

PTR 5003

SISTEMAS DE



PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

1

Projeção Cartográfica e Mapas

Projeção Cartográfica é a técnica de projetar a superfície da Terra, admitida como esférica ou elipsóidica, em um plano. A projeção cartográfica é definida por um **Modelo da Superfície Terrestre** e pelo **plano de projeção**.

Mapas são representações totais ou parciais da superfície terrestre em um plano, em uma **determinada escala**.

Planta Topográfica é uma representação plana de uma porção da superfície da Terra, pequena o bastante para se desconsiderar distorções devido à curvatura terrestre.

Deformações das projeções Cartográficas

O problema da cartografia consiste na tentativa de representar a superfície terrestre, modelada como esfera ou elipsóide, no plano. Esses modelos são superfícies *não-desenvolvíveis*, ou seja, não é possível sua perfeita planificação.

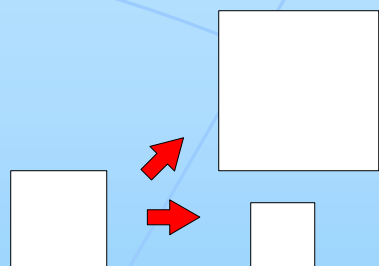
Portanto, qualquer sistema projetivo apresenta **distorções de formas, de áreas, de ângulos ou de distâncias**. O tipo de projeção adotado em um mapa deve ser aquele que melhor conservar propriedades de interesse do usuário.



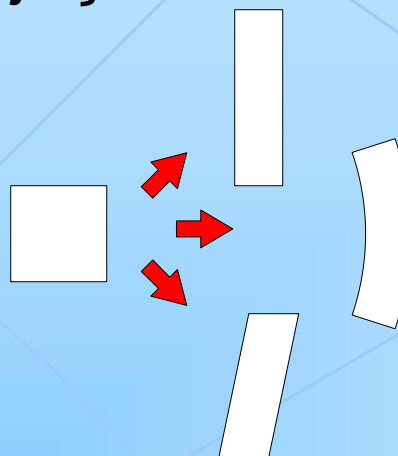
O Globo Terrestre é uma representação tridimensional da superfície da Terra, livre de deformações.

Deformações

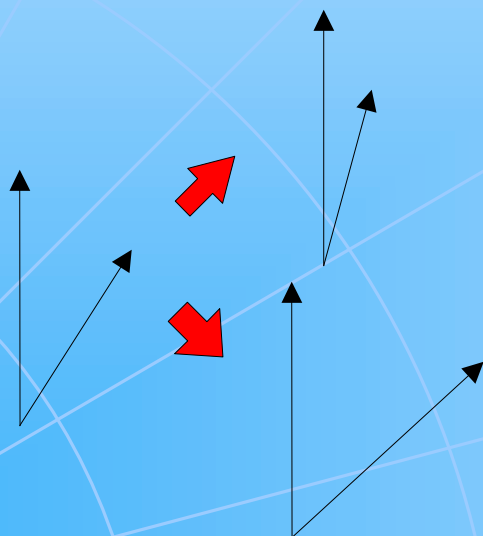
Deformações das projeções Cartográficas



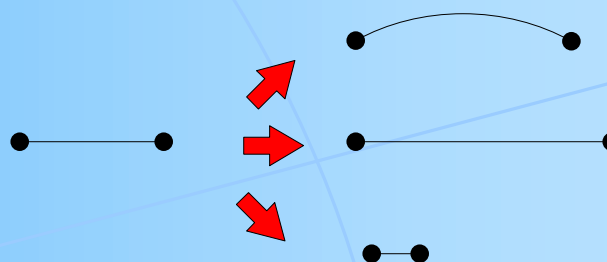
Deformação de área



Deformação de forma



Distorção angular



Deformação de distâncias

Deformações das projeções Cartográficas

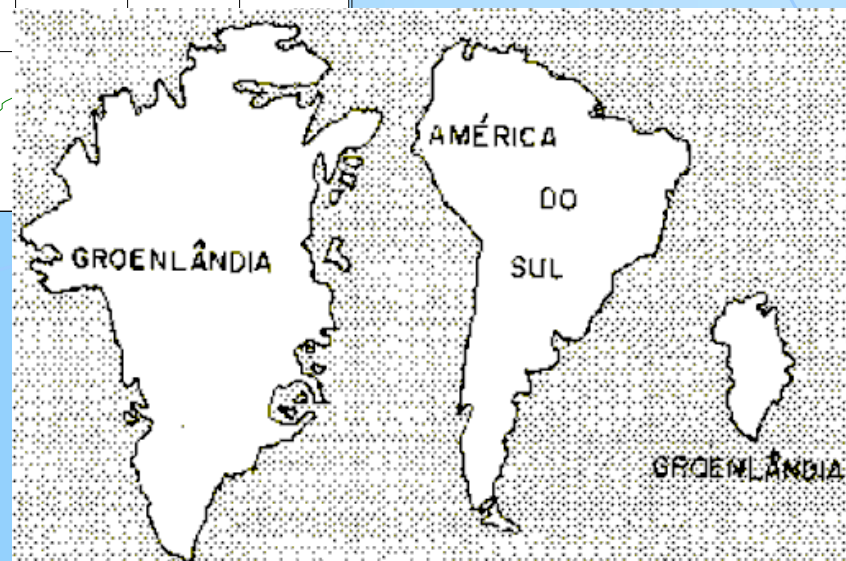
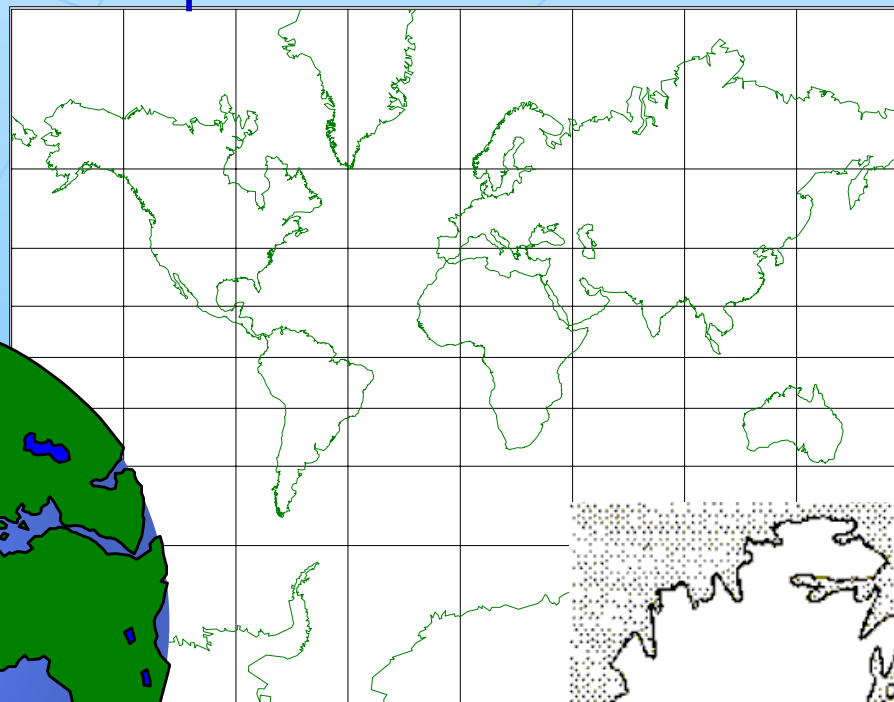
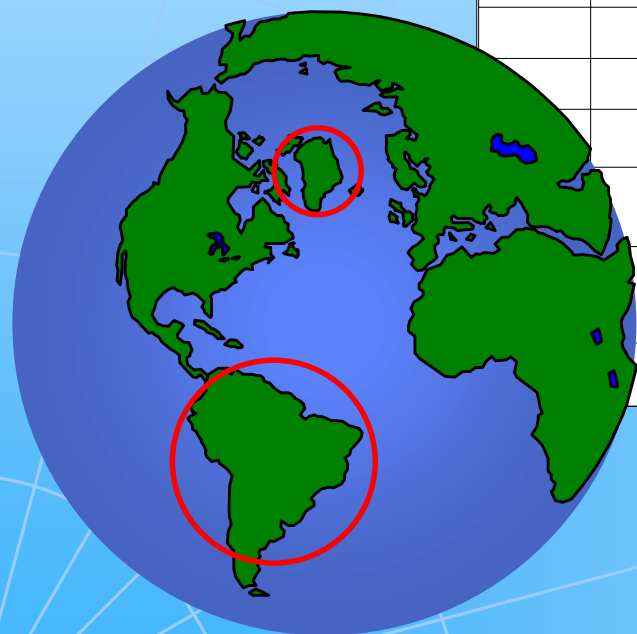
- **Eqüidistante**
 - Sem deformações lineares em uma ou algumas direções
- **Equivalente (eqüiárea)**
 - Sem deformações de área (dentro de certos limites)
- **Conforme (ortomórfica)**
 - Sem deformações de ângulos (dentro de certos limites)
- **Afilática**
 - Não conserva propriedades, mas minimiza as deformações em conjunto

Deformações

Deformações das projeções Cartográficas

Exemplo

Equatorial de Mercator



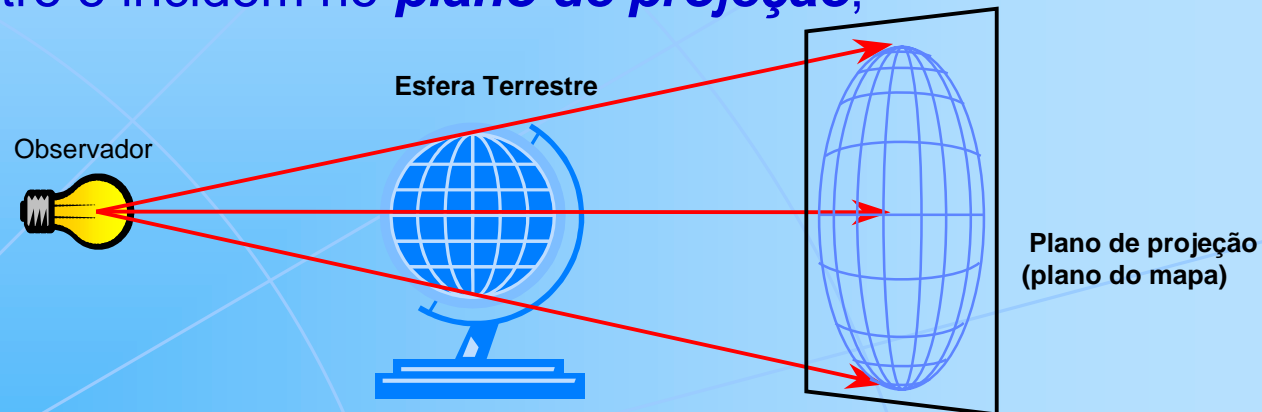
Método Construtivo

Classificação das Projeções: Quanto ao Método construtivo

- Geométrica

Baseia-se em princípios geométricos projetivos, a saber:

- Perspectiva: definida por um **Ponto de Vista (observador)** e por **Raios Visuais** que atravessam a superfície da esfera terrestre e incidem no **plano de projeção**;



- Pseudo-perspectiva: recorre-se a artifícios geométricos de modo a obter-se alguma propriedade interessante.

Método Construtivo

Classificação das Projeções: Quanto ao Método construtivo

● Analítica

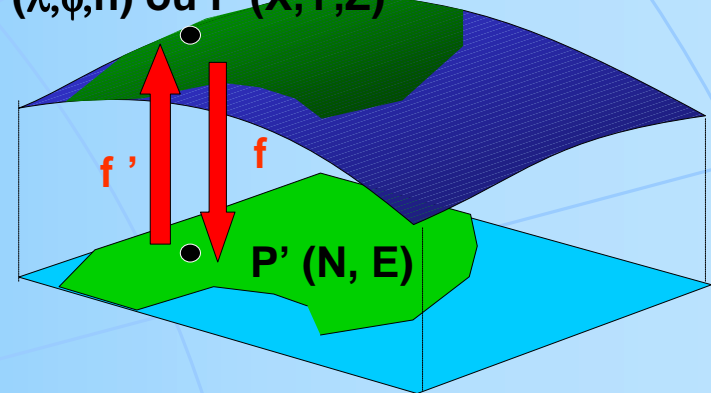
Baseada em leis de correspondência matemática provenientes de condições previamente estabelecidas. Não possui ponto de vista no significado geométrico. São classificadas em:

- Simples (regulares)
- Modificadas (irregulares)

● Convencional

Baseada em princípios projetivos por convenção, para deduzir uma expressão matemática.

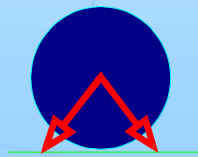
$P (\lambda, \phi, h)$ ou $P (X, Y, Z)$



Designação das Projeções

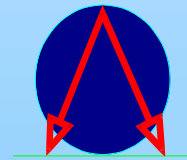
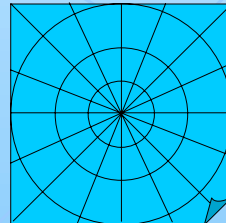
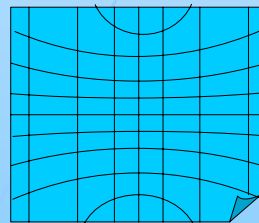
- Natureza da superfície de projeção (*plana, cônica, cilíndrica*)
- Posição do eixo (ou ponto) em relação à linha dos pólos (*polar, normal, transversa*)
- Propriedade que conserva, se for **analítica** (*conforme, eqüidistante, equiárea*)
- Posição do ponto de vista, se for **geométrica** (*gnômica, estereográfica, cenográfica e ortográfica*)

Projeções Geométricas: Posição do Observador



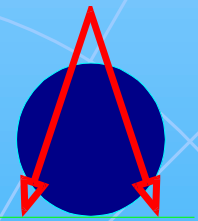
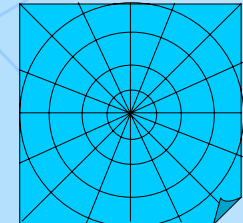
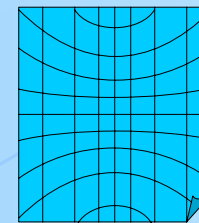
- Gnômica

(PV no centro da Terra)



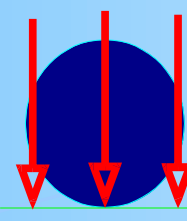
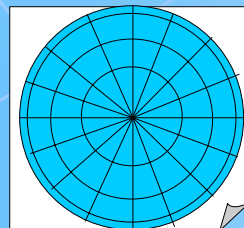
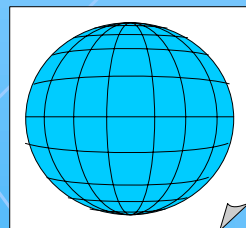
- Estereográfica

(PV diametralmente oposto)

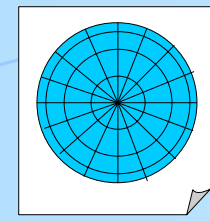
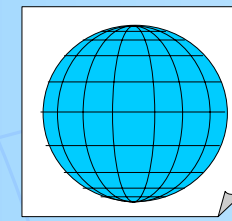


- Cenográfica

(PV a uma distância qualquer)



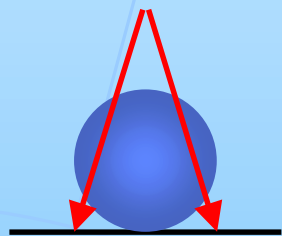
- Ortográfica
(PV no infinito)



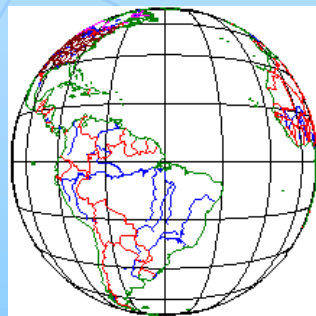
Método Construtivo

Projeções Geométricas – Posição do Observador

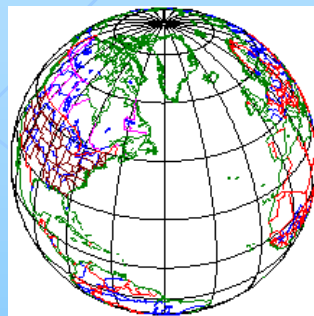
Exemplo: Esfera terrestre vista “de fora”



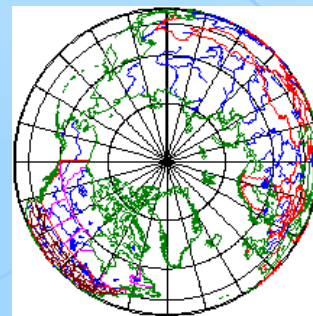
● Cenográfica



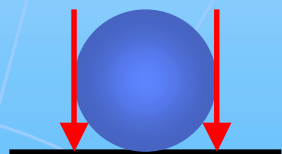
0°



45° N



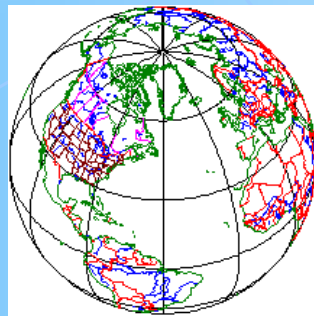
90° N



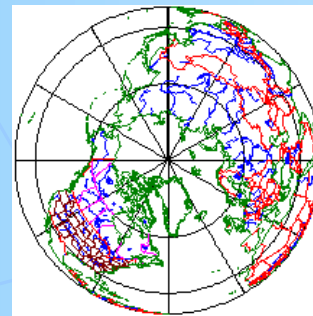
● Ortográfica



0°



45° N



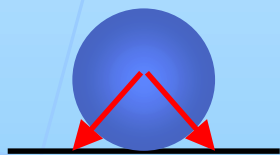
90° N

É possível distinguir as projeções ortográficas e cenográficas observando um globo terrestre. Quanto maior a distância, mais a vista cenográfica se aproxima da ortográfica.

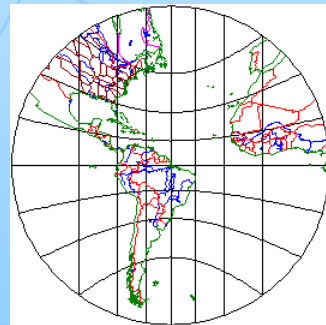
Método Construtivo

Projeções Geométricas – Posição do Observador

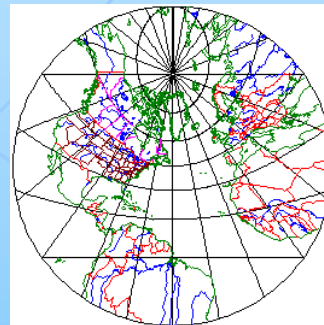
Exemplo: Esfera terrestre vista “de dentro”



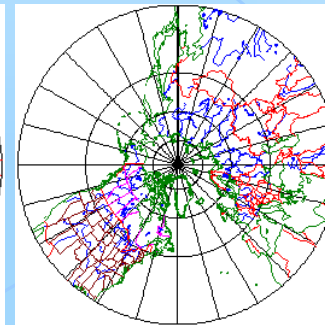
- Gnômica



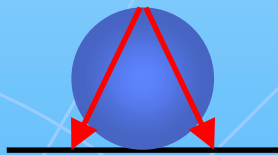
0°



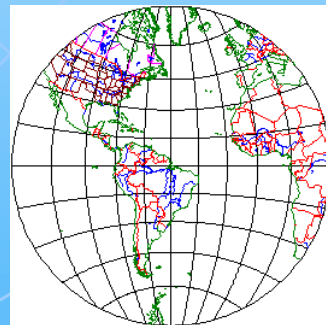
45° N



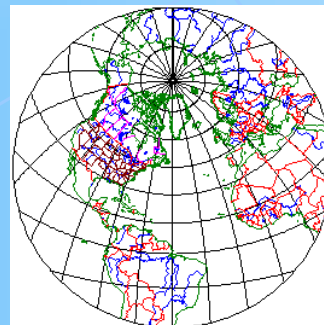
90° N



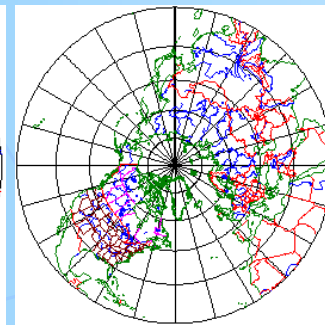
- Estereográfica



0°



45° N



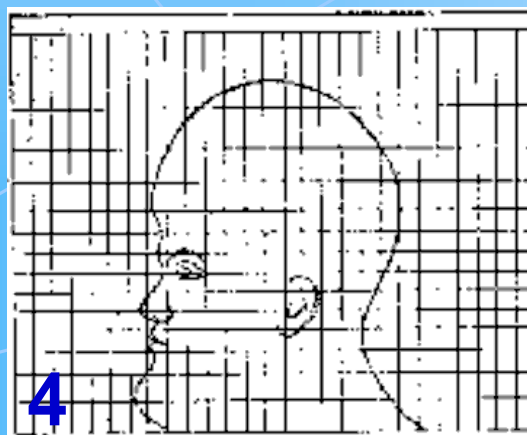
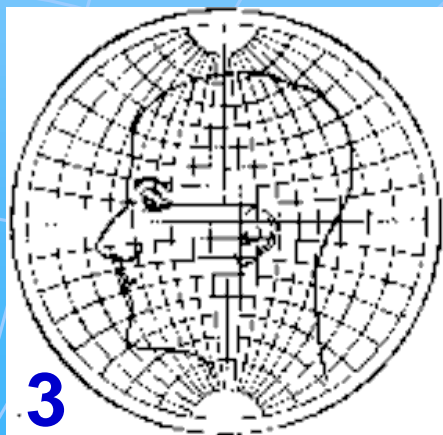
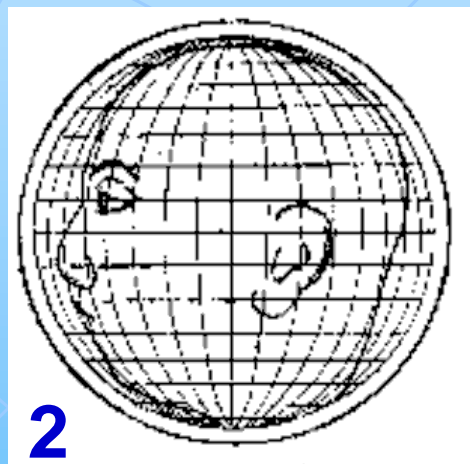
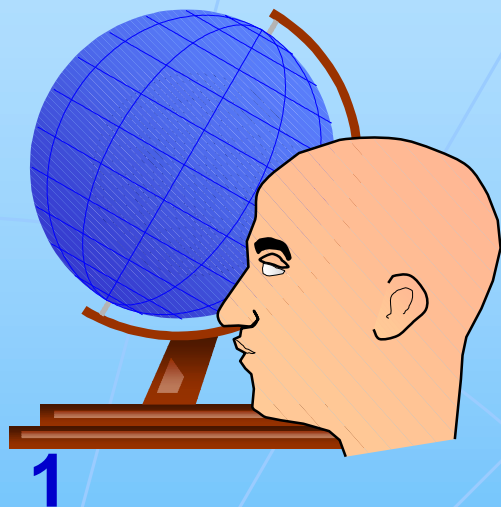
90° N

Para compreender as formas assumidas por estas projeções, imagine-se no interior de um globo terrestre transparente, observando os traçados na superfície.

Deformações

Deformações das Projeções Geométricas

Exemplos



1 – Forma original sobre a superfície do globo

2 – Projeção Plana Ortográfica: formas alargadas no equador, convergindo para os pólos

3 – Projeção Plana Estereográfica: formas convergem para os pólos

4 – Projeção Cilíndrica Equatorial: formas aumentam infinitamente com aumento da latitude

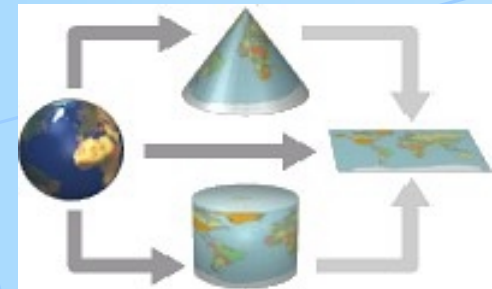
Classificação das Projeções: Superfície Adotada

Superfícies Planas ou Azimutais (zenitais)

- Plano tangente ou secante
- O nome azimutal deve-se a propriedade conforme, pois os azimutes se mantêm

Superfícies de Desenvolvimento

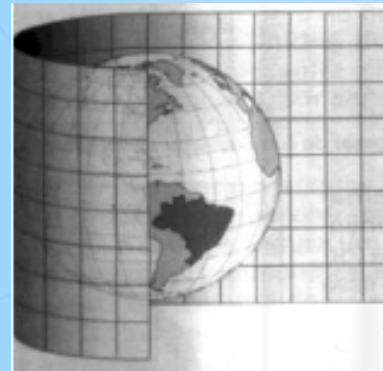
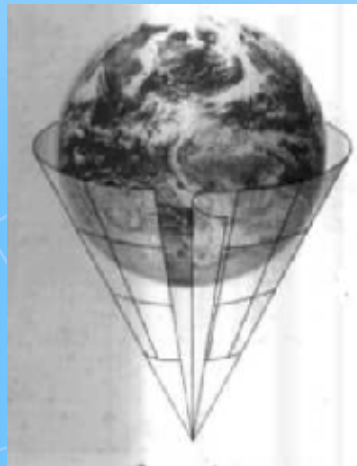
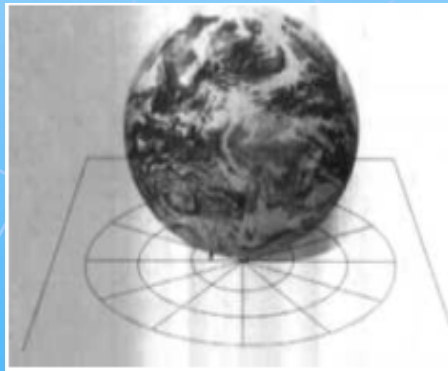
- Cônicas ou policônicas
- Cilíndricas
- Poliédricas (ver anexo 2)



Superfície Adotada

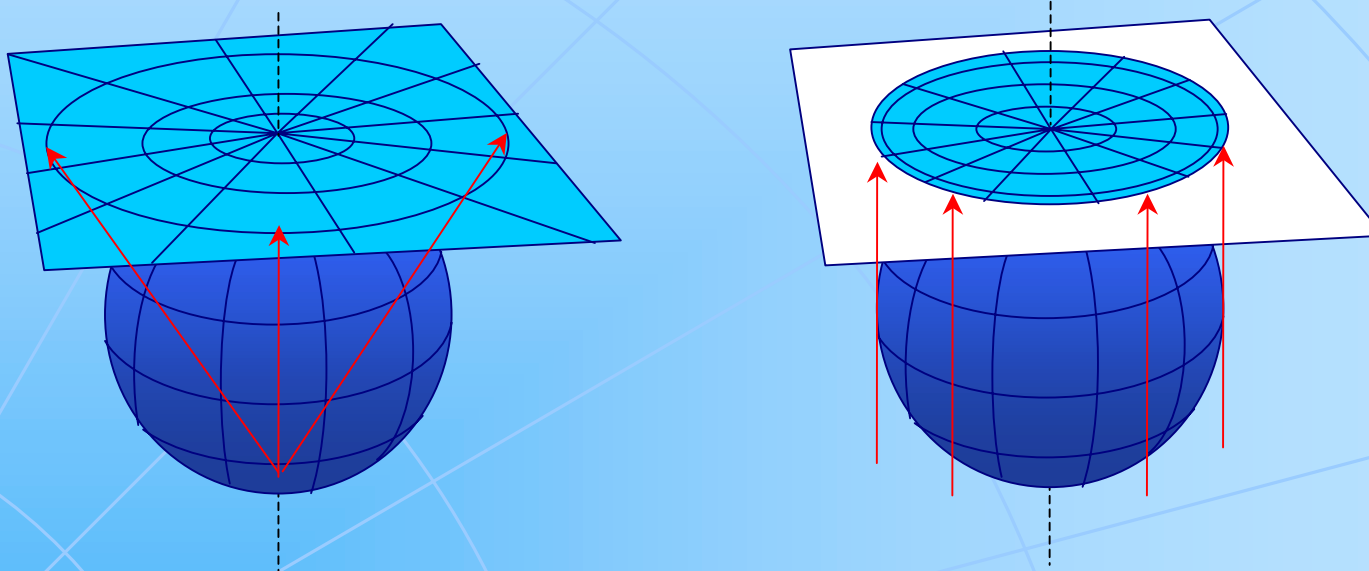
Projeções Geométricas: Superfície adotada

A maioria das projeções hoje utilizadas deriva de três tipos: planas (ou azimutais), cônicas e cilíndricas. Estas são as superfícies desenvolvíveis que melhor se adaptam à esfera.



Projeções Planas ou Azimutais

A *projeção azimutal* resulta da projeção da superfície terrestre sobre um plano a partir de um ponto de vista.

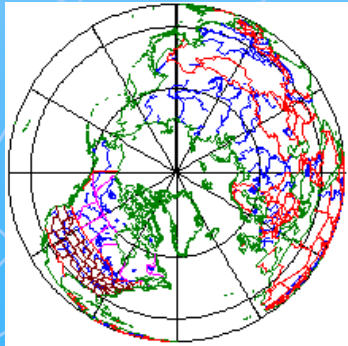
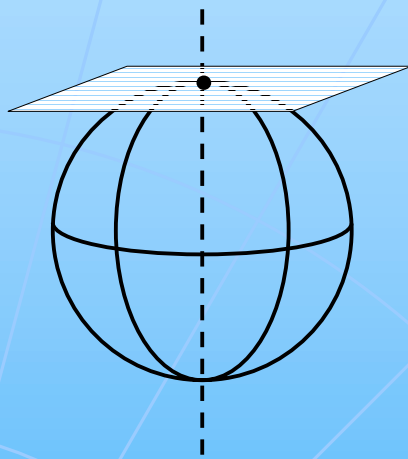


Sua principal propriedade é a conservação de azimutes. São utilizadas para a confecção de mapas náuticos e aeronáuticos.

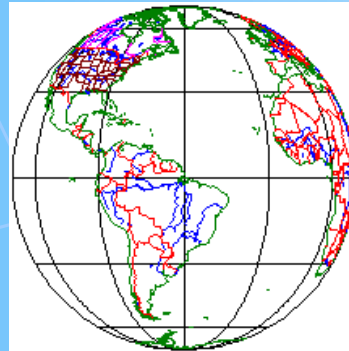
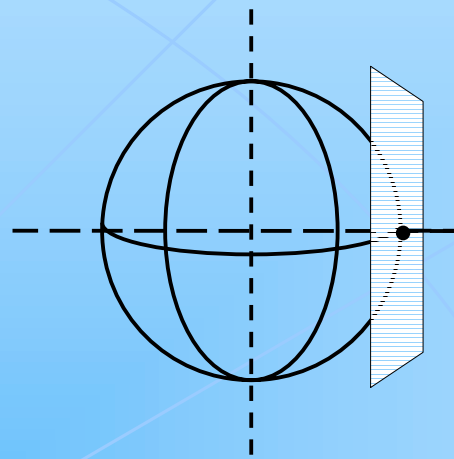
Projeção Plana

Projeções Planas ou Azimutais

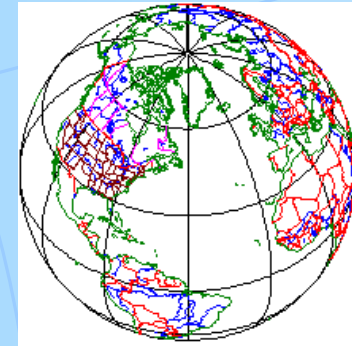
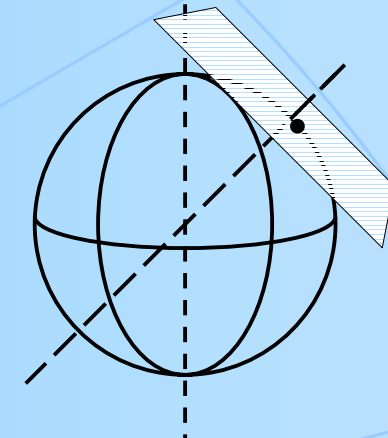
Polar



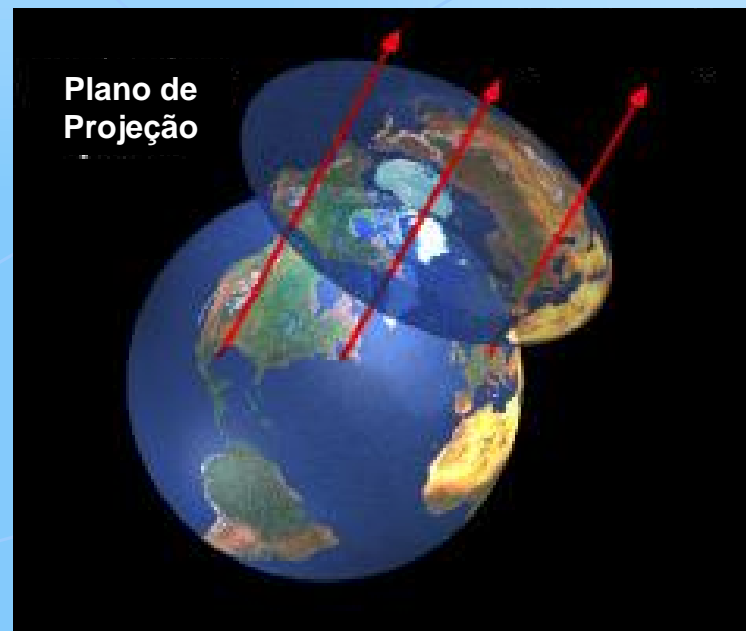
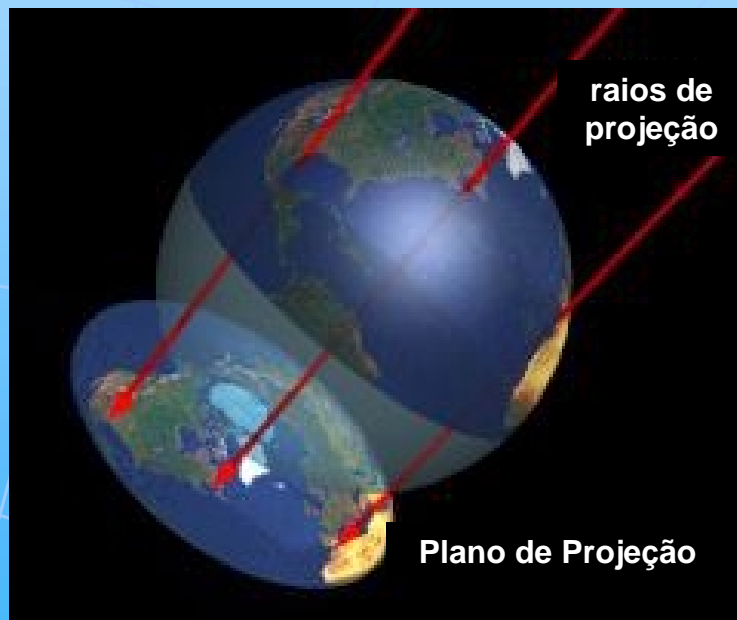
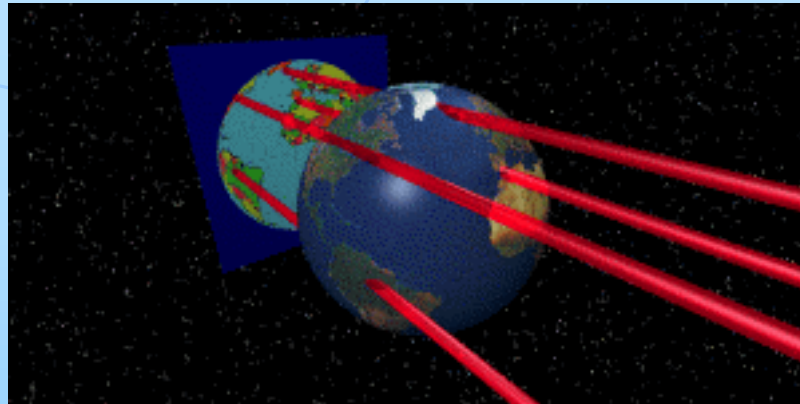
**Equatorial/
Meridional**



**Horizontal/
Oblíqua**

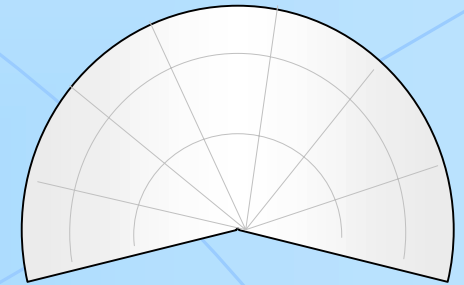
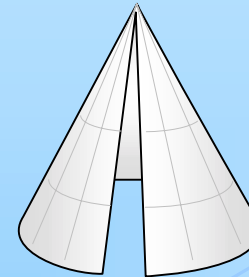
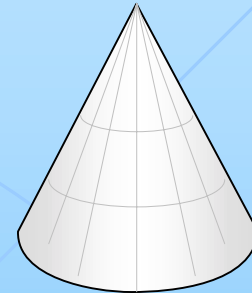
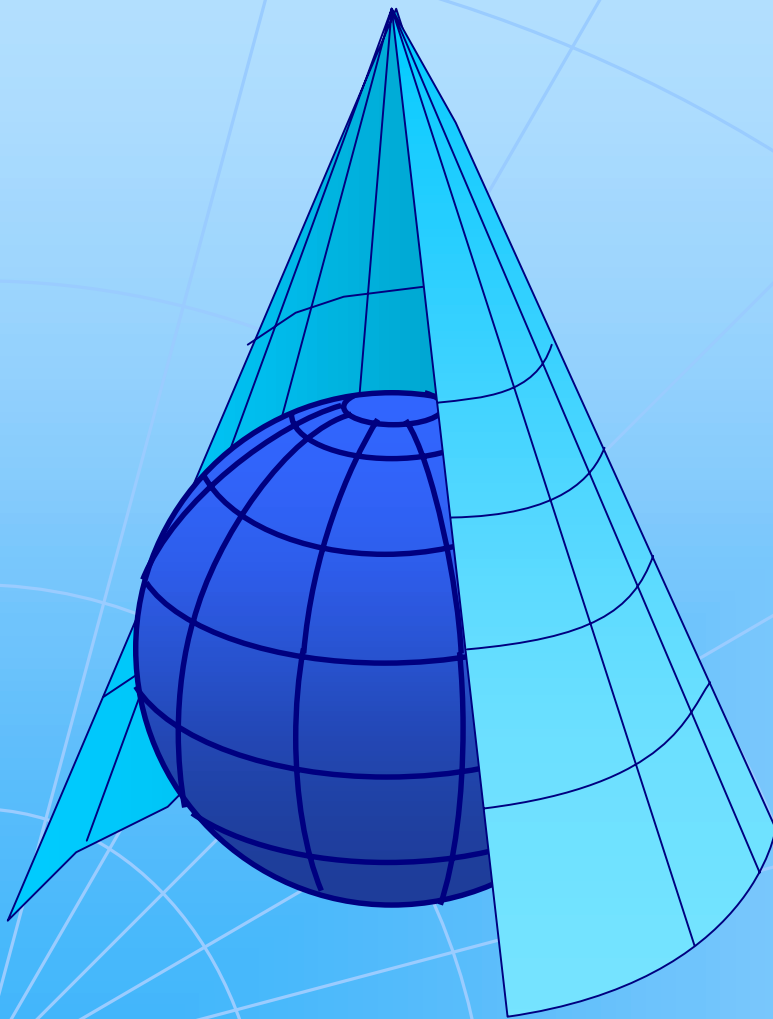


Projeção Plana



Projeções Planas Ortográficas
Fonte: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

Projeções Cônicas

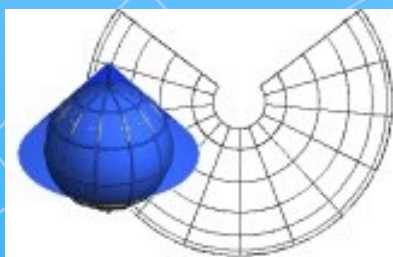
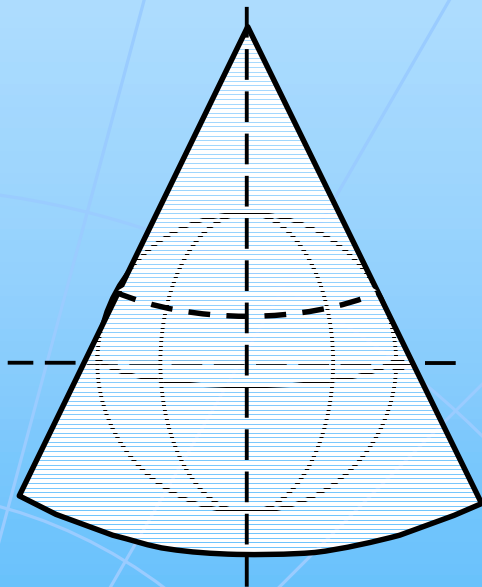


- Cone tangente ou secante (superfície planificável)
- Meridianos radiais
- Paralelos circulares

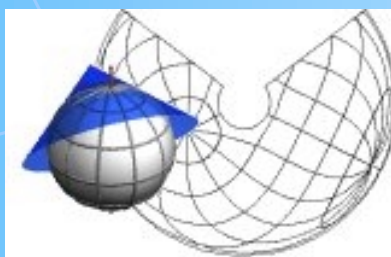
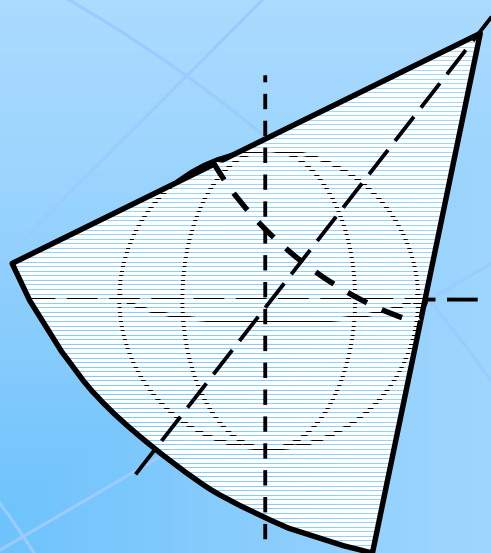


Projeções Cônicas

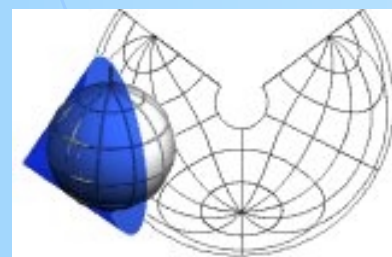
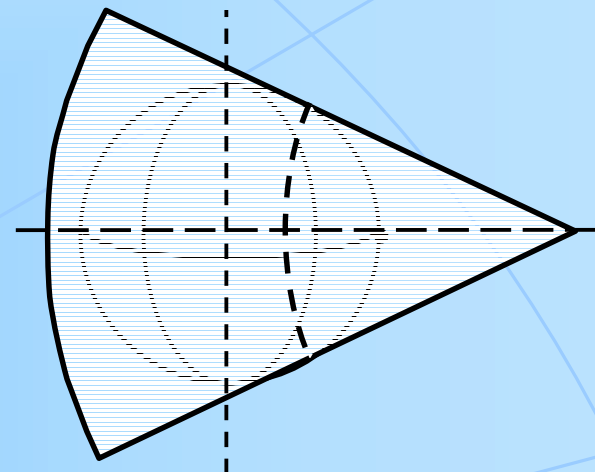
Normal/Polar



Horizontal



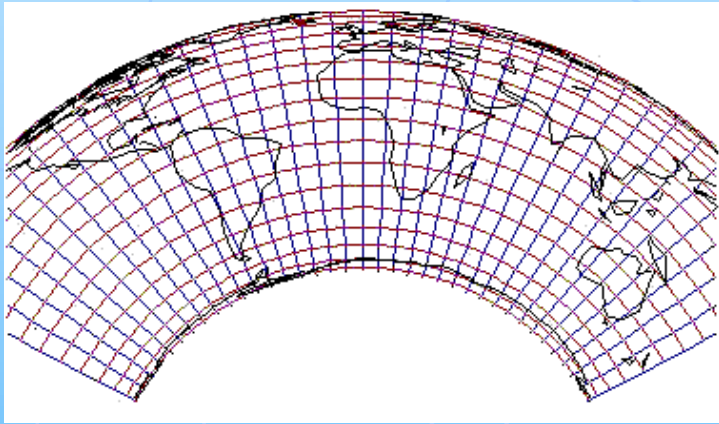
Transversa



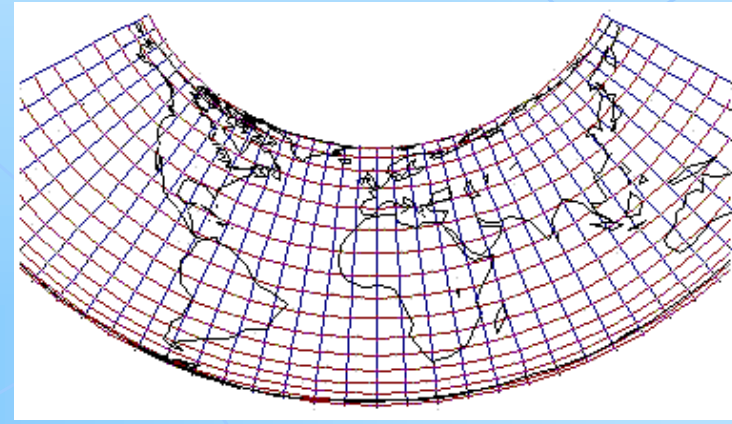
Projeção Cônica

Projeções Cônicas

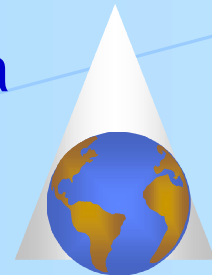
Exemplos:



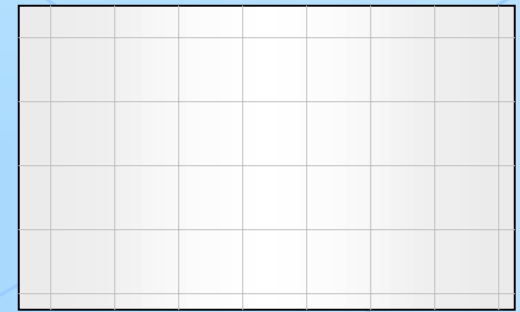
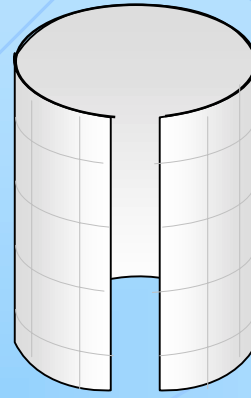
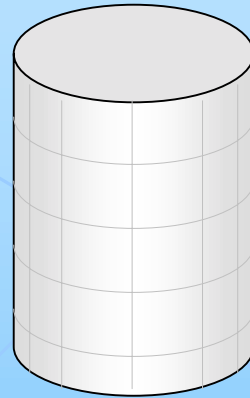
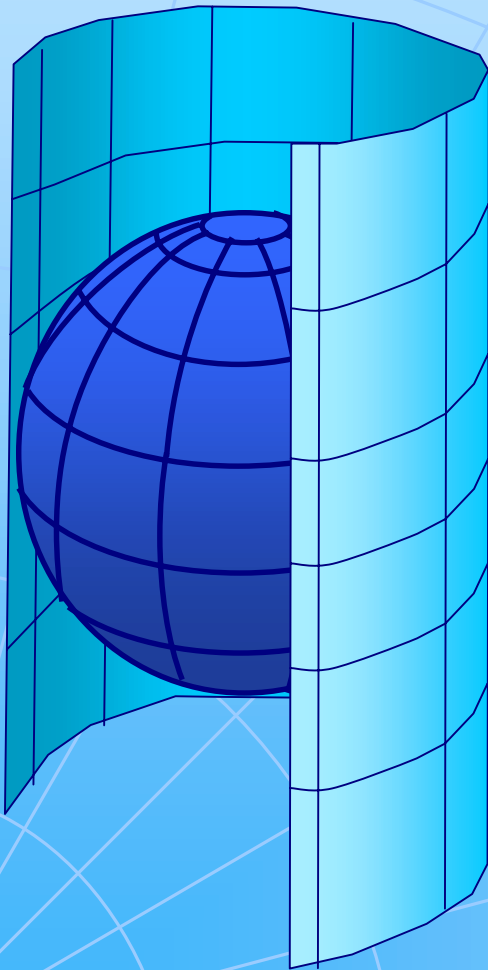
Projeção Cônica
Polar Sul



Projeção Cônica
Polar Norte



Projeções Cilíndricas

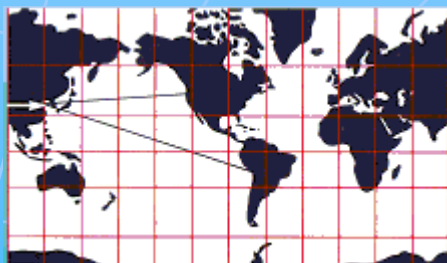
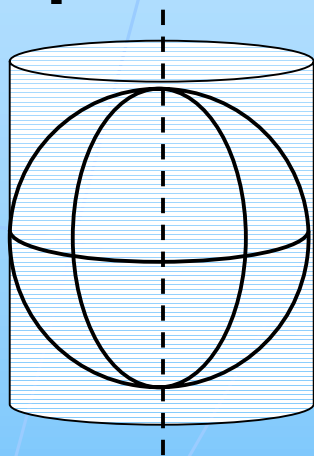


- cilindro envolvente (tangente ou secante);
- aumento progressivo das deformações à medida em que se afasta do círculo de contato cilindro-esfera/elipsóide;
- projeção mais utilizada em mapas-múndi.

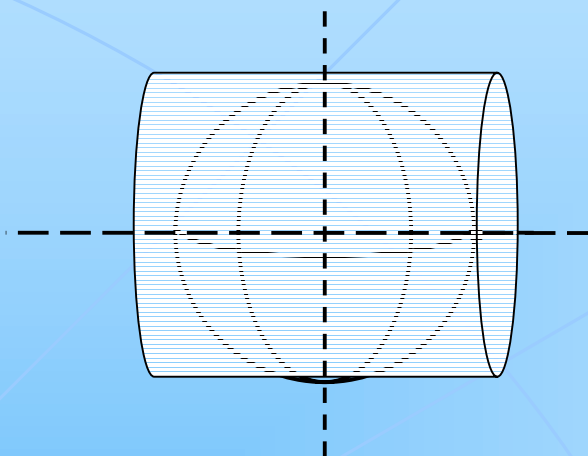
Projeção Cilíndrica

Projeções Cilíndricas

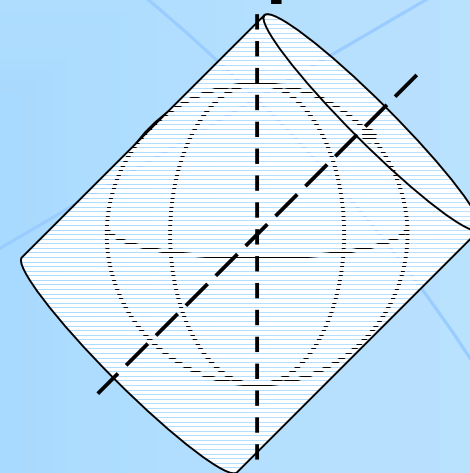
Equatorial



Transversa



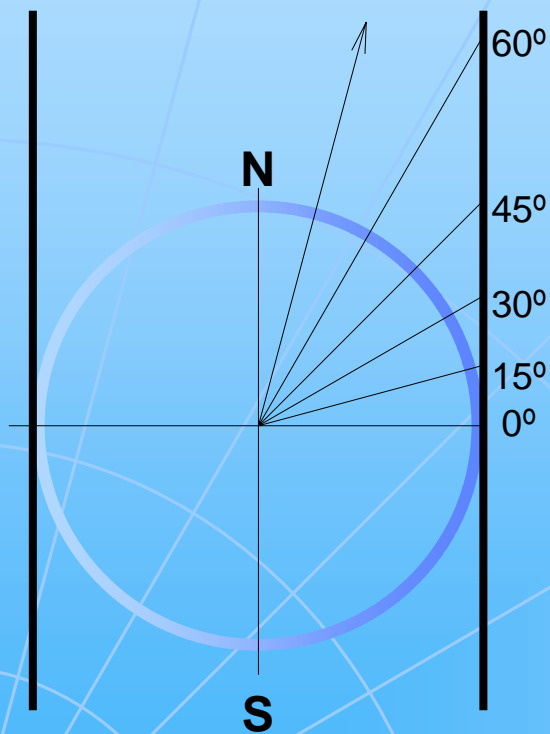
Oblíqua



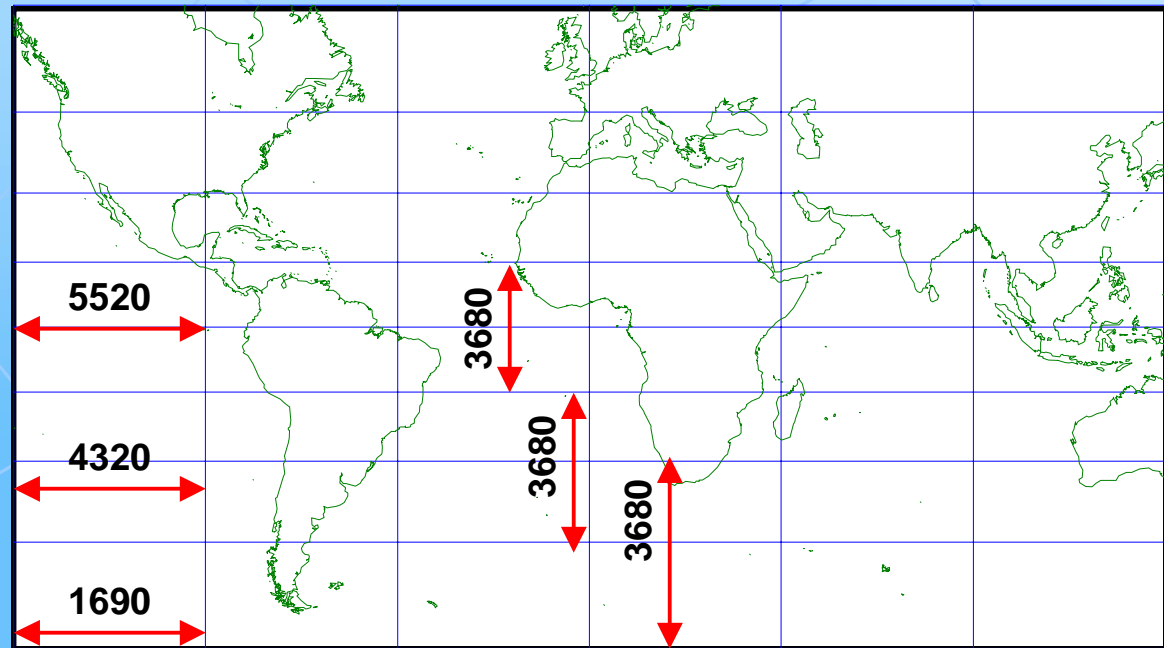
Projeção Cilíndrica

Deformações Progressivas

Assim como a função tangente $\tan(\alpha)$ tende ao infinito quando α se aproxima de 90° , as formas projetadas aumentam ilimitadamente na projeção cilíndrica.

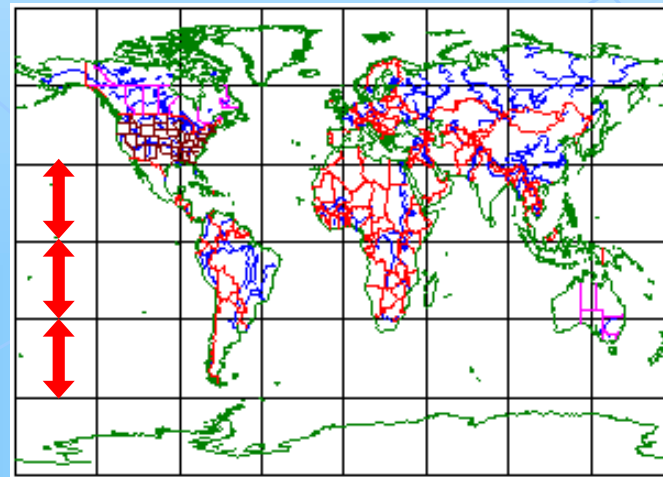
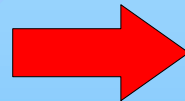
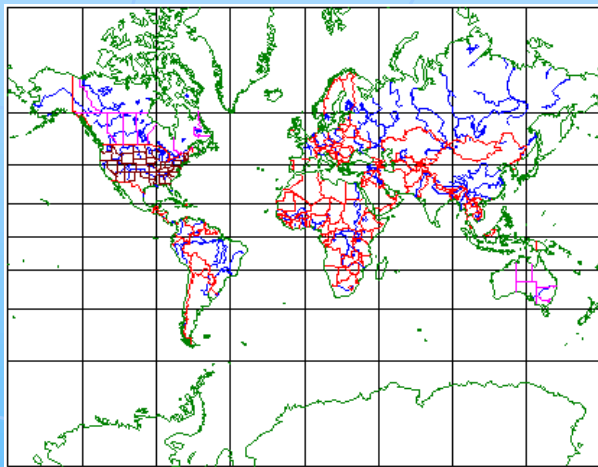


Cilindro de Projeção



Projeções Analíticas

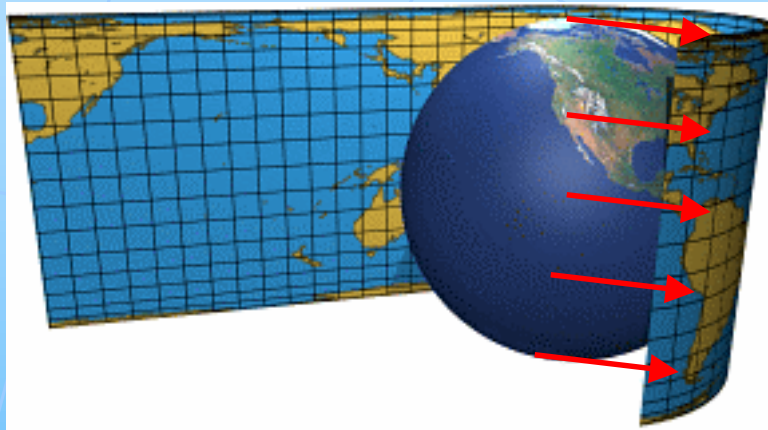
Exemplo



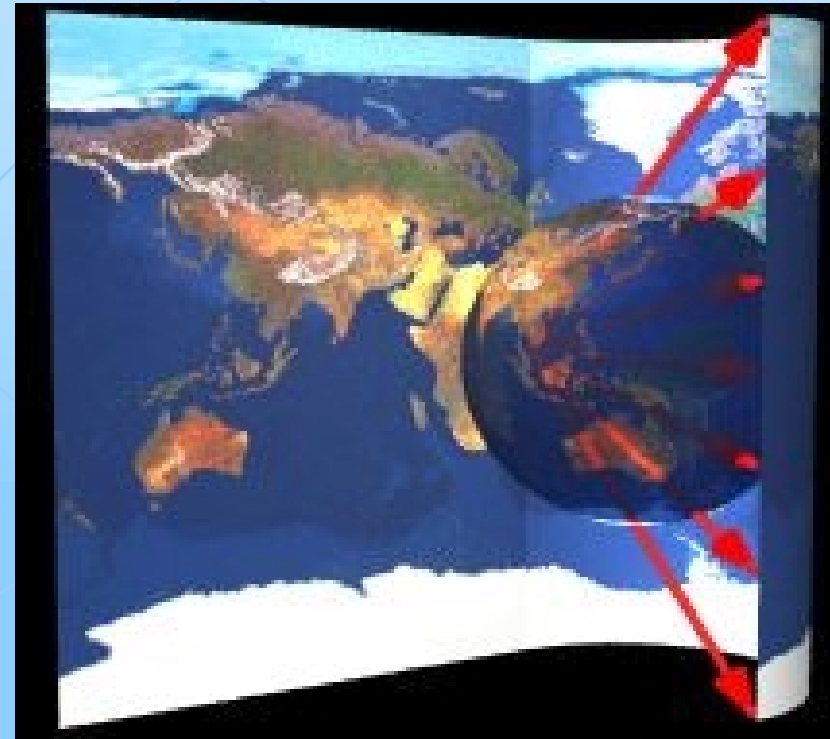
- Cilíndrica Geométrica: **Projeção Cilíndrica**, as deformações aumentam à medida em que a latitude aumenta

- Cilíndrica Analítica Equiretangular: **Projeção Cilíndrica**, as deformações em latitude são compensadas de forma a manterem-se constantes.

Método Construtivo



Projeção Cilíndrica Equiárea
(analítica)

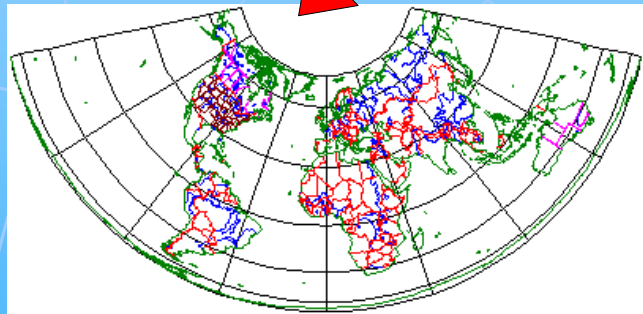
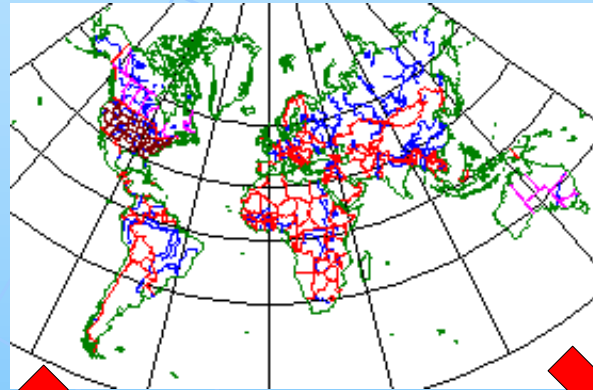


Projeção Cilíndrica Estereográfica
(geométrica)

Projeções Cilíndricas
Fonte: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

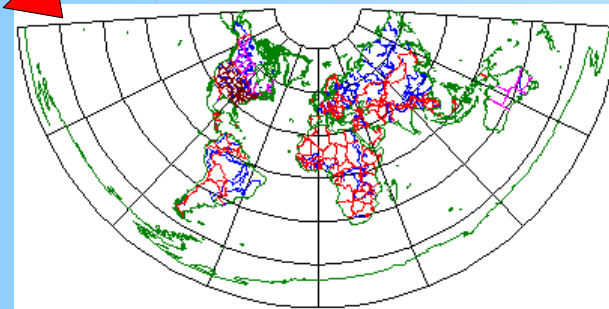
Projeções Analíticas

Exemplo



- Cônica Equiárea: distâncias em latitude e em longitude se deformam, de modo que a área permaneça constante.

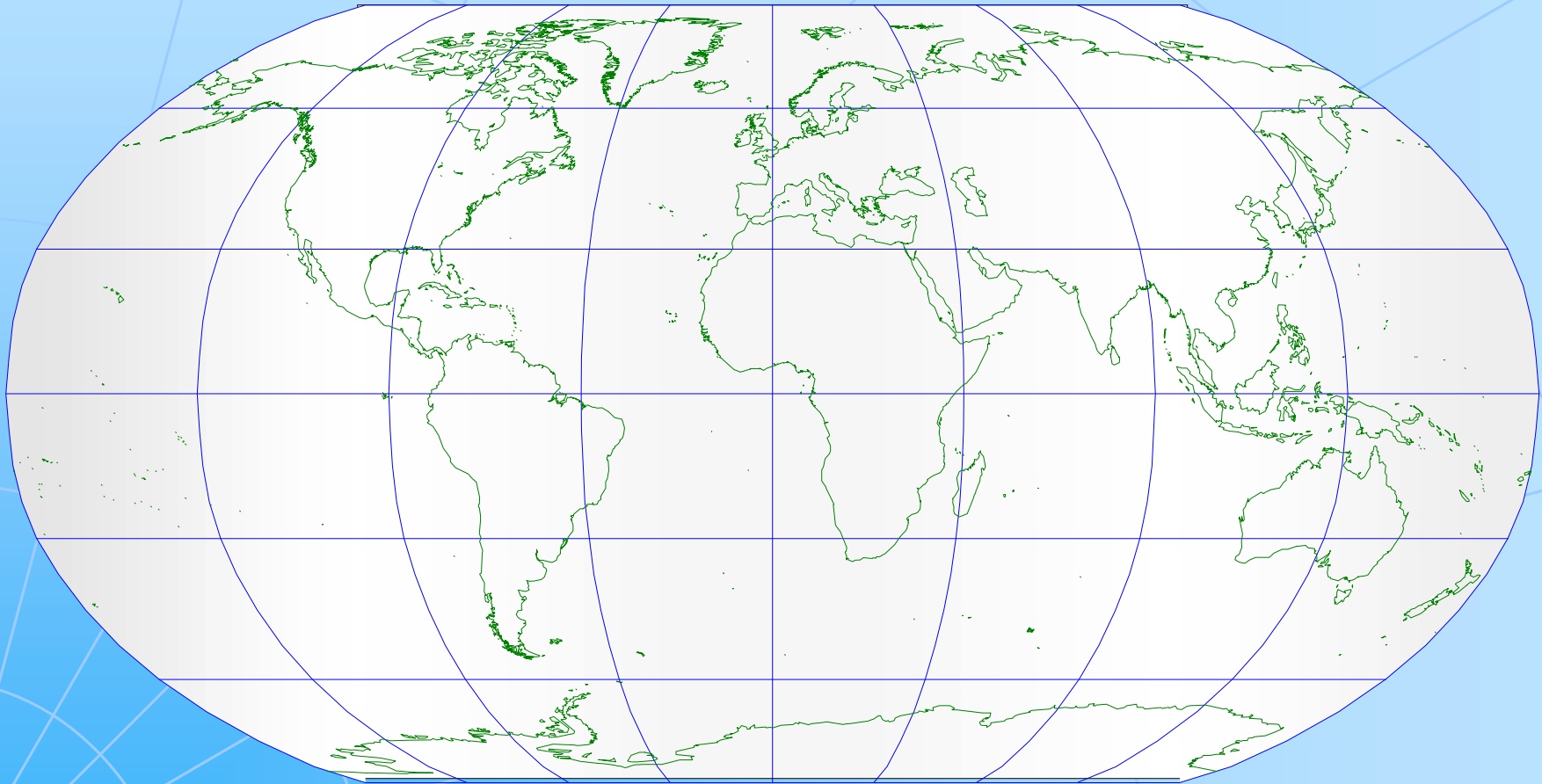
- Cônica Geométrica: distorção de áreas e distâncias à medida em que se afasta do vértice do cone



- Cônica Equidistante: distância constante entre paralelos.

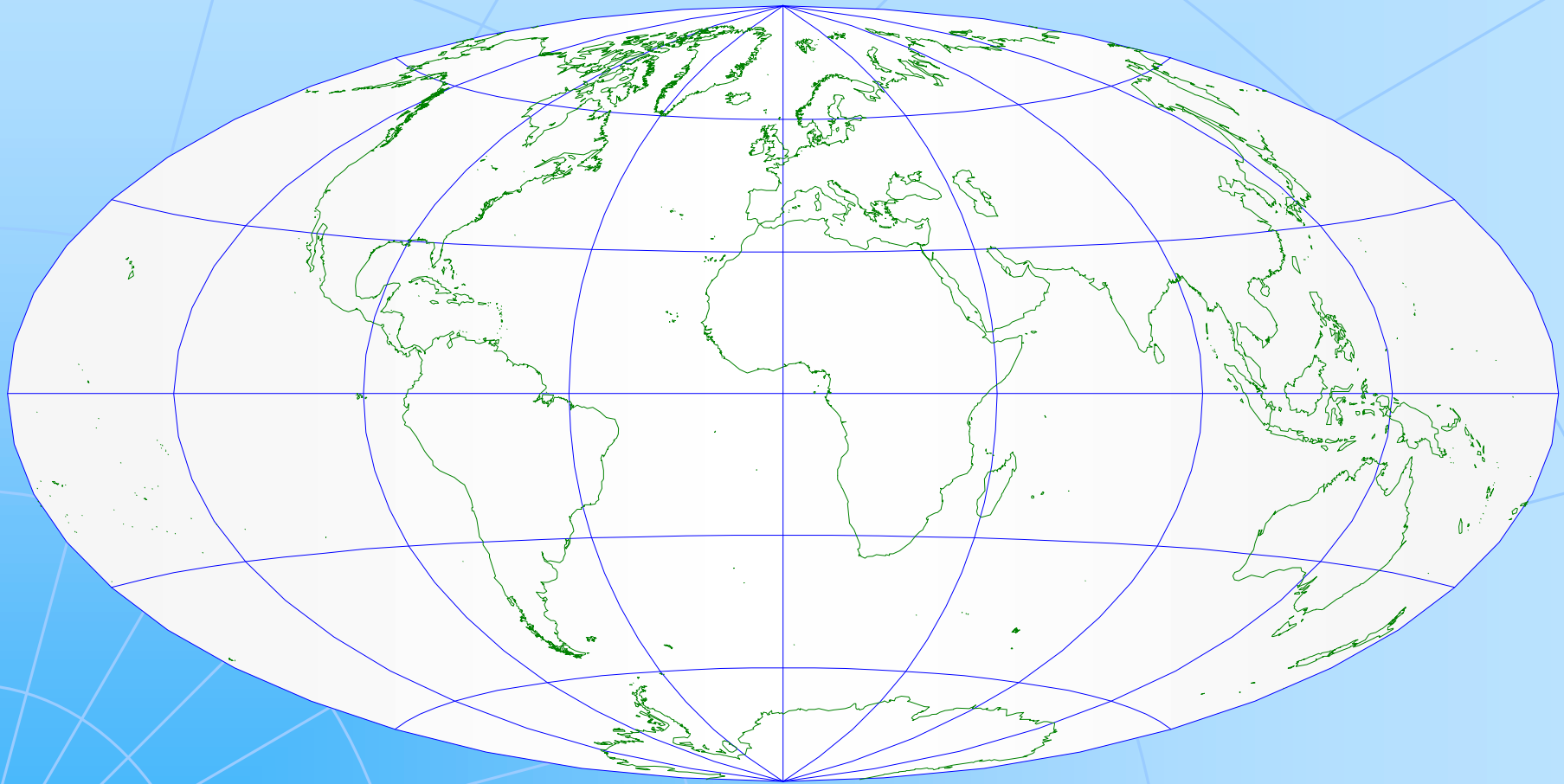
Exemplos de Projeções

Projeção de Robinson



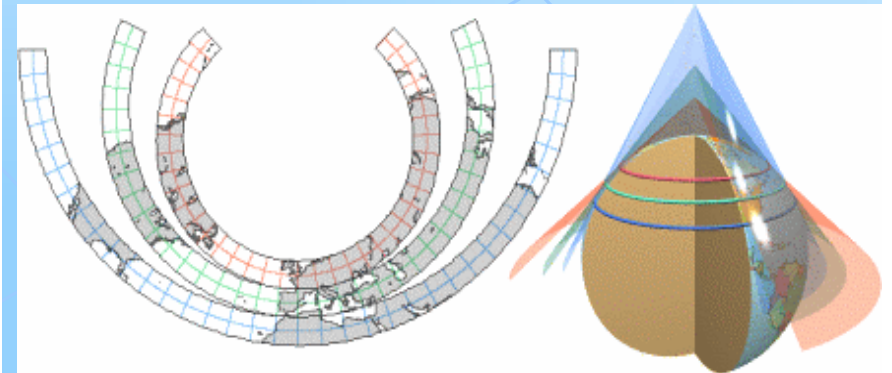
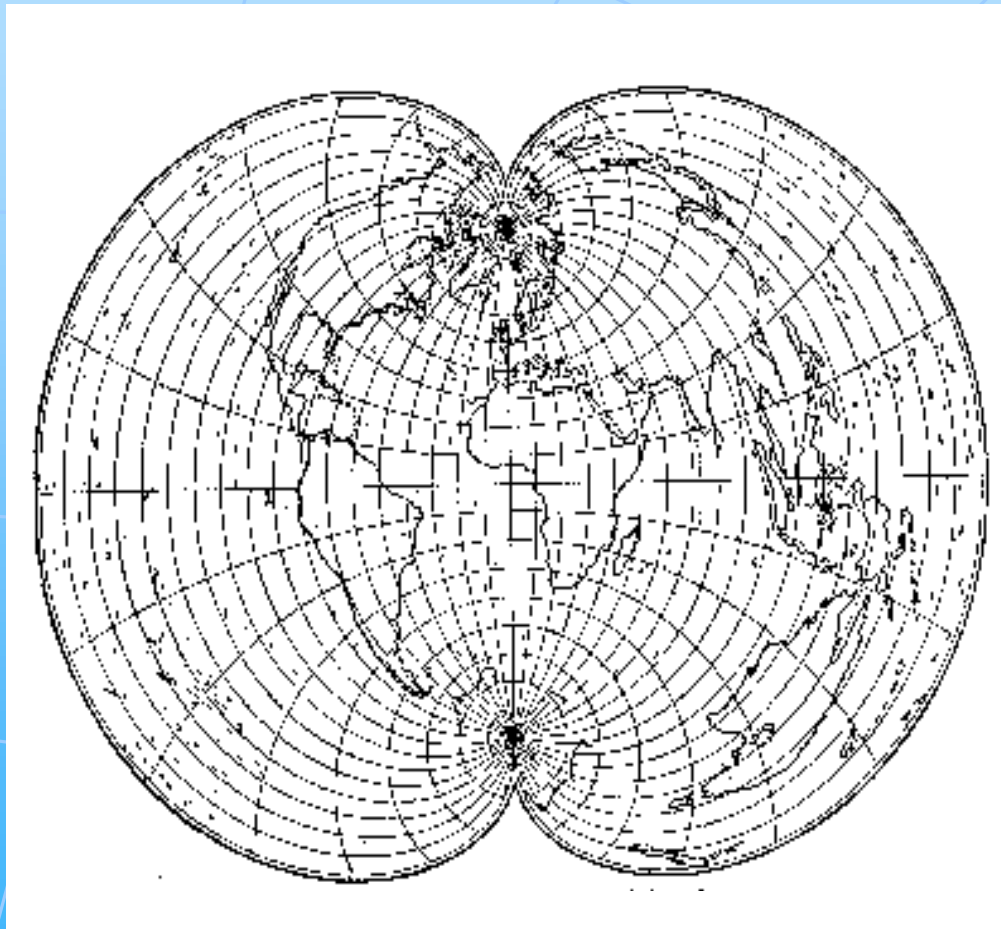
Exemplos de Projeções

Projeção de Hammer



Exemplos de Projeções

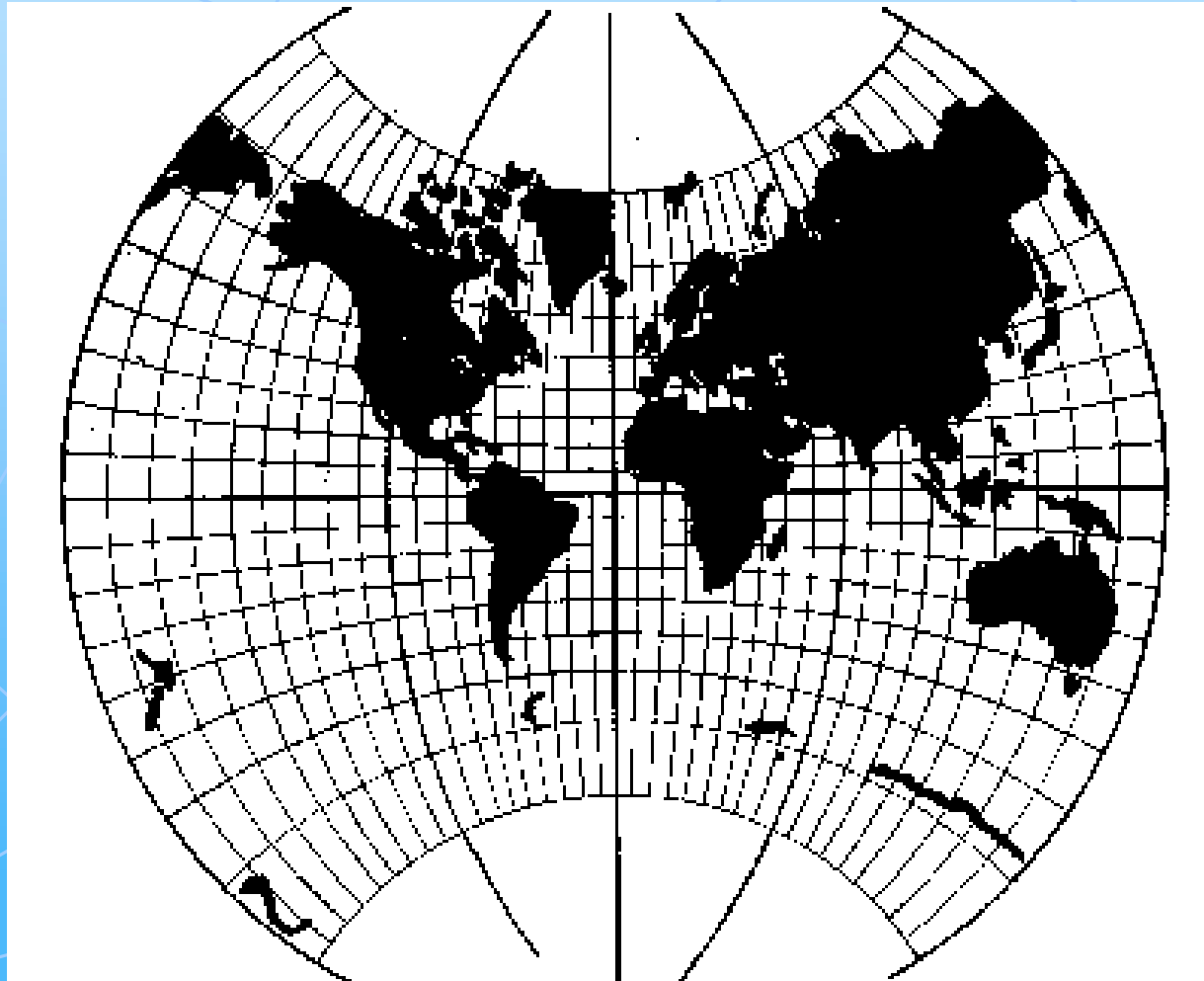
Desenvolvimento Policônico da esfera (Deetz & Adams, 1969)



Esquema da Projeção Policônica
Fonte: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

Exemplos de Projeções

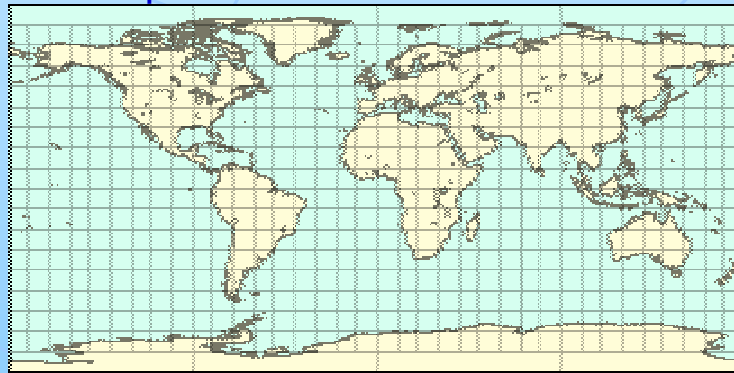
Projeção de Lagrange
(Deetz & Adams 1969)



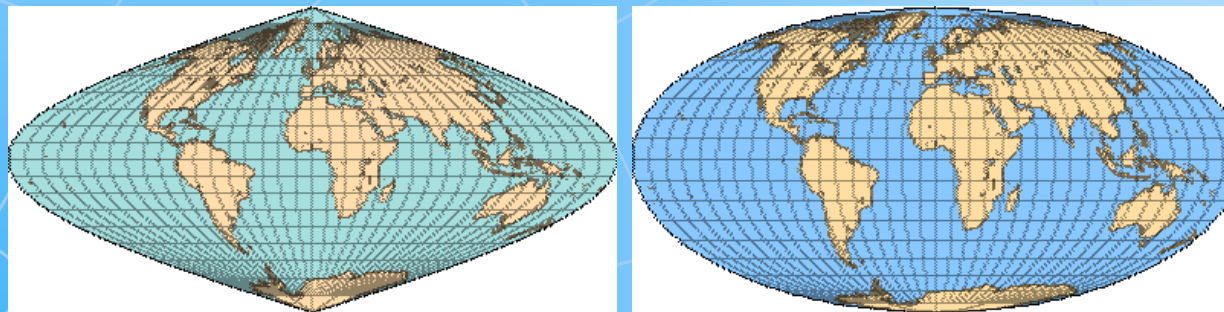
ANEXO 1: Mapas Interrompidos

Imagens: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

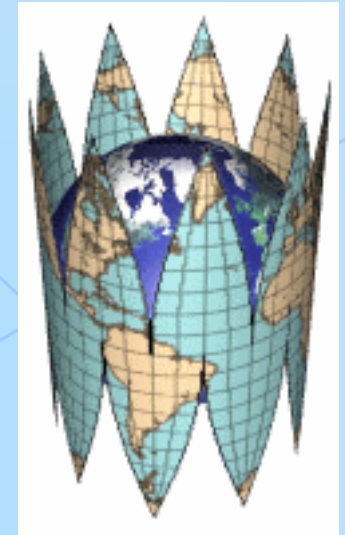
Antes de Gauss provar ser matematicamente impossível preservar forma e tamanho simultaneamente em uma projeção cartográfica, várias tentativas foram feitas para esse fim.



As **projeções cilíndricas equatoriais** são o tipo mais comum, no entanto não podem ser equidistantes e equiáreas ao mesmo tempo e apresentam crescentes deformações de longitude nas regiões afastadas do equador.



Para compensar esse efeito, foram criadas diversas versões modificadas, com destaque para as **projeções sinusoidais**.

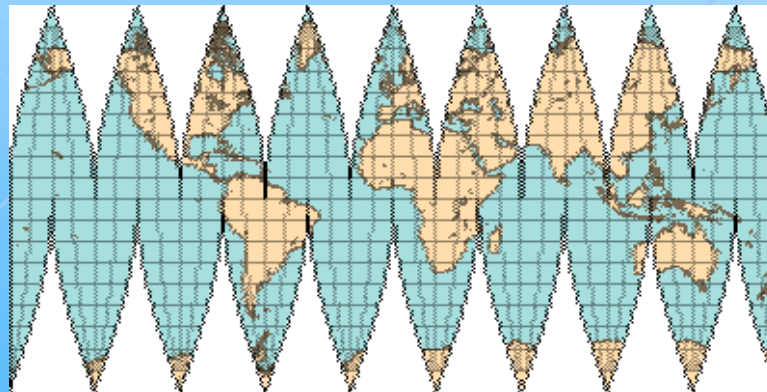
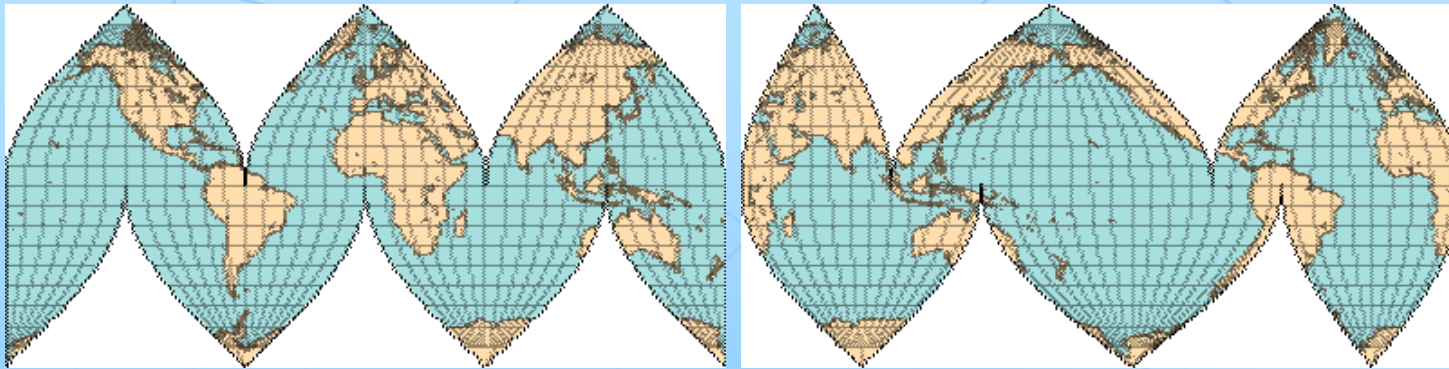


Obter uma superfície que envolva completamente a esfera, este era o objetivo de matemáticos e cartógrafos do passado.

ANEXO 1: Mapas Interrompidos

Imagens: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

Os mapas preservam em parte distâncias e área, mas apresentam grande distorção de forma em sua periferia.



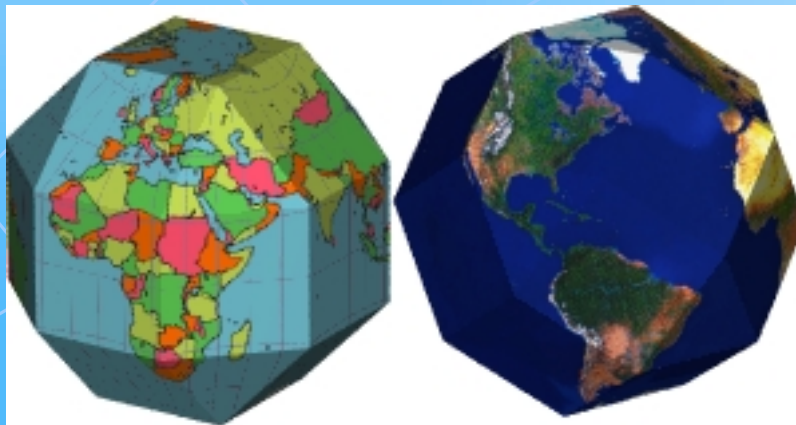
Os mapas interrompidos procuram reduzir esse efeito, “recortando” a superfície terrestre em linhas arbitrárias. Quanto mais “cortes”, ou interrupções, menos distorcidos ficam os contornos dos continentes. Evidentemente, as áreas interrompidas ficam comprometidas.

ANEXO 2: Projeções Poliédricas

Fonte: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

As projeções poliédricas são combinações de diversas projeções planas, dispostas na forma de faces de um poliedro.

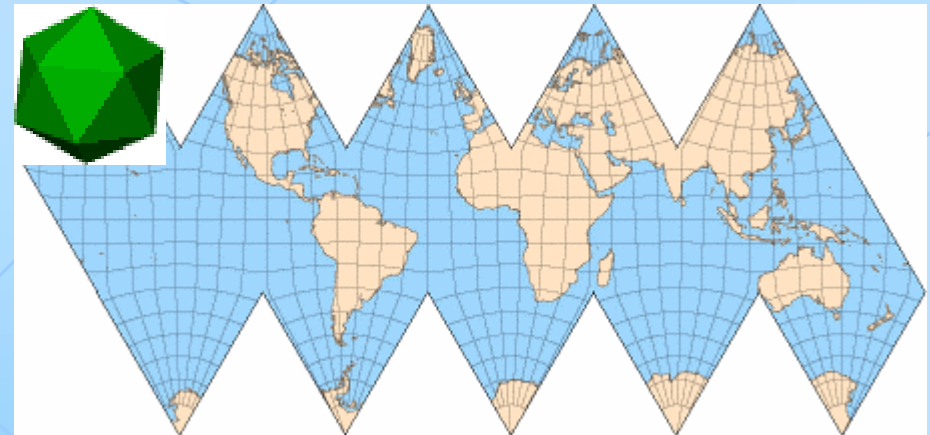
Um poliedro é uma superfície desenvolvível. Quanto mais faces tiver, mais se aproximará da esfera e menores serão as distorções. No entanto, surgirão mais interrupções.



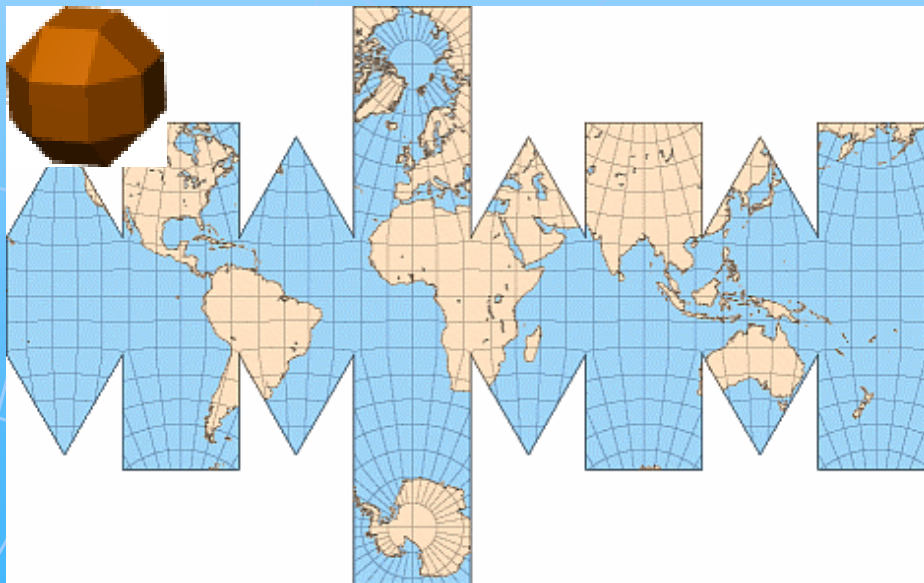
ANEXO 2: Projeções Poliédricas

Fonte: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

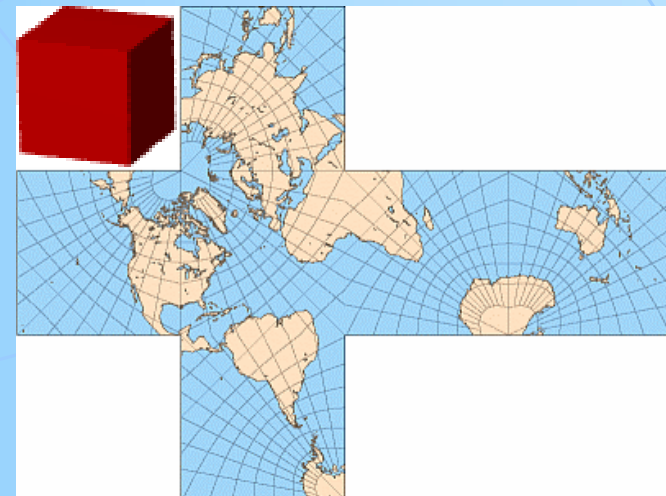
Algumas possibilidades de projeção poliédrica. Para conhecer outras, recomenda-se consulta à fonte citada.



Icosaedro regular (20 triângulos)



Rombicuboctaedro (18 quadrados, 8 triângulos)



Cubo (6 quadrados)