

Rainbow Strings: Jogo para aprendizado de violino com processamento de áudio

Paulo R. R. Vianna*
Ricardo Nakamura

Edson M. F. Mesquita
Magno T. M. Silva
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo[†]

Jonathan Cheng

Resumo

Neste artigo discute-se o desenvolvimento do jogo “Rainbow Strings”, com finalidades lúdica e didática. Trata-se de um jogo para computadores que apresenta uma partitura musical simplificada, ao mesmo tempo em que o som de um violino tocado pelo jogador é captado e analisado. Erros cometidos pelo jogador são detectados pelo jogo, que indica também correções necessárias. Por se tratar de um trabalho em andamento, são apresentadas a especificação do jogo e formas de interação com o jogador. Os desafios provenientes da captação e análise do som do violino são discutidos, bem como as soluções que se pretende adotar no projeto.

Keywords:: jogos de música, método de aprendizado de violino, violin hero, análise de sinais em games

Author’s Contact:

{paulo.rrv, edson.mesquita}@usp.br, jcheng.entrep@hotmail.com,
ricardo.nakamura@poli.usp.br, magno@lps.usp.br

1 Introdução

Atualmente o mercado dos jogos relacionados com música está crescendo cada vez mais. Já existem jogos com Bongôs, Bateria, Guitarra, Microfone, Mesa de DJ (*disc jokey*), tapete de dança, jogos de educação musical e rítmica, etc. A maioria desses jogos entretém, divertem e transmitem noções de musicalidade, mas a distância entre os instrumentos musicais reais e os controles utilizados neles limitam seu potencial educacional. Este projeto tem o intuito de permitir o real aprendizado de um instrumento musical - neste caso, o violino - ao mesmo tempo em que se diverte com o jogo.

O aprendizado de violino é considerado difícil, entre outros motivos, pelo instrumento não possuir trastes indicando onde colocar os dedos e pela precisão necessária na colocação dos mesmos para obter notas afinadas. Após um tempo de estudo e dedicação considerável, o aluno decora a posição dos dedos e aprende a corrigir a afinação das notas apenas ouvindo. Com o sistema de captação de frequência do jogo proposto neste artigo, o aluno poderá verificar a afinação das notas mesmo sendo um iniciante, já que o software indicará se a nota está mais grave ou aguda do que a esperada. Para que o aluno saiba onde por os dedos, pretende-se disponibilizar um adesivo para ser colado no braço do violino com pequenas faixas de sete cores (próximas às do arco-íris), uma para cada nota musical, trazendo então o nome do jogo.

*Paulo faz iniciação científica neste tema com bolsa PIBIC-CNPq (processo:127651/2010-1) sob orientação do prof. Magno.

[†]O jogo apresentado neste artigo decorre do trabalho de formatura dos autores Paulo, Edson e Jonathan, sob orientação dos profs. Ricardo e Magno, que será apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP no final de 2010.

2 Trabalhos Relacionados

Jogos de música funcionam com “notas”, que não são notas de verdade, mas sim algum botão representando a nota como nos jogos *Guitar Hero*, *Rock Band* ou *Guitar Freaks*. Ou mesmo instruções, como por exemplo, bater palmas no *Donkey Konga* ou pisar em um tapete como no *Dance Dance Revolution* ou no *Pump It Up*. Essas “notas” caminham sobre uma esteira em direção a uma linha limite e quando chegam, é o momento correto do jogador tocar a nota ou realizar a instrução. Pretende-se seguir o mesmo princípio no jogo proposto, mas com a execução de notas reais ao invés de botões, permitindo o aprendizado do instrumento.

Além de jogos comerciais como os citados acima, já existem diversos softwares livres (*open source*) de sucesso como *Performous* e *Frets on Fire*. Esses serviram de motivação e como referência para a criação do jogo proposto.

Jogos musicais já foram alvo de estudo para saber a real eficácia do aprendizado de um instrumento [Tanenbaum and Bizzocchi 2009]. O jogo proposto neste artigo pretende-se dar mais ênfase no lado didático sem perder a diversão e a facilidade de controle do jogo. Pretende-se aproveitar o potencial dos computadores pessoais atuais ao invés de utilizar somente acionamentos de botões assim como em [Krawowski et al. 2009], em que comandos computacionais são acionados através de frases rítmicas.

Já foram realizados trabalhos com o intuito de se ensinar a tocar violino pelo computador (veja, por exemplo, [Yin et al. 2005] e [Wang et al. 2007]). Além de verificar a correta afinação do som tocado como no jogo proposto, esses os jogos existentes utilizavam vídeos ou *avatares* para ajudar a ensinar como segurar o instrumento e tocar corretamente.

3 Especificação do jogo

Rainbow Strings terá a mesma estrutura que muitos jogos de música. Primeiramente, haverá um conjunto de menus com diversas opções de escolha e em seguida será apresentada uma tela contendo a partitura da música escolhida. Terminada a música mostra-se o desempenho do jogador e volta-se ao menu. Para tornar o jogo atraente mesmo para pessoas que não tenham um violino, será possível jogar com um *joystick* convencional ou mesmo o teclado. Nestes casos, serão utilizados botões ou teclas para representar as notas, do mesmo modo que em outros jogos musicais.

3.1 Menus e Modos de Jogo

Ao ser iniciado, Rainbow Strings pergunta qual a interface a ser usada (violino, teclado ou joystick). Em seguida, tem-se uma seção de menus como descrita no fluxograma da Figura 1. Primeiramente, o jogador escolhe entre o **Options** (afinar seu violino, ajustar a configuração do teclado ou joystick), **Study** (praticar) ou **Game** (apenas se divertir). Escolhendo **Game**, o jogador então escolherá qual música ele vai tocar e qual a dificuldade em que a música vai ser apresentada (*Easy Mode*, *Normal Mode*, *Real Mode*). O *Easy Mode* apresentará apenas as notas principais da partitura da música

e não se preocupará em seguir fielmente as distâncias tonais entre as notas. Este terá apenas quatro notas, todas na corda La (corda solta-La, primeiro dedo-Si, segundo dedo-Do e terceiro dedo-Re). O *Normal Mode* já terá uma relação mais próxima com a partitura real, mas ainda não trará nenhum trecho difícil. Este terá oito notas, quatro na corda La e quatro na corda Mi. O *Real Mode* apresentará a partitura completa e usa todas as notas do instrumento. Tanto o *Easy* quanto o *Normal Mode* não poderão ser jogados com violinos acústicos, já que nesses modos o som que o violino produz é diferente do som tocado pelo computador e isso atrapalha o jogador. Com o violino elétrico isso é possível já que o som produzido pelo instrumento sem amplificadores externos é muito baixo. Escolhendo **Study**, o jogador poderá optar entre músicas e exercícios. Além de escolher a dificuldade, o jogador também poderá escolher a velocidade em que a partitura será passada e se quer tocar a música inteira ou apenas um trecho da música.

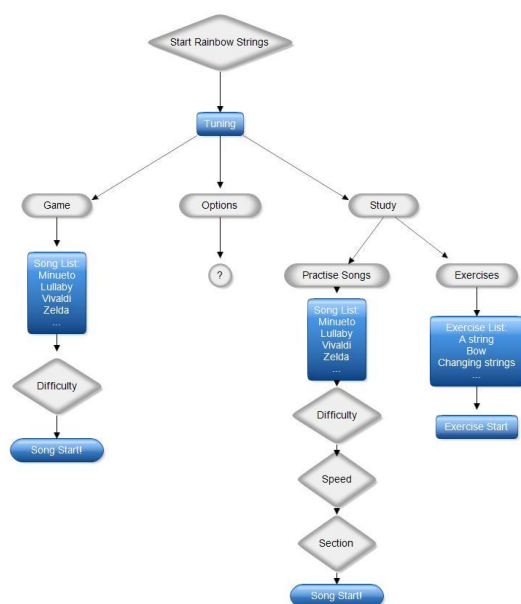


Figura 1: Esquema de menus de Rainbow Strings.

3.2 Proposta de Interface

Pretende-se que a tela do jogo no momento de se tocar as músicas seja apresentada como na Figura 2. Este protótipo foi desenhado para o modo **Easy**, que por ter apenas quatro notas, precisa de apenas quatro linhas na partitura. Para os outros níveis de dificuldade aparecerão cinco linhas, como numa partitura normal. O triângulo invertido acima da linha onde as notas devem ser tocadas indicará a afinação da nota. A seta para direita acenderá se a nota estiver grave demais e a seta para esquerda acenderá se a nota estiver aguda demais. Além disso, no triângulo haverá um ponteiro que indicará a mesma coisa, porém com uma precisão maior do que com as setas. No canto superior esquerdo haverá uma figura para indicar a colocação dos dedos (quais dedos deverão estar juntos e a distância entre eles). Isso é importante porque para cada escala, os dedos ficam em uma configuração específica. No canto da parte superior da tela, haverá um indicador de pontos que aumenta sua contagem de acordo com o desempenho do jogador na música escolhida. No canto superior esquerdo, haverá corações para indicar se o jogador está tocando bem ou mal, caso o jogador perca muitas notas em sequência os corações começarão a desaparecer. Caso sumam todos os corações, a música parará porque o jogador não conseguiu acom-

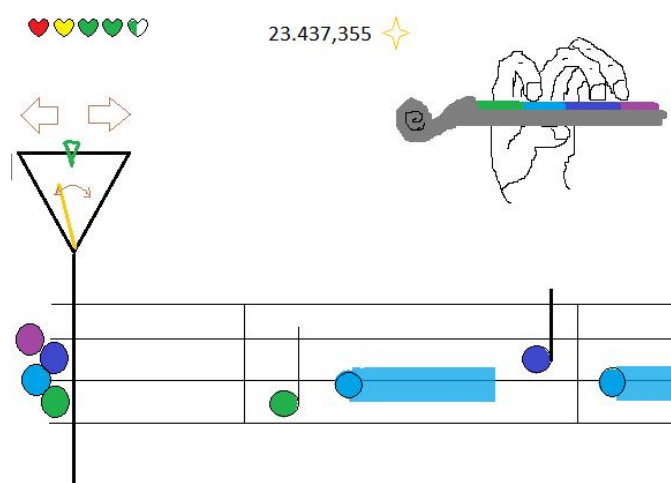


Figura 2: Protótipo da tela do jogo

panhá-la adequadamente. Deve-se observar que a proposta atual de interface pode ser modificada durante a implementação e teste do jogo com usuários.

3.3 Reprodução de Áudio

Assim como outros jogos semelhantes ao proposto neste artigo, como *Performous* e *Frets on Fire*, cada música será dividida em três arquivos: um arquivo de áudio com a música a ser tocada sem o som do violino, outro arquivo de áudio somente com o som do violino e por último um arquivo com as informações das notas que devem ser tocadas, informando o tipo da nota e o tempo em que elas devem ser tocadas. O jogador poderá escolher se quer que o som do seu violino seja tocado ou se o segundo arquivo de áudio seja usado como padrão. Assim, durante uma partida, quando a nota tocada estiver correta, o som do violino ou do arquivo de áudio com violino irá para a saída de som. Se a nota tocada estiver errada, sons de erro serão tocados. Se o jogador perder uma nota, o som de violino não será tocado.

3.4 Tecnologia

Para a implementação do projeto será utilizada a linguagem java. Quanto à captação dos sinais de áudio, o próprio pacote javax.sound do jdk será usado. Para a interface gráfica será usada a biblioteca OpenGL para Java, mais especificamente JOGL junto com a biblioteca Processing. Já o controle do jogo via Joystick será feito através da biblioteca JXinput, parte do projeto Distributed Realtime Simulation (<http://sourceforge.net/projects/drts/>).

3.5 Game Design para Aprendizado

A primeira dificuldade em se aprender a tocar violino é conseguir segurar o instrumento de forma confortável. O jogo proposto não verificará se o jogador está segurando o instrumento corretamente. No entanto, serão apresentadas fotos e instruções que descreverão como isso deve ser feito (mantenha o pulso esquerdo reto, segure o instrumento com o peso do queixo, não mover o antebraço para tocar, mantenha-se relaxado para tocar, etc). Outra dificuldade é a leitura de partituras musicais, onde cada símbolo (colcheia, semicolcheia, semínima, etc) representa uma duração e a posição da bolinha indica qual nota deve ser tocada. No jogo proposto, cada nota

será mantida com seu símbolo, porém será acrescentado um rastro na mesma para indicar sua duração (como no jogo Guitar Hero ou em outros jogos). Para saber qual a nota a ser tocada, as bolinhas terão a cor da nota que representam. Pretende-se colocar um adesivo no braço do violino para indicar onde colocar os dedos. No entanto, como o mesmo dedo pode ficar em mais de uma posição, será mostrado um desenho ou uma foto de como os dedos devem ser posicionados em cada música (no modo *Easy*, todas as músicas usarão a mesma posição para facilitar). Para jogadores que queiram se tornar alunos, o jogo terá uma seção de treino e aprendizado, onde o aluno poderá tocar exercícios de violino, necessários para o aprendizado do instrumento (exercícios de arco, escalas, mudança de corda, afinação, velocidade, etc).

4 Análise do Sinal do Violino

Utilizar um instrumento musical real como controle e ainda permitir que seja possível aprender jogando trazem novas necessidades para um jogo de música. Para ser mais interessante e melhorar o aprendizado de violino, Rainbow Strings precisa fazer uma medição quase imediata da frequência tocada. Para isso, será necessário captar o sinal de áudio do instrumento, utilizando a amostragem feita pela placa de som. Em seguida, deve-se fazer uma análise desse sinal para estimar sua frequência fundamental. Como o violino acústico produz um som muito rico em harmônicos e necessita de um microfone acoplado para captá-lo, será analisado o áudio de um violino elétrico numa etapa inicial. Neste caso, a captação do som é mais simples já que a saída de áudio do violino elétrico é igual a de microfones, o que elimina ruídos externos e evita a inconveniência de acoplar um microfone ao violino. Além disso, como o som próprio do violino elétrico é muito baixo, o jogador poderá tocar uma versão simplificada da música e ouvir o som da versão original, tocado pelo computador. O sinal do violino elétrico será captado pela entrada de microfone da placa de som de um computador convencional e será manuseado através da biblioteca de áudio da linguagem do software. Então, nessa mesma linguagem, será feita a análise do sinal e a frequência fundamental obtida será devolvida para o jogo, para que este a compare com a frequência esperada.

Com o intuito de familiarizar-se com o tipo de sinal que será tratado foram feitas captações do sinal do violino e alguns testes com ferramentas matemáticas. Com o gravador de som do Windows (utilizando especificações: PCM 22,05 kHz; 16 bits; Mono) foram gravados desde sinais simples com apenas uma nota durante toda sua duração até sinais mais complexos com trechos de músicas. Estes sinais foram brevemente estudados, utilizando-se o software Matlab (versão 7.6.0.324) e suas funções de análise de sinais.

Devido à não estacionariedade de um sinal musical, é mais adequado usar a transformada de Fourier de curto prazo (STFT - short-time Fourier transform) para analisar seu espectro. Entretanto, um segmento de um sinal musical num curto intervalo de tempo pode ser considerado como um sinal estacionário e consequentemente a transformada de Fourier discreta desse segmento pode prover uma representação razoável do espectro nesse intervalo [Rabiner and Schafer 1978; Mitra 2006]. A função `spectrogram.m` do Matlab foi usada, assumindo uma frequência de amostragem de 22,05 kHz combinada com uma janela de Hamming e uma FFT (fast Fourier Transform) com comprimentos iguais a 256 e uma sobreposição de 50%. Com esses parâmetros foram gerados gráficos do espectrograma dos sinais. Na Figura 3, é mostrado o espectrograma de uma escala de Dó maior. Quanto mais vermelho, maior a amplitude do espectro de frequência naquele instante. A escala de Dó Maior, mostrada na Figura 4, começa com a nota Dó, passa por notas intermediárias, chega ao Dó que tem o dobro da frequência do Dó inicial e depois volta passando pelas mesmas notas. No caso do espectrograma da Figura 3, subiu-se na escala até o Dó que tem

quatro vezes a frequência do Dó inicial.

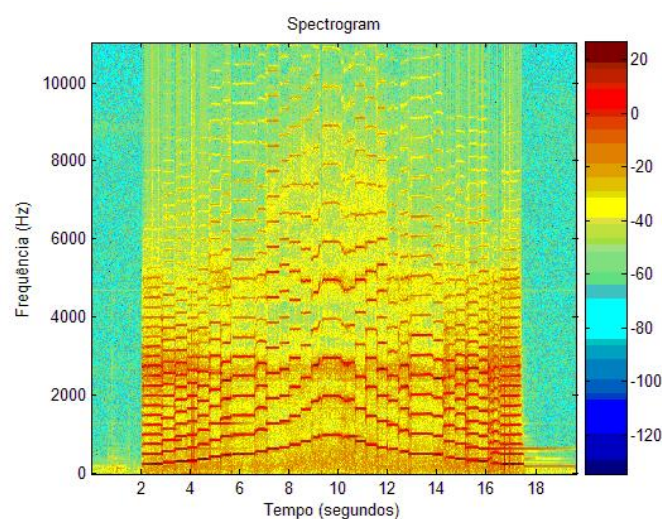


Figura 3: *Espectograma gerado pelo Matlab*



Figura 4: *Partitura Musical de Escala em Dó Maior*

4.1 Obtenção da frequência fundamental do som do violino

O problema de se estimar a frequência fundamental (f_0) de sinais musicais é bem conhecido e tem sido abordado por diversos métodos ao longo dos anos. Para ter uma base consolidada das ferramentas disponíveis, foi feito um estudo das soluções utilizadas em outros projetos, que abordaram problemas similares, como por exemplo, em [Ruiz-Reyes et al. 2009] e [Zhou et al. 2009].

No caso do jogo proposto, a frequência esperada é conhecida, mas é necessário obter sua estimativa quase instantaneamente. A informação da frequência esperada abre possibilidades de utilizar métodos novos e mais precisos do que os utilizados em outros estudos, porém a necessidade de realizar este processamento em tempo real restringe as possíveis soluções.

Devido ao conflito entre precisão e velocidade normalmente encontrado nas análises estudadas, optou-se por utilizar mais de um método em paralelo para inserir diversidade e garantir precisão nos resultados. No início de cada nota da partitura, pretende-se utilizar um método pouco preciso, porém bem rápido e que necessite de um trecho curto do sinal para funcionar (chamado de método rápido ou método 1). Este método é suficiente para indicar se a nota foi tocada no instante correto e se está próxima da esperada, mas não tem a precisão necessária para corrigir a afinação milimétrica do instrumento. Dessa forma, pretende-se utilizar o segundo método que começará a captar pontos no mesmo instante que o primeiro, mas utiliza um trecho maior do sinal (chamado de método lento ou método 2). Com um tempo de cálculo ligeiramente maior, o segundo método indicará a frequência tocada com maior precisão, permitindo que o jogador possa corrigir erros finos na posição de seus dedos.

O método rápido será implementado utilizando a autocorrelação do sinal no tempo. Dada uma sequência $x(n)$ com N amostras,

a autocorrelação de $x(n)$ pode ser estimada como

$$r(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-n-1} x(n)x(n-\tau), \quad (1)$$

Sabe-se que a autocorrelação é máxima em $\tau = 0$ e seu segundo máximo ocorre em $\tau = T_0 = 1/f_0$ no caso de sinais periódicos. Dessa forma, basta encontrar o segundo valor máximo para se estimar a frequência fundamental [Yin et al. 2005]. A autocorrelação ainda pode ser implementada de forma eficiente, utilizando-se o algoritmo FFT [Mitra 2006]. Para que o método funcione, deve-se garantir que N seja grande o suficiente para que $x(n)$ tenha pelo menos dois períodos do sinal. O segundo método será implementado utilizando-se o algoritmo FFT para o cálculo do espectro e verificando-se no espectro gerado a frequência que tem pico de amplitude nos arredores da frequência esperada.

5 Conclusão

Foram apresentadas a proposta e especificação de Rainbow Strings, um jogo musical que pode ser utilizado no aprendizado de violino. O uso de violinos reais como dispositivos de entrada para o jogo foi discutido, incluindo-se os desafios relacionados ao processamento do som produzido por tais instrumentos. Por se tratar de um trabalho em andamento, não existem ainda resultados conclusivos sobre as propostas apresentadas. Uma vez que o jogo tenha sido desenvolvido, pretende-se disponibilizá-lo na forma de software livre, incluindo-se uma página com instruções sobre como utilizar violinos acústicos e elétricos com o mesmo. Além de aprimoramentos sobre o software desenvolvido, trabalhos futuros podem incluir estudos sobre o uso do jogo como ferramenta didática no aprendizado de violino.

Referências

- KRAKOWSKI, S., VELHO, L., AND PACHET, F. 2009. Pandeiro funk: experiments on rhythm-based interaction. In *Proceedings of SIGGRAPH '09*, ACM, New York, NY, USA.
- MITRA, S. K. 2006. *Digital Signal Processing: a computer-based approach*, 3rd ed. McGraw-Hill.
- RABINER, L. R., AND SCHAFER, R. W. 1978. *Digital Processing of Speech Signals*. Prentice Hall.
- RUIZ-REYES, N., VERA-CANDEAS, P., MUÑOZ, J. E., GARCÍA-GALÁN, S., AND CALDAS, F. J. 2009. New speech/music discrimination approach based on fundamental frequency estimation. *Multimedia Tools Appl.* 41, 2, 253–286.
- TANENBAUM, J., AND BIZZOCCHI, J. 2009. Rock band: a case study in the design of embodied interface experience. In *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*, ACM, New York, NY, USA, 127–134.
- WANG, Y., ZHANG, B., AND SCHLEUSING, O. 2007. Educational violin transcription by fusing multimedia streams. In *Proceedings of the International Workshop on Educational Multimedia and Multimedia Education*, ACM, New York, NY, USA, 57–66.
- YIN, J., WANG, Y., AND HSU, D. 2005. Digital violin tutor: an integrated system for beginning violin learners. In *Proceedings of the 13th Annual ACM International Conference on Multimedia*, ACM, New York, NY, USA, 976–985.
- ZHOU, R., REISS, J. D., MATTAVELLI, M., AND ZOIA, G. 2009. A computationally efficient method for polyphonic pitch estimation. *Journal of Adv. Signal Process.* 2009, 1–11.