Projeto Final de Mídia Digital

tangima

Display de Imagens Tangíveis

Rafael Guimarães Crespo
Professor João Bonelli

Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Departamento de Artes e Design
Design de Mídia Digital
DSG1042 - Projeto FInal de Mídia Digital
Rafael Guimarães Crespo
Orientador: Prof. João Bonelli
Professores: Marcelo Pereira, Cláudia Bolshaw,
Leonardo Cardarelli, João Alegria, Maria das Graças, Eliane Garcia

SUMÁRIO

1 Introdução ____ 5
Uma lacuna sensorial e dimensional 5

2 O que é o Tangima ____ 7
Imagens tangíveis 7

3 Objetivos ____ 9
Aonde pretendemos chegar? 9

4 Público Alvo ____ 11
Para quem? 11

5 Aplicações ____ 13
Para que serve? 13

6 Relevância ____ 16
A Busca por Novas Interfaces Tangíveis 16
A Importância do Toque 17

7 Similares ____ 18
Impressoras 3D 18
Siafu 19
Displays Volumétricos 19
Tecnologias Táteis da Audi 19
Relief 20
Super Cilia 20
Dextrous Hand 20
Dildonics 21
Phantom 21

8 Novos Similares ____ 22
Breve História dos Displays Volumétricos 22
Feelex 22
Wooden Mirror 23
Hyposurface 23
Portrude, Flow 23
Illuminating Clay 24
Sandscape 24
Glowbits 24
Lumen 25
TerrainTable 25
Centrograph 25
Recompose 26
Hypermatrix 26

9 Diferenciais ____ 27
Destaques dos similares 27

10 Pesquisa Teórica ____ 29
Prototipar e Experimentar 29
Interface Humano-Computador Tangível 29
Reprodução Multimídia Multisensorial 30
Sensação do Toque 30
Dispositivo Tátil-Volumétrico 31
Ubiquidade Computacional 31
Design de Interação 32
Tangible Bits 32

11 Pesquisa Estética ____ 33
Referências e Experimentos Gráficos 33
Primeiras Referências 34
Primeiros Estudos de Identidade 35
Mais Referências 36
Redesenho da Logo e Nova Identidade 37

12 Pesquisa Tecnológica ____ 38
Primeiras Questões Técnicas 38
Como Controlar Tantos Motores? 39
Como Produzir Movimentos Lineares? 40
Motores 43

13 Conclusão das Pesquisas ____ 45
Alinhado com Tendências 45

14 Planejamento ____ 47
Cronograma 47

15 Desenvolvimento do Hardware ____ 48
Slider Motorizado: Sistema Polia e Correia 48
Mecanismo Adotado: Alavanca e Servo 49
Mockup do Mecanismo 49
A Alavanca e o Acoplamento do Servo 51
Acrílico e Poliestireno 51
Esqueleto dos Pinos 53
Guias de Alumínio 53
Bases de MDF da Fresadora 54
Peças Para Corte na Laser 55
Montagem das Peças 56
Revestimento do Pino 57
Montagem do Circuito 58

16 Desenvolvimento do Software ____ 59
Processing, Kinect e OpenNI 59
Kinect com Matriz Modular 60
Retorno Visual: Isometria no Processing 60
Simulando o Tangima com Kinect em Isometria 61
Tangibilizando Músicas 62
O Movimento das Ondas 63
Desenvolvimeto da Interface 64
Software Controla a Posição dos Pinos 65

17 Documentação e Divulgação ____ 66
Blog 66
Código Comentado 67
Concursos, Eventos e Prêmios 67
Vídeo para Crowdfunding. 67

18 Testes Iniciais e Modificações ____ 69
O que foi testado 69

19 Conclusão ____ 71
Apenas o início 71

20 Agradecimentos ____ 72

Bibliografia ____ 73

Imagem 1
Mouses, monitores e teclados foram projetados há mais de 30 anos

1

INTRODUÇÃO

"Todos nós temos 5 sentidos; Como é triste que a nossa conexão com os computadores seja sensorialmente privada e fisicamente limitada"

Nicholas Negroponte

UMA LACUNA SENSORIAL E DIMENSIONAL

A revolução tecnológica mudou as nossas vidas. A medida que a ubiquidade computacional se torna uma realidade, vivemos uma separação cada vez menos clara entre o mundo real e o mundo virtual.

Porém, apesar da ubiquidade se mostrar presente com a invasão de novos dispositivos, a forma como nos relacionamos com os computadores mudou muito pouco ao longo dos anos. Para dar input de dados, usamos praticamente os mesmos objetos físicos de décadas atrás: o mouse, o joystick, o teclado e, cada vez mais frequentes, as telas sensíveis ao toque.

Para recebermos o output, em geral, estamos confinados a telas coloridas, retangulares, bidimensionais, planas ou semi-planas, iluminadas, baseadas em pixels coloridos.

As telas estão gradualmente evoluindo, mas a sensação do toque está limitada, em grande parte, para o sentimento de tocar a tela plana, apertar o botão do teclado ou do mouse. Salvo exceções, o paladar e o olfato ainda não foram contemplados. Dimensionalmente, estamos limitados ao bidimensional.

Em suma, possuímos poucas interfaces capazes de trazer os dados virtuais, armazenados no ciberespaço, para o mundo físico. Sendo assim, limitamos nossa capacidade sensorial (oriunda de milhões de anos da evolução da nossa espécie) de

de interagir com estes dados.

Usando os conceitos de design de interação e de prototipagem de interfaces tangíveis, esse projeto visa conceber uma nova interface para potencializar a interação homem-computador, buscando preencher parte da lacuna sensorial e dimensional existente.

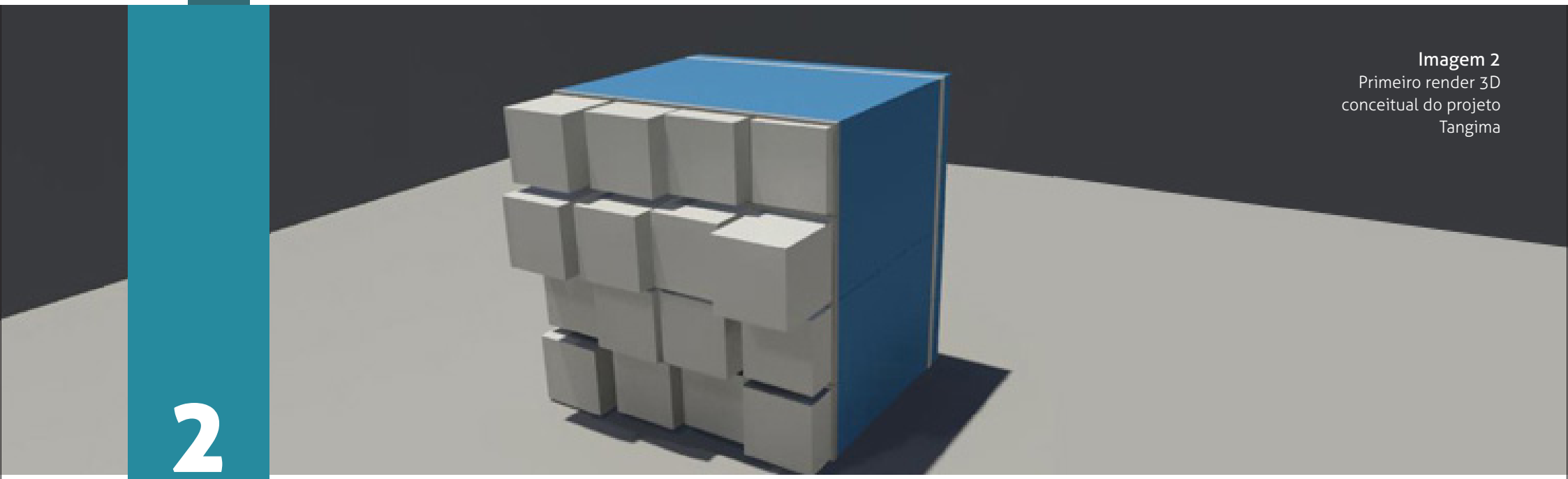


Imagem 2
Primeiro render 3D conceitual do projeto Tangima

2

O QUE É O TANGIMA?

IMAGENS TANGÍVEIS

O Tangima nasceu de um questionamento: "Quantas possibilidade teríamos se cada pixel de uma tela fossem capazes de se movimentar no espaço físico?". Imagem, sons e vídeos sairiam da tela e invadiriam o espaço tangível no qual vivemos. Ao invés de telas planas, teríamos telas volumétricas, exibindo todo o conteúdo audiovisual em relevo.

A proposta do projeto Tangima é desenvolver uma interface física para tangibilizar imagens (daí o nome Tangima). Ou seja, trazê-las, em tempo real, para o mundo físico. Em outras palavras, queremos que as imagens consigam sair da tela do computador, em tempo real. Tecnicamente, chamamos este tipo de interface de display volumétrico (também conhecido como Physical Display, Volumetric Display, Tangible Display ou Shape Display).

Inspirado no brinquedo "Pinart", o Tangima transforma cada pixel em um pino, que se movimenta a partir da atuação de um motor. Isso permite ao display exibir imagens com volume (relevo), e em tempo real, pois cada pixel passa a ter uma posição tridimensional no espaço.

Nós queremos ter mais intimidade com a multimídia. Queremos poder sentí-la. Queremos poder tocá-la. Queremos poder interagir fisicamente com ela.

Porém, não somos os únicos. Já existem diversas pessoas, empresas, universidades, artistas

e pesquisadores no mundo todo desenvolvendo interfaces similares, como pode-se ver nos capítulos 8 e 9 deste relatório.

O que faz do Tangima algo novo é o seu caráter de código aberto, baixo custo e faça-você-mesmo ("Opensource", "Low Budget" e "Do it Yourself"). Desenvolvemos e distribuimos o Tangima, tanto seu hardware quanto o seu software, para que todos possam usá-lo, reinventá-lo e aprimorá-lo, em um processo colaborativo e co-criativo.

Portanto, todo o processo de costrução do Tangima é documentado no nosso blog (http://tangima.wordpress.com), tanto os erros quanto os acertos. No blog também estão instruções de construção dos pinos, download do software em código aberto, download das peças para a impressão em 3d ou o corte a laser.

Acreditamos que desta forma estaremos contribuindo positivamente com a evolução desta interface, diminuindo a lacuna sensorial e dimensional existente na relação homem-máquina.

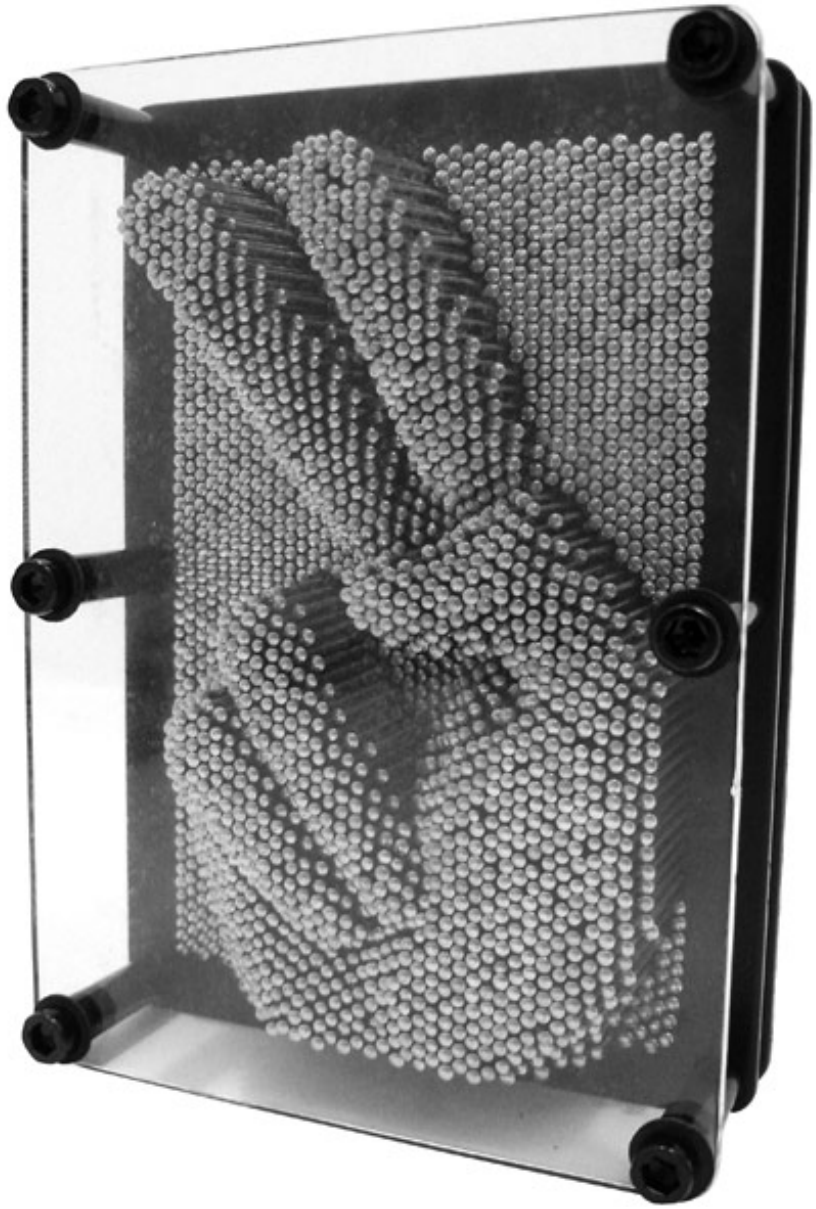


Imagem 3
O Brinquedo Pinart foi uma inspiração para o projeto Tangima

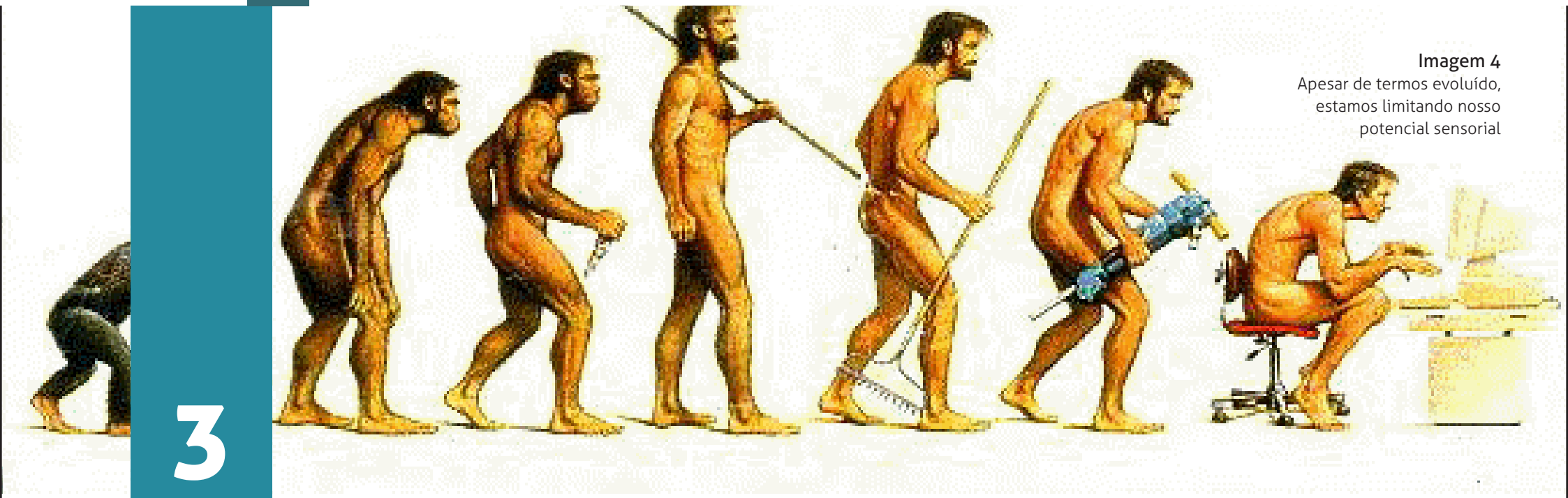


Imagem 4
Apesar de termos evoluído, estamos limitando nosso potencial sensorial

3

OBJETIVOS

"Se nós pudermos acabar com o medo do risco e nos acostumarmos a tentar coisas novas o mais rápido possível, vamos errar frequentemente, mas em compensação iremos acertar mais rápido"

Gillian Crampton Smith

AONDE PRETENDEMOS CHEGAR?

O objetivo deste projeto é, **a partir de uma metodologia experimental do design de interação, prototipar um display que tangibiliza a multimídia** (sons, imagens, vídeos, textos, gráficos, etc). Esse display deve ser **modular, de baixo custo, de código aberto e livre** para recriações, colaborações e co-criações.

O protótipo final deste projeto de graduação consistirá em um display 16 pinos modulares, compondo uma pequena resolução de 4 x 4. Todo o hardware será desenvolvido utilizando o arduíno, uma placa controladora opensource e o software que regula as imagens e posições de cada pino será desenvolvido em Processing, um software livre de fácil acesso e código aberto.

Acreditamos que assim estaremos contribuindo para explorar mais adequadamente o potencial sensorial da nossa espécie. Potencial este que foi desenvolvido ao longo da evolução humana e praticamente esquecido na interação humano-comptador.

Na pesquisa teórica do capítulo 11 deste relatório são apresentados de forma mais completa e aprofundada os conceitos de interface tangível, prototipagem, sensação tátil, display volumétrico, entre outros.

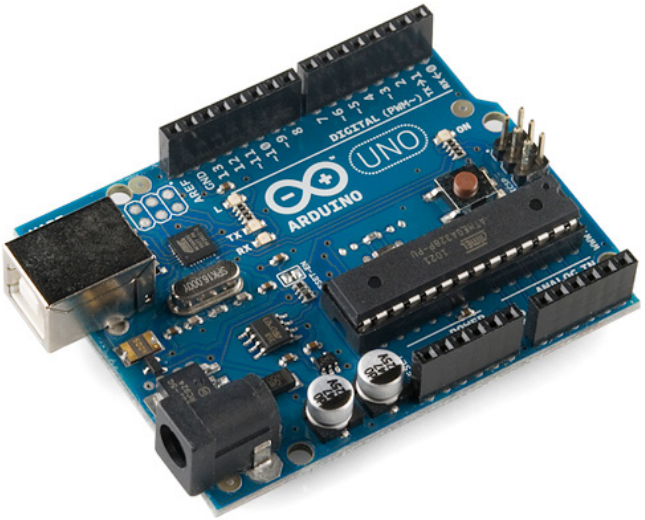


Imagem 5
Placa microcontroladora Arduino utilizada na prototipagem de interfaces tangíveis

Imagem 6
A definição de um público alvo é fudamental no Design

4

PÚBLICO-ALVO

PARA QUEM?

A idéia do Tangima nasceu em 2008, em uma disciplina do curso de Design de Mídia Digital, da PUC-Rio, chamada "Design e Expansão dos Sentidos". Naquela época, foi um projeto conceitual, idealizado para ser um dispositivo em que cegos conseguiriam sentir, com o tato, imagens em relevo (pode-se ver, uma publicação descrevendo a idéia inicial deste projeto em http://www.rafaelgcrespo.blogspot.com.br/).

Anos mais tarde, em junho de 2012, resolvemos resgatar esta idéia e desenvolvê-la como projeto final de graduação. Porém, mudamos o escopo na disciplina de Projeto 7, pois não estávamos satisfeitos com este público alvo, uma vez que acreditávamos que um display como o Tangima seria útil tanto para deficientes visuais, quanto para pessoas sem nenhum tipo de deficiência.

Neste momento, o projeto foi redesenhado e suas pesquisas foram direcionadas para um público-alvo mais abrangente, "pessoas que se relacionam a distância". Este escopo era válido uma vez que o Tangima permitiria que uma pessoa, mesmo a distância, sintisse a outra, fizesse carinho, visse o outro em volume e em tempo real.

Foram realizadas pesquisas com o público alvo e foi desenvolvido um vídeo para apresentar o conceito do projeto e o direcionamento que estávamos propondo.

Ao iniciamos as experimentações e a própria costrução do produto, na disciplina de Projeto 8, nos deparamos mais uma vez com dezenas de outra aplicações possíveis para o Tangima. Aplicações estas que iriam muito além de um display para pessoas que se relacionam a distância.

Percebemos que o Tangima era um protótipo de uma nova interface (display), com infinitas possibilidades e aplicações, em áreas totalmente diferentes. Para conseguirmos explorar todo o potecial deste dispositivo, precisávamos desenvolvê-lo em um conceito opensource, que permitisse, de

Imagem 7
Vídeo conceitual desenvolvido para o G2 da disciplina de Projeto 7

forma colaborativa e co-criativa, o desenvolvimento de novas aplicações por usuários ao redor do mundo.

Deste forma, o Tangima foi pensado para que qualquer usuário (entusiasta, desenvolvedor, designer, engenheiro, empreendedor, pesquisador ou artista) possa baixar o software, construir o seu próprio Tangima e desenvolver suas próprias aplicações. Além disso, para adequear às necessidades de cada usuário, o Tangima é um produto modular, ou seja, permite que seu tamanho e resolução sejam expandidas, desde o tamanho de uma televisão de 14 polegadas, até a fachada inteira de um evento.

Por fim, todo o desenho técnico, modelagem 3d, bem como a instrução e lista dos equipamentos necessários para construir seus módulos também serão disponibilizados no blog do projeto. Acreditamos que quanto mais pessoas se envolverem, experimentarem e colaborarem com o aperfeiçoamento desta interface, mais rápido ela irá se desenvolver.

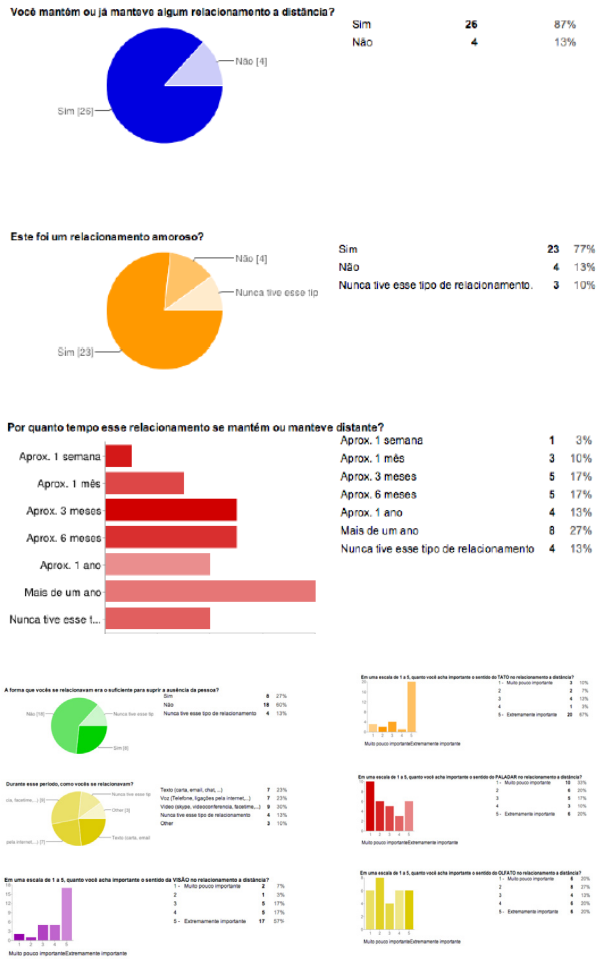


Imagem 8
Realizamos pesquisas qualitativas e quantitativas com o público-alvo definido na disciplina de Projeto 7.

Imagem 9
A animação "The Room" mostra uma sala coberta por blocos que se movimentam.

5

APLICAÇÕES

PARA QUE SERVE?

Como dito anteriormente, o Tangima possui o potencial de ser aplicado para inúmeras funções. Devido ao tempo e recursos disponíveis, neste projeto de graduação estaremos focados em realizar um protótipo e experimentá-lo, o que significa que não teremos um produto capaz de executar algumas das aplicações apresentadas aqui. De qualquer maneira, destacamos algumas aplicações que imaginamos serem possíveis após arrecadarmos os recursos necessários para evoluirmos esta tecnologia:

1 Instalação interativa

Instalação interativa em eventos, stands, casas de show, boates. Uma grande matriz de pinos iluminada, cobrindo toda a parede de um estabelecimento de festas. Esses pinos poderiam reagir ao som do ambiente, como se dançassem conforme a música.

Essa aplicação se assemelha aos similares Hipermatrix e Hyposurface (apresentados no capítulo 9), apesar de existirem diversos outros similares de instalações interativas.

Imagem 10
O projeto Hypermatrix

Imagem 11
O projeto Wable

Imagem 12
Imagem do vídeo Pin Face

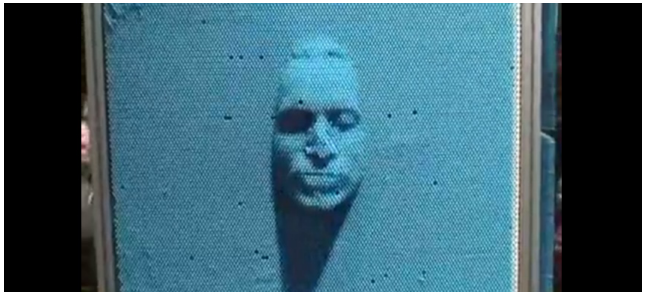


Imagem 13
Projeto Siafu

2 Mesa de reunião

Mesa de reunião que exibe gráficos em forma física. A partir de um arquivo de Excel, os gráficos ganham volume em 3 dimensões.

Essa aplicação se assemelha aos projetos Wable e Centrograph.

3 Relacionamento a distância

Com uma câmera Kinect scaneando uma pessoa, e um display Tangima com alta resolução é possível representar a imagem capturada em volume e em tempo real. Desta forma, usuários conversando por teleconferencia poderiam simular o toque e se ver em volume.

Apesar de não conhecermos nenhum projeto com esta capacidade, podemos dizer que os vídeos "Pin Face" (http://www.youtube.com/watch?v=ikkjT7ACJME&feature=related) e "Pin Art Performance" (http://www.youtube.com/watch?v=eiaZLurEtLY) são inspirações para esta aplicação.

4 Conversor de texto para braile

Uma utilidade para deficientes visuais poderem ler textos. O Tangima poderia "traduzir" textos digitais para o braile. O deficiente visual poderia ler utilizando o tato.
O projeto conceitual "Siafu" (apresentado no capítulo 8) é um similar desta aplicação.

Imagem 14
O projeto Terraintable

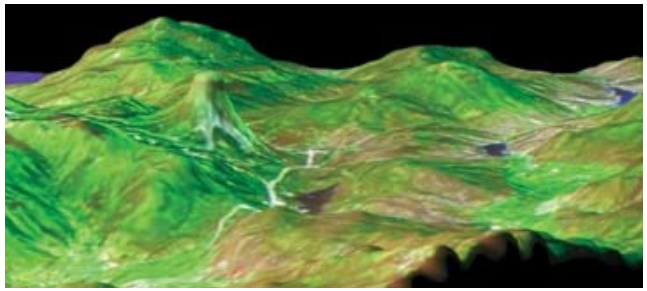


Imagem 15
Projeto Hyposurface

Imagem 16
Animação "The Room"

5 Visualizar e manipular terrenos

Geógrafos, engenheiros e afins poderiam visualizar os pontos mais baixos e mais altos de um terreno, em volume, em tempo real.

Os projetos "Terrain Table" e "Relief" são similares desta aplicação. Ambos são apresentados nos capítulos 8 e 9.

6 Arquitetura

O Tangima poderia ser utilizado na arquitetura, compondo a fachada de préditos residenciais ou comercais, como Shopping Centers. Poderia ser uma nova mídia de outdoor, ou apenas uma instalação interativa.

O projeto "Hyposurface", por exemplo, foi instalado no alto de um prédio na Times Square, em Nova Iorque, como um outdoor volumétrico, patrocinado pela Coca-Cola.

7 Design de interiores

Uma grande matriz de pinos Tangima poderia cobrir o chão, o teto ou as paredes de uma residência. Os pinos poderiam servir como móveis. Mesas, cadeiras e até camas. Desta forma, os proprietários poderiam, a partir de um aplicativo instalado em seus telefones ou tablets, alterar facilmente os móveis , ou até mesmo as paredes, de lugar.

Apesar de não ser uma interface, a animação "The Room", desenvolvida pelo aluno Christian Smith, da Vancouver Filme School, apresenta uma idéia futurista que se assemelha a esta aplicação (http://www.youtube.com/watch?v=_lMpdX-emxk)

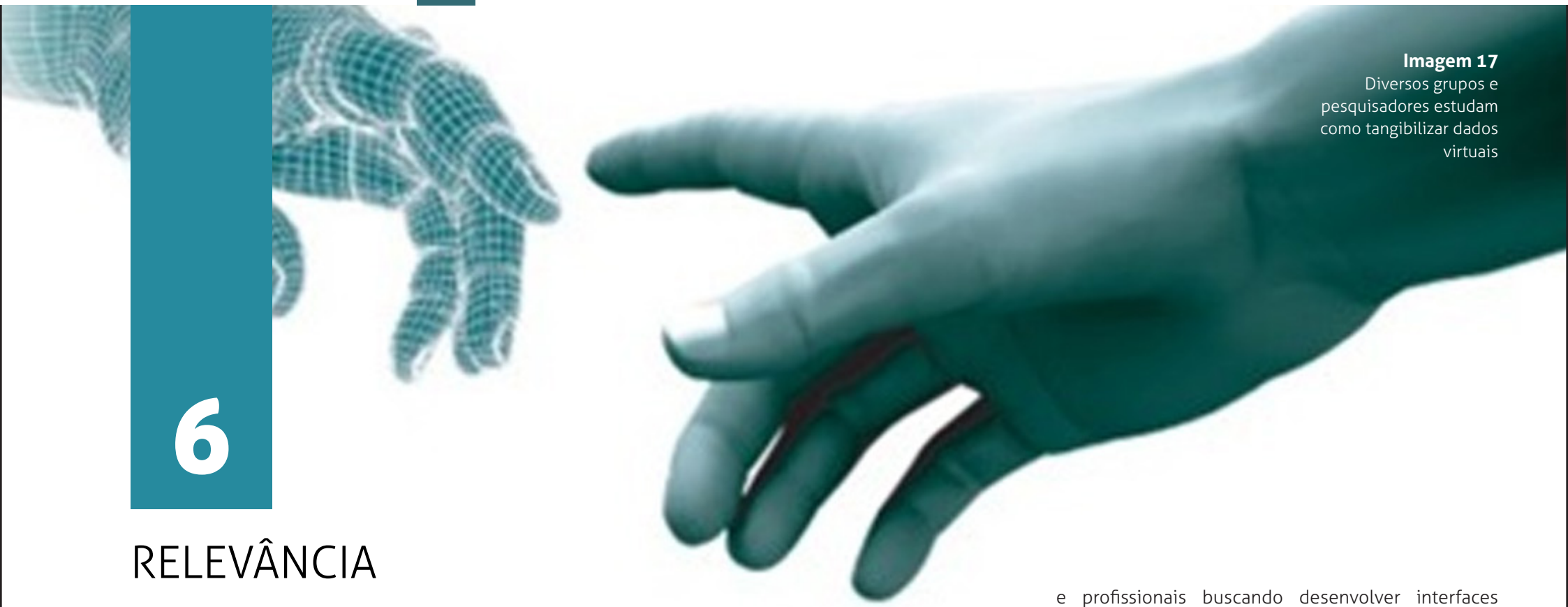


Imagem 17
Diversos grupos e pesquisadores estudam como tangibilizar dados virtuais

6

RELEVÂNCIA

A BUSCA POR NOVAS INTERFACES TANGÍVEIS

O projeto Tangima oferece uma opção de baixo custo, que potencializa a interação com o audiovisual, ampliando as possibilidades na reprodução multimídia. Os usuários poderão ver e sentir imagens, textos, sons e vídeos em três dimensões, que antes não podiam sentir em em interfaces gráficas tradicionais.

As opções existentes que visam solucionar o déficit dimensional das interfaces gráficas, em geral são muito limitadas. Em sua maioria são displays volumétricos, que utilizam reproduções holográficas ou matrizes tridimensionais de pequenas lâmpadas LEDs. Estas tecnologias, em sua maioria, não trazem a multimídia para a interação física, apenas distribuem pontos luminosos pelo espaço. Existem também as técnicas de prototipagem rápida (impressoras 3D), que apesar de tangibilizarem dados digitais no mundo físico, levam tempo e tem custo elevado.

As soluções encontradas que visam diminuir o déficit tátil das interfaces gráficas também são limitadas a usos simples, e em geral são tecnologias muito caras.

Existem diversos grupos de pesquisadores e profissionais buscando desenvolver interfaces tangíveis ou displays volumétricos. A Audi, por exemplo (veja mais adiante, na Pesquisa de Similares) criou um grupo de pesquisa para desenvolver um "Tangible Haptic Touchpad", uma interface tátil tangível para motorista controlar o painel do automóvel sem precisar tirar os olhos do volante.

O MIT, desde 1995 mantém o Tangible Media Lab, liderado pelo professor Hiroshi Ishii, onde são projetados e testados protótipos de interfaces tangíveis. O objetivo deste laboratório é buscar fundir o mundo real com o mundo virtual, explorando todo o potencial sensorial dos seres humanos.

Como estes, diversos outros profissionais tem se unido em prol do desenvolvimento de novas

interfaces tangíveis experientais.

O Tangima pretende contribuir com a quebra dos paradigmas das interfaces de interação homem-máquina. Ainda utilizamos, predominantemente, dispositivos que foram projetados há mais de 30 anos.

Acreditamos que precisamos explorar novas formas de interação, ampliando o leque de oportunidades e explorando nosso potencial sensorial.

Imagem 18
Professor Hiroshi Ishii pesquisa interfaces tangíveis no MIT

A IMPORTÂNCIA DO TOQUE

Ainda sobre a relevância de se projetar interfaces tangíveis para explorarmos novos sentidos, como o tato, para citar um pouco sobre a importância deste sentido nas nossas vidas, recorreremos ao autor Abdumotaleb El Saddik, do livro "Haptics Technologies: Bringing Touch to Multimedia" :

" O tato está distribuído por todo o corpo, ao contrário dos nossos outros 4 sentidos convencionais, os quais estão centralizados em partes específicas do nosso organismo. Os seres humanos são muito sensíveis ao toque, mas cada parte do nosso corpo possui suas sensibilidades. Estas sensibilidades variam porque a pele é uma interface que discrimina quatro modalidades de sensação: (tanto no toque leve quanto no toque pressionado), toque, frio, calor e dor. Mais ainda, a combinação de duas ou mais modalidades podem ser utilizadas para caracterizar sensações como rugosidade, umidade e vibração. Um ser humano não seria capaz de sentir e responder ao mundo físico sem os sensores táteis localizados pelo corpo todo. Para apreciar mais o tato, considere os seguintes fatos: de acordo com Heller e Schiff, o toque é vinte vezes mais rápido que a visão, então os seres humanos estão habilitados a diferenciar dois estímulos a apenas 5 ms de diferença entre eles; Bolanowski descobriu que o tato é altamente sensível a vibrações de até 1KHz, com um pico de sensitividade por volta de 250 KHz; e os receptores da pele na palma da mão podem sentir diferenças tão baixas quanto 0.2µm de comprimento."

Por fim, o autor Robles de La Torre, em seu artigo "The Importance of the Sense of Touch in Virtual and Real Environments", diz que perder o tato tem efeitos catastróficos como a perda dos movimentos da mão, perda da percepção de posição e movimento dos membros e inabilidade para andar, só para citar alguns. Segundo ele, apesar de em geral não conseguirmos visualizar nossas vidas sem a visão ou audição, estaríamos com problemas muito mais sérios se perdêssemos o sentido do tato.

Vale ressaltar que apesar de buscar tangibilizar imagens, o protótipo apresentado no final deste projeto de graduação não será propriamente uma interface capaz de oferecer a sensação tátil, uma vez que o seu tamanho será desproporcionalmente grande. À medida que evoluirmos o desenvolvimento do Tangima, mesmo após a conclusão deste projeto, buscaremos mais recursos e investimentos para reduzirmos o tamanho de cada pino. Desta forma, possibilitaremos uma maior resolução ocupando um menor espaço, e consequentemente, possibilitando a sensação tátil.

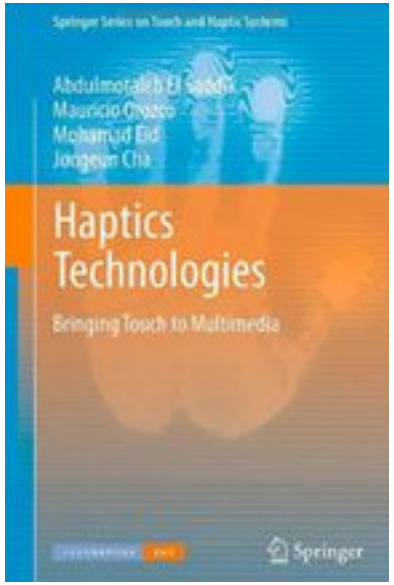


Imagem 19
Capa do livro Haptics Technologies

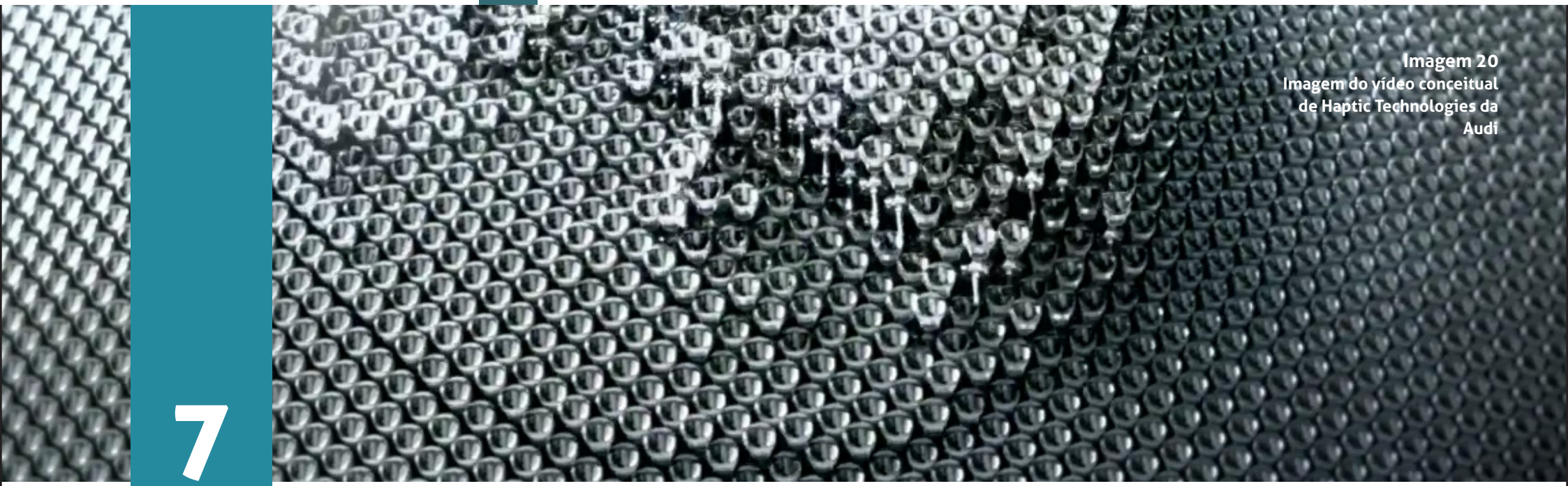
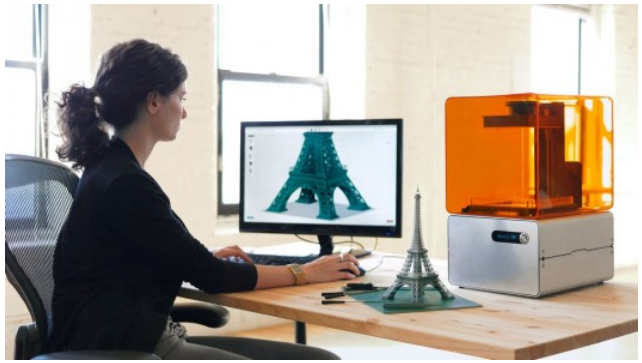


Imagem 20
Imagem do vídeo conceitual de Haptic Technologies da Audi

7

SIMILARES

Imagem 21
Impressoras 3D trazem imagens virtuais para o mundo físico



IMPRESSORAS 3D

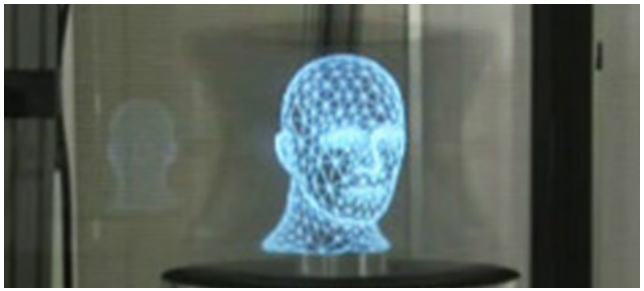
As impressoras 3d, ou as técnicas de prototipagem rápida, como Fresadora e Impressoras a Laser, são ferramentas para transformar imagens digitais em objeto físicos reais. Existem diversas técnicas disponíveis, a mais comum é o desenho por camadas. Nos últimos anos, elas se tornaram financeiramente acessíveis, permitindo que um consumidor comum possa tê-las na sua casa e não apenas empresas e indústrias de grande porte.

Imagem 22
O projeto Siafu

SIAFU

"Siafu" é um dispositivo conceitual, desenhado para que deficientes visuais tenham um experiência mais intuitiva e imersiva na interação com o computador. Ele foi projetado a partir de um material conceitual, nomeado de Magneclay, que possui a habilidade de mudar a sua forma para qualquer outra forma. Esse material permite que o Siafu exiba, em relevo, caracteres em braile, bem como imagens em volume, permitindo que os usuários possam visualizar com o tato imagens digitais pela primeira vez.

Imagem 23
Projeto Holográfico



DISPLAYS VOLUMÉTRICOS

Os Displays Volumétricos (Volumetric Displays) são dispositivos que formam uma representação visual de um objeto em três dimensões, em oposição as telas planares tradicionais que apenas simulam a profundidade através de alguns efeitos óticos e visuais.

As técnicas de holografia se enquadram nesta categoria.

Esses dispositivos se diferem dos Displays Táteis-Volumétricos (Haptic-Volumetric Displays), pois não permitem a utilização do tato na interação com as imagens reproduzidas.

Imagem 24
Haptic Touch Project da Audi

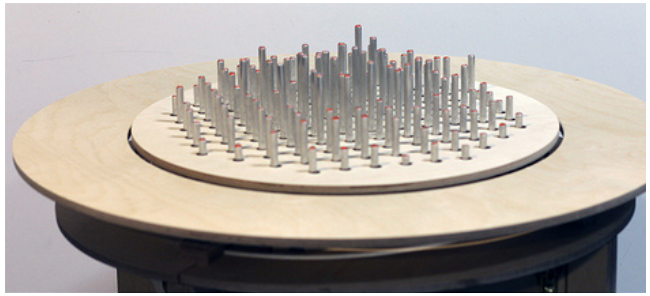
TECNOLOGIAS TÁTEIS DA AUDI

Entre 2008 e 2010, a Audi contratou uma equipe de designers para liderarem o "Haptic Touch Project" (Projeto Tátil). O objetivo era criar um display tátil para os automóveis da compania.

Para isso, desenvolveram um touchpad do tamanho do touchpad do laptop da Apple, o Macbook Pro, com uma matriz de 1200 pinos, individualmente controlados por motores. Cada pino mudava a sua altura entre duas posições.

A idéia não era simular uma sensação tátil, mas sim fato oferecer o feedback tátil real. Os protótipos provaram o conceito e combinaram as vantagens do mundo digital e do real.

Imagem 25
O projeto Relief



RELIEF

"Relief" é um display em formato de mesa, o qual permite o usuário renderizar uma animação tridimensional em sua superfície maleável. Ele permite que os usuários experimentem e criem arquivos digitais, como terrenos geográficos, de uma maneira bem intuitiva. O projeto é construído em cima de uma matriz de 120 pinos motorizados, cada qual controlado por uma plataforma desenvolvida com hardware e software opensource. Cada pino pode ser endereçado individualmente e pode sentir os inputs táteis dos usuários de empurrar ou puxar.

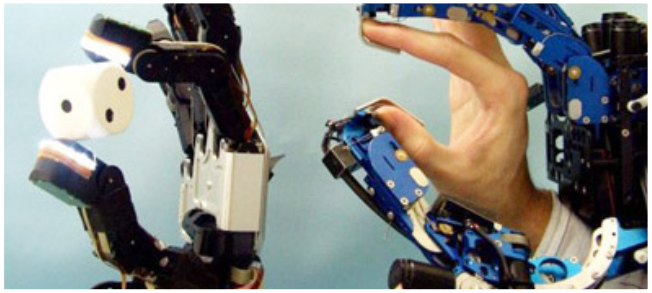
Imagem 26
Projeto Super Cilia

SUPER CILIA

O "Super Cilia Skin" é uma interface interativa concebida como uma membrana computamente aprimorada, que junta input tátil com output tátil e visual.

Uma matriz de elementos individuais (cilia) usam as mudanças na orientação para exibirem imagens ou gestos físicos como informações físicas ou táteis.

Imagem 27
Dextrous Hand



DEXTROUS HAND

A "Dextrous Hand" (desenvolvida pela equipe de robótica humanóide da NASA), possui sensores táteis embutidos em cada junta e em cada dedo, as quais transmitem informação para um computador central, para processamento e análise. Essas informações são passadas para uma outra mão, fazendo com que seja possível sentir o mesmo que a outra mão está sentindo.

Imagem 28
Dildonic

DILDONICS

No que diz respeito a relacionamentos amorosos a distância, os "Dildonics" representam um grande avanço. Estes dispositivos permitem o sexo virtual tátil a distância, ou pelo menos algo parecido com isso. Através deles é possível controlar vibradores remotamente. A foto ao lado mostra um "Dildonic" que vibra ao receber uma mensagem SMS.

Imagem 29
Projeto Phantom

PHANTOM

"Phantom" é um dispositivo que funciona como um tablet que simula o toque em objetos virtuais. Basicamente o usuário segura na ponta da interface, aonde se assemelha a uma caneta e conforme faz os movimentos o dispositivo reproduz um feedback de força contrária, dando a sensação de estar tocando em algo. O "Phantom" foi criado pensando em pesquisadores que queiram desenvolver e estudar novas técnicas para dispositivos táteis.

Imagem 30
Projeto Wooden Mirror

8

NOVOS SIMILARES

BREVE HISTÓRIA DOS DISPLAYS VOLUMÉTRICOS

Conforme o desenvolvimento do Tangima evoluiu, encontramos similares mais adequados ao que estávamos propondo desenvolver. Nos aprofundamos nestes similares para entender seus propósitos e principalmente sua tecnologia, uma vez que alguns se assemelham bastante ao que estávamos querendo criar. Em seguida, organizamos estes similares por data, para entendermos como que os displays volumétricos evoluiram ao longo da história.

1995

Imagem 31
Projeto FEELEX

Nome: "FEELEX"
Autor: Hiroo Iwata, Hiroaki Yano, Fumitaka Nakaizumi, Ryo Kawamura
Data do desenvolvimento: 1995
Mais informações: http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/feelex/feelex_e.html

A proposta do "FEELEX" era representar informações em objetos reais, podendo deformá-los, como criaturas vivas. Seu mecanismo funcionava a partir de um plano de borracha deformável por uma matriz de atuadores verticais. O movimento linear dos atuadores em diferentes posições do plano de borracha conferiam novas formas ao plano.

1999

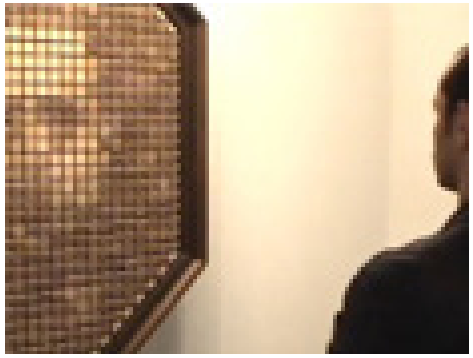


Imagem 31
Wooden Mirror

Nome: "Wooden Mirror"
Autor: Daniel Rozin
Data do Desenvolvimento: 1999
Mais informações: http://www.smoothware.com/danny/woodenmirror.html

"Wooden Mirror" é um espelho mecânico desenvolvido pelo artista Daniel Rozin, em 1999. Consiste em uma matriz de pequenos quadrados de madeira (ou outros materiais) que giram. Ao girar, estas peças refletem uma luz diretamente apontada a eles. A intensidade do reflexo atribui a cada peça uma tonalidade diferente, assemelhando-as a pixels. Desta forma, o espelho consegue reproduzir as imagens capturadas por uma câmera.

2001

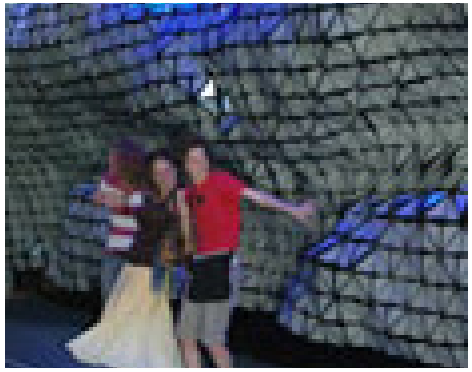


Imagem 32
Hyposurface

Nome: "Hyposurface"
Autor: Mark Goulthorpe (MIT Media Group)
Data do Desenvolvimento: 2001
Mais informações: http://architecture.mit.edu/architectural-design/project/hyposurface

O "Hyposurface" se auto-intitula o primeiro display volumétrico (em 3 dimensões) totalmente dinâmico. Desenvolvido por pesquisadores do núcleo de Arquitetura e Design do MIT, o "Hyposurface" consiste em uma matriz de pistões hidráulicos que realizam movimentos lineares. os pistões atuam sobre uma superfície de peças de pano de padrão triangular. Estas peças são costuradas e possuem uma certa elasticidade. Desta forma, o movimentos dos pistões confere, à esta malha, deformidades controladas dinamicamente por um software. O resultado é um display volumétrico com uma grande resolução e com capacidade de exibir imagens em tempo real.

2001

Imagem 33
Portrude, Flow

Nome: "Portrude, Flow"
Autor: Sachiko Kodama, Minako Takeno
Data do desenvolvimento: 2001
Mais informações: http://www.kodama.hc.uec.ac.jp/project/shortPaper.pdf

"Portrude, Flow" é um projeto desenvolvido em 2001 por Sachiko Kodama e Minako Takeno, pesquisadores da Universidade de Eletro-Comunicações, em Tóquio. Consiste em um display a base de um fluido de ferro, que muda de forma de acordo com aplicações magnéticas geradas a partir de uma série de imãs. O resultado é um display volumétrico que muda sua forma de acordo com o som ambiente.

2002

Imagem 34
Illuminating Clay

Nome: "Illuminating Clay"
Autor: Ben Piper, Carlo Ratti, Hiroshi Ishii (MIT Tagible Media Group)
Data do desenvolvimento: 2002
Mais informações: http://www.cs.uml.edu/~fredm/courses/91.548-spr03/papers/illclay_chi02.pdf

"Illuminating Clay" é um projeto Desenvolvido pelos pesquisadores Ben Piper, Carlo Ratti e Hiroshi Ishii do MIT Tangible Media Lab. Este projeto consiste em um display para ler o volume de um determinado terreno reproduzido em uma peça de argila. Conforme o usuário molda a placa de argila criando elevações ou depressões no terreno, o software projeta (a partir de um projetor), em cores, a variação do relevo do terreno.

2003

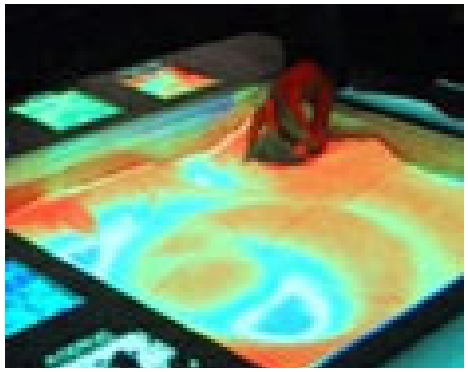


Imagem 35
Sandscape

Nome: "Sandscape"
Autor: Yao Wang, Assaf Biderman, Ben Piper, Carlo Ratti e Hiroshi Ishii
Data do desenvolvimento: 2003
Mais informações: http://tangible.media.mit.edu/project/sandscape/

Desenvolvido pelos mesmos pesquisadores que projetaram o "Illuminating Clay", o "Sandscape" é um display utilizado para manipulação de terrenos (em escala) em tempo real. Diferente do seu predecessor que projetava informações em uma barra de argila, neste projeto o usuário interage com o terreno no terreno a partir de uma mesa de areia.

2004

Imagem 36
Glowbits

Nome: "Glowbits"
Autor: Daniel Hirschmann
Data do desenvolvimento: 2004
Mais informações: http://www.plankman.com/projects/glowbits/

"Glowbits" é uma matriz de leds RGB que se movem linearmente, produzindo imagens em cores e em 3 dimensões. Foi desenvolvido pelo artista sul-africano Daniel Hirschmann.

2004

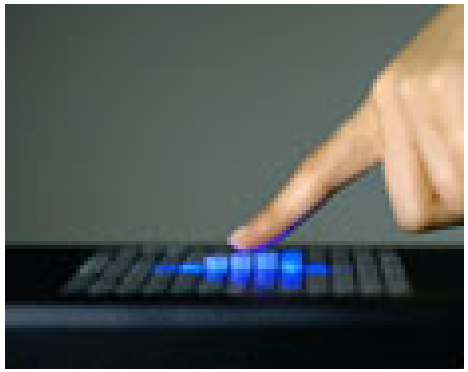


Imagem 37
Illuminating Clay

Nome: "Lumen"
Autor: Ivan Poupyrev
Data do desenvolvimento: 2004
Mais informações: http://ivanpoupyrev.com/projects/lumen.php

"Lumen" é um Display Tátil-Volumétrico desenvolvido pelo pesquisador de tecnologias interativas Ivan Poupyrev, em 2004. Consiste em uma matriz de pinos de silicone iluminados, que sobem e descem. A variação das posições dos pinos exibe imagens em relevo. Os pinos são pequenos e próximos uns dos outros para que o usuário tenha uma sensação tátil real. Além disso, cada pino funciona como um botão para dar input de dados.

2005

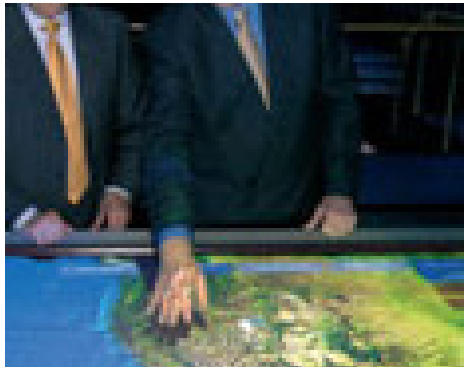


Imagem 38
Sandscape

Nome: "TerrainTable"
Autor: Northrop Grumman
Data do desenvolvimento: 2005
Maisinformações: http://web2.ges.gla.ac.uk/~gpetrie/Petrie_TouchTable_P40-41_GI_02_2006.pdf

"TerrainTable" é uma mesa desenvolvida pela empresa de equipamentos militares e aeroespaciais Northrop Grumman, para visualização e manipulação de terrenos, semelhante ao projeto "Sandscape". A mesa é formada por uma placa de silicone que é deformada por uma grande matriz de pinos com movimentos lineares.

2009

Imagem 39
Glowbits

Nome: "Centograph"
Autor: Tinker
Data do desenvolvimento: 2009
Mais informações: http://tinkerlondon.com/what-we-do-centograph.html

"Centograph" é uma interface física, desenvolvida pela agência Tinker, para exibir gráficos em volume e em tempo real. Consiste em barras de acrílico iluminadas que sobem e descem, exibindo informações digitais no mundo físico.

2011

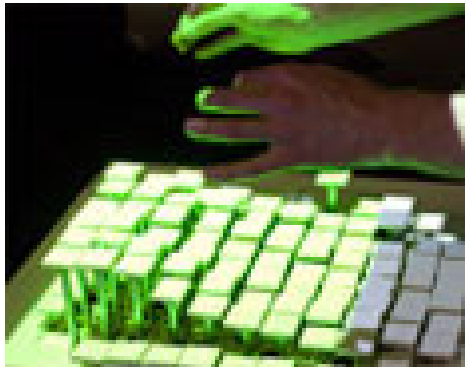


Imagem 40
Recompose

Nome: "Recompose"
Autor: Daniel Leithinger, Adam Kumpf, Hiroshi Ishii
Data do desenvolvimento: 2011
Mais informações: http://tangible.media.mit.edu/project/recompose/

"Recompose" é uma interface física desenvolvida por pesquisadores do MIT Tangible Media Group. Sua proposta é oferecer uma nova forma de manipular fisicamente uma superfície. Consiste em uma matriz de pinos que podem mudar sua posição vertical afim de gerar imagens em relevo. A partir de uma câmera de Kinect, o usuário pode fazer movimentos com as mãos e manipular a altura dos pinos.

2012

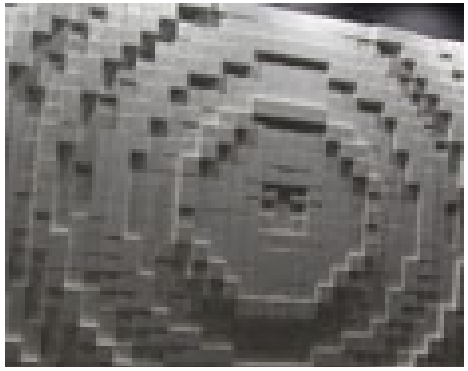


Imagem 41
Hypermatrix

Nome: "Hypermatrix"
Autor: Hiroo Iwata, Hiroaki Yano, Fumitaka Nakaizumi, Ryo Kawamura
Data do desenvolvimento: 2012
Mais informações: http://jonpasang.com/?portfolio=hypermatrix

"Hypermatrix" é o nome de uma instalação que foi realizada na Expo Korea 2012 pelo grupo de artistas Jonpasang. Consiste em um display volumétrico instalado nas paredes de uma grande sala de cinema. O display foi desenvolvido a partir de blocos que se movimentam linearmente. O movimento dos blocos é controlado por um software e exibe imagens e filmes em relevo.

Imagem 42
Imagem do projeto Hypermatrix

9

DIFERENCIAIS

DESTAQUES DOS SIMILARES

Alguns dos similares apresentados são tecnicamente e até mesmo conceitualmente bem semelhantes ao que buscamos com o Tangima. A grande maiora foi, ou está sendo desenvolvido por equipes e laboratórios de grandes universidades, como o MIT ou a NYU. Ainda assim, o Tangima apresenta grandes diferenciais dos similares apresentados. São eles:

1 Modular

O Tangima possui módulos pequenos desenvolvidos separadamente e facilmente conectáveis, permitindo uma alta customização de forma/resolução, além da maior simplicidade no seu manuseio.

2 Software e Hardware abertos

Como seguimos um conceito opensource, qualquer pessoa com conhecimentos de programação ou arduíno pode desenvolver suas próprias aplicações.

Imagem 43
Caixas modulares que foram isnpiração para a idéia de tornar o tangima um display modular

3 Faça você mesmo

Com poucos materiais você pode construir seus próprios módulos do Tangima. Basta fazer o download dos arquivos das peças no blog do Projeto: http://tangima.wordpress.com , imprimir em impressoras 3d ou cortar na impressora de corte a laser e construir com seus próprios equipamentos e materiais.

4 Baixo Custo

O custo para seu desenvolvimento/produção de cada módulo é baixíssimo em comparação aos projetos apresentados, uma vez que buscamos utilizar os componentes eletrônicos e materiais mais baratos possíveis.

De qualquer forma, cada similar apresentado possui o seu propósito. O Tangima fica atrás de outros projetos em muitos aspectos, como por exemplo a velocidade do movimento dos pinos, o barulho dos motores, a baixa resistência, a baixa precisão e a distância máxima percorrida. Porém, essas questões são facilmente contornáveis com os recursos e investimentos adequados.

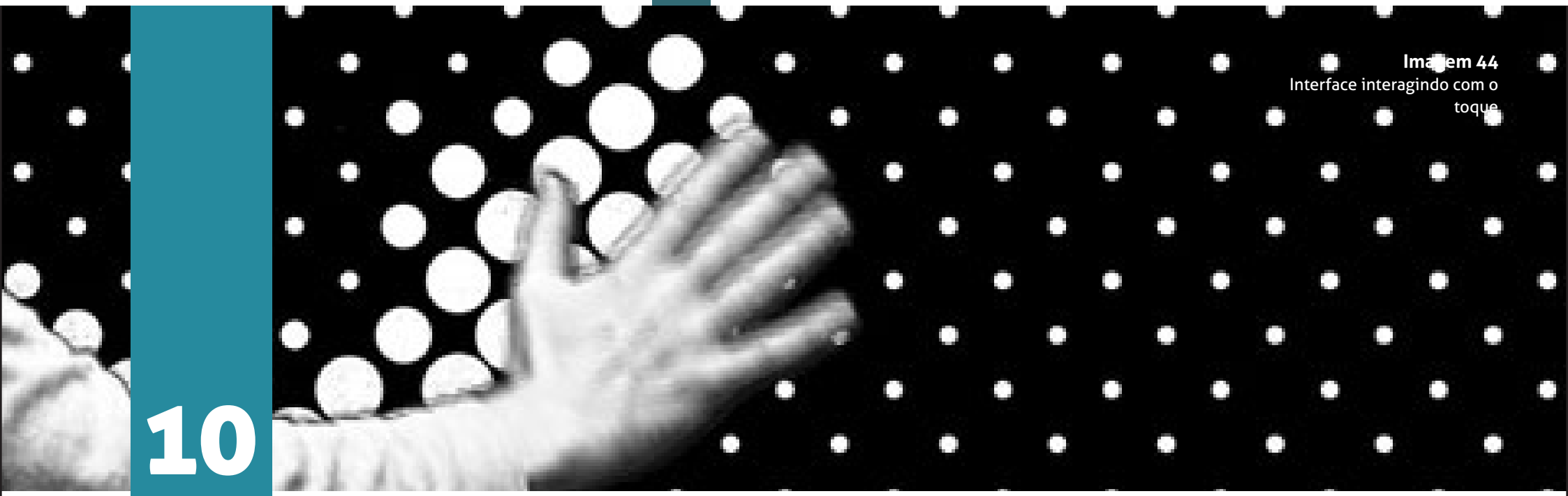


Imagem 44
Interface interagindo com o toque

10

PESQUISA TEÓRICA

PROTOTIPAR E EXPERIMENTAR

A prototipagem é fundamental para o design de interação. Através do protótipo, a interface pode evoluir. É a prototipagem que vai permitir o uso, e é o uso que permitirá uma análise/avaliação para que melhorias sejam feitas e a interface evolua.

Dada a complexidade multidisciplinar para desenvolver a tecnologia final deste projeto e os recursos disponíveis, este projeto focará em projetar, prototipar, experientar, testar e apresentar. O produto final funcionará e permitirá a reprodução multimídia, porém, definimos como protótipo por se tratar do primeiro estágio utilizável de uma tecnologia em desenvolvimento.

David Liddle, que liderou o time de desenvolvedores da interface gráfica da Star, fala sobre os três estágio do processo de design de interação e como as pessoas reagem a ele:

O primeiro estágio é o do entusiasta. Os entusiastas não se preocupam se a interface é fácil ou difícil de usar, porque estão muito animados com a tecnologia por si só ou pelo que ela vai fazer por eles.

O segundo estágio é o do profissional, onde aqueles que usam a interface não são aqueles que vão comprá-la. Eles receberão essa tecnologia e irão usá-la, em geral, para o trabalho.

O terceiro estágio é o do consumidor. As pessoas neste estágio estão menos interessadas na interface por si do que pelo que ela pode fazer por elas. Elas não querem gastar muito tempo aprendendo como usá-la e odeiam se sentir idiotas. Se for difícil de usar, elas não comprarão.

INTERFACE HUMANO-COMPUTADOR TANGÍVEL

Desde o início da nossa existência, desenvolvemos habilidades para sentir e manipular o mundo físico. Porém, grande parte dessas habilidades não são utilizadas na interação com o mundo digital de hoje. As interfaces humano-computador tangíveis, ou "tangible user interfaces", são construídas em cima

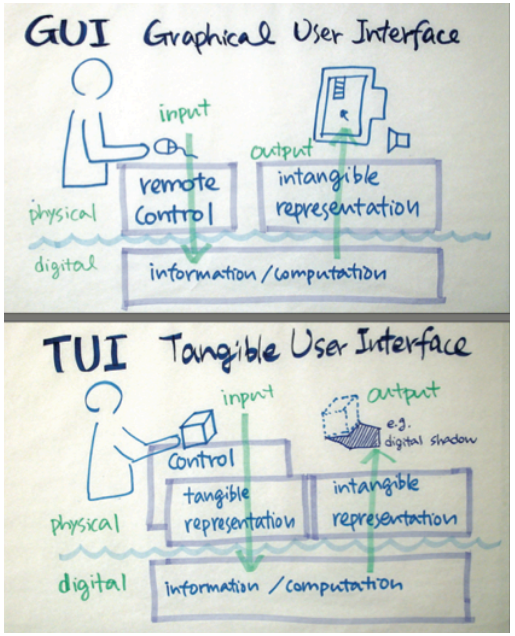
destas habilidades, incorporando as informações digitais no nosso espaço físico.

As interações que fazemos com o mundo digital, hoje em dia, são em geral restritas aos displays gráficos (Graphical User Interfaces). Nós estamos em contato com diversos desses displays durante todo o dia-a-dia. Laptops, televisores, tablets, celulares, desktops, painéis, etc. Porém, os GUIs que usamos hoje (monitor, mouse, teclado, joysticks,...) apareceram para o mercado há muito tempo, na década de 70 e desde então se tornaram um padrão/paradigma para a interação humano-computador.

As GUIs usam o mapeamento de pixels (mudam de cor, acendem ou apagam, etc) para representar visualmente os dados (bits). Essas representações gráficas são manipuladas com controles genéricos, como o mouse e o teclado. Esse foi um grande avanço tecnológico e de usabilidade, se comparado com as interfaces de comando de antigamente (DOS, por exemplo).

Porém, essa forma de representar os dados não condiz com a nossa interação com o mundo físico. Quando estamos interagindo com estes dispositivos, utilizamos muito pouco da nossa capacidade e velocidade de movimento/destreza e não utilizamos nossas habilidades de manipular os objetos físicos, como usamos no artesanato, por exemplo, quando queremos dar forma a argila ou barro.

O objetivo das Interfaces Tangíveis (Tangible User Interfaces ou TUIs) é de tirar vantagem dessas nossas habilidades sensoriais, quebrando os paradigmas existentes. A idéia central das TUIs é dar forma física (tangível) para as informações digitais (bits). Para assim, obtermos uma experiência mais rica, intuitiva e abrangente.



Imagens 45 e 46
Acima. A imagem ilustra a diferença entre interfaces gráficas (GUIs) e interfaces tangíveis (TUIs).
Abaixo, a sensação do toque em interfaces físicas

REPRODUÇÃO MULTIMÍDIA MULTISENSORIAL

Segundo o Wikipedia, multimídia é :

"...a combinação, controlada por computador, de pelo menos um tipo de mídia estática (texto, fotografia, gráfico), com pelo menos um tipo de mídia dinâmica (vídeo, áudio, animação)" (Chapman & Chapman 2000 e FLuckiger 1995).

Enquanto multimídia multisensorial:

"Quando se afirma que a apresentação se faz de maneira multi-sensorial, quer-se dizer que mais de um sentido humano está envolvido no processo."

Em outras palavras, a interface projetada aqui, deverá ser um meio de reprodução de textos, imagens, vídeos e sons, onde sua interpretação poderá se dar através de vários sentidos simultaneamente (visão, audição e tato).

SENSAÇÃO DE TOQUE

A sensação de toque, em inglês, é chamada de "Haptic". "Haptic" é um termo derivado da palavra grega haptesthai, que significa "relacionado a sensação do toque" e se refere a ciência do sentido manual e manipulação pelo toque. Também é descrito como "a sensibilidade do indivíduo de se relacionar com o mundo através do toque do seu corpo".

A tecnologia tátil, ou Haptic Technology, em inglês, segundo o Wikipedia, é o feedback tátil da

onde se tira vantagem do sentido do toque aplicando forças, vibrações ou movimentos ao usuário. Essa estimulação mecânica pode ser usada para ajudar na criação de objetos virtuais na simulação computacional, para controlar esses mesmos objetos virtuais, ou para aprimorar o controle remoto de máquinas e dispositivos (telerobótica). Ela também é descrita como "fazer pelo sentido do toque o mesmo que a computação gráfica faz pela visão".

DISPOSITIVO TÁTIL-VOLUMÉTRICO

Segundo o Wikipédia, um dispositivo Volumétrico-tátil, ou Volumetric Haptic Display é:

" *(...) A graphical display device that forms a visual real time representation of an object in three physical dimensions, as opposed to the planar image of traditional screens that simulate depth through a number of different visual (...)*" - **Wikipedia**

Ainda, segundo o mesmo site, não existem dispositivos de representação tátil-volumétrica implementados. Os métodos de projetar informações táteis no espaço ainda estão sendo desenvolvidos.

"*At this time, there is no set method to implement VHDs. (...) Methods of projecting the tactile information into space are still being developed.*" – **Wikipedia**

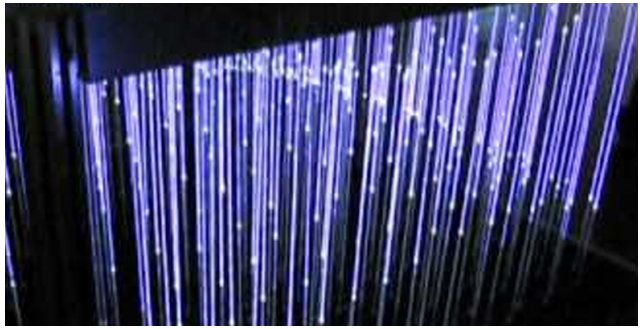


Imagem 47
Display Volumétrico composto por LEDs

"The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it" - **Mark Weiser**

UBIQUIDADE COMPUTACIONAL

O autor Mark Weiser (Xerox), utilizou o termo Ubiquidade Computacional pela primeira vez em 1988. Em 1995 publicou um artigo que apresentava o termo.

Basicamente o termo ubiquidade computacional sugere um modelo de interação humano-computador. Neste modelo, o processamento de informações e as interfaces existentes seriam totalmente integradas aos objetos e atividades do dia-a-dia. Em outras palavras, alguém utilizando"ubiquidade computacional", utiliza diversos dispositivos e sistemas simiultaneamente e pode não necessariamente perceber que o está utilizando. Segundo o próprio autor em seu artigo " The Computer for the 21st Century", ubiquidade computacional é definido como: "máquinas que se adaptam aos ambientes dos humanos, ao invés de forçar os seres humanos a se adaptar a elas".

Para Weiser, as máquinas deveriam funcionar no plano de fundo, de forma que nós nem percebêssemos que elas estão ali durante o uso. Segundo ele, o mesmo processo acontece hoje em dia com a comunicação escrita, nós não percebemos que estamos usando uma tecnologia para ler/escrever, pois isso já faz parte da nossa vida.

Segundo o autor, a maior oposição a esta visão é a noção de realidade virtual, que pretende criar uma ciberealidade, em um universo dentro do computador. Para ele, a realidade virtual permite as pessoas explorarem mundos inacessíveis como planetas distantes, interior das células, ambientes de games, mas exclui a realidade física (mesas, escritórios, pessoas, roupas, grama, arvores, caminhadas) e todas as pessoas que estão fora do espaço cibernético. A realidade virtual foca em simular um mundo ao invés de melhorar, de forma invisível, o mundo que já existe.

O conceito de ubiquidade computacional está presente neste projeto. A proposta aqui é criar uma interface que quebre os paradigmas das GUIs existentes, trazendo a virtualidade para o mundo real. Pretendemos fazer com que a máquina se funda cada vez mais com a realidade física, se tornando cada vez mais parecida com um objeto qualquer, ao invés de criar um universo adicional, onde as ações acontecem apenas no espaço cibernético.

DESIGN DE INTERAÇÃO

Segundo o Gillian Smith, no seu livro "Designing Interactions", décadas atrás, quando os PCs começaram a se popularizar, eles eram utilizados mais como ferramentas profissionais ou como máquinas de jogos para adolescentes. A situação mudou radicalmente. Hoje em dia, todo mundo, crianças, pais, avós, usam eles diariamente, no trabalho, na escolar, em casa. Para o autor, a função do design de interação é projetar as tecnologias dos computadores de forma diferente, fazendo deles uma parte mais agradável das nossas vidas, como as outras coisas que compramos: roupas, comida, móveis e objetos pras nossas casas. Nós chegamos no estágio em que as interfaces precisam ser projetadas a partir das nossa cultura do dia-a-dia, para que seja, além de functional, bonita, intrigante e emocinante.

Para o Wikipedia, "design de interação é modelar coisas digitais para as pessoas usarem", ou em outras palavras, é a prática de projetar produtos digitais interativos, ambientes, sistemas e serviços.
Assim como em outros campos do design, o design de interação também se interessa pela forma, mas está mais focado no comportamento das coisas.
O que marca o design de interação com um campo do Design em oposição a um campo de engenharia é por focar na síntese e em como as coisas deveriam ser, ao invés de como as coisas são.

"Da mesma forma que os designers de produto mudaram o nosso dia-a-dia através de objetos que eles desenharam para nossas casas, escritórios e espaços de lazer, o design de interação está modelando a nossa vida com tecnologias interativas – computadores, telecomunição, celulares, e por aí vai." - Gillian Crampton Smith

TANGIBLE BITS

Inspirado pelas idéias de Design de interação e ubiquidade computacional, o professor Hiroshi Ishii saiu de sua cidade natal, Tokyo, em 1995, e foi para o MIT (EUA), onde em 1997 montou um grupo de pesquisadores interessados em projetar protótipos e experimentos baseados na sua visão de Tangible Bits (bits tangíveis). Esse grupo existe até os dias de hoje e é chamado de Tangible Media Group, um dos mais renomados núcleo de desenvolvimento de interfaces de interação homem-máquina do mundo.

Segundo professor, no seu artigo "Tangible Bits: Beyoung Pixels", nossa janela para o mundo digital tem sido confinada a telas planas retangulares e pixels, os quais ele nomeia de "bits pintados". Mas enquanto nossa visão está confinada no mar das informações digitais, nosso corpo permanece no mundo físico. Os Tangible Bits dão forma física às informações digitais, fazendo os bits serem diretamente manipulados e percebidos.

O autor diz que, para fazer a computação ser realmente ubíqua e invisível, nós precisamos buscar estabelecer um novo tipo de interface humano-computador, as quais ele chama de Tangible User Interfaces. Estas interfaces vão aumentar o mundo físico real fundindo a informação digital com objetos e ambientes físicos do nosso dia-a-dia.

Em 2012, o professor fundador do MIT Tangible Media Lab, Hiroshi Ishii, o mesmo que apresentou a noção em Tangible Bits em 1997, apresentoua noção de Radical Atoms.

Para ele, o futuro do design de interação está em interfaces criadas a partir de objetos que mudem remodelar a sua estrutura, a sua forma.

Os Radical Atoms ainda são uma hipótese. Segundo este hipótese, teremos materiais transformáveis e regonfiguráveis, através do computador, de forma dinâmica. As mudanças de sua forma física implicará em mudanças na sua forma digital, e vice-versa.

Os Radical Atoms, para o professor, no futuro não se projetará mais interfaces de interação com o usuário, mas sim materiais de interação com o usuário.

Imagem 48
Representação dos Bit, Tangible Bits e Radical Atoms

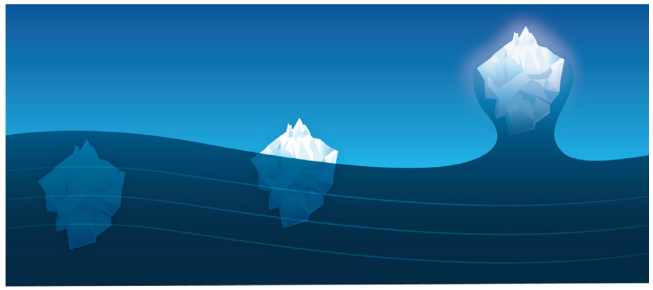


Imagem 49
Imagem texturizada baseada em visão isométrica

11

PESQUISA ESTÉTICA

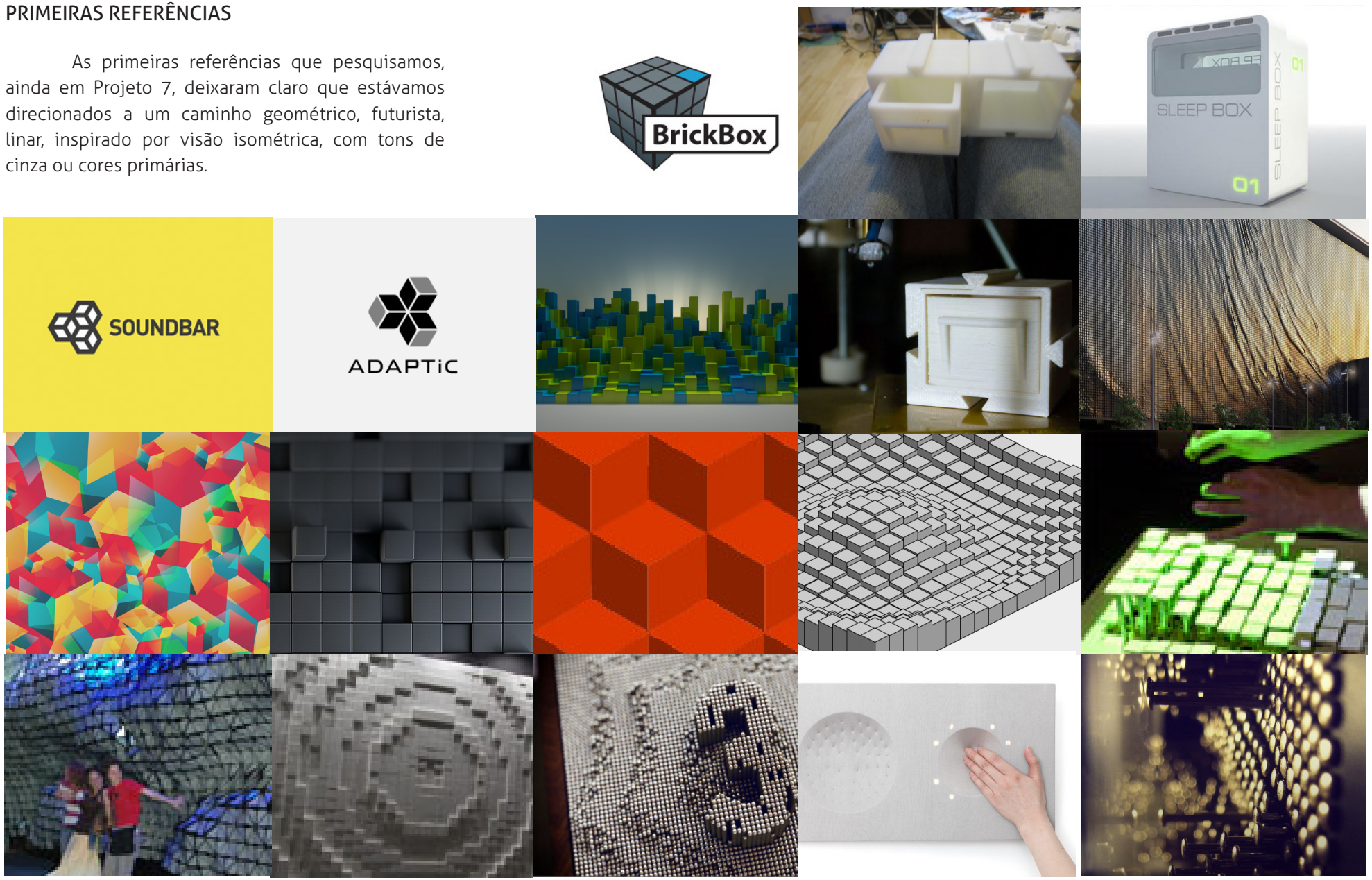
REFERÊNCIAS E EXPERIMENTOS GRÁFICOS

Antes de desenvolvermos a identidade visual do projeto Tangima, fizemos alguns experientos gráficos e buscamos diversas referências gráficas, tipográficas, visuais e estéticas, desde referências para a logo até referências para o site, a diagramação do relatório, o desenho do produto, as cores, etc.

O resultado desta pesquisa é um moodboard que nos ajudou na tomada de decisões e no processo de criação gráfica.

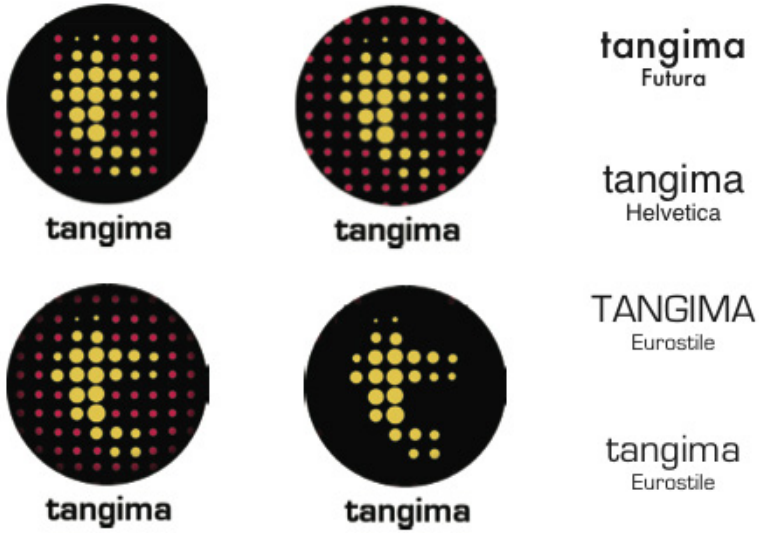
PRIMEIRAS REFERÊNCIAS

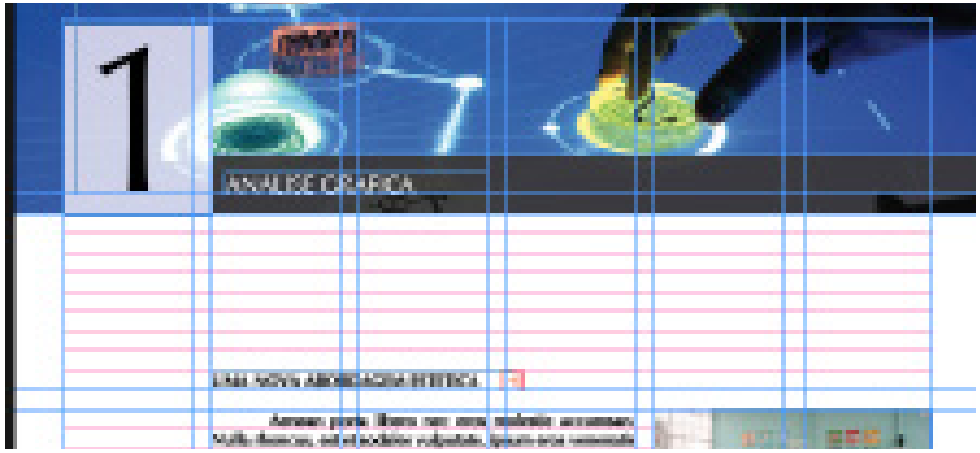
As primeiras referências que pesquisamos, ainda em Projeto 7, deixaram claro que estávamos direcionados a um caminho geométrico, futurista, linar, inspirado por visão isométrica, com tons de cinza ou cores primárias.

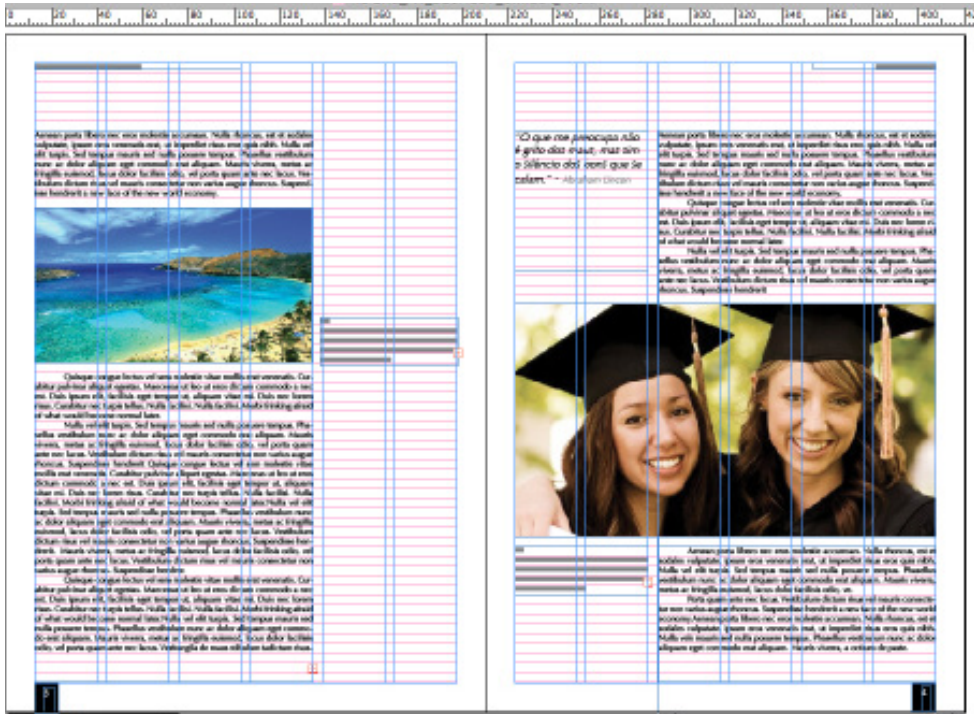


PRIMEIROS ESTUDOS DE IDENTIDADE

Ainda na disciplina de projeto 7 desenvolvemos um estudo gráfico para a logo e a diagramação do relatório do projeto.

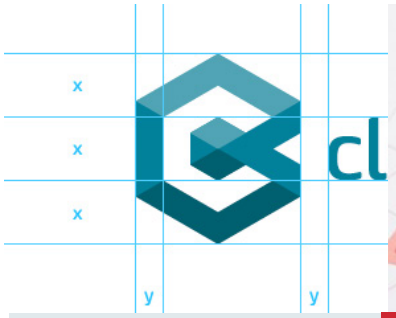


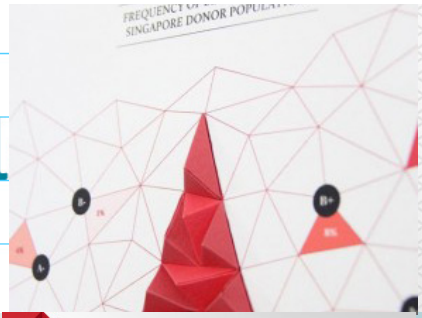


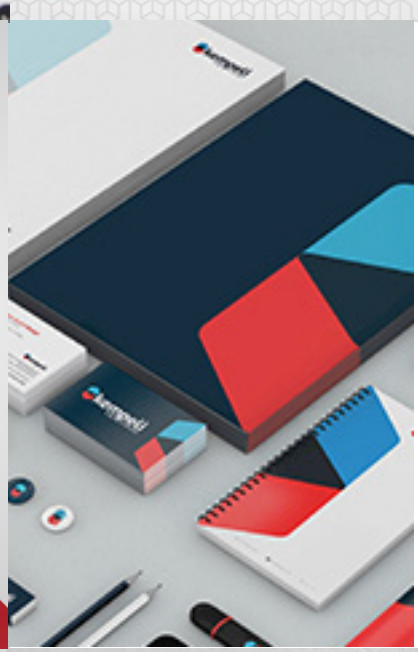


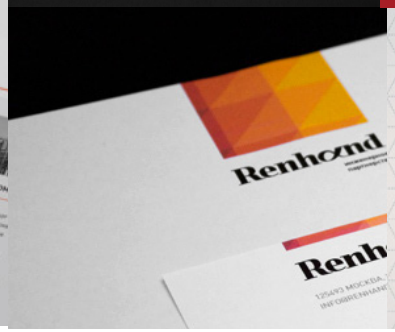
MAIS REFERÊNCIAS

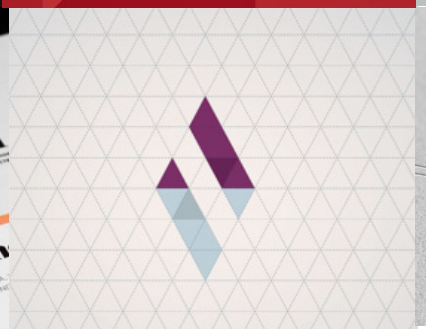
Ao darmos continuidade ao desenvolvimento do projeto, já na disciplina de projeto 8 ,não estávamos satisfeitos com os resultados obtidos na identidade visual e resolvemos nos aprofundar na pesquisa estética de similares.

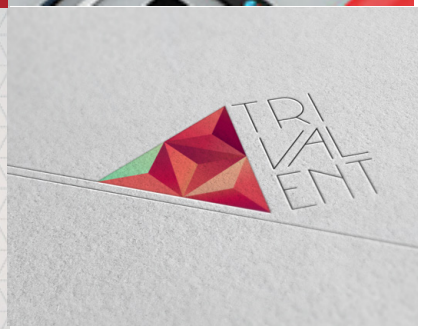






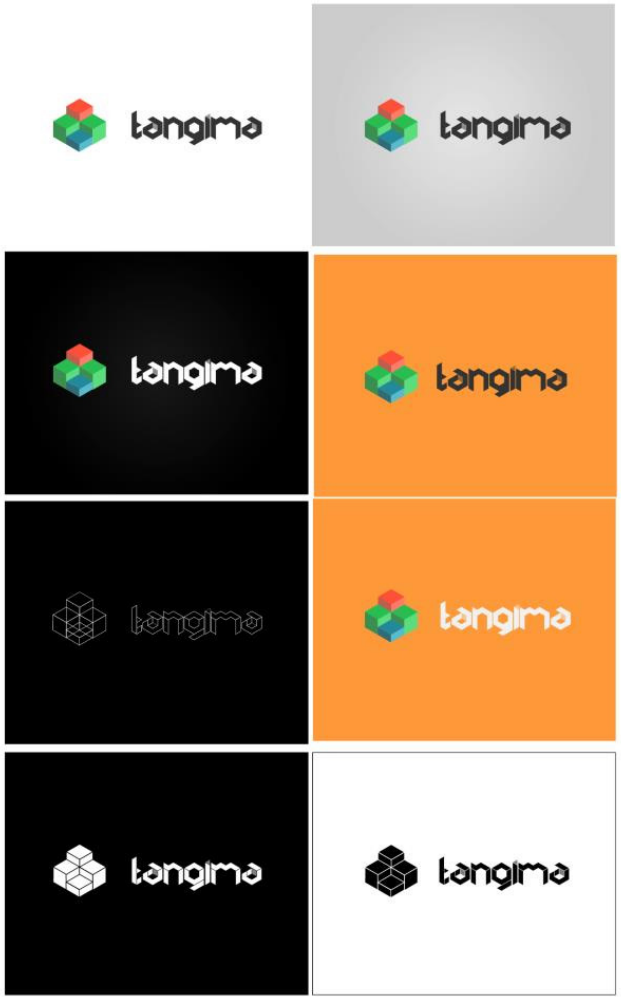






REDESENHO DA LOGO E NOVA IDENTIDADE

De todo modo, ao darmos continuidade ao desenvolvimento do projeto, já na disciplina de projeto 8 ,não estávamos satisfeitos com os resultados obtidos na identidade visual e resolvemos nos aprofundar na pesquisa estética de similares.



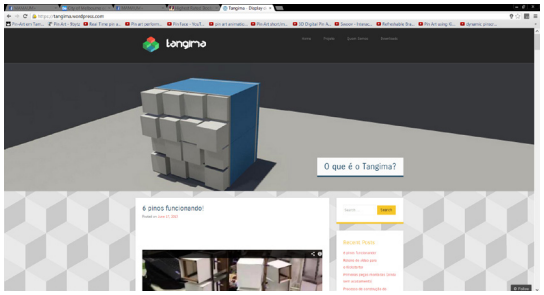
ALLER LIGHT 24PT (títulos)

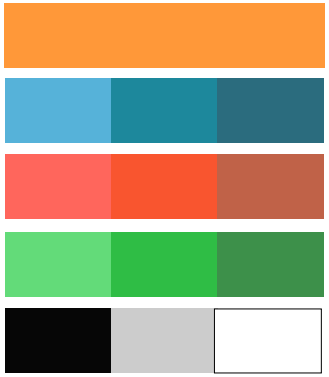
ALLER REGULAR 11PT (Subtítulos)

Aller Light Italic 14pt (citações)

Aller Light 10pt (texto)

Aller Light Italic 9pt (notas e rodapé)





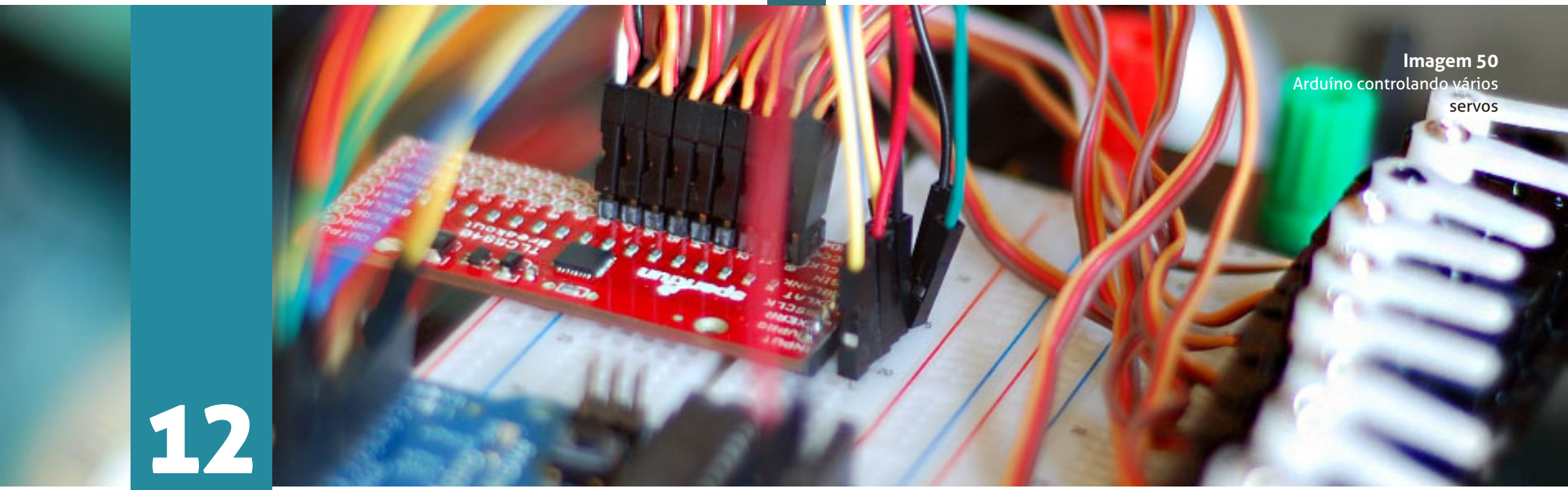


Imagem 50
Arduíno controlando vários servos

12

PESQUISA TECNOLÓGICA

PRIMEIRAS QUESTÕES TÉCNICAS

Como ja dito anteriormente, o Tangima foi inspirado no brinquedo PinArt. A idéia chave é criar uma matriz de pinos, que possuam, individualmente, seu movimento linear controlado dinamicamente. Em outras palavras, por trás de cada pino, teremos um motor controlando a sua altura.

Existem diversas formas de controlar estes motores. Neste projeto optamos por utilizar a placa Arduíno, por conta da sua simplicidade, da grande documentação disponível e do fácil acesso.

Usar o arduino para fazer um motor controlar a posição linear de um pino é algo relativamente simples e já existem diversos mecanismos que fazem isso. Porém, o desafio do Tangima, por ser um projeto de graduação e com investimentos próprios, é desenvolver um produto 100% funcional com um custo baixíssimo. Como teremos um motor para cada pino, teoricamente quanto mais barato o preço do motor, melhor.

Além do custo, devemos nos atentar a outros quesitos:

1 Tamanho do mecanismo

Quanto menor o mecanismo utilizado para movimentar o pino, menor ele ficará e por consequência, o produto final. O ideal é conseguirmos alcançar o menor tamanho possível, para que cada pino realmente se assemelhe a um pixel.

2 Barulho

Se o motor for muito barulhento e tivermos, por exemplo, uma resolução 10 x 10, ou seja, 100 pinos, o resultado será um ruído bem incômodo.

3 Torque

Torque é a força que o motor consegue exercer sem travar. Quanto maior a força do motor, mais pesado poderá o pino. Se quisermos fazer cada pino de aço inox, precisaríamos de um motor extremamente potente, pois é um material muito pesado. O oposto acontece se quisermos fazer o pino de papelão.

4 Disponibilidade das peças

Alguns mecanismos são mais simples de serem montados por conta da disponibilidade das peças no mercado, especialmente no Brasil. Como estamos falando de um projeto de graduação, que possui seus prazos, não adianta comprar peças que só se encontram na China e demoram 3 meses para chegar no Brasil. Além disso, a disponibilidade vai afetar o frete, que afeta diretamente o custo do projeto. E mais, peças com disponibilidade baixa vão prejudicar o caráter "faça você mesmo" (do it yourself) do Tangima.

5 Velocidade do motor

Se o motor não for rápido o suficiente o Tangima não conseguirá representar imagens em tempo real. O ideal seria um motor que consiga subir e descer o pino para as posições máximas e mínimas em, no mínimo, 24 vezes por segundo. Mas já sabemos, de antemão, que essa velocidade é impraticável com os recursos que temos disponíveis.

6 Precisão

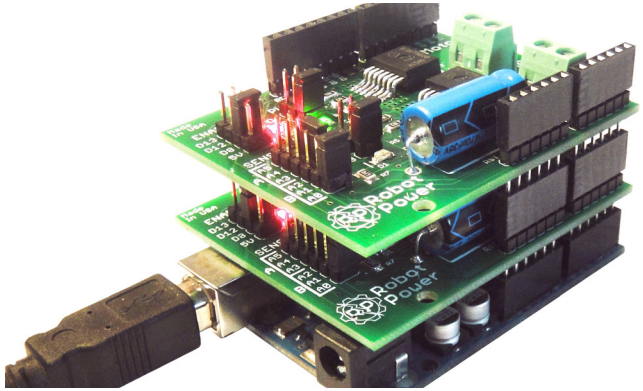
Para conseguirmos reproduzir em volume uma imagem que obedeça fielmente ao que o software ordena, precisamos de mecanismos e motores precisos, para posicionarem o pino corretamente.

7 Durabilidade

Alguns motores perdem força e precisão ao longo do tempo e precisam ser trocados.

8 Quantos motores por Arduíno

Algo muito importante a se considerar é quantos motores cada placa arduino consegue controlar. Por exemplo, uma placa Arduíno Uno R3 (a mais tradicional e básica do mercado) consegue controlar facilmente 13 motores servos, enquanto para controlar 4 motores DC precisaria de um Motor Shield (uma placa extra), aumentando tanto o custo, quanto a complexidade do projeto.



COMO CONTROLAR TANTOS MOTORES?

Como já dito anteriormente, pretendemos utilizar a placa arduíno para controlar os motores, que por sua vez, vão alterar as posições dos pinos do Tangima.

O arduíno não é a única placa de prototipagem eletrônica do mercado, também existem alternativas viáveis e simples, como o recém lançado Microsoft Gadgeteer, que está ganhando cada vez mais adeptos. Porém, conforme já introduzimos , a escolha pelo arduíno se deu por ser a placa microcontroladora mais abrangente do mercado, com vasta documentação, de fácil uso e simples de ser programada.

De qualquer maneira, antes de mais nada, é preciso explicar o que é o arduíno.

Tecnicamente falando, o arduíno é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, lançada em 2005, projetada com um microcontrolador atmel AVR de placa única, com suporte de entrada/saída embutido em uma linguagem de programação padrão, baseada em C/C++. O objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por artistas e amadores. Principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas. O ardúino pode funcionar conectado a um computador, ou em objetos interativos independentes.

Imagem 51
Placa arduíno com 2 motor shields conectados

Na prática, o arduíno possui portas de entrada (input) e de saída (output) de dados. Pode-se conectar praticamente qualquer componente eletrônico (motores, sensores, LEDs, entre outros) nestas portas, e controlá-los a partir do próprio software do arduíno, baseado em linguagem C/C++.

Por exemplo, pode-se conectar um sensor de luz na entrada número 1 e uma lâmpada LED vermelha na entrada número 2. Feito isso, conectamos o arduíno ao computador por meio de um cabo usb e abrimos o software. No software, dizemos que existe um sensor nos fornecendo dados, e esse sensor está conectado na porta 1. Também informamos que existe um LED a ser ligado ou desligado, e que esse LED está conectado na porta 2. Por fim, ordenamos ao software que acenda a lâmpada LED assim que o sensor nos indicar que a sala está clara, e que apague-a quando o sensor nos indicar que a sala está clara. Desta forma, sempre que apagarmos a luz da sala onde o sensor de luz está posicionado, o arduíno acenderá a lâmpada LED vermelha, apagando-a automaticamente quando acendermos a luz.

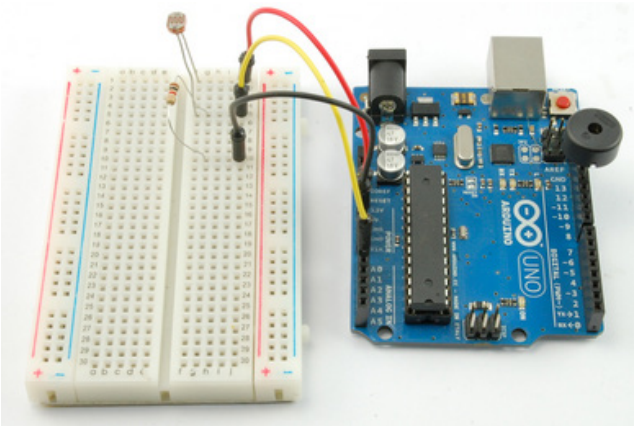


Imagem 52
Placa arduíno conectada a um sensor de luz

A plataforma arduíno possui diversos modelos, cada qual com as suas limitações. Alguns modelos, por exemplo, não possuem a tecnologia Bluetooth. Nestes casos, são desenvolvidas e comercializadas, no mundo todo, diversas extensões. Estas extensões, chamadas de shields, são placas externas que se encaixam na placa arduíno, ampliando suas capacidades, como se realizassem um "upgrade".

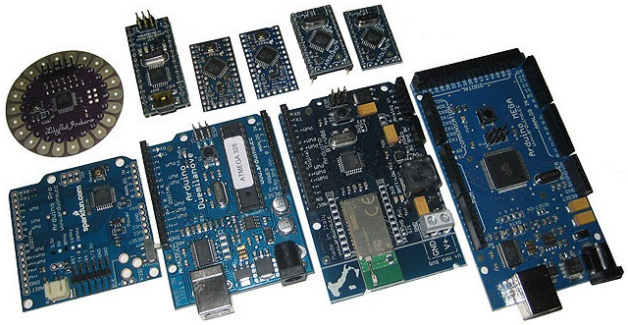


Imagem 53
Diversos modelos de Arduino

A chegada do arduíno no mercado trouxe uma grande revolução na indústria criativa, especialmente nos meios das Artes e do Design. Esta placa possibilitou que os profissionais criativos, que antes apenas projetavam/desenhavam, passassem a poder prototipar e experimentar seus próprios produtos, inclusive testá-los com seus usuários, sem depender de técnicos ou engenheiros eletrônicos especializados. Em outras palavras, o arduíno trouxe a prototipagem eletrônica para a massa, gerando um processo aberto e colaborativo.

O resultado disso são inúmeros projetos, interfaces, instalações artísticas, produtos e invenções novas todos os dias, que buscam melhorar a qualidade de vida da nossa sociedade.

Mais do que isso, a chegada do arduíno trouxe a experimentação para dentro da metodologia de Design. Uma vez que o designer pode testar seu produto antes mesmo de concluir o seu projeto, ele passa a antecipar potenciais problemas, diminuindo o risco do seu resultado final fracassar.

Também é preciso destacar que, como dito, o arduíno é uma plataforma de prototipagem eletrônica destinada a experimentações. Sendo assim, na grande maioria dos casos, não é o circuito mais adequado para a produção industrial em escala. Os produtos finais, após o processo de experimentação, devem ter seus circuitos desenvolvidos por especialistas em eletrônica, que vão construir circuitos customizados especialmente para o projeto em questão.

COMO PRODUZIR MOVIMENTOS LINEARES?

O grande problema dos movimentos lineares é o fato de que a maioria dos motores comuns fazem movimentos rotatórios.

Porém, como já dito anteriormente, existem diversas formas para se fazer um movimento linear. Pesquisamos sobre várias formas diferentes, principalmente nos projetos similares do capítulo 9, que utilizam tecnologia semelhante ao Tangima.

1 Parafuso e porca

Imagem 53
Sistema de parafuso e porca conctado a um motor de passo

Prende-se uma porca a um parafuso ou a uma barra semelhante a um parafuso. O motor faz o parafuso girar. Conforme o parafuso gira, a porca vai mudar de posição. A direção que a porca se movimentará dependerá da direção de giro do motor.

Neste mecanismo, o tamanho de cada pino seria bem reduzido. Talvez, de todos os sistemas que pesquisamos, este seria o que conseguiríamos construir cada pino do menor tamanho possível.
Porém, o problema desta forma é que o motor precisa dar várias voltas e girar bem rápido para que a porca se movimente em uma velocidade aceitável.

Este mecanismo foi o primeiro mecanismo que idealizamos para o funcionamento deste projeto. Porém, após nossas pesquisas descobrimos que encontrar a rosca e o parafuso do tamanho que precisaríamos, no mercado, é um desafio, uma vez que são componentes industriais geralmente fabricados sob medida e vendidos somente em atacado. Construí-los manualmente também é um pouco complicado, pois exige extrema precisão. Precisão esta que, com os equipamentos que temos acesso no nosso campus, aumentaria muito os nossos riscos de não conseguirmos construir, ou tomaria muito tempo para obter algo com a qualidade que buscamos, isso sem falar no desgaste do material, que ao longo do tempo poderia "travar" o movimento da porca.

Além disso, esse sistema exigiria um motor de extrema precisão e boa velocidade. Este motor tornaria inviável o custo do projeto, pois precisaríamos de um shield para controlá-los.

2 Pistão / Solenóide

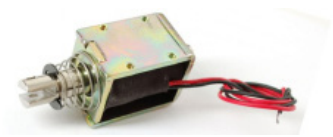


Imagem 54
Motor Solenóide

São motores, alguns pneumáticos (ar comprimido), outros hidráulicos, que realizam movimentos lineares. São excelentes opções em termos de precisão, velocidade e acabamento, porém, são sistemas muito caros, difíceis de serem controlados por arduíno e que exigem uma fonte de energia potente.

O Projeto Hyposurface utiliza pistãos pneumáticos em seu funcionamento: http://www.sial.rmit.edu.au/Projects/Aegis_Hyposurface.php

3 Alavanca

Esse método consiste em utilizar uma alavanca para levantar ou abaixar os pinos. Um motor gira a alavanca 180 graus e a posição da alavanca empurra o pino para frente ou para trás.

É um sistema muito simples e fácil de usar, podendo-se utilizar servos, os motores mais leves, disponiveis no mercado, baratos e fáceis de controlar. Porém, perde na precisão, na durabilidade, no ruído e na velocidade dos pinos.

Esse método foi empregado no projeto FEELEX, como pode ser visto no artigo: http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/publish/PDF/SIGGRAPH01.pdf

Outro projeto que utilizou este metodo foi o Underwater, como pode ser visto a partir do 0:50 do video: http://vimeo.com/25781176#at=3

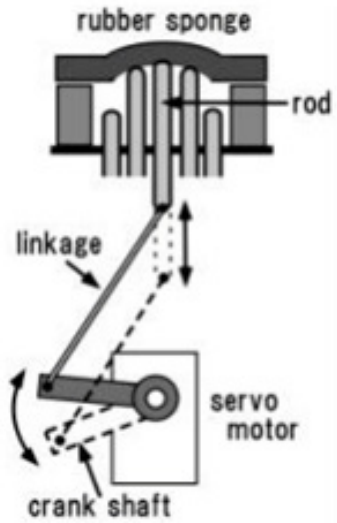


Imagem 55
Alavanca presa ao servo motor para movimentar os pinos

4 Molinete

Imagem 56
Sistema de molinete

Mecanismo muito utilizado em elevadores feitos com arduino e Motorized Sliders (deslizadores motorizados) para câmeras.

Fixa-se a extremidade de uma linha no objeto que se quer movimentar e enrola-se a outra extremidade da linha em um molinete. Prende-se um motor no molinete. Conforme o motor gira, dependendo da direção, o molinete recolhe ou solta a linha. O peso da gravidade (ou outro peso qualquer) faz com que o objeto se movimente.

Foi utilizado neste projeto: http://littlemachines.digitlondon.com/category/big-bar/ e neste:

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=HVhVClFMg6Y#!

Este é um mecanismo simples. Pode-se usar diversos tipos de motores, é fácil de controlá-lo com o Arduíno, além de permitir construir pinos de tamanho reduzido.

5 Polias e Correias dentadas

Imagem 57
Correia dentada circular com 2 polias

O mesmo princípio empregado em esteiras. Tem-se duas polias dentadas por onde passa-se uma correia dentada circular. Prende-se o objeto que deseja-se movimentar à correia e prende-se o motor a uma das polias. Conforme o motor gira, a polia faz a correia andar linearmente, movendo o objeto de acordo com a direção do motor.

Este é o método mais utilizado por displays volumétricos, como pode-se ver em projetos como o Relief, o Recompose e o Hipermatrix. No caso do Relief e do Recompose, os criadores utilizaram um "motorized fader", uma esteira de aproximadamente 10 cm de comprimento, motorizada por um pequeno motor DC. Esta peça compõe algumas mesas de som para DJs e é vendida separadamente. (https://www.sparkfun.com/products/10976?)

Relief: http://tmg-trackr.media.mit.edu:8020/SuperContainer/RawData/Papers/432-Relief%20A%20Scalable%20Actuated/Published/PDF

Recompose: http://tmg-trackr.media.mit.edu:8020/SuperContainer/RawData/Papers/450-Recompose%20Direct%20and%20Gestural/Published/PDF

Hipermatrix: http://vimeo.com/48285842

6 Molas

Imagem 58
Sistema de molas

Consiste em utilizar um motor relaxar ou contrair uma mola. A posição da mola faz o objeto se mexer linearmente.

Este mecanismo foi utilizado no projeto Lumen: http://ivanpoupyrev.com/projects/lumen.php

Não exploramos muito esta opção pela dificuldade de encontrarmos as molas adequadas no mercado, além de ser um mecanismo que deixaria os pinos "bambos" e suas posições imprecisas. Para aumentar a precisão dos pinos, precisaríamos de molas mais resistentes, e consequentemente, de motores mais potentes, o que invibializaria o custo do projeto.

MOTORES

Antes de decidir qual mecanismo utilizar, é importante entendermos como funcionam os motores. Sem o motor adequado, seria muito difícil escolher um mecanismo correto. Geralmente utilizam-se 3 tipos de motores para projetos de prototipagem de tangíveis: servos, motor dc e motor de passo.

Estamos desconsiderando os pistões / solenóides, pois como já dito anteriormente, eles são inviáveis com os recursos que temos disponíveis.

1 Servo Motor

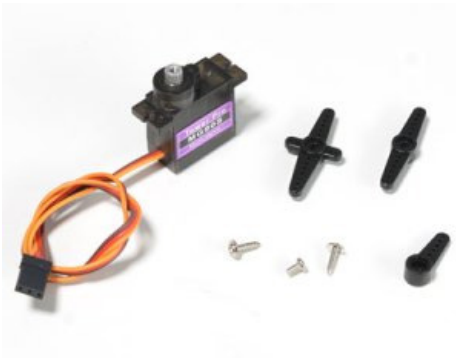


Imagem 59
Servo motor

Bastate utilizado em projetos de robótica, especialmente em pernas ou braços robóticos, o servo é um motor preciso, que geralmente gira de 0 a 180 graus, no máximo, com uma velocidade a partir de 0.10 segundos por cada 60 graus (depende do modelo). Alguns são modificados para conseguirem girar continuamente (mais que 360 graus), chamados de servo Parallax.

Os servos normais custam a partir de R$10,00 e os Parallax acima de R$60,00, cada um.

Possuem um torque razoável, mas em geral são barulhentos. Necessitam de pouca corrente e voltagem. Uma das maiores vantagens do servo é a facilidade de serem controlados pela placa arduíno. O software do arduíno já vem com uma biblioteca servo de fácil uso. Além disso, diferentemente dos outros motores, que utilizam portas analógicas, pode-se conectar 1 servo em cada porta digital, permitindo diversos servos por placa.

2 Motor de Passo

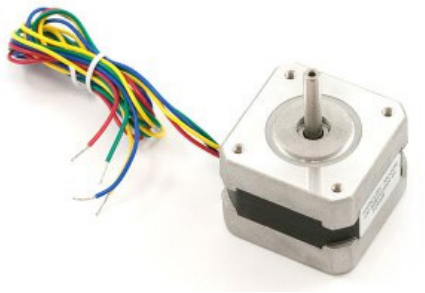


Imagem 60
Motor de Passo

O motor de passo (ou stepper motor), como o próprio nome já diz, é um motor silencioso, de baixa velocidade e extremamente preciso, que gira em passos. Pode ser bipolar (girar para os dois lados), ou unipolar. Esse é um motor que custa a partir de R$80,00.

O motor de passo possui altíssimo torque, necessita de uma potente fonte de energia e é utilizado em projetos que exigem força e precisão, como por exemplo impressoras 3D ou scanners.

O maior problema deste motor, além do seu custo, é a dificuldade de ser controlado pelo arduíno. O arduíno não possui biblioteca pré-instalada para o seu controle. Além disso, para controlar 2 motores de passo por placa, é necessário um motor shield ou componente semelhante, o que aumentaria ainda mais o custo do projeto, caso este necessite de vários motores por placa.

3 Motor DC

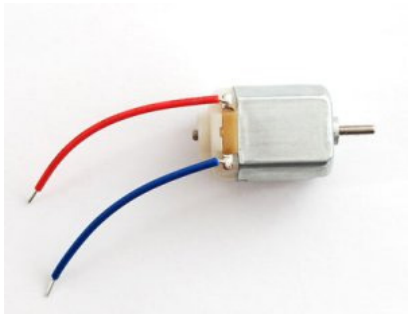


Imagem 61
Motor DC

Muito utilizado nas rodas dos carrinhos de controle remoto, o motor DC é um motor leve, pequeno, de baixíssimo custo, altíssima velocidade, baixa voltagem, porém baixa precisão. Podem girar em torno do próprio eixo dezenas de vezes por segundo.

Entre suas desvantagens, além da precisão, está o fato de possuir um torque muito baixo e da dificuldade de ser controlado pelo arduíno. Assim como o motor de passo, para se controlar mais de um motor DC por placa (até no máximo 4) é necessário

utilizar um motor shield ou componente semelhante.

4 Motor Shield

É uma placa para ser conectada no arduíno. Ela permite o controle de vários motores simultaneamente (como o motor de passo e o DC). Suas características variam de acordo com o fabricante e o modelo.

No caso de controlar motores DC. a melhor opção encontrada seria a da loja Adafruit. http://www.adafruit.com/products/81 Esta placa permite o controle de até 2 motores de passo e até 4 motores DC, ao contrário da maioria dos motor shields que permitem apenas o controle de até 2 destes motores.

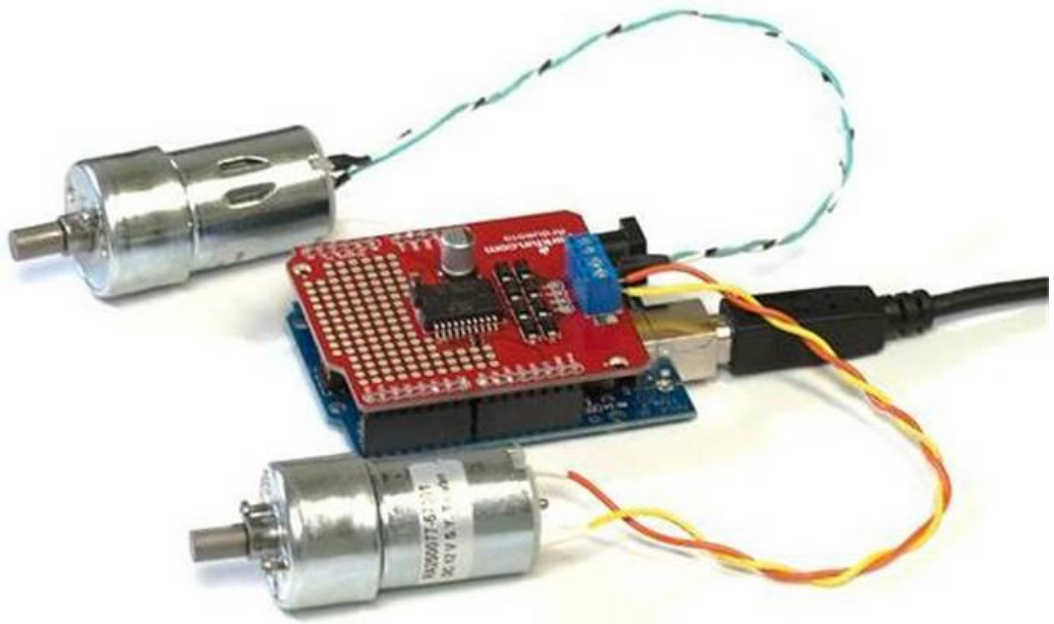


Imagem 62
Arduíno com um motor shield acoplado para controlar 2 motores solenóides simultaneamente

Imagem 63
Buscamos ir além das interfaces disponíveis no mercado

13

CONCLUSÃO DAS PESQUISAS

ALINHADO COM TENDÊNCIAS

As pesquisas mostram que as tecnologias que viabilizam a prototipagem de novas interfaces estão ficando cada vez mais fáceis, baratas e acessíveis, o que permite que novas interfaces apareçam cada vez mais rápido e que profissionais de campos diferentes da engenharia clássica consigam criar e prototipar suas próprias idéias.

Especialmente após a chegada do Arduíno e 2005, vivemos um momento em que os processos e componentes antes dominados pela Engenharia passaram a ser disponibilizados e distribuidos para a massa da população, fortalecendo o campo de design de intaração.

As pesquisas comprovam que existe, em diversos países e laboratórios de estudo, uma tendência na parte do design de interação, de fundir o mundo virtual do mundo real, permitindo uma experiência multisensorial e dimensialmente potencializada.

Além disso, o conceito de ubiquidade computacional nos desafia a quebrar paradigmas para repensarmos a forma que estamos projetando interfaces, atualmente nos baseando em modelos existentes há décadas.

Alguns modelos de displays volumétricos estão sendo estudados e desenvolvidos ao redor do mundo. Inclusive podemos dizer, baseando-se na pesquisa de similares e teórica apresentada, que existe uma tendência de buscar displays que tangibilizam imagens, trazendo dados digitais para o mundo físico.

Sendo assim, seria coerente afirmar que o Tangima está diretamente conectado e relacionado com tendências do design de interação na nossa sociedade, especialmente no que se refere à prototipagem e experimentação de interfaces

tangíveis.

As pesquisas tecnológicas nos mostraram que existem diversas formas, dispositivos, placas e mecanismos diferentes para construirmos o produto final, cada qual com suas vantagens e desvantagens. Também nos provaram que, com os recursos que temos disponíveis, não apenas financeiros, mas de conhecimentos, equipamentos disponibilizados pelo campus da Universidade e até mesmo de capital humano, conseguimos produzir um protótipo funcional dentro do prazo estipulado pela disciplina de projeto final.

Terminamos as pesquisas tecnológicas (que vale ressaltar, se extenderam até praticamente o final do projeto 8, uma vez que a cada nova experimentação pode ser considerada uma pesquisa) com a certeza de qual motor e qual mecanismo deveríamos utilizar. Esse mecanismo será explicado mais adiante no capítulo que trata das experimentações.

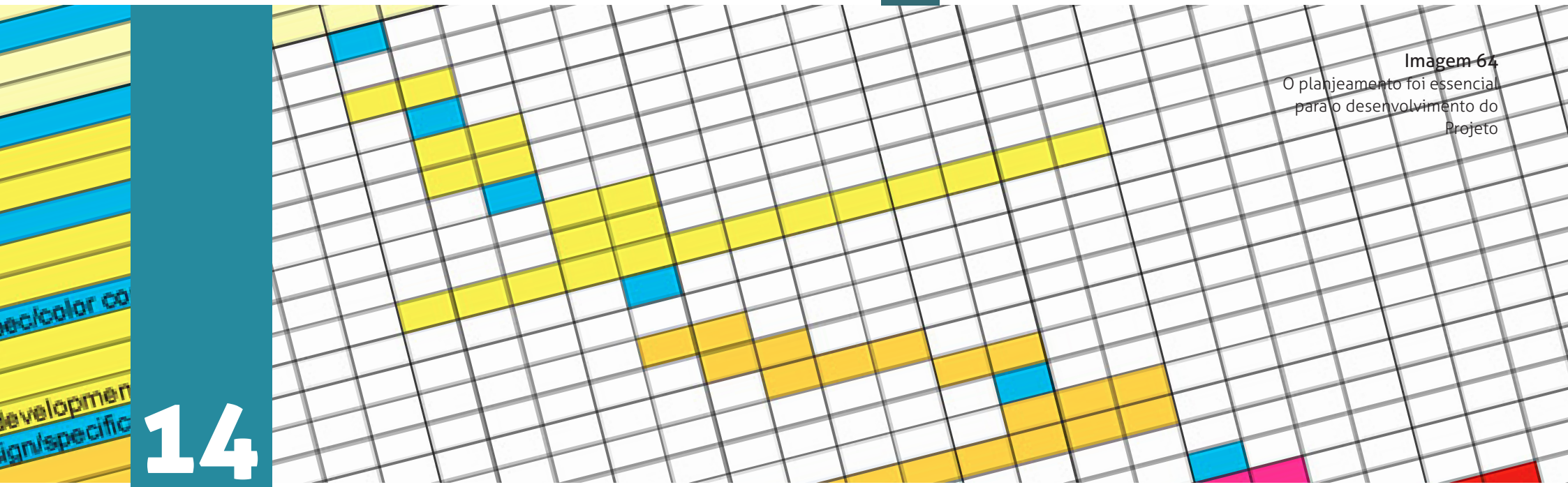


Imagem 64
O planjeamento foi essencial para o desenvolvimento do Projeto

14

PLANEJAMENTO

CRONOGRAMA

Apresentamos um cronograma no início da disciplina de projeto 8 (G0) o qual continuou sendo o mesmo que nos orientou até a apresentação final, apesar de pequenos ajustes necessários ao longo do processo.

O cronograma foi muito importante para o desenvolvimento do projeto, mesmo sabendo que em uma metodologia experimental imprevistos iriam fazer parte do percurso. O cronograma serviu como um balisador que nos dizia se estávamos adiantados ou atrasados baseado no que prometemos apresentar para a banca de G2.

Imagem 65
Cronograma montado para o projeto

Planejamento	G0	17/mar	24/mar	31/mar	07/abr	14/abr	G1	28/abr	05/mai	12/mai	19/mai	26/mai	02/jun	09/jun	16/jun	G2
Orcamento.	DONE!															
Cronograma.	DONE!															
Comprar componentes.		DONE!														
Comprar materiais para hardware final.																
Experimentos do Prototipo com Usuarios e Feedback.																
Projeto de Embalagem.																
Software – Arduino/Kinect																
Fazer o slider se movimentar dinamicamente.	DONE!															
2 arduinos controlando 2 motores simultaneamente.																
Fazer o slider variar a posicao de acordo com o Kinect.			DONE!													
16 motores simultaneos controlados pelo Kinect/Processing																
Software – Interface Tangima																
Dar retorno visual para o usuário scaneado.				DONE!												
Dar retorno visual para o usuário do Tangima.																
Hardware																
Tentar construir um slider motorizado.		DONE!	DONE!													
Desenhar produto final.				DONE!												
Construir o produto final.																
Acabamento / Refinamento.																
Apresentacao / Relatorio																
Apresentacao / Relatorio.																
Video demo reel.																

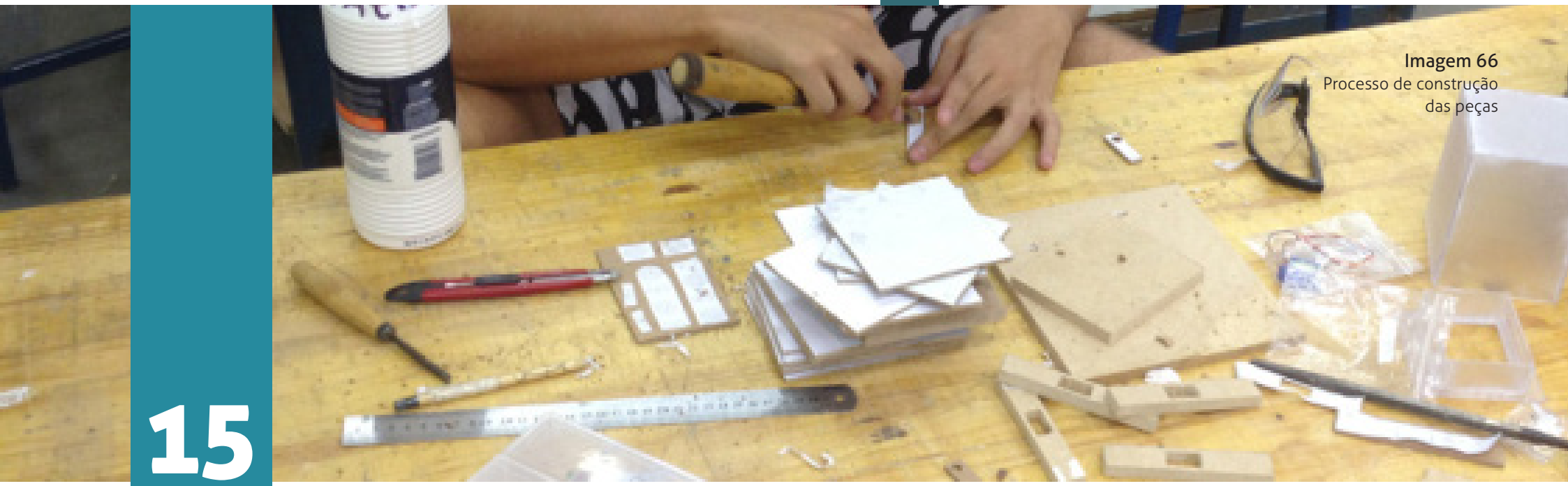


Imagem 66
Processo de construção das peças

15

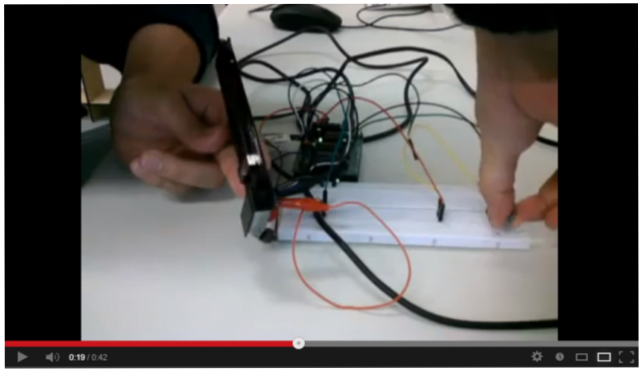
DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE

SLIDER MOTORIZADO: SISTEMA POLIA E CORREIA

Inicialmente, nos orientando pelos mecanismos utilizados em projetos similares como Relief, Recompose e HyperMatrix, testamos o sistema de polia e correia utilizados por esses mesmos projetos. Para isso, fizemos o teste com um Motorized Fader. Finalizamos o desenho técnico, modelamos em 3d as peças e testamos o controle do slider com o arduino, como pode-se ver nas imagens ao lado e no video: http://www.youtube.com/watch?v=49xci9nFAKU

O slider apresentava boa velocidade, tamanho relativamente reduzido, boa resistência e baixo ruído. Porém, este slider custava cerca de R$40,00, precisava ser importado (o que acarreta em frete e impostos) e, por ser construído a partir de um motor DC, necessitava de um motor shield (R$60,00) para que coseguíssemos controlar 4 motores por cada placa arduíno. Ou seja, na nossa proposta de desenvolver uma resolução de 4x4, precisaríamos de 4 shields, 4 arduínos e 16 sliders, o que, somado aos fretes e impostos, tornaria os custos do projeto muito elevado. Além disso, o motor DC possui baixo torque, o que nos limitaria em relação aos materiais de cada pino.

Imagem 67
Vídeo mostra testes com um motorized fader



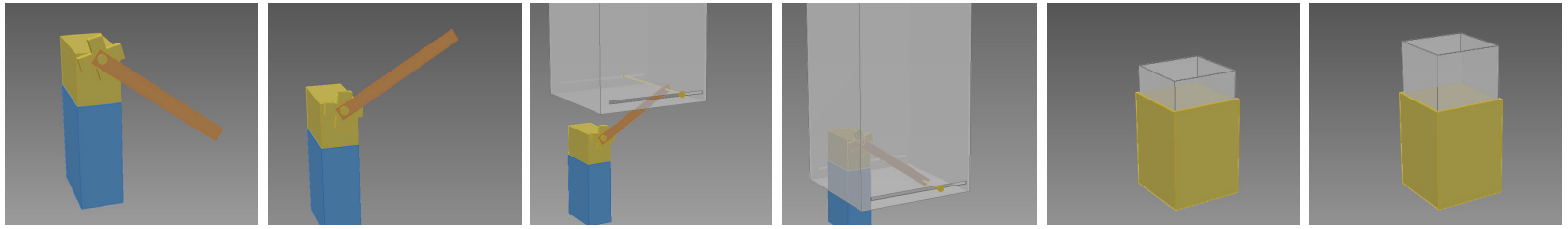


Imagem 68
Sequência de imagens monstram o funcionamento do sistema de alavanca e servo motor.

MECANISMO ADOTADO: ALAVANCA E SERVO

Uma vez que nossa opção inicial se mostrou improvável, buscamos alternativas. Após algumas conversas e reflexões com o professor orientador desse projeto, João Bonelli, e de uma análise da pesquisa tecnológica, decidimos que deveríamos utilizar servo motores, por todas as vantagens já citadas na pesquisa tecnológica apresentada anteriormente. Sendo assim, mecanismo adotado para atuar junto a este motor seria a alavanca.

Essa decisão se evidenciou após a construção de uma tabela comparativa, na qual o mecanismo de alavanca do servo se mostrou muito mais eficiente.

A idéia aqui era desenvolver uma alavanca acoplada ao servo, que empurre ou puxe o pino de acordo com a angulação do motor. Sendo assim, quando o servo for direcionado a 0 graus, a alavanca vai puxar o pino para baixo. Quando for direcionado a 180 graus, a alavanca o empurrará para cima. Esse mecanismo possui suas vantagens, mas implica em algumas limitações:

1 Dimensão do pino

Com este mecanismo, a largura do pino fica limitada, no mínimo, à largura da alavanca e asua altura à duas vezes a largura da alavanca. Caso a nase do pino possua uma largura ou altura menores que o indicado, a alavanca não vai conseguir realizar todo o seu movimento, pois não terá espaço.

2 Altura máxima

A altura máxima percorrida pelo pino será sempre de 2 vezes a largura da alavanca. Sendo assim, uma alavanca de 10 cm, permitirá uma variação de 20cm na altura do pino.

3 Velocidade

O servo mais rápido que conseguimos possui uma velocidade de até 0.1 seg por cada 60 graus. Isso significa que o servo fará o pino ir da sua posição mínima à sua posição máxima em, no mínimo 0.3 seg. Ou seja, a taxa de atualização da imagem no display final será de, no máximo, 3 FPS.

4 Ruído

O servo é um motor barulhento. Quanto mais pinos, mais alto será o barulho, e isso pode ser incômodo.

5 Peso do pino

O pino a ser levantado pela alavanca não poderá ser muito pesado. Caso contrário o motor não terá força para girar. O torque dos servos variam de acordo com seu tamanho ou modelo, mas devido a busca pelo baixo custo, provavelmente utilizaríamos um servo de aproximadamente 1.5kg/cm de torque. É preciso realizar um estudo de materiais para garantir um bom acabamento aliado a capacidade do motor.

MOCKUP DO MECANISMO

Com o mecanismo adotado, precisávamos testá-lo para verificar o seu funcionamento correto. Sendo assim, inicialmente modelamos o mecanismo no 3ds Max.

Em seguida, com o desenho técnico, construímos um primeiro mockup no Laboratório de Volume da PUC-Rio, utilizando materiais simples

como mdf, cola, lápis e papel couro.

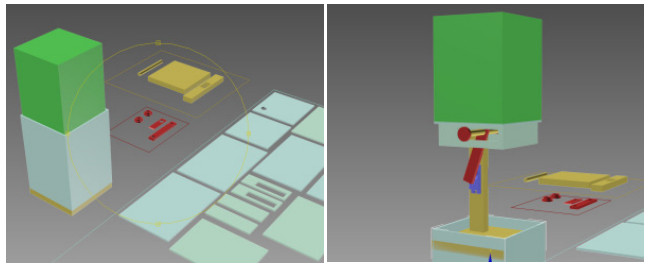


Imagem 69
Modelagem 3d do mockup

Construímos uma base de mdf quadrada. Nesta base de mdf colamos uma barra vertical. Nesta barra vertical vazamos um espaço onde encaixamos o motor. Na cabeça do motor encaixamos o seu acoplamento branco de plástico. Utilizamos uma fita durex para prender o acoplamento a um lápis, para que o lápis pudesse girar de acordo com o giro do motor. Para o corpo do pino, utilizamos papel couro dobrado e colado com fita adesiva e para o corpo da estrutura que segura o pino, colamos 4 placas retangulares de mdf, como em uma caixa sem tampa, nem base. Por fim, produzimos uma tampa vazada de mdf.

Com o teste, ficou claro que eram necessários alguns ajustes, especialmente nos materiais, acabamento e dimensão das peças. Mas o mecanismo funcionou. Ou seja, o pino de fato se movimentava linarmente. O próximo passo era construir outros pinos e realizar testes com materiais diferentes, com atenção para os critérios colocados anteriormente.

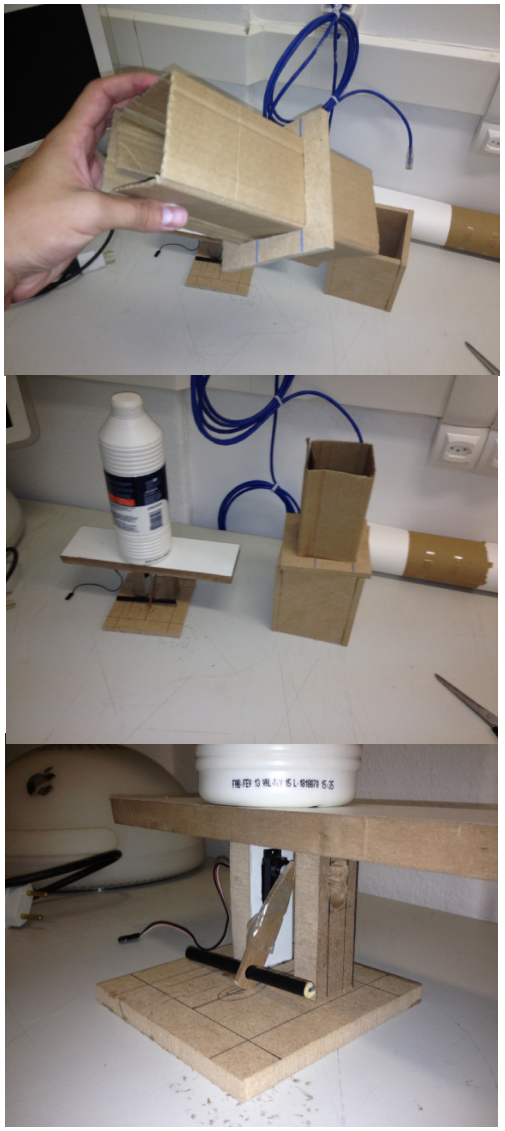
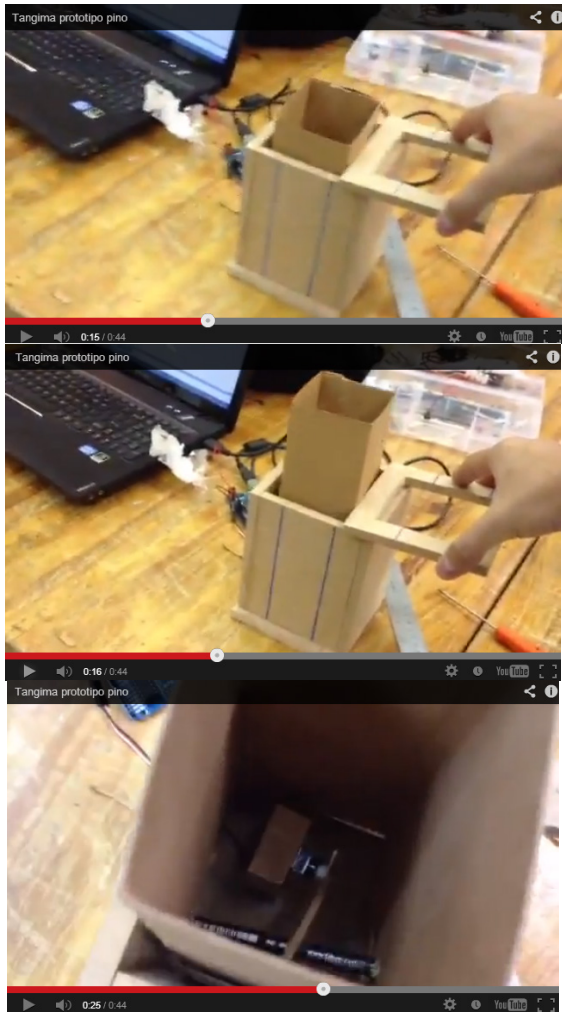


Imagem 70
À esquerda, construção do primeiro mockup

Imagem 71
Abaixo, mockup funcionando



A ALAVANCA E O ACOPLAMENTO DO SERVO

A primeira questão a ser resolvida seria como produzir a alavanca. Todo servo vem com um acoplamento plástico. Esse item é encaixado na cabeça do motor e funciona como marcador, indicando a posição que o motor está. Sem este acoplamento fica impossível saber qual a rotação do motor.

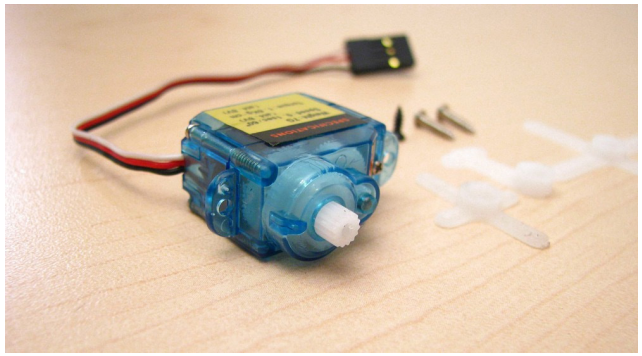


Imagem 72
Servo e seus acoplamentos desmontados

Além disso, dado o minúsculo tamanho desse acessório, é praticamente impossível produzí-lo com precisão. Ou seja, necessariamente, desenvolver a alavanca de forma que esse item se mantenha com o encaixe entre esta, e o motor.

No mockup produzido, nós prendemos uma peça de mdf ao acoplamento do motor utilizando uma fita durex. Obviamente, esta não é a forma mais resistente e adequada de se produzir esta peça. Portanto, buscamos alternativas.

Depois de alguns testes, chegamos a um "sanduíche" de mdf. Nós cortamos dois retângulos de mdf e cavamos, com uma espátula ou lixa de mão, uma cavidade para encaixar o acoplamento do servo. Em seguida, colamos uma peça na outra com cola branca, de modo que o acessório do motor se mantenha no meio e utilizamos a furadeira para furar o lugar onde o acoplamento vai se encaixar com o motor. Na outra extremidade desta peça colada, fazemos um furo de 7mm, por onde vai passar o cilindro que movimenta o pino.

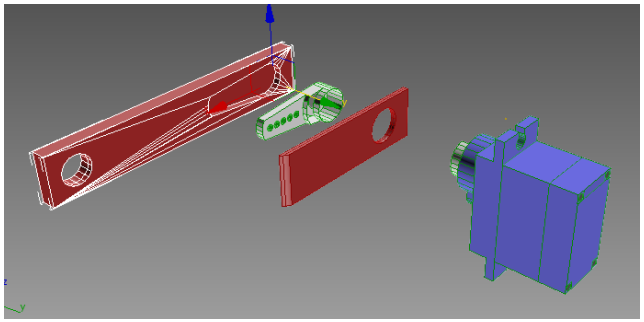


Imagem 73
Peças desenvolvidas para sanduichar o acoplamento

ACRÍLICO E POLIESTIRENO

Após provarmos que o sistema de servo e alavanca realmente funcionaria tentamos construir o corpo do pino de poliestireno (PS) e de acrílico e a base de sustentação de MDF. Ao todo desenvolvemos 2 pinos de PS e 1 pino de acrílico.

A partir deste momento, vale ressaltar que estávamos entrando em um terreno onde não possuíamos experiência ou conhecimentos prévios. Os erros básicos durante o processo eram muitos. O conhecimento das técnicas, do manuseio dos equipamentos, dos fornecedores, dos materiais e das ferramentas para cortar, colar, serrar, furar, lixar, eram praticamente inexistentes e foram inteiramente aprendidos durante diversas tentativas frustradas e com muita ajuda dos alunos, monitores, professores e funcionários do laboratório de volume, os quais temos enorme gratidão.

Compramos no fornecedor "Casa do Acrílico" (indicação do Diogo, funcionário do laboratório de volume), que fica na Rua dos Inválidos, Centro do Rio de Janeiro, 1 chapa de 2mm de PS e 1 chapa de 3mm (menor espessura disponível) de acrílico, ambos transparentes e foscos. A madeira mdf conseguimos disponível no Laboratório de volume da PUC.

Uma vez que o material e as espessuras se alterou, refizemos o desenho técnico no 3Ds Max. Vale dizer que para cada pequena modificação, por vezes da ordem de 1mm, deveríamos redesenhar praticamente todas as peças no desenho técnico.

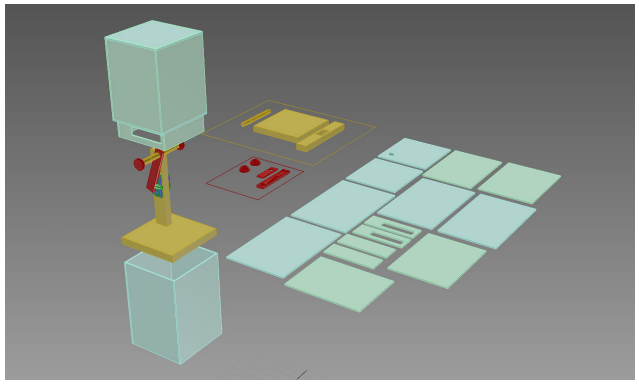


Imagem 74
Desenho técnico ajustado para os novos materiais

Para cortar as chapas de acrílico ou poliestireno nas medidas das peças tínhamos duas opções: corte na impressora a laser, ou corte manual com uma ferramenta chamada riscador. Porém, a laser que temos disponível no laboratório de volume estava inoperante para uma espessura tão pequena (iria derreter as chapas). Poderíamos cortar na laser com um fornecedor externo, mas como estávamos apenas experimentando o material, especialmente verificando se o seu peso era adequado para o motor e aprendendo o processo de corte e de colagem, resolvemos cortar usando o riscador.

Imagem 75
Vídeo mostra o processo de corte com o Riscador

O corte com riscador muito se assemelha ao corte do papel com régua e estilete, porém, devido a espessura e rigidez dos plásticos, o riscador precisa ser passado dezenas de vezes para alcançar o corte, o que torna o trabalho árduo e cansativo. Além disso, por ser um material sem muito atrito, a régua de apoio costuma deslizar, fazendo com que o corte não fique reto. Mais ainda, a cabeça do riscador é grossa é diagonal, fazendo com que o corte não seja perpendicular, mas sim diagonal à chapa de plástico, exigindo que todas as peças cortadas sejam lixadas.
Após cortarmos algumas peças com o riscador, deveríamos colá-las. Para colar, pode-se utilizar 2 técnicas: bonder ou clorofórmio.

A colagem com bonder é praticamente instantânea, porém, o acabamento da peça é muito prejudicado, especialmente por ser transparente os pontos colados com bonder são muito aparentes. Além disso, o bonder dissolve o plástico, o que prejudica mais ainda o acabamento da peça.

Imagem 76
Pino de Acrílico colado com cola bonder possui pontos de cola aparentes

Para colar acrílico ou poliestireno utilizando clorofórmio, deve-se utilizar uma seringa, unir as duas peças as quais deseja-se colar (de preferência com uma fita) e gotejar o líquido na junta das duas peças. O líquido vai entrar por entre as peças e uní-las, até que elas se tornem uma só. Caso utilize-se muito clorofórmio, o plástico derrete demais, gerando imperfeições na peça.

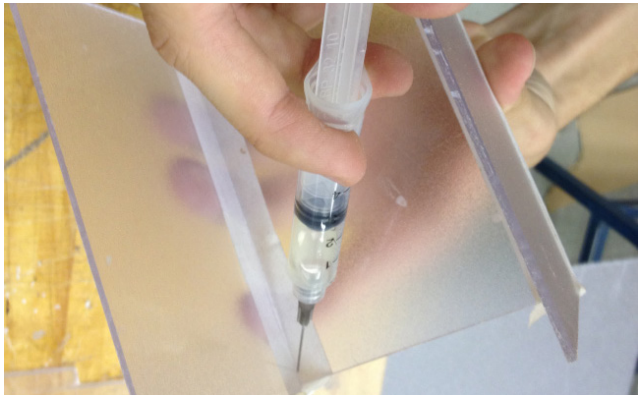


Imagem 76
Colagem com clorofórmio

No caso do PS, o clorofórmio derreteu demais o plástico e não se mostrou adequado para colar.

O processo de cortar com o riscador e colar (tanto com bonder quanto com clorofórmio) o poliestireno e o acrílico, aliado à inexperiência de trabalhar com estes materiais/ferramentas, deixa imprecisões. Algumas peças ficaram visivelmente maiores do que outras, diferente do que foi planejado. Estas imprecisões, mesmo que muitas vezes na ordem de 1 ou 2 milímetros, além de deixarem o acabamento estético da peça muito ruim, fazem com que haja mais atrito ao deslizar o pino. Isto acaba por forçar o servo motor ou mesmo por travar o pino, que não consegue se locomover, por ser maior que o espaço disponível. Além disso, tanto o poliestireno, quanto o acrílico, se mostraram materiais muito pesados para o servo motor que optamos, então deveríamos buscar materiais mais leves.

ESQUELETO DOS PINOS

Precisávamos que os pinos fossem mais leves e que sua construção fosse mais precisa. Para isso, buscamos modificar algumas peças e automatizar alguns processos.

Primeiramente, ao invés de construirmos os pinos como peças inteiras, resolvemos construir um esqueleto de arestas as quais iriam sustentá-los. Este esqueleto seria posteriormente revestido por algum material leve, que não aplicasse muito atrito. Se conseguíssemos construir um esqueleto leve e preciso, obteríamos um melhor resultado no seu movimento. Sendo assim, não nos preocupamos, naquele momento, com o revestimento, mas sim com a redução do peso, do atrito e o aumento da precisão da peça, para um melhor funcionamento e acabamento do Tangima. Mais uma vez, refizemos o desenho técnico.

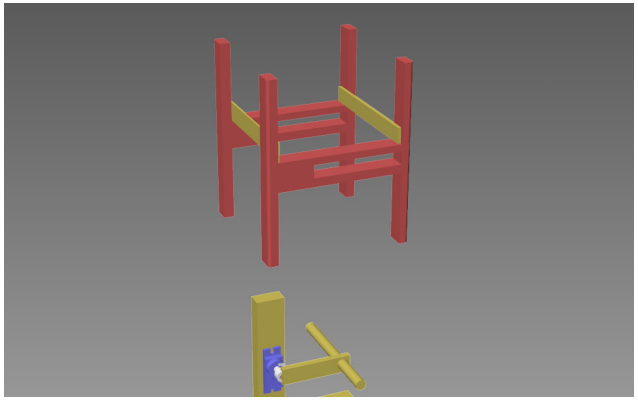


Imagem 78
O esqueleto do pino consiste em 2 peças em formato da letra H, unidas entre si.

Para obtermos a máxima precisão na construção deste esqueleto, utilizamos a impressora 3D do laboratório NEXT (Núcleo de Experimentação Tridimensional), da PUC-Rio, o qual gostaríamos de agradecer imensamente pela ajuda e disponibilidade.

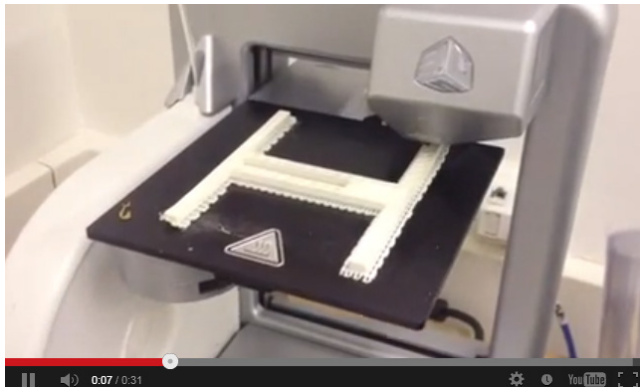


Imagem 79
Vídeo mostra peça sendo impressa

Porém, a impressão destas peças em uma impressora 3D exigiu bastante material plástico. Este material ainda é relativamente caro, especialmente em se tratando do Brasil, e só possui um revendedor nacional, localizado em São Paulo (que estava sem estoque no momento que ligamos).

Resolvemos buscar alternativas para a construção deste esqueleto, sem deixar de considerar o peso e a precisão da peça. A opção escolhida foi o corte na impressora a laser. O material seria o MDF por ser um material barato, acessível e fácil de manipular com as ferramentas que temos disponíveis no laboratório. Além disso, testamos o peso do MDF como esqueleto para garantir que o torque do servo era suficiente para movimentá-los, considerando que ainda seriam revestidos.

GUIAS DE ALUMÍNIO

Além de redesenhar a estrutura do corpo dos pinos, precisávamos redesenhar a sua base de sustentação. Esta base precisaria conferir atrito reduzido para que o movimento dos pinos fosse mais suave e preciso, o que não estava ocorrendo com o MDF, um material muito poroso.

Neste caso, resolvemos utilizar guias de metal (cantoneras de alumínio), um material muito leve, de baixíssimo custo, fácil acesso e que poderia contribuir muito no movimento das peças.

Mais uma vez, refizemos o desenho técnico para adequar estas novas peças ao produto final.

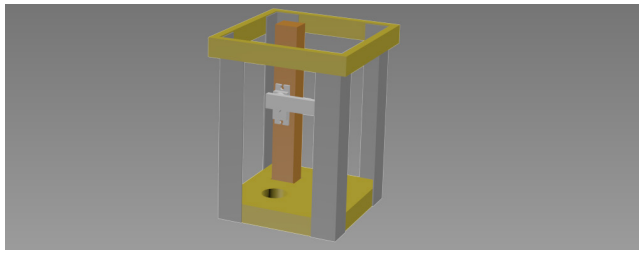


Imagem 80
Remodelagem da base com guias de alumínio

As cantoneras de alumínio são itens baratos (na faixa de R$10,00), e são comercializadas em hastes de 3 m de comprimento e algumas opções de largura. Optamos pela menor disponível : 12mm de largura e compramos na Casa da Madeira, na Gávea.

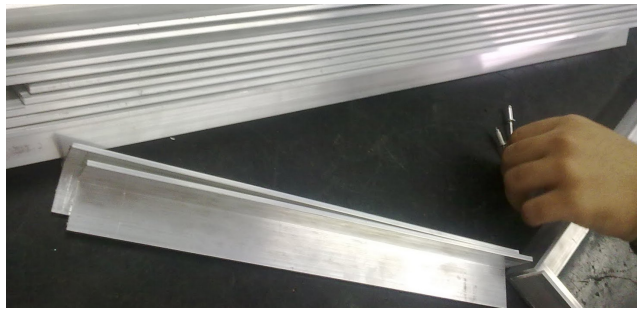


Imagem 81
Cantoneras de alumínio e rebites

Para cortar as cantoneras, marcamos com uma caneca as medidas, prendemos as hastes no fixador de mesa e serramos cada haste com uma serra de mão. Em seguida, lixamos as imperfeições das pontas e para fixarmos a estrutura de alumínio, utilizamos um alicate rebitador para rebitar uma haste na outra.

Imagem 82
Vídeo mostra o processo de corte das cantoneras de alumínio

A estrutura final compostas por hastes de alumínio rebitadas ficou com muitas imperfeições. Mais uma vez tornou-se evidente que qualquer processo manual de construção de peças tão pequenas, que exigem tamanha precisão, iria gerar imperfeições indesejadas. O processo de rebitar era um deles. Sendo assim, a partir deste momento, decidimos utilizar apenas processos automatizados (salvo exceções) na construção das peças.

Imagem 83
Vídeo mostra as hastes de alumínio facilitando o movimento da peça, mas ainda com muitas imperfeições

De qualquer forma, o resultado do esqueleto do pino, produzido na impressora 3D, deslizando nas hastes de alumínio provou que as hastes contribuiram muito para o movimento dos pinos e que o esqueleto funcionou como estrutura, mas que seu desenho técnico precisava de alguns ajustes.

BASES DE MDF NA FRESADORA

Buscando acabar com as imperfeições dos processos manuais, ao invés de rebitarmos as hastes de alumínio, decidimos produzir uma base quadrada de mdf. A partir desta base de mdf, cortada na fresadora com precisão milimétrica, iríamos colar (com araldite) 4 hastes de alumínio nas suas 4 extremidades.

Para garantir que a parte susperior das hastes de alumínio não envergassem para dentro ou para fora, iríamos colar uma borda de mdf. Esta borda, também produzida com precisão na fresadora, iria envolver todas as hastes, mantendo-as fixas na perpendicular da base e paralelas entre si (Imagem 80).

Sendo assim, o único trabalho manual que teríamos, seria o de cortar as hastes de alumínio, lixá-las e colar as peças.

Imagem 84
Vídeo mostra fresadora cortando a base e a borda de mdf para os pinos.

Este sistema funcionou muito bem, mas devido à fila de peças solicitadas para serem impressas na fresadora do laboratório de volume, demorou 1 semana para apenas 2 peças ficarem prontas. Esse era um prazo que não podíamos arcar, uma vez que precisávamos experimentar constantemente.

A impressora a laser que temos disponível no laboratório também estava com uma grande fila, além de estar incapaz de cortar mdf, sendo possível cortar apenas acrílico.

Uma vez que decidimos cortar o esqueleto dos pinos na impressora a laser e que todos os equipamentos que temos disponíveis no labóratório estavam pedindo um grande prazo pra entrega, resolvemos imprimir com um fornecedor terceirizado.

PEÇAS PARA CORTE NA LASER

Neste momento, já sabíamos exatamente quais peças (seus tamanhos, espessuras e materiais) precisaríamos para construir cada pino do Tangima:

1 x Base quadrada de MDF, com um furo redondo por onde passará o fio do servo, e um furo retangular, onde se encaixará a barra que sustenta o motor. (amarela)

1 x Borda quadrada de MDF para fixar a parte superior das hastes de alumínio. (amarela)

4 x Hastes de alumínio (cinza)

1 x Base de MDF retangular para a sustentação do motor (marrom)

1 x Peça de base para a alavanca, onde se encaixa o lápis (branco)

1 x Peça para "sanduichar" a alavanca (branco)

2 x Peças em formato de H para o esqueleto do pino (rosa)

2 x Peças retagulares para unir as 2 peças que formam o esqueleto do pino (vermelho)

Orçamos o corte das peças de MDF na laser com diferentes fornecedores indicados pelos funcionários, alunos e monitores do laboratório de volume.

A única empresa que apresentou equipamentos próprios para o corte nas espessuras que precisávamos (3mm e 9mm) foi a empresa Artes e Ofícios, localizada em São Cristóvão. Por sinal, fomos muito bem atendidos.

Preparamos um arquivo vetorial com as especificações de cada peça, com quantidades suficientes para montar 16 pinos, enviamos por email, levamos o MDF necessário para cortarem e eles entregaram no dia seguinte as peças prontas.

O próximo passo foi montá-las.

Imagem 87
Peças cortadas na laser

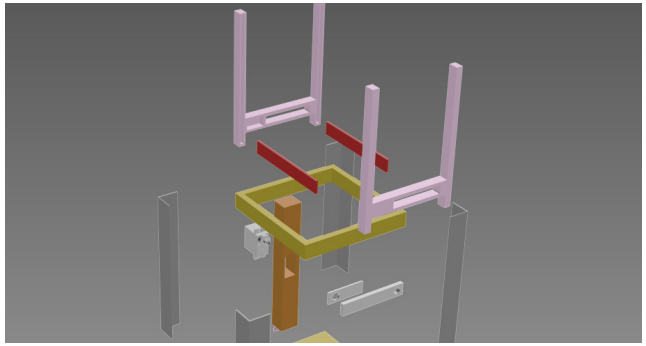


Imagem 85
Todas as peças que compõe o pino estavam definidas

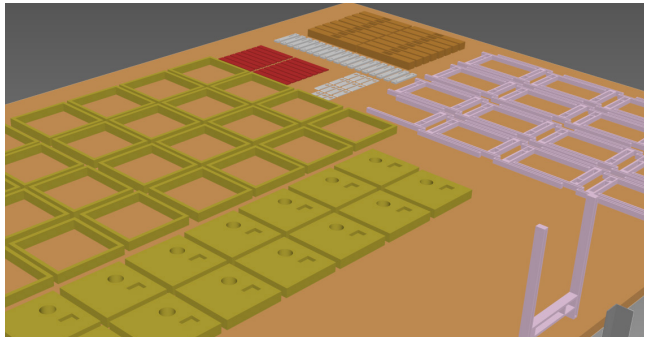


Imagem 86
Como faríamos 16 pinos, precisávamos de várias unidades de cada peça

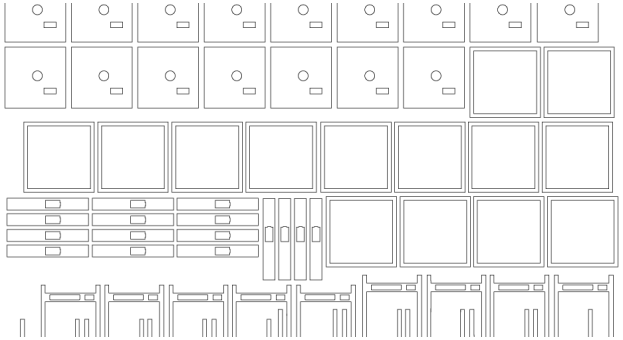


Imagem 88
Enviamos para o fornecedor um arquivo vetorial indicando os cortes desejados.

MONTAGEM DAS PEÇAS

Nós tivemos que montar diversos pinos até aprendermos a melhor forma de colar, lixar e encaixar. Dentre os aprendizados:

1 A cola branca e o araldite demoram, em média, 24h para secar. Sendo assim, qualquer alteração nas peças exigia um bom tempo para experimentar.

2 Percebemos que a borda que envolve a parte superior das hastes de alumínio estava 1mm maior do que deveria, o que deixava a parte superior mais larga que a inferior. Sendo assim, tivemos que mandar refazê-la.

3 Utilizar grampos e prendedores de roupa para unir peças enquanto a cola não seca se mostrou uma excelente técnica.

4 O excesso de araldite, com o tempo, faz com que as hastes de alumínio descolem da base de mdf. Portanto, tivemos que recolar diversas peças.

5 As 2 peças em formato de H que compõem o esqueleto do pino precisavam ser melhor fixadas. Inicialmente utilizamos apenas 2 peças retangulares em suas bases para uní-las. Mas apenas duas peças na base não eram suficientes, pois as hastes superiores envergavam, ficando tortas. Sendo assim, tivemos que solicitar o corte de mais 4 retângulos desses para cada pino.

6 As peças utilizadas para sanduichar a alavanca precisavam ser lixadas pois estavam tampando o encaixe do acoplamento com a cabeça do motor.

7 O buraco feito na base de mdf, no qual seria encaixado a barra que sustenta o motor ficou 1mm maior do que desejávamos. Sendo assim, optamos por "calçar" a peça com uma fita adesiva e utilizar massa fixadora para fixá-la verticalmente.

Imagem 89
Vídeo mostra pino, revestido com papel manteiga, em funcionamento

Imagem 90
Diversas peças montadas ou em processo de colagem / secagem

REVESTIMENTO DO PINO

Após concluirmos a montagem final dos pinos, precisávamos decidir qual seria o seu revestimento. Mais do que pelo acabamento, o revestimento dos pinos iria reduzir o atrito entre o esqueleto de mdf e as hastes de alumínio. Desta forma, obteríamos um movimento mais suave e preciso.

Como já visto a imagem 89, inicialmente tentamos fazer o revestimento com papel manteiga, colando-o no esqueleto com cola bonder. Porém, além do acabamento ficar muito ruim, o papel manteiga é um material muito frágil, podendo rasgar ou amassar com facilidade. Ainda nesta experimentação, percebemos que precisaríamos de um material mais espesso, pois o papel manteiga estava deixando o pino com folga e "bambo".

Tentamos utilizar o acetato de 1mm de espessura. Porém, além do material ser muito pesado, estava muito grosso e era difícil de ser cortado com precisão manualmente (mais uma vez, tivemos de usar o riscador). Com as imperfeições e a grande espessura do seu revestimento, o pino revestido de acetato travava, não encaixando direito na sua estrutura de base e não se movimentando de forma adequada.

Imagem 91
Tentamos revestir os pinos com diversos materiais e espessuras diferentes. O pino revestido com acetato de 1mm não encaixava corretamente

Neste momento solicitamos ajuda para professores presentes no laboratório de volume, que indicaram um fornecedor de plásticos em São Cristóvão, o Grupo de Idéias. Fomos até lá e compramos chapas de diversas espessuras (de 0,4mm a 0,8mm), materiais (polipropileno, acetato e pvc) e composições (branco, colorido, camursa, fosco, transparente) diferentes.

Após uma grande quantidade de testes que duraram vários dias, descobrimos que o melhor material para o revestimento seria o plástico polipropileno (PP) branco camursa fosco de espessura 0,4mm. Este se apresentou um material leve, com a espessura ideal, de excelente acabamento, fácil tanto de cortar quanto de fazer vigas (dobras), de baixo custo (cada folha custou R$10,00) e com muita facilidade de ser colado no mdf utilizando cola bonder. Também tentamos utilizar fita dupla face para colar o revestimento nos pinos, mas a cola ficou muito frágil.

Imagem 92
Tivemos que experimentar diversas formas de revestir (colas, fitas, dobras, vigas) o pino até chegar a um acabameto adequado.

Imagem 93
Os pinos revestidos com a técnica e o material adequados, além de ficarem esteticamente mais interessantes, se movimentavam melhor que os outros.

MONTAGEM DO CIRCUITO

Agora que já havíamos estudado e experimentado, de diversas formas diferentes, as melhores alternativas para a construção e acabamento dos pinos, precisávamos colocá-los para funcionar.

Para conseguirmos controlar os 16 servos de forma simultânea, era preciso encontrar uma fonte de energia adequada, a qual fornecesse a voltagem e a amperagem corretas para os nossos motores.

Após alguns experimentos, verificamos que os servos que utilizávamos trabalhavam com uma voltagem que ia de 4.8v a 6Vv Porém, como os motores em geral necessitam de muita energia, especialmente quando trabalham exercendo muita força (empurrando e puxando os pinos), as fontes comuns não estavam sendo suficientes para ligarmos todos os motores (alguns não ligavam, outros ficavam lentos e poucos faziam movimentos aleatórios).

Sem uma fonte adequada, os motores perdem a força, podendo ainda, sofrer desgastes e estragos.

Para não arriscar estragar os servo motores, optamos por utilizar uma grande (e arcaica) fonte que encontramos no Laboratório de Interfaces Físicas e Experimentais, pois era a que nos oferecia mais segurança, a voltagem correta (5v) e uma grande amperagem (5A), capaz de sustentar todos os servos.

Com a fonte adequada, precisávamos de fios para conectar os motores à energia e à placa arduíno. Cada motor servo precisa de 3 fios diferentes (um para o fio terra, um para a voltagem e um para ser conectado na arduíno). Considerando que teríamos 16 servos, precisávamos de 48 fios.

Em geral, os fios mais adequados para um projeto de prototipagem experimental como este são os chamados Jumper Cables.

Os Jumper Cables possuem um conector macho em cada uma de suas extremidades, facilitando o seu encaixe em praticamente qualquer conector fêmea, especialmente na protoboard. Nós não possuíamos jumper suficientes, principalmente no comprimento que precisávamos. Sendo assim, foi preciso produzí-los (soldando um conector macho nas extremidades de cada fio).

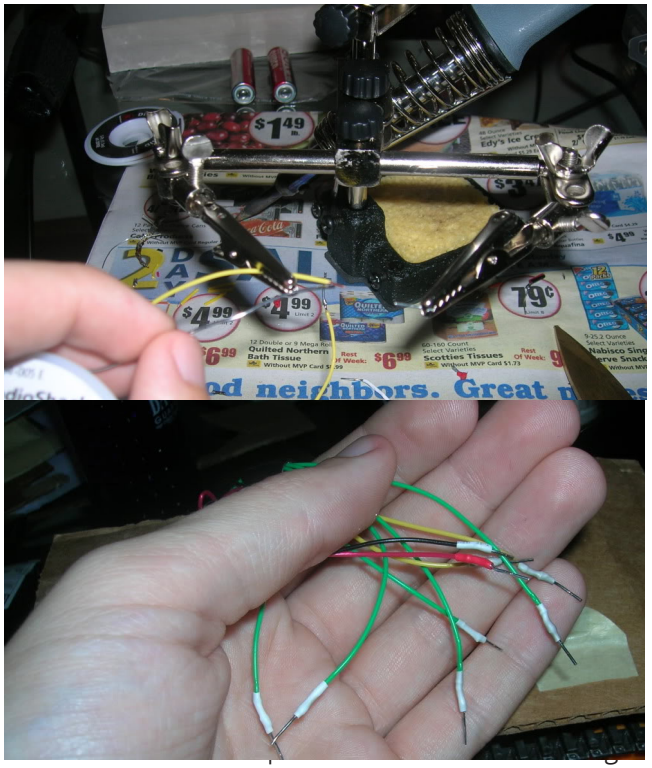


Imagem 94
O processo de produção de Jumper Cables.

adequada, testamos o funcionamento dos pinos, com sucesso! Começamos ligando 3 pinos e fomos aumentando conforme construíamos mais peças.

Com isso, os pinos estavam prontos, o circuito estava preparado, e o software já controlava o movimento de cada pino do display.

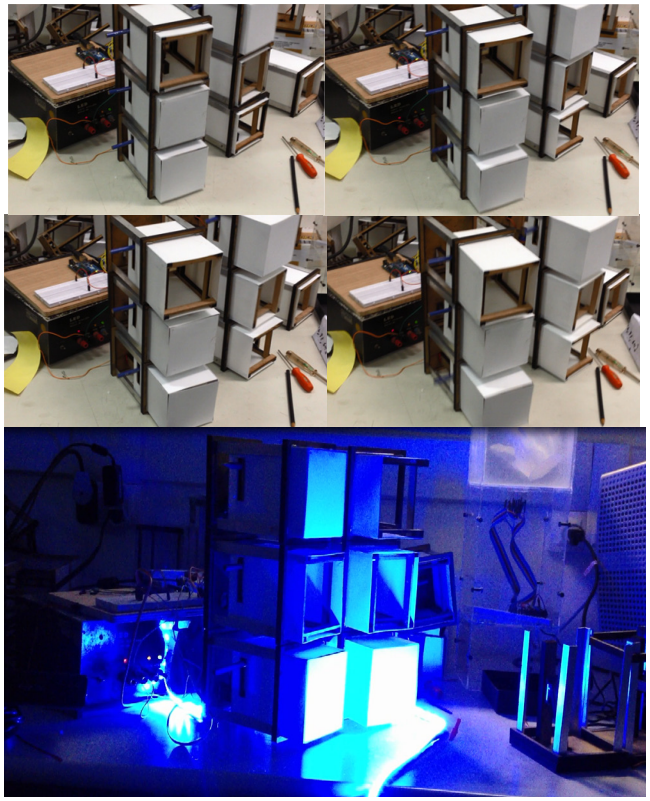


Imagem 95
Acima vários pinos ligados

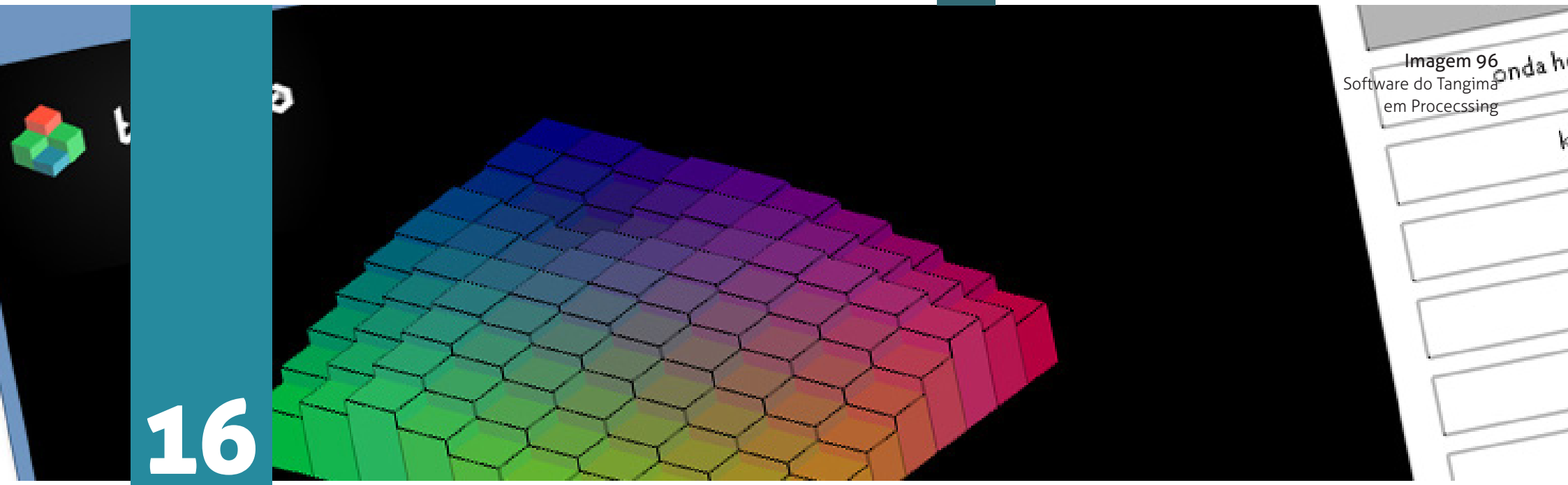


Imagem 96
Software do Tangima em Procecssing

16

DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Imagem 97
Câmera Kinect

PROCESSING, KINECT E OPENNI

Quando começamos a desenvolver o software do Tangima, a única aplicação que pretendíamos apresentar ao final da disciplina de projeto final era uma câmera kinect capturando a imagem de um usuário e fazer co que esta imagem fosse reproduzida pelo Tangima em tempo real. Ao longo do desenvolviento do projeto outras aplicações foram sendo desenvolvidas, mas esta foi a primeira que concluímos.

Antes de mais nada, é preciso apresentar o dipositivo. O kinect, produto desenvolvido pela Microsoft para o seu console de video-game Xbox, é composto por duas câmeras. O cruzamento da imagem destas câmeras, aliado a uma leitura de raios infravermelhos, dá ao Kinect a capacidade de ver o mundo em 3 dimensões, com precisão milimétrica. Em outras palavras, o Kinect funciona como um scanner 3D.

Entendido com funcionava o Kinect, tivemos que estudar como conectar o kinect ao computador, como ler os dados "scaneados" por este dispositivo, como manipular estes dados, e mais importante de tudo, como fazer com que essas informações conversassem diretamente com o Arduíno.

Precisávamos primeiramente aprender como acessar a câmera do kinect pelo computador. Neste sentido, o livro "Making Things See" foi fundamental

e indispensável.

Nós conectamos o Kinect ao computador pela entrada USB (dependendo do modelo do Kinect, pode ser necessário comprar um adaptador) e utilizamos o software Processing com a Biblioteca OpenNI para acessar suas imagens em tempo real.

O capitulo 2 do Make Things See ensina passo-a-passo o que deve-se fazer para instalar corretamente o Kinect ao computador e como utilizar a biblioteca OpenNI para obter um retorno visual das imagens capturadas pelo Kinect.

Após termos coseguido acessar as imagens scaneadas pelo Kinect, precisávamos descobrir a distância que cada pixel está da camera. A distância destes pixels seria enviada para o Tangima, que deveria movimentar seus pinos de acordo com as distâncias recebidas.

Na página 67 do livro "Make Things See", o autor ensina como descobrir a distância que cada pixel da imagem projetada pelo Kinect está da câmera. Ensina também como coverter a distância informada pelo Kinect para polegadas ou milímetros. Em seguida, apresenta o desenvolvimento de uma aplicação onde o usuário clica em um determinado ponto da imagem escaneada em tempo real e o Processing retorna a distância deste ponto em milímetros.

Em suma, até então, já conseguíamos acessar a imagem capturada pelo Kinect. Também já sabíamos acessar a distância de cada ponto desta imagem.

Imagem 98
Capa do Livro Making Things See

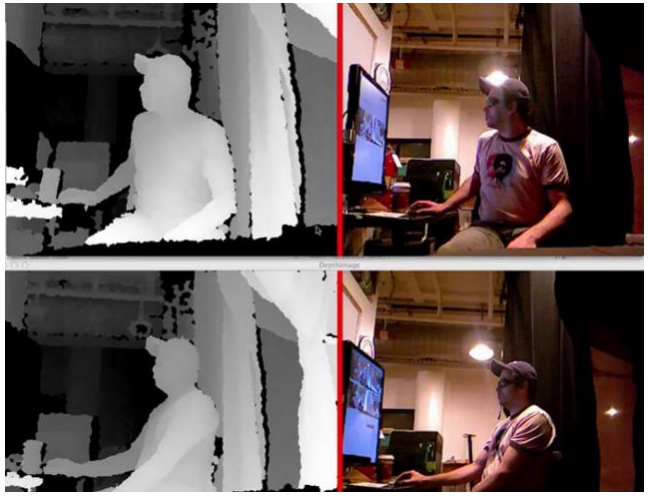


Imagem 99
Kinect scaneia o ambiente e informa a distância que cada ponto está da câmera

KINECT COM MATRIZ MODULAR

A imagem capturada pelo Kinect possui uma resolução muito maior do que a que iríamos apresentar com o Tangima. Precisávamos fazer com que a imagem do scaneada fosse reduzida em uma matriz modular de pinos. Ou seja, transformar a imagem de 640 x 480 em uma matriz 1x1, 2x2, 10x10, 50x50, variável de acordo com a quantidade de pinos que teria no Tangima.

A lógica para fazer isso é simples. Dividimos a imagem scaneada na matriz que desejamos e fazemos uma média aritimética da distância de todos os pixels que se encontram dentro de cada módulo desta matriz.

Ou seja, se dividirmos a imagem de uma resolução de 640 x 480 em uma matriz 2 x 2, a distância do primeiro quadrado desta matriz seria a média aritimética de todos os pixels que estão, em x, entre 0 e 320, e em y, entre 0 e 240.

Feito isso, neste momento já conseguíamos saber a altura que cada pino do tangima deveria ter para representar o mais fielmente possível a imagem scaneada pelo kinect.

RETORNO VISUAL: ISOMETRIA NO PROCESSING

Era de extrema importância que o usuário do Tangima conseguisse obter retorno visual, no software, do que estaria sendo projetado nos pinos do dispositivo. Inclusive, isso seria essencial para o desenvolvimento de novas aplicações sem a necessidade de estar com o Tangima conectado ao

computador.

Em outras palavras, era fundamental oferecer para o usuário do software uma versão "renderizada", virtual, do Tangima.

Para isso, criamos uma simulação virtual do tangima desenvolvida com blocos em visão isométrica.

Utilizar formas em 3 dimensões no Processing não é complicado. Ele possui uma biblioteca chamada P3D, e funções prontas para criar esferas, cubos e outras formas primitivas a partir de coordenadas x, y e z. Além disso, o Processing conta com funções que permitem usar câmeras e posicioná-las em 3 dimensões. Existem diversos tutoriais espalhados na internet ensinando a utilizar o P3D do Kinect.

Para utilizarmos uma câmera com perspectiva isométrica seguimos o tutorial:

https://forum.processing.org/topic/isometric-projection-in-pgraphicsopengl#25080000001061175

Essencialmente o que o tutorial faz é posicionar uma câmera a uma determinada altura do plano xy e rotacioná-la a 45 graus, apontando para o centro do plano xy. Em seguida, utiliza a função ortho para distorcer a visão da câmera, criando uma perspectiva isométrica. Este mesmo plano xy seria a base de onde seriam construídos os pinos do tangima, utilizando a função box.

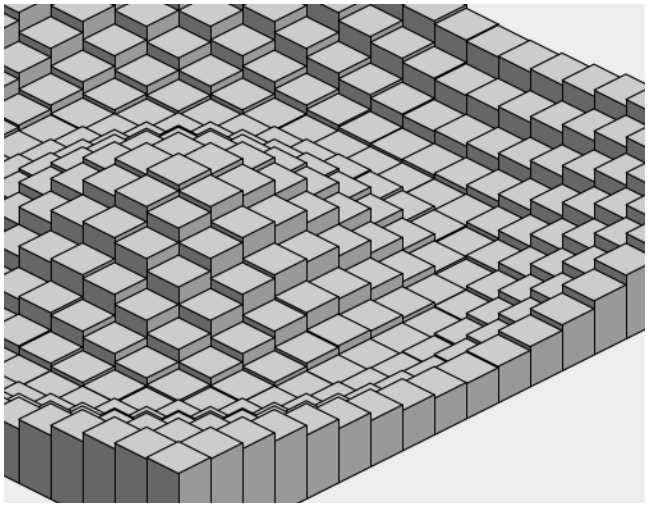


Imagem 100
Blocos isométricos simulam virtualmente os pinos do Tangima.

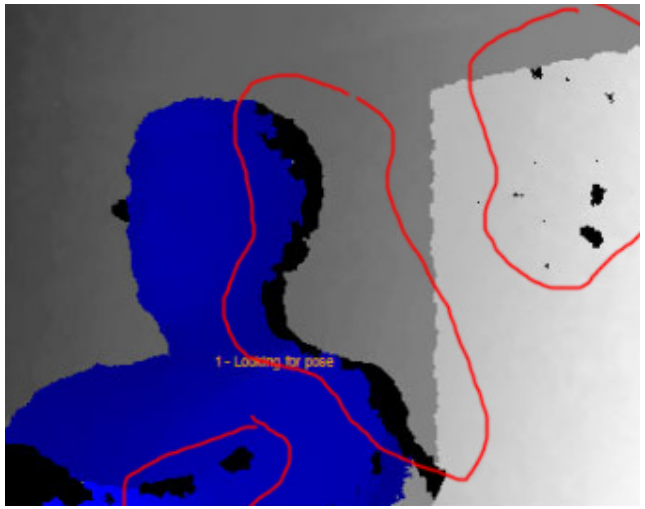


Imagem 101
Scan do Kinect apresenta falhas

SIMULANDO O TANGIMA COM KINECT EM ISOMETRIA

Até então, já conseguíamos desenhar, no Processing, uma matriz de pinos isométricos. Para que esta matriz realmente representasse uma simulação virtual do Tangima, precisávamos fazer com que cada um desses pinos virtuais variassem a sua altura de acordo com a imagem scaneada pelo Kinect.

Basicamente, o que deveríamos fazer aqui era usar a média aritimética da distáncia dos pixels de cada quadrado da matriz e utilizá-la para definir a altura de cada pino isométrico.

Porém, alguns ajustes deveriam ser feitos.

O scan do kinect apresenta alguns "buracos", ou "falhas" bem visíveis no retorno de imagem (circulamos de vermelho estes pontos na imagem 101).

Essas falhas acontecem por alguns motivos. Geralmente são resultado de sombras, reflexos ou geradas por objetos que estão fora da distância de leitura do Kinect.

O Kinect possui uma distância mínima e máxima de leitura. Caso o usuário se aproxime muito da câmera, poderá constatar que chegará um ponto em que o Kinect não conseguirá mais scanear, e a imagem ficará preta. O mesmo acontecerá se o usuário se afastar demais.

No retorno visual, é possível perceber que essas "falhas" são pontos pretos na imagem. Ou seja,

o Kinect as encara como pontos com 0mm de distâcia da câmera.

Como estamos fazendo uma média aritimética de cada pixel para calcularmos altura dos pinos do Tangima, estas falhas alteram bastante o resultado final. Portanto, fizemos algumas alterações no código do Processing.

Antes de realizarmos a média aritimética e calcularmos a altura dos pinos do Tangima, nós definimos uma distância máxima e uma distância mínima de leitura. A diferença entre estas duas distâncias nós chamamos de "range". Além disso, definimos que todos os pixels que estivessem com a distância menor do que a distância mínima da câmera, seriam encarados como pixels com a distância mínima da câmera (a que acabamos de definir). Fizemos o oposto para os pixels que estiverem com a distância da câmera maior do que a que acabamos de definir. Resumidamente estamos fazendo com que o software exclua qualquer coisa que esteja mais ou menos distante que o range que definimos.

No livro "Make Things See", o autor explica passo-a-passo como "limpar" a imagem do kinect, tal qual fizemos (página 324).

E seguida, nós fizemos uma regra de 3 para converter a média aritmética de cada quadrado para a altura de cada pino isométrico. Vale uma observação aqui. Para que essa conversão fosse feita, precisávamos saber qual altura máxima e mínima queríamos para os pinos isométricos. Se tivéssemos um range de leitura do kinect de 3m e um range dos pinos isométricos de apenas 20 pixels, a imagem ficaria praticamente plana. Foi preciso encontrar uma proporção e equilíbrio entre estes dois valores para que o resultado agradasse.

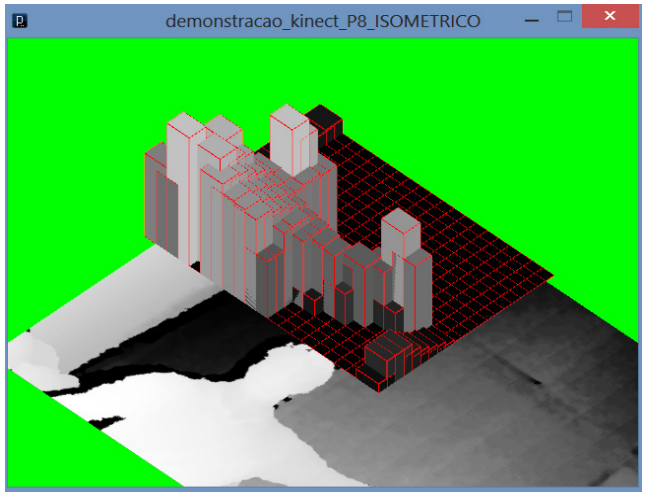


Imagem 102
Imagem scaneada pelo Kinect é representada em volume por uma simulação virtual dos pinos do Tangima.

Por fim, vale dizer que, dependendo da velocidade do servo que fôssemos utilizar na construção do Tangima, talvez fôsse preciso utilizar uma função "delay". Com isso, reduziríamos a taxa de atualização dos pinos para uma taxa que os servos consiguissem executar com precisão.

TANGIBILIZANDO MÚSICAS

Agora que já possuíamos no software uma simulação virtual do Tangima, começamos a pensar em novas aplicações para este projeto. Uma vez que estávamos inclinados a torná-lo um projeto opensource, aberto ao desenvolvimento de diferentes experimentos, deveríamos apresentar algumas propostas que provassem a sua potencial abrangência.

Buscando novas aplicações para o nosso display volumétrico, desenvolvemos um modo onde o Tangima representava, em volume as variações do espectro de onda de uma música qualquer. Em outras palavras, o Tangima faria com que as músicas ganhassem formas e volume no espaço físico.

Para isso, utilizando a função FFT da biblioteca Minim, disponível para Processing.

Para desenvolver esta aplicação, estudamos o exemplo "LinearAverages", que já vem incluído automaticamente, junto com a Biblioteca Minim.

Basicamente a função FFT consegue acessar o espectro da onda em um determinado instante da reprodução de um arquivo .mp3. Esta função é muito utilizada para desenvolver barras equalizadoras.
Nós lemos o espectro de onda do arquivo de áudio e dividimos esta onda em n segmentos. Em seguida, fazemos uma média aritmética de cada ponto desses segmentos, para obtermos a amplitude que cada pino do Tangima deve ter.

Em seguida, nós fazemos com que, a cada instante, as posições dos pinos da linha 1, passem para os pinos da linha 2, e assim por diante, criando um gráfico tridimensional que mostra a evolução da música ao longo do tempo.

O resultado pode ser visto no vídeo:

http://www.youtube.com/watch?v=DKw_EFRB0ss

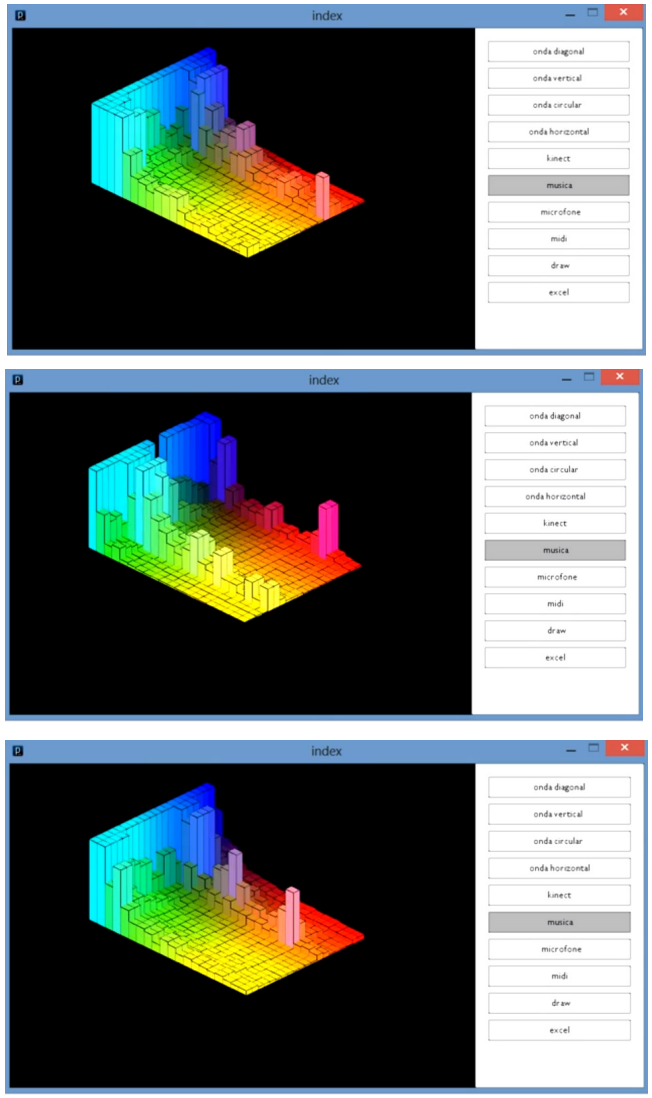


Imagem 103
Modo de Música do Tangima ativado

O MOVIMENTO DE ONDAS

Seguindo com a idéia de apresentar diferentes aplicações para o Tangima, desenvolvemos um modo de exibição em que o display exibiria animações pré-programadas. No caso, nos inspiramos em diversos movimentos de ondas.

Para isso, estudamos funções trigonométricas (senóides), por serem funções que apresentam o movimento oscilatório de uma onda.

Alterando algumas variáveis das funções seno, obtemos diferentes resultados, e os classificamos por "onda horizontal", "onda vertical", "onda diagonal" e "onda circular".

Para relembrarmos como funcionam as funções seno, estudamos o vídeo apresentado no site: http://www.pensevestibular.com.br/vestibular/video-sobre-funcao-seno

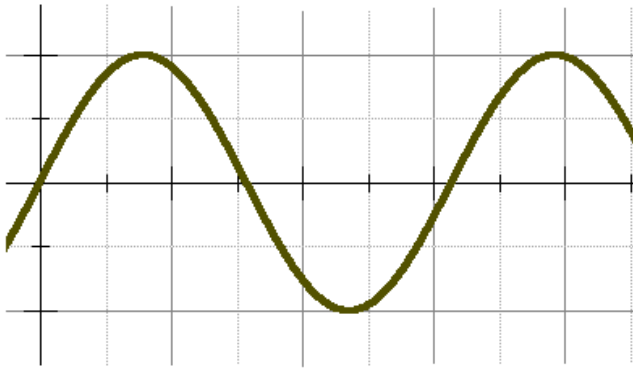


Imagem 104
Função Seno necessária para fazer animações dinâmicas que simulam o movimento de ondas.

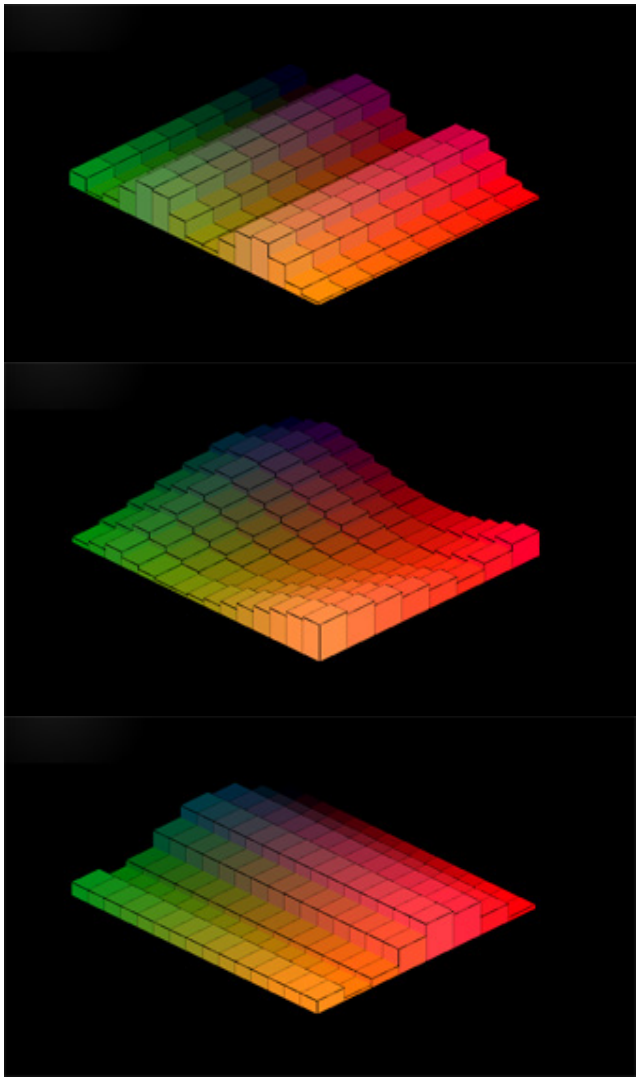


Imagem 105
Diversas animações dinâmicas que simulam o movimento de ondas.

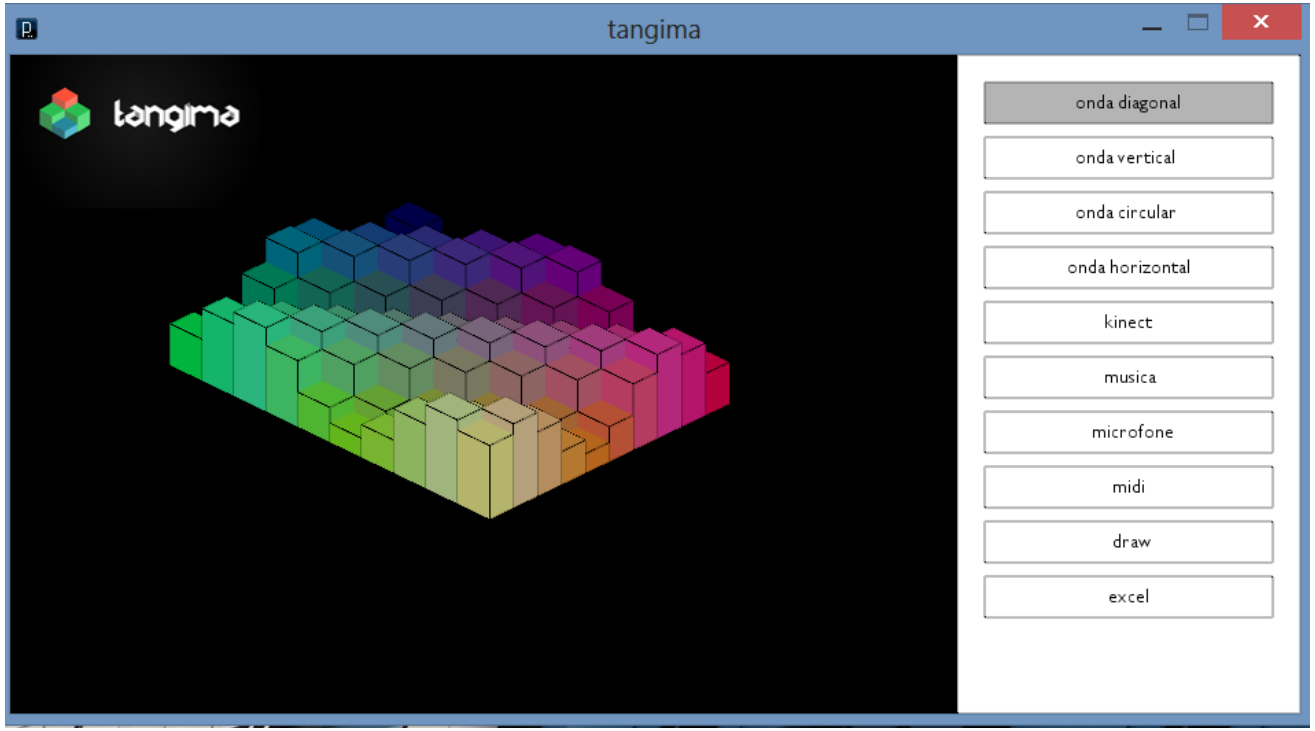


Imagem 106
Interface do Software

DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE

Uma vez que o Tangima estava sendo desenhado para ser um projeto opensource, onde desenvolveríamos uma série de diferentes aplicações, era importante que a sua interface fosse intuitiva, de fácil uso e facilmente modificável. Além disso, era fundamental que o usuário pudesse alterar o modo de exibição do Tangima, dentre as opções disponíveis.

Na lateral direita, adicionamos botões gerados dinamicamente. Para adicionar um novo botão, bastaria adicionar um novo valor na array correspondente. Cada botão corresponde a um modo de visualização do

Na parte esquerda, a visão isométrica mostra, em tempo real, a simulação dos pinos do Tangima. Para movimentar a câmera livremente, bastava apertar a tecla "c".

No canto superior esquerda inserimos a logo do Tangima.

Por fim, Atribuímos uma cor para cada pino. Esta cor varia dinamicamente de acordo com a sua posição nos eixos x, y e z.

Esta foi a versão inicial da interface, a qual modificamos e aprimoramos posteriormente, com o teste de usuários.

SOFTWARE CONTROLA A POSIÇÃO DOS PINOS

Para que o software do Tangima, desenvolvido em Processing, conseguisse se comunicar com uma placa arduíno, conectada no USB do computador, nós usamos a biblioteca Arduino para Processing, junto da Biblioteca Servo Firmatta, desenvolvido especialmente para rodar em arduinos.

Nós programamos o software em processing para que cada motor conectado ao Arduíno se movimentasse de acordo com a altura das barras isométricas. Ou seja, quanto mais alta determinada barra estivesse, maior seria o ângulo de rotação do servo motor que corresponde àquela barra.

Realilzamos um teste para verificar que os pinos se mexiam de acordo com o software e funcionou.

Imagem 107
Pinos (ainda sem o acabaento final) se movem de acordo com as posição dos pinos virtuais do Software

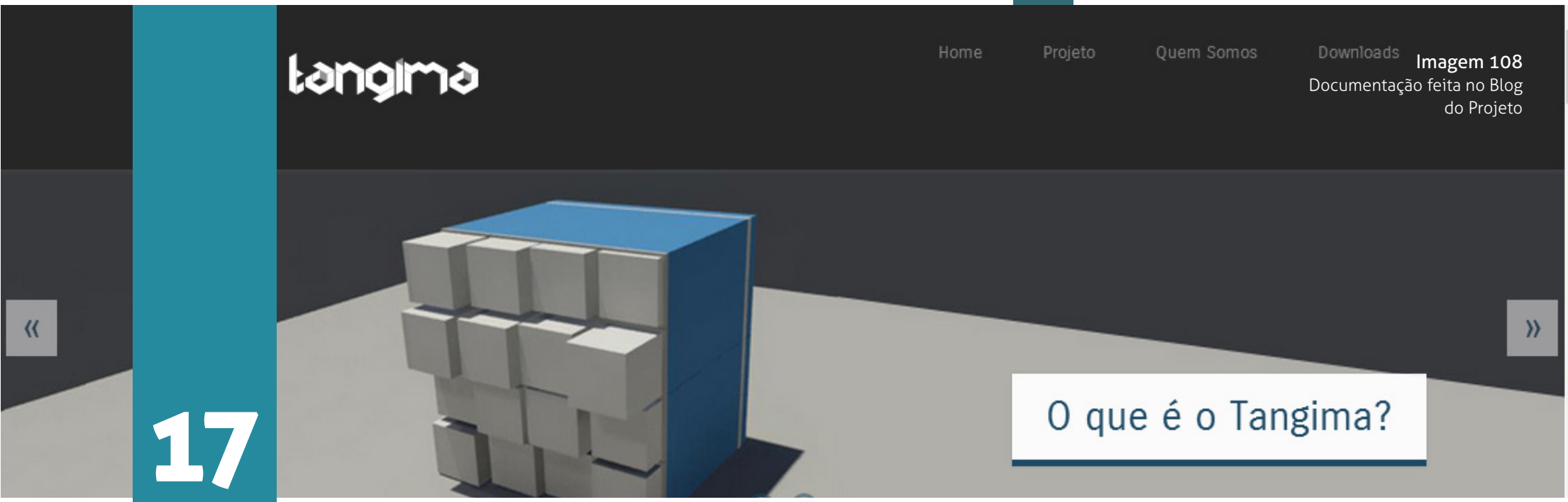


Imagem 108
Documentação feita no Blog do Projeto

17

DOCUMENTAÇÃO E DIVULGAÇÃO

BLOG

Como já dito anteriormente, nosso objetivo é que o Tangima se desenvolva como um projeto de software e hardware livres. Para isso, precisamos de um meio de distribuir nossos conhecimentos e produtos. Este local é o blog. do projeto.

Desde o início do desenvolvimento do Tangima na disciplina de Projeto 8, nós criamos e mantemos um blog atualizado semanalmente.

Muito mais que informar e divulgar o projeto, a intenção do blog é documentar e ofercer para a "rede" informações sobre o processo de desenvolvimento deste produto. Isso inclui nossos erros, acertos, insights, referências, obstáculos, soluções, entre outros.

O blog centraliza a documentação do projeto em tempo real, bem como disponibiliza o download do Software (em código aberto ou fechado), ensina a montar seu próprio display Tangima, fornece o download das peças, sua modelagem e desenho técnico.

Acreditamos que, ao disponibilizarmos toda a documentação e evolução deste projeto para todos, estaremos contribuindo com a evolução do próprio Tangima, ou ao menos fornecendo subsídios para que qualquer pessoa possa utilizá-lo como referência para produzir novas interfaces.

Nossa ambição é que o blog reúna pessoas com interesses em comum, formando uma comunidade colaborativa e co-criativa em cima deste projeto.

O blog foi desenvolvido em Wordpress. Os posts se dividem em: "Desenvolvimento do Software", com referência aos códigos, bibliotecas utilizadas, bugs e interfaces. virtuais; "Desenvolvimento do Hardware", com tudo relacionado ao circuito eletrônico, componentes, placas, materiais, técnicas de construção do produto; "iInformações do projeto", onde encontram-se descrições básicas e gerais sobre o Tangima, referências, pesquisas e "Design" onde falarmos sobre a identidade, embalagem e produto.

CÓDIGO COMENTADO

Ainda sobre a documentação, ao fazer o download e abrir o software do Tangima, o usuário verá que praticamente todas as linhas dos nossos códigos são comentadas. Sendo assim, explicamos para que serve cada variável, função, classe ou parâmetro.

Acreditamos que isso aproximaria mais os usuários de se apropriarem do projeto para desenvolverem novas aplicações ou aprimorar as já existentes.

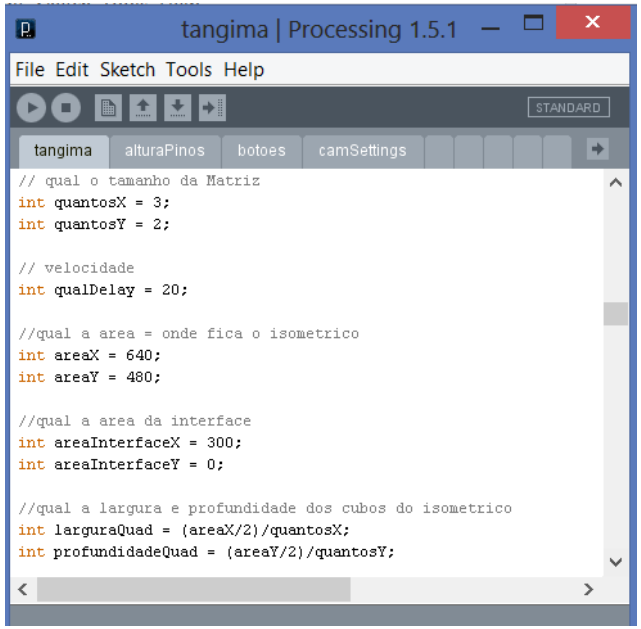


Imagem 109
O código do Tangima é praticamente todo comentado

CONCURSOS, EVENTOS E PRÊMIOS

Pesquisamos sobre concursos, prêmios e eventos no Brasil e no mundo que ocorrem com boa periodicidade para nos prepararmos para isncrever o Tangima.

A pesquisa ainda está embrionária, mas já possui grandes oportunidades, com destaque para o OpenHardware do MIT, que postergou a inscrição dos projetos para até o final de Junho.

São eles:

Open Hardware Summit MIT
http://2013.oshwa.org/

Open Source World Challenge 2013 (Student Innovation)
http://ossaward.org/eng/sub11.php

ACM Symposium on User Interface Software and Technology
http://www.acm.org/uist/uist2013/index.php

Mostra PUC
http://www.ccesp.puc-rio.br/mostrapuc/

Siggraph 2013
http://s2013.siggraph.org/

International Multi-Conference on Engineering and Technological Innovation
http://www.iiis-summer13.org/imeti/website/?vc=20

VÍDEO PARA CROWDFUNDING

Pensando em arrecadar recursos, após o fim do projeto, para continuarmos no desenvolvimento e aprimoramento do Tangima, consideramos uma boa oportunidade fazer um vídeo e inscrever o projeto em um Crowdfuding, como o Kickstarter. Recentemente o Kickstarter tem apresentado excelentes projetos baseados em hardware livre, como o arduíno, e muitos tem alcançado a arrecadação solicitada.

Sendo assim, desenvolvemos um roteiro para este vídeo (em inglês, pois o Kickstarter só aceita vídeos em inglês), com duração esperada de 3 min:

"*(SCENE 1) – The Dream / Insight – 15 Sec*

Rafael offscreen: Imagine for a second...
What if pixels were able to move?
Images, sounds and videos coming off the screen, invading the physical space we live in.. Instead of flat screens, we would have volumetric screens, displaying all the content in relief.

(SCENE 2) – What are we talking about? - 5 sec

Rafael offscreen: I present you the Tangima. Tangima is a volumetric display which aims to make images tangible in real time.

(SCENE 3) – What do we want to achieve? – 10 sec

Rafael offscreen: We want to become more intimate with virtual images.. If you know what I mean...

mean.
We want to feel it...
We want to touch it..
We want to interact physically with it..

(SCENE 4) – Is there anyone doing it? – 30 sec

Rafael offscreen: But we are not the only ones. There are already many people around the world, developing similar technologies.

So, what makes Tangima something new?

We want to share this technology with everybody. We want a low cost design, an open source and a "do it yourself style", so everybody can use it, reinvent it and improve it.*

(SCENE 5) – How does it works? – 30 sec

Rafael offscreen: And how would that work?

In place of pixels, we have pins, and we make those pins able to move linearly.

Each Tangima pin is an independent module. When you connect the pins to each other you have a matrix. This matrix of pins represents your Tangima, your volumetric screen.

Then, you will connect your Tangima display to one controller. (we are using arduino) So our software, developed in Processing, can take care of the rest.
Don't worry, our software's code is open so you can modify and create anything you want to.

(SCENE 6) – Demo or die! – 10 sec

Rafael offscreen: You must be thinking," Demo or die! I want to see it working"?

So far, we have prototyped a conceptual Tangima to prove that this technology is possible [Final Project scenes]

(SCENE 7) – Demo – 30 sec

Rafael offscreen: So far, Tangima can show images scanned by a Kinect...

Tangima can display songs..

Tangima can simply represent a beautiful wave movement...

It's you who decide. With Tangima you can develop your own applications and share the code with our entire community.

(SCENE 8) – I want it, how may I get it? – 15 sec

Rafael offscreen: If you don't want to spend your time and energy building your own tangima, relax. We will sell each pin and controller separately, and deliver it to you, wherever you are. Otherwise you can build your own Tangima following the instructions in our blog.

(SCENE 9) – Who are you? – 35 sec

Rafael em off: But who are "we"?

Crespo: "Hello Kickstarters, my name is Rafael Crespo, I'm from Rio de Janeiro, Brazil. I just got my degree in Digital Media Design at PUC-Rio. The project Tangima was my graduation project, supervised by Professor John Bonelli. "

Bonelli: "Hello Kickstarters, my name is João Bonelli, I have a PHD degree in __ and a Master 's degree from ITP NYU.
Nowadays I'm teaching tangible interfaces at PUC-Rio and guiding the project Tangima".

Bonelli: "This project was conceived and prototyped in just 6 months, during the "final design project" class, with virtually no resources available. Now we want to produce it in a professional way and share it with everyone."

Crespo: "For this to be possible, we need your help. Contributing to this kickstart, you are helping fund services, equipment and materials necessary to build, test and distribute Tangima for everyone. Please, help us change the way we interact with computer screens "

Bonelli: "Also, be sure to follow all our development process at the blog: http://www.tangima.wordpress.com. And if you have any questions, ideas, suggestions or whatever, we would be happy to talk to you."

Both: "Thank you very much! "

Lettering: Like? Share! :) Thank you."

Imagem 110
Usuário ctentando construir um pino do Tangima

18

TESTES INICIAIS E MODIFICAÇÕES

O QUE FOI TESTADO

Devido ao caráter experiental do projeto, focamos em realizar testes de usuários utilizando como base o Software do Tangima, uma vez que não tínhamos muitas opções de testes com o hardware,

Inicialmente nós chegamos a solicitar algus usuários tentassem construir seus próprios pinos, mas uma vez que estamos trabalhando com um protótipo em que os materiais provavelmente seriam modificados posteriormente, este teste se mostrou inválido.

Voltando ao Software, basicamente queríamos verificar se:

1 Os usuários conseguiriam baixar o software, instalar e rodar em diferentes sistemas operacionais.

2 Os usuários teriam uma experiência intuitiva e prazerosa com a interface do Software

3 Os desenvolvedores conseguiriam acessar o código aberto e desenvolver modificações e/ou suas próprias aplicações para o software.

Foi solicitado que os usuários acessassem o site, fizessem o download do software em suas próprias máquinas, abrissem a versão fechada, navegassem pela interface livremente e dessem um feedback de suas impressões.

Todos os usuários se queixara de não conseguirem alterar a posição da "câmera" e de não poderem customizar o display e os pinos virtuais sem precisar alterar o código.

Ficou claro que a interace apresentava problemas de usabilidade. Solicitamos que os próprios usuários tentassem abrir o software para realizar as modificações indicadas pois queríamos saber se o código estava facilmente customizável.

Apenas 2 dos usuários possuiam algumas experiência com programação.. Eles abriram o código

e não conseguiram realizar modificações pois lhes faltavam bibliotecas necessárias instaladas. Ou seja, isso precisaria estar indicado na parte de Downloads do blog.

Após instalarem as bibliotecas necessárias para o funcionamento do Software do Tangima, os usuários abriram o código fonte do programa e criaram suas modificações.

Além das modificações criadas por eles, adicionamos na interface uma imagem na parte inferior indicando as teclas de atalho resposáveis por girar a câmera e aumentar ou diminuir a matriz de pinos exibida.

As implementações que os usuários fizeram na interface foram (no canto inferior direito da tela):

1 Botão para aumentar ou diminuir linha de pinos
2 Botão para aumentar ou diminuir coluna de pinos
3 Botão para aumentar ou diminuir a variação máxia de altura que cada pino possui
4 Botão para aumentar ou diminuir a velocidade do movimento dos pinos
5 Botão para aumentar ou diminuir a largura da base dos pinos

Ficou evidente a preocupação destes usuários com as possibilidades de custmoização da interface. Também provou que os usuários conseguiram abrir o código e criar suas próprias modificações, sem necessidade de nenhum tipo de orientação relacionada ao código, o que mostra que o desenvolvimento está auto-explicativo.

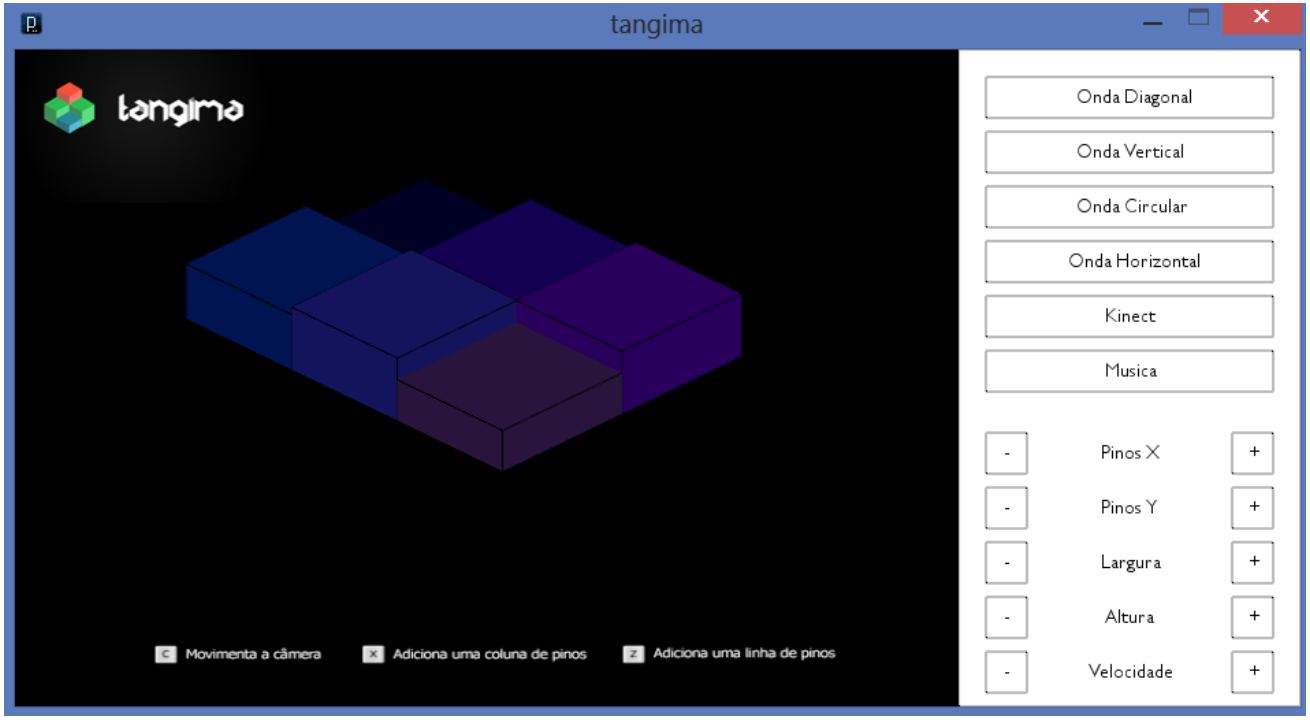


Imagem 111
IInterface aprimorada por usuários

Imagem 112
Conclusão do Projeto

19

CONCLUSÃO

APENAS O INÍCIO

Quando o Projeto 7 foi iniciado eu não fazia idéia da onde estava me metendo. Nunca havia nunca aberto o Processing, nunca havia nem visto um Arduíno (tinha apenas ouvido falar), Kinect muito menos. Não sabia nada de eletrônica, corrente, voltagem, resistência, não sabia soldar, não conhecia nenhum dos sensores ou componentes básicos. Nunca havia diagramado relatórios com tanto empenho, não havia estudado tipografia, nem sabia muito sobre teoria das cores.

Não sabia manipular materiais, nunca havia usado tantos alicates, lixas, serras, fixadores. máquinas. Nunca havia usado uma impressora 3D, não sabia como funcionavam os processos de corte como Impressoras de corte Laser ou Fresadora. Não conhecia nenhum fornecedor de PP. Não sabia o que era araldite, muito menos que clorofórmio era usado para colar. Nunca havia nem visto uma chapa de acrílico, muito menos sabia o que era poliestireno, polipropileno, acetato ou ureol.

Enfim, o Projeto Tangima foi bem mais do que conceber e prototipar uma interface tangível. Foi um curso intensivo de PP, CV, Mídia, Eletrônica, Mecânica, Mecatrônica, Programação, até mesmo de Psicologia, para lidar com frustrações a todo momento. Foram muitas superações de obstáculos, muitos erros, muitos aprendizados, muito retrabalho, muito foco, muita dedicação. O Tangima me apresentou pessoas incríveis, abriu portas profissionais, trouxe novos amigos e me aproximou de amigos não tão novos assim.

Desde o início depositamos, acima de tudo, muita paixão nesta idéia. E a cada etapa, cada nova referência, cada pessoa que apresentávamos só servia para aumentar ainda mais a motivação para continuar.

A história do Tangima não vai acabar junto deste Projeto Final. Trabalhamos e sonhamos para que a conclusão desta disciplina seja apenas o início de uma longa história, com muitos personagens, desafios, dramas e conquistas.

20

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu grande orientador, prof. João Bonelli, a quem possuo uma enorme admiração. Por todo o seu tempo, ajuda, paciência, recursos, idéias, referências, conselhos, mas acima de tudo, por ter confiado e acreditado em mim.

Agradeço a todos os professores e tutores que passaram por este projeto dentro, ou fora de sala, pelas exigências, por ouviram, por incentivaram, por criticarem, por ensinarem, por todo o tempo disponibilizado, profa. Maria das Graças, profa. Cláudia Bolshaw, prof. Leonardo Cardarelli, profa. Eliane Garcia, prof. Marcelo Pereira, prof. Werther, prof. João Alegria, prof. Henrique Monnerat, prof. Cláudio Magalhães, prof. Jorge Lopes, profa. Joy Till, profa. Rejane, profa Gabi.

Agradeço ao NEXT pela disponibilidade, aproveito e peço desculpas pelas constantes interrupções.

Agradeço a todos os colegas de turma de que alguma forma contribuiram com idéias, sugestões, críticas ou simples palavras de incentivo.

Agradeço a minha família, minha mãe Cristina, meu pai Eduardo, minha madrinha Maria Dulce, minha irmã Carolina, minha avó Maria Thereza, por terem disponibilizado de todos os recursos disponíveis, para me ajudar a concluir este projeto. Agradeço por me apoiarem e por acreditarem.

Agradeço aos monitores, alunos e funcionários do laboratório de volume que me ajudaram muito tendo em vista a minha total inexperiência nesta área, em especial ao Cid, a Carol e a Patrícia, que praticamente construiram este projeto comigo.

Agradeço a outros tantos amigos, novos e velhos, de dentro e de fora da PUC, que passaram por este projeto e deixaram de alguma forma a sua contribuição, por mais simples que tenha sido, foi important: Sartori, Beatrice, Luiza, Bruna, Jerson, Jhonatan, Bel, Antônio, Ricardo, Ulysses, Ferraz, Guido, Rocha, Waltinho, peço desculpas se faltar alguém.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao meu tio-bisavô, que Deus o tenha, Padre Fernando Ávilla, sem ele nada disso seria possível.

BIBLIOGRAFIA

MOGGRIDGE, Bill. 'Designing Interactions". Massachussets: IDEO, 2007.

WEISER, Mark. "The Computer for the 21st Century" - Scientific American Special Issue on Communications, Computers, and Networks, 1991.

ROBLES-DE-LA-TORRE, Gabriel. "The Importance of the Sense of Touch in Virtual and Real Environments, International Society for Haptics", 2007

SADDIK, Abdulmotaleb El. "Haptics Technologies: Bringing Touch to Multimedia", Springer, Berlin, 2006

BANZI, Massimo. "Getting Started With Arduino", OReally Media: 2008.

BORENSTEIN, Greg. "Making Things See", OReally Media: 2012

Principles of Haptic Perception on Virtual Environments
http://www.isfh.org/GR-Principles_Haptic_Percept_VE.pdf

Progress in Volumetric Three-dimensional Displays and Their Applications
http://www.greggandjenny.com/gregg/Favalora_OSA_FiO_2009.pdf

Haptics Technologies: Bringing Touch to Multimedia
http://books.google.com.br/books?id=0d9i9-8y268C&pg=PA39&lpg=PA39&dq=haptic+Remote+interpersonal+communication&source=bl&ots=n-OPmcH5U0&sig=tPaN0CndXtwPFmvKMiKgJG8SXUo&hl=e-