

Um *External* de Aspereza para Puredata e MAX/MSP

Alexandre Torres Porres¹, André Salim Pires²

¹Departamento de Música / ²Instituto de Matemática e Estatística – USP

Universidade de São Paulo (USP) Rua do Matão 1010 Cidade Universitária 05508-900
- São Paulo, SP - Brasil - Caixa-Postal: 66281

porres@gmail.com, apires@ime.usp.br

Abstract. *This paper reports the development of a Puredata & MAX/MSP External that measures the Roughness of a sound spectrum. Technical details of implementation, theoretical investigation e musical applications are presented on this text, as well as further and parallel research.*

Resumo. *Este artigo reporta o desenvolvimento de um “external” para Puredata e MAX/MSP que mede a Aspereza de um espectro sonoro. Detalhes técnicos de implementação, investigação teórica e aplicações musicais são apresentados, assim como desenvolvimentos paralelos de futuros.*

1. Modelos de Aspereza

O termo psicoacústico *Roughness* é traduzido como Aspereza, mas, devido a uma certa falta de consenso e padrão, também é possível encontra-lo traduzido como Rugosidade. O termo é uma analogia à sensação tátil, que se refere à percepção de pequenas irregularidades no som. O correlato físico da Aspereza (tal como o de Batimentos) é a *Flutuação de Amplitude* [Vassilakis 2001]. As flutuações lentas, abaixo de 20Hz, são percebidas como tremolo, enquanto que as acima dessa taxa (até um intervalo que depende da Banda Crítica) promovem a sensação da Aspereza. As flutuações de amplitude (ou Modulação de Amplitude) podem ocorrer pela simples superposição de dois tons puros, onde a taxa de flutuação é igual à diferença entre os tons.

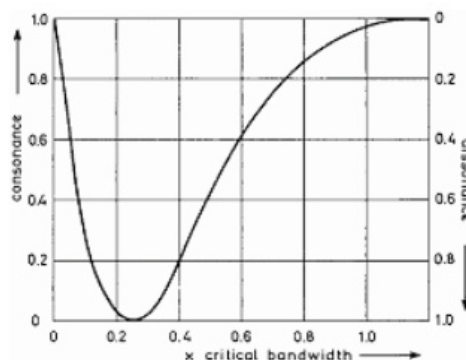


Figura 1. Aspereza de tons puros, segundo Plomp e Levelt (1965).

O estudo clássico de medição da Aspereza é de Plomp & Levelt (1965), que relacionaram essa sensação com a Banda Crítica, tal qual medida por Zwicker (1961). A máxima do estudo de Plomp & Levelt é que a sensação mais forte de Aspereza para dois tons puros ocorre quando eles estão em um intervalo que corresponde a um quarto

da Banda Crítica. Na Figura 1, temos o gráfico de Aspereza em função da diferença de dois tons puros na escala *Bark*, que é a unidade da escala das Bandas Críticas.

Uma série de modelos foram desenvolvidos baseados nesses dados essenciais, e a grande diferença está em como eles contabilizam a Aspereza para tons puros com amplitudes diferentes. Vassilakis (2001) indica que o estudo de Terhardt (1974) tem sido negligenciado na literatura sobre Aspereza, e, a partir dele, desenvolve um modelo de como contabilizar a rugosidade a partir de dois valores de amplitudes distintos. Clarence Barlow (2008) não adota esse método, mas se preocupa em adotar medidas de intensidade em *Phons* e *Sones*, por meio de uma fórmula de conversão que ele desenvolveu a partir das curvas originais de Fletcher e Munson (1933).

2. O Modelo de Aspereza do External

O primeiro autor já publicou um estudo sobre um modelo original de Aspereza que combina elementos de vários modelos estudados [Porres, Manzolli 2007a], e já desenvolveu um *Patch* de Puredata que implementava esse modelo com algumas aplicações musicais [Porres, Manzolli 2007b]. A partir do mesmo estudo, os autores desenvolveram um código em C para gerar objetos de Pd e Max. O modelo original de Aspereza do primeiro autor incluía fórmulas de Parncutt (disponível em <<http://www-gewi.uni-graz.at/staff/parncutt/rough1doc.html>>) e Sethares (2005) para modelar o resultado de Plomp e Levelt, com a ressalva que a fórmula de Parncutt é mais acurada.

O modelo se assemelhava em muito ao de Clarence Barlow (2008), com a diferença da inclusão do estudo de Vassilakis (2001), e em deixar de lado a abordagem de Barlow para ter um peso que influencia na medida de Aspereza, que consiste em extrair a média geométrica dos *Sones* de um par de senóides. No recém criado *external*, tivemos, a princípio, os mesmos elementos que no *Patch*. Inserimos parâmetros de inicialização para que seja possível alternar entre a curva de Parncutt e Sethares, e preferimos também incluir o método de Barlow integralmente, para que seu modelo original pudesse ser comparado com a revisão deste estudo. De tal modo, o argumento 0 indica a fórmula de Parncutt, o argumento 1 a de Sethares, e o argumento 3 é o modelo de Barlow, que adota a curva de Parncutt e sua média geométrica de *Sones*.

Um passo seguinte foi a inclusão de um modelo de mascaramento, que redimensiona ou zera amplitudes do espectro. A fonte foi o modelo de *Pitch Commonality* de Parncutt, disponível em: <<http://www.uni-graz.at/~parncutt/computerprograms.html>>.

4. Aplicação do Modelo

Dentre tantos parâmetros, surgem perguntas importantes. Por exemplo: Quão essenciais são elementos como o mascaramento? Por essa ser uma inclusão nova no modelo, tal questionamento ainda não foi propriamente investigado. Tampouco chegou-se a uma conclusão de que tal abordagem de modelar o mascaramento seria a ideal. Antes da inserção do mascaramento, o modelo, ainda em formato de *Patch* de Puredata, já foi aplicado pelo primeiro autor em análise de Curvas de Afinação. Onde, dado um espectro, podemos gerar curvas de Aspereza para essa sonoridade em intervalos musicais distintos. Pontos mínimos são resultados de alinhamento de parciais, e podem ser relacionados com a sensação de afinação, ou de um intervalo consonante (Vide Figura 2). Em contrapartida, pontos máximos podem se relacionar a uma percepção de desafinação/dissonância. Em todo caso, antes de mais nada, há de haver um contraste,

uma diferença razoável entre pontos máximos e mínimos da curva, para que tais sensações de consonância/dissonância sejam consideradas relevantes no trecho em questão. Por exemplo, na figura abaixo, um alinhamento de parciais (vale) na região do Trítono é bem menos relevante que na região da Oitava.

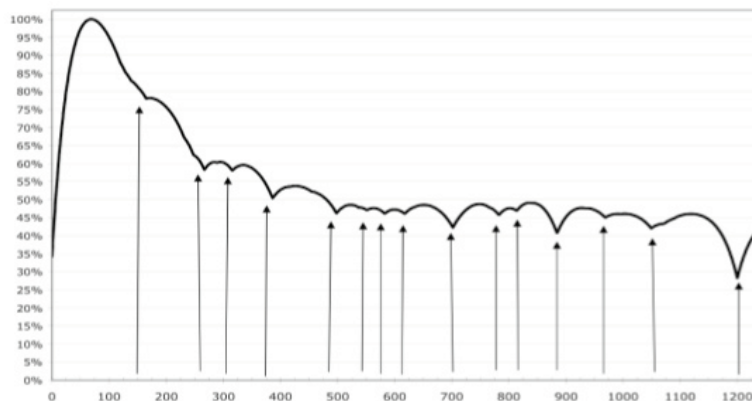


Figura 2. Curvas de Afinação. Aspereza no eixo vertical e cents no horizontal

O elemento de mascaramento está longe de ser descartado neste estudo, uma vez que a Aspereza depende da audibilidade de parciais. Esse ainda é um trabalho não muito bem resolvido. Segundo Parncutt em correspondência eletrônica particular, apesar de tantos modelos que têm sido desenvolvidos há décadas, ainda não há um modelo de Aspereza que tenha sido desenvolvido e aplicado musicalmente de modo eficiente e interessante.

Outros modelos de Aspereza possuem abordagens diferentes e são aplicados para fins não musicais, como a medição de ruído em automóveis. Cabe a essa pesquisa aplicações musicais, em especial as que relacionam conceitos subjetivos, como a dissonância, a atributos perceptivos psicoacústicos, como a Aspereza.

5. Desenvolvimentos Paralelos e Futuros

Faz parte desta pesquisa discutir a fundo diversos detalhes técnicos e confrontar dados de diversos modelos. Este estudo contribui ao revisar os modelos de Aspereza baseados em Plomp e Levelt (1965). Dentre outros modelos com abordagens diferentes, um caso especial ainda a ser estudado é o trabalho de Leman (2000). O trabalho de Pressnitzer e McAdams (1999) é outro que falta debater melhor sobre, por também possuir uma implementação em Pd. Entretanto, sua abordagem analítica é bem distinta, dificultando a relação com este estudo e implementação. Mas de acordo com Vassilakis (2001), ignorar essa questão da fase não distorce significativamente os resultados.

O External desenvolvido para Puredata e MAX/MSP envolve muitos passos, como rotinas de conversões acústicas e psicoacústicas, a exemplo da conversão entre Hertz e *Barks*, e de dB para *Phons/Sones*. O modelo de mascaramento deve ter um certo destaque, por ser útil para outros fins, a começar pelo modelo de *Pitch Commonality* de Parncutt, de onde originalmente foi extraído. A intenção é que não somente um *External* resulte dessa pesquisa, mas sim uma biblioteca, como é parte do escopo maior da pesquisa de doutorado do primeiro autor, que coincide em alguns pontos com a pesquisa do segundo autor.

Em vista de computar as Curvas de Afinação, o modelo de Aspereza pode ser concatenado com ainda outros Modelos e atributos psicoacústicos, como harmonicidade

do espectro, relacionado a modelos já existentes, que devem fazer parte da biblioteca a ser desenvolvida em pesquisa. Uma das possíveis aplicações musicais pode ser a de analisar um som em tempo real, extrair parâmetros que correspondam com os de outros sons, para que então sejam disparados na seqüência. Tais sons podem ser previamente gravados, ou captados da própria situação de performance ao vivo.

Os *Externals* e publicações antigas do primeiro autor podem ser obtidos em seu site: <<http://porres.googlepages.com>>. A implementação em outros ambientes também seria do interesse desta pesquisa, se possível.

6. Agradecimentos

Barlow tem compartilhado arquivos pessoais, e sempre foi solícito em atender diversas dúvidas. Vassilakis, Sethares e Parncutt foram também muito prestativos. Esta pesquisa é financiada por bolsa do CNPq, e também recebe apoio da FAPESP por estar vinculada ao projeto temático MOBILE: Processos Musicais Interativos, na USP.

Referências

- Barlow, K. (2008). Von der Musiquantenlehre (2 volumes, 130 páginas, em alemão) Feedback Paper 34, 2008. Feedback Studio Verlag, Colônia, Alemanha
- Fletcher, H. e Munson, W.A. (1933), "Loudness, its definition, measurement and calculation" in *Journal of the Acoustical Society of America* N°5, 82-108 .
- Leman, M. (2000), "Visualization and Calculation of the Roughness of Acoustical Musical Signals Using the Synchronization Index Model (SIM)," Proceedings of the COST G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX-00), pp.125-130, Verona, Italy, December, 2000.
- Plomp, R. e Levelt, W.J.M. (1965). Tonal Consonance and Critical Bandwidth. *Journal of the Acoustical Society of America* N° 38, 548-568.
- Porres, T.A., Manzolli, J. (2007a) Um Modelo Psicoacústico de Rugosidade. In Proceedings of XI SBCM 2007, São Paulo.
- Porres, T.A., Manzolli, J. (2007b) A Roughness Model for An Adaptive Tuning Patch Controlled by Antennas. In Proceedings of the 2nd International Puredata Convention 2007, Montreal.
- Pressnitzer D. McAdams, S (1999). "Two phase effects in roughness perception," *J. Acoust. Soc. Am.* 105(5): 2773-2782. 1999.
- Sethares, W.A. (2005) *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*. London: Springer-Verlag. 2^a Edição com CD-ROM.
- Terhardt (1974) On the Perception of Periodic Sound Fluctuations (Roughness): *Acustica*, 30, 201-213.
- Vassilakis, P.N. (2001) Perceptual and Physical Properties of Amplitude Fluctuation and their Musical Significance. *Dissertação de Doutorado*. UCLA.
- Zwicker, E. (1961) Subdivision of the audible frequency range into critical bands (Frequenzgruppen), *Journal of the Acoustical Society of America*. 33: 248.