

# Caixa de Areia

Colmeia

22 de abril de 2024

## Sumário

<b>1 Sobre</b>	<b>2</b>
1.1 SARndbox . . . . .	2
1.2 Kinect . . . . .	2
<b>2 Montagem</b>	<b>3</b>
2.1 Componentes . . . . .	3
2.1.1 Kinect . . . . .	3
2.1.2 Projetor . . . . .	4
2.1.3 Computador . . . . .	4
2.1.4 Caixa . . . . .	4
2.1.5 Suporte . . . . .	4
2.1.6 Areia . . . . .	4
<b>3 Introdução</b>	<b>8</b>
3.1 Instalação do Linux Mint . . . . .	8
3.2 Instalação do Software . . . . .	9
<b>4 Uso</b>	<b>10</b>
4.1 Introdução . . . . .	10
4.2 Calibrar a caixa . . . . .	10
4.3 Executar o programa . . . . .	11
4.3.1 Argumentos . . . . .	11

# 1 Sobre

**Nota:** Boa parte desse capítulo são informações técnicas dedicadas para futuros membros do Colmeia que participarão do projeto Kinect Livre. É entrado em mais detalhes sobre o Kinect por ser base para outros projetos do grupo.

A leitura desse capítulo por externos é recomendada apenas para aqueles que querem entender o projeto "Caixa de Areia em Realidade Aumentada" além do que é feito durante o uso. Caso contrário, pule para o próximo capítulo.

## 1.1 SARndbox

O projeto "Caixa de Areia em Realidade Aumentada" é baseado no projeto SARndbox. Esse projeto foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa KeckCAVES, da faculdade de Davis, California. O projeto está hospedado no site de um dos coordenadores do projeto, Oliver Kreylos: [web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/](http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/). O projeto usa como base o Vrui Toolkit, ferramenta para facilitar desenvolvimento de aplicações com realidade virtual, também desenvolvida pelo KeckCAVES. O SARndox é escrito em C usando OpenGL, uma API open source para desenvolvimento de aplicações 3D.

## 1.2 Kinect

O Kinect foi uma linha de sensor de movimentos desenvolvido pela Microsoft para controlar seus produtos por meio de gestos do usuário. O primeiro modelo foi lançado em novembro de 2010, como acessório para o console de jogos Xbox 360 E, apesar de ser compatível com modelos anteriores, como os modelos Phat e S. Juntamente com o Xbox One foi lançado o Kinect 2, em novembro de 2013. Em 2020, foi lançado o Azure Kinect como plataforma de desenvolvimento de aplicações fora do console. Será abordado apenas o Kinect Xbox 360, já que é o Kinect usado na caixa de areia.

O Kinect contava com três câmeras, quatro microfones e um motor de rotação vertical. Uma das câmeras era uma câmera convencional colorida (RGB), com resolução de 640x480, enquanto as outras duas são os sensores de movimento. Os sensores de movimento usam tecnologia infravermelha para formar um mapa de profundidade, com uma resolução de 320x240. As duas câmeras são um canhão de infravermelho e um receptor. Os quatro microfones foram posicionados para capturar som do ambiente claramente. O motor movimenta o sensor verticalmente, ajustando o ângulo em relação à base.

O infravermelho da câmera funciona por meio de nuvem de pontos e grau de entropia. O canhão lança vários feixes de infravermelho, com uma pequena variação no ângulo entre cada um. O receptor de infravermelho captura esses raios, e faz uma estimativa de onde os raios colidiram, com base na distância entre eles. Mesmo raios infravermelhos estando presentes em todos os lugares, o Kinect lê apenas os pontos mais fortes, já que ele emite com uma força maior de infravermelho do que a luz visível. Contudo, luz infravermelha está abundante

na luz do sol, então não é recomendado usar o Kinect em ambientes com muita luz solar.

Em meados de 2006, houve uma moda no mercado de jogos digitais de usar sensores de movimento nos jogos. Os sensores mais relevantes foram o Playstation Move, da Sony, e o WiiMote, da Nintendo. Mais tarde, surge o Kinect como uma alternativa do Xbox para os sensores de movimento concorrentes. Queriam fazer um sensor diferente dos que já tinham no mercado, que necessitavam de um controle físico. Com investimento da Microsoft, e apoio da empresa Primesense (atualmente parte da Apple), foi desenvolvido uma câmera com tecnologia de ponta, capaz de detectar movimento sem a necessidade de segurar um controle físico.

## 2 Montagem

O projeto Caixa de Areia em Realidade Aumentada, conhecido formalmente como SARndbox, é um projeto desenvolvido pela Universidade da Califórnia em Davis. Esse projeto usa o sensor de movimento Kinect para fazer um mapa de relevo de uma caixa de areia. O projeto é composto por algumas partes físicas, sendo elas:

- Um sensor de movimento Kinect + adaptador
- Um projetor digital
- Um computador
- Uma caixa retangular
- Suporte para a câmera
- Areia

Ao final, deverá ficar algo parecido com a figura 1.

### 2.1 Componentes

#### 2.1.1 Kinect

A câmera utilizada é o sensor de movimentos Microsoft Kinect Xbox 360, que vinha incluso com o console Xbox 360 (modelo E). O Kinect Xbox One (ou versões posteriores) não é recomendado de ser usado. Enquanto o Kinect Xbox One funciona, o uso dele é experimental e pode não funcionar como deveria. Também é necessário usar o adaptador do Kinect para USB e energia, adaptador esse vinha incluso com o Kinect. Mesmo depois de montado na caixa, o Kinect ainda pode ser usado no console Xbox 360 normalmente.

### **2.1.2 Projetor**

De preferência usar o projetor mais leve possível e que tenha resolução 4:3 nativa. A vantagem de se usar um projetor leve é que o suporte não precisa ser tão resistente, e a resolução 4:3 nativa auxilia na projeção, pelo Kinect ter essa mesma resolução. Também é ideal usar um projetor com entrada HDMI para melhor qualidade de imagem.

### **2.1.3 Computador**

O computador deve estar rodando sobre o sistema operacional Linux Mint 18.3 "Sylvia". **O programa não funciona em Windows ou MacOS.** O sistema não pode estar instalado em máquina virtual, deve estar em um computador dedicado (pode ser usado em dual boot).

Da parte física dele, é recomendado usar no mínimo uma placa de vídeo GTX 1060. Pode ser usado uma placa de vídeo menos potente, contudo a simulação da água pode ter problemas. Também é recomendado o computador ter 4GB de memória RAM e uma CPU boa o bastante. O software não é tão pesado, tirando a parte da simulação da água. Pode ser usado um notebook, mas se a caixa for ficar num lugar fixo, é mais barato usar um computador de mesa (caso seja usado para rodar exclusivamente o software).

### **2.1.4 Caixa**

De preferência, a caixa deve ter uma proporção 4:3:1, já que é a proporção do sensor 3D do Kinect. Não se tem exatamente um tamanho para os lados da caixa. Pode ser usado as dimensões que forem necessárias para o contexto de onde será usado a caixa. Contudo, a dimensão típica da caixa é 100cm por 75cm, tendo paredes de 25cm de altura.

### **2.1.5 Suporte**

O suporte serve para acoplar o Kinect e o projetor digital em cima da caixa. Ambos devem estar a uma altura similar ao lado maior da caixa, e apontando para o centro da caixa. O suporte é recomendado ser feito de um material resistente o bastante para não ser quebrado facilmente (considere que isso será usado por crianças que vão esbarrar nele o tempo todo). Material mais usado para o suporte são barras de metal. A estrutura do suporte depende de onde a caixa ficará situada.

### **2.1.6 Areia**

É recomendado usar uma areia fina, mas que não faça mal ao ser inalada. Areia para uso infantil é ideal para ser manuseada nesse projeto.

Segue algumas imagens de referência



Figura 1: Exemplo de caixa pronta



Figura 2: Modelo Mark I



Figura 3: Mark I na Casa Branca

### 3 Introdução

**Nota:** É comum ocorrer problemas não mencionados aqui durante a instalação. Caso precise de suporte, pesquise o erro na internet primeiro, ou entre em contato com o Instagram do Colmeia @colmeiaudesc.

A instalação é feita (quase) inteiramente por linha de comando. Apesar de parecer assustador, as chances de dar algum problema grande são baixas. É recomendado ler atentamente os passos, e copiar (CTRL C) e colar (CTRL SHIFT V) no terminal os comandos.

#### 3.1 Instalação do Linux Mint

O computador precisa usar algum sistema baseado em Linux. O projeto original usa o Linux Mint 18.9 "Sylvia". Contudo, o Colmeia usa o Linux Mint 21.1 "Vera" por ser uma versão mais recente da distribuição. Não garantimos que versões mais recentes possam funcionar.

Primeiramente precisamos baixar a imagem pelo [site oficial](#). Qualquer um dos links valem (usamos o kernel.org). Para usar o instalador do Linux Mint, precisaremos "queimar" a imagem dele num dispositivo de armazenamento externo, como um pendrive. Use um pendrive com no mínimo 4GB de armazenamento. Faça backup dos arquivos que estiverem nele, pois iremos formatar ele. Para queimar a imagem, você precisará baixar algum aplicativo que faça isso, recomendamos o [Balena Etcher](#). Abra o aplicativo, selecione o pendrive, a imagem do Linux Mint e comece o "flash". Espere a operação terminar.

Com o pendrive com Mint (chamado pendrive bootável) em mãos, vamos para o computador em que será instalado o Mint. É recomendado fazer backup dos arquivos do computador. Terá uma opção de manter os arquivos e sistema operacional dele, mas faça backup por segurança. Desligue o computador, conecte o pendrive bootável, ligue o computador e imediatamente comece a apertar a tecla para acessar o BIOS (normalmente delete ou F1, depende do modelo do computador) várias vezes. Se o computador ligar normalmente, desligue o computador e tente novamente. Quando o menu abrir, vá em BOOT, mude o boot order para deixar o pendrive no topo da lista. Agora salve e saia do menu.

Com o computador ligado novamente, selecione a primeira opção, "Start Linux Mint". Selecione o ícone "Install Linux Mint", no canto superior esquerdo. Daqui para frente é bem intuitivo, mas segue o passo a passo detalhado: Selecione o idioma da instalação. Então, selecione o layout do teclado (Se o seu teclado tiver "ç", muito provavelmente é o português brasileiro). Marque a caixa de codec multimídia e clique em próximo. O instalador irá pedir para manter os arquivos anteriores. Se marcar para manter os arquivos, você poderá escolher entre o sistema operacional anterior ou o Linux Mint. Depois de escolher, clique em "instalar agora" e confirme. Escolha o fuso horário. Informe: O nome do usuário, o nome do computador (dê algum nome legal), o nome do usuário no terminal e senha do usuário. Agora só esperar, a instalação deve dar certo.

### 3.2 Instalação do Software

**Nota:** Todos os arquivos aqui mencionados são cópias dos arquivos originais, hospedados no [Github do Colmeia](#), apenas com intuito de preservação. Nenhum arquivo que será baixado foi modificado da fonte, salvo um que baixava um programa que não existe mais, modificado para baixar uma versão mais recente com outro nome. Caso prefira, pode baixar os arquivos direto das [instruções originais](#).

Vamos começar baixando as bibliotecas libdc1394-22 e libdc1394-22-dev. Ambas podem ser encontradas [no nosso Github](#). Para baixar os arquivos, clique no nome do arquivo e clique no botão "download raw file" (Seta para baixo, perto de "Raw" e o símbolo com dois quadrados). Faça o mesmo com o outro arquivo. Abra a pasta onde os arquivos foram baixados, clique com o botão direito do mouse e clique em "Open Terminal" / "Abrir Terminal". Em seguida, execute:

```
sudo dpkg -i libdc1394-22-dev_2.2.5-1_amd64.deb  
sudo dpkg -i libdc1394-22_2.2.5-1_amd64.deb
```

Verifique se a instalação de ambos foi sucedida (leia o que foi imprimido no terminal). Se não aparecer algum erro, a instalação foi um sucesso!

Agora, vamos baixar o VRUI. Esse programa é a base do software da caixa de areia. Baixe [o VRUI](#) e baixe também [o script de instalação](#). Mova ambos arquivos para a pasta "home" do computador. Essa pasta pode ser acessada no menu lateral do gerenciador de arquivos. Abra o terminal na pasta "home" e execute:

```
bash Build-Ubuntu-MOD.sh
```

Se tudo deu certo, pode apagar o arquivo Build-Ubuntu-MOD.sh. Em seguida, rode:

```
cd ~/src  
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Kinect/Kinect-3.10.tar.gz  
tar -xfz Kinect-3.10.tar.gz  
cd Kinect-3.10  
make  
sudo make install  
sudo make installudevrules
```

A instalação da caixa de areia está pronta. Teste rodando:

```
cd ~/src/SARndbox-2.8  
RawKinectViewer -compress 0
```

## 4 Uso

### 4.1 Introdução

A caixa de areia é majoritariamente manuseada por meio do terminal. Apesar de ser intimidador, ele é bem simples de ser usado. Será necessário executar alguns comandos para configurar e iniciar o software da caixa de areia.

### 4.2 Calibrar a caixa

Quando a caixa é montada, é necessário calibrar a distância do Kinect e da caixa. Essa etapa só precisa ser feita uma vez depois de montar a caixa, mas é necessário recalibrar toda vez que a caixa for desmontada, ou quando o Kinect for movido em relação à caixa.

Abra o terminal do Linux, pelo menu de aplicativos ou apertando "CTRL + ALT + T" no teclado. Então, execute os seguintes comandos:

```
cd ~/src/SARndbox-2.8  
RawKinectViewer -compress 0
```

Será aberto uma janela com dois vídeos: O vídeo da câmera de profundidade (azul e preto) e o vídeo da câmera RGB (colorido). Será usado apenas o lado da câmera de profundidade. Você pode se movimentar pelo vídeo segurando a tecla "Z" e arrastando o mouse, também é possível se aproximar/afastar usando a roda do mouse.

Vamos precisar pegar duas informações: o vetor do plano espacial e as medidas 3D da caixa. Para extrair o vetor do plano, precisamos segurar qualquer botão do teclado (normalmente o botão 1) e escolher "Extract planes". Então, segure 1 num canto da caixa e arraste o mouse até o canto oposto, então solte o botão 1. O vetor irá aparecer no terminal que foi executado o RawKinectViewer. Ele é algo parecido com:

```
Camera-space plane equation: x * <vetor> = <número>
```

Copie essa linha e mude o texto para ficar parecido com:

```
<vetor>, <número>
```

Antes de prosseguir, vamos salvar isso num documento em específico. Abra outro terminal e execute:

```
cd ~/src/SARndbox-2.8  
xed etc/SARndbox-2.8/BoxLayout.txt &
```

Coloque a linha adquirida anteriormente no documento (Se tiver algo nele, apague tudo). Agora, vamos extrair as medidas 3D da caixa. Volte ao vídeo de profundidade e segure qualquer botão do teclado (normalmente o botão 2), escolha "Measure 3D positions". Clique em cada canto da caixa na seguinte ordem: inferior esquerdo, inferior direito, superior esquerdo, superior direito (como se fosse um Z invertido).

Volte ao terminal e copie os quatro vetores que apareceram no terminal, cole naquele mesmo documento usado anteriormente. Salve o documento e feche ele e o RawKinectViewer.

Lembre-se: Só é preciso calibrar uma vez. Contudo, se a caixa for desmontada, é necessário recalibrar.

### 4.3 Executar o programa

Com a caixa calibrada, ela está pronta para ser usada! Para iniciar o programa, abra o terminal pelo menu de aplicativos ou apertando a combinação Ctrl + Alt + T. Então digite

```
./~/src/SARndbox-2.8/bin/SARndbox
```

#### 4.3.1 Argumentos

O programa ainda aceita argumentos! Os argumentos são instruções adicionais para o programa, que modificam algum detalhe do seu funcionamento. Segue o comando com argumentos que usamos normalmente:

```
./~/src/SARndbox-2.8/bin/SARndbox -uhm -fpv -wo 1.0 -ws 1.0 5 -wts 320 240 -rs 1.5
```

Segue uma lista sucinta dos principais argumentos:

Argumento	Descrição	Padrão
-c (índice da câmera)	Seleciona a câmera do índice dado	0
-s (fator de escala)	Escala o fator da caixa real para o terreno simulado	100.0 (1cm:100cm)
-er (mínimo) (máximo)	Define o alcance das elevações de superfícies válidas de areia relativo ao plano de chão em centímetros	Alcance de elevação
-wts (largura) (altura)	Define a largura e altura da grade de simulação da água	640 480
-ws (velocidade) (passo)	Define a velocidade relativa da simulação da água e o máximo de passos por quadros	1.0 30
-rer (mínimo) (máximo)	Alcance do nível da nuvem de chuva relativa ao chão em centímetros	Acima do alcance de elevação
-rs (froça da chuva)	Define a força da chuva em cm/s	0.25
-evr	Taxa de evaporação da água em cm/s	0.0
-uhs / -nhs	Liga / Desliga o sombreamento de morro	
-us / -ns	Liga / Desliga sombras	
-ucl / -ncl	Liga / Desliga contorno de linhas topográficas	
-ucl (espaçamento)	Liga o contorno das linhas topográficas e define a distância da elevação entre os contornos em centímetros	0.75
-rws	Renderiza a superfície da água como uma superfície geométrica	
-rwt	Renderiza a superfície da água como uma textura	
-wo (opacidade)	Define a profundidade em que a água aparece opaca	2.0
-h	Imprime a mensagem de ajuda e outros argumentos avançados (inglês)	