sinal-ruído, no entanto, a medição demora oito vezes mais para executar.*

## *Varreduras Logarítmicas*

Varreduras logarítmicas são chamadas de *Pink Sweeps* no Smaart. Ao selecionar este tipo de sinal no gerador de sinal, o Smaart exclui os dados da janela da IR automaticamente. Uma janela de dados em conjunto com um sinal de varredura agiria como um filtro no seu conteúdo frequencial, uma vez que cada frequência aparece em apenas um único ponto no tempo durante a medição.

Varreduras podem ser usadas como uma fonte de sinal circular ou aperiódica. Se a opção *Triggered by Impulse Response* estiver habilitada no gerador de sinal do Smaart, o sinal de varredura é acionado ao iniciar uma medição de IR. Quando você começar a medição, o Smaart irá inserir um curto período de silêncio antes da varredura no caso de haver qualquer atraso ao iniciar o dispositivo de gravação, em seguida, irá executar a varredura e inserir um novo período de silêncio depois de deixar o SUT ressoar. Se a opção *Triggered by impulse* response estiver desabilitada, a varredura é executada continuamente quando o gerador é ligado. Neste caso, você iria começar o gerador antes de iniciar a medição, como faria com outros sinais de teste.

Uma peculiaridade de medições de IR baseadas em FFT dupla feitas com varreduras logarítmicas é que os produtos de distorção na excitação do alto-falante/SUT são excluídos da IR e aparecem como "pré-chegadas". Uma vez que a DFT é uma função circular, estas normalmente acabam sendo envoltas após o início da medição e acumulam-se próximas do fim do registro do tempo. A implicação prática é que você pode precisar tornar a janela de tempo da medição um pouco maior do que seria para uma medição de ruído casado, para garantir que esses artefatos não interfiram no slope de decaimento da reverberação.

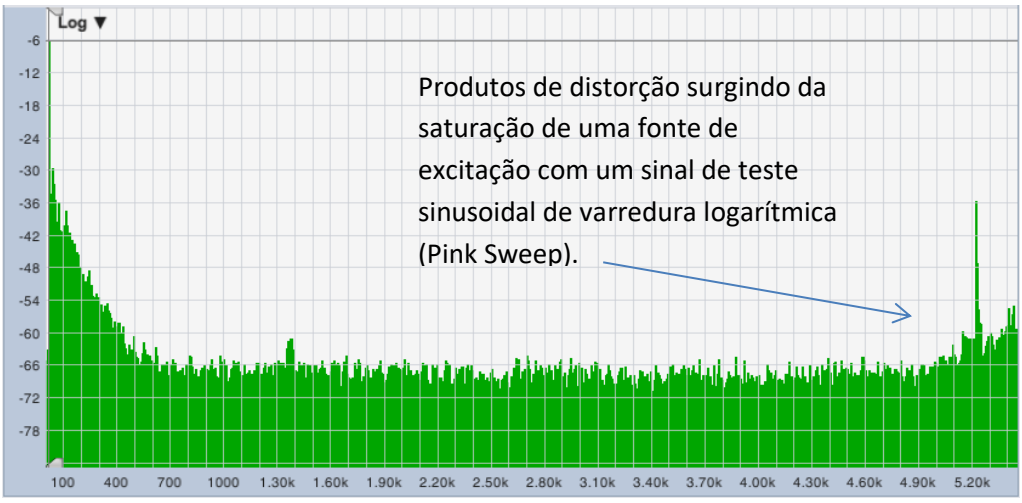



*Figura 137: Uma medição de resposta ao impulso usando um sinal de varredura logarítmica senoidal (Pink Sweep), mostrando produtos de distorção harmônica da excitação do alto-falante acumulados no final do registro do tempo. Neste caso, o alto-falante sendo utilizado para excitar a sala foi distorcido e o componente de distorção era bastante significativo.*

Em relação à medição STI, IEC 60628 estabelece que, "Ao usar uma técnica de varredura senoidal os componentes de distorção que são inerentes ao método devem ser editados ou removidos da IR antes do cálculo do STI." É nossa opinião, no entanto, que este requisito defende o uso de ruído periódico casado ao invés de varreduras para a medição de STI, uma vez que o efeito de mascaramento de

elevados níveis de distorção em sistemas de anúncio de nível inferior podem afetar significativamente a inteligibilidade da fala e devem ser propriamente incluídas na medição.

## Medição de IR em Canal Duplo Usando Sinais de Estímulo Aleatório

Um sinal de excitação que não está completamente contido ou, se contínuo, tem a sua periodicidade casada precisamente com a constante de tempo de uma transformada de Fourier discreta que está sendo usada para análise, é eficazmente aleatória no que tange a DFT. No gerador de sinal do Smaart, a opção *Random Pink Noise* ou qualquer tamanho de ciclo pseudoaleatório com periodicidade maior que o tamanho da FFT usada são efetivamente aleatórios. (Períodos mais curtos do que o tamanho da FFT nunca devem ser usados porque não contêm energia em todas as faixas de frequência da FFT). Outros exemplos incluem sinais de música ou ruído com periodicidade arbitrária de outras fontes que não do Smaart.

Talvez o melhor argumento em favor do uso de sinais aleatórios para medição de IR é porque você pode. Se quiser fazer uma medição com música em vez de ruído, você pode. Se for mais fácil gerar ruído rosa de uma mesa de som ou de um processador do que seria para injetar um sinal de teste na cadeia de sinal do Smaart, isso irá funcionar. Os únicos requisitos absolutos são que o sistema de medição precisa capturar uma cópia exata do sinal que vai para o SUT e que o sinal deve conter energia suficiente em todas as frequências de interesse para fazer uma medição concreta.

As principais ressalvas associadas com sinais de estímulo aleatório são níveis relativamente elevados de ruído, o que significa que você tem que medir durante um período mais longo do que você faria com um sinal feito especificamente para se obter resultados comparáveis. Fica a cargo do operador decidir o quanto de média ou de janela de tempo usar e a extensão dinâmica real do SUT é ambígua. Isso pode ser um fator crítico para medições de inteligibilidade da fala.

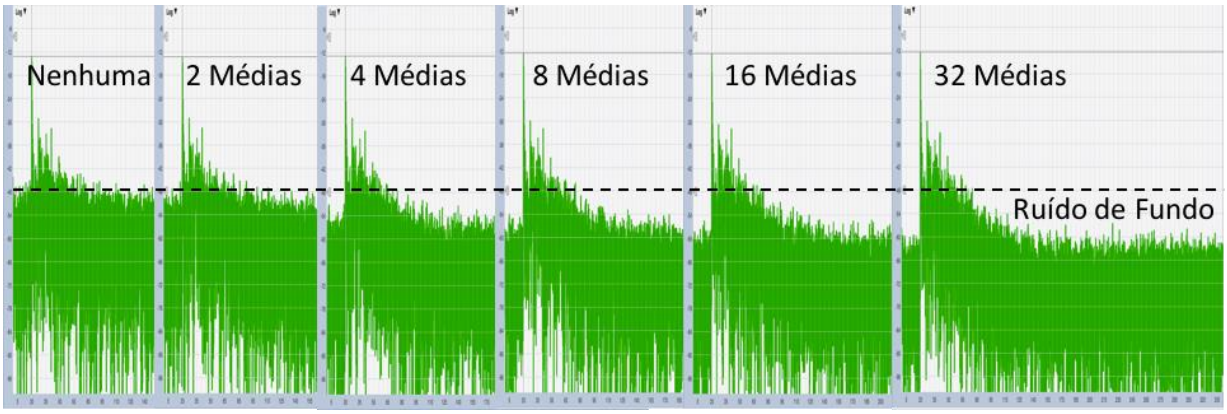



*Figura 138: O efeito de calcular a média (Avg) de uma medição de IR feita usando um sinal de estímulo aleatório. Em teoria, cada duplicação do número de médias aumenta a relação sinal-ruído em 3 dB.*

## *Redução do Ruído nas Medições de IR usando Sinais de Estímulo Aleatório*

Há três coisas básicas que você pode fazer para melhorar o alcance dinâmico de medições feitas com sinais de teste aleatórios. O primeiro é atrasar o sinal de referência para coincidir com o tempo do sinal de medição, de modo a que as janelas de dados se alinhem. Você deve sempre fazer isso quando medir com sinais aleatórios. A segunda é avaliar o sistema durante um longo período de tempo, aumentando o tamanho da DFT ou calculando a média de várias medições (ou ambos). A terceira é medir simplesmente mais alto, o que também se aplica a medições de IR determinísticas e diretas – nesse caso você está aumentando a relação sinal-ruído da medição, aumentando o nível do sinal real, ao invés de estatístico.

Cálculo da média funciona induzindo regressão à média de componentes aleatórios da IR (isto é, a parte ruidosa). Vamos dizer que você tome um sinal – qualquer sinal, talvez uma resposta ao impulso – e misture-o com o ruído aleatório. Obviamente, você recebe um sinal ruidoso. Não há como distinguir apenas olhando que parte foi sinal e qual foi o ruído. Mas se você pegar várias cópias do mesmo sinal e misturar cada uma com um ruído diferente e em seguida, calcular a média de todas elas juntas; o componente de ruído de cada sinal ruidoso (sendo aleatório e diferente em cada caso) deve começar a resultar a média em direção a zero – a média aritmética teórica para ruído de áudio aleatório – enquanto as partes do sinal (sendo as mesmas em todos os casos) devem ter a média resultada em si mesmas.

Naturalmente, tudo isto depende da suposição de que a parte do sinal propriamente dita é a mesma em todos os casos. Quando trabalhar em ambientes fechados isso geralmente deve ser uma suposição segura. Afinal de contas, estamos trabalhando com o que supomos ser sistemas lineares, invariantes no tempo em um ambiente bastante controlado, onde o pior que provavelmente poderia acontecer de uma passagem para outra é um sopro de ar quente ou frio de um sistema de ar condicionado causando uma ligeira alteração da velocidade do som. Pode ser uma preocupação maior se você precisar fazer uma medição de IR ao ar livre sob condições de vento por algum motivo. Em qualquer cenário em que possa haver uma possibilidade de qualquer variação de tempo significativa durante o período de medição, seria melhor aumentar a janela de tempo da medição e/ou usar um sinal de estímulo periódico casado, ao invés de aumentar o número de médias.

Em teoria, calcular a média de duas medições de IR ou duplicar o tamanho da FFT utilizada para uma única medição de IR deve melhorar a relação sinal-ruído da medição em 3 dB. Note que ambos resultam na duplicação do tempo de medição, que é realmente fundamental para tudo isso. Cada dobra adicional (2, 4, 8, 16 ...) da duração da medição deve, teoricamente, adicionar mais 3 dB, embora na prática possa chegar a um ponto de retorno decrescente em algum momento.

# Seleção de Fontes de Excitação e Posições

As posições da fonte de excitação devem ser os lugares de onde o som normalmente emana quando o sistema sob teste está funcionando. Se os alto-falantes que você estiver usando para excitar a sala são os lugares de onde o som normalmente vem então essa parte está pronta. Caso contrário, uma fonte de som omnidirecional de algum tipo deve ser colocada sobre o palco, pódio, atril, púlpito ou qualquer localização(ões) que melhor simular o uso normal da sala/sistema, e a uma altura apropriada.

## Alto-falantes Direcionais e Tempo de Reverberação

Para os fins específicos de medição do tempo de reverberação, uma possível complicação pode surgir se um sistema de som instalado for utilizado para excitar a sala. Medições de resposta ao impulso feitas com alto-falantes direcionais costumam ter maior relação direta-reverberante do que medições IR feitas por outros métodos, que podem afetar o tempo de reverberação nas oitavas superiores. ISO 3382-1 afirma inequivocamente que "a fonte sonora deve ser o mais omnidirecional possível" e fornece critérios para avaliar a omnidirecionalidade de uma fonte em potencial. ISO 3382-2 especifica procedimentos de medição por três níveis de precisão nas medições do tempo de reverberação: *Survey* (rápido e rasteiro), *Engineering* (bastante bom) e *Precision* (muito bom). Para o método *Precision*, os requisitos da fonte de excitação são idênticos aos especificados na 3382-1, mas 3382-2 segue dizendo que "para medições *Survey* e *Engineering* não há requisitos específicos para a direcionalidade".

Claramente, o cerne da lei é que as fontes omnidirecionais são preferidas para a medição do tempo de reverberação, mas o padrão não deixa muita margem de manobra quando se mede em "salas comuns" (ao contrário de espaços de performances musicais formais). Dada a escolha entre uma medição feita com um alto-falante direcional ou não fazer uma medição, uma medição não ideal é geralmente melhor do que nenhuma. No entanto, se quaisquer erros ou subjetividade potenciais na avaliação do tempo de reverberação forem uma grande preocupação, pode ser necessário usar um alto-falante de medição omnidirecional e seguir as regras – ou pelo menos gravar alguns estouros de balão, apenas para ter uma segunda opinião.

Tempo de reverberação à parte, vale ressaltar que para a maioria dos outros fins, as medições de IR feitas usando um sistema de som instalado que seja realmente usado para performances no espaço que você estiver medindo serão mais representativas sobre a utilização efetiva do sistema do que medições feitas de qualquer outra forma. Em alguns casos, para conseguir tudo o que você precisa, pode ser necessário fazer um conjunto de medições usando uma fonte omnidirecional posicionada no palco, outra usando o sistema de som instalado e talvez até mesmo uma terceira usando o sistema de anúncios da casa, para estimar a sua inteligibilidade.

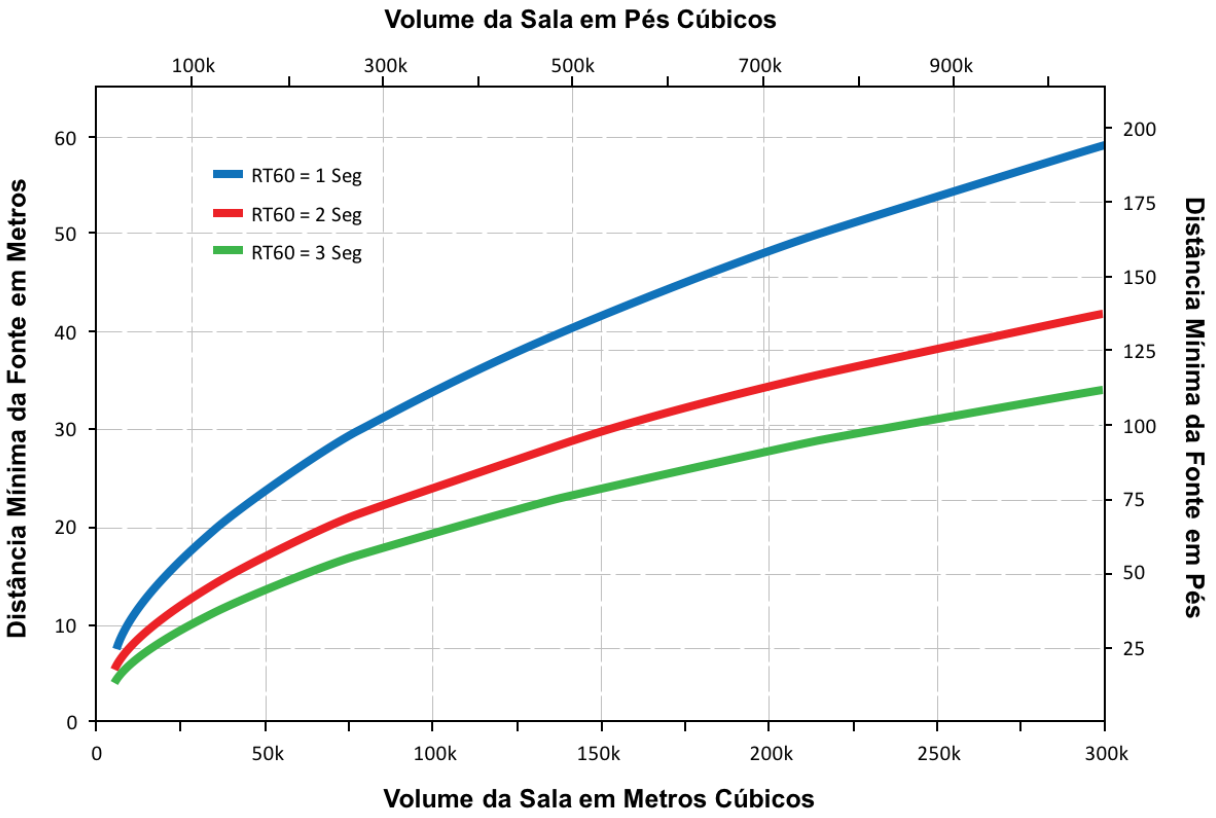



*Figura 139: Distância mínima para qualquer posição de medição a partir da fonte de excitação (por exemplo, um alto-falante) usada para as medições do tempo de reverberação. A distância mínima é uma função do volume do ambiente, tempo de reverberação estimada e a velocidade do som, tal como descrito pela equação 1 acima. Este exemplo usa a velocidade do som a 20° C (68° F); ou seja, 343,6 metros/seg ou 1.127,4 pps.*

## Distância Mínima de Fontes Sonoras

Outro requisito geral para as posições de medição usadas para medições de IR de uma sala é que elas precisam ser posicionadas longe o suficiente de alto-falantes ou outras fontes de som usados para excitar o ambiente para garantir que a medição não seja indevidamente dominada pelo som direto. ISO 3382-2 fornece a fórmula apresentada na equação abaixo para calcular a distância mínima ($d_{min}$) para qualquer posição de medição a partir de uma fonte de excitação. A Figura 139: apresenta um gráfico desta relação.

$$d_{\min} = 2\sqrt{V/c\hat{T}}$$

onde

$V$ é o volume da sala em metros cúbicos
$c$ é a velocidade do som em metros/seg
$\hat{T}$ é o tempo de reverberação estimado em segundos

## Seleção de Posições de Medição

A primeira e mais óbvia regra para selecionar posições de medição é geralmente medir lugares onde se espera encontrar ouvintes quando o sistema sob teste estiver funcionando. Se uma árvore cai na floresta e ninguém está lá para ouvi-la, quem realmente se importa se ela faz um som? Você também pode dar uma atenção especial a todas as áreas onde acha que pode haver problemas. Fora isso, é algo como fazer uma pesquisa de opinião. Se medirmos a partir de uma única posição, temos uma "opinião" de como a sala soa. Se capturarmos de vários locais diferentes, podemos razoavelmente esperar ver algum consenso emergir quanto às características mais comuns da resposta do sistema, e por diferenças em relação às posições, começar a excluir de acordo com a média. Quanto mais posições de medição, menor a margem de erro teórico, supondo que as posições são escolhidas de modo estatisticamente válido.

Para o método *Survey* da norma ISO 3382-2, um único local de fonte de estímulo é medido a partir de pelo menos dois locais de medição, proporcionando uma margem teórica de erro de ± 10% para as bandas de oitava. O método *Engineering* exige pelo menos duas posições da fonte de estímulo e seis combinações fonte-microfone independentes para uma precisão nominal ± 5% para as bandas de oitava ou ± 10% em bandas de 1/3 de oitava. O método *Precision* exige 12 combinações fonte-microfone independentes, utilizando pelo menos dois locais de fonte de estímulo diferentes e reduz a incerteza de medição para não mais de ± 2,5% para as bandas de oitava e ± 5% para bandas de 1/3 de oitava.

ISO 3382-2 especifica que todas as posições de medição devem estar afastadas, pelo menos, meio comprimento de onda e, pelo menos, um quarto de comprimento de onda de qualquer superfície refletora incluindo o piso. Por exemplo, se quiséssemos medir tão baixo quanto a banda de oitava de 125 Hz, o limite de banda inferior é de ~ 90 Hz. A 20° C (68° F ), a velocidade do som no ar é de 343,6 metros por segundo (1127.4 pés/seg) e assim um comprimento de onda de 90 Hz seria cerca de 3,8 metros (12,5 pés). A partir daí, pode-se concluir que as duas posições do microfone não devem estar menos que 1,9 metros (6,25 pés) de distância e todos os microfones devem estar pelo menos 0,95 metros (3,13 pés) acima do chão e, pelo menos, a essa distância de qualquer parede ou outra superfície refletora. Para a banda de 63 Hz seria necessário dobrar essas distâncias.

É claro que a ISO 3382-1 se aplica especificamente à medição do tempo de reverberação em salas, mas e sobre medições acústicas feitas para outros fins? Dois outros padrões que poderíamos usar como um guia de posicionamento de microfone são ANSI S1.2, Critérios de Avaliação de Ruído de Sala e SMPTE 202M, o padrão atual para calibração de sistemas de som de cinema. ANSI S1.2 diz o seguinte sobre as posições de medição:

"As medições de som para classificação do ruído das salas sob esta norma devem ser feitas em locais que estão perto da posição de altura média normal em pé ou sentada de ouvidos humanos no espaço: 5'-6" para adultos em pé e 4'-0" para sentados – 3'-6" para crianças em pé e 2'-6" para sentadas. O microfone não deve estar mais perto do que 2'-0" de qualquer superfície refletora ou 4'-0" da interseção de duas superfícies refletoras ou 8'-0" da interseção de três superfícies refletoras."

SMPTE 202M recomenda que os microfones devem ser colocados:

"Em teatros fechados, na posição S[...] e posição R[...] caso existam, e a um número suficiente de outras posições para reduzir o desvio padrão de resposta medição posição-a-posição a menos do que 3 dB, o que vai normalmente ser obtido com quatro posições. [...] Recomenda-se que as medições sejam feitas a uma altura normal da orelha dos ouvintes sentados entre 1 m e 1,2 m (3,3 pés e 4,0 pés), mas com distância mínima de 150 mm (6 polegadas) do alto de um assento, e distância mínima de 1,5 m (4,9 pés) de qualquer parede e 5 m (16,4 pés) do(s) alto-falante(s) ".

(Posição "S" em geral fica um pouco para a esquerda ou direita do centro aproximado da sala no andar principal. Posição R é para balcões).

Podemos ver que, de forma geral, estão todos de acordo (dependendo em certa medição da frequência) embora um esteja falando de tempo de reverberação, outro sobre pesquisas de ruído de fundo e o terceiro sobre medições RTA do sistema de som de cinema. Eles também não estão, provavelmente, em desacordo com as posições que escolheríamos intuitivamente para medições de função de transferência em domínio de frequência de um sistema de som.

# Seleção de Parâmetros de Medição

Depois de ter feito todo o trabalho de base de determinar suas posições de fonte e de medição e descobrir qual técnica de medição usar, a parte do procedimento de medição que envolve diretamente o Smaart é realmente muito fácil. Basicamente, você só precisa selecionar seus parâmetros de medição, ligar o gerador de sinais (ou outra fonte de sinal de estímulo) e começar a medição. As duas principais coisas que você precisa se preocupar nesse ponto são o nível de estímulo e a duração da medição, que será uma combinação do tamanho da FFT e o número de médias.

## Fonte de Entrada

Se você já tem uma ou mais medições de função de transferência configuradas e estará usando uma dessas para fazer a sua medição, utilize os seletores *Group* e *TF Pair* apresentados para selecionar o que deseja. Para criar um novo *TF Pair*, clique no botão com o ícone de martelo e chave inglesa ao lado do seletor *Group* para abrir a janela *Measurement Config*, em seguida, clique no botão *New TF Measurement* (veja a Figura 140:). Isto abre outra caixa de diálogo onde você pode selecionar o dispositivo de entrada e canais que você deseja usar e dar um nome ao novo par de medição. Se você não estiver familiarizado com a forma de configurar o seu sistema de medição para função de transferência e medições em canal duplo, o *Apêndice E* tem exemplos de diagramas de configuração.

## Nível de Excitação

A regra geral para se estabelecer o nível de excitação para medições de IR é obter, pelo menos, 40-50 dB acima do nível de ruído de fundo. Em medições de tempo de reverberação, avaliamos o decaimento de reverberação em uma faixa a partir de 5 dB para baixo da chegada do som direto (normalmente o pico mais alto da IR) e estendendo-se para baixo outros 20 ou 30 dB a partir do ponto de partida.

Um intervalo de 30 dB é melhor, mas 20 dB é OK se você não pode chegar a 30. De qualquer forma, a extremidade inferior da extensão deve ser de pelo menos 10 dB acima do ruído de fundo da medição de IR. Quando somar tudo, você está buscando um mínimo de 45 dB de faixa dinâmica para uma faixa de avaliação de 30 dB, e pelo menos 35 dB para uma faixa de 20 dB – e isso em um mundo perfeito, sem

artefatos de ruído do próprio processo de medição. No mundo real, adicionar outros 5 a 10 dB em cima disso seria ótimo (a não ser, claro, que isso distorça o sistema ou exploda alguma coisa).

Para descobrir o volume necessário, você pode simplesmente medir o nível de ruído de fundo. Busque uma relação relativa, de modo que nem sequer precise realmente estar calibrado para SPL (a não ser, talvez, que planeje fazer uma medição de STI). Basta definir o medidor de nível sonoro no Smaart para *Slow SPL* e observar o medidor por dez ou vinte segundos sem nenhum sinal de saída rodando para se ter uma ideia da linha de base do nível de ruído, em seguida, iniciar o gerador de sinal em um nível baixo e aumentar gradualmente o ganho até atingir o nível objetivo de excitação (ou o mais próximo possível a ele).

## Níveis de Entrada

Depois de ter seus níveis de saída definidos, ajuste seus níveis de entrada (por qualquer meio disponível) até que a medição e os níveis de sinal de referência (marcadas M e R na Barra de Controle) estejam mais ou menos uniformes e rodando em um nível razoável. O segmento amarelo dos medidores no Smaart vai de -12 dB a -6 dB em Full Scale e esse é o alvo. Os medidores são leitores de pico e o Smaart limita rigidamente os picos de sinais de ruído, mas você também tem que permitir flutuações devido ao ruído de fundo em medições acústicas e caso usar o ruído de outra fonte poderá ver variações mais amplas nos níveis de pico. Com varreduras senoidais você pode aumentar os níveis um pouco mais se quiser, devido ao fator de crista inferior do sinal, mas cuidado para manter os níveis fora do vermelho. Se você estiver fazendo uma medição em canal único, você provavelmente terá que estourar alguns balões ou disparar alguns tiros de festim enquanto ajusta o ganho do canal de medição para obter um bom nível de sinal consistente sem clipar o medidor de nível de entrada.

*Figura 140: O nível de sinal de medição (M) está rodando em um nível confortável. O canal de referência (R) está clipando.*

## Duração da Medição (Janela de Tempo)

Para medições de IR em dois canais, a janela de tempo é uma função do tamanho da FFT (ver Figura 141:). Se você está apenas interessado em medir delay, então uma boa regra geral sobre o tempo necessário da medição é 3 vezes mais do que o maior delay que quiser medir. Se você quiser medir o tempo de reverberação e razões entre energia primária-tardia, então o tempo de decaimento de 60 dB (RT60) do sistema é um bom alvo. Este é um tipo de requisito funcional para medições em canal duplo de período casado, mas também é um bom alvo prático independentemente de como você estiver medindo. Idealmente, tente medir 30 dB de declínio de reverberação e a extremidade inferior da faixa de avaliação deve ser de pelo menos 10 dB acima do ruído de fundo, de modo que seja 40 dB, o que naturalmente é dois terços de 60. Quando fatorar o delay de propagação, decaimento primário e talvez o suficiente de uma cauda de ruído para ver a extensão dinâmica da medição, provavelmente tudo correu bem até o terceiro restante.

Naturalmente, estas duas regras exigem saber o tempo de delay ou RT60 antes medi-las. Isso normalmente significa que você tem que supor, em seguida medir, então possivelmente ajustar a sua hipótese e medir novamente. Para tempos de delay é possível utilizar a distância da fonte dividida pela velocidade do som como ponto de partida. Para ter uma estimativa, você pode usar 345 metros ou 1130 pés por segundo em temperatura ambiente típica – a velocidade do som aumenta com a temperatura por isso, se estiver muito quente onde você está trabalhando você pode ajustar a sua estimativa um pouco para cima, ou para baixo se estiver frio.

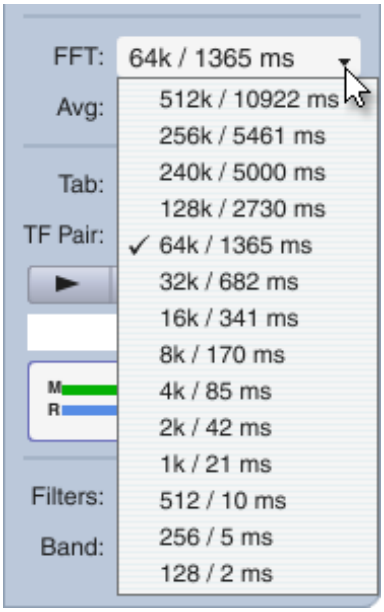



*Figura 141: Seletor do tamanho de FFT do modo IR mostrando a constante de tempo em milissegundos para cada tamanho*

Para tempo de reverberação, um a dois segundos devem ser próximos do ideal para a maioria dos teatros e auditórios. Estádios e outras grandes estruturas podem ter tempos de reverberação muito maiores. Não faz mal medir por um período muito longo, de modo que você pode querer arriscar para o lado mais alto. Se você fizer uma medição preliminar e estiver feliz com os resultados você pode até mesmo já ter acabado. Se não, você pode ajustar e medir novamente. Note que, como regra, as frequências mais baixas tendem a decair mais lentamente do que as altas, o que significa que o fator limitante pode ser o tempo de reverberação nas oitavas mais baixas que a fonte de estímulo pode excitar. Então não se esqueça de verificar as bandas inferiores ao estimar tempos de reverberação.

### *Tamanho de FFT (Janela de Tempo)*

Para medições em canal duplo a duração da medição é determinada pela constante de tempo da FFT – isto é, o tempo necessário para gravar amostras suficientes para um dado tamanho de FFT em qualquer taxa de amostragem que utilizar. No modo *Impulse*, o Smaart oferece a constante de tempo em milissegundos, juntamente com o tamanho do quadro em amostras para cada tamanho de FFT/DFT disponível.

## Média e Sobreposição

Média, como discutimos anteriormente neste capítulo, é principalmente algo de seu próprio interesse quando se utiliza sinais de estímulo efetivamente aleatórios. Com sinais de estímulo aleatórios ou efetivamente aleatórios, decidir o quanto de média é suficiente é uma questão de escolha, mas as configurações típicas estão na faixa de 4-16. Em ambientes muito ruidosos, você pode preferir um valor maior e/ou talvez usar um sinal periódico casado. Ao medir com ruído periódico casado ou varreduras, a média é normalmente definida como "None" (Nenhuma) ou 2, embora ainda seja possível que uma configuração mais alta pode ser útil se você medir em um ambiente extremamente barulhento.

Outro fator que afeta a forma como funciona a média é a configuração da sobreposição (*Overlap*) encontrada nas opções de resposta ao impulso (menu *Options>Impulse Response*). Quando a sobreposição é definida como 0% cada FFT é calculada a partir de dados únicos, dando-lhe a quantidade máxima de redução de ruído que você pode obter a partir de um determinado número de médias.

Quando você definir a *Sobreposição* da medição para um valor diferente de zero, então FFTs sucessivas compartilharão alguns dados em comum (veja a Figura 129: na página 169) – lembre-se que sobreposição de *medição* e sobreposição de *espectrógrafo* são duas coisas diferentes, mas o princípio é o mesmo. Se a sobreposição da medição estiver definida em 50%, ela só demora um pouco mais para calcular 16 médias do que iria 8 em 0% de sobreposição. Você não aproveita completamente uma média de 16 FFTs únicas neste caso e o tempo de processamento aumenta, mas você deve ver pelo menos uma relação sinal-ruído um pouco melhor do que com 8 gastando menos tempo.

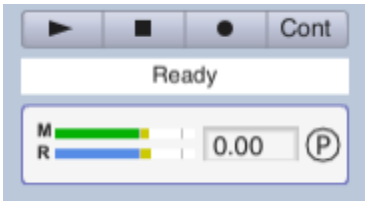
### *Compensação de Delay*

Ao fazer medições IR com fontes de sinal aleatório você vai obter resultados muito melhores se compensar o tempo de delay do sistema sob teste. Então, planeje fazer a medição duas vezes se você ainda não sabe o tempo de delay; uma vez para encontrar o atraso e uma segunda vez para ter certeza. O botão "Ⓟ" (para Pico) que aparece ao lado dos medidores de nível de entrada no modo IR (ver Figura 140:) definem o delay do sinal de referência como o pico mais alto da resposta ao impulso.

## Apertar o botão e fazer a medição

Depois de ter definido qual técnica de medição irá proporcionar os resultados que precisa, escolhido as suas fontes de excitação e posições de medição, definido seus níveis de entrada e saída e escolhido o seu tamanho de FFT e o número de médias (se aplicável), tudo o que resta a fazer é apertar o(s) botão(ões). Para uma medição em canal duplo, inicie o seu sinal de excitação (a menos que esteja usando uma varredura trigada no Smaart, caso em que vai começar por si só) e clique no botão start (►) na Barra de Controle ao lado direito da janela principal. O Smaart vai assumir daí em diante e exibir os resultados da medição quando tiver terminado.

Para uma medição em canal único (IR direta), clique no botão record (●), em seguida, clique no botão start (►), estoure seu balão ou dispare sua pistola de festim (ou qualquer outro), deixe o sistema ressoar por alguns segundos, e, em seguida, clique no botão stop (■) para terminar a gravação e exibir os resultados.




## Salvar o trabalho

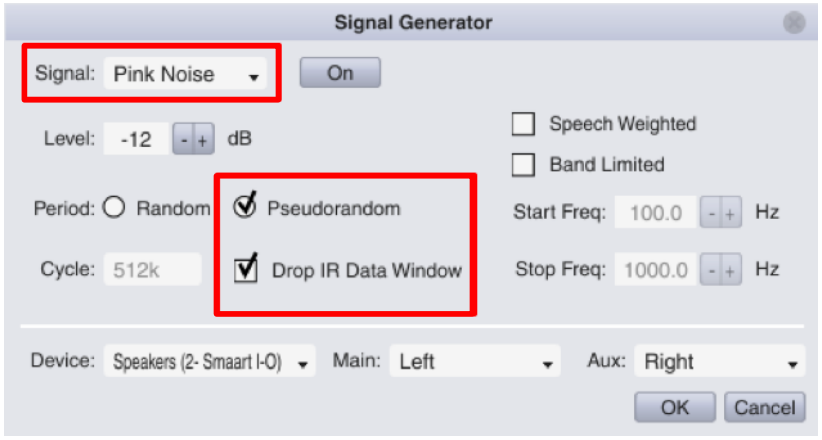
Quando você mede uma IR o Smaart não supõe automaticamente que você deseja salva-la. Às vezes é preciso algumas tentativas para acertar e não precisamos de um monte de informação acumulando-se no processo. Quando estiver feliz com uma medição e desejar salvar, clique no menu *File* e selecione *Save Impulse Response*, em seguida, selecione o diretório onde você deseja armazenar o arquivo e dê-lhe um nome. Note que se você cortar o arquivo para fins de exibição usando a função *Crop*, apenas a parte exibida do registro do tempo é salva em arquivo.

# Revisão: Configurações Comuns para Medições de IR em Canal Duplo

A seguir estão algumas configurações comuns de início para medições de IR no Smaart que normalmente devem funcionar bem para a maioria das salas.

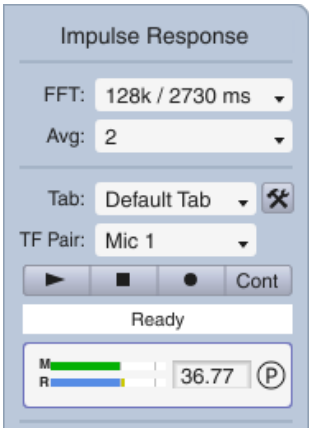
## Tipo de Sinal

Se você puder usar o gerador de sinal do Smaart como sua fonte de sinal de estímulo então o ruído pseudoaleatório periódico casado é, de forma geral, uma boa escolha para o tipo de sinal. Para ativar essa opção, abra o painel de controle do gerador de sinal, selecione *Pink Noise* como o tipo de sinal, em seguida, marque os ícones *Pseudorandom* e *Drop IR Data Window*.




## Tamanho de FFT e Média

128K é uma boa configuração padrão para o tamanho FFT. Na taxa de amostragem de 48k, isso lhe dá quase 3 segundos de janela de tempo. Você geralmente tem que medir em um espaço muito grande para precisar de mais do que isso, mas não é absurdamente muito tempo para lugares menores. Para médias, uma configuração de 2 é boa quando se utiliza ruído periódico casado. Se você tem que usar uma fonte de sinal aleatório por algum motivo, aumente o número de médias para 8, ou talvez 16 se você estiver trabalhando em um ambiente mais ruidoso. Estamos supondo 0% de sobreposição para se obter a média.




## Nível de Excitação

Se você precisa medir o tempo de reverberação, então o seu nível de excitação deve ser no mínimo 45 dB acima do nível de ruído de fundo para T30 (preferencial) ou, pelo menos, 35 dB acima para se obter T20. Para a maioria dos outros fins, qualquer nível de excitação que estiver confortavelmente acima do nível de fundo deve ser suficiente.

## Níveis de Entrada

Ao usar sinais de ruído aleatórios ou pseudoaleatórios, entre -12 e -15 dB ou quase é o nível de entrada preferido para qualquer tipo de medição no Smaart incluindo medições de IR. -12 dB é o ponto em que os níveis de entrada no Smaart tornam-se amarelos.

## Tempo de Delay

Ao usar ruído periódico casado como o seu sinal de excitação é possível definir o tempo de delay em 0 se você ainda não o tiver definido para o seu par de sinais selecionado. Se o tiver, então não precisa mudá-lo. Se você estiver usando uma fonte de ruído aleatório e ainda não sabe o tempo de delay para o seu par de sinal, execute a medição IR uma vez para encontrá-lo, em seguida, clique no botão "Ⓟ" para defini-lo, em seguida, execute novamente a medição.

# Apêndice A: Normas Aplicáveis e Leitura Complementar

## Leitura Complementar sobre Engenharia de Áudio e Acústica

Ballou, Glenn. ed. *Handbook for Sound Engineers.* Focal Press.

Beranek, Leo J, Music, Acoustics and Architecture. Wiley.

Berg, Richard E. & Stork, David G. *The Physics of* Sound. Prentice Hall.

Borden, G. J. & Harris, K. S. Speech Science Primer: Physiology, Acoustics and Perception of Speech. Williams and Wilkins.

Davis, D., Patronis, E., & Brown, P. *Sound System Engineering 4e.* Taylor and Francis.

Jones, D.S. Acoustics and Electromagnetic Waves. Clarendon Press.

Kleppe, J.A. Engineering Applications of Acoustics. Artech House.

McCarthy, Bob. Sound Systems: Design and Optimization: Modern Techniques and Tools for Sound System Design and Alignment. Focal Press.

Olson, Harry F. *Modern Sound Reproduction.* Van Nostrand Reinhold.

Rigden, John. Physics and the Sound of Music. Wiley.

Rossi, Mario. Acoustics and Electro-acoustics. Artech House.

Toole, Floyd. Sound Reproduction, Loudspeakers and Rooms. Focal Press.

## Normas Aplicáveis para Medições de IR e Inteligibilidade de Fala

Várias das técnicas, procedimentos e quantidades discutidas na segunda metade deste documento estão sujeitas a normas ISO e IEC. É altamente recomendável ler essas normas, em vez de confiar nas nossas interpretações e sinopses.

ISO 3382, Acústica – Medição de parâmetros acústicos de sala, partes 1 e 2, fornece uma série de informações adicionais e práticas para medição e análise de tempo de reverberação e outras métricas objetivas comumente utilizadas para a avaliação acústica de salas.

- Parte 1: Espaços de performance, (ISO 3382-1) é mais orientada para salas de concerto, óperas e teatros, e contém bastante informação sobre quantidades acústicas, exceto tempos de reverberação, que não são encontradas na...
- Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns (ISO 3382-2)

Notamos que há alguns pontos em comum entre as duas. Na verdade, a razão para tornarem-se uma norma de duas partes não parece imediatamente óbvia para nós, mas se você não quiser comprar as duas partes, a primeira parte é a mais abrangente dos dois. Ambas as partes contêm muito mais

informação com relação aos procedimentos de medição e demonstração de resultados do que nós apresentamos aqui.

Para qualquer um interessado em conhecer em detalhes as técnicas utilizadas para medição IR indireta, ISO 18233, Acústica – Aplicação de novos métodos de medição na construção e acústica da sala é um bom lugar para começar. Se estiver interessado em fazer medições de inteligibilidade de fala usando STI ou STIPA, a IEC 60268-16, *Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index* (Edição 4, 2011 ou posterior) é realmente leitura obrigatória.

# Apêndice B: Volume de Sala, Absorção e Tempo de Reverberação (RT60)

Tempo de reverberação é geralmente medido ou calculado para uma extensão de decaimento de 60dB (RT60). As informações a seguir irão ajuda-lo a apreciar os fatores que afetam o tempo de reverberação para que, após as medições feitas, as alterações apropriadas possam ser sugeridas onde necessário.

RT60 é extremamente dependente do volume da sala, da quantidade de absorção da sala e da absorção do ar em frequências mais altas. Uma estimativa comum, baseada na formula de Sabine é:

$$RT = {55.3V}/{c(A + 4mV)}$$

onde

- $RT$ é o tempo necessário para que a energia sonora reverberante decaia 60dB (em segundos)
- $V$ é o volume da sala em metros cúbicos
- $c$ é a velocidade do som em metros/segundo (varia com a temperatura)
- $A$ é a total absorção sonora de materiais da sala em metros quadrados Sabines – ou seja, a soma das áreas de superfície, cada um multiplicado por seu respectivo coeficiente de absorção som.
- $m$ é o coeficiente de intensidade de atenuação do ar por metro (varia com a temperatura e umidade)

## Coeficientes de Absorção de Materiais Típicos

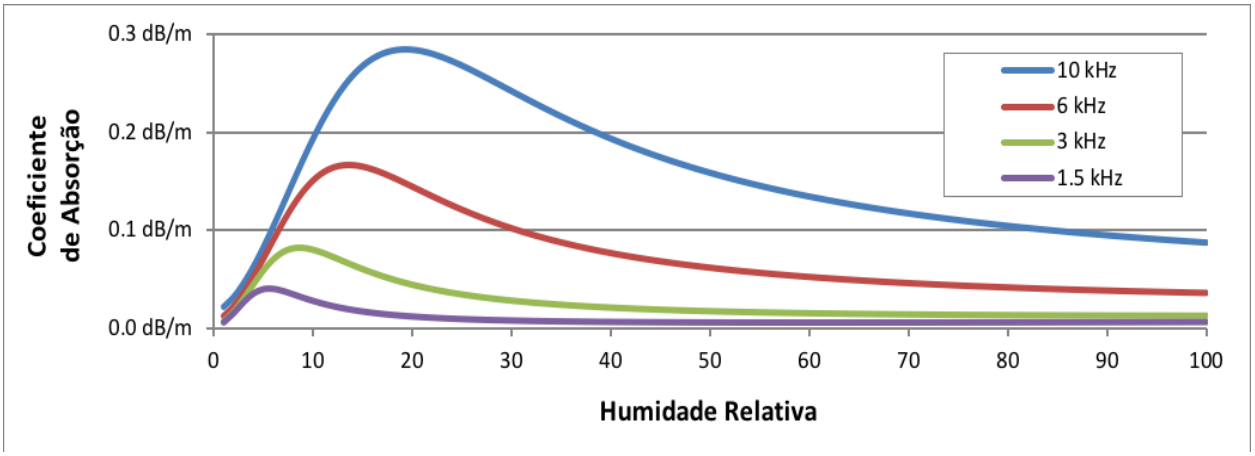
| **Tipo de Material** | **Coeficiente de absorção sonora de banda média típica** |
|---|---|
| Mármore | 0.01 |
| Paredes rebocadas | 0.02 |
| Tijolo exposto | 0.03 |
| Compensado de 10mm | 0.09 |
| Lã Mineral de 10mm | 0.60 |
| Espuma de poliuretano de 25mm | 0.70 |
| Telha de teto acústico | 0.72 |
| Membro da plateia em assento estofado | 0.88 |

Note que a absorção de coeficientes varia com a frequência.
Ver: www.sengpielaudio.com/calculator-RT60Coeff.htm

## Absorção do Ar

Ar absorve o som de forma bastante significativa em frequências mais altas devido à ressonância molecular. Essa absorção de alta frequência do ar varia com a temperatura e umidade relativa de uma forma complexa demais para cobrir aqui. No entanto, uma calculadora de absorção do ar útil pode ser encontrada no link abaixo.

www.doctorproaudio.com/doctor/calculadores_en.htm#calc_humid




*Absorção do ar (em dB/m) vs. humidade relativa à temperatura ambiente*

Note que a absorção de som através do ar é por metro – não dobrando a distância como visto para atenuação radial. O som em uma sala com uma banda média RT60 de, digamos, 2 segundos, vai viajar várias centenas de metros antes de decair para o ruído de fundo de modo que a absorção do ar é um fator adicional significativo na redução do tempo de reverberação de alta frequência.

## Frequência de Corte de Schroeder

Análises de $RT_{60}$ são normalmente restritas à região da faixa de frequência de Schroeder onde comprimentos de onda de frequências médias e altas são curtos em comparação com as dimensões da sala e os caminhos do som tornam-se densos, difusos e bastante aleatórios. Isso é geralmente referido como região estatística ou estocástica. Em frequências mais baixas ocorrem modos individuais. Estes modos são mais relacionados com as dimensões da sala, menos densos e não seguem as características de reverberação difusas necessárias para a análise precisa do tempo de reverberação.

O ponto de crossover entre as regiões estocásticas e modais, as quais Manfred Schroeder chamou de frequência crítica e todo mundo agora chama de Frequência de Schroeder, marca uma região de crossover onde os módulos começam a se sobrepor por um fator arbitrário de três – não é uma ciência exata. A aproximação popular publicada por Schroeder em 1962 é:

$$f_c = 2000\sqrt{RT/V}$$

Como antes, *RT* é o tempo necessário para que a energia sonora reverberante decaia 60dB (em segundos) e *V* é o volume da sala em metros cúbicos. Para volume da sala em pés cúbicos, a equação pode ser escrita como:

$$f_c = 11885\sqrt{RT/V}$$

# Considerações Práticas sobre Medição

A maioria das equações acima são aproximações supondo uma fonte omnidirecional de som, distribuição de som homogênea – e a posse de informações precisas do local! Na realidade, informações

sobre o local preciso podem ser difíceis de conseguir e condições de operação podem variar de caso para caso.

Características de reverberação também podem variar um pouco em toda a área da plateia e características de decaimento primário (ver mais adiante) podem variar significativamente de assento em assento, portanto medições precisas, por uma extensão prática de condições de funcionamento, são recomendadas.

Como a maioria das salas têm níveis de ruído ambiente significativos (o ruído de fundo), uma completa extensão de decaimento 60dB nem sempre é possível – especialmente quando o som direto está em níveis normais de fala ou, como é possível com o Smaart, medimos um sistema com a plateia no lugar.

Por conveniência, em vez de medir o tempo completo de decaimento de 60 dB, o slope de decaimento (em dB por segundo) é medido ao longo de uma faixa de 30 dB (de preferência) e, em seguida, dobrado para resultar em RT60. O slope é convencionalmente medido entre pontos de -5 dB e -35 dB, contanto que o ponto mais baixo seja pelo menos 10 dB acima do ruído de fundo. Se o nível de ruído é excepcionalmente alto, às vezes pode ser necessário medir o slope de decaimento ao longo de uma extensão menor de nível. Nesse caso, uma extensão de 20 dB pode ser medida e em seguida triplicada para normalizar ao tempo de decaimento equivalente de 60dB.

De acordo com a ISO 3382, tempo de reverberação medido ao longo de uma extensão de 30 dB é chamado de T30 e T20 significa 20 dB de extensão de medição. Em seu esquema de notação, a letra T, por si só, representa tempo de decaimento de 60 dB e por isso entende-se que 20 e 30 referem-se apenas à extensão de medição. O tempo de reverberação informado em segundos para qualquer número é o equivalente a 60 dB de decaimento no decaimento nominal medido.

Valores típicos estão a seguir:

| | |
|---|---|
| Estúdio de locução | menos de 0,5 segundos |
| Cinema/auditório | 0,4 a 1 segundo |
| Sala de conferência/aula | até 1 segundo |
| Teatros musicais | 1 a 1,5 segundos |
| Locais de música de câmara/opera | 1,5 a 2 segundos |
| Salas sinfônicas | 1,5 a 2,5 segundos |

(Na prática, evidentemente, extensões aceitáveis variam com as expectativas – com base no tamanho do local)

# Apêndice C: Características da Fonte Sonora

Características de posicionamento, orientação e direção de uma fonte sonora irão determinar tanto a sua capacidade de cobrir uma plateia consistentemente e sua tendência para excitar outras áreas do ambiente que não da plateia. Este último pode melhorar a experiência sonora se, por exemplo, adiciona uma agradável "cauda" de reverberação difusa para uma performance de orquestra. Mas a excitação de uma sala também pode arruinar a experiência sonora se, por exemplo; a soma de alto-falantes estiver causando coloração ou se line arrays estiverem mal alinhados causando reflexões tardias, reverberação excessiva e perda de inteligibilidade.

Ignorando a absorção do ar nas altas frequências, a pressão sonora direta de uma fonte será inversamente proporcional à distância da fonte ao ouvinte (ou seja, 1/r ou 6 dB de atenuação para cada dobra da distância). Em salas ecoicas, no entanto, a reverberação irá acrescentar ao som direto na posição do ouvinte, dependendo de quão direcional a fonte é. Uma fonte omnidirecional, longe de quaisquer superfícies, emitiria pressão sonora esfericamente e causaria forte excitação na sala.

## Fator de Diretividade (Q)

Se uma fonte sonora é direcional, de modo que a cobertura não é totalmente esférica, sua potência sonora fica concentrada a uma parte menor de uma esfera. Para ajudar a quantificar a concentração de potência sonora, é dito que fontes sonoras tem um fator de diretividade (Q).

Fator de Diretividade (Q) é:

- 1 para a fonte esférica
- 2 para fonte hemisférica
- 4 para fonte um quarto esférica (1/4)... e assim por diante.

## Nível de Pressão Sonora na Posição do Ouvinte

Se usarmos fator de diretividade (Q) para quantificar as propriedades direcionais de uma fonte sonora e, em seguida, para os ouvintes no eixo, a relação de dependência de diretividade entre o nível de potência sonora de origem e o nível total de pressão sonora (direta + reverberante) na posição do ouvinte aproxima-se a:

$$L_p = L_w + \log_{10}\left({}^{Q}/_{4\pi r^2}\right) + ({}^{4}/_{R})$$

O fator de diretividade (*Q*) também pode ser utilizado para estimar a distância crítica (*Dc*).

$$Dc = 0.14 \times \sqrt{(QR)}$$

Para as duas equações anteriores:

$L_p$ é o nível de pressão sonora total (direta + reverberante) na posição do ouvinte
$L_w$ é o nível de potência sonora da fonte em dB relativo a $10^{-12}$Watts
$Q$ é o fator de diretividade (1 para esférica, 2 para hemisférica, 4 para 1/4 esférica, etc.)
π é 3.142…
$r$ é a distância entre a fonte e a posição do ouvinte

$R$ é a constante de sala (a capacidade do espaço de absorver o som – ou seja, o produto da área de superfície e do coeficiente de absorção)

Não é preciso memorizar estas equações, mas compreender a relação vai ajudar a solucionar problemas.

Por exemplo, vemos que:

- Adicionar absorção irá, obviamente, reduzir a reverberação e aumentar a distância crítica. Como alternativa, poderíamos reduzir os efeitos da reverberação apontando alto-falantes altamente direcionais para o público, mas longe das paredes e do teto.
- Por outro lado, o uso de fontes menos direcionais e/ou a menor absorção da sala (de preferência com muita difusão e um bom equilíbrio entre os tempos de decaimento primário e tardio) irão dar "ar" para o som e impedi-lo de se tornar muito "seco".

## Índice de Diretividade (DI)

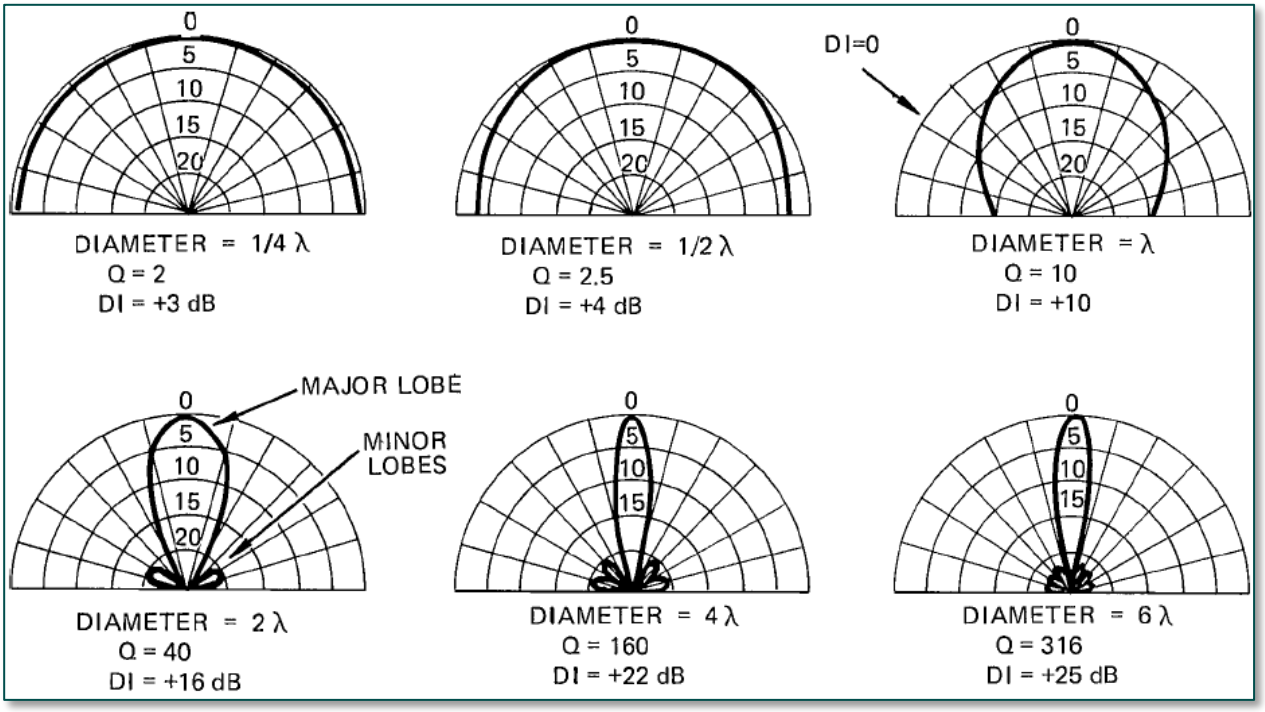
Um outro valor de diretividade que indica a concentração de potência irradiada em dB é o Índice de Diretividade (DI). Seu valor (em dB) é:

$$DI = 10 \times logQ$$

Assim, supondo que o ouvinte está no eixo, se Q = 2, DI = +3 dB; Se Q = 4, DI = +6 dB etc...

## Valores Q e DI na Prática

Grandes superfícies radiantes tendem a ser mais direcionais do que as pequenas. Boa soma em campo distante ocorre perpendicular (ao eixo) em grandes fontes, somas menos ideais ocorrem fora do eixo, devido às variações de fase entre as ondas que emanam de diferentes áreas da superfície. Isso pode causar lóbulos menores fora do eixo em algumas frequências e cancelamentos em outros.




*Cortesia: JBL Professional/Harman*

A ilustração acima mostra os padrões polares, mais o fator de diretividade (Q) relevante e o índice de diretividade (DI) de fontes sonoras tipo êmbolo montado em sonofletor (por exemplo, cones de alto-falantes rígidos) para vários diâmetros em relação ao comprimento de onda do som a ser produzido.

Lendo da esquerda para a direita, de cima para baixo, você pode entender como um aumento no diâmetro em frequência fixa para cada exemplo sucessivo... ou como um aumento na frequência em diâmetro fixo para cada exemplo sucessivo.

A coisa boa sobre o número do índice de direcionalidade DI é que ele pode ser usado em conjunto com o padrão polar de uma fonte (presumindo uma escala de nível em dB) para indicar o verdadeiro índice de direcionalidade para um ouvinte fora do eixo. Isso é mostrado na parte superior direita do exemplo acima. O DI no eixo é de +10dB, mas, no ponto fora do eixo (seta) a resposta polar é de 10 dB a menos em relação à posição no eixo. O DI no ponto fora do eixo indicado pela seta é o DI no eixo menos o valor fora do eixo – ou seja, DI fora do eixo é +10 dB - 10 dB = 0 dB.

## Arrays de Alto-Falantes Convencionais

Um array esférico de cornetas de alto-falantes de alta direcionalidade idênticas vai agir como um grande radiador esférico se forem utilizados os ângulos ideais dentro do gabinete. Observe, no entanto, que a direcionalidade geral do array tenderá a ser menor do que o das cornetas individuais em médias e altas frequências devido à cobertura geral mais ampla do array.

Em frequências mais baixas, no entanto, posicionar em array pode proporcionar maior controle do padrão, tornando o sistema acusticamente maior. As coisas podem ficar bastante complicadas e muito difíceis de prever – especialmente quando você leva em conta tolerâncias de fabricação, especificações

de alto-falante otimizado para um mercado, plantas do local imprecisas e sensibilidade de uma sala viva com alterações relativamente pequenas na forma e inclinação do array.

Softwares de previsão podem nos ajudar na nossa meta de design e certamente nos permite calcular os requisitos e orçamentos etc., mas precisamos do Smaart para verificar que os sistemas instalados estão de acordo com as especificações. A capacidade do Smaart de completar as medições revisadas – mesmo durante shows com o público no local, se necessário – faz com que ele seja uma ferramenta de verificação muito poderosa.

# "Line" Arrays

Deve se notar que o termo "line" array expandiu-se no uso popular nos últimos anos para se tornar um termo para um alinhamento relativamente longo, vertical do alto-falante – normalmente com apenas um gabinete de largura. Os fabricantes muitas vezes indicam que um sistema line array dará ao usuário um livro didático da radiação característica da fonte e muitos usuários presumem que vão se beneficiar de uma atenuação radial de 3 dB por duas vezes a distância em vez da dobra de 6 dB de um array convencional.

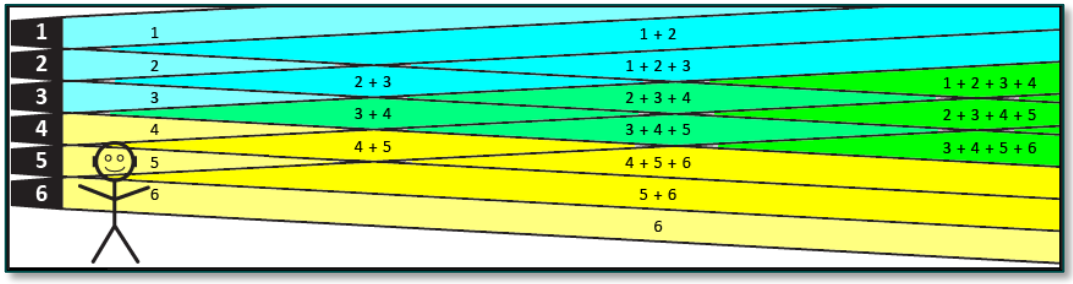
Na realidade, raramente há orçamento para uma coluna em linha reta, uma vez que teria que começar do chão até o assento mais alto. A maioria dos "line" arrays são muito mais curtos, por razões orçamentais e de segurança, assim, tem de ser progressivamente curvo de cima para baixo, a fim de cobrir a plateia do assento mais longe e mais alto, até as primeiras fileiras além da cobertura do front fill.

No entanto, o controle do padrão vertical da parte superior, mais reta pode ser firmemente controlada em médias e altas frequências. E, se mirar diretamente para o público, pode reduzir a excitação em paredes superiores e teto, reduzindo o nível de reverberação e aumentando a distância crítica.

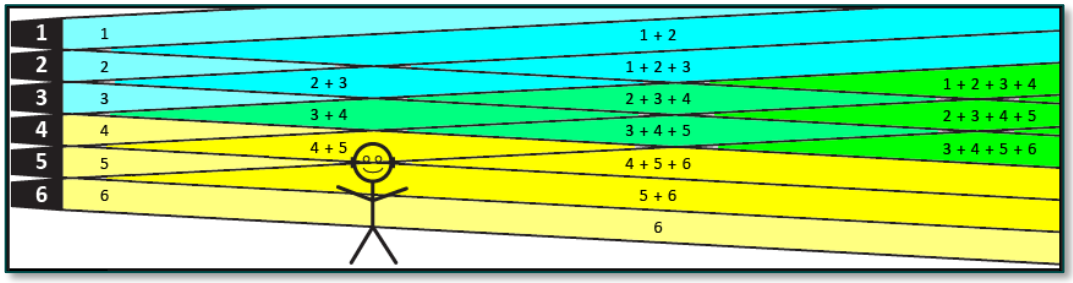
## Uma Observação sobre Ecos

A parte superior de um line array fornece alto controle do padrão médio-alto acima do array – minimizando a excitação direta no teto. No entanto, a taxa de atenuação radial baixa pode torna-los propensos a criar ecos muito audíveis de superfícies distantes se eles não estiverem direcionados precisamente.

Sempre use o gráfico linear (Lin) de IR do Smaart para verificar se há ecos pois eles podem frequentemente estar escondidos entre a reverberação difusa da sala – apenas para se tornarem audíveis, especialmente no palco, quando o público está no lugar e os níveis de energia reverberante caem.



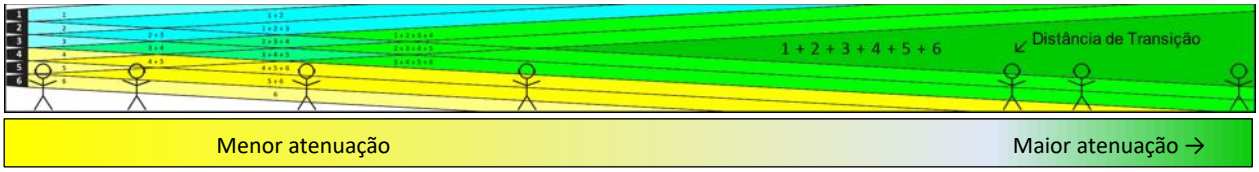

Uma maneira simples de compreender o efeito do line array em reduzir a atenuação radial de 6 dB por dobra da distância para, talvez, 3 ou 4 dB por dobra da distância em frequências médio-altas é imaginar um ouvinte muito perto de apenas uma corneta do array. Na figura acima, o ouvinte (vamos chama-lo Victor), ouve principalmente o elemento 5, com algumas pequenas contribuições dos outros elementos fora do eixo.




Cada elemento (#1-6) é uma fonte e que, se medida isoladamente, têm a característica de atenuação radial comum de 6 dB por dobra da distância. No entanto, quando Victor se move mais longe do elemento 5, ele começa a ouvir a soma vetorial dos elementos 4 e 5 de modo que a característica habitual de 6 dB por dobra é modificada pelo elemento extra entrando em jogo. Este fenômeno é semelhante ao efeito de proximidade, mencionado anteriormente, que ocorre perto de qualquer grande fonte sonora.

Como Victor continua se afastando ele então ouve a soma vetorial de mais e mais elementos e estes parcialmente compensam o habitual 6 dB por dobra da distância que cada elemento isoladamente teria. Victor vai ouvir esta região de baixa atenuação (3-4 dB por dobra da distância) sempre que houver elementos extra disponíveis.

No entanto, Victor acabará por ficar sem esses elementos extras e a característica de atenuação radial irá reverter para o habitual 6 dB por dobra da distância. Este ponto no caminho de Victor é chamado de *distância de transição* – ver ilustração seguinte.



Note que a distância de transição, para uma fonte de linha de verdade, é proporcional à frequência e ao comprimento da linha[2].

$$Distância\ de\ Transição = \frac{Comprimento\ da\ Linha^2\ x\ frequência}{2\ x\ velocidade\ do\ som}$$

Dado o fato da velocidade do som ser dependente da temperatura, as distâncias de transição para uma fonte em linha reta longa típico de 6m (~20 pés) a 20° C (68° F) será cerca de:

| Frequência | 200Hz | 400Hz | 800Hz | 1,6kHz | 3,6kHz | 7,2kHz |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Distância de Transição (pés) | 35,5 | 71,0 | 142 | 284 | 638,6 | 1277 |
| Distância de Transição (m) | 10,8 | 21,5 | 43,3 | 86,5 | 194,7 | 389,3 |

Isto sugere que a propagação de alta frequência seria muito eficiente. Mas, na prática, a energia das altas será reduzida significativamente por absorção do ar (até 0,1 dB/metro, pior caso) e, é claro, o acoplamento imperfeito em altas frequências, devido as possibilidades de posicionamento etc.

É especialmente importante lembrar que a distância de transição é proporcional ao quadrado do comprimento da linha se o equilíbrio espectral for mantido sobre uma área ampla. O comprimento da seção de linha reta (na parte superior da maioria dos arrays) tem de ser pelo menos 6% da distância máxima a ser coberta para vocais espectralmente equilibrados.

**P:** O que tudo isso tem a ver com a medição acústica da sala usando o modo de impulso do Smaart?

**R:** A capacidade do Smaart de medir fenômenos da sala “ao vivo” com a plateia presente significa que muitas vezes você vai ser solicitado para avaliar a acústica sob condições práticas, amplificadas do espetáculo utilizando um sistema de PA instalado. Muitos destes sistemas instalados serão “line” arrays – sejam apropriados ou não – e uma compreensão básica deles lhe permitirá fazer recomendações inteligentes.

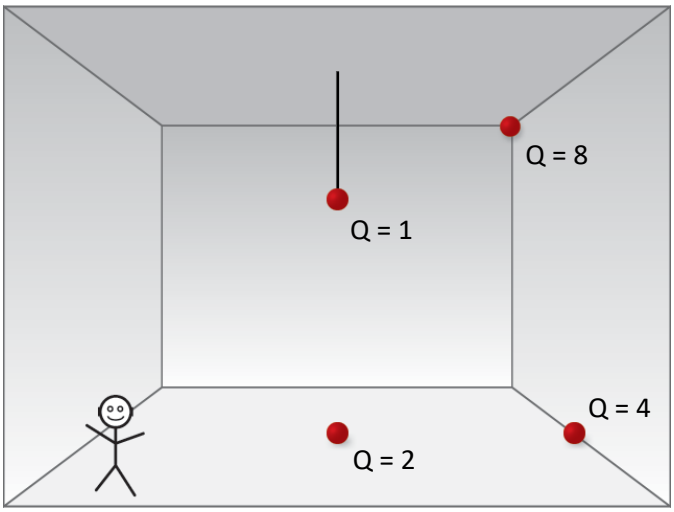
# Apêndice D: Efeitos de Superfície

## Fontes Acusticamente Pequenas

Fontes sonoras acusticamente pequenas são fontes cujas dimensões são pequenas em comparação aos comprimentos de onda sonora que produzem. Afastadas de superfícies, fontes acusticamente pequenas tendem a ser omnidirecionais.

Um único driver de 1m de um cubo de subwoofer seria um bom exemplo de uma fonte de som acusticamente pequena pois seu tamanho seria inferior a um quarto do comprimento de onda em frequências graves. Em 80Hz, por exemplo, o comprimento de onda seria pouco mais de 4m (~14 pés).

A diretividade eficaz de uma fonte acusticamente pequena tende a ser regida pelas superfícies locais. A ilustração mostra uma grande sala com algumas fontes acusticamente pequenas idênticas (esféricas em vermelho) em várias posições em relação às superfícies da sala. (Ignore o Victor. Ele está lá apenas para evitar ambiguidade 3-D .)




- A fonte que está pendurada no espaço livre tem um fator de Diretividade (Q) de 1 e irradia seu poder acústico esfericamente – para todo o espaço.
- A fonte no meio do piso (Q = 2) tem a sua potência acústica concentrada em um hemisfério. Ele irradia a mesma potência, mas concentrada em metade do espaço.
- A fonte no rodapé (Q = 4) tem a sua potência acústica concentrada em um quarto de esfera. Mais uma vez, irradia a mesma potência, mas, desta vez, concentrada em um quarto do espaço.
- E a fonte no canto traseiro (Q = 8) tem a sua potência acústica concentrada em uma oitava de esfera – irradiando a mesma potência, mas, desta vez, concentrada em um oitavo do espaço.

Níveis de pressão sonora/headroom no eixo em campo livre úteis aumentam, com respeito a Q = 1, se aproximarão de 6 dB por superfície:

- +6 DB para Q = 2 (metade do espaço)
- + 12dB para Q = 4 (um quarto do espaço)
- + 18dB para Q = 8 (um oitavo do espaço)

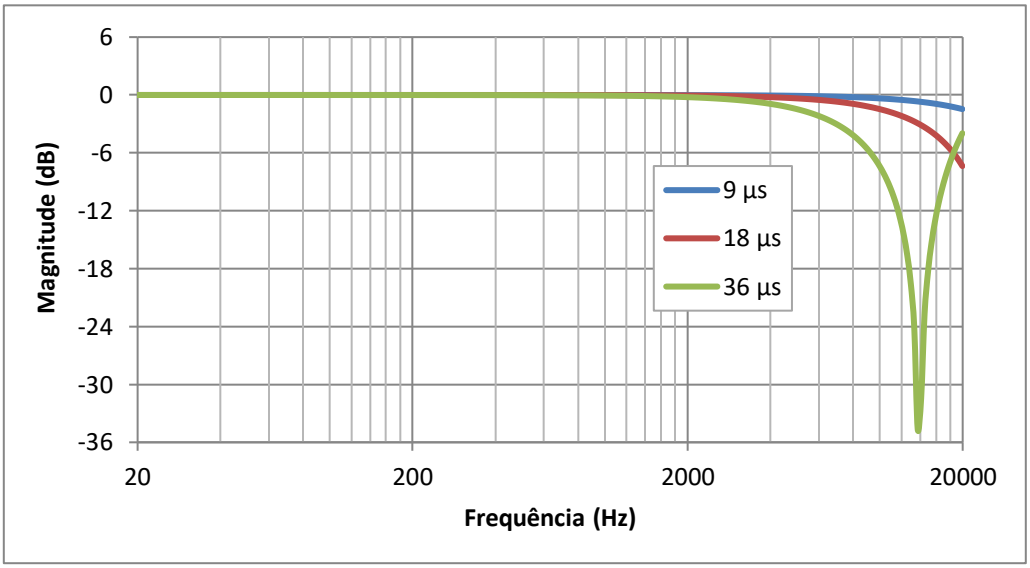
## Microfones Perto de Superfícies

Aumento de SPL similar aplica-se aos microfones de pressão se forem colocados acusticamente perto de uma superfície – ou seja, muito menos do que 1/6 do comprimento de onda mais curto de interesse. Em 1/6 de comprimento de onda, a "ida e volta" será de 1/3 do comprimento de onda, causando uma

diferença de 120° na fase e resultando em soma de ganho de unidade. Maior espaçamento causaria cancelamento parcial ou total e filtro pente.

Colocar uma cápsula de microfone no centro de uma grande superfície pode ser útil ao medir, por exemplo, sistemas de PA em uma sala vazia desprovida de assentos, como as características reflexivas do piso só serão visíveis como um aumento de 6 dB em nível geral.

O posicionamento do microfone em relação ao piso é crítico neste tipo de medição, pois a reflexão do piso ainda causa filtro pente. O objetivo do exercício é fazer o caminho da primeira reflexão tão curto, em relação ao caminho do som direto, a fim de empurrar o primeiro cancelamento no filtro pente resultante bem acima do espectro de audição. Se o caminho da reflexão do piso for alguns milímetros maior que o caminho do som direto, o primeiro cancelamento do filtro pente resultante será baixo o suficiente para produzir ao menos um filtro passa-baixas visível na oitava mais alta, ou mesmo um verdadeiro cancelamento dentro do espectro de audição.




O quadro acima mostra funções de filtro pente para reflexões de 9, 18 e 36 µs respectivamente, as quais devem equacionar com o tamanho do caminho refletido aproximadamente em uma oitava, um quarto e meia polegada (3, 6 e 12 mm) maior que o caminho do som direto. Uma estratégia comum para minimizar esse problema é deixar o corpo do microfone em cima de um cabo enrolado para que a

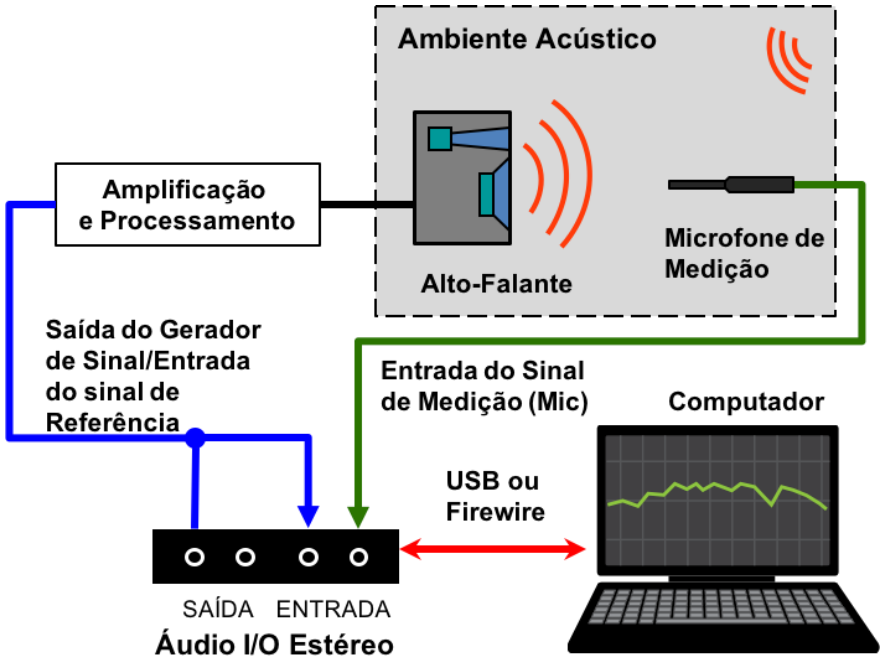
cápsula esteja de fato em contato com o chão ou quase. Pode ser desejável usar um microfone de diafragma pequeno para limitar ainda mais a máxima distância possível da reflexão do piso.

# Apêndice E: Configuração Comum de Equipamentos de Medição

A seguir estão alguns exemplos de diagramas de configuração de medição de função de transferência e IR em canal duplo no Smaart. Medições em canal duplo são feitas por comparação com um sinal de referência (entrada do sistema) e um sinal de medição (saída do sistema). Elas são uma ferramenta essencial para alinhar os sistemas de alto-falante, porque ao contrário de medições RTA em canal único e de "tempo-cego", medições em canal duplo podem mostrar a resposta da magnitude e fase de um sistema – ou seja, energia e tempo. Além disso, o mesmo par de sinais (de referência e de medição) pode ser utilizado para calcular a função de coerência, uma avaliação da linearidade de um sistema que pode fornecer pistas importantes sobre a relação sinal-ruído, reverberação e qualidade geral dos dados de medição.

## Áudio I-O Estéreo (2x2)

Neste exemplo, o gerador de sinal interno do Smaart é utilizado para excitar o sistema sob teste. O gerador de sinal é endereçado à saída 1 de um dispositivo de áudio de 2 entradas e 2 saídas denominados *Stereo Audio I-O* no diagrama abaixo. A interface de áudio está conectada ao computador via USB ou Firewire. A saída 1 na interface de áudio está ligada na entrada do sistema sob teste e também roteada de volta para a entrada 1 na interface de áudio usando um cabo Y (um loop com fio). A entrada 1 da interface de áudio será designada como o sinal de referência de uma medição função de transferência no Smaart. Um microfone de medição conectado na entrada 2 da interface fornece o sinal de medição.




Ligações básicas e roteamento devem ser praticamente as mesmas para qualquer interface de áudio que você possa encontrar. Nós compreendemos que você conheça os cabos de áudio e saiba fazer as

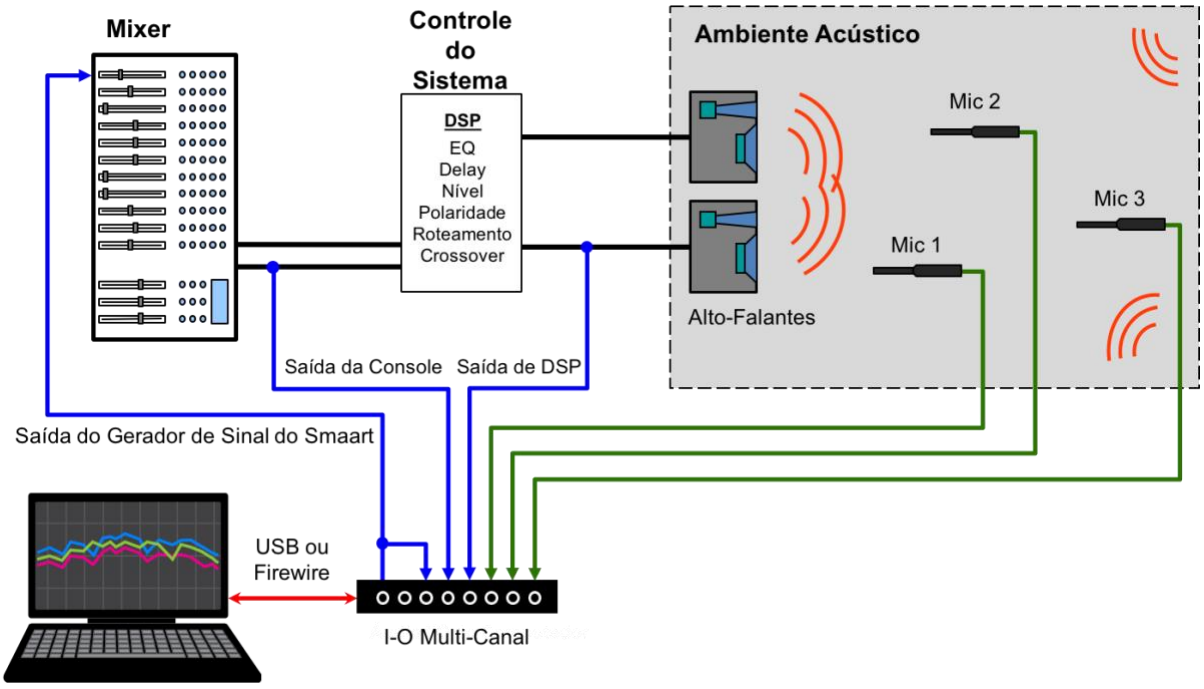
conexões necessárias para ligar o seu equipamento. Note que a interface de áudio neste caso poderia ser concebivelmente a entrada de linha estéreo e saída de fone embutida no computador em conjunto com um microfone de medição autoalimentado ou pré-amplificador de microfone externo com phantom power e um pouco de cabeamento criativo.

# I-O Multicanal

Na versão 7, o Smaart apresentou a capacidade de executar e exibir o quanto de medições simultâneas em tempo real de espectro e de função de transferência que seu computador pode aguentar. Ter uma interface multicanal permite configurar vários microfones para comparar posições de medição diferentes em tempo real, sem ter que ir de um lugar a outro. Esta pode ser uma enorme vantagem quando se trabalha com sistemas de som maiores e mais complexos.

## Interfaces Stand-Alone Tradicionais USB/FireWire

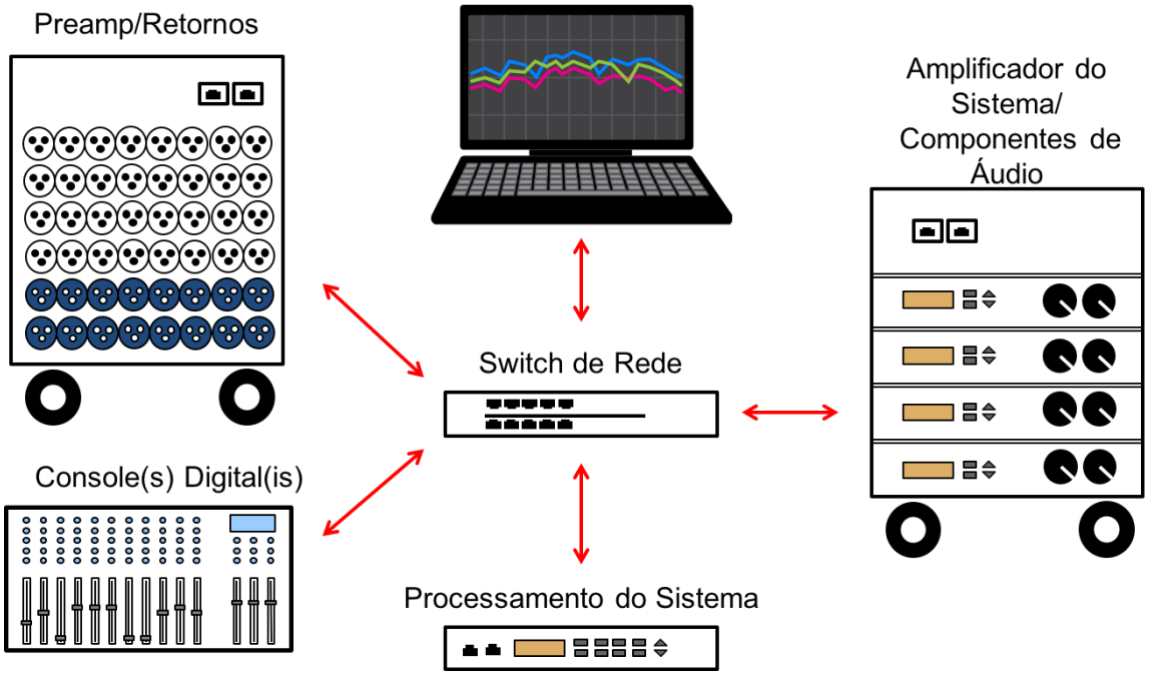
Oito canais, acomodados no espaço de um único rack são um fator de forma comum de interfaces de áudio multicanal. O formato de espaço de rack único torna a portabilidade em um case, ou em sua mochila, igualmente viável. Além de posicionar mais microfones, ter mais entradas de áudio no computador permite que você acesse vários pontos eletrônicos de medição em um sistema.




No diagrama acima, temos configurados três microfones de medição, juntamente com pontos de medição eletrônicos pré-processamento e pré-falante do sistema. Há também um loop com fio pré-console. A saída da console e saída DSP (*Console Out* e *DSP Out*) podem ser usadas como sinais de referência que permitem isolar a resposta do sistema pós-console ou pós-DSP. Como alternativa, elas podem ser usadas como sinais de medição para análise da console, EQ, ou resposta de crossover no Smaart.

## Áudio I-O em Rede

A capacidade de digitalizar um sistema de áudio de ponta-a-ponta, desde os pré-amps do palco, até o(s) sistema(s) de alto-falante tornou-se uma realidade nos últimos anos. Em alguns sistemas de som profissionais, os únicos sinais analógicos presentes são dos microfones para os racks de conversão, onde eles são digitalizados e, em seguida, distribuídos onde for necessário, através da rede.




Neste cenário, tudo que você pode precisar em termos de hardware I-O de áudio para o Smaart é uma maneira de conectar seu computador à rede. Usando o protocolo de rede Audinate® Dante® como um exemplo, uma única conexão ethernet do seu computador faz com que qualquer sinal de qualquer fonte conectada em qualquer lugar na rede esteja potencialmente disponível para análise no Smaart e permite enviar sinais de teste do Smaart para qualquer destino na rede que for capaz de receber um sinal de entrada. O aplicativo do software da placa de som virtual Dante apresenta um grupo selecionado de sinais de áudio da rede para o Smaart como um dispositivo multicanal padrão ASIO ou CoreAudio. O Smaart vê o dispositivo I-O virtual, assim como faria com qualquer dispositivo de áudio I-O USB ou Firewire conectado localmente. Sinais de áudio selecionados da rede aparecem como canais de entrada no dispositivo I-O virtual e o gerador de sinal do Smaart pode ser endereçado aos seus canais de saída. Roteamento é feito dentro do aplicativo Dante Controller.

Audinate e Dante são marcas registradas da Audinate Pty Ltd.

# Apêndice F: Licença e Instalação

O sistema de licença implantado com o Smaart v.8 oferece maior controle de seus sistemas ativados do que qualquer versão anterior do Smaart. As informações contidas nesta seção podem lhe ajudar a dominar as ferramentas de gerenciamento de licenças no Smaart e no nosso site para que você possa passar mais tempo medindo o som e menos tempo lidando com licenciamento. Se não encontrar as respostas que estiver procurando aqui, sinta-se à vontade para enviar um e-mail para: suporte@smaart.com.br.

## my.RationalAcoustics.com

Depois de comprar o Smaart v8, você receberá um e-mail (ou CD-ROM) que contém o código de licença do Smaart e os instaladores do programa. Antes de instalar o Smaart, pela primeira vez, você deve criar uma conta em http://my.RationalAcoustics.com/ (se já não tiver uma).

Quando já tiver uma conta, você pode registrar sua licença, clicando no botão "*Register a new Smaart license*" na página *Account Details*, ou instalando e ativando o Smaart (via "*Activate Online*") em um computador usando o seu novo número de licença e seu login da conta.

## Instalação do Smaart v8

Os instaladores do Smaart funcionam como qualquer outro instalador em sistemas operacionais Windows e Mac. Os mesmos instaladores podem ser usados em ambos os sistemas operacionais de 32 bits e 64 bits.

### Instalação do Software no Windows®

A instalação inicial do Smaart v8 no sistema operacional Windows é feita usando um programa de instalação que funciona muito como praticamente qualquer outro programa de instalação do software para Microsoft Windows. Note que no Windows 7 e sistemas mais recentes é necessária a permissão de administrador para executar a instalação. Fora isso, você só precisa ler e concordar com o Contrato de Licença de Usuário Final (EULA), confirmar a seleção da pasta onde o programa será instalado, e escolher se quer ou não que o programa de instalação crie um atalho para o Smaart em seu Área de Trabalho.

### Instalação do Software no Mac OS X®

O Smaart v8 para Mac OS X é fornecido sob a forma de um pacote de aplicativos Mac, por isso a instalação é simplesmente uma questão de arrastar o ícone do Smaart v8 para sua pasta Aplicativos. Note que o Smaart v8 é distribuído em um arquivo de imagem de disco que requer que você concorde com o Contrato de Licença de Usuário Final (EULA) antes de poder acessar o software. Depois de ter lido e concordado com o EULA, você pode arrastar o ícone Smaart v8 para a pasta Aplicativos.

## Ativando uma instalação

Quando você executa o Smaart, pela primeira vez, uma tela de ativação será exibida. Você precisa ativar sua instalação antes de poder utilizar o software.

Há quatro requisitos básicos para ativar a instalação do Smaart v8:

- Um código de licença Smaart v8 válido (XXXXXX-XXXXXX-XXXXXX).
- Uma conta de gerenciamento de licenças em my.RationalAcoustics.com
- Um ou mais pontos de instalação disponíveis em sua licença.
- Acesso à Internet no (ou perto do) computador que você está tentando ativar.

## Ativação Online

Se o Smaart detectar uma conexão com a internet, a solicitação de ativação online irá aparecer e você pode ativar sem sair do programa. Você vai precisar de seu código de licença Smaart v8 alfanumérico de 18 dígitos e suas informações de login em my.RationalAcoustics.com para concluir a ativação online.

## Ativação Off-line

Se você precisa ativar o Smaart em um computador que não está conectado à Internet, você pode registrar manualmente o Machine ID do Smaart de sua conta em my.RationalAcoustics.com.

Abra o Smaart no computador que não está conectado à internet e o Smaart Machine ID será exibido na primeira tela que surgir. Clicar no Machine ID irá copiá-lo para a área de transferência.

De qualquer computador/dispositivo que estiver conectado à Internet, abra um navegador da web, vá até http://my.RationalAcoustics.com, e faça login em sua conta de gerenciamento de licenças

Uma vez logado, clique no link **Your Software Licences** no topo da página para visualizar suas licenças Smaart registradas. Se sua licença não estiver aqui, pode não estar registrada. Neste caso, clique em **Register a new Smaart license** na parte superior da página para prosseguir.

Clique no seu código de licença v8 e você será levado a uma página onde você pode ver o número total de instalações permitidas em sua licença, o número de instalações que você usou e quantas ainda estão disponíveis.

Supondo que você tenha pelo menos um local de instalação disponível, clique no botão **Register a new Installation**. Em seguida, digite seu Machine ID, o nome e endereço de e-mail que você deseja associar a esta instalação e um apelido para identificar o computador. Há também um campo para um Código de Bloqueio, que você pode ignorar a menos que esteja reativando uma instalação em um computador que foi desativado anteriormente (mais sobre isso abaixo).

Quando terminar de digitar as informações necessárias, clique no botão **Submit** para obter o seu código de ativação. Volte para o Smaart em sua máquina off-line, digite o código de ativação e clique no botão **Activate**. Se o código estiver correto, você verá uma mensagem de sucesso.

### *Uma observação sobre as licenças de propriedade de empresas*

Para organizações com licenças multiusuário, a ativação off-line permite que os usuários executem as suas próprias instalações de software sem expor as credenciais necessárias para administrar a licença.

Uma vez que os usuários instalam o Smaart, eles podem clicar em “off-line activation” e enviar o seu Machine ID para o administrador da conta, que pode, então, registrar o Machine ID na licença Smaart através de my.RationalAcoustics.com e enviar o código de ativação fornecido de volta para o usuário.

# Desativar

O sistema de licenciamento do Smaart V8 é equipado com um recurso de "Desativar" que lhe permite recuperar um local de instalação se um computador está sendo aposentado, temporariamente substituído ou reformatado. Se o seu sistema de arquivos está sendo migrado ou copiado para uma imagem de disco, há algumas considerações importantes a fazer no que diz respeito ao licenciamento do Smaart, por favor, consulte a seção sobre o *Time Machine, utilitários de migração e software de clonagem* antes de desativar. Se você estiver atualizando seu sistema operacional, por favor, leia a seção intitulada *Atualizar o Sistema Operacional ou Principais Componentes do Sistema.*

## Mover o Smaart para um novo computador - ou - Reformatar seu Sistema Operacional

Se você precisa mover o Smaart de uma máquina para outra, ou se você está aposentando um computador antigo, você precisará desativar (ou "Bloquear") sua instalação atual. Desativar uma instalação a torna inutilizável nessa máquina até/a menos que seja reativada.

Se reformatar completamente o seu computador, você deve desativar o Smaart primeiro para recuperar o seu local de instalação. Se você planeja usar o **Time Machine**, utilitários de migração, ou qualquer tipo de software de clonagem para mover seu sistema de arquivos para uma nova máquina (ou novo disco rígido), por favor consulte a seção apropriada aqui.

Para desativar uma instalação do Smaart v8 vá até a janela "About" do programa e clique no botão **Deactivate Installation**.

Depois de clicar no botão de desativação e confirmar que você realmente deseja desativar, o Smaart tentará entrar em contato com o nosso servidor e completar a desativação. Se a tentativa for bem-sucedida, então você não precisa fazer mais nada. Se o Smaart não puder entrar em contato com o nosso servidor, você verá uma tela semelhante à mostrada abaixo.

Se o Smaart não pôde se conectar ao nosso servidor web, anote o Código de Bloqueio e Machine ID, em seguida, abra um navegador da Web e vá para my.RationalAcoustics.com para completar a desativação.

O processo é o seguinte:

1. Entre na sua conta em my.RationalAcoustics.com e clique no link para "*Your Software Licences*" na barra de navegação no topo da página.
2. Clique no seu número de licença Smaart v8 e encontre o Machine ID que você deseja desativar na sua lista de instalações atuais.
3. Clique em **Release** na coluna *Actions*.
4. Digite o código de bloqueio do Smaart juntamente com o seu nome e e-mail nos campos fornecidos e clique no botão **Submit**. Suas instalações disponíveis vão aumentar em 1 após uma desativação bem-sucedida.

Observe que o seu Machine ID e Código de Bloqueio também são exibidos na tela de ativação que aparece se você tentar executar o Smaart novamente após a desativação. Se você inadvertidamente fechou a tela acima sem gravar os números ou se você anotou um deles incorretamente, você pode

sempre os ver novamente. Recomendamos não desinstalar o Smaart na máquina desativada até que você tenha confirmado a desativação.

### Time Machine, Utilitários de Migração ou Software de Clonagem

Se você pretende restaurar um ambiente de backup – OS, software, etc. – para um disco rígido novo ou reformatado, ou migrar seus arquivos e software para um novo computador usando uma ferramenta de migração de sistema, é extremamente importante que você faça a sua imagem de backup ou copie seus arquivos para o novo computador ou unidade de disco antes de desativar o Smaart. Depois de ter feito a imagem de backup, ou migrado arquivos para o novo disco rígido/computador, volte e desative o sistema antigo. Isto assegura que a desativação não seja transferida para a nova unidade de disco rígido ou novo computador. Se você rodar o Smaart no novo disco rígido/computador e encontrar um "erro 523", por favor consulte a seção intitulada *"Reativação após restauração de um backup ou migratórios"*

### Atualizando seu Sistema Operacional ou Principais Componentes do Sistema

Se você pretende atualizar seu sistema operacional (**Win 7→Win 10**, **10.8→10.10** etc.), mas está mantendo o sistema de arquivos intacto (sem reformatação), *-ou-* se você estiver substituindo os componentes principais do sistema, tais como a RAM, placa de vídeo ou placa mãe, é melhor deixar o Smaart ativado e enviar um e-mail se você tiver quaisquer problemas (suporte@smaart.com.br).

## Reativação

### Reativar o Smaart em um Computador Desativado

Quando você tentar executar o Smaart em uma máquina que foi desativada, você verá uma tela muito parecida com a tela de ativação original mostrada anteriormente neste documento, mas com o acréscimo de um código de bloqueio.

Se você ainda não fez quaisquer mudanças no disco rígido ou no sistema operacional do computador desde a desativação, o processo de reativação do Smaart é idêntico ao processo de ativação inicial, se você optar por usar a opção “Activate Online”.  Se você estiver reativando um computador que não está conectado à internet, você vai seguir os passos acima para ativar offline, mas, além de seu Machine ID, você também vai precisar inserir o código de bloqueio listado na primeira tela de ativação. Depois de enviar as informações necessárias, você receberá um novo código de ativação para reativar o Smaart.

### Reativar após restauro de arquivos de backup ou migratórios

Se estiver ativando uma instalação que foi restaurada de um backup ou migrada de outra máquina, o processo é essencialmente o mesmo que uma nova instalação.

Se receber o **Error 523** ao tentar ativar, precisa apagar o arquivo *Ticket* antigo (arquivo de licenciamento) para voltar para a tela de ativação inicial no Smaart.

A localização do arquivo ticket do Smaart v8 depende da versão do sistema operacional, por favor, procure por seu sistema operacional na lista abaixo para saber o caminho apropriado do arquivo. Após excluir o Ticket, inicie o Smaart. Se for solicitado restaurar um arquivo ausente, clique em "No". Quando a janela de ativação aparecer, tente ativar novamente.

**Mac OSX:** (harddrive)\Users\Shared\Ticket\Smaart8.ticket

**Windows Vista\ 7\8\10:** C:\Users\Public\Ticket\Smaart8.ticket

Se você encontrar quaisquer problemas de licenciamento, por favor acesse o site smaart.com.br, vá na aba “suporte Smaart Brasil” e preencha o formulário “Solicitação de Resolução de Conflito de Machine ID ou Remoção/Inclusão de Instalação”. Ou envie e-mail para suporte@smaart.com.br

## Glossário de Instalação e Ativação

**Arquivo Ticket** — Um arquivo que contém informações de licenciamento de um computador específico em que o Smaart está instalado. O arquivo Ticket só pode ser lido pelo sistema de licenciamento do Smaart. Nunca apague o arquivo ticket do seu computador a menos que seja instruído a fazê-lo, quer por instruções encontradas neste documento ou por um técnico de suporte da Rational Acoustics.

**Ativação** — O processo de validação de licença. Após a instalação, o Smaart abrirá o assistente de ativação, que irá apresentar opções de ativação online e offline. Cada ativação usará um local de instalação em sua licença. Note que se você tiver uma máquina virtual ou vários sistemas operacionais instalados na mesma máquina, cada sistema operacional em que você instale o Smaart exigirá uma ativação separada.

**Código de Ativação** — O código que ativa o Smaart, seja inicialmente, ou após uma desativação anterior. Este código pode ser obtido ao registrar manualmente o Machine ID através da interface web em my.rationalacoustics.com. Se você já tiver ativado o Smaart, o código de ativação pode ser encontrado clicando no Machine ID apropriado na sua página de licença v.8 em my.rationalacoustics.com.

**Código de Bloqueio** — O código obtido se o Smaart não pode comunicar uma tentativa de desativação com o nosso servidor web. O código de bloqueio pode ser usado para “liberar” manualmente um Machine ID de sua licença. Se você tentar ativar uma instalação desativada anteriormente, você precisará usar o código de bloqueio para obter um novo código de ativação da my.rationalacoustics.com.

**Código de Licença** — O número alfanumérico de 20 dígitos que identifica sua licença do Smaartv.8. Esta licença é registrada na sua conta em my.rationalrcoustics.com, o que lhe permite baixar instaladores e ativar instalações.

**Desativar** — O processo de desativação de sua instalação do Smaart para retornar a um local de instalação para a sua licença. A desativação deve ser realizada se um computador estiver sendo aposentado ou reformatado, ou se o limite de instalação para a sua licença foi atingido e você gostaria de ativar em

| | |
|---|---|
| | uma máquina diferente. Se o seu computador for roubado, por favor contate support@rationalacoustics.com e vamos remover manualmente (destruir) o Machine ID do equipamento roubado de suas licenças. |
| **Instalação** | O processo de baixar o arquivo de instalação do Smaart e usá-lo para instalar o Smaart em seu computador. A instalação deve ser concluída antes que o Smaart possa ser ativado. |
| **Machine ID** | O número único atribuído à configuração do seu computador pelo Smaart. Se o Smaart ainda não estiver ativado, o Machine ID do seu computador pode ser encontrado na primeira tela do assistente de ativação que aparece quando você executar o Smaart pela primeira vez após a instalação. Se o Smaart for ativado, o ID da máquina pode ser encontrado no menu “About”. Cada Machine ID único pode ser ativado/desativado até 9 vezes antes de atingir seu limite. |
| **my.rationalacoustics.com** | O gerenciamento de licenças da Rational Acoustics para o registo do Smaart fornece um local on-line central para gerenciar suas instalações de licença(s) do software Smaart e instalações. |

# Apêndice G: Formatos de Arquivo de Texto para Importar ASCII

O Smaart usa arquivos de texto ASCII para importação e exportação de dados no domínio da frequência em vários contextos diferentes. Do lado das exportações, quaisquer traços de dados de espectro ou função de transferência capturados podem ser copiados para a área de transferência do sistema operacional como uma tabela de texto ASCII, adequados para colar em uma planilha ou salvar em um arquivo de texto para importação para outros programas. Smaart também pode importar dados de arquivos de texto ASCII como curvas de calibragem de microfone, curvas alvo para display de espectro de bandas, curvas de ponderação para todos os tipos de medições no domínio da frequência, ou espectro estático ou função de transferência de traços de dados estáticos (traços de referência). Com a exceção de curvas alvo RTA, os mesmos formatos básicos de arquivo de texto são usados em todos os casos. Curvas alvo são semelhantes, mas têm um formato de cabeçalho específico (ver Curvas Alvo na página 89 para mais detalhes).

O requisito mínimo para a importação de qualquer tipo de curva é um valor de frequência em Hertz e um valor de magnitude em decibéis por linha, separadas por uma vírgula ou um caractere de tabela – estes são comumente referidos como valores separados por vírgulas (CSV) ou texto separado ou separado por aba. Ao criar um novo traço de dados de função de transferência a partir de um arquivo de texto, o Smaart vai procurar uma terceira coluna que contém dados de fase em graus e importá-lo, se for encontrado, mas isto é na verdade opcional. Em qualquer caso em que um arquivo de texto contém colunas adicionais não exigidas para uma dada operação de importação, elas são simplesmente ignoradas. O Smaart também irá ignorar linhas em branco e qualquer linha que começa com um ponto e vírgula (;) ou um asterisco (*), e assim estas podem ser utilizadas para adicionar comentários, títulos ou espaços de linha para ajudar a tornar os arquivos de dados mais legíveis.

### Valores Separados por Vírgula (CSV)

```
* Resposta do microfone em campo
livre
* Sensibilidade: 6.27 mV/Pa @1kHz

*Freq, Mag (dB)
10.00, -2.22
10.40, -1.90
10.82, -1.84
11.26, -1.73
11.71, -1.51
12.18, -1.43
12.68, -1.47
13.19, -1.28
13.72, -1.08
14.27, -1.05
```

### Texto separado por aba

```
; Resposta do Microfone em campo
livre
; Sensibilidade 6.27 mV/Pa @1kHz

;Freq → Mag (dB)
10.00 → -2.22
10.40 → -1.90
10.82 → -1.84
11.26 → -1.73
11.71 → -1.51
12.18 → -1.43
12.68 → -1.47
13.19 → -1.28
13.72 → -1.08
14.27 → -1.05
```

*Os dois formatos de tabelas de texto mostrados acima são funcionalmente idênticos para efeitos de importação. O Smaart aceitará qualquer estilo de formatação para importação como curvas de ponderação,*

*curvas de calibração de microfone, ou traços de dados estáticos de espectro e função de transferência (traços de referência).*

Ambos formatos de arquivo CSV e ASCII separados por abas são amplamente utilizados para a troca de dados entre muitos tipos diferentes de programas de computador, o que significa que arquivos .csv ou .txt de outros programas de áudio e acústica muitas vezes podem ser importados para o Smaart com pouca ou nenhuma modificação. No máximo, um pouco de edição manual ou uma busca e substituição em um editor de planilha ou texto pode ser necessária.

Por favor observe que o Smaart *não* suporta vírgulas como pontos decimais em funções de importação de dados ASCII. Se você tem um arquivo de dados com valores fracionários escritos usando vírgulas como pontos decimais, você vai precisar substitui-las com pontos antes de importar os dados para o Smaart.

# Traços de Dados de Espectro e Transferência

Traços capturados de espectro e de função de transferência no Smaart (muitas vezes chamados traços de referência) são arquivados na forma de dados brutos FFT ou MTW, o que significa que quando você importar dados de um arquivo de texto como um traço de dados arquivado, você está essencialmente criando um traço FFT ou MTW. A curva importada pode ser calculada com outros traços do mesmo tipo, somada a bandas de oitava fracionárias (no caso de um traço RTA) ou função de transferência suavizada como faria com qualquer outro traço. Isso traz algumas possíveis complicações que você precisa ter em mente.

## Importar Traços de Dados de Espectro

Ao importar um novo traço de dados de espectro de um arquivo de texto (ao selecionar *More>ASCII Import* na Barra de Dados do espectro), será solicitado escolher um tamanho de FFT e taxa de amostragem que irá determinar o espaçamento do novo traço de dados de frequência. Todos os pontos de dados de frequência para o tamanho da FFT selecionada serão criados, independentemente do arquivo sendo importado conter dados para todas as frequências. O Smaart interpolará automaticamente quaisquer faixas de frequência faltando de quaisquer coordenadas fornecidas.

Infelizmente, isso significa que se você tentar importar dados de oitava fracionada como um traço de espectro, a curva no Smaart terá um slope ascendente em um display de espectro em bandas a uma taxa de 3 dB por oitava, em relação à original. É tecnicamente possível prever valores de magnitude de oitava fracionada para que os dados da curva importados se somem aos valores fracionários adequados, mas é normalmente necessário um ajuste fino e a curva resultante pode não funcionar perfeitamente para cada configuração de display de oitava fracionada.

Se o objetivo do exercício é obter uma curva alvo de referência na tela, a melhor opção seria usar a opção curvas alvo do Smaart, que simplesmente desenha uma curva nos displays RTA de oitavas fracionada sem importa-la como um traço de dados RTA. Para mais informações, consulte o tópico sobre *Curvas Alvo* no Capítulo 4, a partir da página 89.

## Importar Traços de Dados de Função de Transferência

Ao importar os dados de traços de função de transferência de um arquivo ASCII, o Smaart pode importar dados de magnitude em decibéis e os dados de fase em graus. Fase é opcional. A função de importação ainda irá funcionar apenas com coordenadas de frequência e magnitude.

Tal como acontece com as importações de dados de espectro, você deve selecionar um tamanho alvo de FFT (ou resolução de MTW) para os dados importados e quaisquer pontos de dados ausentes são interpolados a partir de quaisquer coordenadas fornecidas. A única ressalva neste caso é que o Smaart 8 não importa dados de coerência de arquivos ASCII. Exportar ASCII no Smaart incluem a coerência, mas o Smaart não vai importar dados de coerência de arquivos ASCII, devido a questões sobre a validade dos valores de coerência interpolados.

```
; Exemplo de Formato de
Importação de ASCII ; Para
Dados de Função de
Transferência
; (Delimitado por Aba com
Fase)
;
;Freq → Mag dB → Fase
2.92 → -10.23 → -13.31
5.85 → -11.26 → -85.54
8.78 → -8.67 → -178.93
11.71 → -2.29 → 85.36
14.64 → -0.23 → -4.08
17.57 → -1.29 → -56.84
20.50 → -5.86 → -144.01
23.43 → -6.98 → -65.06
```

# Índice


***(***

(Medições de espectro em)
  Bandas de Oitavas e Oitava Fracionada, 15

***A***

A Barra de Abas, 29
A Barra de Comando, 39
Absorção do Ar, 192
Ajuste de Equalização para um Alto-Falante, 134
ALCons, 172
  Thresholds Qualitativos, 173
Alerta de Pico (Peak Hold), 97
Alternar Comparação Rápida, 89
Alto-falantes Direcionais e Tempo de Reverberação, 181
Âmbito e Finalidade deste Guia, 1
Amplitude Linear, 13
Análise de Dados de Resposta ao Impulso, 152
Análise de Domínio do Tempo, 153
Análise do Domínio do Tempo e Domínio da Frequência, 5
Análise Espectrográfica de uma Resposta ao Impulso, 168
Análise no Domínio da Frequência, 164
Anatomia de uma Resposta ao Impulso Acústica, 139
Apertar o botão e fazer a medição, 187
API
  Janela do Cliente, 94
  Preparação de Cliente e Servidor, 92
Área Gráfica, 73
Área Gráfica Principal, 73, 145
Ativação
  Off-line, 208
  Online, 208
Áudio em Rede, 205
Áudio I-O, 204
  Configuração de Canais de Entrada e Saída, 52

***B***

Bandeamento, 75
Barra de Abas, 72
Barra de Comando, 78, 148
  Configuração, 39
Barra de Controle, 75
Barra de Controle de Função de Transferência, 113
Barra de Dados, 78
  Pasta de Sessão, 84
Biblioteca de Dados, 83
Botão All Bands, 148
Botão de Espectro, 78
Botão de Impulso, 78
Botão de Live IR, 78
Botão de Transferência, 78
Botão Schroeder, 148
Botão T60, 148
Botão Tempo Real, 148

***C***

Cálculo de Média, 17
  Cálculo de Médias ao Vivo, 50, 61
  Espacial, 19
  Média de Potência vs. Decibel (dB), 19
  Polar vs. Complexa, 18
  Seletor (Barra de Controle), 75
  Sobre Tempo (Temporal), 17
Cálculo de Média de Traço de Dados Capturados, 86
Cálculo de Médias ao Vivo, 50, 61
Calibração
  Calibração Baseada em Sensibilidade de Microfones, 71
Calibração com um Calibrador de Nível Sonoro, 69
Calibração de Nível Sonoro, 69
Calibração de SPL, 69
  Calibração Baseada em Sensibilidade de Microfones, 71
Capturar Comparação Rápida, 89
Causas da Má Coerência, 127
  Problemas com o sistema de medição, 127
  Reverberação, 128
  Ruído Ambiente, 128
Chegada de Som Direto, 140
Coeficientes de Absorção, 192
Coeficientes de Absorção de Materiais, 192
Coerência, 125, 133
  Ponderação, 20
Como utilizar este Guia, 2
Comparação de Traços de Fase, 122
Comparação Rápida, 89
  Alternar, 89
  Capturar, 89
Compensação de Delay, 116, 187
Conffiguração de API, 93
Configuração da Barra de Comando, 39
Configuração de Canais de Entrada e Saída, 52
Configuração de Dispositivos de Entrada e Saída, 51
Configuração de Entradas e Saídas de Áudio, 51
Configuração de Equipamentos de Medição, 204

Configuração de Medição, 54
Controle Estrutural, 54
Exibição em Abas, 55
Função de Transferência, 114
Medições de Espectro, 57
Medições de Função de Transferência, 59
Tabela de Medições, 55
Configuração de Medição de Função de Transferência, 114
Configuração de Medição e Exibição de Canal Duplo, 113
Configuração de Rede, 93
Configuração de Sistema, 204
Configurações de Display de Frequência, 150
Configurações de Display no Domínio do Tempo, 150
Configurações de Display RTA, 104
Configurações de Entrada
Espectro, 58
Função de Transferência, 60
Configurações de Filtro, 150
Configurações de Medição de Espectro e Função de Transferência, 57
Configurações do Espectrógrafo, 105, 151
Configurações do Histograma, 151
Configurações Globais de Espectro, 58
Configurações Globais de Função de Transferência, 60
Configurações Gráficas, 131
Controle Estrutural, 54
Controles de Bandeamento, 96
Controles de Gerador de Sinal (Barra de Controle), 77, 147
Controles de Gráfico, 30
Controles de Média e Bandeamento, 96
Controles de Medição ao Vivo, 75
Controles do Display Principal (Barra de Controle), 78
Controles Secundários de Gráfico, 30
Cursor do Mouse Segue Dados, 32
Cursores Travados, 33
Curva de Ponderação
Exportar, 88
Curva de Tempo de Energia (ETC), 155
Curvas Alvo, 89
Formatação de Arquivo, 90
Curvas de Correção de Microfone, 54
Curvas de Ponderação, 87
Excluir, 88
Importar, 88
Personalizadas, 88

***D***

Decaimento Primário, 140
Decibéis (dB), 14
Delay de Grupo, 125
Delay de Propagação, 140
Delay Finder, 116
Delay Tracking, 118
Detecção de Presença de Sinal para Medições IR, 130
DFT, 6
Diagramas de Configuração, 204
Diálogo Trace Info, 84
Display de Fase Não-Envolto, 123
Display em Domínio de Tempo Linear, 154
Display Histograma, 163
Display Logarítmico do Domínio do Tempo, 153
Dispositivos de Entrada e Saída
Configuração de, 51
Distorção e Sobrecarga, 105
Distribuição da Área Gráfica, 29
Dois Modos Distintos de Medição e Análise, 28

***E***

Early Decay Time (EDT - Tempo de Decaimento Primário), 142
Ecos, 198
EDT, 142, 159
Efeitos de Superfície, 201
Elementos Comuns de Interface de Usuário, 28
Escala Linear e Logarítmica, 11
Escalas de Frequência Linear e Logarítmicas, 12
Espectrógrafo, 99, 166, 167
Alcance Dinâmico, 101
Examinando Padrões de Interação, 111
Tamanho de Buffer e Altura de Faixa, 102
Tempo Real, 100
Espectrógrafo em Tempo Real, 100
Espessura de Linha, 34
ETC, 155
Examinando Padrões de Interação com o Espectrógrafo, 111
Exemplos de Aplicação
Ajuste de Equalização para um Alto-Falante, 134
Distorção e Sobrecarga, 105
Examinando Padrões de Interação com o Espectrógrafo, 111
Identificação de Microfonia, 109
Exibição em Abas, 55
Exportar como Curva de Ponderação, 88
Extensão Dinâmica do Espectrógrafo, 168

***F***

Fase
Comparação de Traços, 122
Não-Envolto, 123
Fase como Delay de Grupo, 125
Fator de Diretividade (Q), 195

FFT, 6
Filtro Passa-Bandas, 156
Filtros, 147
Filtros Passa-Bandas, 147
Fontes Acusticamente Pequenas, 201
*Formatos de Arquivo de Texto*, 87, 213
Formatos de Arquivo de Texto ASCII, 213
Frequência de Corte de Schroeder, 193
Full Scale (dB FS) versus Full Scale, 3
Função de Transferência Configurações Gráficas, 131

***G***

Gerenciamento de Configurações, 47
Glossário de Termos, 20

***H***

Hardware recomendado, 3

***I***

Ícones de Threshold, 31
Identificação de Microfonia, 109
Importar ASCII, 86, 213
Importar Curva de Ponderação, 88
Importar Traços de Dados de Espectro, 214
Importar Traços de Dados de Função de Transferência, 215
Incremento em dB, 35
Índice de Diretividade (DI), 196
Instalação
  Atualizando seu Sistema Operacional ou Principais Componentes do Sistema, 210
  Mover o Smaart para um Novo Computador, 209
  Reformatar seu Sistema Operacional, 209
  Registro, 4
  Time Machine, Utilitários de Migração ou Software de Clonagem, 210
Instalação do Software
  No Mac OSX, 207
  No Windos, 207
Instalação e Licenciamento do Software, 4
Integral de Schroeder, 158
Integral de Tempo Reverso, 158
Interface de Usuário em Modo de Resposta ao Impulso, 143
Interromper Medições ao Trocar de Aba, 35
Intervalos de Avaliação (EDT, T20, T30), 159
I-O Multicanal, 205

***J***

Janela de Cliente de Rede, 92
Janela do Cliente, 94

***K***

K versus k, 3

***L***

Layout de Janela Principal do Modo de Tempo Real, 72
Legendas de Gráfico, 74
Leitor de Cursor, 32, 73, 144
Leitor de Cursor de Frequência, 34
Leitor de Cursor do Tempo, 34, 149
Line Arrays, 198
Live IR (Resposta ao Impulso ao Vivo), 128

***M***

Manuseio da Medição, 35
Média Complexa, 18
Média de Decibéis (dB), 19
Média de Potência, 19
Média de Potência vs. Decibel, 19
Média e Sobreposição, 186
Média Espacial, 19
Média Polar, 18
Média Temporal, 17
Medição de Delay, 116
Medição de Espectro e Configuração de Display, 95
Medição de IR
  Apertar o botão e fazer a medição, 187
  Duração da Medição, 185
  Média e Sobreposição, 186
  Salvar o trabalho, 187
  Tamanho de FFT (Janela de Tempo), 186
Medição de IR
  Distância Mínima de Fontes Sonoras, 182
  Fonte de Entrada, 184
  Indireta (Canal Duplo), 175
  Medição de Direta Usando um Estímulo Impulsivo, 175
  Medição em Canal Duplo Usando Sinais de Estímulo Aleatório, 179
  Medição em Canal Duplo Utilizando Sinais Periódicos Casados, 176
  Níveis de Entrada, 185
  Nível de Excitação, 184
  Opções Adicionais, 148
  Opções Gerais Referentes à, 149
  Seleção de Fontes de Excitação e Posições, 181
  Seleção de Parâmetros de Medição, 184
  Seleção de Posições de Medição, 183
  Varreduras Logarítmicas, 178
Medição de IR Direta Usando um Estímulo Impulsivo, 175
Medição de IR em Canal Duplo Usando Sinais de Estímulo Aleatório, 179
Medição de IR em Canal Duplo Utilizando Sinais Periódicos Casados, 176

Medição de IR Indireta (Canal Duplo), 175
Medição de uma Resposta ao Impulso Acústico, 174
O que estamos medindo e por quê?, 174
Medição Direta vs. Indireta de Resposta ao Impulso, 174
Medição e Resposta ao Impulso Acústico
Medição Direta vs. Indireta de Resposta ao Impulso, 174
Medições de Espectro, 57
Medições de Espectro e Função de Transferência, 49
Medições de Função de Transferência, 59, 112
Medições em Canal Duplo, 112
Medições em Canal Duplo/Função Transferência, 112
Medições em Canal Único, 95
Medições RTA, 95
Medidor de Nível Sonoro, 146
Medidor SPL (ou Relógio), 74
Menus da Barra de Dados, 80
(Clicar com o direito) Menu de Conteúdo, 82
Metade do espaço, 201
Métricas de Inteligibilidade de Fala, 169
Modelos de Inteligibilidade de Fala, 142
Modo IR
Análise de Domínio do Tempo, 153
Análise no Domínio da Frequência, 164
Área Gráfica Principal, 145
Configurações de Display de Frequência, 150
Configurações de Filtro, 150
Configurações do Espectrógrafo, 151
Display Histograma, 163
Display Logarítmico do Domínio do Tempo, 153
Espectrógrafo, 166
Filtro Passa-Bandas, 156
Marcadores de nível (Ld, Le, Lr1, Lr2, Ln), 159
Painel de Navegação, 143
Tabela All Bands, 164
Movimento de Traço, 35
Múltiplas Janelas e Abas, 28

***N***

Níveis Calibrados por Plot, 98
Nível Sonoro (SPL e LEQ) e Monitoração de Nível de Sinal, 41
Noções Básicas sobre Medições de Resposta ao Impulso, 138
Noções Básicas sobre o Espectrógrafo, 99

***O***

O Display de Coerência, 126
O Gerador de Sinal, 35
O que é o Smaart, 1
O que é uma Resposta ao Impulso?, 138
O que estamos medindo e por quê?, 174
Ondas Senoidais e Dupla Senoidais, 38
Opções
Função de Transferência, 131
Resposta ao Impulso, 149
Opções de Espectro, 102
Configurações de Display RTA, 104
Configurações do Espectrógrafo, 105
Configurações Gráficas, 103
Opções de Função de Transferência, 131
Opções de Resposta ao Impulso, 149
Opções Gerais, 34
Opções Gerais Referentes à Medição de Resposta ao Impulso, 149
Organizando seus Dados, 84

***P***

Padrões de Cor, 46
Padrões de Cor Customizados, 46
Painel de Navegação, 143
Painel Gráfico Ativo, 30
Pasta de Sessão, 84
Ponderação, 116
Pré-configurações de Zoom, 31
Preparação de Cliente e Servidor, 92
Proteção contra Sobrecarga, 130
Proteção de Dados, 130

***R***

Razões de Clareza (C35, C50, C80 ...), 162
Razões entre Energia Primária-Tardia, 142, 162
Razões entre Energia Primária-Tardia C50, C80 entre outros, 162
Reativar após restauro de arquivos de backup ou migratórios, 210
Reativar o Smaart em um Computador Desativado, 210
Rede
Janela do Cliente, 94
Preparação de Cliente e Servidor, 92
Redução do Ruído nas Medições de IR usando Sinais de Estímulo Aleatório, 180
Reflexões, 140, 157
Reflexões Discretas, 140, 157
Registro de instalação, 4
Relatório de Resultados de Tempo de Reverberação, 161
Relógio, 35

Resolução de Tempo e Frequência do Espectrógrafo, 167
Resolução de Tempo versus Resolução de Frequência, 7
Resposta ao Impulso
Análise, 152
Análise de reflexão, 141
Detecção de Presença de Sinal, 130
Display em Domínio de Tempo Linear, 154
Integral de Tempo Reverso, 158
Medição de Tempo de Delay, 141
Modelos de Inteligibilidade de Fala, 142
Razões entre Energia Primária-Tardia, 142, 162
Revisão de Configurações de Medição, 188
Ruído de Fundo, 141
Tempo de Reverberação (T60, RT60...), 141
Uso, 141
Resposta ao Impulso ao Vivo, 133
Resposta de Fase, 119
Resposta de Magnitude, 118
Reverberação
Acúmulo, 140
Decaimento, 140
RT60, 158
Ruído de Fundo, 141
Ruído Rosa (Pink Noise), 36

***S***

Seleção de Sinal Avançada, 134
Seleção de Tipo de Gráfico, 30
Sinais com base em Arquivo, 39
Skins, 46
Som Direto, 140
SPL Config, 69
STI e STIPA, 169
Thresholds Qualitativos, 172
Suavização, 115
Suavização (Função de Transferência), 17
Suavização de Fase, 75
Suavização de Magnitude, 75

***T***

T20 e T30, 159
T60, 158
Tabela All Bands, 164
Tamanho de FFT, 114
Teclas de rápido acesso (Hot Keys) e cliques de mouse, Observações sobre, 2
Técnicas de Medição em Canal Único e Duplo, 10
Tempo de Reverberação, 158
Faixas de Frequência, 161
Marcadores de nível (Ld, Le, Lr1, Lr2, Ln), 159
Relatório de Resultados, 161
Tempo de Reverberação (T60, RT60...), 141
Texto Separado por Abas, 213
Threshold de Magnitude, 130
Tipo de Cálculo de Média de Magnitude, 115
Tipos de Gráfico RTA, 97
Tons de cinza (Espectrógrafo), 102
Traço de Dados Capturados Cálculo de Média, 86
Transformadas de Fourier (DFT/FFT e IFT), 6

***U***

Um quarto do espaço, 201
USB/FireWire, 205
Uso de Dados de Medição de Resposta ao Impulso, 141
Uso de Traços de Dados Capturados, 83

***V***

Valores Separados por Vírgula (CSV), 213
Varredura de Ruído Rosa (Pink Sweep), 38
Velocidade do Som, 35
Volume de Sala, 192

***Z***

Zoom, 31