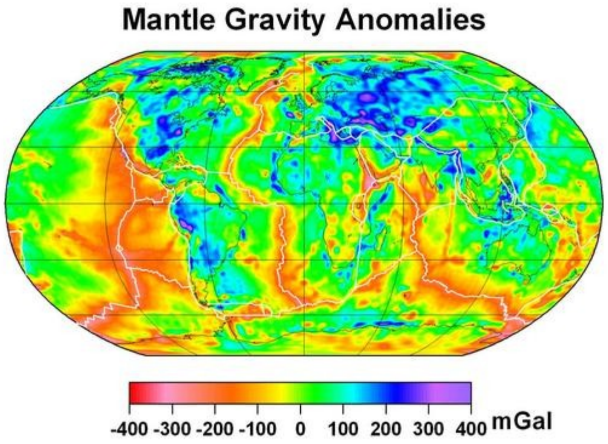
Integração de Métodos Geofísicos

Gravimetria

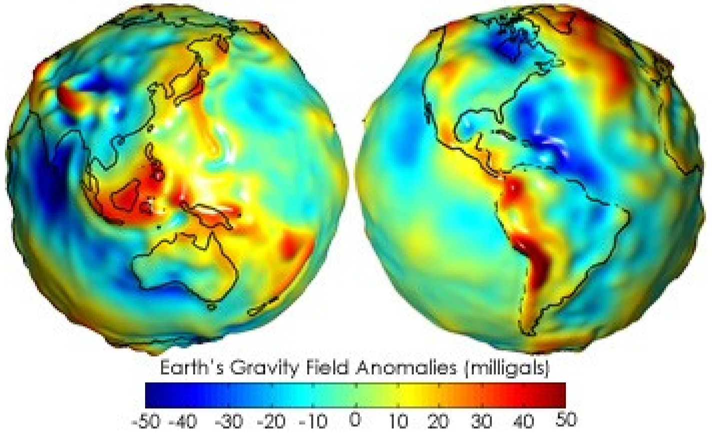
PÓS::GRADUAÇÃO
DINÂMICA
DOS OCEANOS
E DA TERRA
UFF

O Campo de Gravidade

Historicamente, os principais dados gravimétricos utilizados por geofísicos para estimar distribuições de densidade em subsuperfície são as **anomalias de gravidade**



http://op.gfz-potsdam.de/grace/results/grav/g001_eigen-grace01s.html



Há diferentes tipos de anomalias gravidade, tais como anomalia Bouguer, anomalia ar-livre e anomalia isostática

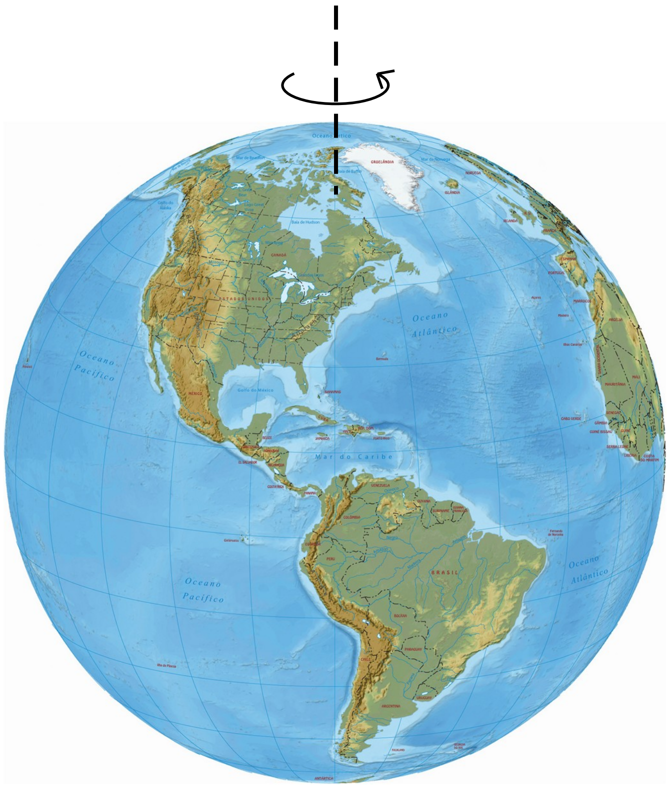
Blakely (1996)
Hofmann-Wellenhof e Moritz (2005)
Nabighian et al. (2005)

Utilizaremos outra quantidade como dado gravimétrico: **o distúrbio de Gravidade**

Utilizaremos outra quantidade como dado gravimétrico: **o distúrbio de Gravidade**

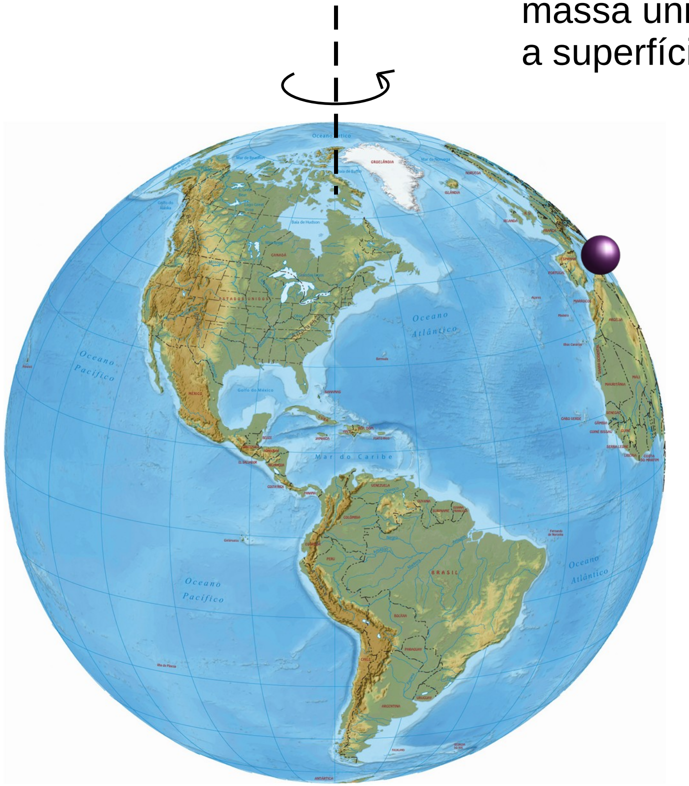
Para fins geofísicos, o distúrbio de gravidade é conceitualmente mais adequado do que anomalias de gravidade

Vamos definir o
distúrbio de gravidade e a sua
diferença em relação as anomalias de
gravidade

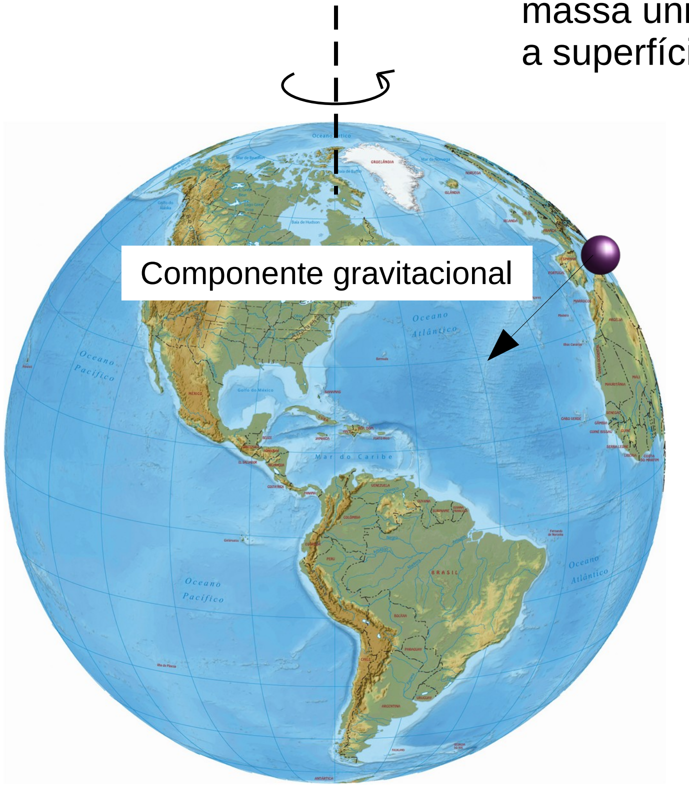


Oceano Atlântico
Oceano Pacífico
Mar do Caribe
Oceano Pacífico
Oceano Atlântico

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra

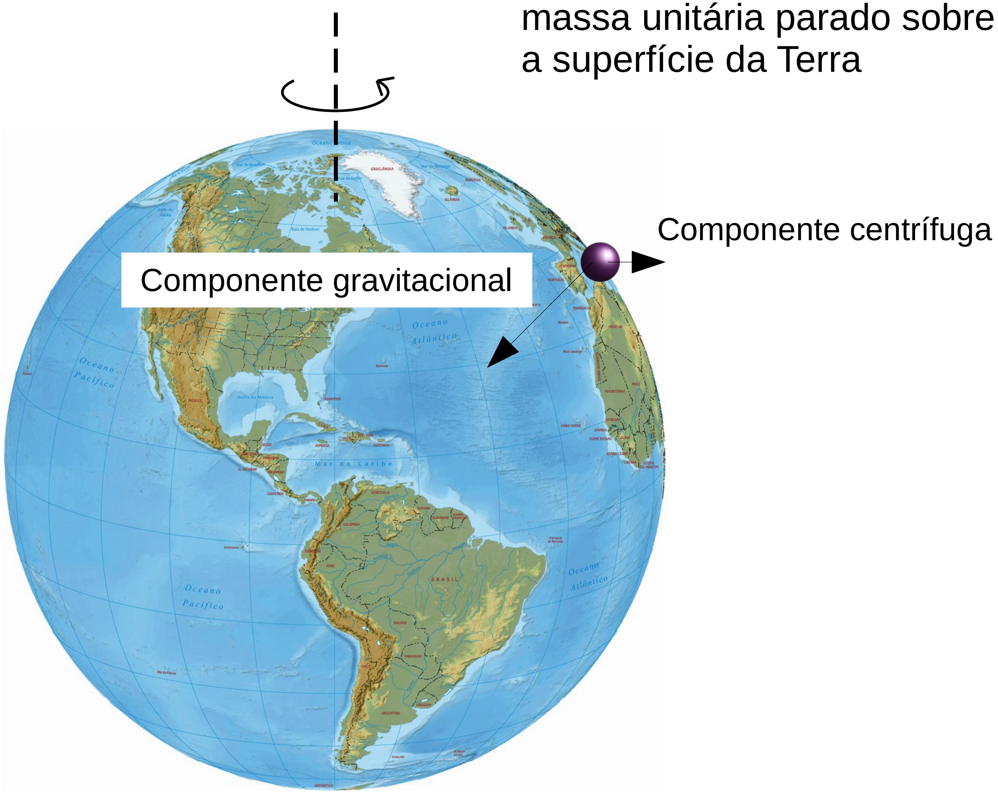


Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra



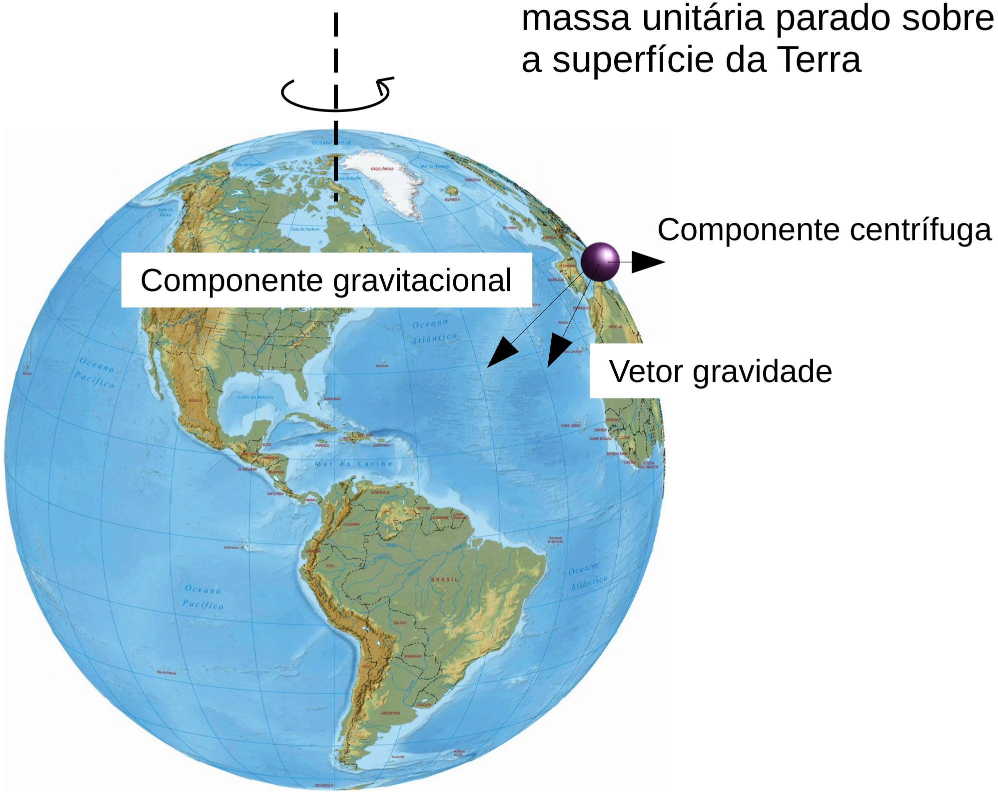
Este corpo experimenta uma força gravitacional

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra



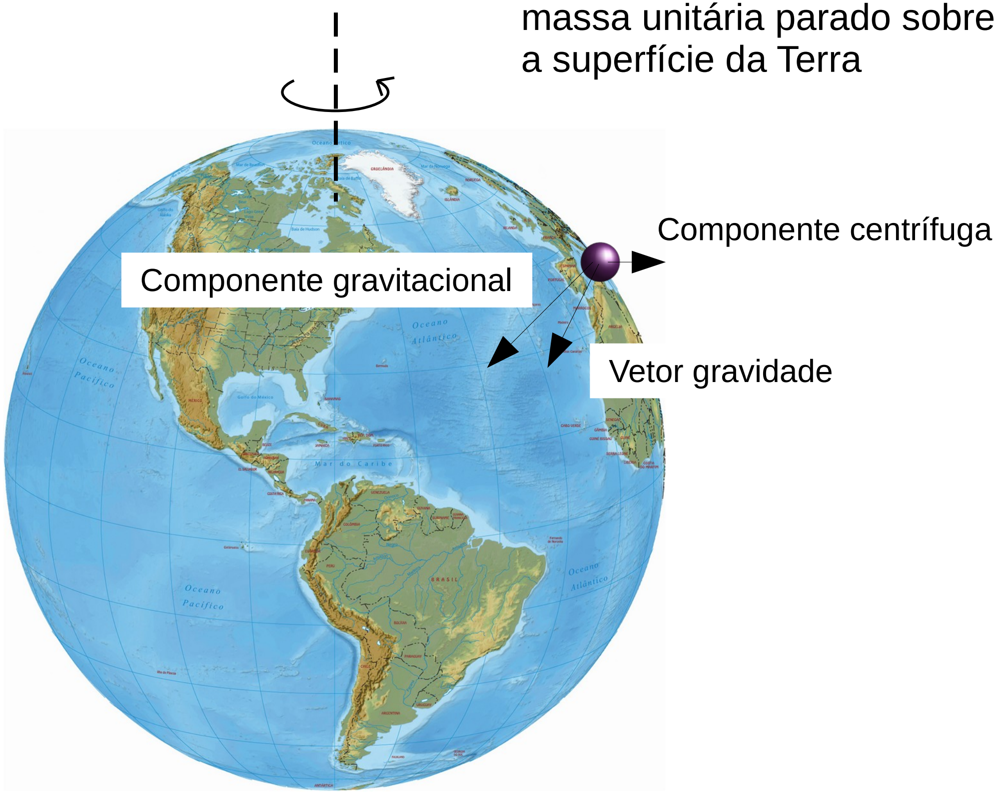
Este corpo experimenta uma força gravitacional e uma força centrífuga.

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra



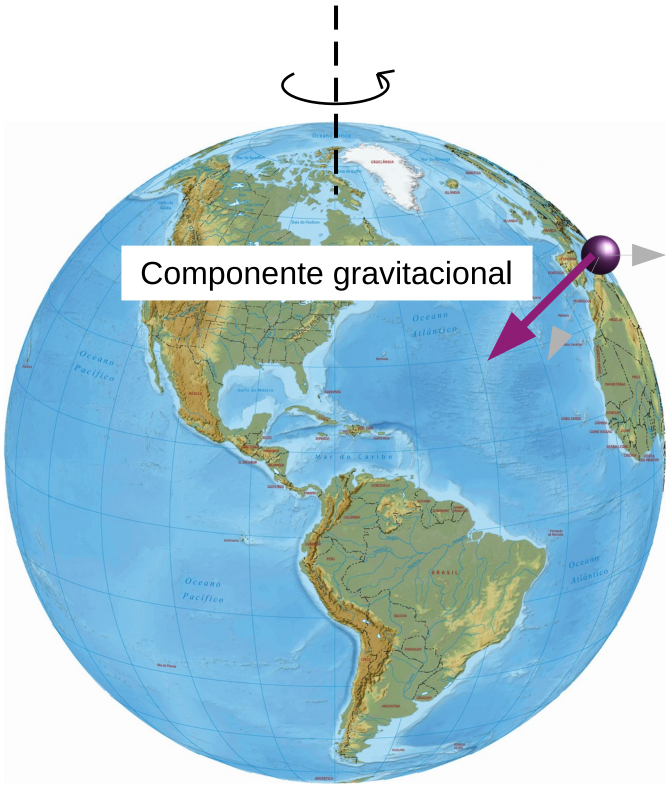
Este corpo experimenta uma força gravitacional e uma força centrífuga. A resultante destas duas forças é chamada vetor gravidade e sua amplitude é chamada, simplesmente, gravidade (Hofmann-Wellenhof and Moritz, 2005).

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra

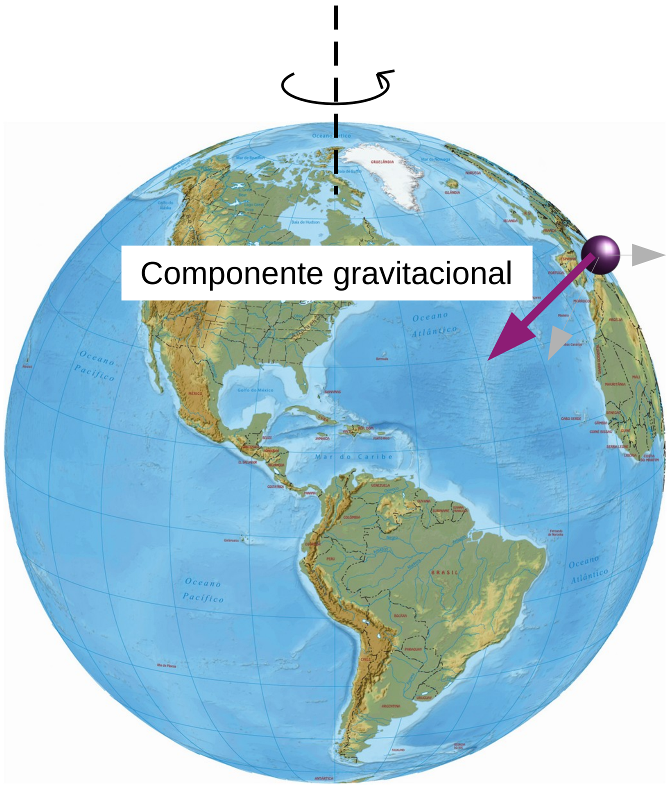


Este corpo experimenta uma força gravitacional e uma força centrífuga. A resultante destas duas forças é chamada vetor gravidade e sua amplitude é chamada, simplesmente, gravidade (Hofmann-Wellenhof and Moritz, 2005).

No caso de gravimetria em plataformas móveis (aviões, helicópteros, navios), há outros efeitos não-gravitacionais produzidos pelo movimento do veículo, tais como a força de Coriolis e vibrações de alta frequência (Symon, 1971; Glennie et al., 2000; Nabighian et al., 2005; Baumann et al., 2012).

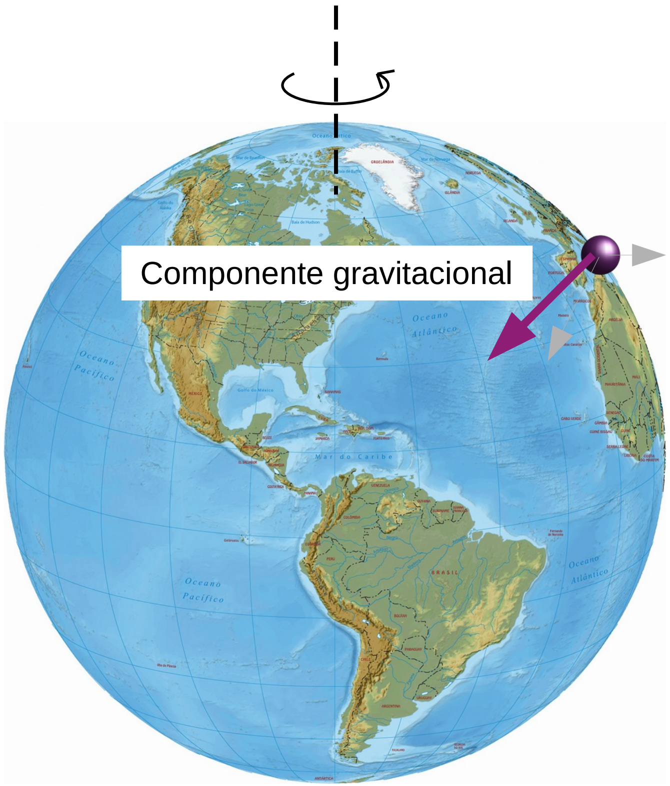


Geofísicos estão interessados, geralmente, na **componente gravitacional da gravidade**, que está relaciona às variações na distribuição interna de densidade da Terra



Geofísicos estão interessados, geralmente, na **componente gravitacional da gravidade**, que está relaciona às variações na distribuição interna de densidade da Terra

Para isolar esta componente, é necessário remover os efeitos não-gravitacionais produzidos pelo movimento do veículo (avião, helicóptero, navio) e também variações temporais produzidas pela atração luni-solar, deriva instrumental e variações da pressão atmosférica.

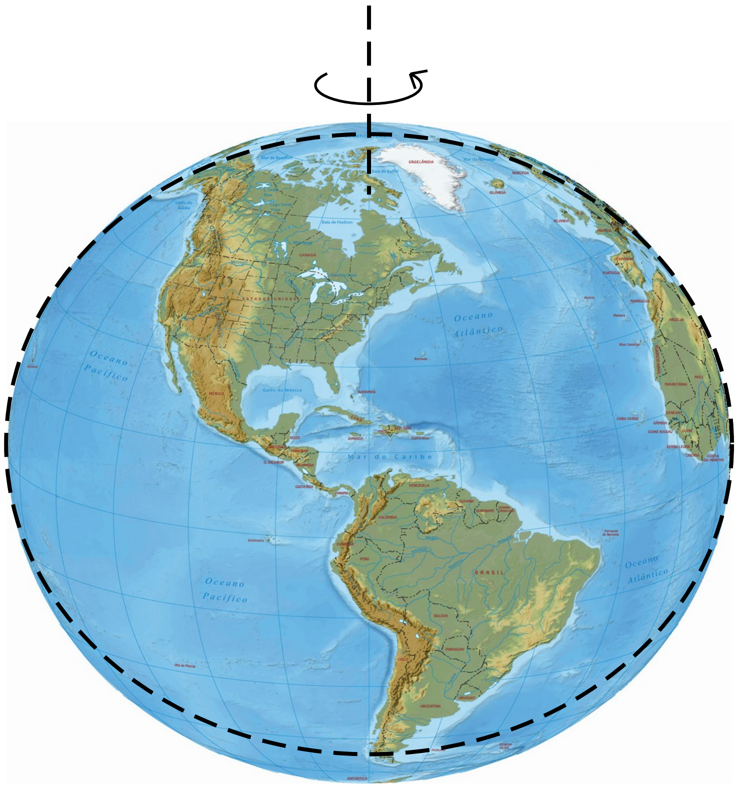


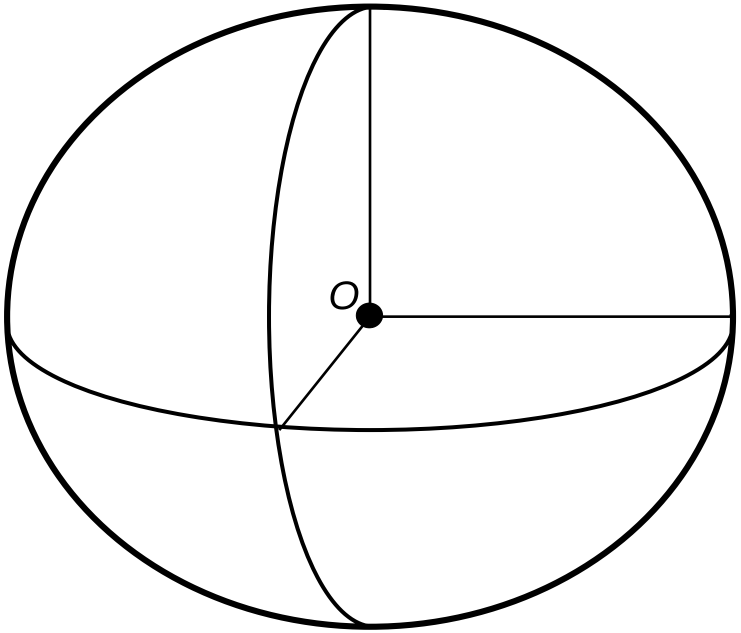
Geofísicos estão interessados, geralmente, na **componente gravitacional da gravidade**, que está relaciona às variações na distribuição interna de densidade da Terra

Para isolar esta componente, é necessário remover os efeitos não-gravitacionais produzidos pelo movimento do veículo (avião, helicóptero, navio) e também variações temporais produzidas pela atração luni-solar, deriva instrumental e variações da pressão atmosférica.

Se estes efeitos forem removidos adequadamente, podemos considerar que a gravidade observada é soma de uma componente normal e uma pequena parcela puramente gravitacional, que é produzida por variações de densidade em subsuperfície.

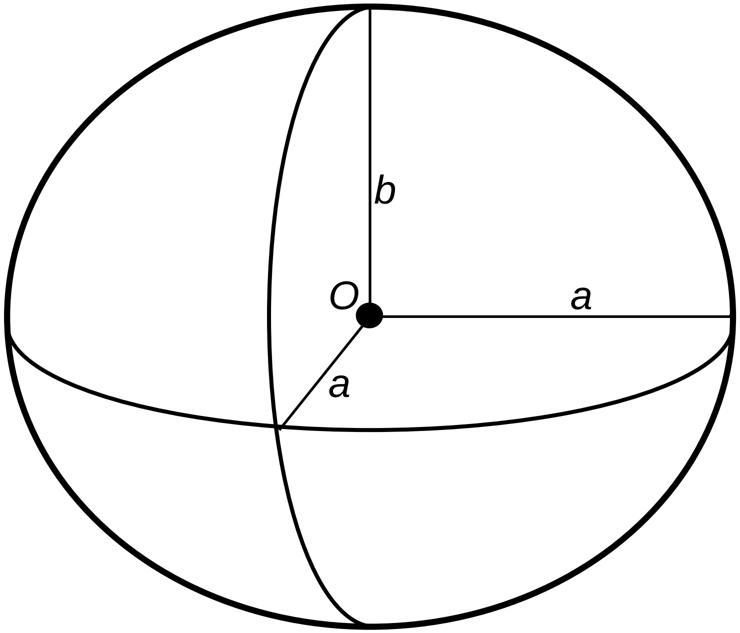
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:





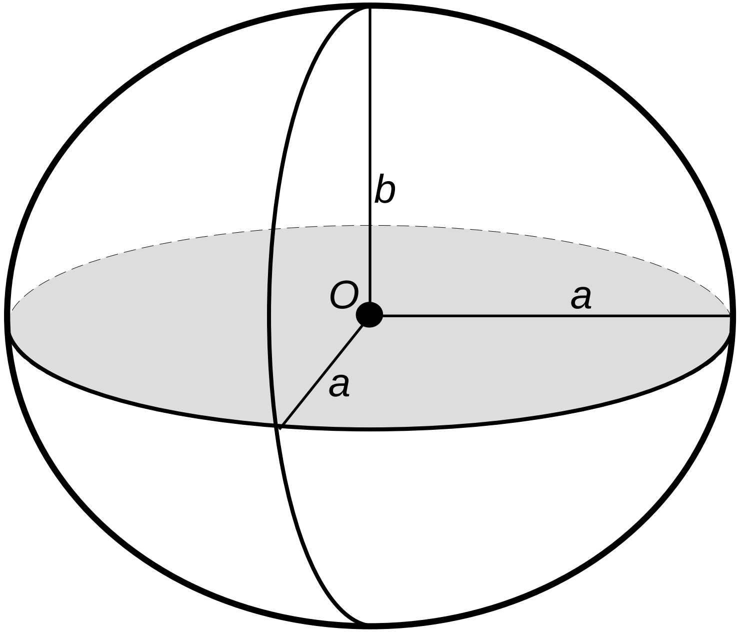
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

- origem O no centro de massa da Terra;



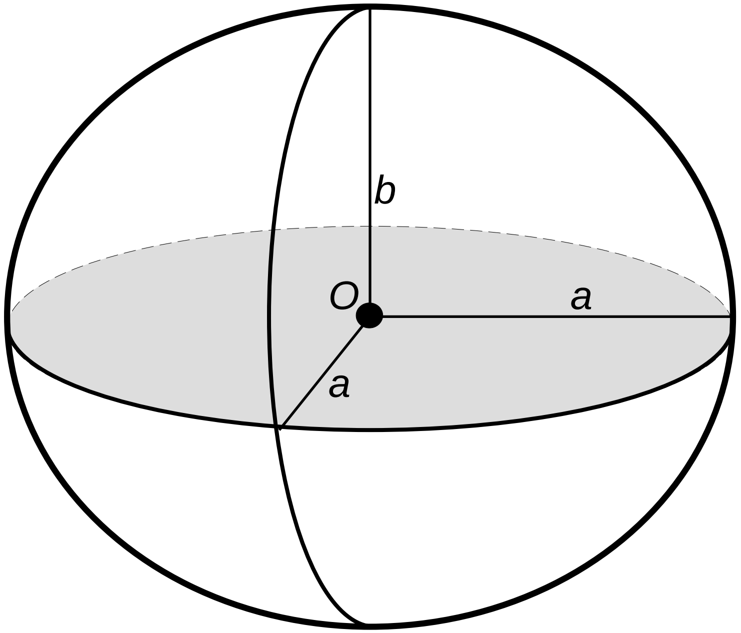
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

- origem *O* no centro de massa da Terra;
- semieixo menor *b* coincidente com o eixo médio de rotação da Terra



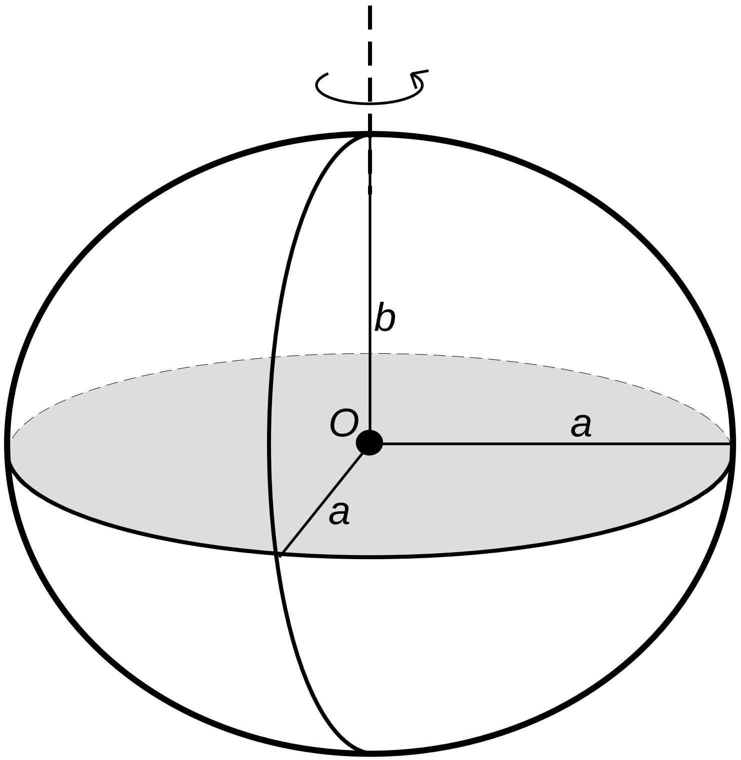
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

- origem *O* no centro de massa da Terra;
- semieixo menor *b* coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;



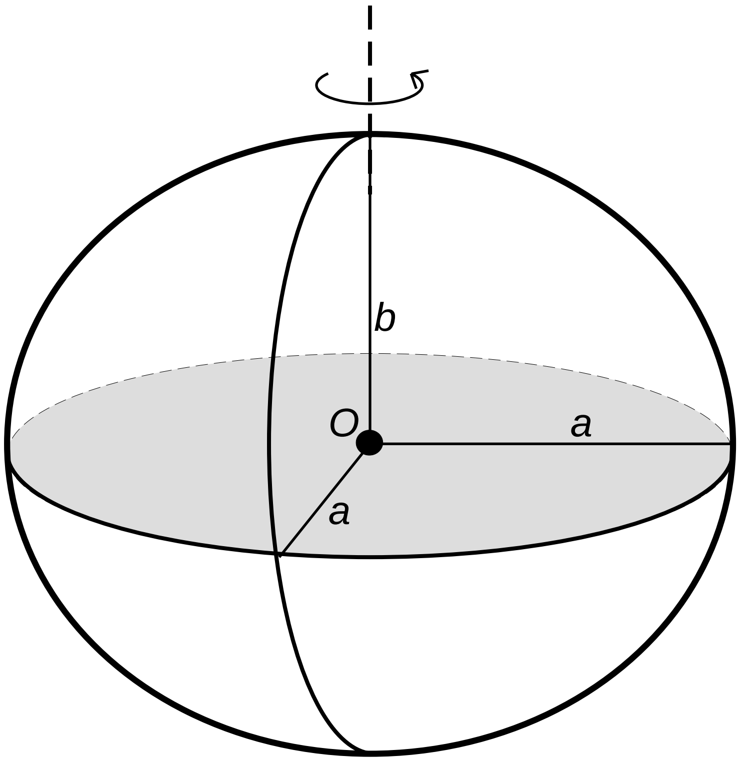
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

- origem *O* no centro de massa da Terra;
- semieixo menor *b* coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);



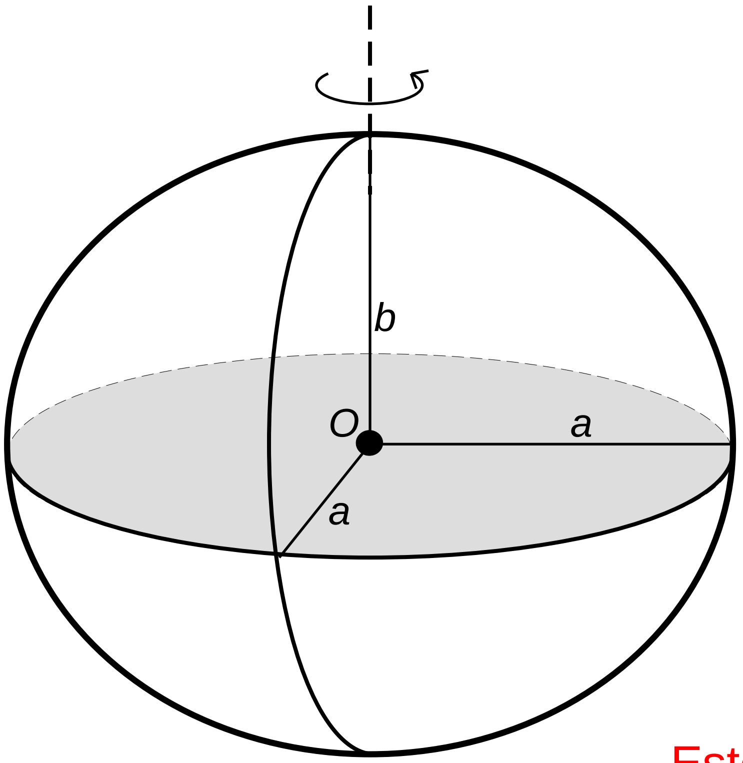
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

- origem *O* no centro de massa da Terra;
- semieixo menor *b* coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;



Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

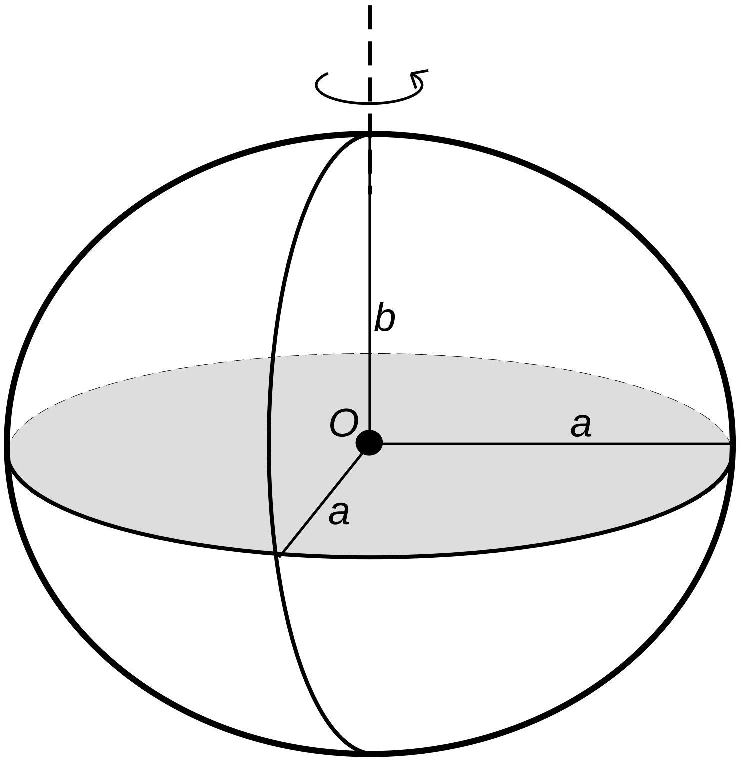
- origem *O* no centro de massa da Terra;
- semieixo menor *b* coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;
- superfície limitante determinada por uma das equipotenciais do seu próprio campo de gravidade.



Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

- origem *O* no centro de massa da Terra;
- semieixo menor *b* coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;
- superfície limitante determinada por uma das equipotenciais do seu próprio campo de gravidade.

Este modelo produz um campo de gravidade que tem o mesmo significado anterior e, portanto, tem uma componente gravitacional e outra centrífuga

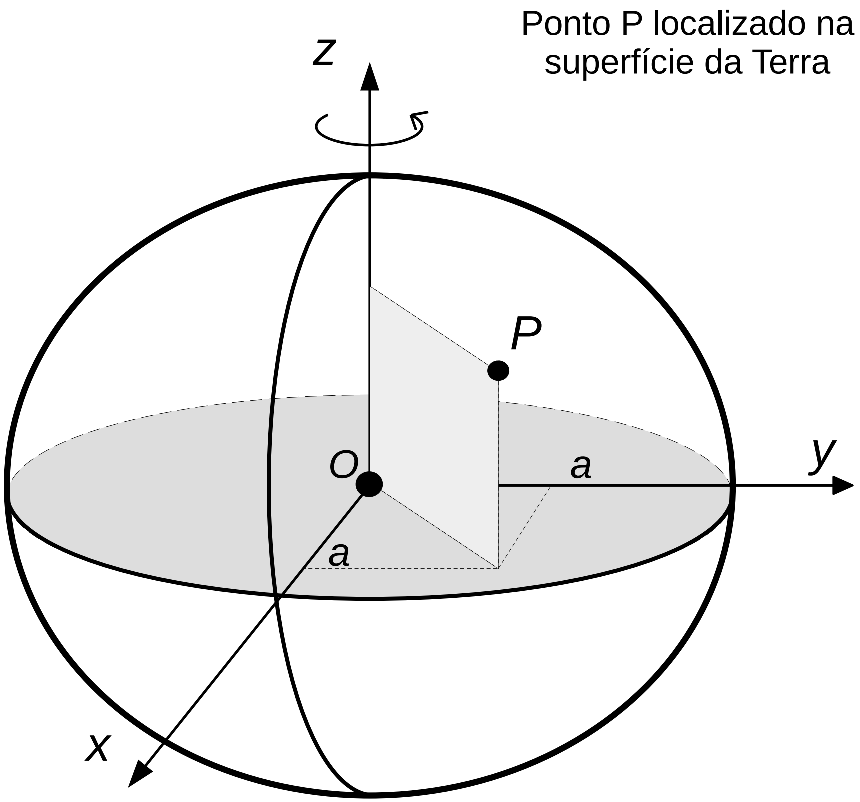


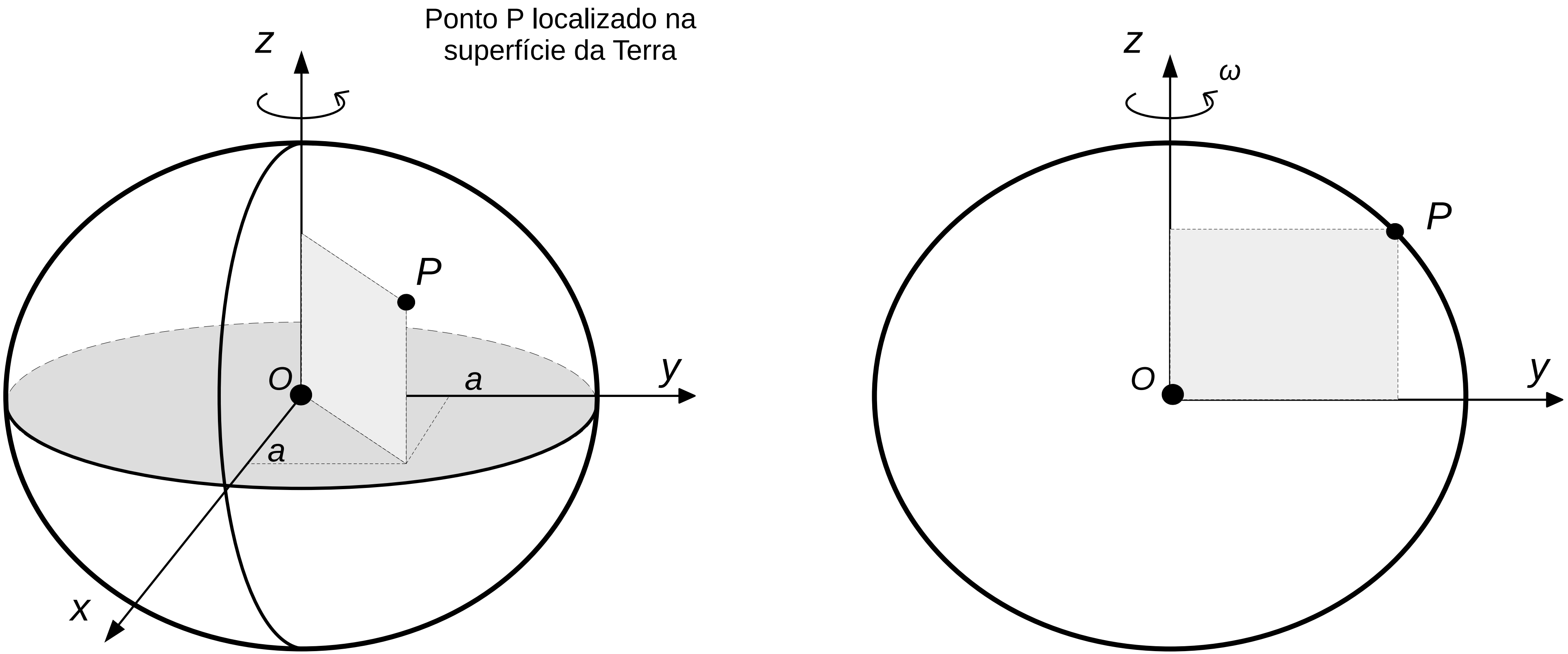
Modelo de Terra Normal

Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes Características:

- origem *O* no centro de massa da Terra;
- semieixo menor *b* coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;
- superfície limitante determinada por uma das equipotenciais do seu próprio **campo de gravidade**.

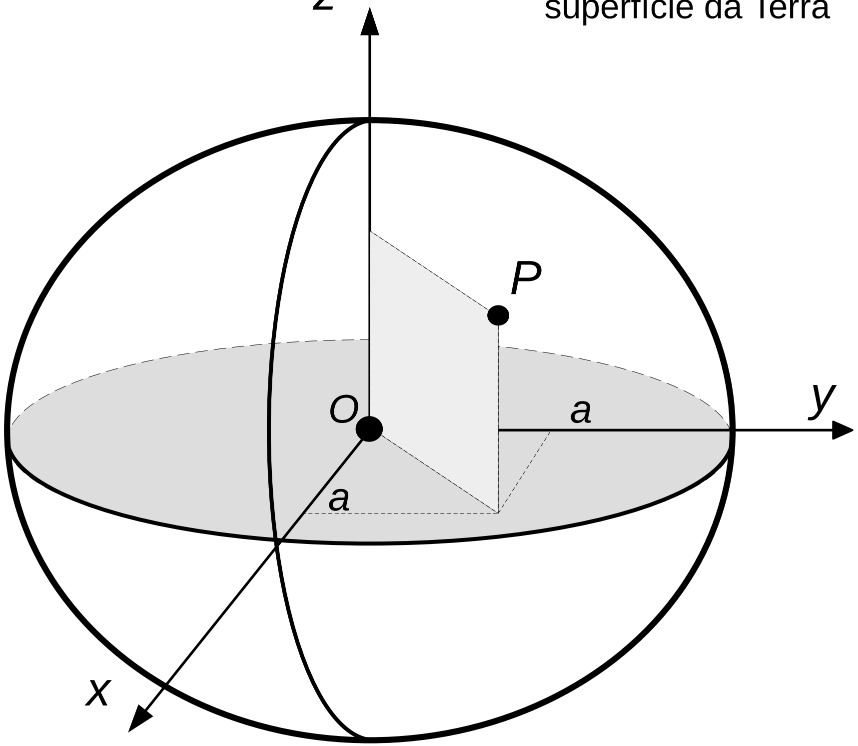
Campo de gravidade normal

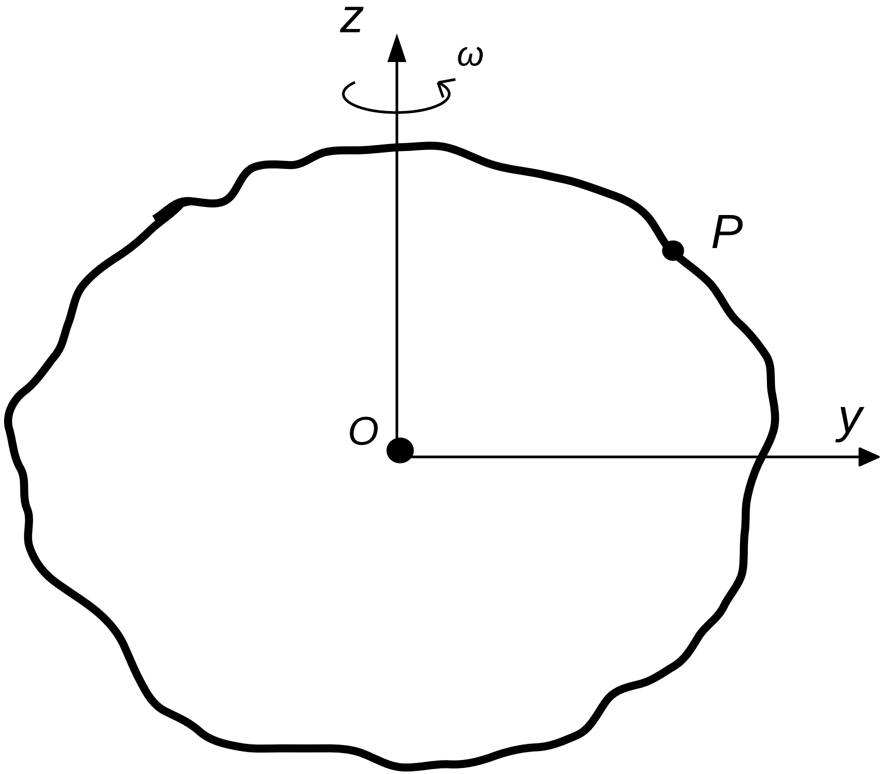

Ponto P localizado na superfície da Terra
z
P
O
a
y
a
x



Superfície aproximada

Ponto P localizado na superfície da Terra

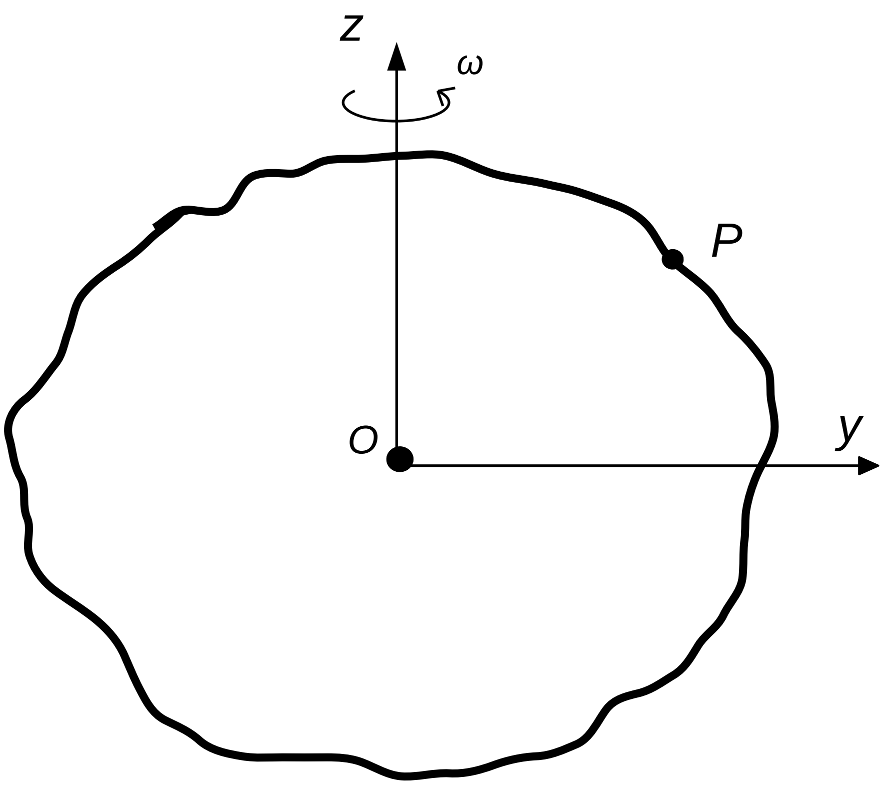




Representação esquemática
da superfície da Terra

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

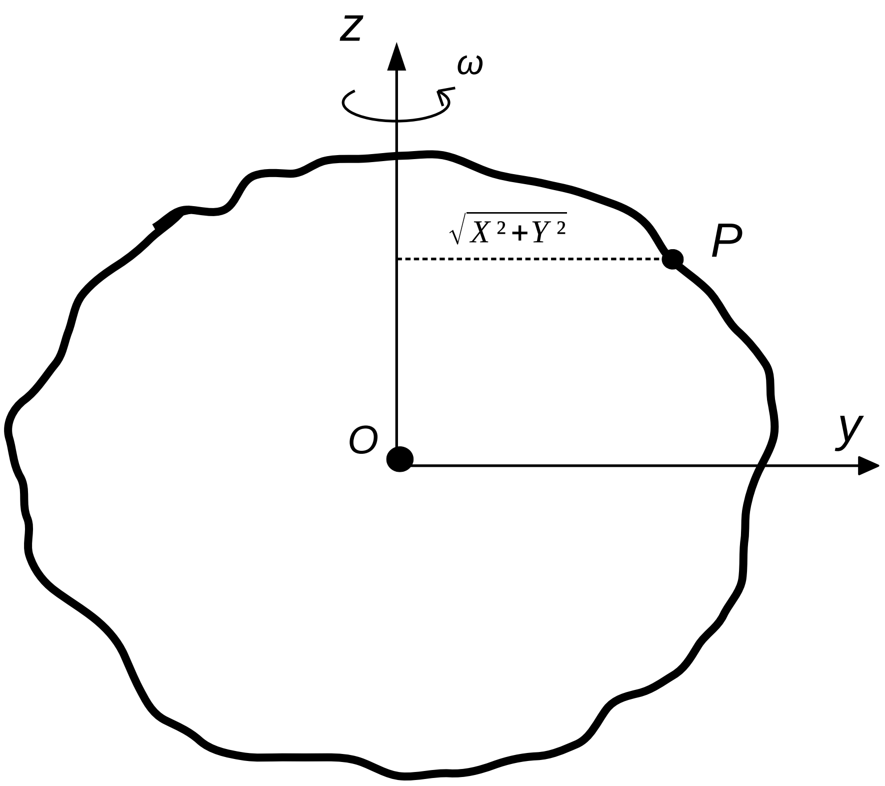


O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2\left(X^2 + Y^2\right)$$

O **potencial centrífugo** aumenta com o quadrado da distância até o eixo médio de rotação



O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

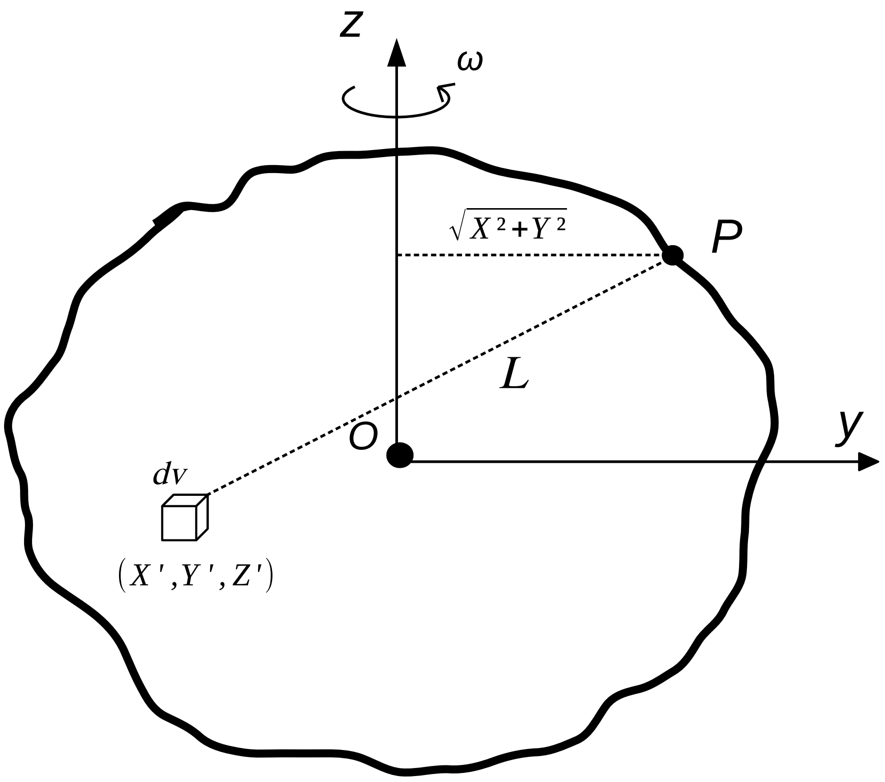
$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right)$$

$$V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$L = \sqrt{\left(X - X'\right)^2 + \left(Y - Y'\right)^2 + \left(Z - Z'\right)^2}$$

O **potencial gravitacional** depende da distribuição interna de densidade



O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

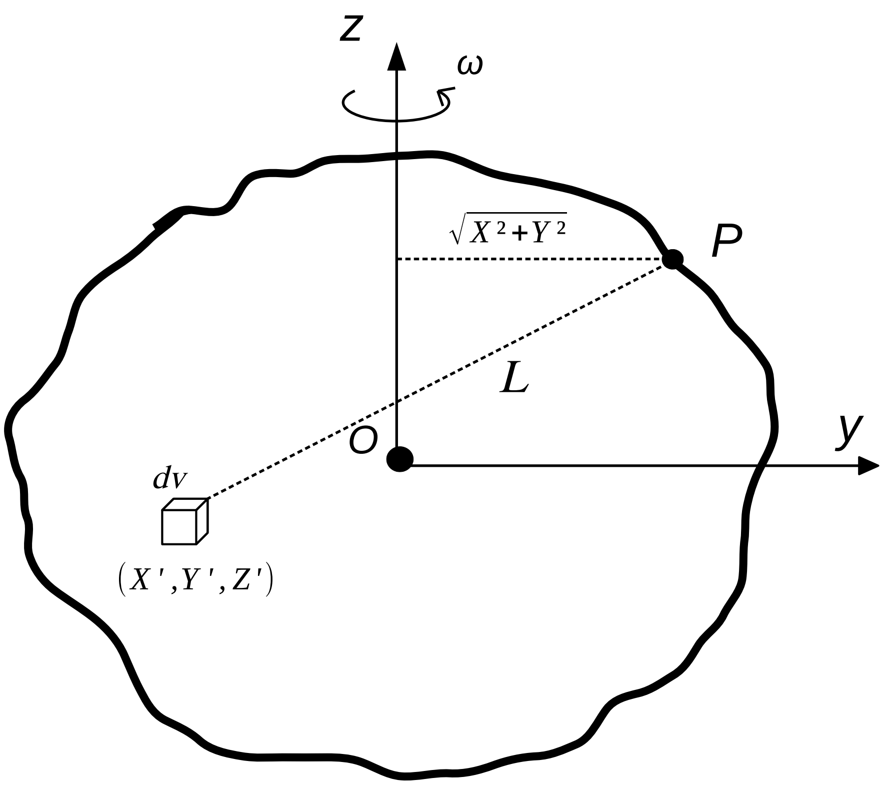
$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2)$$

$$V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$L = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

É uma função das variáveis de integração (X ' , Y ' , Z ')

O **potencial gravitacional** depende da distribuição interna de densidade



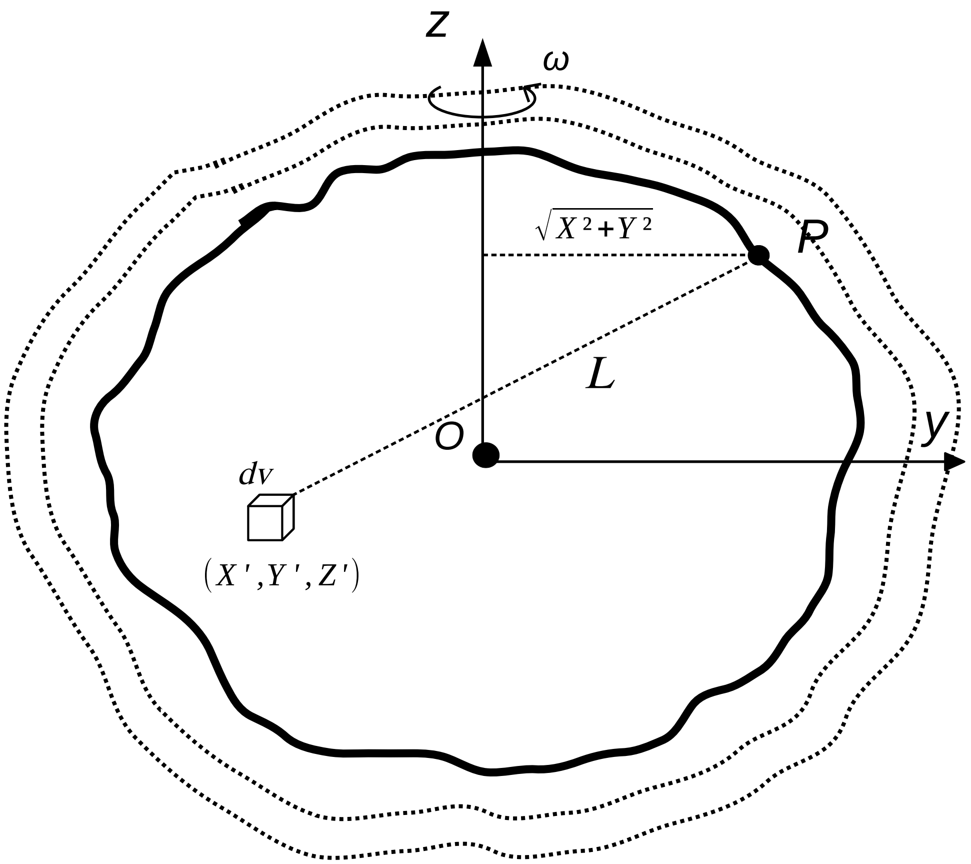
O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right)$$

$$V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$L = \sqrt{\left(X - X'\right)^2 + \left(Y - Y'\right)^2 + \left(Z - Z'\right)^2}$$



Superfícies sobre as quais o potencial de gravidade é constante

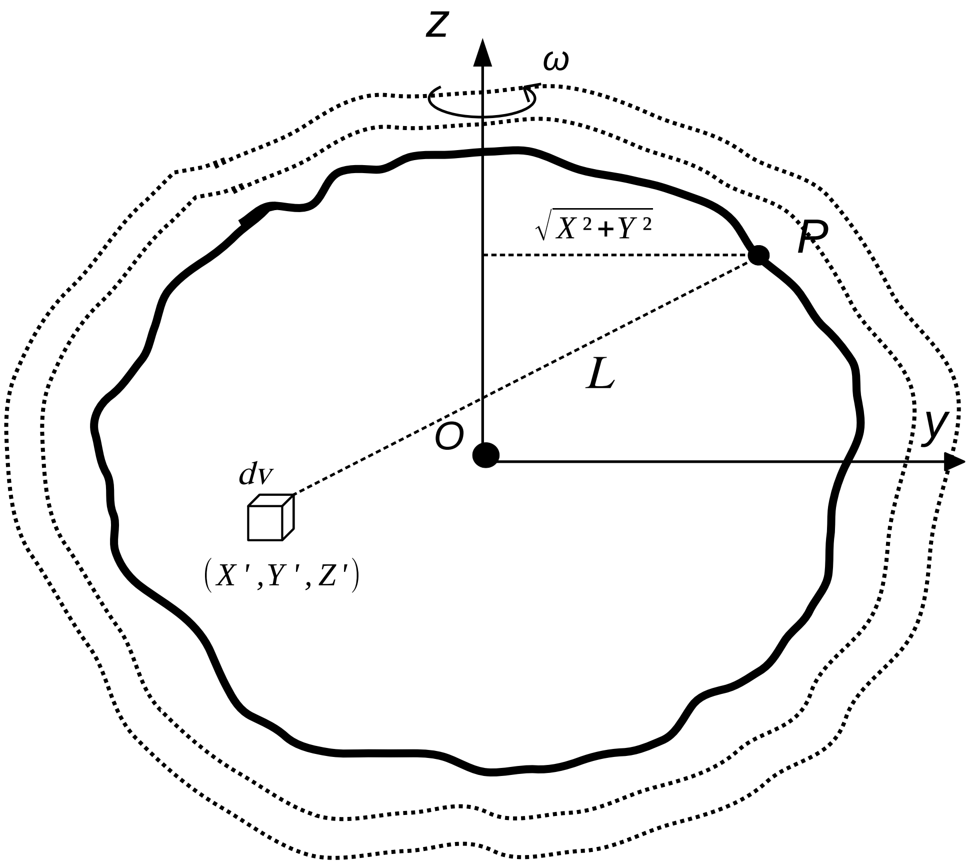
O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right)$$

$$V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$L=\sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$



Equipotenciais do campo de gravidade ou **Geopes**

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

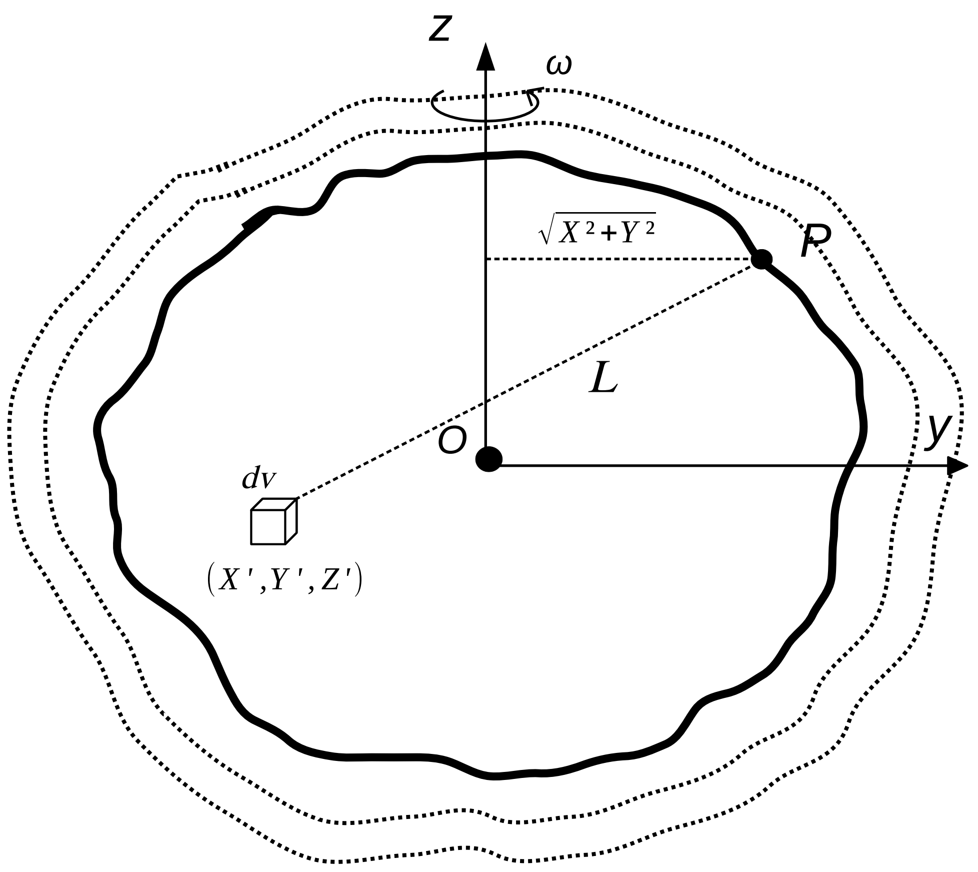
$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2 \left(X^2 + Y^2\right)$$

$$V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

$$L = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O Geope que coincide com o nível médio dos mares não perturbados e se prolonga através dos continentes é denominado **Geoide**



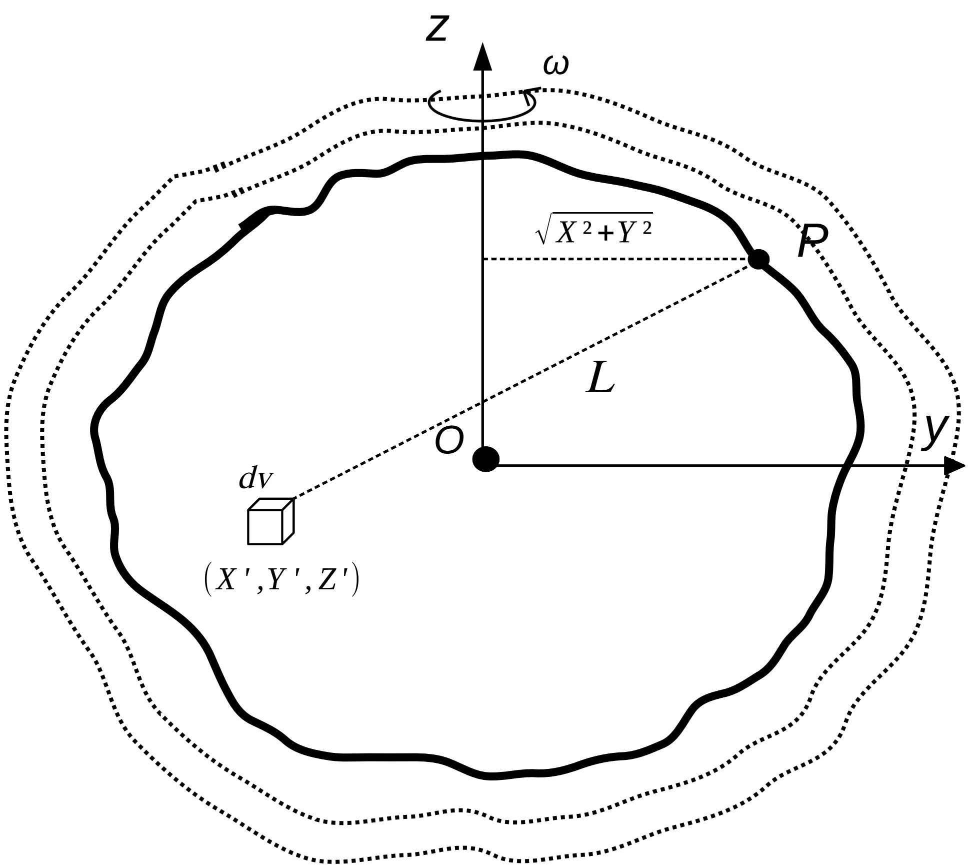
O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2\left(X^2 + Y^2\right)$$

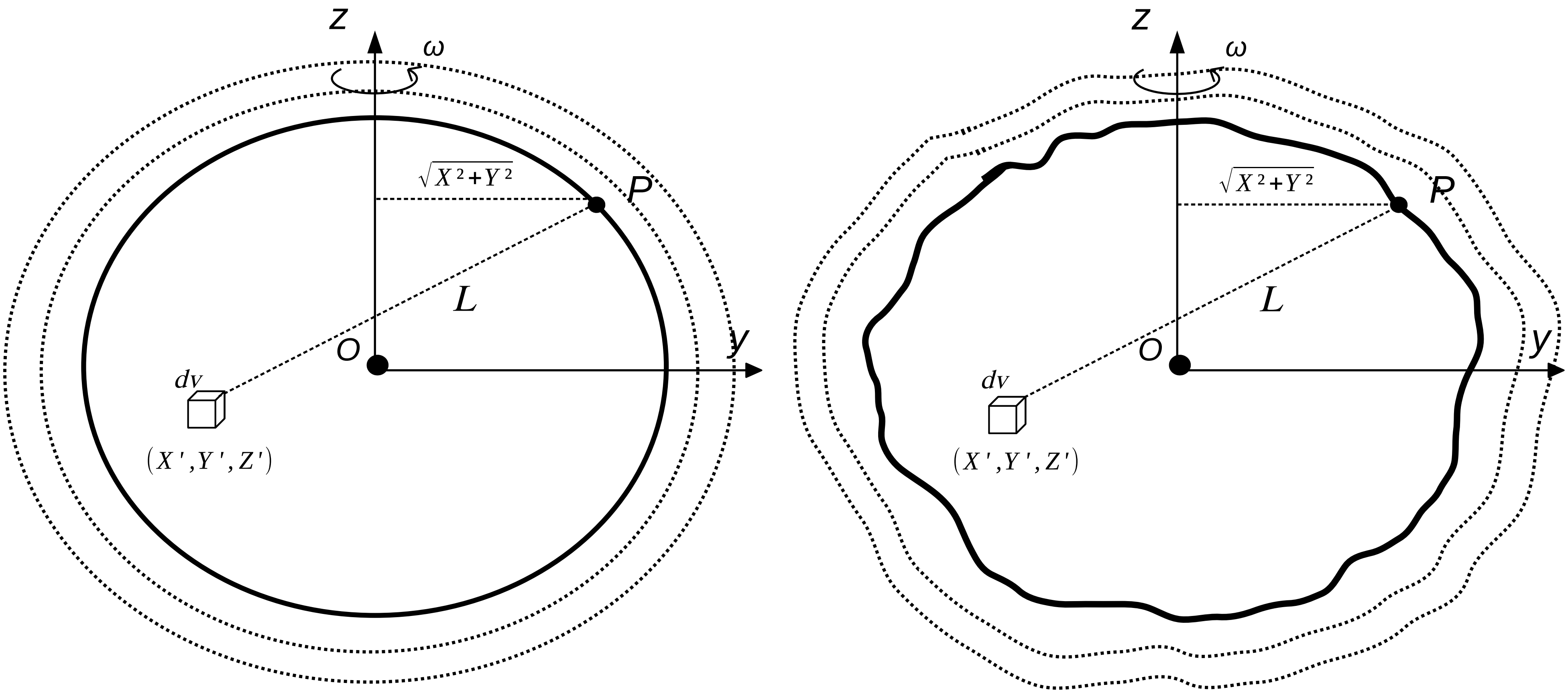
$$V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

$$L = \sqrt{\left(X - X'\right)^2 + \left(Y - Y'\right)^2 + \left(Z - Z'\right)^2}$$

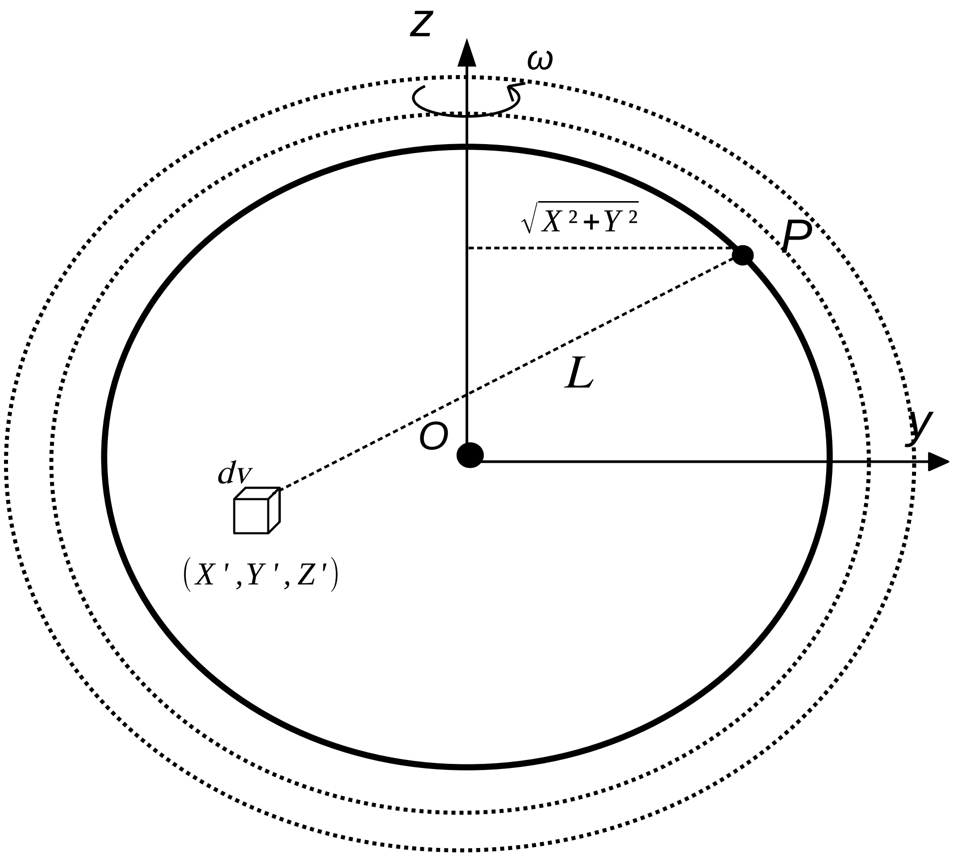


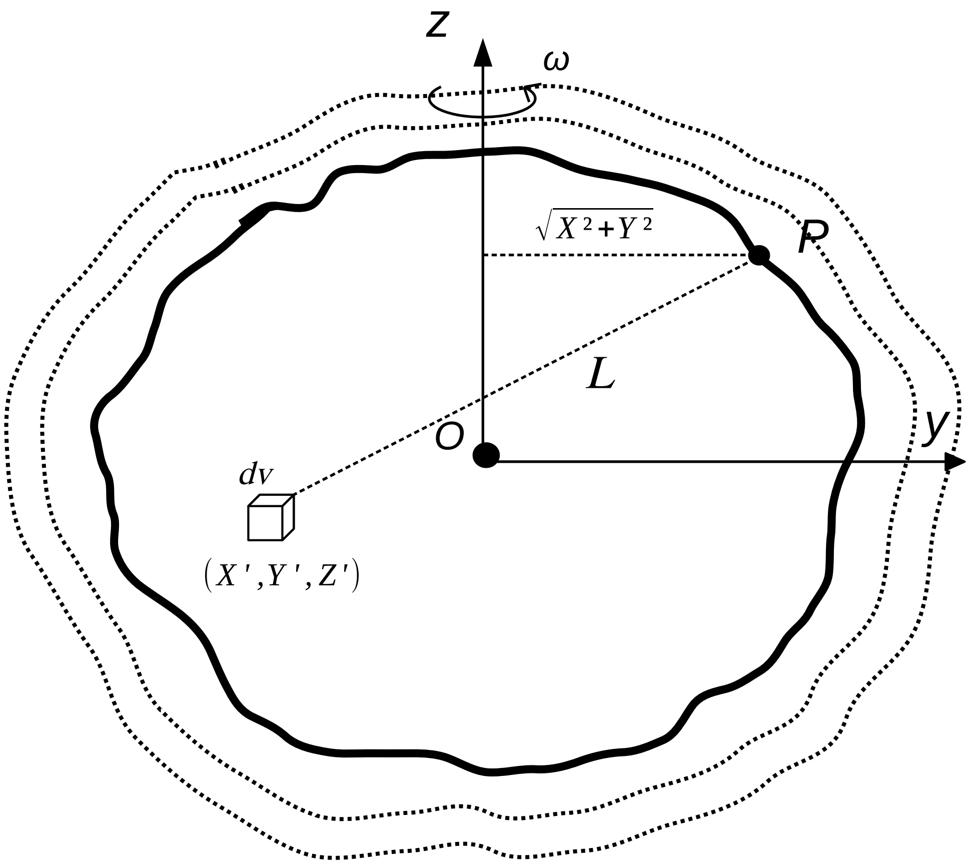
O Geope que coincide com o nível médio dos mares não perturbados e se prolonga através dos continentes é denominado **Geoide**

O Geoide é uma superfície que se aproxima da superfície física da Terra.



De forma análoga, a Terra Normal produz um campo de gravidade denominado **campo de gravidade normal**.





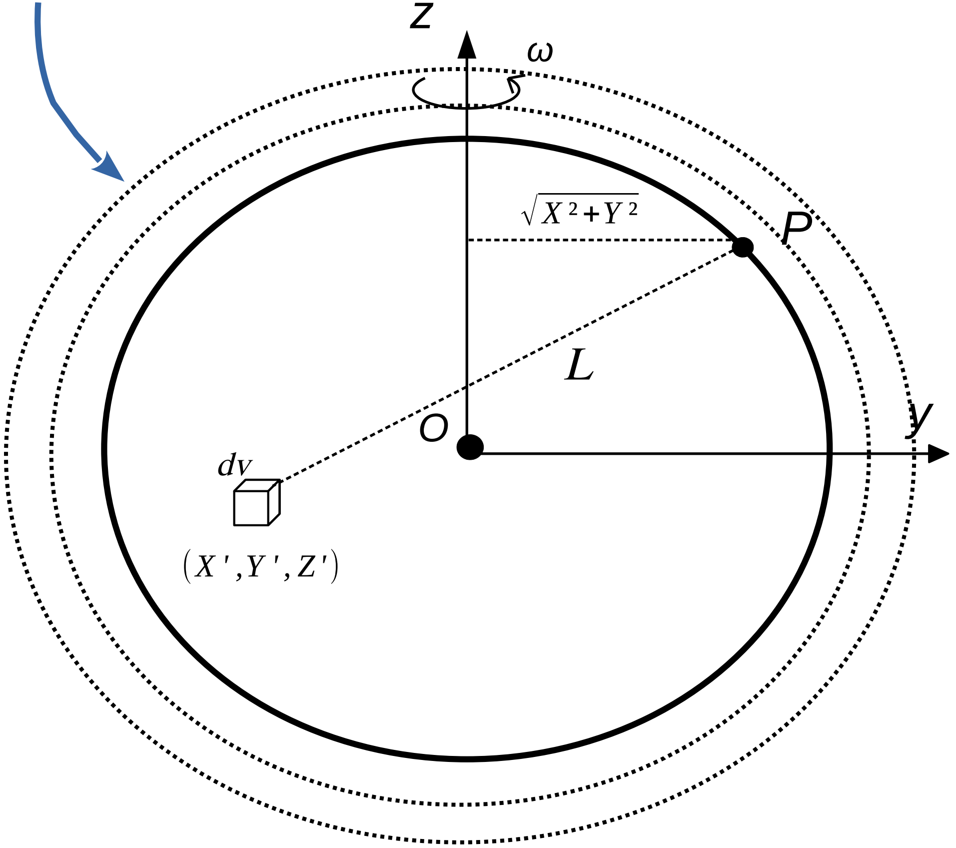
$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

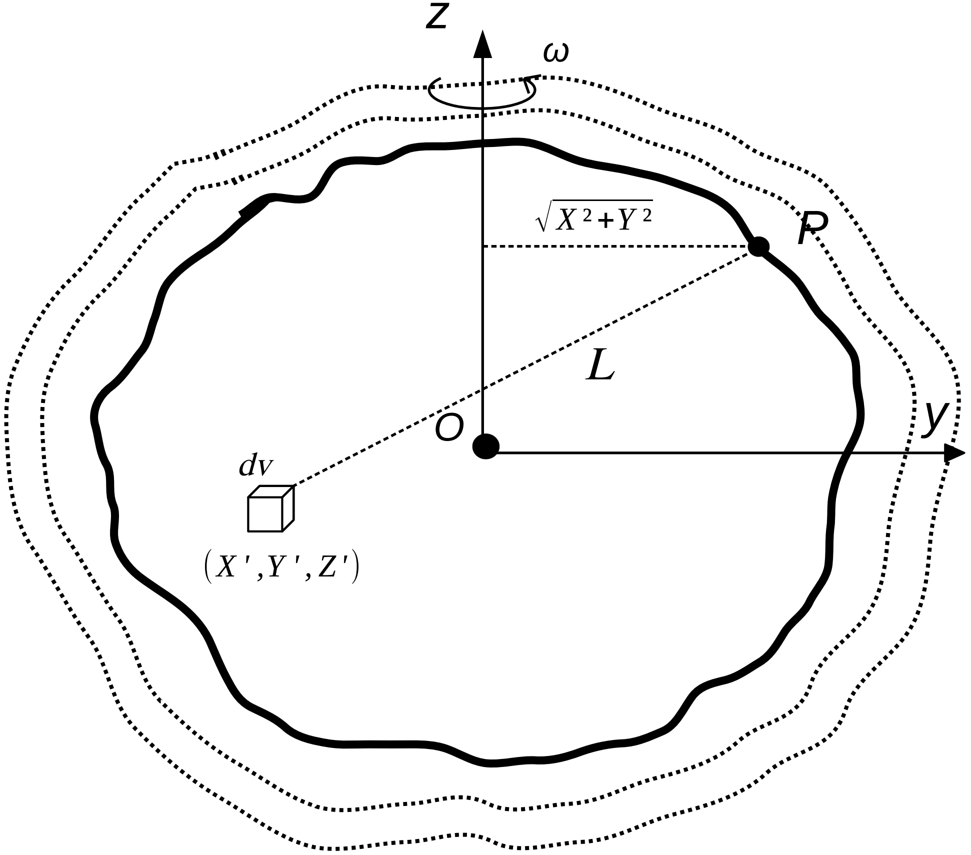
$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

As equipotenciais do campo de gravidade normal são denominadas **Esferopes**



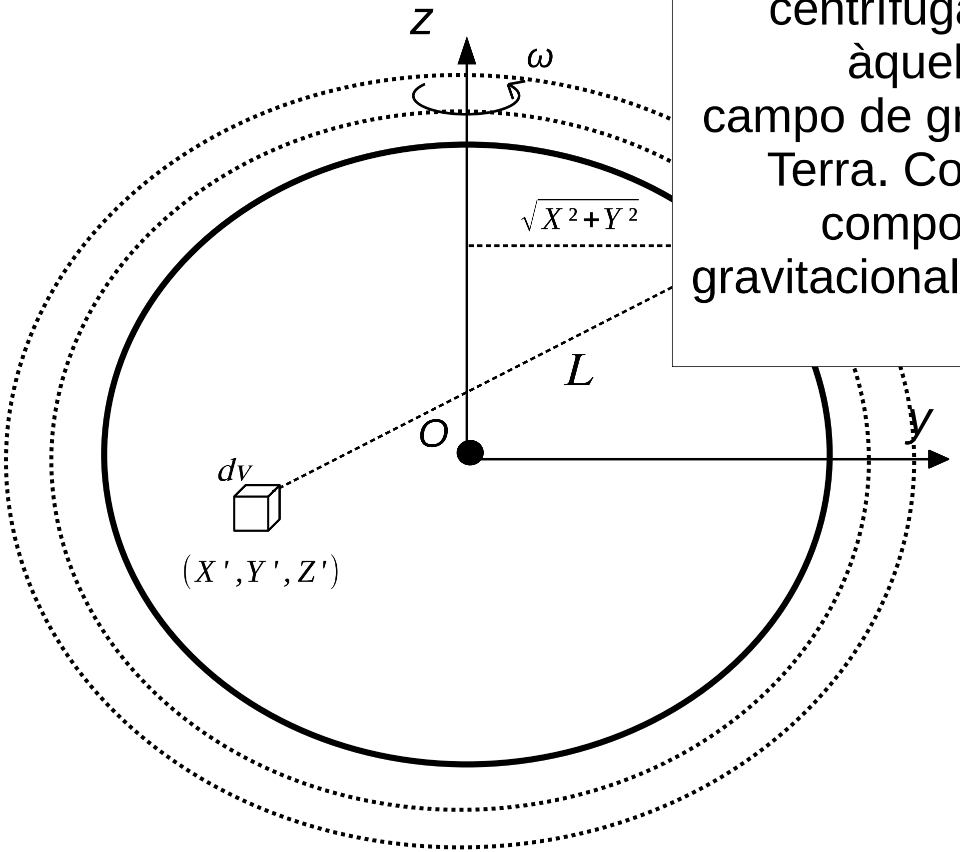
$$\tilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\tilde{\rho}}{L}\,dv$$

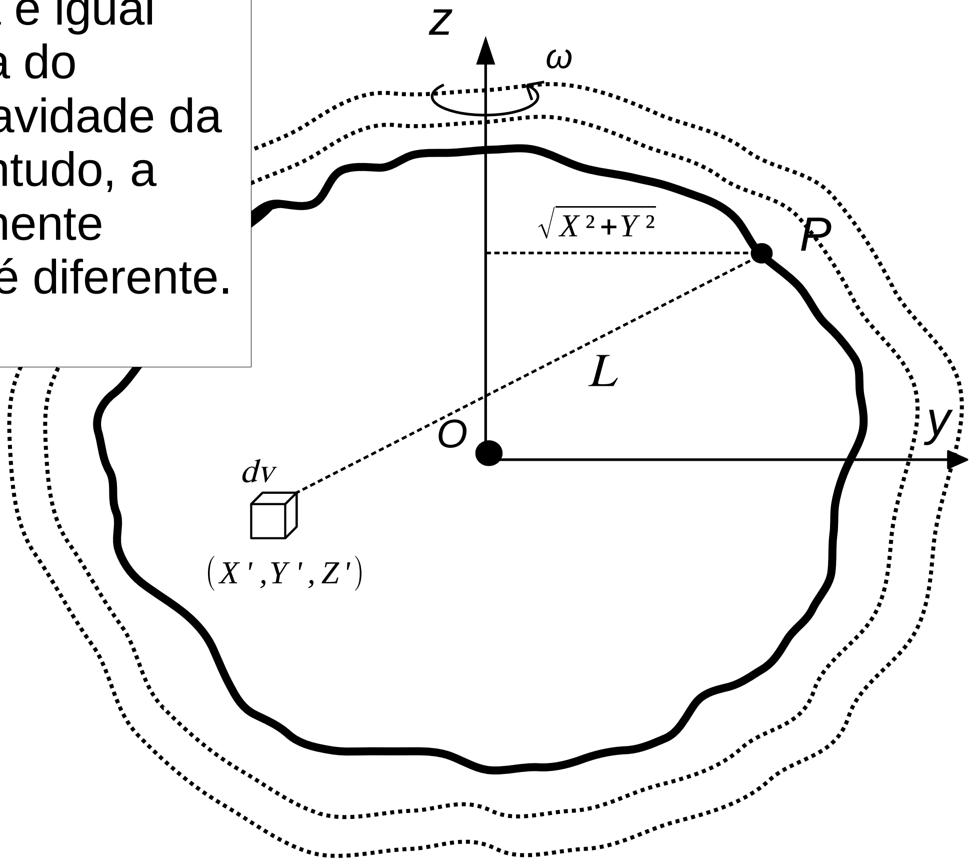


$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$



A componente centrífuga é igual àquela do campo de gravidade da Terra. Contudo, a componente gravitacional é diferente.



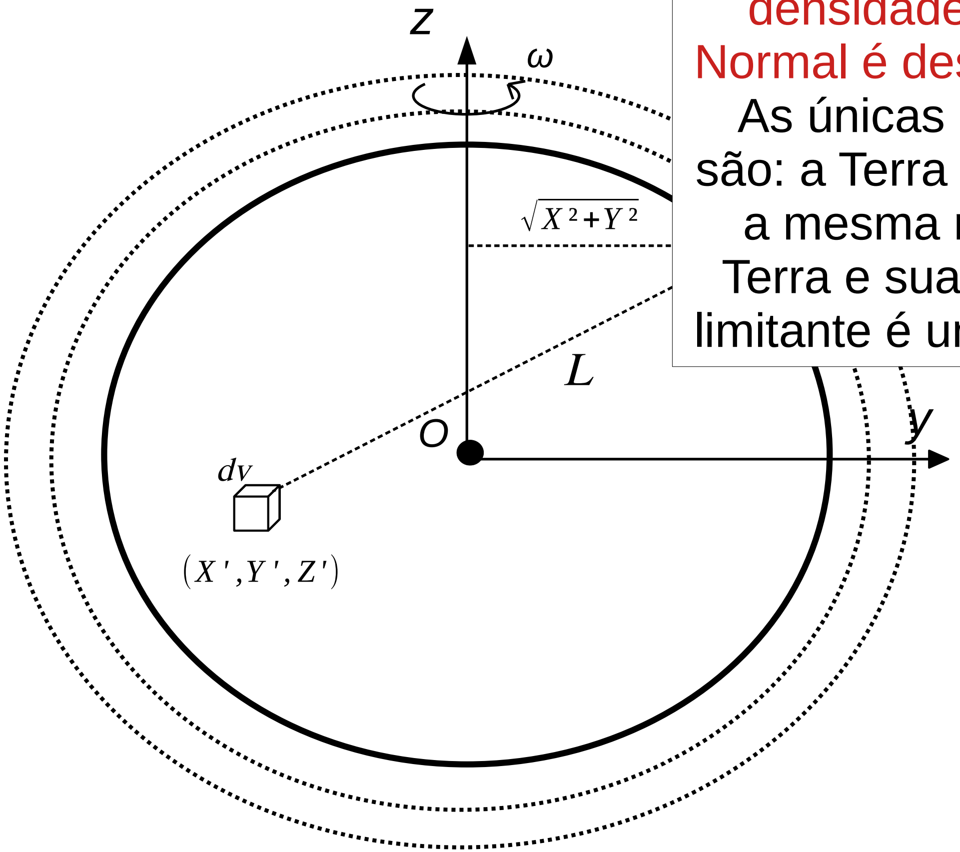
$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

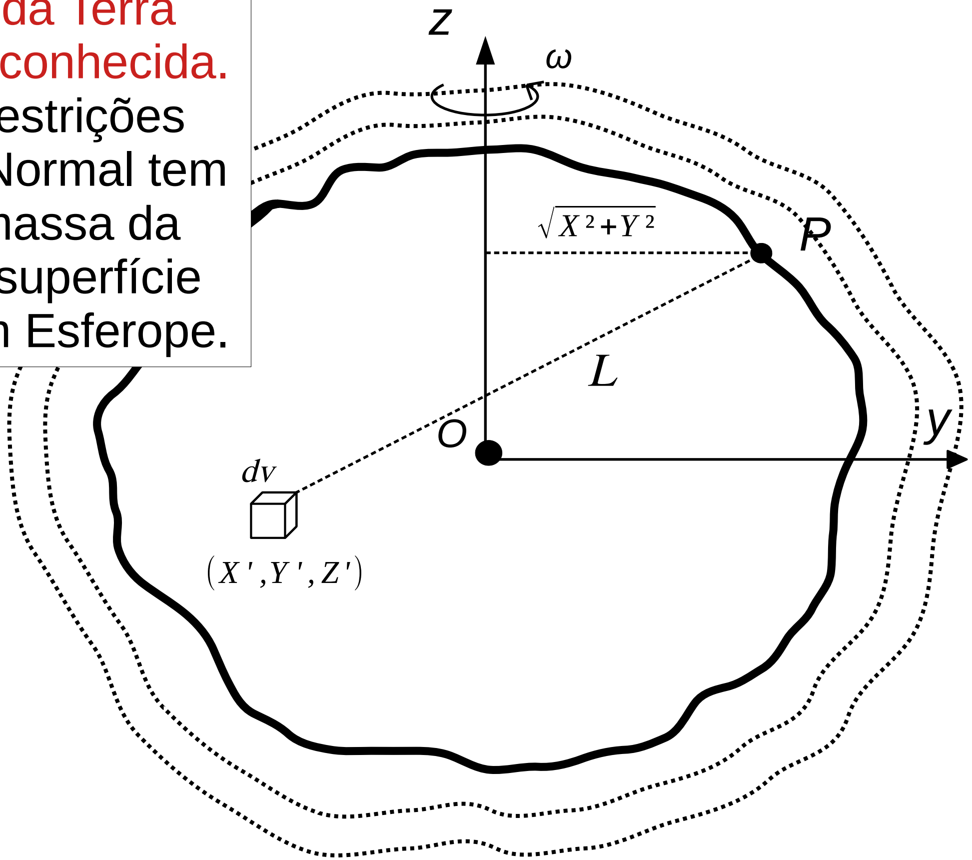
$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

A distribuição interna de densidade da Terra Normal é desconhecida. As únicas restrições são: a Terra Normal tem a mesma massa da Terra e sua superfície limitante é um Esferope.





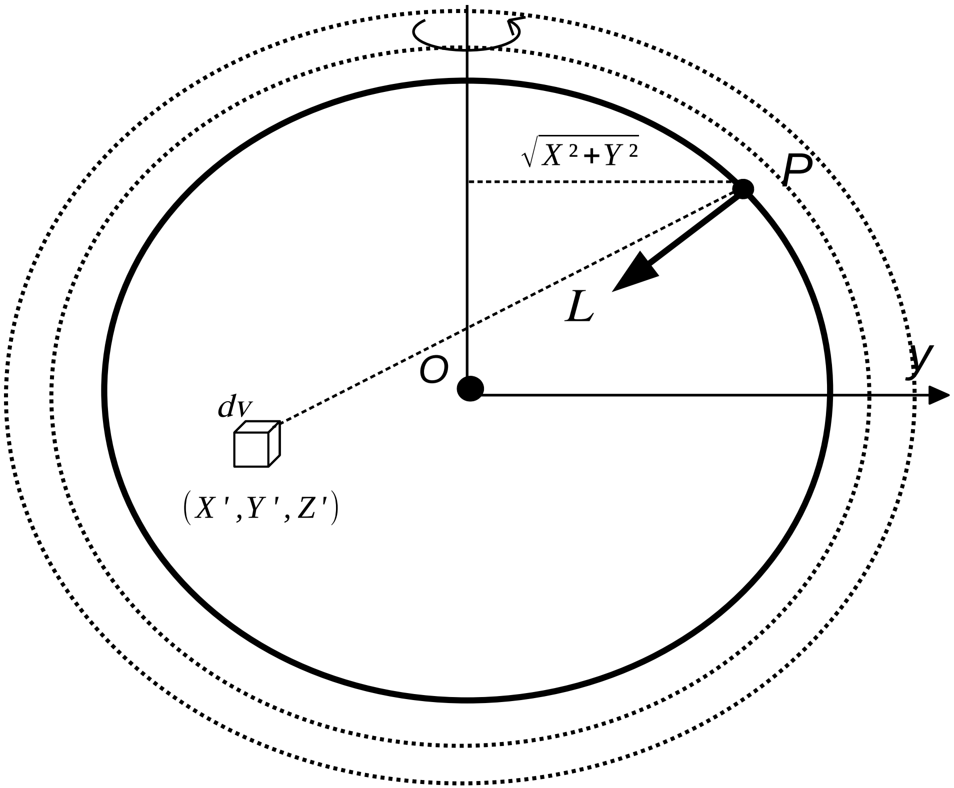
$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2+Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

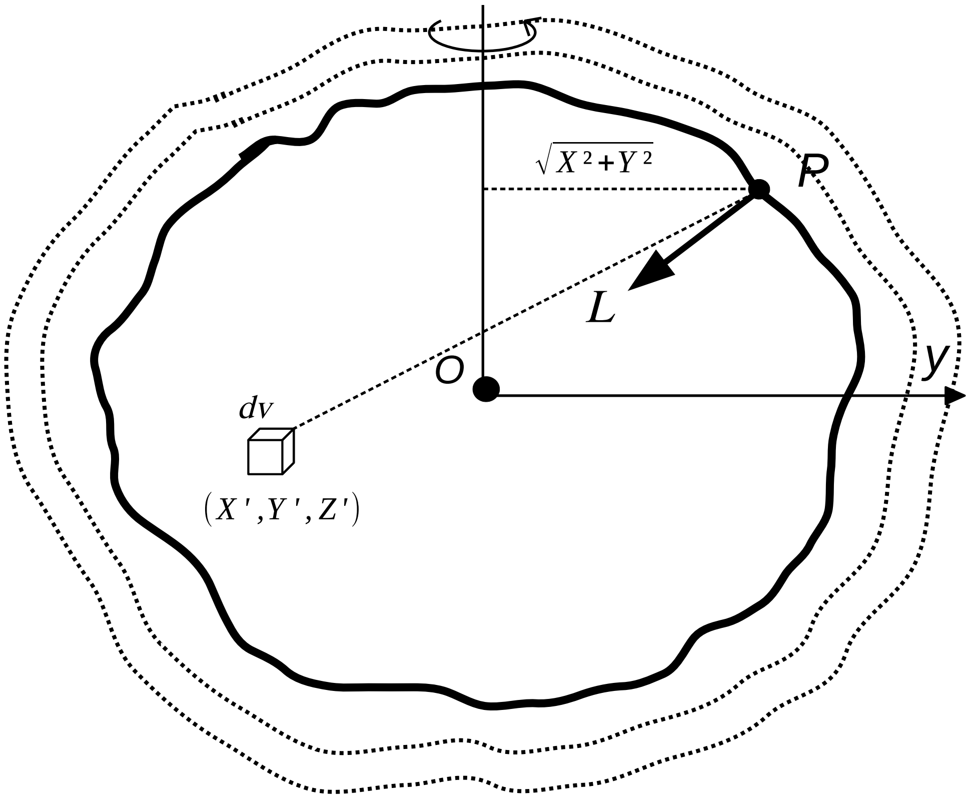
O **vetor gravidade normal** no ponto P é definido como o gradiente do potencial de gravidade normal no ponto P.



$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2+Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

O **vetor gravidade** no ponto P é definido como o gradiente do potencial de gravidade no ponto P

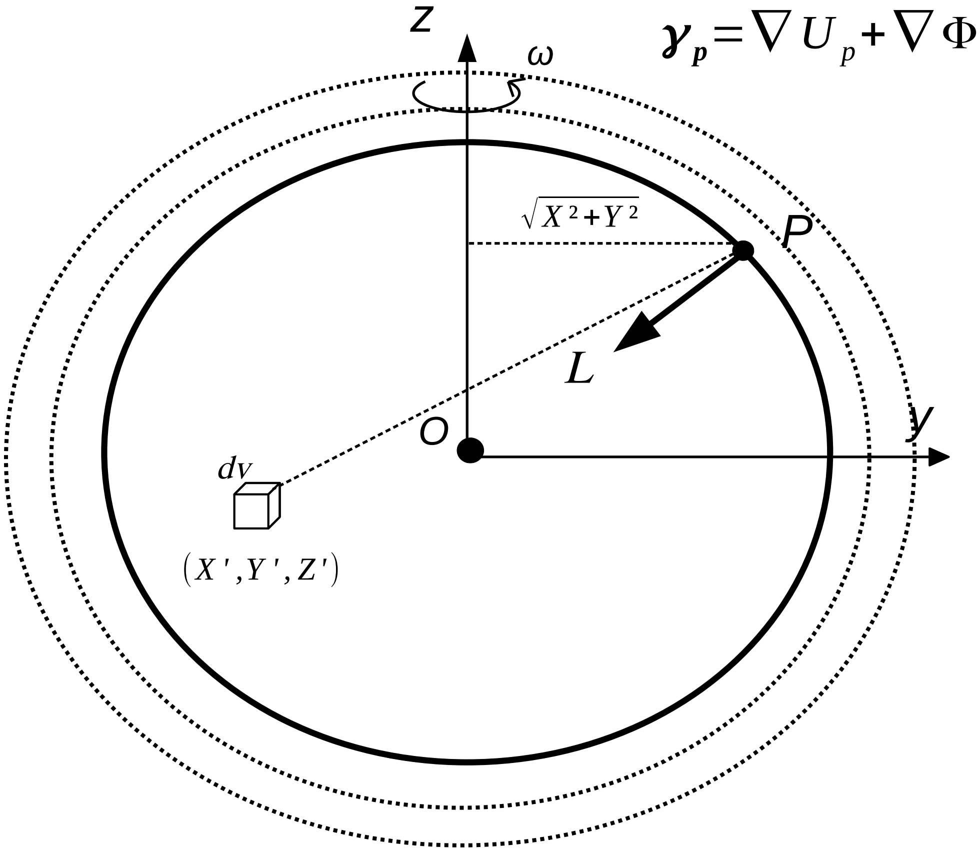


$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2+Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

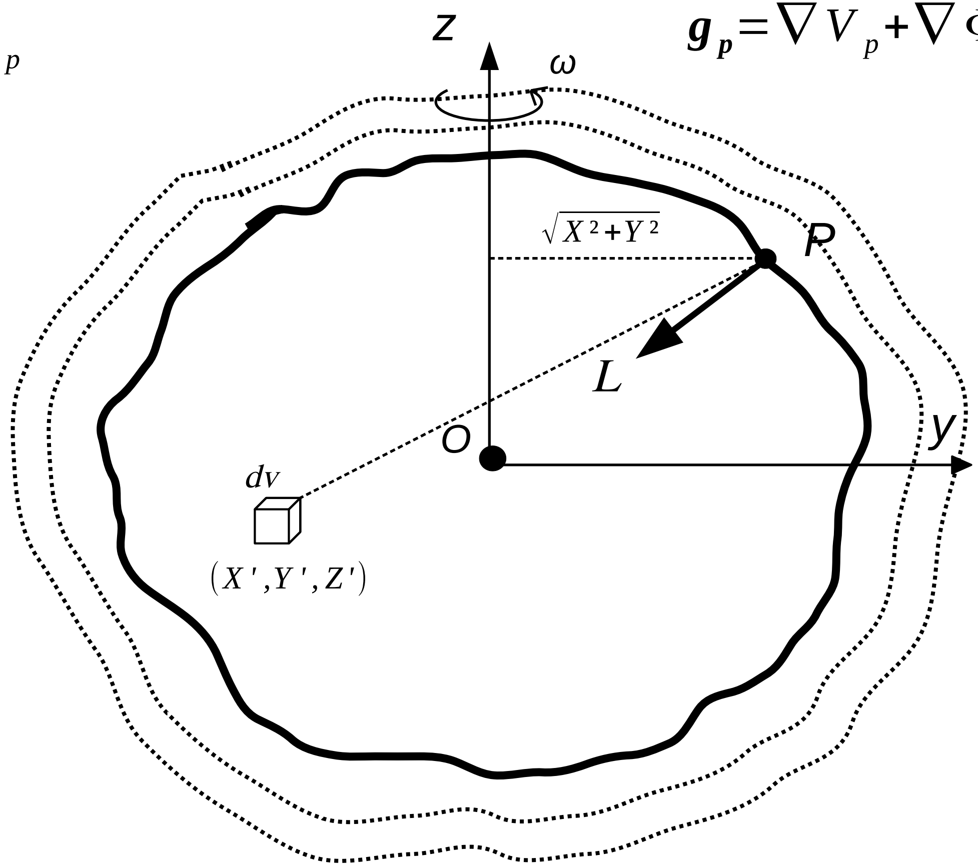


$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2 \left(X^2 + Y^2 \right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\, dv$$

$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

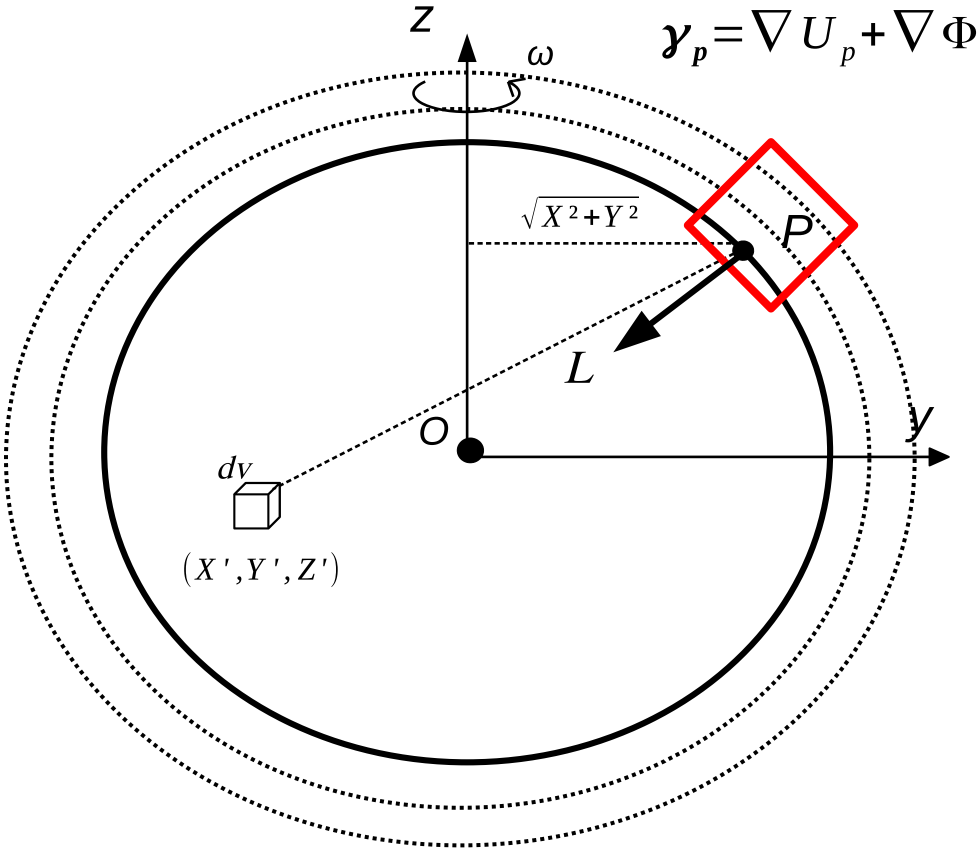


$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2 \left(X^2 + Y^2 \right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\, dv$$

$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

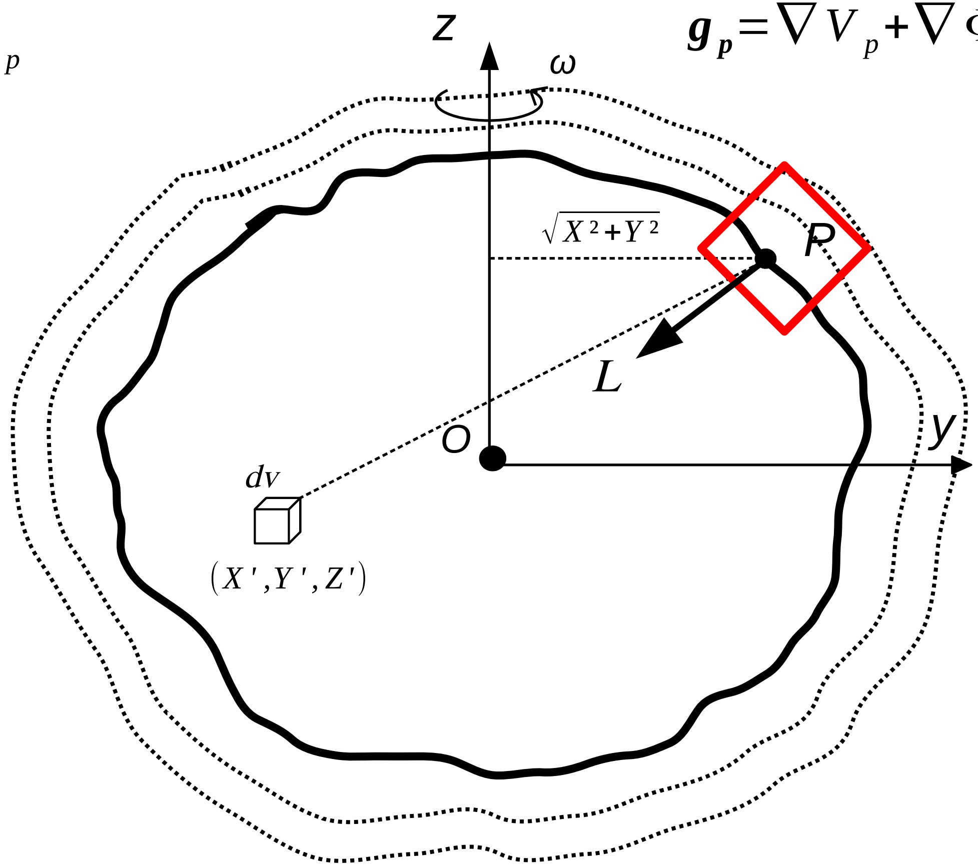


$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

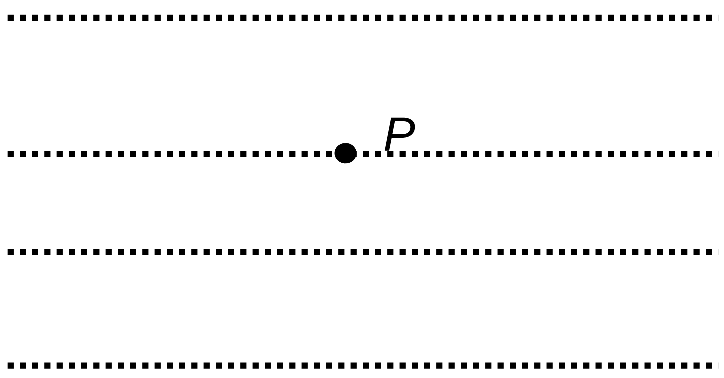


$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

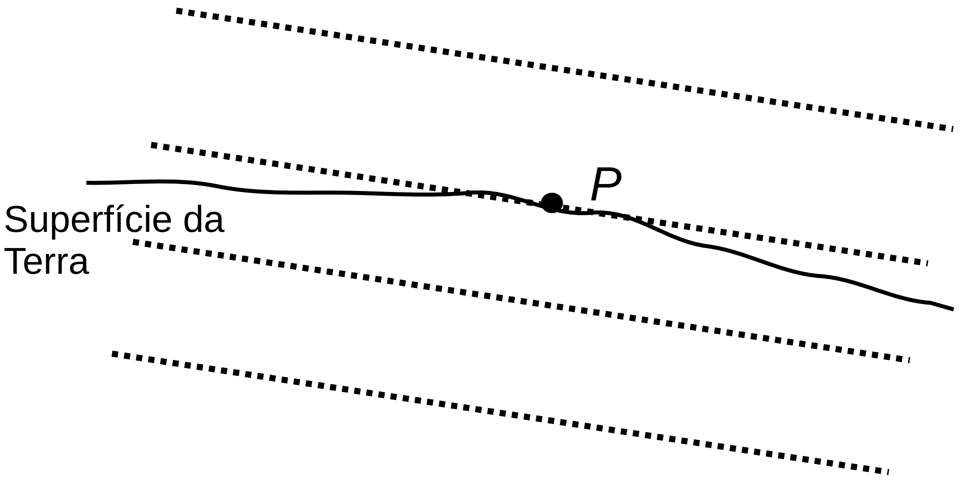


$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$\boldsymbol{g}_p = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_p = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

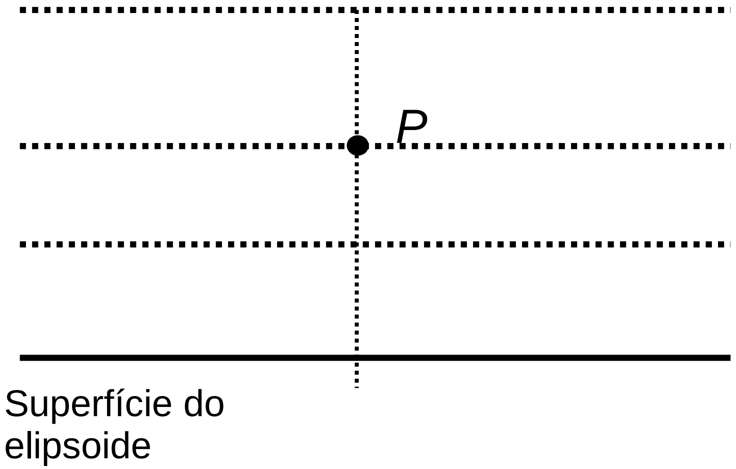


$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

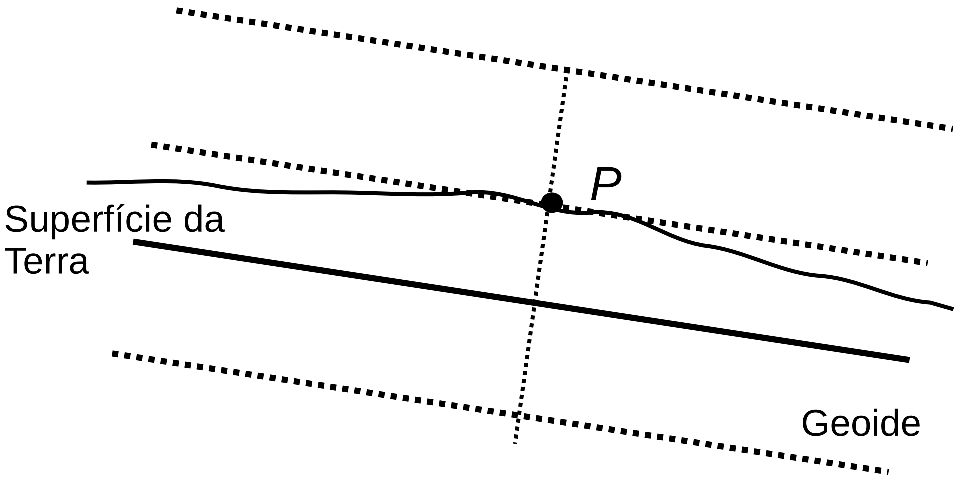


$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\, dv$$

$$\boldsymbol{g}_p = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_p = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$



$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\,\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\, dv$$

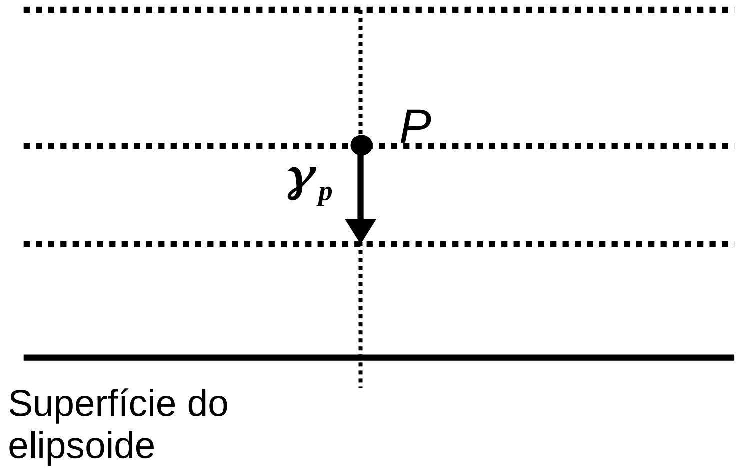
$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

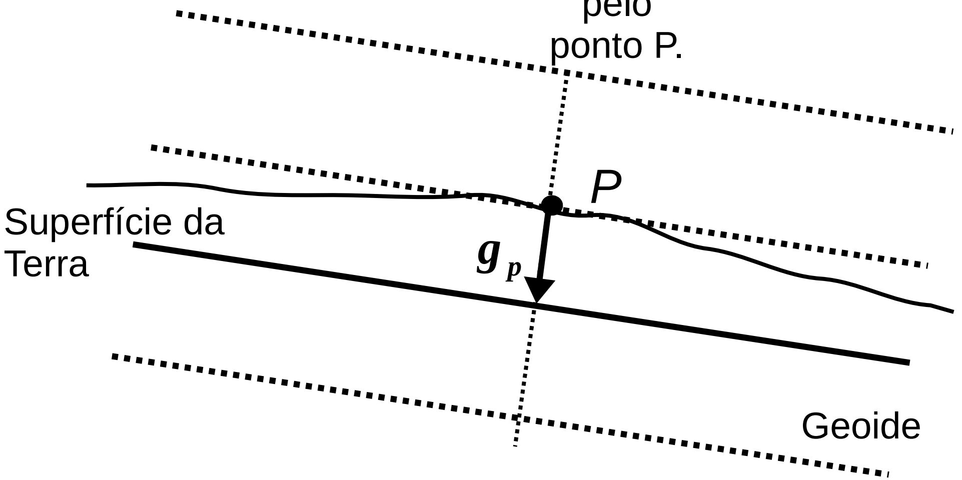
$$\boldsymbol{g}_p = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_p = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

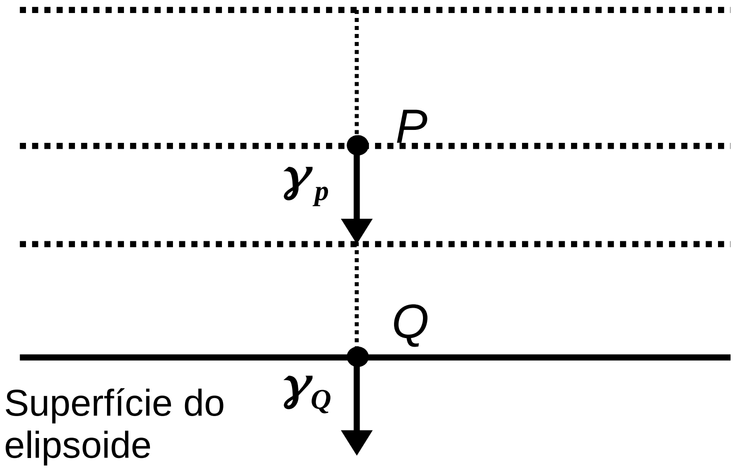
$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

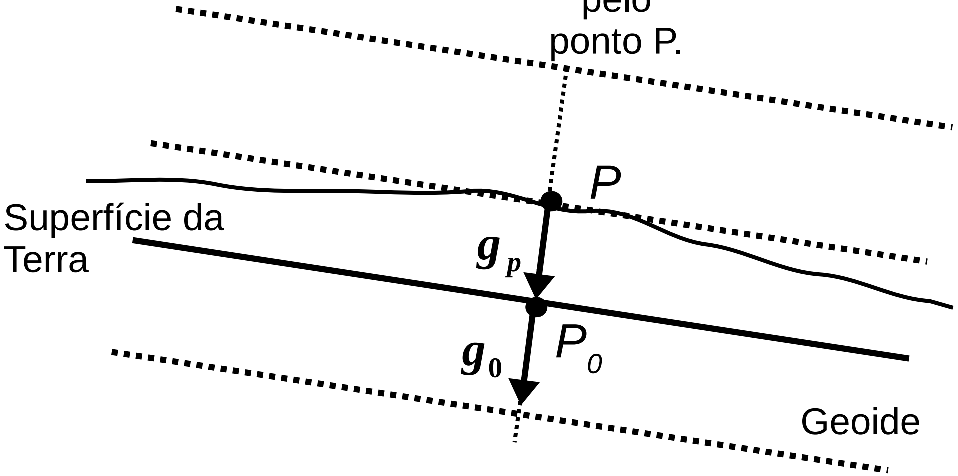
$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

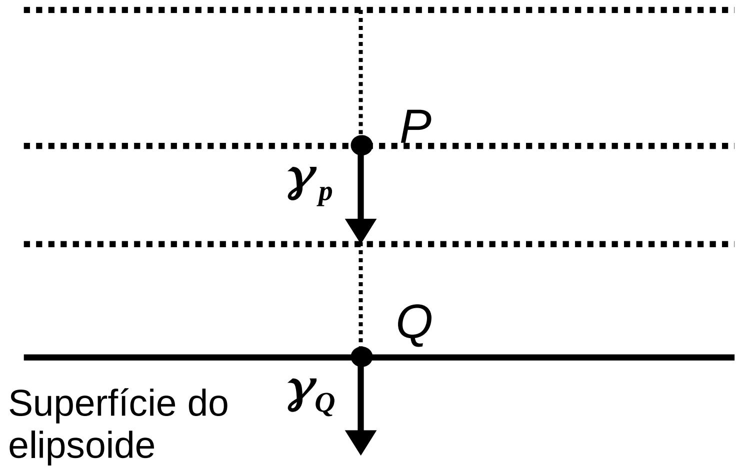
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

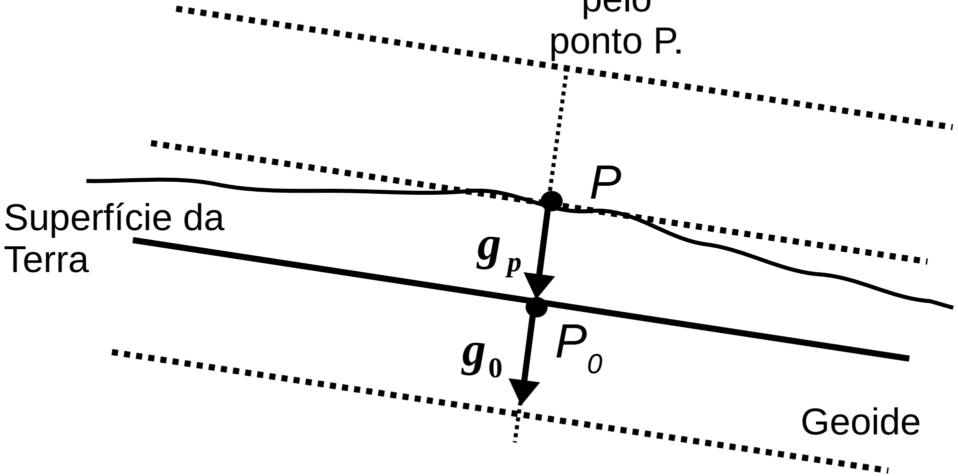
$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



$$\boldsymbol{\Delta g_P} = \boldsymbol{g_0} - \boldsymbol{\gamma_Q}$$

Vetor anomalia de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\, dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\, dv$$

$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla \widetilde{W}_p$$

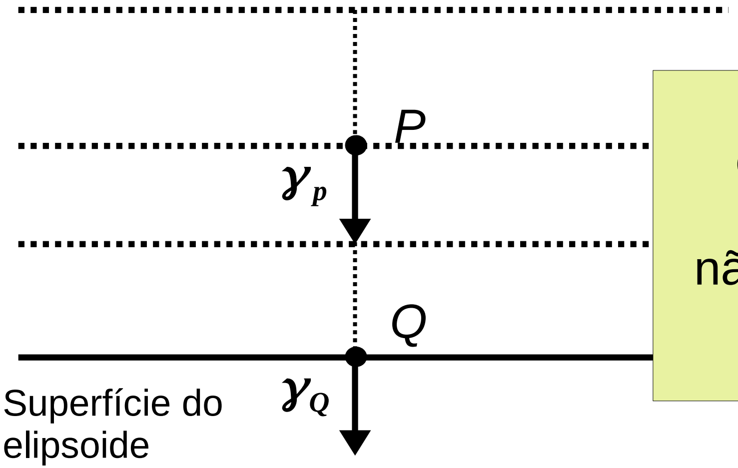
$$\boldsymbol{\gamma}_p = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

$$\boldsymbol{g}_p = \nabla W_p$$

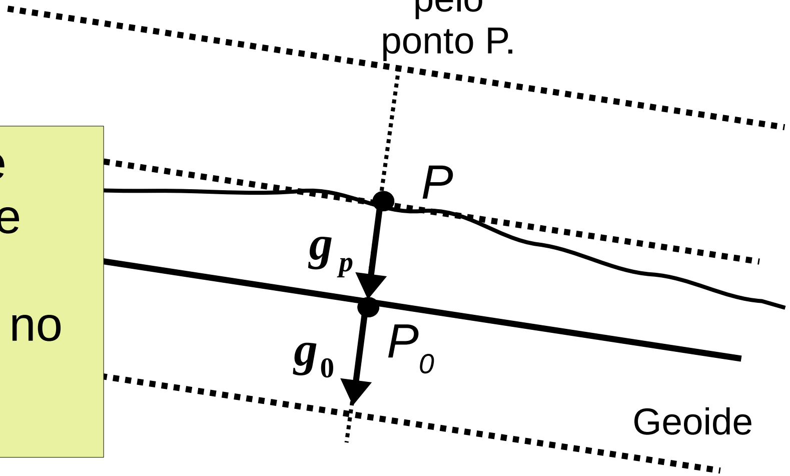
$$\boldsymbol{g}_p = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



O vetor gravidade
e o vetor gravidade
normal
não estão avaliados no
mesmo ponto



$$\Delta \boldsymbol{g}_P = \boldsymbol{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

Vetor anomalia de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

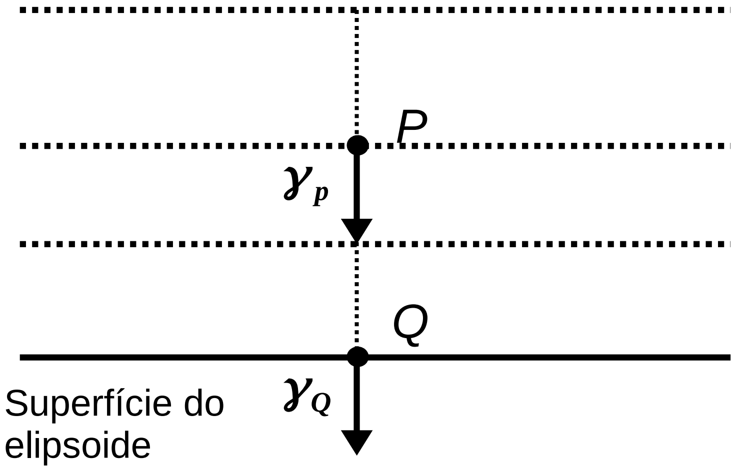
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

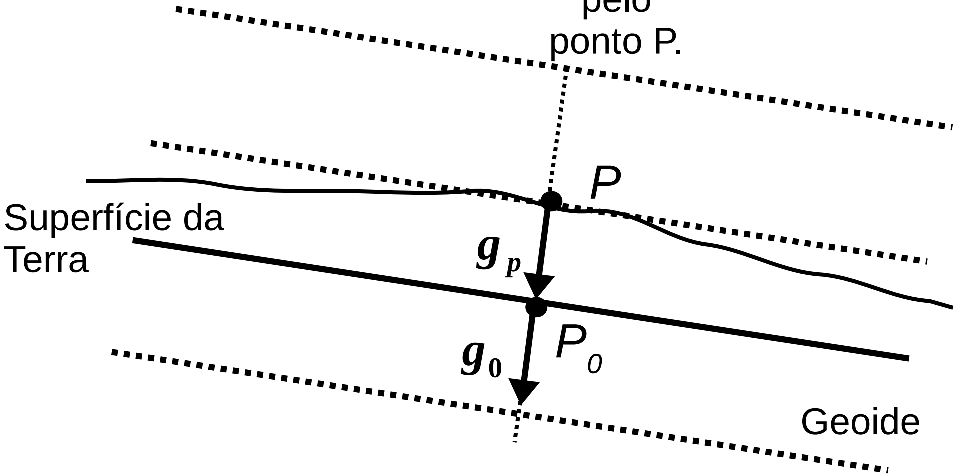
$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

Anomalia de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$

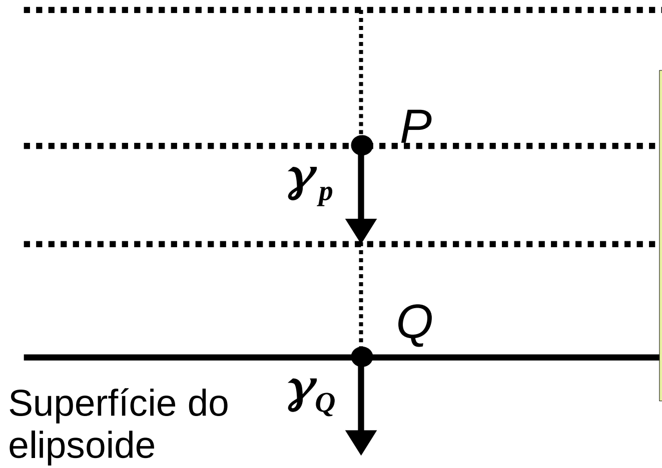
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

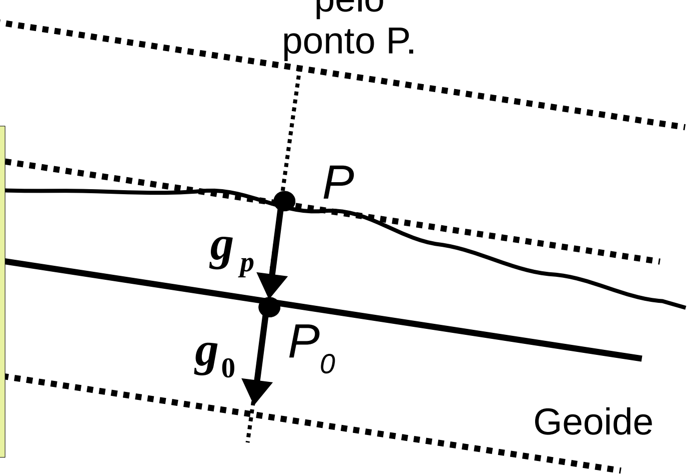
$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



A gravidade e a gravidade normal também não estão avaliadas no mesmo ponto



$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

Anomalia de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

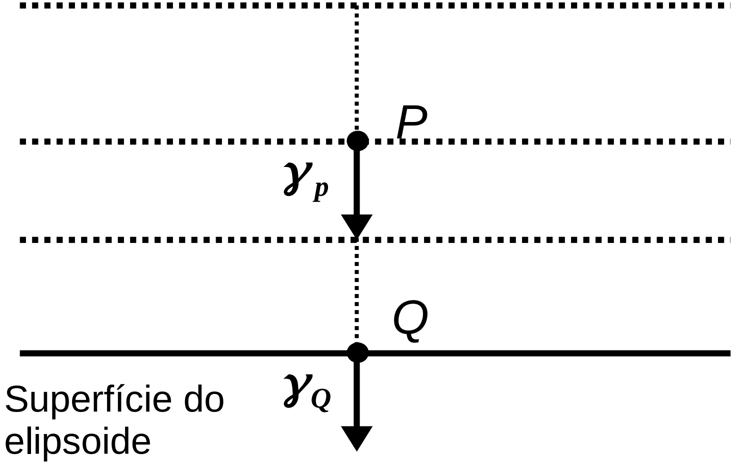
$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

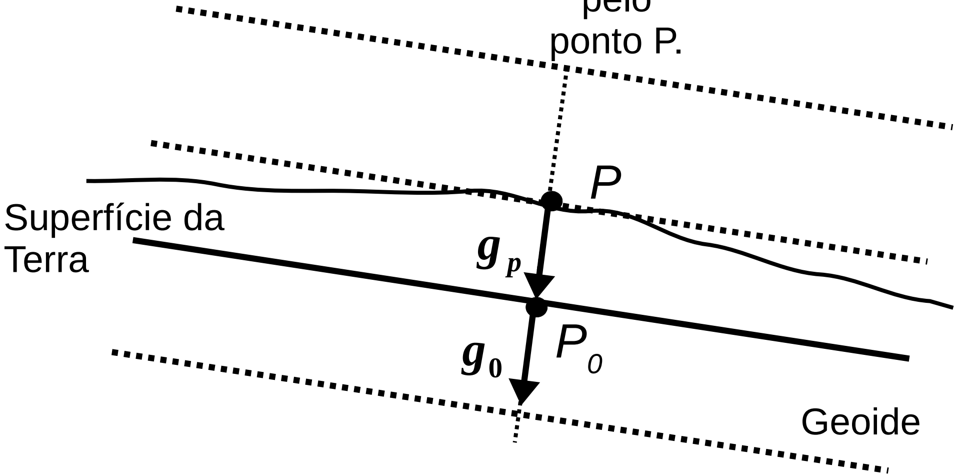
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$
$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



$$\boldsymbol{\delta g_P} = \boldsymbol{g_P} - \boldsymbol{\gamma_P}$$

Vetor distúrbio de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

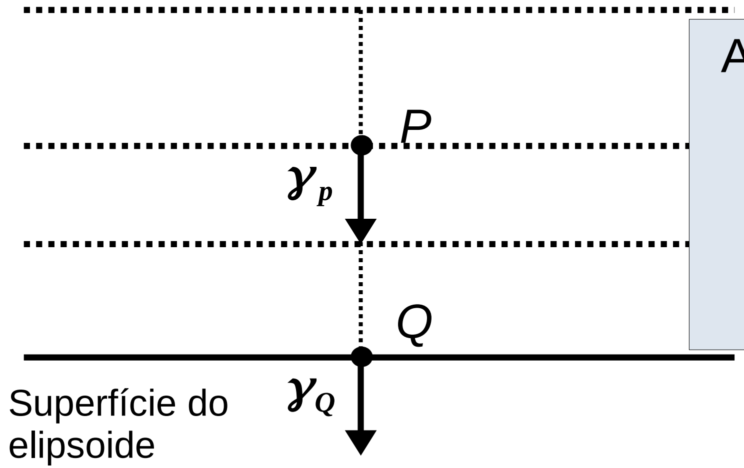
$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

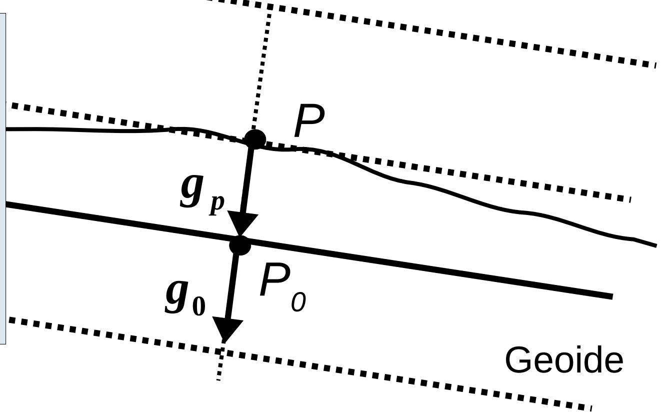
$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo
ponto P.



Agora o vetor gravidade e o vetor gravidade normal
estão avaliados no mesmo ponto

$$\boldsymbol{\delta g_P} = \boldsymbol{g_P} - \boldsymbol{\gamma_P}$$

Vetor distúrbio de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$

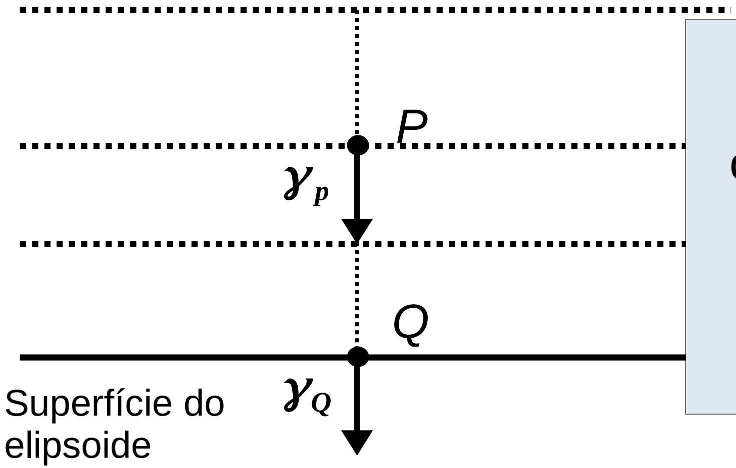
$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

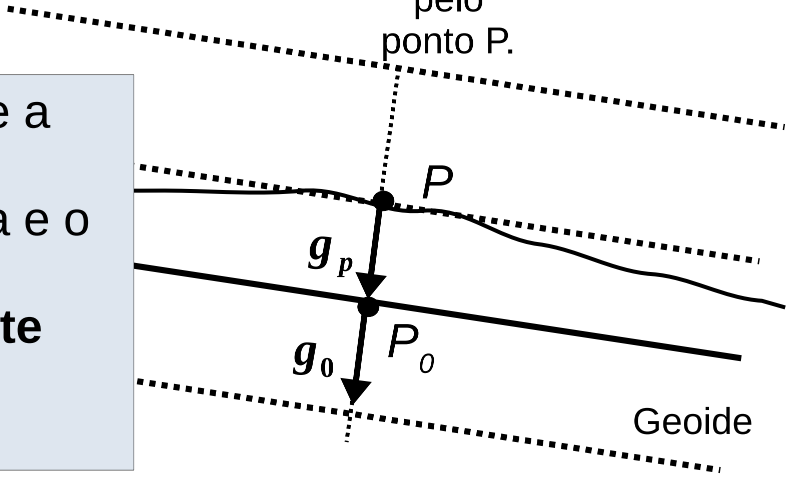
$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$
$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo
ponto P.



Isso significa que a componente centrífuga se anula e o resultado é uma **componente puramente gravitacional**



$$\boldsymbol{\delta g_P} = \boldsymbol{g_P} - \boldsymbol{\gamma_P}$$

Vetor distúrbio de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p$$
$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$W_p = V_p + \Phi_p$$
$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

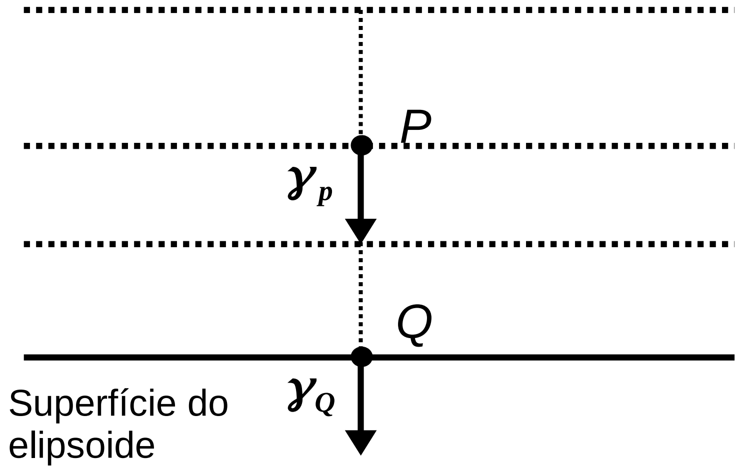
$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma}_{\boldsymbol{p}} = \nabla U_p + \nabla \Phi_p$$

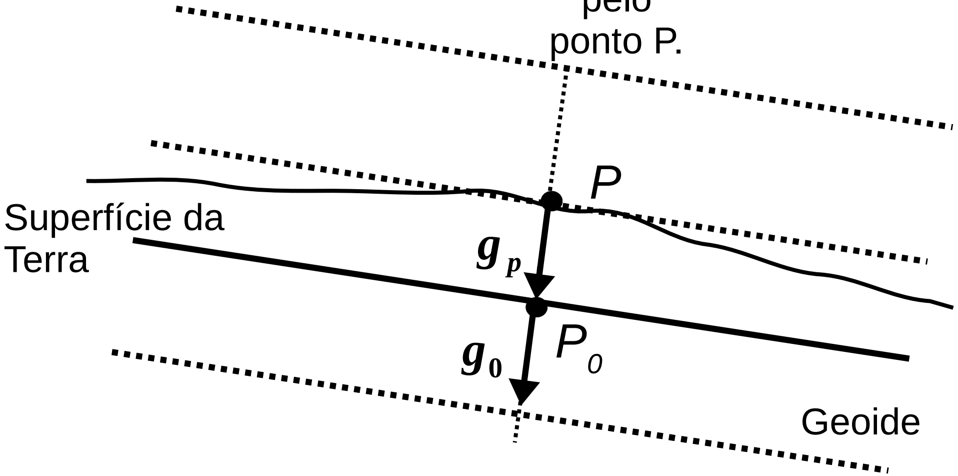
$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g}_{\boldsymbol{p}} = \nabla V_p + \nabla \Phi_p$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.



$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de gravidade

$$\widetilde{W}_p = U_p + \Phi_p \qquad W_p = V_p + \Phi_p$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L}\,dv$$

$$\Phi_p = \frac{10^5}{2}\omega^2\left(X^2 + Y^2\right) \qquad V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L}\,dv$$

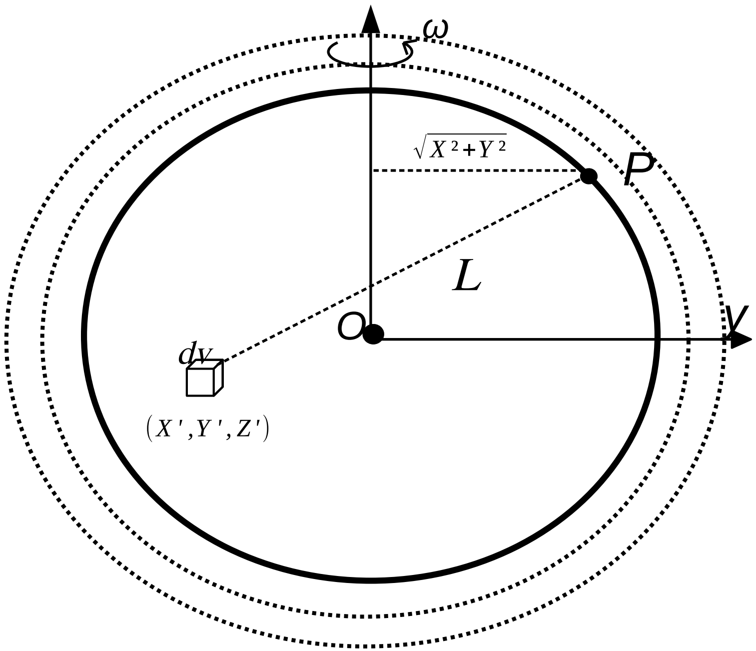
$$\boldsymbol{\delta g_P = g_P - \gamma_P}$$

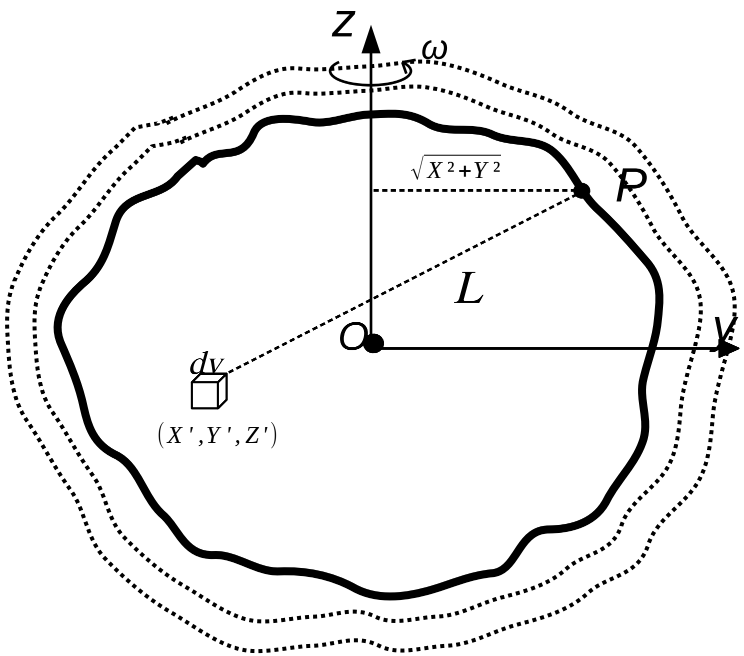
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$





$$\boldsymbol{\delta g_P = g_P - \gamma_P}$$

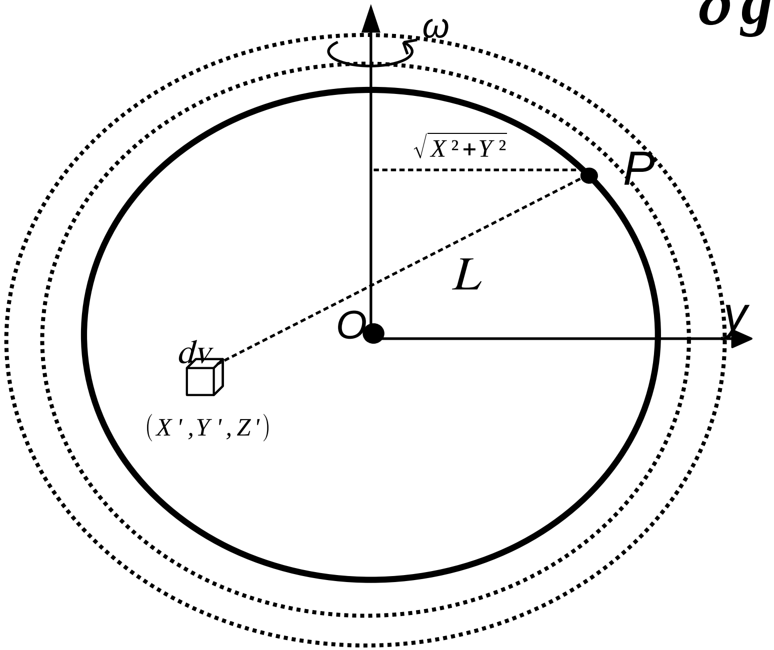
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$

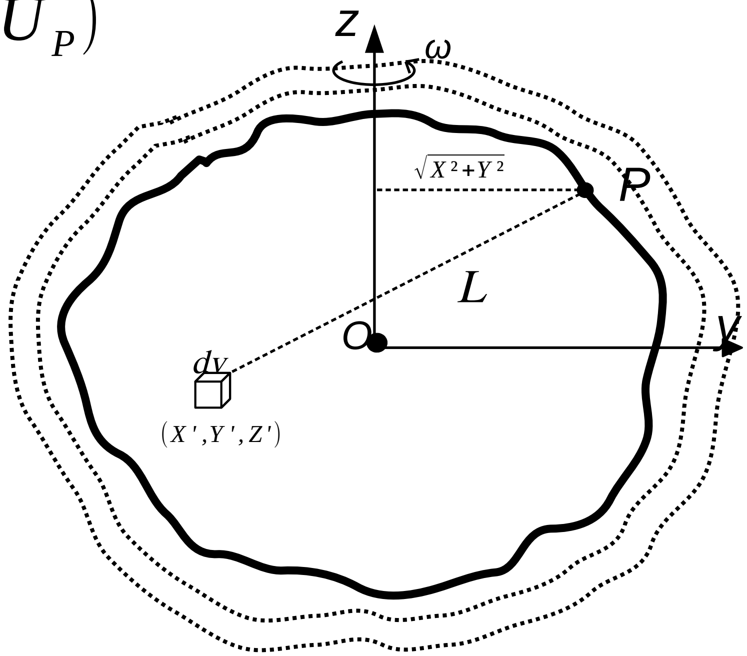
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$

$$\boldsymbol{\delta g_P} = \nabla \left(V_P - U_P \right)$$





$$U_p = k_g \int\int\int \frac{\widetilde{\rho}}{L} dv$$

$$V_p = k_g \int\int\int \frac{\rho}{L} dv$$

$$\boldsymbol{\delta g_P} = \boldsymbol{g_P} - \boldsymbol{\gamma_P}$$

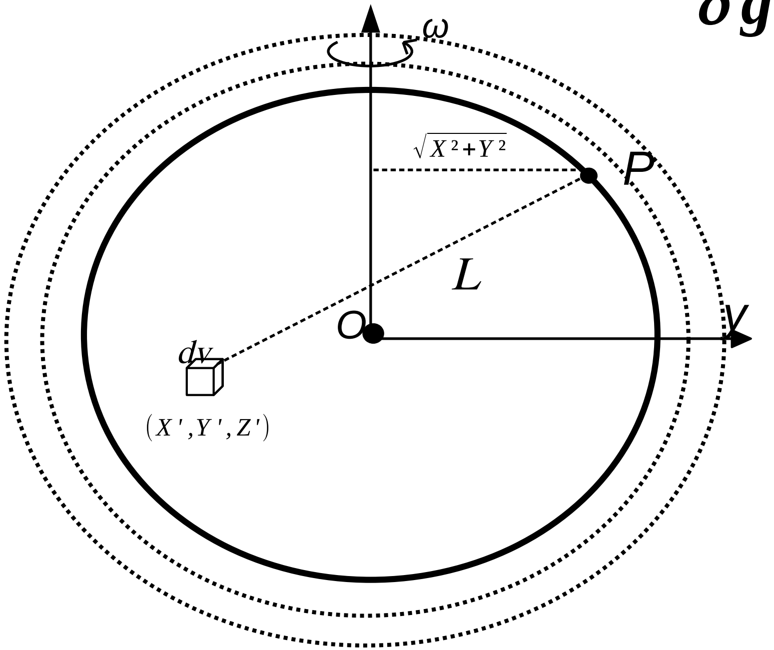
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$

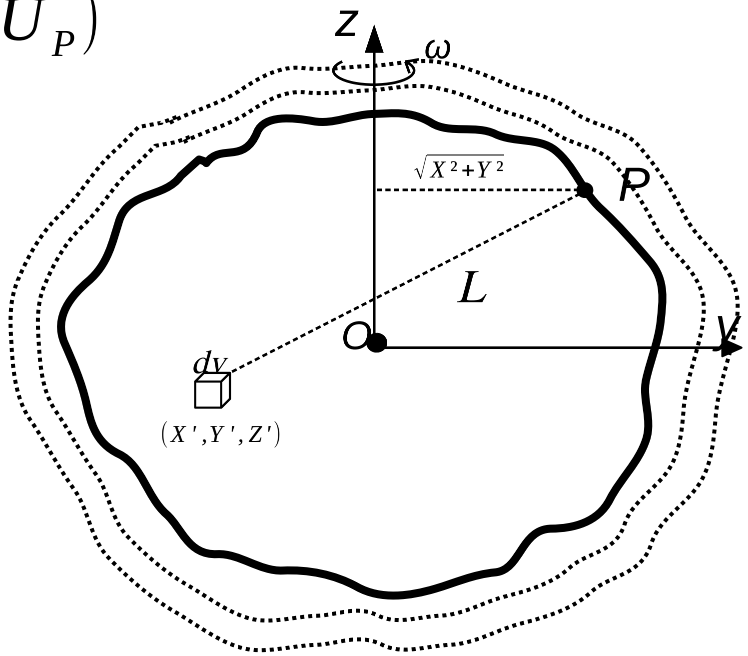
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$

$$\boldsymbol{\delta g_P} = \nabla (V_P - U_P)$$





$$\boldsymbol{\delta g_P} = k_g \int\int\int (\rho - \widetilde{\rho}) \nabla \frac{1}{L} dv$$

$$\boldsymbol{\delta g_P} = \boldsymbol{g_P} - \boldsymbol{\gamma_P}$$

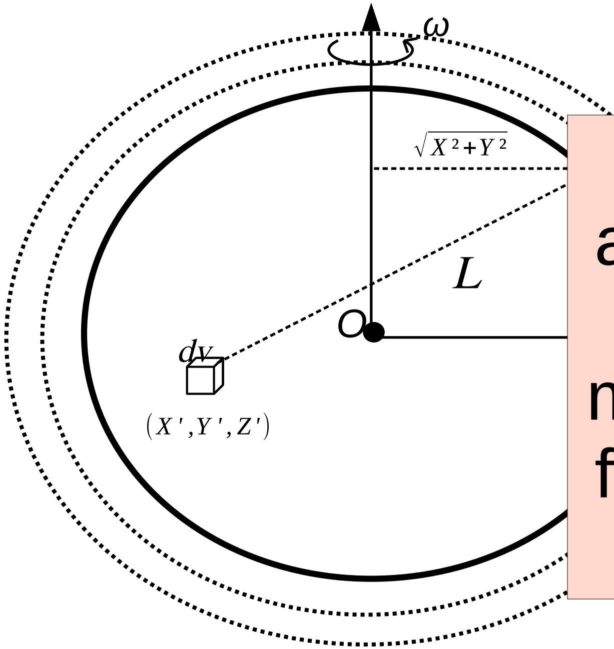
$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla U_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$

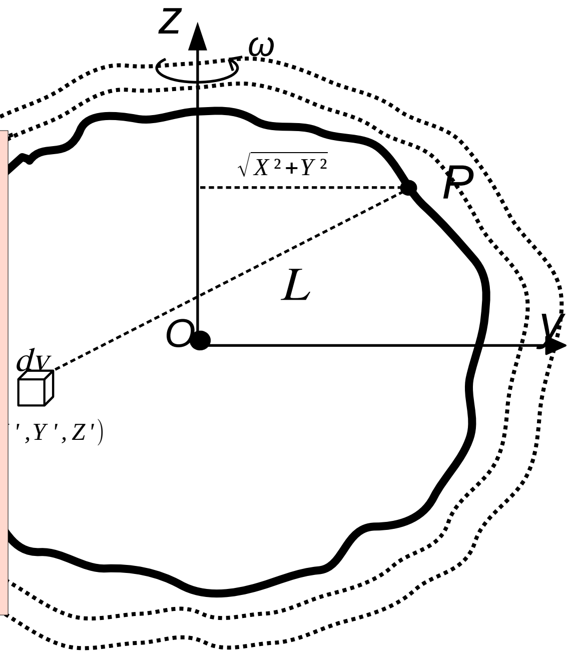
$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla V_p + \cancel{\nabla \Phi_p}$$

$$\boldsymbol{\delta g_P} = \nabla (V_P - U_P)$$



Representa a atração gravitacional exercida pelas massas anômalas ou fontes gravimétricas!

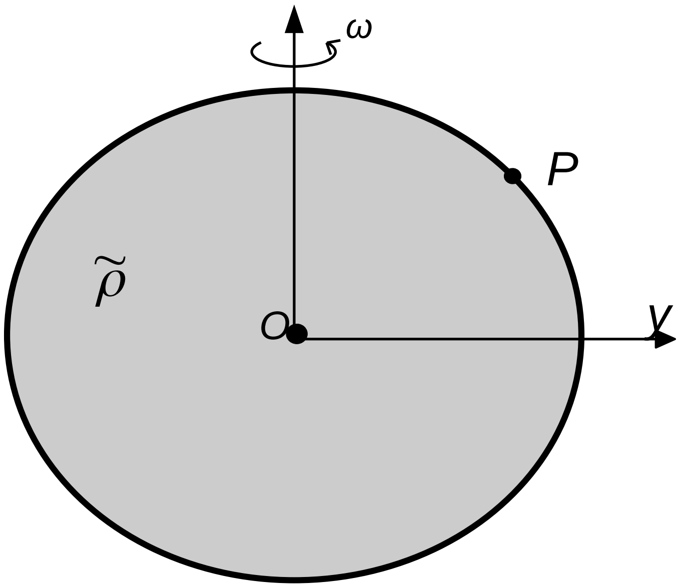


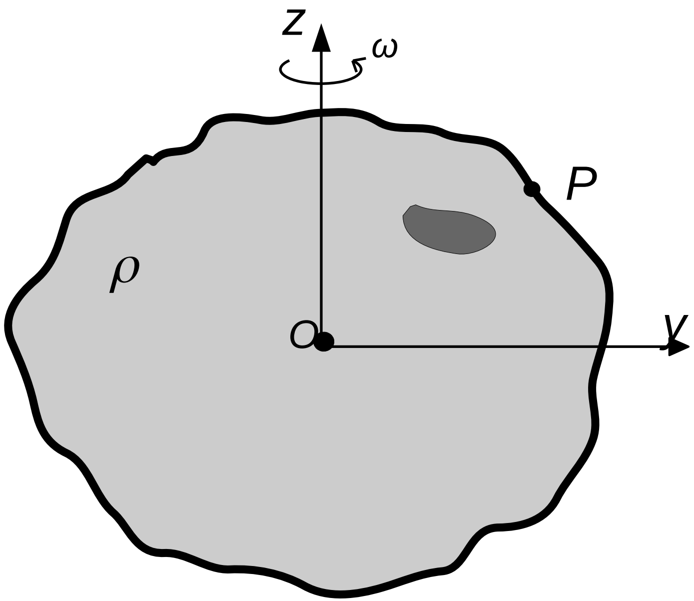
$$\boldsymbol{\delta g_P} = k_g \int\int\int (\rho - \widetilde{\rho}) \nabla \frac{1}{L} dv$$

$$\boldsymbol{\delta g_P = g_P - \gamma_P}$$

$$\boldsymbol{\gamma_p} = \nabla \tilde{W}_p$$

$$\boldsymbol{g_p} = \nabla W_p$$

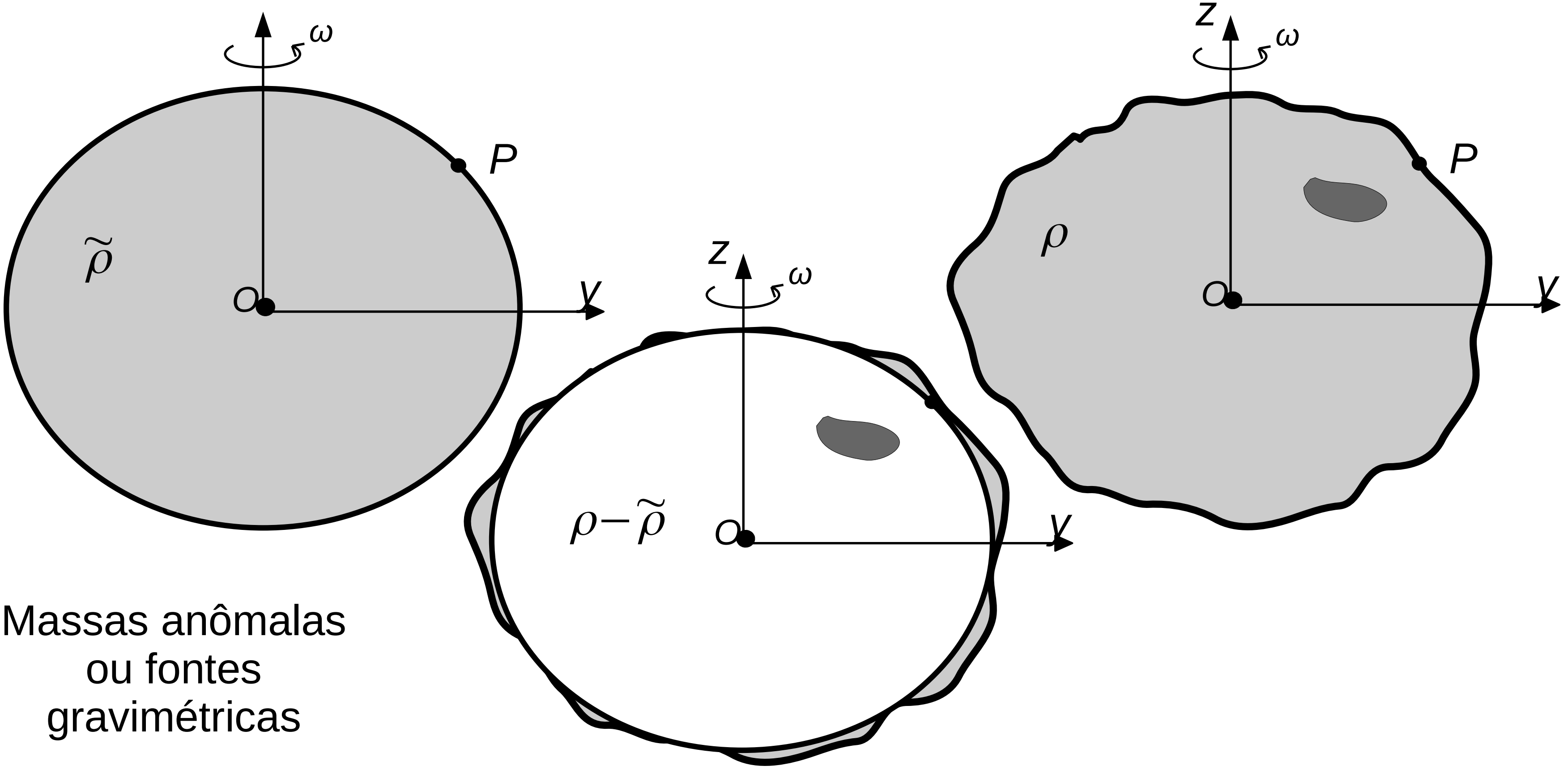




$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

$$\gamma_p = \nabla \widetilde{W}_p$$

$$g_p = \nabla W_p$$



Massas anômalas
ou fontes
gravimétricas

Blakely, R. J., 1996, Potential theory in gravity and magnetic applications: Cambridge University Press.

Hofmann-Wellenhof, B. e H. Moritz, 2005, Physical Geodesy. Springer.

Nabighian, M. N., M. E. Ander, V. J. S. Grauch, R. O. Hansen, T. R. LaFehr, Y. Li, W. C. Pearson, J. W. Peirce, J. D. Phillips e M. E. Ruder, 2005, 75th Anniversary - Historical development of the gravity method in exploration. Geophysics, 70(6), p. 63ND–89ND. DOI: 10.1190/1.2133785.