



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



CENTRO DE INFORMÁTICA



SPOTSOUNDS: UMA INTERFACE TANGÍVEL DE INSTRUMENTO MUSICAL PARA DISCOTECAGEM

Recife, setembro de 2004.

Aluno: **João Paulo Cavalcanti Rolim** (jpcr@cin.ufpe.br)

Orientador: **Alex Sandro Gomes** (asg@cin.ufpe.br)

Co-Orientador: **Geber Lisboa Ramalho** (glr@cin.ufpe.br)

“Musica eletrônica, figura rítmica, arte política, na era atômica”.

Kraftwerk.

Resumo

Em sistemas de interfaces tangíveis, o formato do objeto e as ações realizadas sobre o mesmo devem estar relacionados com o resultado desejado pelo usuário. Neste intuito, criamos uma interface de interação tangível para uma mesa de discotecagem utilizando técnicas iterativas de design.

Agradecimentos

A todos os colegas, amigos, conhecidos, inimigos e professores que passaram por minha vida acadêmica, desde o jardim da infância até o último dia de minha graduação, que de um jeito ou de outro contribuíram para minha formação estudantil e pessoal.

Agradeço especialmente a minha família que sempre esteve e sempre estará ao meu lado. Toda ela um motivo de orgulho para mim.

A Icc, Mouse e Yzmurph que me deixaram fazer sozinho o projeto que serviu como inspiração para realização deste trabalho.

Agradeço a Márcio e Jarbas por me aturarem durante o tempo em que trabalhamos e filosofamos juntos no galpão.

Agradeço a equipe da cadeira de computação musical, que sem eles não conseguiria chegar aonde cheguei.

Ainda merecidos agradecimentos a: Mabuse e o Re:Combo, Saulo Dourado, DJ Iceberg, DJ Leo Bivar, DJ Angelus Sanctus, Zélia, Ernesto, James Patten, Vanessa, Taciana, Viviane, Alex, Geber, Diogo, Marcio Dahia, Google e muitos outros que influenciaram e ajudaram direta ou indiretamente este trabalho.

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Interfaces e Instrumentos Musicais.....	2
2.1	Interfaces Tangíveis	2
2.1.1	Objetos Tangíveis.....	3
2.1.2	Instrumentos Tangíveis	3
2.1.3	Superfícies Interativas	4
2.1.4	Espaços Interativos	5
2.2	Instrumentos Musicais Eletrônicos.....	6
3	Spotsounds: uma interface tangível de instrumento musical para discotecagem	8
3.1	Metodologia Adotada.....	8
3.1.1	Análise	9
3.1.2	Especificação	9
3.1.3	Prototipação	9
3.1.4	Avaliação	10
4	Projetos Relacionados	10
4.1	Audiopad	10
4.1.1	Estilos de Interação.....	11
4.1.2	Limitações Técnicas	12
4.2	Reactable	12
4.2.1	Estilos de Interação.....	14
4.2.2	Limitações Técnicas	16
5	Implementação	17
5.1	Análise da Tarefa	17
5.2	Análise Comparativa	19
5.3	Estilos de Interação Adotados.....	20
5.3.1	Objetos de Manipulação.....	20
5.3.2	A Mesa Interativa.....	20
5.3.3	Links ou Conexões	21
5.3.4	Interação entre os elementos da interface.....	21
5.4	Prototipação	25
6	Conclusões finais	26
6.1	Dificuldades Encontradas.....	27
6.2	Trabalhos Futuros	27
7	Referências	28

Índice de Figuras

Figura 1. Fluxo entre um objeto e um instrumento tangível.....	4
Figura 2. metaDESK.....	4
Figura 3. TransBOARD.....	5
Figura 4. AmbientROOM.....	5
Figura 5. Instrumentos musicais tangíveis.....	7
Figura 6. Processo iterativo de design de interfaces.....	9
Figura 7. Audiopad.....	11
Figura 8. Objetos do Audiopad.....	12
Figura 9. O Reactable.....	13
Figura 10. Síntese de som representada pelo fluxo sonoro.....	14
Figura 11. Objetos tangíveis do Reactable.....	15
Figura 12. Tarefas realizadas pelo DJ em uma Discotecagem.....	17
Figura 13. Objetos utilizados pelo DJ, descritos de forma hierárquica.....	18
Figura 14. Estabelecendo um link. 1ª etapa.....	21
Figura 15. Estabelecendo um link. 2ª etapa.....	22
Figura 16. Quebrando um link pré-existente.....	23
Figura 17. Folheando as músicas no acervo.....	23
Figura 18. Atribuição de um som a um Gerador (em vermelho).....	24
Figura 19. Objeto Sonoro fora alcance do microfone.....	25
Figura 20. Objeto Sonoro no alcance do microfone.....	25

1 Introdução

A interface para o usuário transformou-se em gráficos visíveis na tela do computador e não há mais a ligação material do instrumento com a sonoridade do mesmo. Porém era justamente essa interface material que estabelecia o grau de liberdade que um usuário tinha ao tocar o instrumento, o que permitia manipulações complexas, limitadas apenas ao talento e experiência do executor da obra musical com o instrumento. Com este pensamento, na tentativa de estabelecer uma volta ao estilo dos instrumentos musicais no que se refere a tangibilidade, mas sem perder o aparato tecnológico promovido pelos computadores, alia-se as Interfaces Tangíveis de Usuário aos softwares de composição musical.

Uma Interface Tangível de Usuário é um modelo de interface adotada na tentativa de aumentar a realidade do usuário incrementando o poder de manipulação de elementos virtuais por meio de objetos reais. O rastreamento dos objetos reais é geralmente feito através de técnicas que utilizam sensores magnéticos (Paradiso 1996) ou visão computacional (Paradiso 1997). Podemos citar o Audiopad (Patten 2002) como uma aplicação bem sucedida em rastreamento de objetos por rádio frequência. Nele, objetos movidos em cima de uma mesa magnética são controladores e o resultado da interação do usuário com o sistema, são sons e imagens projetadas em cima da mesa magnética. Já o Reactable (Jorda 2004) utiliza técnicas de visão computacional para realizar o rastreamento de objetos que têm figuras especiais em suas superfícies (Costanza 2003)

Em sistemas como estes o usuário recebe uma resposta enquanto está manipulando os objetos. Esta resposta pode ser especialmente importante em aplicações musicais quando usuários devem controlar uma variedade de parâmetros ao mesmo tempo, pois, os objetos atuantes são uma representação persistente do estado do sistema.

Este trabalho teve início com a tentativa de conhecer o usuário através de entrevistas e de análises das tarefas realizadas pelo mesmo. A partir deste estudo preliminar, foram criados estilos de interação baseados no modelo de interface proposto e em seguida realizada uma rápida prototipação.

2 Interfaces e Instrumentos Musicais

Neste capítulo será apresentado o conteúdo teórico fundamental para o entendimento da proposta deste trabalho. É caracterizada uma importante área na qual envolve o modelo de interface adotado, situando ainda o tipo do mecanismo desejado dentro deste contexto e apresentando alguns dos projetos relacionados.

2.1 Interfaces Tangíveis

Interface Tangível de Usuário é uma área em crescimento no campo de pesquisa de interfaces de usuário que se baseia no uso de formas físicas que representam e controlam informações digitais (Costanza 2003). Ao invés de uma tela genérica, mouse e teclado capaz de representar todos os tipos de dados, Interface Tangível de Usuário usa formas físicas específicas para representar e manipular os dados do sistema. Geralmente, este tipo de interface usa estruturas simples e transparentes a ponto de permitir que seu usuário imagine seu modo de operação e seus significados.

Segundo (Jacob 2002), uma TUI (sigla proveniente do inglês Tangible User Interface) trata a manipulação de objetos reais como uma maneira mais natural de interagir com o computador, do que apontar ou referenciar objetos que sequer existem. Em uma TUI, informações e estado do sistema são representados diretamente pelo objeto físico através de, por exemplo, sua forma, aparência, textura e localização espacial, enquanto dados adicionais são providos digitalmente geralmente mostrados através de vídeo-projeção sobre o próprio objeto (Ullmer 2001).

Uma TUI é baseada em elementos tangíveis distintos que encapsulam informações digitais (Ullmer 2001). A distinção das TUIs de outros modelos de interfaces de usuário é definida por conceitos de interação apresentados na interface, percebidos pelo usuário através de seus elementos tangíveis. Estes conceitos são:

- Objetos Tangíveis;
- Instrumentos Tangíveis;
- Superfícies Interativas;
- Espaços Interativos.

2.1.1 Objetos Tangíveis

Objetos tangíveis são objetos físicos de manipulação direta, que possui um papel representativo na interface, dada as suas características físicas. O papel atribuído a um objeto tangível pode ter diferente natureza e aplicação. Abaixo, alguns dos papéis mais comuns associados a objetos tangíveis:

- Representação de um processo computacional;
- Interpretação de comandos ou instruções;
- Representação de container ou de canais de informação;

Objetos tangíveis podem ser modelados em diversas formas físicas dependendo de decisões em seu design optando-se para que tenham facilidade de manuseio. Contudo, eles podem ser representados por objetos reais ou entidades físicas pré-existentes ou ainda formas físicas sintetizadas.

2.1.2 Instrumentos Tangíveis

Segundo (Ishii e Ullmer 1997), instrumentos tangíveis são elementos tangíveis que são utilizados para manipular informações instanciadas em objetos, superfícies, espaços interativos e em outros instrumentos tangíveis.

Instrumentos tangíveis diferem dos objetos tangíveis quanto à funcionalidade que exercem no sistema. Instrumentos tangíveis controlam informações que geralmente estão associadas a um objeto tangível.

A relação entre instrumentos e outros elementos tangíveis cria um fluxo navegacional físico para o usuário em torno do conteúdo digital, ou seja, o usuário pode ter acesso através de instrumentos tangíveis a diversos tipos dados que possam estar representados direta ou indiretamente na interface.

A figura abaixo mostra o fluxo navegacional estabelecido pela interação de um objeto e um instrumento tangível, em formato de disco e estrela respectivamente.

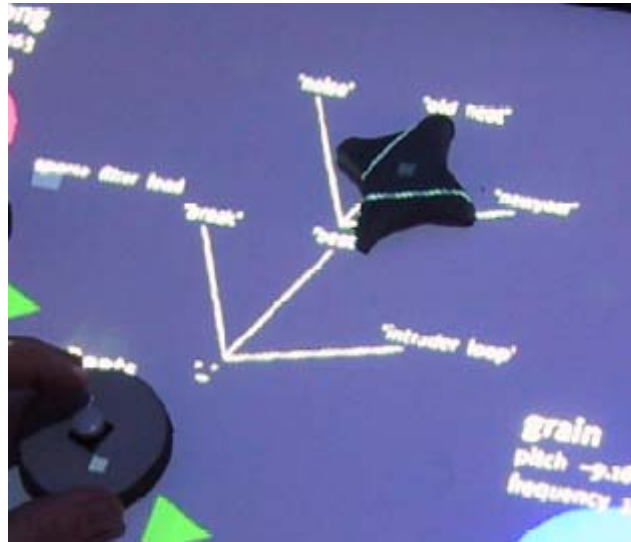


Figura 1. Fluxo entre um objeto e um instrumento tangível.

2.1.3 Superfícies Interativas

Originada da discussão do *clearBoard* (Ishii 1994), a noção de superfícies num contexto de Interface Tangível de Usuário é descrita como uma visão de espaço arquitetural onde paredes, mesas, pisos e tetos servem como uma superfície que interage com o sistema através da passagem de informações do mundo físico para o digital.

As figuras abaixo mostram projetos que utilizam diferentes conceitos de superfícies interativas.

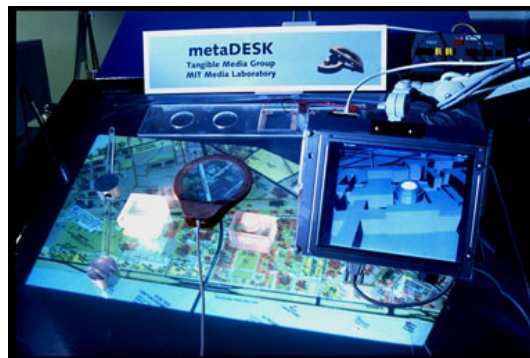


Figura 2. metaDESK



Figura 3. TransBOARD

O *metaDesk* (Ishii e Ullmer 1997) utiliza uma mesa interativa como um elemento principal de sua interface. Já o *transBoard* (Ishii e Ullmer 1997) utiliza a parede como superfície interativa da interface.

2.1.4 Espaços Interativos

Espaços interativos são ambientes que relacionam superfícies, objetos e instrumentos tangíveis e também ainda outras expressões como movimento do ar, temperatura, aroma e som.

A figura abaixo mostra o *ambientROOM* (Ishii e Ullmer 1997) que utiliza diversos elementos tangíveis em um espaço definido entre paredes.



Figura 4. AmbientROOM

Um fato que fortalece a definição de espaços interativos é o de tentar trazer o usuário para dentro do sistema para que realize interações que não podem ser realizadas quando é utilizado algum outro elemento interativo isoladamente (Ullmer 2001).

2.2 Instrumentos Musicais Eletrônicos

Instrumentos musicais eletrônicos são instrumentos musicais usados para produzir música gerada por computadores, substituindo a mecânica de vibração dos instrumentos de sopro, corda e percussão (Levitin, McAdams e Adams 2002). Esta classe de instrumentos, anteriormente representada por sintetizadores geralmente providos de teclados como um piano, é atualmente caracterizada pelo uso de computadores pessoais que podem ser programados para substituir qualquer dispositivo musical (Mathews 1991).

Novas tecnologias acompanham o desenvolvimento desses instrumentos e sugerem uma nova era de design de instrumentos musicais numa tentativa de estender o instrumentário e de criar novas direções musicais, seja inovando ou aprimorando estilos musicais já existentes (Paradiso 1997).

O termo instrumento musical é usado normalmente para referenciar um dispositivo tangível que permite a produção de uma variedade de sons musicais. Sua interface é uma característica tão marcante que não nos permite imaginá-lo de outra forma (Paradiso 1997).

Porém, hoje, devido ao surgimento dos instrumentos musicais eletrônicos e o uso de computadores, tornou-se mais fácil desassociar o som produzido de sua parte física. O uso de dispositivos diversos como teclado e mouse, que em sua origem, não se caracterizam por fazerem parte de instrumento musical, sugerem a possibilidade de utilização de dispositivos alternativos de controle (Wanderley 2001). Idéia fortalecida também pela grande quantidade de dispositivos que podem ser acoplados ao computador e adaptados para desenvolverem uma tarefa musical.

A distinção física entre a parte de controle e de produção do som nos instrumentos musicais geralmente é difícil de ser percebida. Quanto ao papel desenvolvido por estas partes, (Levitin, McAdams e Adams 2002) as classificam em:

- Gerador ou sintetizador musical, que em sua forma clássica, é um equipamento que produz som proveniente de vibrações do ar ou de cordas através de um estímulo externo. Representa a porção do instrumento que gera o som.

- Controlador musical, que é um equipamento que controla como o som, armazenado ou criado em tempo real, é manipulado durante a realização de uma tarefa musical. Apesar de ser uma notação recente, os controladores musicais são observados nos instrumentos acústicos tradicionais. Representa a porção do instrumento que controla o som.

A figura abaixo mostra o clarinete, onde a geração de som é realizada no mecanismo de sopro e o controle, nas chaves, que são pressionadas pelos dedos do músico. E ao lado, dois mecanismos de controle musical que utiliza o padrão MIDI (*Musical Instrument Digital Interface* 1983), o controlador Kaoss-Pad da Korg e um clarinete MIDI da Yamaha.



Figura 5. Instrumentos musicais tangíveis.

3 Spotsounds: uma interface tangível de instrumento musical para discotecagem

Tendo em vista os projetos até aqui apresentados, a proposta deste trabalho é de apresentar a concepção de uma interface tangível de usuário que possa ser utilizada por um DJ (sigla proveniente do inglês *Disk Jokey*) em sua tarefa de discotecagem.

Na interface desenvolvida utilizamos o conceito de TUI no desenvolvimento de uma superfície interativa (Ishii 1994), focando também nos objetos e instrumentos manipulados pelo usuário, no intuito de prover um mecanismo intuitivo, que se assemelhe de maneira natural quanto ao estilo de interação realizado pelo usuário em sua tarefa original.

3.1 Metodologia Adotada

A abordagem metodológica utilizada neste trabalho tem como fundamento modelos e técnicas de design centrado no usuário.

O design centrado no usuário é uma atividade que requer etapas de análise de requisitos dos usuários onde se tenta entender o domínio que envolve o problema, etapas de concepção e especificação, que a partir de dados coletados na etapa anterior, procura-se criar modelos de interação da nova interface e ainda uma etapa de prototipação, seguida de uma avaliação feita através da utilização do sistema prototipado pelos usuários (Nielsen 1993).

O estilo de interação de uma interface requer uma constante melhoria ao longo de seu desenvolvimento, portanto, ao utilizar um projeto de design interativo, onde as etapas que envolvem o processo de especificação, prototipação e avaliação são realizadas de forma cíclica iterativa, permitindo uma avaliação da interface a cada iteração através de testes de usabilidade, podemos chegar a um resultado final satisfatório.

A figura abaixo mostra as etapas do processo de design iterativo do desenvolvimento de interfaces centrado no usuário.



Figura 6. Processo iterativo de design de interfaces.

3.1.1 Análise

O objetivo desta fase é de identificar os usuários finais da interface, especificando e entendendo o processo pelo qual realizam sua tarefa, tentando extrair as suas necessidades que devem contextualizar todas as etapas seguintes. Segundo Nielsen (1993), esta etapa tem grande importância na fase inicial do desenvolvimento, pois se caracteriza como principal fonte de informação para a concepção do sistema.

3.1.2 Especificação

Após a fase de análise que envolve o entendimento do processo e realização de tarefas feitas pelos usuários, é realizada a especificação do sistema. A especificação deve permitir que o usuário atinja sua meta, realizando tarefas de maneira interativa e precisa. Uma especificação descreve um modelo de interação onde o usuário utiliza funções providas pelo sistema, visualiza informações ou fornece dados para o próprio sistema.

3.1.3 Prototipação

Na fase de prototipação é realizada a construção de uma interface primária, na qual procura-se obter uma avaliação dos conceitos concebidos nas fases anteriores. A avaliação do protótipo é realizada com base em contextos de utilização e definida utilizando critérios somativos determinados pelo avaliador da interface.

3.1.4 Avaliação

A avaliação da interface é um importante passo do processo de design, afinal é através dela que se consegue estimar o sucesso ou insucesso das hipóteses do designer sobre a solução que ele está propondo, tanto em termos de funcionalidade, quanto de interação.

Ainda que o designer se baseie em uma abordagem teórica e conte com a ajuda de diretrizes e princípios de design, é necessário que ele avalie o resultado obtido (Hartson 1998).

As avaliações de interface podem ser classificadas como formativas ou somativas (Preece et al. 1994; Hartson 1998). As formativas são aquelas que são feitas durante o processo de design, permitindo que identifique e conserte um problema de interação antes que a aplicação seja terminada, ou até mesmo antes de ser implementado. As somativas, por sua vez, avaliam o produto já terminado.

4 Projetos Relacionados

Esta sessão tem como objetivo de descrever alguns dos principais projetos relacionados ao tema proposto neste trabalho, com o intuito de apresentar características de interação tangível em suas interfaces.

4.1 Audiopad

O Audiopad (2002) é uma interface para performances musicais projetada por James Patten e Ben Recht do *Massachusetts Institute of Technology* com objetivo de combinar a modularidade dos controladores baseados em botões com o caráter expressivo das interfaces de rastreamento multidimensional.

Manipulações de pequenos objetos em cima de uma mesa controla um processo de síntese em tempo real. Cada um desses objetos é munido de um mecanismo magnético ressonante que permite que o sistema, através de uma antena especialmente modelada, reconheça sua exata localização em relação à superfície da mesa. Com a informação gerada em torno de sua localização, o sistema projeta informações gráficas em cima e ao redor do próprio objeto para dar ao usuário um controle sofisticado do processo de síntese.

O uso de objetos físicos combinados com a projeção de informações gráficas em cima e ao redor deles permite que seja utilizado um rico conjunto de técnicas de interação, já que as mudanças de parâmetros realizadas pelo usuário e o resultado correspondente são esclarecidos através da projeção visual.

A figura abaixo mostra a mesa interativa do Audiopad juntamente com os seus objetos e instrumentos interativos acrescentados pela resposta visual da projeção.



Figura 7. Audiopad

4.1.1 Estilos de Interação

Antes de abordar como o Audiopad estabelece interação com o usuário, é necessário apresentar os elementos que compõem sua interface.

Pequenos discos que representam os objetos e instrumentos tangíveis da interface estão divididos em três classes de acordo com as suas funcionalidades:

- Microfone, que representa um microfone que amplifica os sinais sonoros de outros elementos;
- Sample, que é o principal elemento da interface que carrega os sons ou trechos musicais que estão sendo tocados na mesa.
- Controlador, que serve para controlar parâmetros dos samples. Através dele, o usuário pode atribuir sons aos samples e modificar parâmetros diversos como a velocidade de execução da música.

As figuras abaixo mostram os três elementos manipulados diretamente pelo usuário através da interface do Audiopad, o controlador, o *sample* e o microfone.

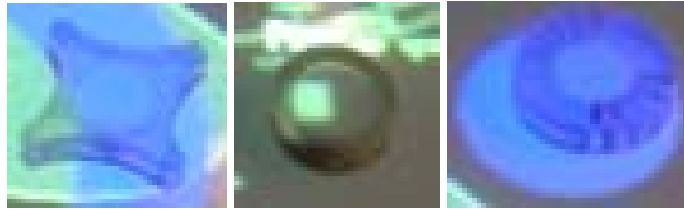


Figura 8. Objetos do Audiopad

O usuário começa a usar o Audiopad associando os *samples* a grupos de trechos musicais. Esta associação é realizada colocando o *sample* em cima do grupo desejado que é projetado em uma área à direita da superfície da mesa.

Após associá-lo a um grupo, o usuário o leva ao centro da mesa onde pode selecionar o trecho musical para ser tocado, modificar efeitos e volume. O controle de parâmetros dos efeitos que podem ser definidos independentemente para cada um dos discos que estão associados a um trecho musical é realizado usando o controlador.

Já o volume é estipulado pela distância do *sample* ao microfone. Quanto maior for a distância entre os dois objetos, menor o volume sonoro do *sample*.

4.1.2 Limitações Técnicas

O Audiopad apresenta grande dependência de suas projeções visuais. Não há como perceber todo o estado do sistema apenas através da visualização dos objetos físicos.

Com exceção do volume sonoro, que é estipulado de acordo com a distância entre objetos físicos, os parâmetros controlados pelo usuário não podem ser modificados sem a interface gráfica projetada em cima da mesa.

4.2 Reactable

O Reactable (2003) implementado por Sergi Jordà, Martin Kaltenbrunner e Günter Geiger pertencentes ao Grupo de Tecnologia da Música da Universidade Pompeu Fabra, segue a linha do Audiopad. É um instrumento musical eletrônico baseado em uma interface tangível que utiliza uma mesa, mas que não possui sensores. No entanto, uma câmera de vídeo analisa permanentemente sua superfície rastreando movimentos do usuário e detectando a natureza, posição e orientação de objetos que possam estar distribuídos em

sua superfície. Enquanto é executado o rastreamento, um esquema visual do sistema é mostrado ao usuário através de uma forma dinâmica e interativa.

O Reactable é um sistema eletro-acústico que sintetiza o som a partir de geradores e processadores sonoros dos quais podem ser mesclados, misturando os diversos tipos de sonoridades, permitindo a criação de vários tipos de sons de instrumentos diferentes.

A figura abaixo mostra mesa interativa do Reactable juntamente com os seus objetos e instrumentos interativos.



Figura 9. O Reactable.

A síntese sonora e a resposta visual são relacionadas através da visualização de um fluxo sonoro, mostrado na figura abaixo, que representa graficamente a onda sonora associada ao cada objeto. De uma maneira similar, também são mostradas as mensagens de controle proporcionadas pela manipulação dos objetos pelo usuário.

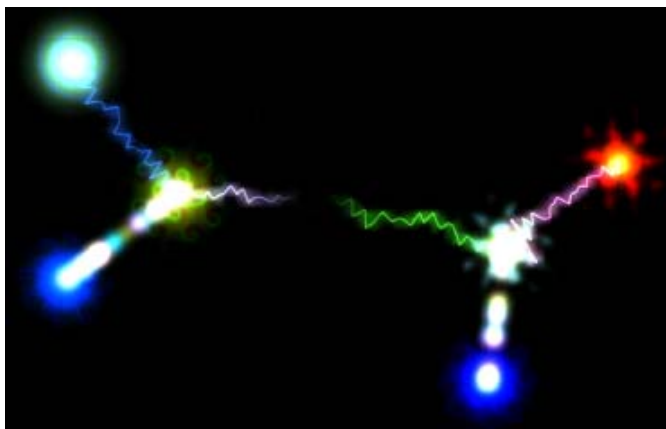


Figura 10. Síntese de som representada pelo fluxo sonoro.

A abordagem do Reactable quanto à simplicidade do sistema num modo geral, caracteriza uma interface tangível fácil de ser utilizada, pois a concepção de seu design é baseado no mapeamento direto de funcionalidades de geração, armazenamento e modificação do som. Esse mapeamento é descrito na próxima sessão.

4.2.1 Estilos de Interação

Os objetos no Reactable são representações de vários componentes musicais como sintetizadores ou geradores. Tais objetos são *phycons* (Ishii e Ullmer 1997), que é um conceito das TUIs que representa ícones semelhantes aos encontrados nas interfaces gráficas e permitem que o usuário manipule diretamente esses objetos da maneira desejada.

Características como a forma, o tamanho e o material, incluindo também a textura, o peso e a densidade foram considerados na concepção dos objetos da interface tangível do Reactable para que o usuário associe facilmente o objeto com a sua funcionalidade.

A figura abaixo mostra os objetos manipulados pelo usuário no Reactable.

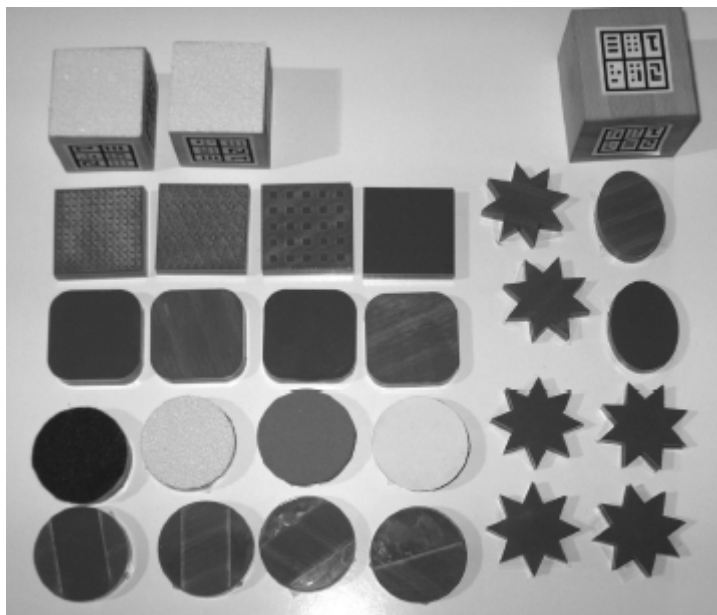


Figura 11. Objetos tangíveis do Reactable.

Os objetos foram categorizados em sete classes de acordo com suas funcionalidades:

- Geradores, que podem produzir vários tipos de sons, sintetizados ou baseados em sample;
- Filtros de Áudio, que modificam o som de acordo com seu algoritmo interno;
- Controladores, que manipulam parâmetros, produzindo dados de controle;
- Filtros de Controle, que servem como mapeadores de um controle de entrada em um controle de saída;
- Mixers, que assimilam varias fontes de som, produzindo apenas uma saída;
- Sincronizadores, que influenciam o tempo de execução sonora dos objetos em sua proximidade;
- Containeres, que agrupam outros objetos virtualmente, permitindo a construção de estruturas sonoras mais complexas.

Um objeto é identificado e ativado quando é movimentado na superfície da mesa, onde são rastreadas sua posição e orientação e calculadas as relações do objeto em questão com os demais objetos na mesa. Com o objeto na mesa, o usuário pode controlar o sistema pela manipulação dos próprios objetos ou pela interação com a representação do fluxo sonoro entre eles.

Além de manipular os objetos na mesa, as mãos do usuário são rastreadas, permitindo o reconhecimento de gestos como, por exemplo, o de apontar. Objetos de síntese, por exemplo, permitem que desenhos sejam realizados através de gestos feitos com a mão do usuário, enquanto um gesto característico efetuado em um fluxo sonoro, resulta na quebra do mesmo.

4.2.2 Limitações Técnicas

Mesmo com o esforço na etapa de design da implementação dos objetos de fazer com que suas instâncias físicas se assemelhassem com o significado do objeto, fica difícil perceber essas relações devido a grande quantidade de objetos diferentes que a interface apresenta.

Quanto ao retorno visual do Reactable, observamos que os fluxos de controle gerados não são o bastante para ter um domínio exato do estado atual do sistema, pois faltam informações dos valores dos parâmetros que podem ser estipulados pelo usuário.

Como o Reactable utiliza visão computacional para rastrear objetos de sua interface, apresenta problemas quando a visão da câmera é obstruída de alguma forma, por exemplo, no caso de haver sujeira nas figuras dos objetos ou o nível de luminosidade não é o ideal para realizar a identificação dos objetos.

5 Implementação

5.1 Análise da Tarefa

Durante esta fase, analisamos as tarefas de um DJ quando o mesmo realiza a discotecagem.

A análise da tarefa foi feita através da observação de vídeo e da realização de uma entrevista que serviu como contextualização para o entendimento do que o DJ idealiza durante o seu trabalho.

Foi utilizado o modelo de análise de tarefa hierárquica (ATH) para a descrição das seqüências tomadas para a realização da tarefa. ATH descreve a tarefa em termos hierárquicos, decompondo tarefas maiores em sub-tarefas que devem ser realizadas para alcançar o objetivo esperado.

A figura abaixo mostra a árvore hierárquica das tarefas realizadas pelo DJ.

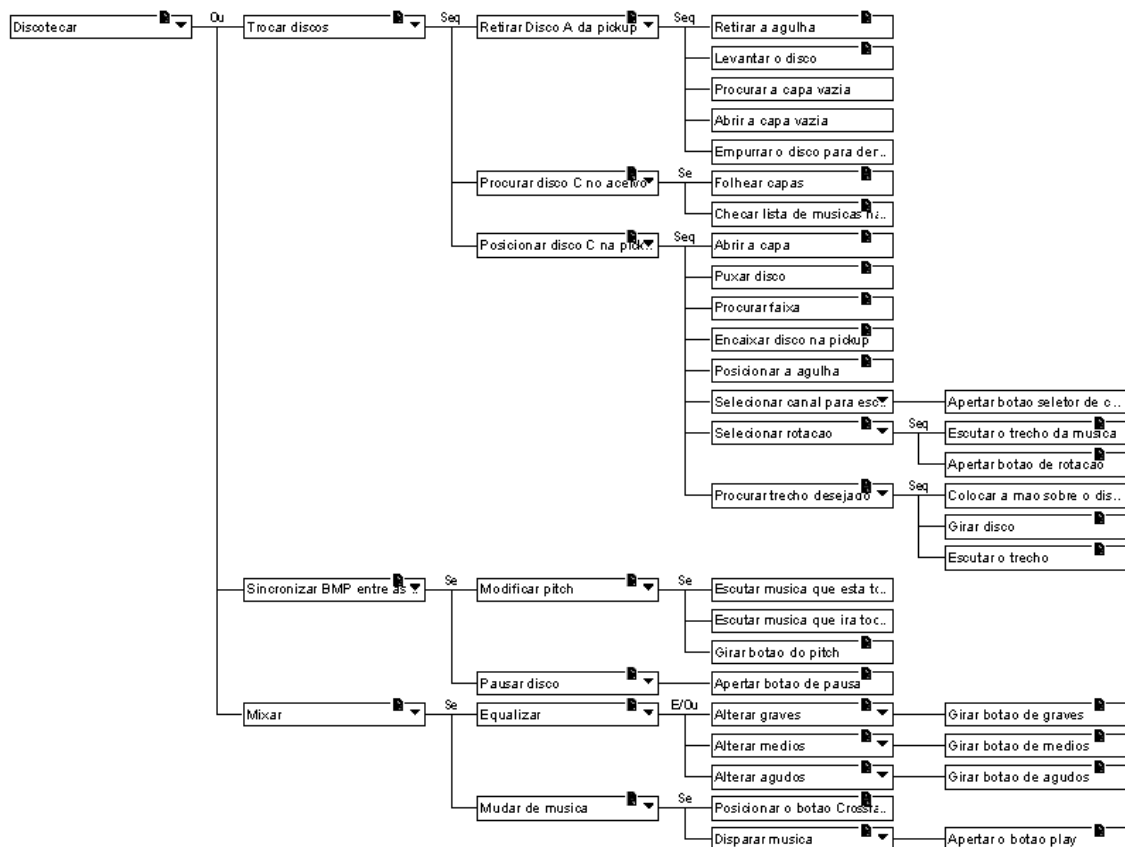


Figura 12. Tarefas realizadas pelo DJ em uma Discotecagem.

Ainda com o objetivo de entender o contexto que envolve a tarefa realizada em uma discotecagem, foi feita também a descrição dos objetos utilizados durante a realização das tarefas envolvidas.

A figura abaixo mostra os objetos e suas partes, que fazem parte da interação do DJ em seu trabalho.

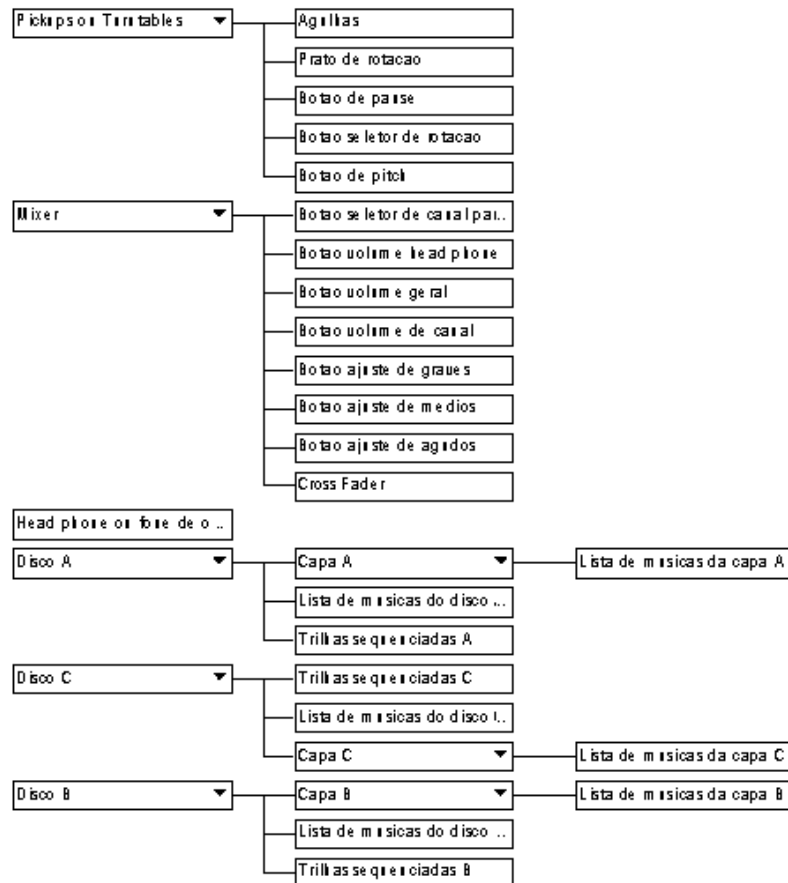


Figura 13. *Objetos utilizados pelo DJ, descritos de forma hierárquica.*

Os resultados obtidos durante esta etapa mostraram que o DJ necessita de artefatos que possibilitem maior facilidade em tarefas que se mostram como gargalo da atividade como um todo. Tais atividades são:

- Procura de uma música no acervo, onde é realizada uma tarefa exaustiva de procura caso o DJ não tenha um bom conhecimento prévio dos discos;
- Sincronização das músicas em discos diferentes, que requer técnicas apuradas e um ótimo senso rítmico por parte do DJ.

Por fim, tendo em vista essas observações, podemos citar requisitos da interface criada:

- Mecanismo de busca apurado, indexado de maneira que o usuário venha a saber que esta próximo de encontrar a música desejada.
- Mecanismo de sincronização, que permita que o usuário visualize a marcação do compasso das músicas em questão ou que realize a sincronização de forma automatizada.

5.2 Análise Comparativa

Tendo em vista os principais projetos associados a este trabalho e apresentados em sessões anteriores, realizamos uma análise comparativa com o objetivo de identificar características desejáveis para a elaboração da interface.

Foi adotado como critério de pontuação a numeração entre 1 e 5, sendo 1 como um ponto muito fraco, e 5 como um ponto muito bom.

A tabela abaixo mostra a análise comparativa dos projetos estudados.

	Mecanismo de rastreamento	Quantidade de objetos	Informação visual	Facilidade de interação	Adaptação dos objetos	Custo	Facilidade de Instalação
Audiopad	5	5	5	4	5	2	3
Reactable	3	3	3	5	2	5	4

Como resultado desta fase, observamos que uma nova interface musical tangível deve ter as seguintes características:

- Mecanismo de rastreamento confiável;
 - Devido à exatidão necessária ao se realizar uma tarefa musical, não se deseja falhas ou desvios das posições dos objetos.
- Quantidade reduzida de tipos de objetos, mas com maior adaptabilidade;
 - Devido ao esforço de memorização que o usuário teria ao utilizar uma interface com muitos objetos de diferentes funcionalidades.
- Rica informação visual;
 - Devido ao controle que o usuário deseja para dominar o estado atual do sistema
- Utilização de materiais de baixo custo e fáceis de serem encontrados.

- Para permitir que usuários consigam montar a interface tangível sem custos adicionais ou altos.

5.3 Estilos de Interação Adotados

A partir de resultados obtidos da análise do usuário e as tarefas realizadas pelo DJ em uma discotecagem, foram criados estilos de interação que permitem a utilização de uma interface tangível para uma aplicação que aborda a discotecagem como principal aspecto de uma execução musical.

A interface foi dividida em três principais conjuntos de elementos interativos, são eles:

- Objetos de Manipulação;
- Mesa interativa;
- Links ou Conexões.

5.3.1 Objetos de Manipulação

São os objetos que são manipulados diretamente pelo usuário na superfície da Mesa Interativa e através deles, o usuário obtém informações sobre o estado atual do sistema.

De acordo com seu papel na interface, os Objetos de Manipulação foram divididos em três classes:

- Geradores, que representam os trechos musicais ou sons que tocam no sistema;
- Conectores, que realizam a conexão de um Gerador com um Processador. Podendo também quebrar conexões existentes;
- Processadores, que representam os efeitos musicais que podem modificar a saída sonora de um Gerador.

5.3.2 A Mesa Interativa

Onde os objetos que são manipulados pelo usuário são rastreados pelo mecanismo de visão computacional.

Além dos objetos que são postos em sua superfície, a Mesa possui interatividade representada pela sua divisão em duas áreas distintas:

- Área de Menu, onde o usuário pode atribuir os trechos musicais a um dos objetos que representam sons;
- Área de Mixagem, onde o usuário modifica a música que esta sendo tocada manipulando e relacionando os Objetos de Manipulação.

5.3.3 Links ou Conexões

Os links ou conexões são utilizados para acrescentar funcionalidade de uma forma intuitiva. Os links são estabelecidos entre um Processador e um Gerador que passam a interagir entre si de acordo com a distância entre os dois objetos em questão. As conexões finais são estabelecidas entre um objeto Processador, que modifica parâmetros musicais, e um objeto Gerador, que contém um trecho musical a ser modificado.

5.3.4 Interação entre os elementos da interface

Estabelecendo link entre objetos

O estabelecimento de um link entre um objeto de efeito sonoro e um objeto de som é realizado em duas etapas:

- Na 1ª etapa o usuário cria o link colocando um conector em contato com Gerador ou com um Processador. O link é estabelecido entre os objetos em contato.

A figura abaixo mostra a 1ª etapa de quando se deseja criar um link entre Processadores e Geradores.

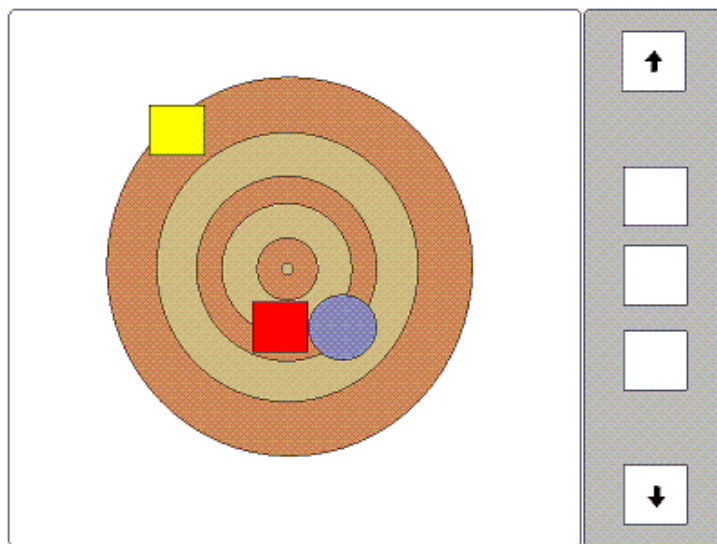


Figura 14. Estabelecendo um link. 1ª etapa.

- Já na 2ª etapa o usuário repassa o link ao elemento que falta, colocando o conector, que contém uma das extremidades do link, em contato com o objeto de destino do link.

A figura abaixo mostra a 2ª etapa de quando se deseja criar um link entre Processadores e Geradores.

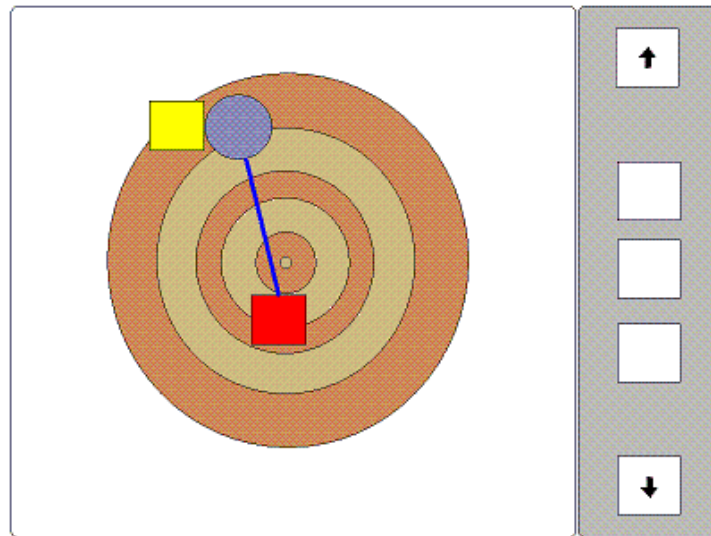


Figura 15. Estabelecendo um link. 2ª etapa.

Desfazendo um link existente

Para desfazer um link pré-existente, o usuário coloca o conector em contato com um dos objetos que fazem parte da conexão extinguindo automaticamente o link.

Quando uma conexão é quebrada, as modificações dos parâmetros feitas pelo Processador não são perdidas.

A figura abaixo mostra um link já previamente estabelecido, sendo quebrado.

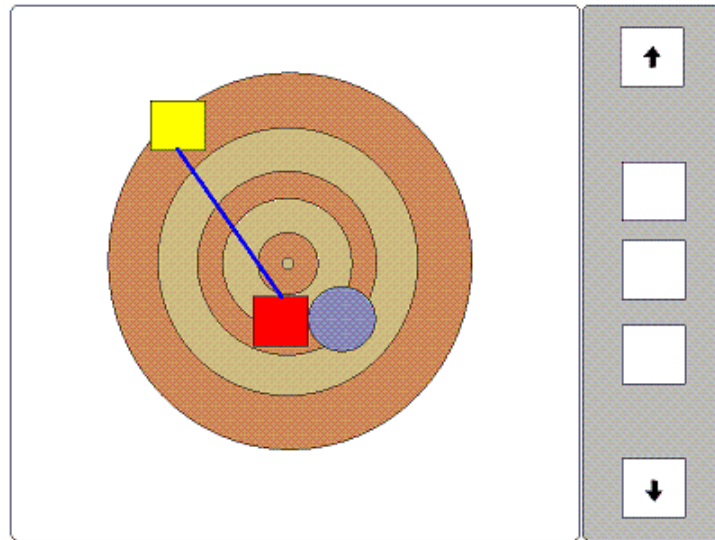


Figura 16. Quebrando um link pré-existente.

Busca por trechos musicais

Para buscar um trecho musical, o usuário pode interagir com o menu e folhear seu acervo, colocando um objeto em cima de algum dos cursores apresentado nas extremidades superior e inferior do da Área de Menu.

As músicas do acervo são mostradas nas três pequenas áreas no meio da Área de Menu entre os cursores, como mostra a figura abaixo, que representa a procura por um trecho musical.

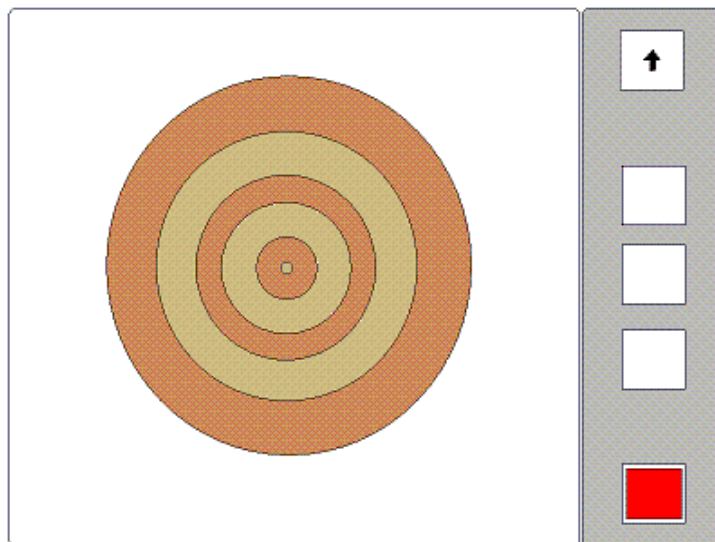


Figura 17. Folheando as músicas no acervo.

Atribuindo trechos musicais a objetos

Após ter realizado a procura pelo trecho desejado, a atribuição do som a um objeto Gerador é feita quando o usuário coloca o objeto que irá conter o som, sobre uma das pequenas áreas da Mesa Interativa que mostram o nome do trecho musical.

A figura abaixo mostra a atribuição de um trecho musical a um objeto do tipo Gerador.

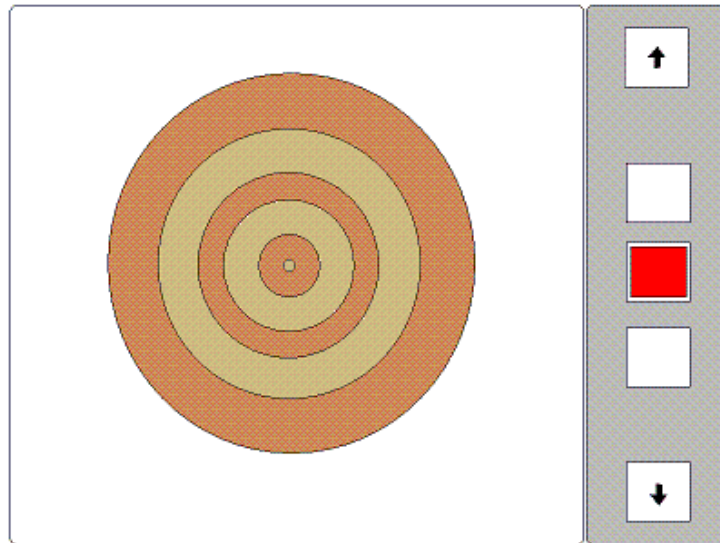


Figura 18. Atribuição de um som a um Gerador (em vermelho).

Modificando Volume de Geradores

A região central da Mesa Interativa contém o controle do volume da música que esta sendo executada no sistema. O ponto central da Área de Mixagem representa o microfone no qual objetos Geradores devem estar próximos o bastante para que sejam ouvidos, ou seja, quanto mais próximo do centro da mesa, maior o volume sonoro do objeto de som.

A figura abaixo representa um objeto Gerador que não está próximo o bastante para ser escutado na saída de som principal do sistema.

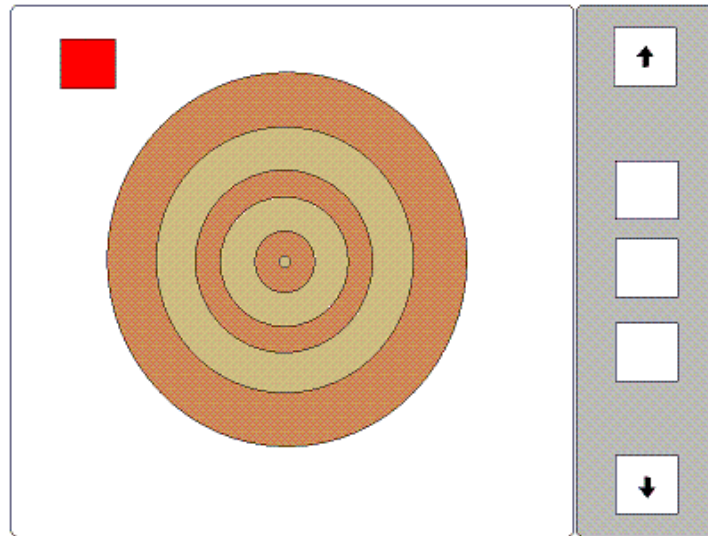


Figura 19. Objeto Sonoro fora alcance do microfone.

A figura abaixo representa um objeto Gerador que está próximo o bastante para ser escutado na saída de som principal do sistema.

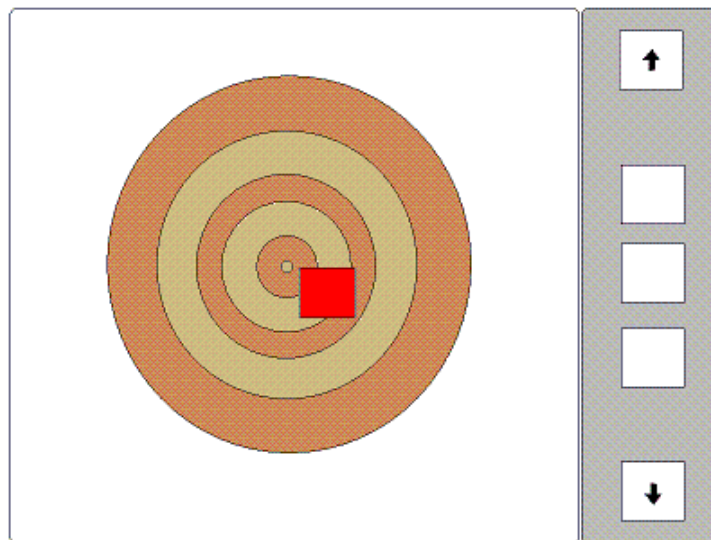


Figura 20. Objeto Sonoro no alcance do microfone.

5.4 Prototipação

Para a construção do protótipo do dispositivo tangível foi utilizado mecanismo de visão computacional para o rastreamento dos objetos. Esta escolha deve-se a vantagem da simplicidade e do baixo custo, pois há uso apenas de uma *webcam* USB, permitindo que

o sistema seja montado e utilizado por quaisquer usuários que tenham uma simples câmera acoplada em seu computador.

O reconhecimento de padrões realizado pela visão computacional é baseado no framework de visão computacional D-Touch (Constanza 2003) que permite localizar e reconhecer figuras de símbolos padronizados (Constanza and Robinson, 2003) que podem ser impressos e colocados em objetos, como rótulos.

Apesar de que algoritmos de visão computacional apresentarem limitações quanto a sua performance, pois fatores como iluminação, obstrução de figuras que devem ser reconhecidas e ainda a distorção da imagem durante a movimentação de objetos, influenciam diretamente na qualidade da imagem analisada pelo mecanismo, o comportamento linear do D-Touch pode oferecer uma boa performance desde que sejam utilizadas resoluções de câmera que permitam um bom reconhecimento a um baixo custo de processamento.

Além da prototipação do sistema como um todo, foi implementado um simulador, usando interface gráfica, que foi utilizado apenas como prova de conceito e tomado como base para implementação do protótipo de interface tangível.

6 Conclusões finais

6.1 Resultados

Com a realização de uma interface de caráter multimídia centrada na análise de usuário, mostra que a área de estudo que engloba este trabalho e as demais áreas que envolvem aspectos de interação humano-computador podem encontrar soluções altamente tecnológicas para resolver um problema específico ou estabelecer novos domínios sobre uma área de conhecimento pré-existente.

O design projetado neste trabalho teve abordagem de rápida prototipação, o que levou a tomarmos decisões estratégicas em relação à tecnologia utilizada, considerando suas vantagens e domínio da mesma em uma etapa de desenvolvimento. No entanto, chegamos a resultados satisfatórios no processo de criação e implementação tendo em vista a proposta de elaboração do design de uma interface musical tangível.

6.2 Dificuldades Encontradas

Dentre as dificuldades encontradas durante a concepção e desenvolvimento deste projeto podemos citar:

- A utilização da linguagem JAVA para prototipação, pois não é uma linguagem recomendada para desenvolvimento de sistemas multimídia. Trata-se de uma linguagem interpretada podendo trazer ao sistema aspectos indesejáveis como a lentidão em sua execução, principalmente quando o sistema requer o processamento de vários elementos visuais e sonoros ao mesmo tempo.
- A limitação do mecanismo de rastreamento visual adotado no sistema prejudicou a concepção do design da interface durante a fase de criação do estilo de interação.
- Falta de documentação didática da API utilizada para implementar o mecanismo de computação visual.

6.3 Trabalhos Futuros

Como um planejamento para desenvolvimento futuro, devemos estabelecer além de melhorias de design, melhorias dos mecanismos de rastreamento de objetos e da qualidade áudio-visual usados neste trabalho.

A utilização de hardware como parte da implementação do rastreamento, seja utilizando dispositivos de radio frequência ou ópticos, deve ser levada em consideração em uma próxima abordagem.

Para melhoria do aspecto visual, projetar gráficos em áreas da superfície da mesa interativa e nos próprios objetos seria uma boa opção, porém, deve-se realizar um estudo sobre o impacto da dependência visual que esta decisão que pode causar em um usuário que utiliza o novo sistema.

Por fim, pode ser utilizada uma interface que se adapte ao usuário, permitindo que a tarefa realizada por ele se torne mais fácil através de uma configuração estabelecida pelo próprio usuário ou através de aspectos de inteligentes que permitam uma autoconfiguração.

7 Referências

ISHII, Hiroshi, ULLMER, Brygg. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. CHI '97. 1997. © 1997 ACM.

JACOB, Robert J.K., ISHII, Hiroshi, PANGARO, Gian, PATTEN, James. A Tangible Interface for Organizing Information Using a Grid. CHI 2002, Abril 2001, ACM Press, ©2002 ACM.

REKIMOTO, J., ULLMER, B., OBA, H. DataTiles: A Modular Platform for Mixed Physical and Graphical Interactions. Proc. ACM CHI 2001 Human Factors in Computing Systems Conference, pp. 269-276, Addison-Wesley/ACM Press, 2001.

WANT, R., FISHKIN, K.P., GUJAR, A., HARRISON, B.L. Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags. Proc. ACM CHI'99 Human Factors in Computing Systems Conference, pp. 370-377, Addison-Wesley/ACM Press, 1999.

ULLMER, Brygg Anders. Models and Mechanisms for Tangible User Interfaces. Cap 4, pp 31-48. Junho 1997.

COSTANZA, E., SHELLY, S. B., ROBINSON, J. Introducing audio d-touch: A tangible user interface for music composition and performance. Proc. International Conference on Digital Audio Effects 2003, London, UK, Setembro 2003.

PUCKETTE, M. Pure data. In Proceedings of the International Computer Music Conference, San Francisco, USA, International Computer Music Association. 1996.

NIELSEN, J. Usability Engineering. Academic Press. 1993.

DIX, A., FINLAY, J., ABOWD, G., BEALE, R. Human-Computer Interaction. Prentice-Hall International. 1993.

HARTSON, H.R. "Human-Computer Interaction: Interdisciplinary roots and trends". In The Journal of System and Software. 1998.

PREECE, J., ROGERS, Y., SHARP, E., BENYON, D., HOLLAND, S., CAREY, T. Human-Computer Interaction. Addison-Wesley. 1994.

LEVITIN, D., MCADAMS, S., ADAMS, R. Control Parameters for Musical Instruments: a foundation for new mappings of gesture to sound. 2002.

PARADISO, J. Electronic music interfaces: new ways to play. IEEE Spectrum 1997.

MATHEWS, M. V. The radio baton and conductor program, or: Pitch, the most important and least expressive part of music. *Computer Music Journal*. 1991. 15(4): 37–46.

MATHEWS, M. V., PIERCE, J. R. *Current Directions in Computer Music Research*. 1989. Cambridge, MA: MIT Press.

PARADISO, J., GERSHENFELD, N. Musical Applications of Electric Field Sensing. 1.9. *Computer Music Journal*. Abril 1996.

PARADISO, J., SPARACINO, F. Optical tracking for music and dance performance. Presented at the Fourth Conference on Optical 3D Measurement Techniques, ETH, Zurich, Setembro 1997.

PATTEN, J., RECHT, J.B., ISHII, H. Audiopad: A Tag-based Interface for Musical Performance. NIME 2002, Conference Proceedings 2002.

KALTENBRUNNER, M., GEIGER, G., JORDA, S. Dynamic Patches for Live Musical Performance, Proceedings of the 4th Conference on New Interfaces for Musical Expression. 2004.

Datas e Assinaturas

Recife, 8 de setembro de 2004

João Paulo Cavalcanti Rolim
(Graduando)

Alex Sandro Gomes
(Orientador)

Geber Lisboa Ramalho
(Co-Orientador)