

## RESUMO

Métodos não-lineares de síntese sonora, tais como a: FM (*frequency modulation*), WS (*wave-shaping*), GS (*granular synthesis*) e PM (*physical modeling*), são conhecidos por gerar sons ricos e complexos, com pouco recurso computacional. Tais sínteses são também conhecidas pela alta complexidade de seu controle paramétrico (controle não-intuitivo). O gesto artístico (o movimento com intenção artística) vem sendo estudado como forma de controlar processos complexos, tais como os parâmetros de sínteses não-lineares. Dados dos gestos podem ser coletados por sensores (interfaces gestuais) e associados a parâmetros de processos computacionais de síntese, em tempo-real. Neste projeto de iniciação científica estudamos o controle dinâmico e em tempo-real dos processos de síntese sonora não-lineares através dos gestos coletados por uma interface gestual comercial (o acelerômetro do controle-remoto do videogame Wii) e processamento implementado em PD (www.puredata.info). O resultado é o desenvolvimento de um processo intuitivo de controle gestual de sínteses sonoras não-lineares, que possibilita a exploração de novos timbres sonoros, de forma intuitiva e interativa.

## INTRODUÇÃO

Os métodos formais de síntese sonora são geralmente organizados em duas categorias: Lineares e Não-Lineares. Os métodos lineares permitem o controle independente de cada componente sonora, no entanto, o seu processamento computacional é proporcional à complexidade do som gerado. Métodos não-lineares, por outro lado, geram sons complexos (como os sons encontrados na natureza) com baixo processamento computacional, porém o controle de cada componente sonora não pode ser realizado de modo independente, o que os torna não-intuitivos. Assim, o controle dos parâmetros dos modelos computacionais não-lineares de síntese sonora assemelha-se à parametrização gestual (o controle dos movimentos corporais realizado pelo cérebro), em termos de complexidade, não-linearidade e baixo processamento.

Neste projeto, estudamos um método de controle gestual, intuitivo e em tempo-real, capaz de parametrizar quatro processos de síntese sonora não-linear, implementados no ambiente de programação visual PD (www.puredata.info). Estes modelos foram parametrizados pelos dados dos movimentos corporais coletados por meio de um sensor dinâmico (um acelerômetro tridimensional) contido numa interface gestual comercial (o controle-remoto do videogame Wii).

## MÉTODOS NÃO-LINEARES DE SÍNTESE

Neste projeto, foram estudados os modelos computacionais de quatro métodos não-lineares de síntese sonora: 1) FM (modulação em frequência, ou “*frequency modulation*”); 2) WS (Waveshaping); 3) GS (síntese granular, ou “*granular synthesis*”) e 4) PM (modelagem física, ou “*physical modeling*”).

### Síntese FM

Na síntese sonora por modulação de frequência, sons são gerados pela modulação dos parâmetros de amplitude, frequência e fase, de osciladores simples (senoidais) por meio de outros osciladores, resultando em sons de grande complexidade gerados a partir de poucos osciladores. A figura abaixo mostra a implementação em PD de um modelo computacional simples de síntese FM

MODULAÇÃO EM FREQUENCIA UTILIZANDO DOIS OSCILADORES



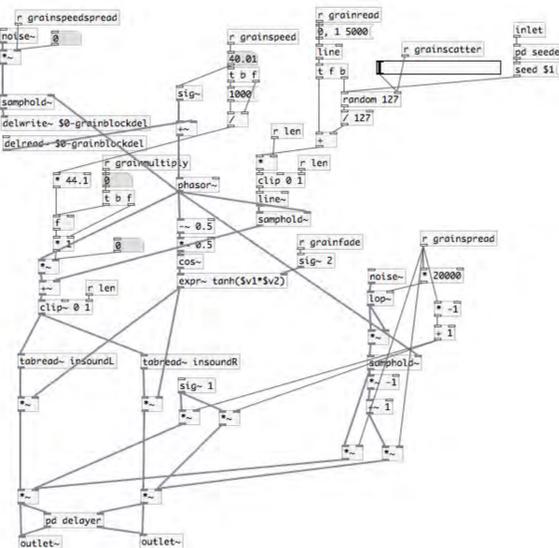
### Síntese WS

Trata-se de um método de síntese sonora por distorção que gera sons complexos (com muitos parciais), através da manipulação (shaping) da envoltória de sua amplitude. Isto é feito pela modulação do sinal sonoro por uma função de transferência não-linear, escolhida adequadamente.

O novo sinal dependerá da forma de onda da entrada, da função de transferência  $f$  e, principalmente, da amplitude do sinal de entrada. A simples variação do nível do sinal de entrada permite criar uma família de timbres sonoros similares.

### Síntese GS

É um método de síntese sonora não-linear que opera em escala de tempo micro-temporal (abaixo do limite de percepção do timbre sonoro). Baseia-se nos mesmos princípios da síntese por amostragem (*wavetable*), porém, utilizando amostras de pequena duração (entre 1 a 50ms), chamadas de “grãos”, que compõem o som sintetizado. Múltiplos grãos podem ser dispostos em “camadas”, sendo executados em diferentes velocidades, fases, intensidades e frequências. A figura abaixo mostra uma implementação de um modelo computacional utilizando o método da síntese GS.



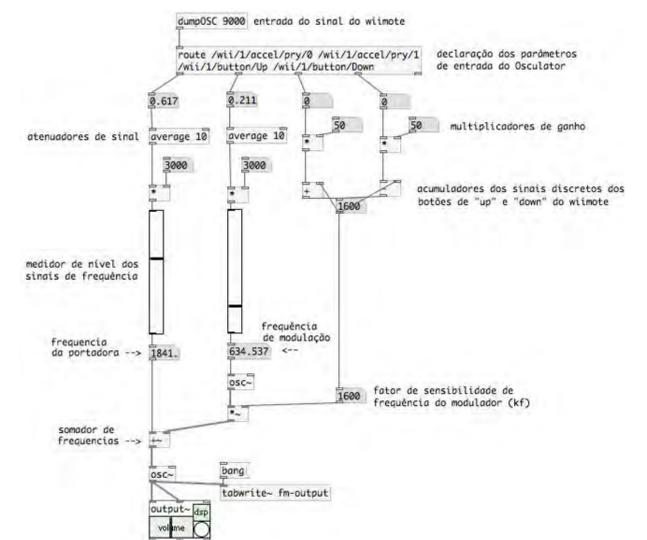
### Síntese PM

Trata-se de um método no qual a forma de onda do som a ser gerado é processada utilizando um modelo matemático que consiste de um conjunto de equações e algoritmos que simulam as propriedades físicas da fonte sonora (no caso da música, normalmente um instrumento musical). O modelo físico utiliza equações dinâmicas representando as propriedades acústicas que determinam a produção do som e tipicamente compreende diversos parâmetros, alguns dos quais são constantes que descrevem os materiais sonoros e as dimensões do instrumento, enquanto outros são funções no tempo que descrevem a interação do instrumentista com o mesmo, tal como o som gerado por uma corda pinçada ou percutida, ou mesmo o som gerado pelo fluxo de ar no corpo e furos de um instrumento de sopro.

## PARAMETRIZAÇÃO GESTUAL

O controle gestual foi realizado utilizando os parâmetros de deslocamento nas 3 coordenadas do espaço (altura, largura e profundidade). Tais dados foram obtidos dinamicamente e em tempo-real através de um acelerômetro tridimensional.

A figura a seguir mostra a implementação do algoritmo de leitura dos dados coletados pelo acelerômetro



## CONCLUSÃO

Neste trabalho pudemos verificar que os modelos de síntese sonora não-lineares de fato apresentam uma ampla possibilidade de geração sonora, de material rico, complexo e perceptualmente interessante, sem no entanto, sobrecarregar o sistema computacional que o processa. Tais modelos são particularmente úteis para a simulação de fontes sonoras, representadas por distintos modelos computacionais, de processamento simultâneo, mas independentemente controlados. Desse modo, é possível simular a criação de uma paisagem sonora artificial, onde os agentes são modelos computacionais, cada qual representando um distinto objeto sonoro, cuja sonoridade é criada por um modelo procedural independente. Paisagens sonoras naturais são geralmente formadas por objetos sonoros complexos. Os modelos de síntese sonora não-linear propiciam a geração de sonoridades muito complexas (similares àquelas encontradas na natureza), porém utilizando poucos recursos computacionais, que podem atualmente ser facilmente fornecidos por computadores pessoais de pequeno porte, como *laptops* e *small devices*.

## REFERÊNCIAS

- RUSS, Martin. Sound Synthesis and Sampling. Second Edition. Elsevier, 2004.
- FORNARI, José. Transformações Sonoras a partir de Operações Timbrais. Campinas, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas.
- PUCKETTE, Miller. The Theory and Technique of Electronic Music. World Scientific Publishing, 2007.
- RATTON, Miguel. “Síntese Granular”. Disponível em: < http://www.music-center.com.br/tec\_ins07.htm>. Acesso em 11/04/2010.
- SCHOTTSTAEDT, Bill. “An Introduction to FM”. Center for Computer Research in Music and Acoustics, Stanford University. Disponível em: <https://ccrma.stanford.edu/software/snd/snd/fm.html>. Acesso em 11/04/2010.
- BURK, Phil; POLANSKY, Larry; REPETTO, Douglas; ROBERTS, Mary; ROCKMORE, Dan. “Music and Computers”. Dartmouth College. Disponível em: <http://eamusic.dartmouth.edu/~book/index.html>. Acesso em 11/04/2010.