

## Aula – Computação Gráfica

---

### Visualização

#### História e Visão Geral das Projeções

Slides para uso pessoal e exclusivo durante o período de aula. Distribuição ou qualquer uso fora do escopo da disciplina é expressamente proibido.

1

1

#### Visão Geral

---

- História da projeção na arte
- Construções geométricas
- Tipos de projeções
  - Paralela
  - Perspectiva

2

2

#### Desenhando Como Projeção (3D para 2D)

---

- Pintura baseada em contos da mitologia
- Projeção através do uso de sombras



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jean\\_Perrier\\_-\\_The\\_Origin\\_of\\_Perspective\\_-\\_MET\\_DP831923.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jean_Perrier_-_The_Origin_of_Perspective_-_MET_DP831923.jpg)  
CC0

3

## Formas Primitivas de Projeção

- Visão da planta (paralela, especificamente ortográfica) da Mesopotâmia (2150 AC)
  - Mais antigo desenho técnico conhecido
- Vaso grego do século 6 AC
  - Mostra sinais de tentativas de perspectiva
  - Note o tamanho relativo da coisas



© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery



ArcheOptix  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kleophrades Painter\\_ARD\\_187\\_67\\_T1\\_herakles\\_and\\_the\\_minotaur\\_-\\_Thesius\\_and\\_Prokustes\\_-\\_011.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kleophrades Painter_ARD_187_67_T1_herakles_and_the_minotaur_-_Thesius_and_Prokustes_-_011.jpg)  
CC BY-SA 4.0

4

4

## Formas Primitivas de Projeção

- Arte egípcia
  - Múltiplos pontos de vista
  - Projeção paralela
- Note que a posição do corpo implica em
  - Visão frontal
- Mas os pés e a cabeça implicam em
  - Visão lateral



Solomon Wills  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tutankhamun\\_embraces\\_Osiris.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tutankhamun_embraces_Osiris.jpg)  
Public Domain

5

5

## A Renascença

- Começando no século 13 DC
- Nova ênfase de importância em
  - Um ponto de vista
  - Interpretação do mundo
  - Poder de observação (da natureza)
- Masaccio, Donatello, DaVinci, Newton
- Universo visto como
  - Máquina de um relógio



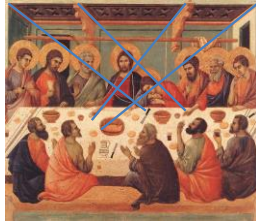
Leonardo da Vinci  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Da\\_Vinci\\_Vitruve\\_Luc\\_Viatour.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour.jpg)  
Public Domain

6

6

## Tentativas Primitivas de Projeção

- Na arte
  - Tentativas de representar o espaço 3D mais precisamente
- Invoca senso de 3D
  - Mas não sistematicamente
    - Perceba que linhas convergem
    - Mas não para um único ponto



Duccio di Buoninsegna, between 1308 and 1311  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Duccio\\_di\\_Buoninsegna\\_-\\_Last\\_Supper\\_-\\_WGA06786.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Duccio_di_Buoninsegna_-_Last_Supper_-_WGA06786.jpg)  
 Public Domain

7

7

## Brunelleschi and Vermeer

- Brunelleschi inventou um método sistemático para
  - Determinar projeção perspectiva (1400s)
- Criou painéis de visualização com restrições de visualização
  - Permitia reproduzir precisamente de um ponto de vista
  - Só funcionava de um ponto de vista
- Vermeer criou
  - A caixa de perspectiva
  - Quando vista do buraco de Visualização, tem a perspectiva correta

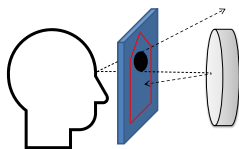


Pieter Janssens Elinga  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elinga-perspective-forculus.jpg>  
 Public Domain

8

## Brunelleschi's Method

- Brunelleschi usa esse método para verificar o realismo de suas pinturas
- Apesar do método não ter sido documentado, há evidências de que ele usava algo sistemático
- Serviu de inspiração para outros artistas



9

9

## James Burke: "Masters of Illusion"

- <http://www.youtube.com/watch?v=YU5khzhizNI>
- <http://www.youtube.com/watch?v=0jrqBJPhq4>



10

10

## Arte Perspectiva Forçada

- <http://www.youtube.com/watch?v=uzNV08NbpPI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=R1SQcXhqefs>



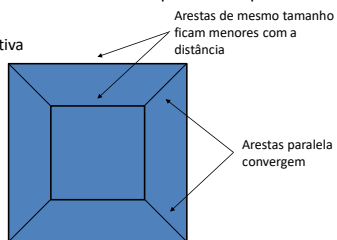
11

11

## Regras da Perspectiva Linear

- Linhas paralelas (em 1, 2 ou 3 eixos) convergem
  - Para um ponto de fuga (vanishing point)
- Objetos mais distantes são menores do que os mais perto
- Exemplo
  - Cubo em perspectiva

É uma grande dica de profundidade do objeto. Contudo, visão estéreo, paralaxe de movimento, sombras e sombreamentos também são.

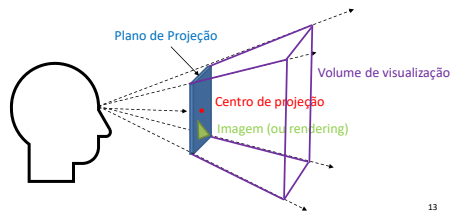


12

12

## Perspectiva Linear (Ponto de Vista)

- “A painting is the intersection of a visual pyramid at a given distance, with a fixed center and a defined position of light, represented by art with lines and colors on a given surface.” (Leon Battista Alberti (1404-1472), On Painting, pp. 32-33)

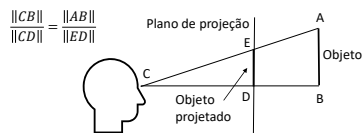


13

13

## Triângulos e Geometria

- Ideia de pirâmide visual implica no uso de
  - Geometria de triângulos
- Fácil de projetar um objeto em um plano baseado em:
  - Tamanho do objeto,  $\|AB\|$
  - Distância do olho para o objeto,  $\|CB\|$
  - Distância do olho para a figura,  $\|CD\|$
  - Relação:



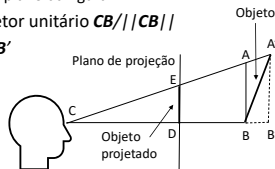
14

14

## Triângulos e Geometria

- Caso geral
  - O objeto não é paralelo ao plano da figura
- Use a projeção de  $CA'$  no vetor unitário  $CB/\|CB\|$ 
  - Para determinar o vetor  $CB'$
- Relação:

$$\frac{\|CB'\|}{\|CD\|} = \frac{\|A'B'\|}{\|ED\|}$$



Então, se  $U$  é um vetor unitário na direção  $CB$  (i.e.  $U = CB/\|CB\|$ ), temos:

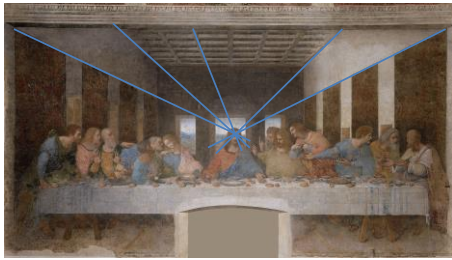
$$CB' = \|CB'\| * U = (CA' * U) * U$$

15

O produto escalar,  $\cdot$ , de um vetor  $a$  com um vetor unitário  $b$  é a projeção de  $a$  em  $b$

15

## Arte Perspectiva



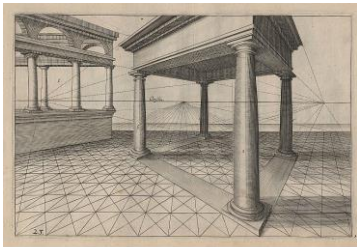
Leonardo da Vinci, from 1495 until 1498  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%AAltima\\_Cena\\_-\\_Da\\_Vinci\\_6.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%AAltima_Cena_-_Da_Vinci_6.jpg)  
 Public Domain

16

16

## Arte Perspectiva

Hans Vredeman de Vries, 1605  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fotothek\\_dfl\\_1a\\_0007075\\_Architektur\\_-\\_%5E\\_Geometrie\\_%5E\\_Perspektive\\_%5E\\_S%5C%3%A4ule.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fotothek_dfl_1a_0007075_Architektur_-_%5E_Geometrie_%5E_Perspektive_%5E_S%5C%3%A4ule.jpg)  
 Public Domain



Quelle: Dieckhoff/Pöhlke

Dois pontos de fuga

17

17

## Tipos de Projeções

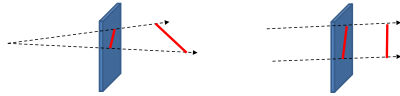
- Métodos diferentes de projeção
  - Influenciam o observador de formas diferentes
- Exemplo
  - Objetos são mostrados de 2 formas diferentes
  - Enfatizam características diferentes

18

18

## Tipos de Projeções (Principais Classes)

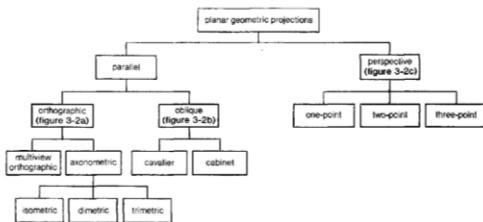
- **Perspectiva**
  - Determinada por centro de projeção (“olho”)
  - Usado para simular os nossos olhos e câmeras
- **Paralela**
  - Determinada pela direção de projeção
  - Não converge para o centro de projeção (“olho”)
  - Usado em desenhos técnicos e para medidas



19

19

## Tipos de Projeções



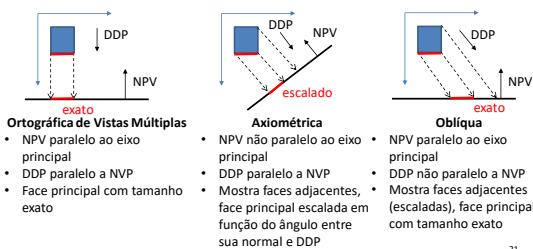
Figuras:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

20

20

## • Projeções Paralelas

- DDP = Direção de projeção
- NPV = Normal do Plano de Visualização

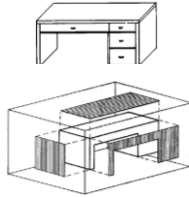


21

21

## Projeções Paralelas (Ortográfica de Múltiplas Vistas)

- Usada para
  - Engenharia
  - Arquitetura
- Prós
  - Medidas precisas são possíveis
  - As visões estão em uma mesma escala
- Contras
  - Não prove visão realística ou senso 3D
  - Geralmente precisa de visões múltiplas



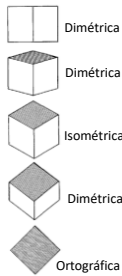
Figuras:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

22

22

## Projeções Paralelas (Axiométrica)

- Parecida com a anterior
  - Porém, o plano de projeção não é paralelo aos planos do objeto
- Isométrica
  - Ângulos entre os 3 eixos principais são iguais,  $120^\circ$
  - Mesma escala aplicada a todos os eixos
- Dimétrica
  - Ângulos entre 2 dos eixos principais são iguais
  - Precisa de 2 fatores de escala
- Trimétrica
  - Ângulos entre 3 dos eixos principais são diferentes
  - Precisa de 3 fatores de escala

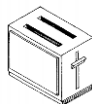
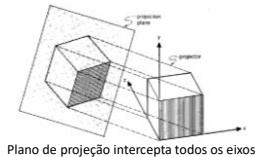


Figuras:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

23

## Projeções Paralelas (Axiométrica - Isométrica)

- Usada para
  - Ilustração de catálogos
  - Patentes
  - Desenho de móveis
  - Modelagem 3D em tempo real
    - Autocad, Maya, etc.
- Prós
  - Não precisa de visões múltiplas
  - Ilustra natureza 3D do objeto
  - Medidas relativas podem ser feitas
- Contras
  - Aparência distorcida
  - Uso difícil com objetos curvilíneos



Figuras:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

24



## Projeções Paralelas (Axiométrica)

- Bastante usada em vídeo games
  - Desde muitos anos
- Ainda é usada hoje em dia
  - Quando se deseja visualizar objetos distantes e próximos ao mesmo tempo
- Apesar de muitos jogos usarem perspectiva axiométrica
  - Eles são chamados de isométrica
  - Ou, inapropriadamente, de "2.5D"



25

25

## Projeções Paralelas (Oblíqua)

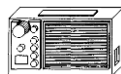
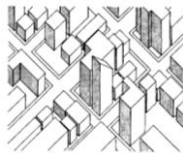
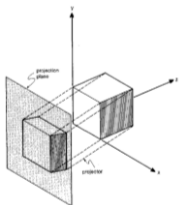
- Projeta em um ângulo oblíquo para o plano de projeção
  - Câmeras conseguem ajustar o plano de projeção
- Prós
  - Consegue representar a forma exata de uma face do objeto
  - Permite fazer medidas precisas nessa face
  - Comparação de tamanhos facilitada
    - Não sofre efeito da perspectiva
  - Ilustra natureza 3D do objeto
- Contras
  - Objetos podem parecer distorcidos
    - Círculos podem parecer elipses
  - Aparência não realística



26

26

## Projeções Paralelas (Oblíqua)



Figuras:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

27

27

## Projeções Paralelas (Oblíqua)

- Regras para posicionamento do plano de projeção

- Paralelo a superfície mais irregular ou circular
- Paralelo a face principal mais longa
- Paralela à face de interesse



Plano de projeção  
paralelo a face circular



Plano de projeção não  
paralelo a face circular



Figuras:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

28

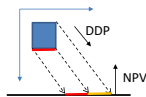
28

## Projeções Paralelas (Oblíqua)

- Principais tipos

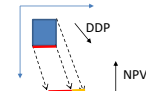
- Cavaleira

- Ângulo entre a direção de projeção e o plano de projeção de  $45^\circ$
- Faces perpendiculares projetadas em escala completa



- Gabinete

- Ângulo entre a direção de projeção e o plano de projeção de  $\tan^{-1}(2)$
- Faces perpendiculares projetadas em escala de 50%

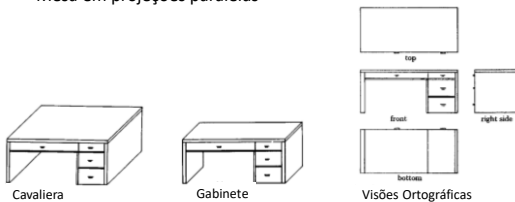


29

29

## Projeções Paralelas

- Mesa em projeções paralelas



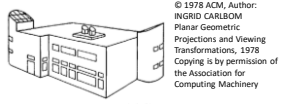
Figuras:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

30

30

## Projeções Perspectiva

- Usada para
  - Artes realísticas
  - Sistema visual humano
- Prós
  - Passa uma visão realística do objeto
  - Sentimento 3D do objeto
- Contras
  - Não preserva a forma do objeto
  - Exceto onde o objeto intercepta o plano de projeção
- Características
  - Linhas paralelas convergem no plano de projeção
  - Tamanho do objeto diminui com a distância



If we were viewing this scene using parallel projection, the tracks would not converge



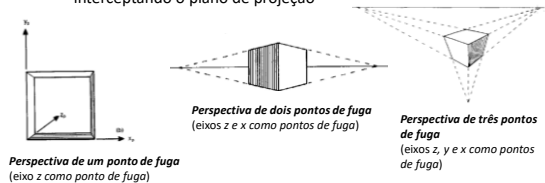
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Railroad-Tracks-Perspective.jpg>  
Public Domain

31

31

## Projeções Perspectiva (Pontos de Fuga)

- Linhas estendendo das arestas convergem para um ponto de fuga
- Para objetos perpendiculares (ex. cubo)
  - Número de pontos de fuga é igual ao número de eixos interceptando o plano de projeção



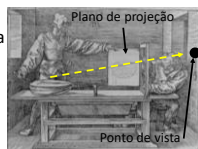
Figures:  
© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

32

32

## Projeções Perspectiva (Ponto de Vista)

- Arte emprega pontos de fuga
- Computação gráfica usa pontos de vista (view point)
  - Ponto de vista é a localização da sua câmera virtual
- Raios de luz refletindo do objeto convergem para o ponto de vista
- Linhas formadas pelo caminho da luz interceptam o plano de projeção
  - Princípio usado pelo ray tracing



© 1978 ACM, Author: INGRID CARLBOM  
Planar Geometric Projections and Viewing Transformations, 1978  
Copying is by permission of the Association for Computing Machinery

33

33

## Projeções Perspectiva

### Ponto de Vista e Ponto de Fuga

- Vimos duas formas de pensar em perspectiva
  - Pontos de fuga
    - Causando a redução de objetos devido a convergência
  - Ponto de vista
    - Interseção do raio de luz refletido com o plano de projeção

34

34

## Projeções Perspectiva

### Ponto de Vista e Ponto de Fuga

- Combinação dos dois

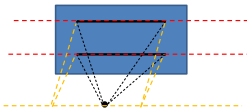
35

35

## Projeções Perspectiva

### Ponto de Vista e Ponto de Fuga

- Projete linhas paralelas AB e CD no plano xy
- Projeções de AB e CD para o centro de projeção ("olho")
  - Definem dois planos que se encontram em uma linha
- No exemplo abaixo
  - Essa linha não encosta no plano, pois ela é paralela a ele
  - Portanto, não gera ponto de fuga (está no infinito)



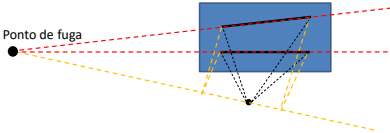
36

36

Projeções Perspectiva

Ponto de Vista e Ponto de Fuga

- Se os pontos A e C estão mais afastados do “olho”
  - E portanto do plano de projeção
  - A' e C' estarão mais próximos
    - Portanto, A'B e C'B não serão paralelas
- A linha formada pela interseção dos planos dessas duas retas
  - Interceptará o plano de projeção no ponto de fuga



37

37

---

---

---

---

---

---

---

Perguntas ?????

38

38

---

---

---

---

---

---

---