



## 2020/01- CMC-202-4 – Prova

### Enunciado

---

Calcular o vetor unitário solar representado no sistema local do prédio Rotunda do INPE no dia 30/04/2020 às 10:15, horário local de Brasília.

### Detalhamento

---

#### Algoritmo de determinação do Sol

Deve-se executar um algoritmo de determinação do Sol. Esse tipo de algoritmo recebe como entrada uma data (dia Juliano) e fornece o vetor unitário que aponta para o centro do Sol representado no sistema inercial.

Como referência, pode-se consultar o *The Astronomical Almanac*.

#### Conversão para o sistema local

A conversão de sistema inercial para o sistema local, no contexto dessa prova, é feita obtendo a seguinte matriz de rotação:

$$C_{li} = C_{le} \cdot C_{ei},$$

onde  $C_{ei}$  é a matriz que rotaciona o sistema inercial (ECI) no sistema fixo à Terra (ECEF) e  $C_{le}$  é a matriz que rotaciona o sistema fixo à Terra (ECEF) no sistema local.

#### Sistema fixo à Terra (ECEF)

Por simplificação, o sistema fixo à Terra será obtido através da **rotação do sistema inercial ao redor de seu eixo Z** por um ângulo que é chamado do *Tempo Sideral Médio de Greenwich* (GMST). Este ângulo pode ser calculado através do seguinte algoritmo:

$$T_{UT1} = \frac{JD - 2451545.0}{36525},$$
$$\theta_{GMST} = 67310.54841 + (876600 \cdot 3600 + 8640184.812866) \cdot T_{UT1} + 0.093104 \cdot T_{UT1}^2 - 6.2 \cdot 10^{-6} \cdot T_{UT1}^3,$$

onde  $JD$  é o instante expresso em dia Juliano em que se deseja calcular o GMST. Note que o ângulo  $\theta_{GMST}$  nesse caso está em  $s$ . Portanto, deve ser normalizado para ficar no intervalo  $[0, 86400] s$  e depois ser convertido para radianos utilizando o fator de conversão  $\pi/43200$ .

Dessa forma, a definição do sistema fixo à Terra (ECEF) no contexto dessa prova é:

- **Eixo X** aponta para o cruzamento entre o Equador e o meridiano de Greenwich;
- **Eixo Z** aponta para o polo Norte; e
- **Eixo Y** completa o sistema dextrogiro.

## Sistema local

O sistema local será definido como se segue:

- **Eixo X** aponta para o Norte geográfico;
- **Eixo Z** aponta para o centro da Terra; e
- **Eixo Y** completa o sistema dextrogiro, ou seja, aponta para o Leste.

A conversão entre o sistema fixo à Terra e o sistema local é feita utilizando a **latitude** e **longitude** do local desejado. Para simplificar, suponha que a Terra é esférica, ou seja, latitude e longitude geocêntricas e geodésicas são iguais.

## Proposta de teste do algoritmo

---

Para testar o algoritmo, pode-se utilizar as seguintes afirmações:

- No dia do solstício de verão do hemisfério Sul (21 de dezembro de 2020) às 12:00 horário local de Brasília, o vetor unitário solar representado no sistema local da Rotunda deve ser aproximadamente  $[0 \ 0 \ -1]^T$ , pois ela está muito próxima ao Trópico de Capricórnio.
- No dia do solstício de inverno do hemisfério Sul (20 de junho de 2020) às 00:00 horário local de Brasília, o vetor unitário solar representado no sistema local da Rotunda deve ser aproximadamente de  $[0 \ 0 \ +1]^T$ , pois ela está muito próxima ao Trópico de Capricórnio.
- Se o vetor unitário solar representado no sistema local da Rotunda for computado qualquer dia às 12:00 horário local de Brasília, então a sua componente  $y$  deve ser sempre muito próxima de 0 e a sua componente  $z$  tem que ser negativa.
- Se o vetor unitário solar representado no sistema local da Rotunda for computado qualquer dia às 00:00 horário local de Brasília, então a sua componente  $y$  deve ser sempre muito próxima de 0 e a sua componente  $z$  tem que ser positiva.

## Resultados

---

Deve-se entregar um relatório descrevendo todo o processo utilizado para computar o vetor unitário solar representado no sistema local da Rotunda. Nesse relatório, deve-se mostrar os seguintes resultados:

1. Dia Juliano da data de entrada mostrada.
2. Vetor unitário solar representado no sistema inercial.
3. Matriz de rotação entre o sistema inercial (ECI) e o sistema fixo à Terra (ECEF).
4. Matriz de rotação entre o sistema fixo à Terra (ECEF) e o sistema local.
5. Matriz de rotação entre o sistema inercial (ECI) e o sistema local.
6. Vetor unitário solar calculado no sistema local.
7. Azimute e elevação do vetor unitário solar representado no sistema local.

Os relatórios deverão ser entregues no dia **30/04/2020** no **início da aula**.