

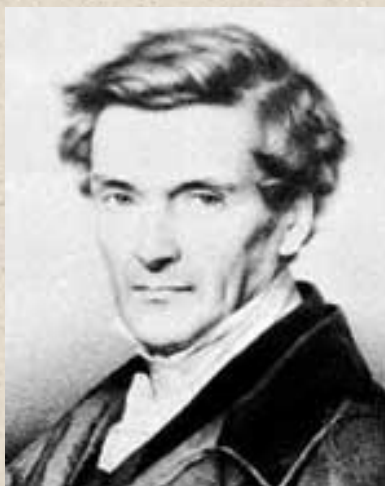
FORÇA DE CORIOLIS

Texto original: **Wikipédia, a enciclopédia livre**

Agosto/2010

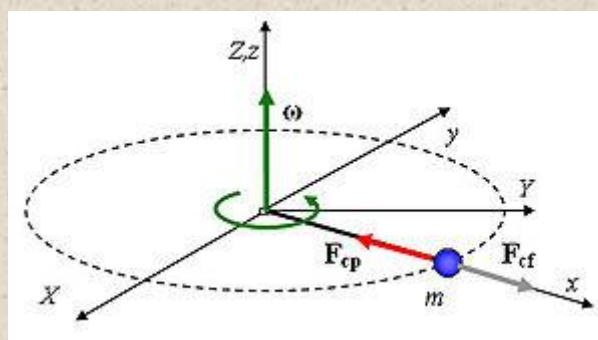
Ampliação e ilustração: **Iran Carlos Stalliviere Corrêa-IG/UFRGS**

Em um sistema de referência ("referencial"), em rotação uniforme, os corpos em movimento, vistos por um observador no mesmo referencial, aparecem sujeitos a uma força perpendicular à direção do seu movimento. Esta força é chamada **Força de Coriolis**, em homenagem ao engenheiro francês **Gustave-Gaspard Coriolis**.



Gustave-Gaspard Coriolis

Os corpos em movimento em relação ao referencial em rotação aparecem também sujeitos a uma **força radial**, perpendicular ao eixo de rotação: **a força centrífuga**.

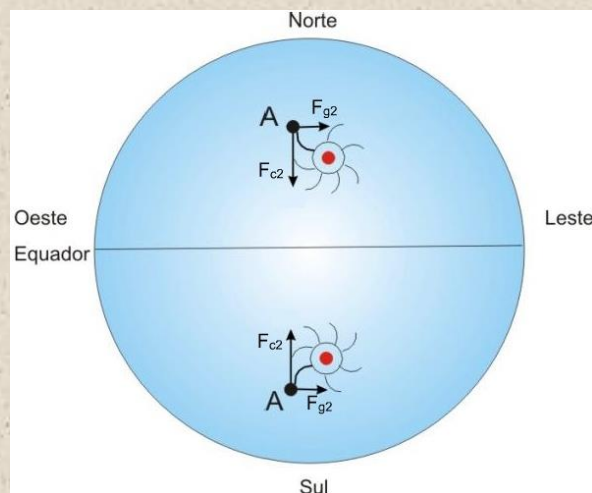


Força Centrífuga

A **força centrífuga** e a **força de Coriolis** são, portanto, as duas parcelas da **força inercial total** necessária à correta descrição dos movimentos dos corpos observados a partir de referenciais não inerciais que giram em relação a um referencial inercial. Sendo parcelas de uma força inercial ou pseudo-força, são também forças inerciais, e portanto não são forças na definição formal do termo. Não se consegue estabelecer a reação do par **ação-reação** para estas forças.

História

No final do século XVIII e início do século XIX, a Mecânica conheceu grandes desenvolvimentos teóricos. Como engenheiro, **Coriolis** interessou-se em tornar a mecânica teórica aplicável na compreensão e no desenvolvimento de máquinas industriais. Em seu artigo *Sur les équations du mouvement relatif des systèmes de corps* (1835), Coriolis define matematicamente a força que, mais tarde, levaria seu nome. Neste artigo, a **força de Coriolis** aparece como um componente suplementar da **força centrífuga**, sentida por um corpo em movimento relativo a um referencial em rotação, como acontece, por exemplo, nas engrenagens de uma máquina.



Uma molécula de água A sofre os efeitos das forças F_{g1} e F_{c1} , deslocando-se conforme a direção dessas forças. Este mesmo efeito aparece nas moléculas de ar nos movimentos dos tufões.

O argumento de Coriolis baseava-se na análise do **Trabalho** e da **Energia potencial e cinética** nos sistemas em rotação. Hoje em dia, a demonstração mais utilizada para ensinar a força de Coriolis é o uso dos utilitários da Cinemática.

Foi somente no final do século XIX que a **força de Coriolis** fez sua aparição na literatura meteorológica e oceanográfica. O termo "**força de Coriolis**" apareceu no início do século XX.

Representação matemática

A **força de Coriolis** (F_c) é perpendicular ao eixo de rotação do referencial e ao vetor da velocidade do corpo em movimento. Se o corpo se afasta do eixo de rotação, F_c é exercida no sentido contrário da rotação. Se o corpo se aproxima do eixo de rotação, F_c é exercida no mesmo sentido que a rotação.

Representação vetorial

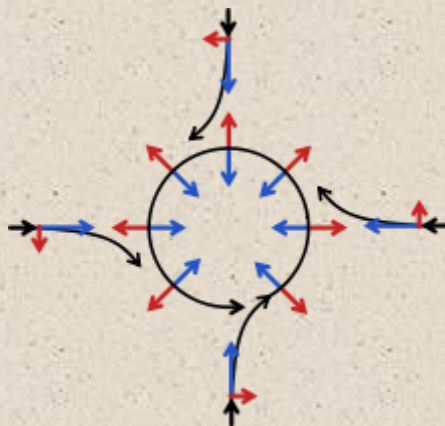
Pode-se representar F_c como um produto vetorial utilizando-se \vec{e}_{axe} o vetor unitário paralelo ao eixo de rotação:

$$\vec{F}_c = 2m\omega(\vec{v} \times \vec{e}_{axe})$$

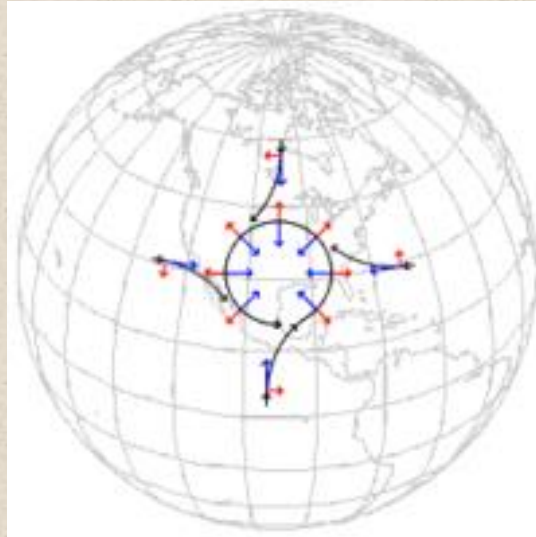
Pode-se, além disso, multiplicar a velocidade angular ω com \vec{e}_{axe} , o que produz o vetor $\vec{\omega}$. O vetor $\vec{\omega}$ descreve assim a direção e a velocidade angular. Com a massa m e o vetor velocidade \vec{v} a equação se transforma então:

$$\vec{F}_c = 2m(\vec{v} \times \vec{\omega})$$

Força de Coriolis e força centrífuga



Representação esquemática de fluxo em torno de uma zona de baixa pressão. A força de gradiente de pressão é representada pelas flechas azuis. A força de Coriolis, sempre perpendicular à velocidade, em vermelho.



O efeito da força de Coriolis na superfície da Terra

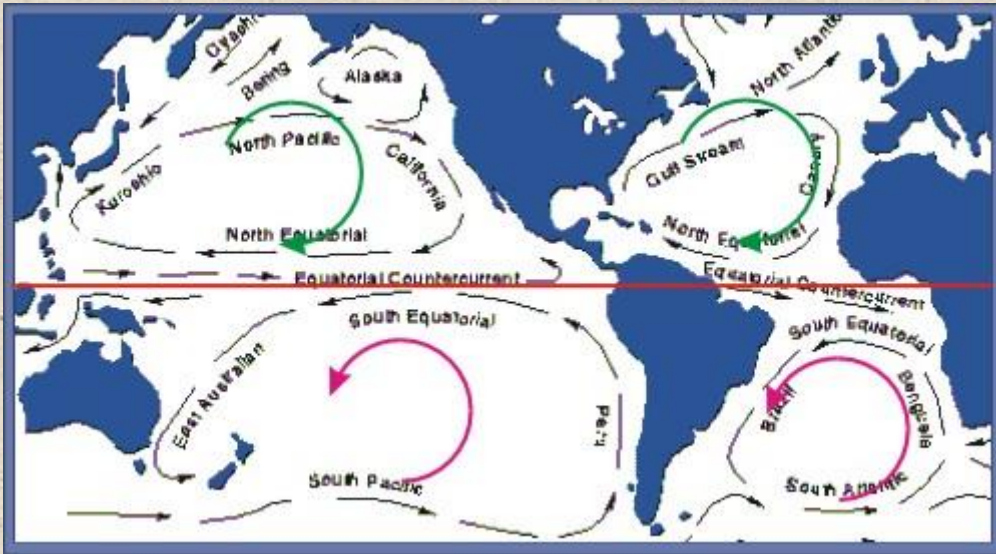
Em física clássica, identifica-se a **força de Coriolis** como fictícia ou inercial devido ao fato desta existir somente em referenciais em movimento circular em relação a um inercial. Neste caso a **força de Coriolis** aparece junto com a **força centrífuga**, e como a força centrífuga não é uma força na definição precisa do termo, ou seja, real. A **força de Coriolis** depende da velocidade do corpo em relação ao referencial girante, e é nula por definição, no caso de um corpo imóvel em relação a este referencial. A **força centrífuga**, por sua vez, depende da **posição** do corpo em relação ao centro de rotação, e na maioria das vezes não é nula, mesmo para partículas em repouso em relação ao referencial em rotação. Pode-se assim dizer que a **força centrífuga** é o componente estático da **força inercial** que se manifesta no referencial em rotação enquanto que a **força de Coriolis** é o componente dinâmico.

O conceito de força fictícia força a questão: **O que é uma força "verdadeira"?** As forças fictícias não existem na Relatividade Geral em função da covariância geral, um argumento que pode simplificar radicalmente esta questão ao lembrar-se que o referencial em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (*em relação às "estrelas fixas"*) é um conceito essencialmente newtoniano que foi reclassificado ao nível de aproximação útil pela mecânica relativista.

Efeitos

Um observador sobre a superfície da Terra constitui-se em um referencial não inercial que gira em relação a um inercial com origem no centro da Terra. Logo, para tais observadores, a **força de Coriolis** dá origem, ou seja, explica, diversos fenômenos observados da

superfície da Terra. Ela influencia o movimento das massa de ar, desvia a trajetória de projéteis de longo alcance e causa uma modificação no plano do movimento de um pêndulo, como demonstrado por Foucault na sua experiência do pêndulo de Foucault em 1851 no Panthéon.



Uma experiência colocando em evidência a **força de Coriolis** pode ser feita como segue: uma pessoa senta-se em uma cadeira giratória com os braços estendidos e com halteres nas mãos. Faz-se a cadeira girar em torno do seu eixo com razoável velocidade angular. Se a pessoa sentada na cadeira encolhe os braços e aproxima os halteres de seu corpo, sua velocidade angular aumenta. Para uma pessoa inercial observando o fenômeno, trata-se simplesmente da conservação do momento angular, mas para a pessoa sentada na cadeira a interpretação é diferente: ela precisa, com os halteres estáticos em relação a ela, constantemente puxar os halteres em direção a seu corpo a fim de criar uma força que cancele a força centrífuga que ela observa em seu referencial, força centrífuga esta que quer puxar o objeto para longe dela em direção radial. Para ela encolher os braços sem girá-los ao redor do corpo, ela precisará fazer, além de uma força ligeiramente maior do que a centrífuga (*para puxar os halteres em sua direção*), também uma força lateral (*perpendicular a seus braços*), a fim de cancelar a **força de Coriolis** que surge quando os halteres se movem com velocidade não nula em direção a ela. Se ela não aplicar esta força perpendicular aos braços a fim de cancelar a **força de Coriolis**, os halteres e seu braços serão postos a girar, em função desta força, em torno de seu corpo. No caso das massas de ar se deslocando nas figuras, não há quem faça esta força perpendicular ao "braço", e elas são desviadas lateralmente pela **força de Coriolis** ao se moverem.

Referências

- Coriolis, G.G., 1832: *Mémoire sur le principe des forces vives dans les mouvements relatifs des machines*. Journal de l'école Polytechnique, Vol 13, 268-302
- Coriolis, G.G., 1835: *Mémoire sur les équations du mouvement relatif des systèmes de corps*. Journal de l'école Polytechnique, Vol 15, 142-154
- Persson, Anders, 1998: *How Do We Understand the Coriolis Force?* Bulletin of the American Meteorological Society, Vol 79, N° 7