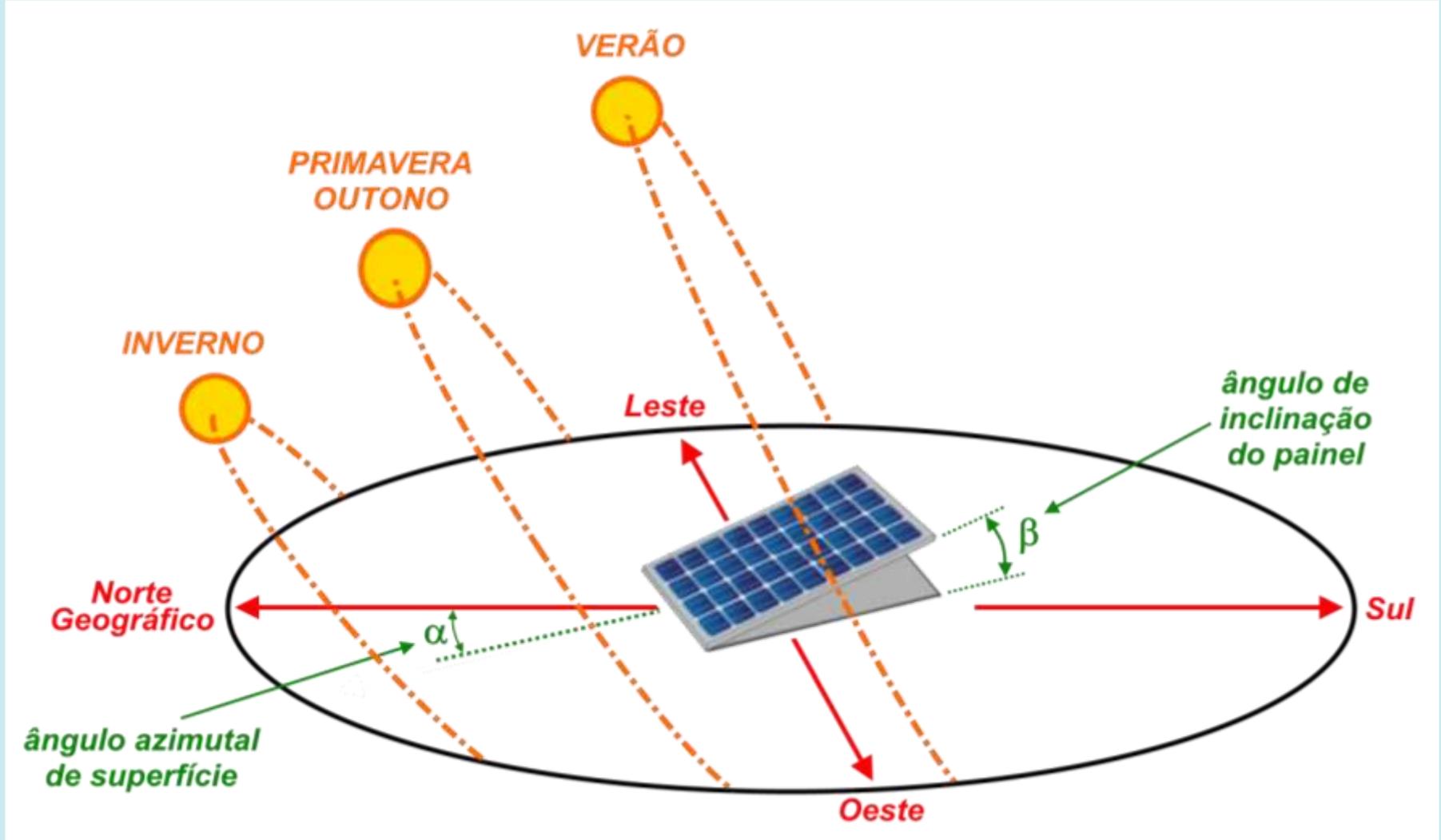
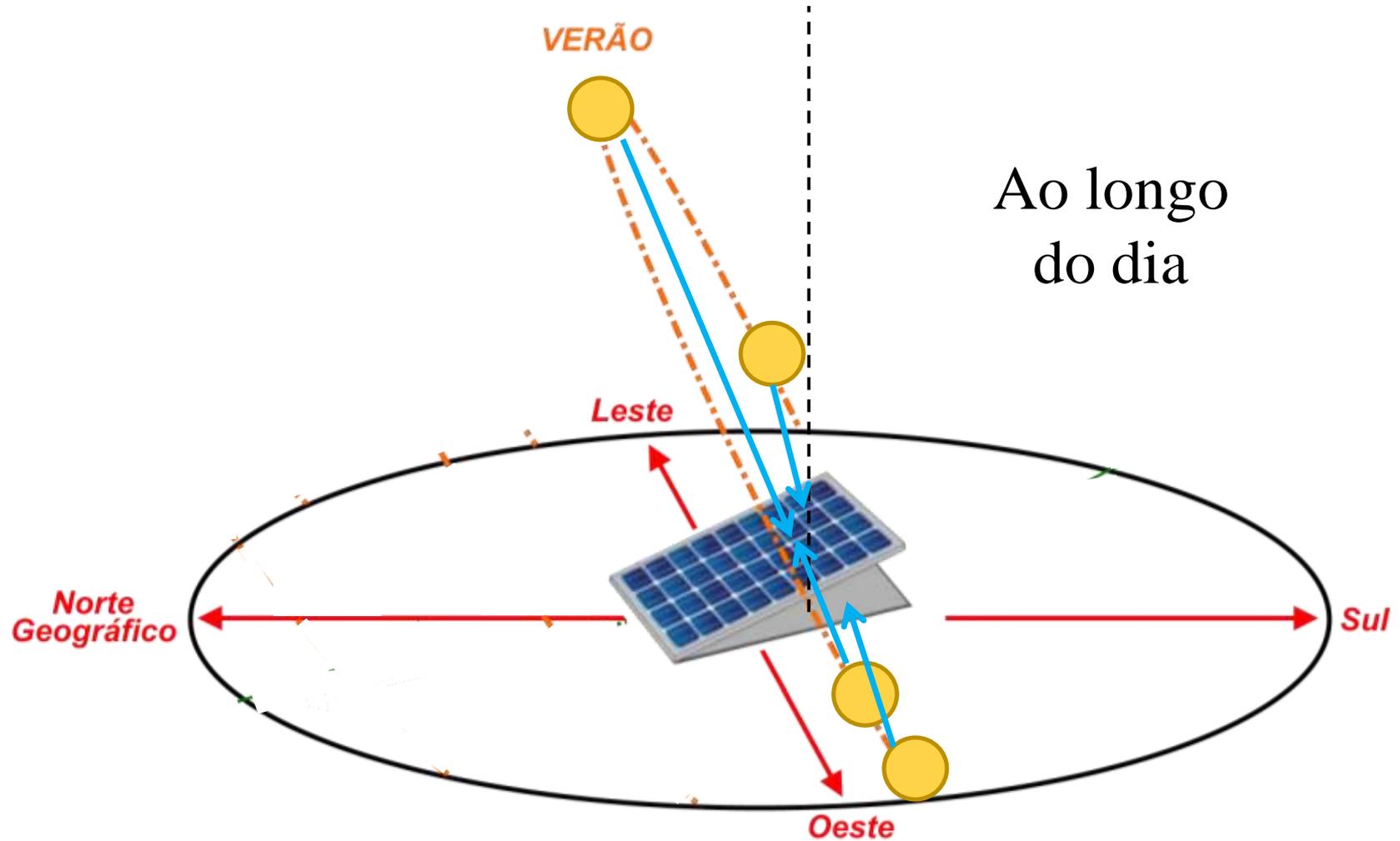


Orientação e inclinação de módulos fotovoltaicos



www.sel.eesc.usp.br/cursosolar/

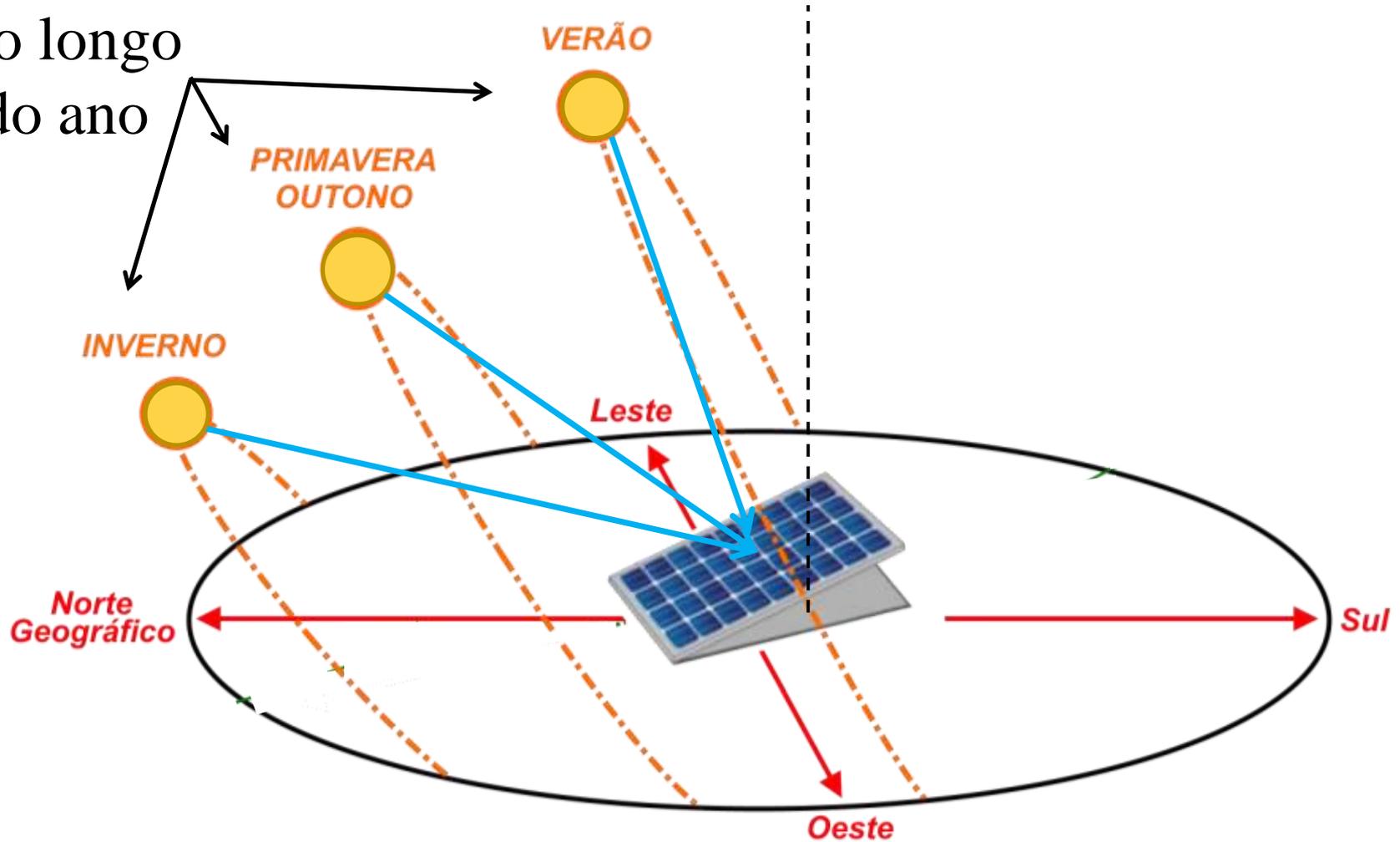
Trajetoória do Sol ao longo do dia



O sol descreve trajetória com inclinação diferente ao longo do dia

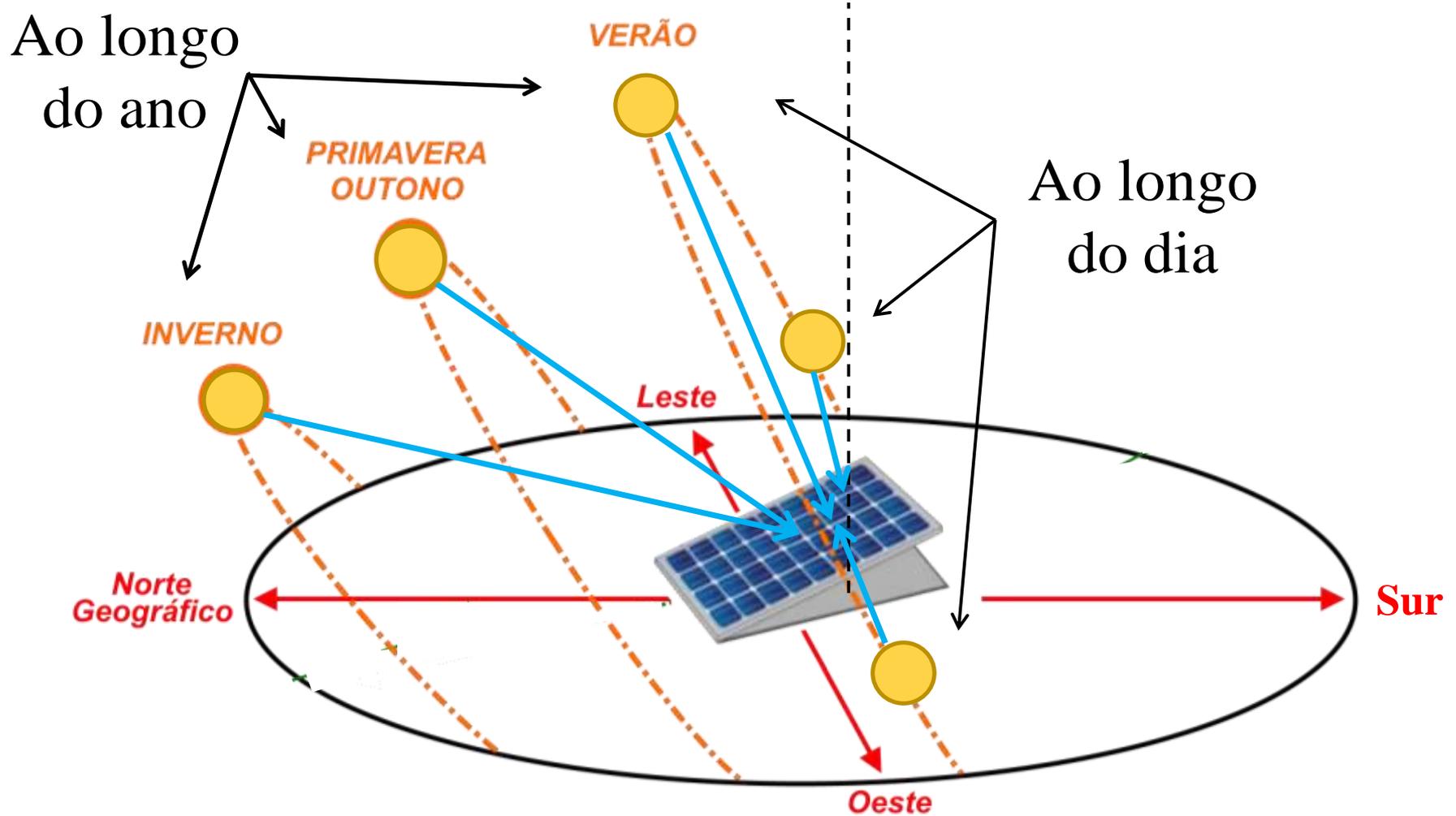
Trajetoira do Sol ao longo do ano

Ao longo
do ano



O sol descreve trajetória com inclinação diferente ao longo do ano

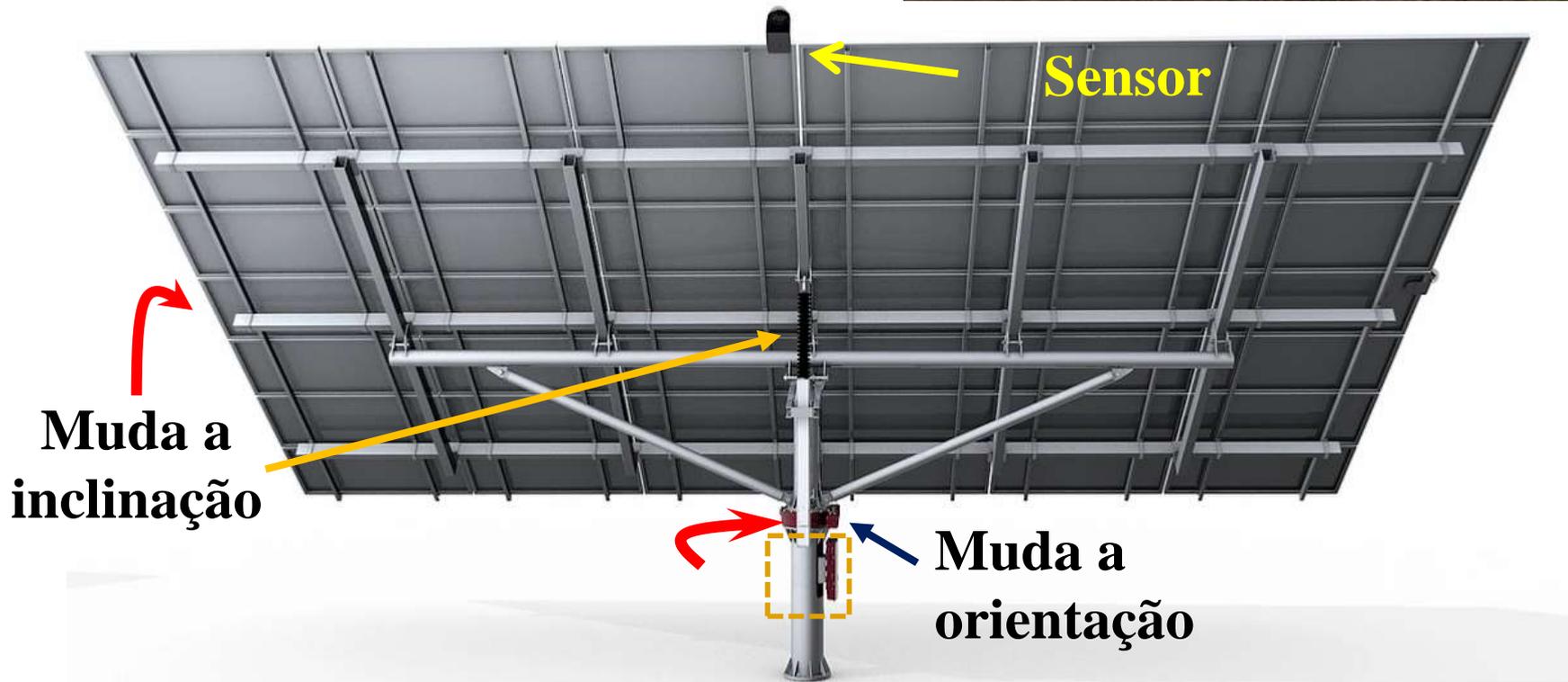
Trajetória do Sol ao longo do dia e ano



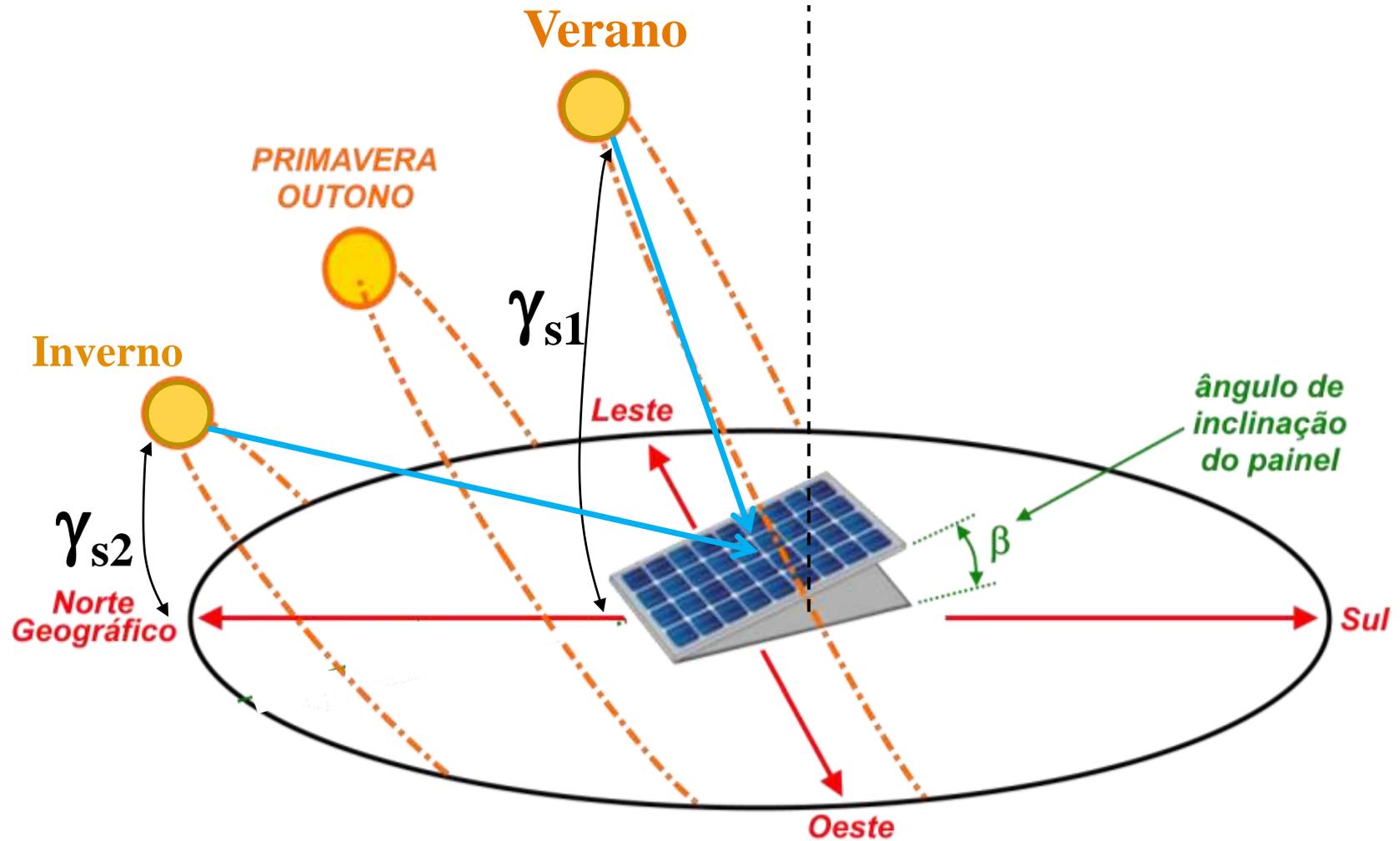
Ao longo do dia: Deve alterar-se a orientação (em relação ao norte)

Ao longo do ano: Deve alterar-se a inclinação (em relação ao eixo central)

Seguidor Solar (Solar Tracker)



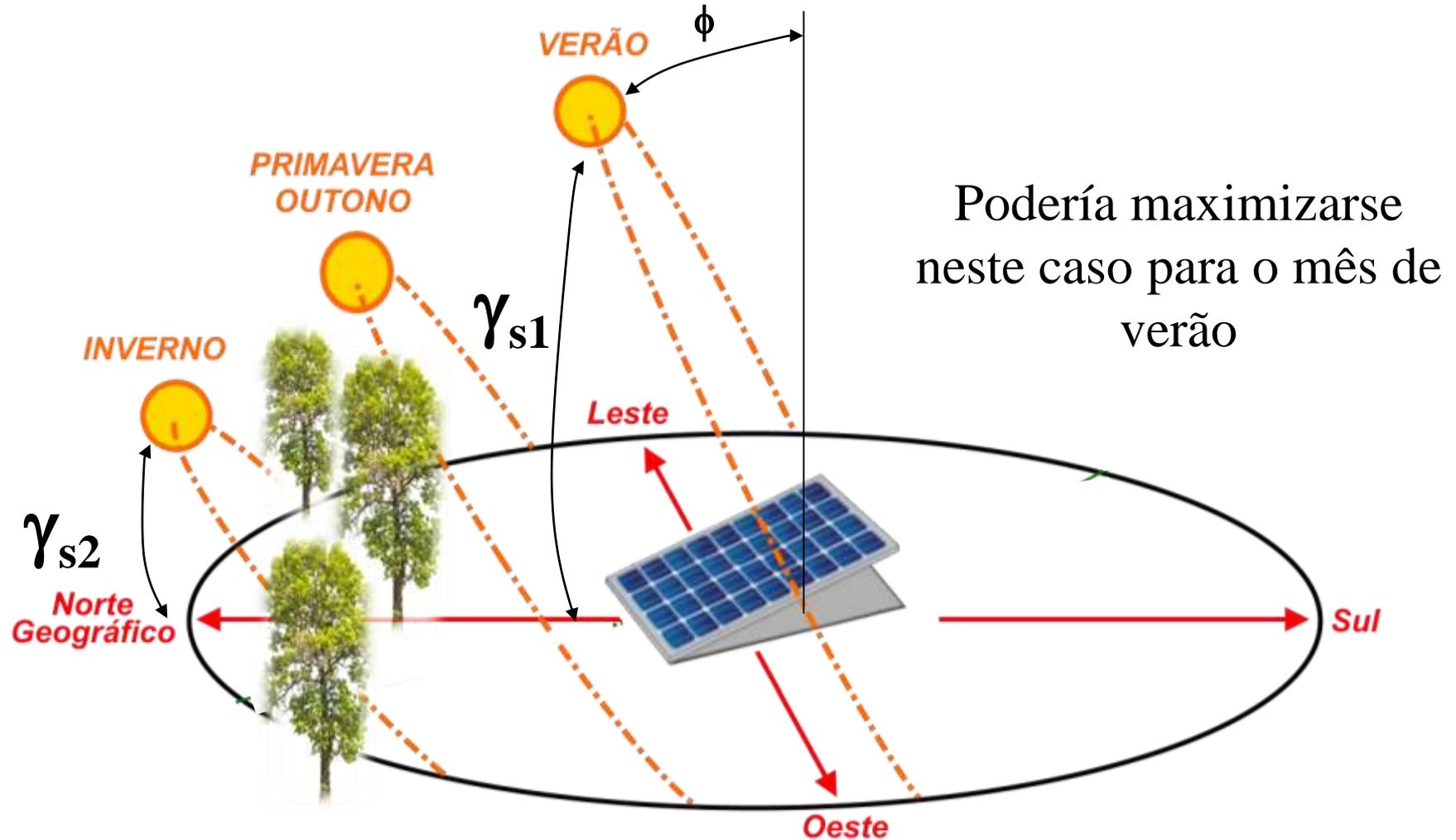
Angulo de altura Solar (γ_s): Ângulo entre um raio solar e uma reta da projeção paralela ao solo.



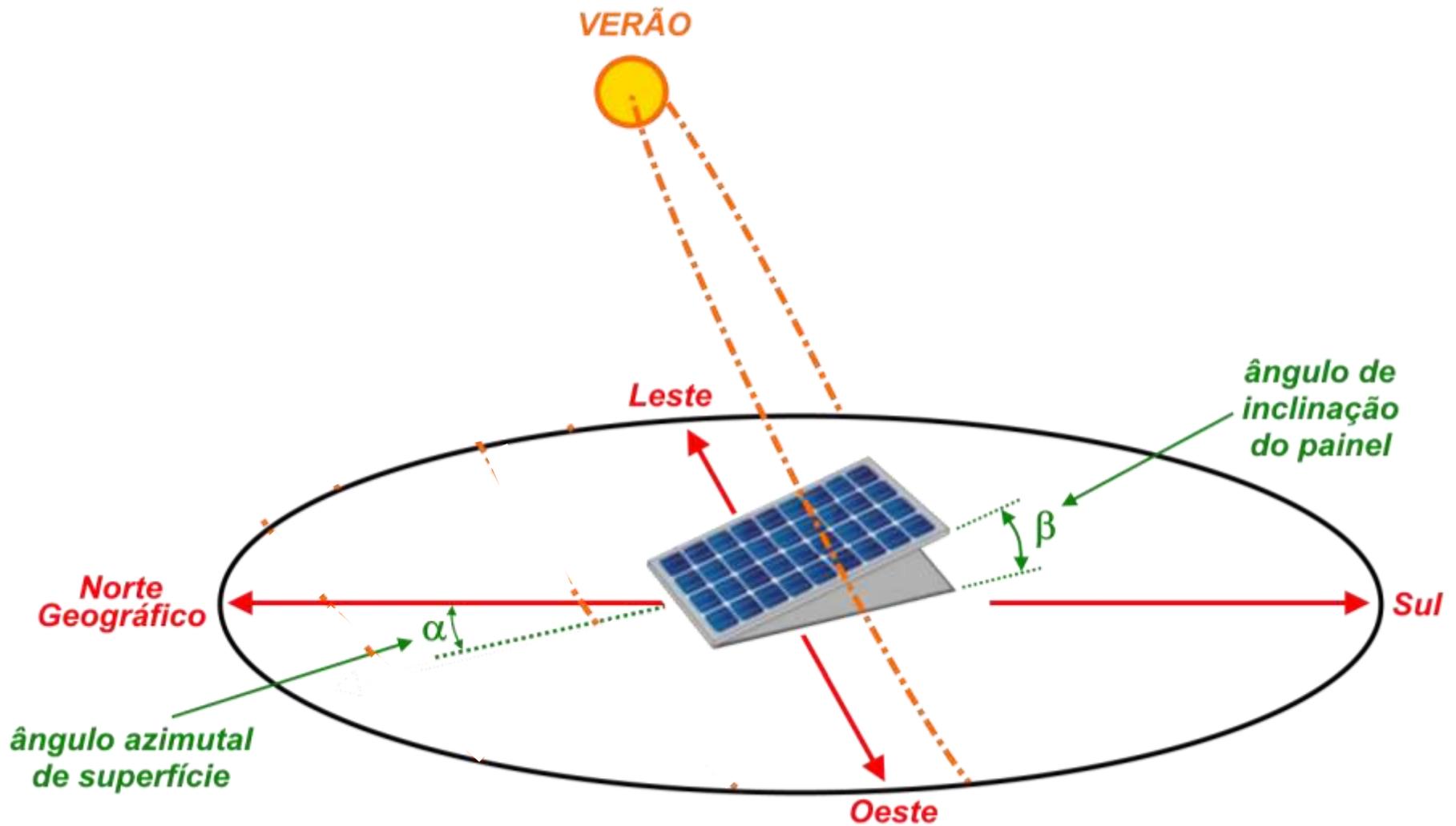
A altura solar no Verão é maior que no Inverno: $\gamma_{s1} > \gamma_{s2}$

A altura solar no médio dia é maior que no começo da manhã.

Sombreamento causado por árvores em períodos diferentes

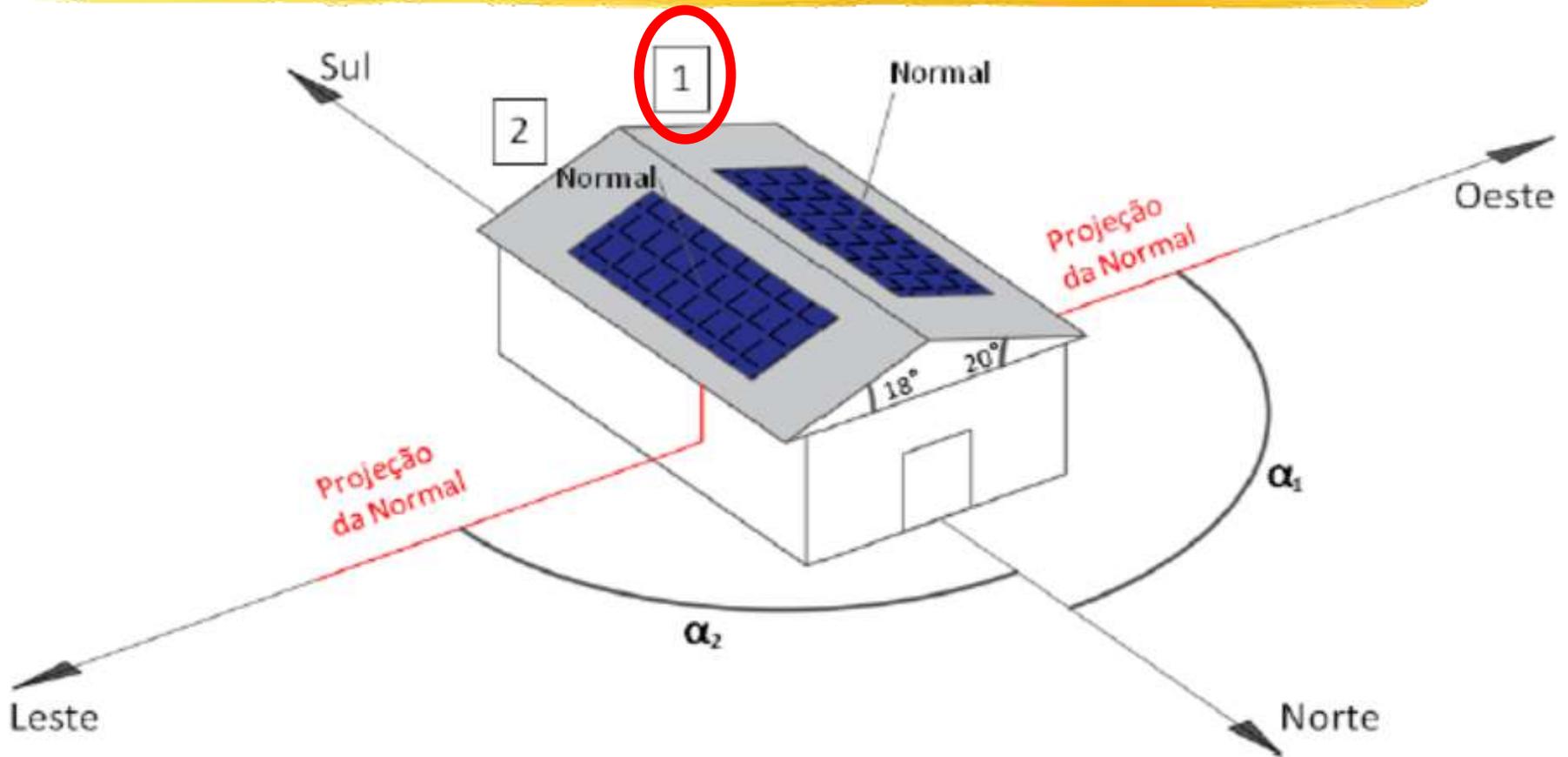


É possível ter geração fotovoltaica nos períodos que não tem sombras



Azimutal (de Superfície), α : Ângulo em relação ao Norte (hemisfério sul)
Ângulo de Inclinação, β : Ângulo em relação ao eixo central.

Ângulo Azimutal (α) e inclinação dos módulos (β)

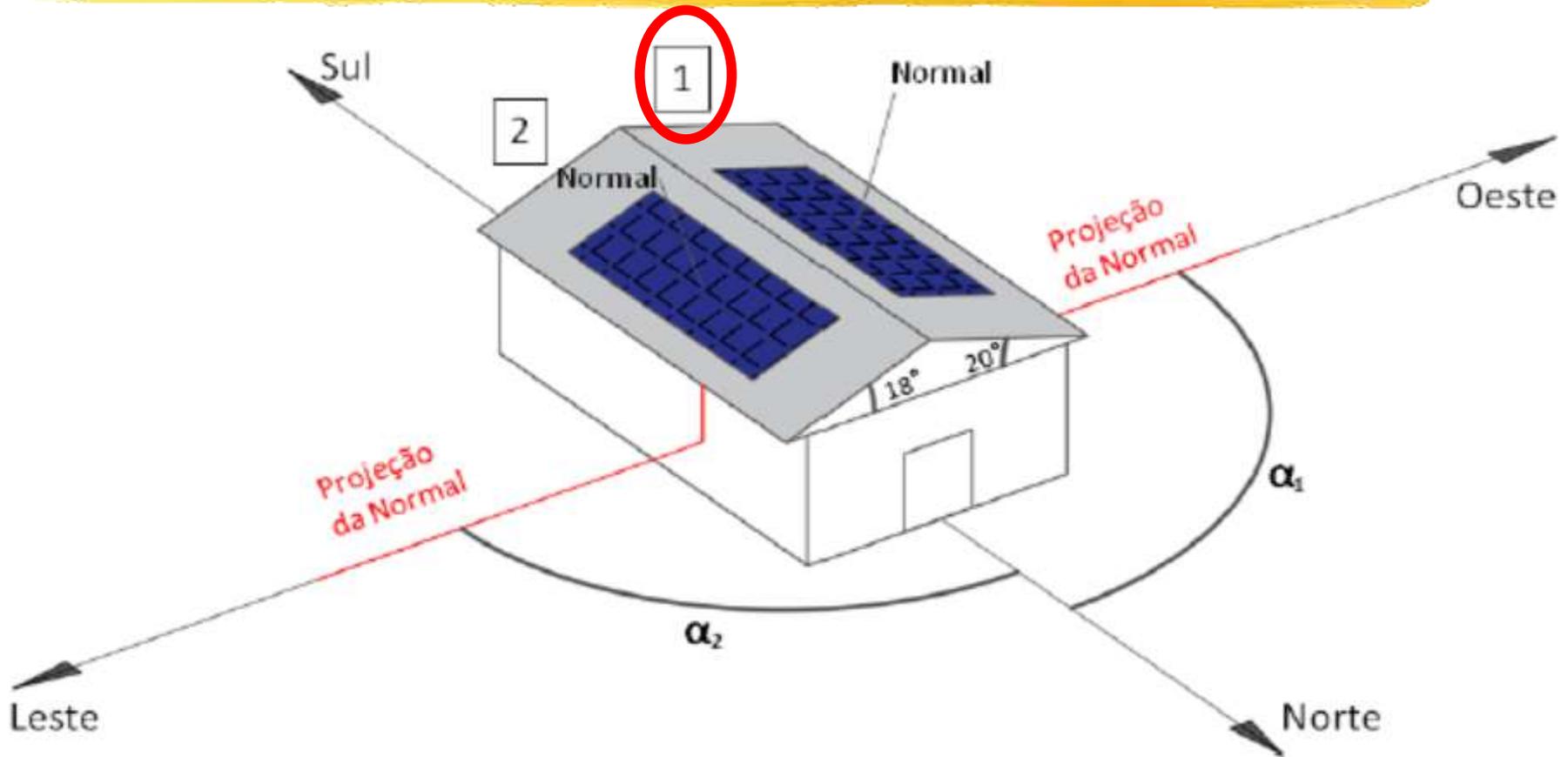


Determine o Ângulo Azimutal (α) de superfície e inclinação do módulo (β)

(Oeste) **Caso 1:**

(Leste) Caso 2:

Ângulo Azimutal (α) e inclinação dos módulos (β)

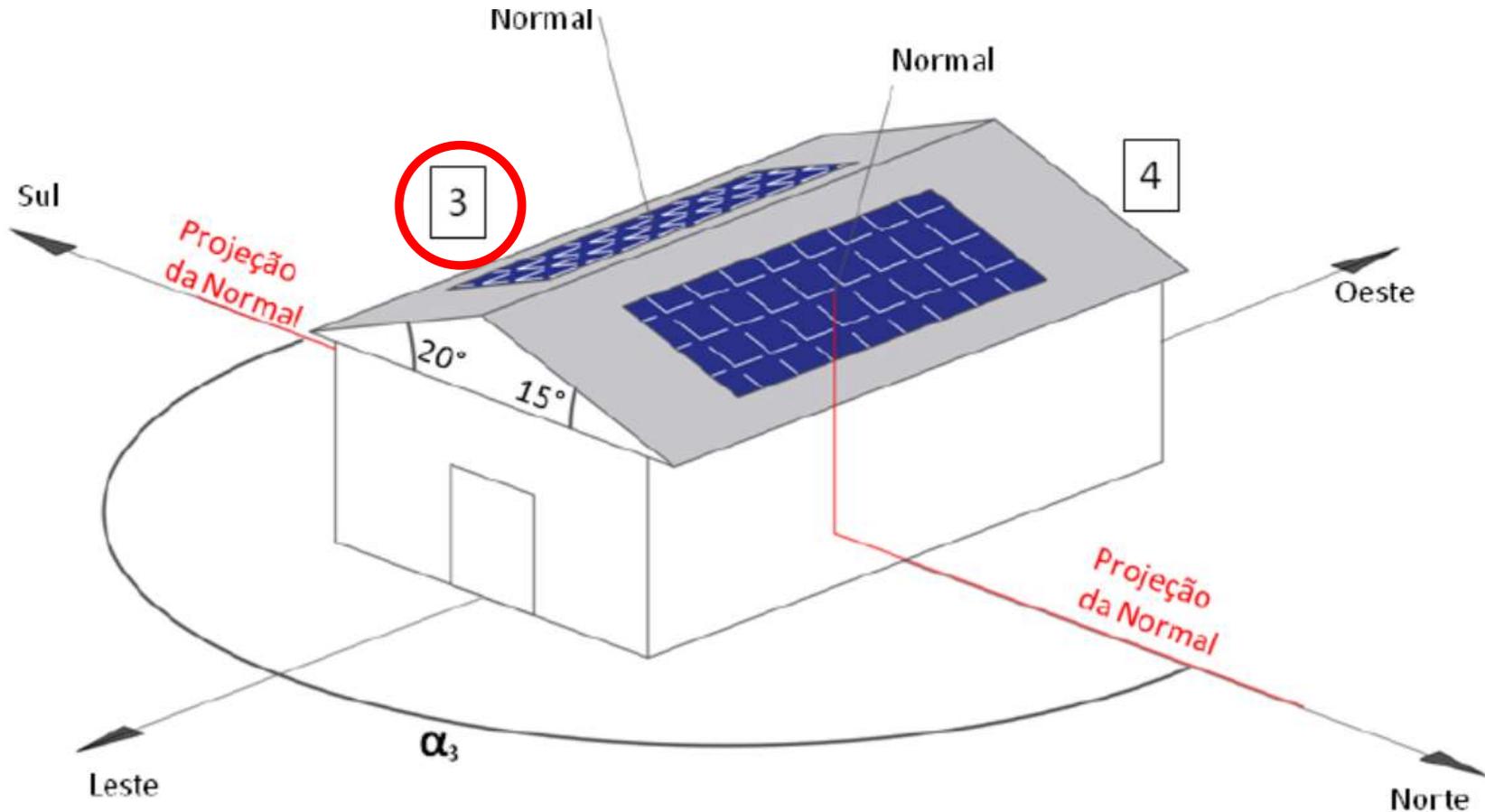


Determine o Ângulo Azimutal (α) de superfície e inclinação do módulo (β)

(Oeste) **Caso 1:** Azimutal de superfície $\alpha_1 = 90^\circ$; Inclinação do painel $\beta_1 = 20^\circ$

(Leste) **Caso 2:** Azimutal de superfície $\alpha_2 = -90^\circ$; Inclinação do painel $\beta_2 = 18^\circ$

Ângulo Azimutal (α) e inclinação dos módulos (β)

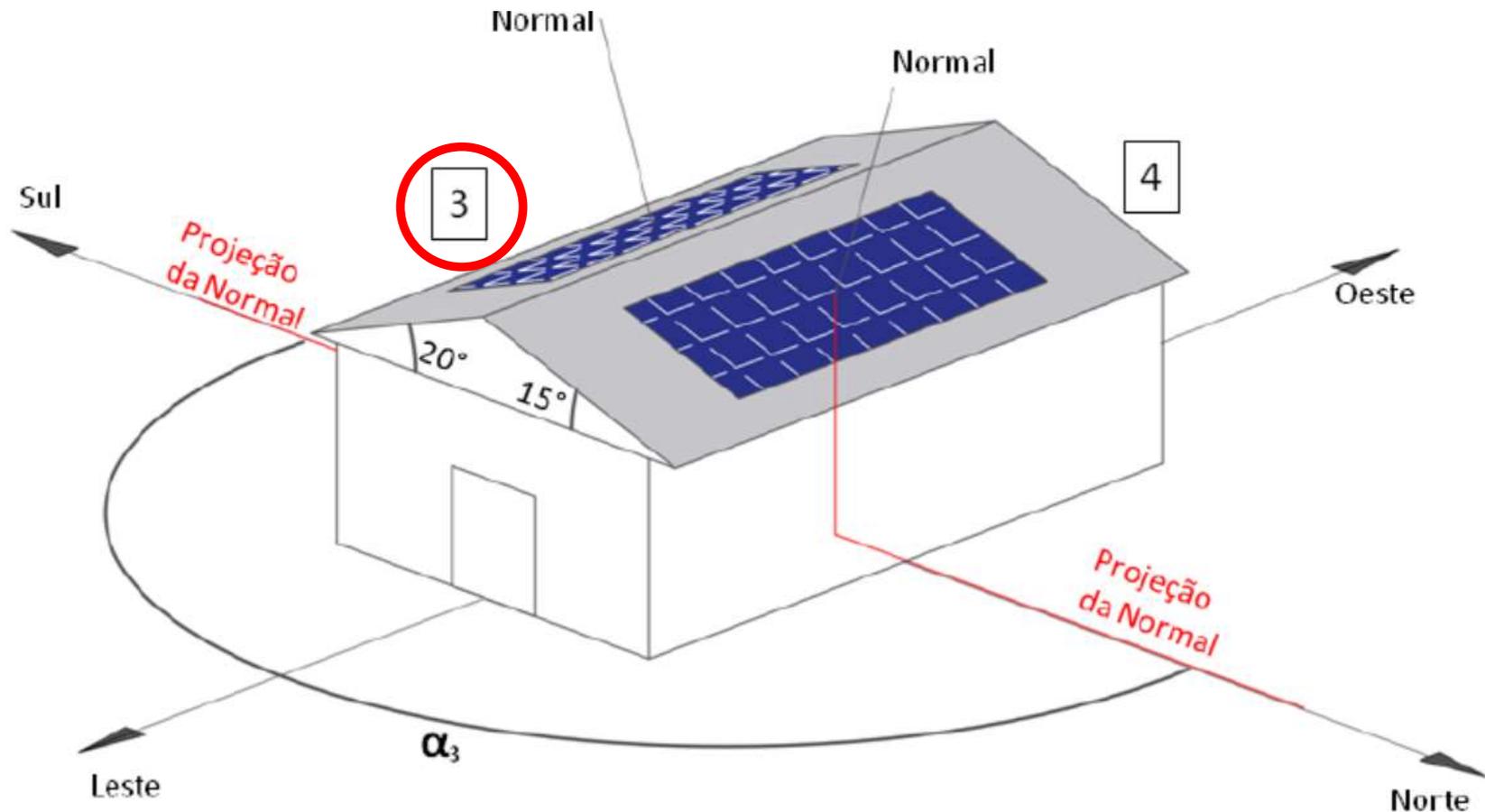


Determine o Ângulo Azimutal (α) de superfície e inclinação do módulo (β)

(Sul) **Caso 3:**

(Norte) Caso 4:

Ângulo Azimutal (α) e inclinação dos módulos (β)



Determine o Ângulo Azimutal (α) de superfície e inclinação do módulo (β)

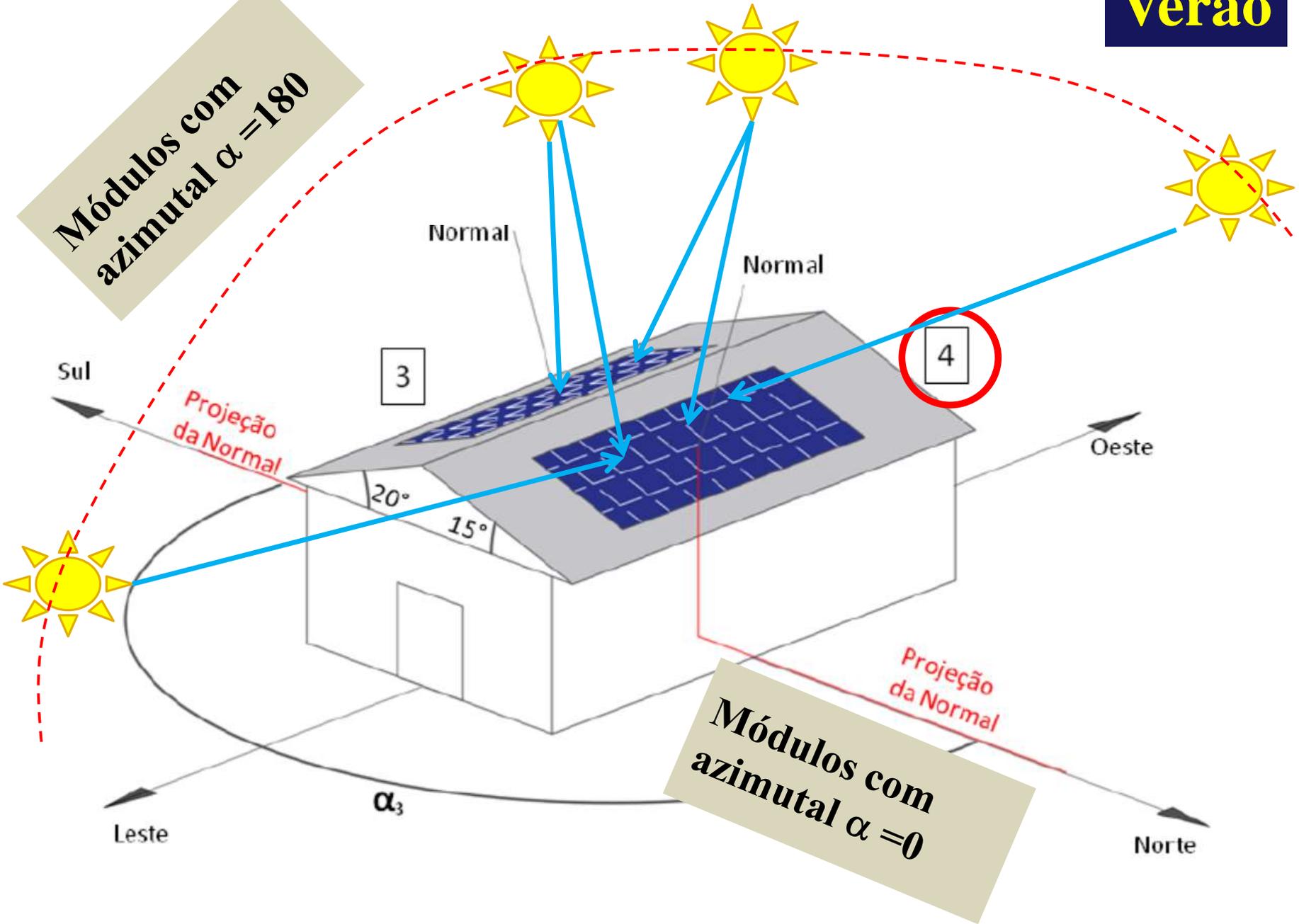
(Sul) **Caso 3:** Azimutal de superfície $\alpha_3 = 180^\circ$; Inclinação do painel $\beta_3 = 20^\circ$

(Norte) **Caso 4:** Azimutal de superfície $\alpha_4 = 0$; Inclinação do painel $\beta_4 = 15^\circ$

**Qual é a orientação (Azimutal) e
Inclinação (β) que maximiza a
geração solar?**

Verão

**Módulos com
azimutal $\alpha = 180$**

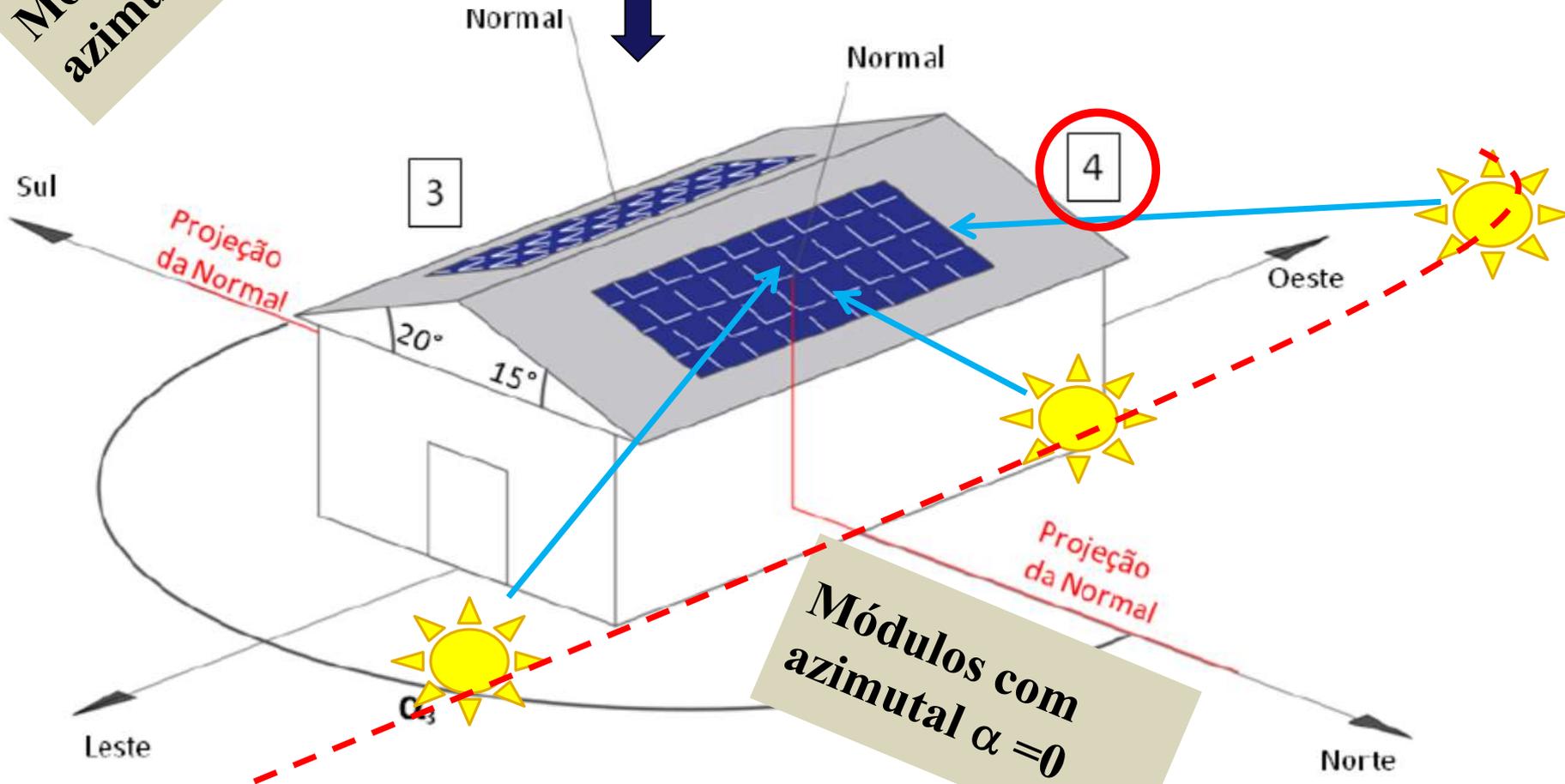


**Módulos com
azimutal $\alpha = 0$**

Inverno

Módulos com
azimutal $\alpha = 180$

Pode não haver
geração dos
módulos ao sul



Módulos com
azimutal $\alpha = 0$

Conclusão:

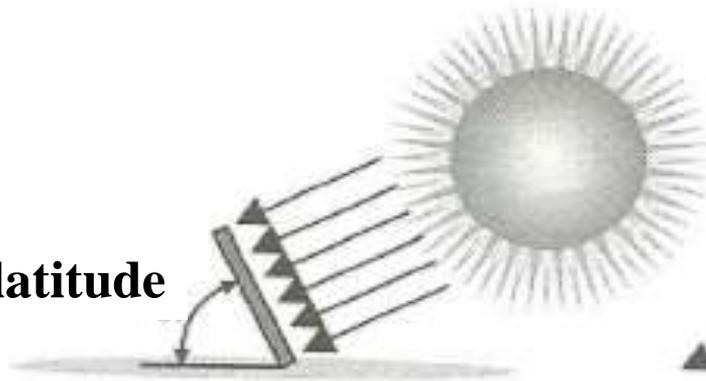
Quando possível, os módulos devem ser orientados ao norte (hemifério sul)

O ângulo azimutal ótimo é $\alpha = 0^\circ$ (norte)

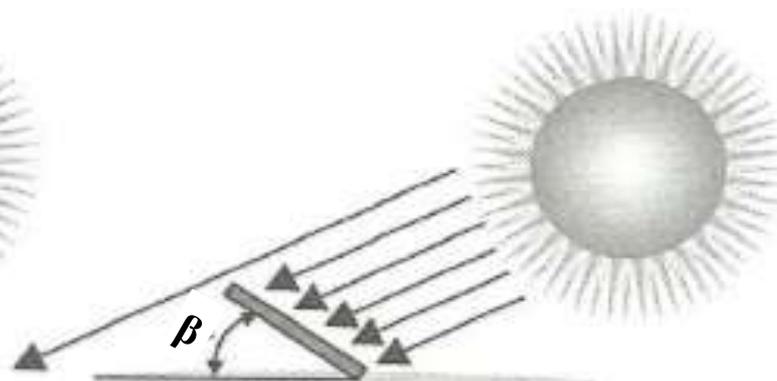
O pior caso é azimutal $\alpha = 180^\circ$ (Sul)

Ângulos de inclinação ótimos dos módulos (β)

$\beta = \text{latitude}$



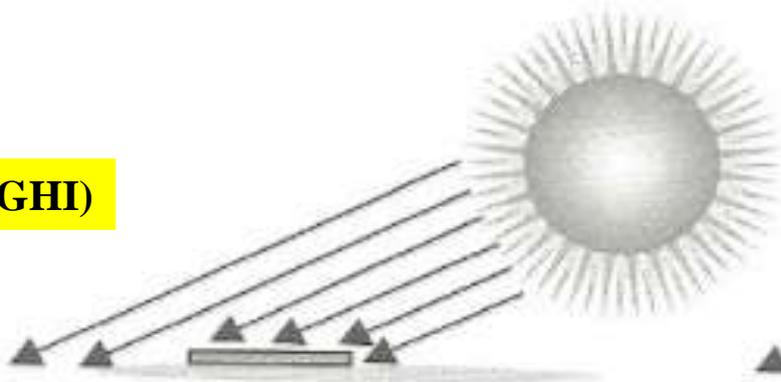
Ângulo ótimo



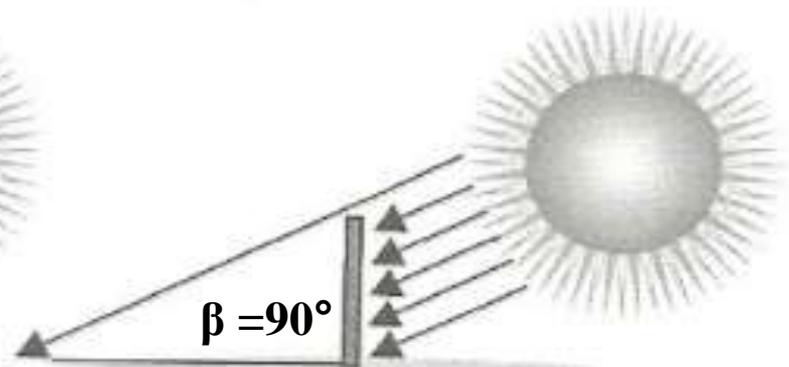
Ângulo inferior a latitude

(GHI)

$\beta = 0^\circ$

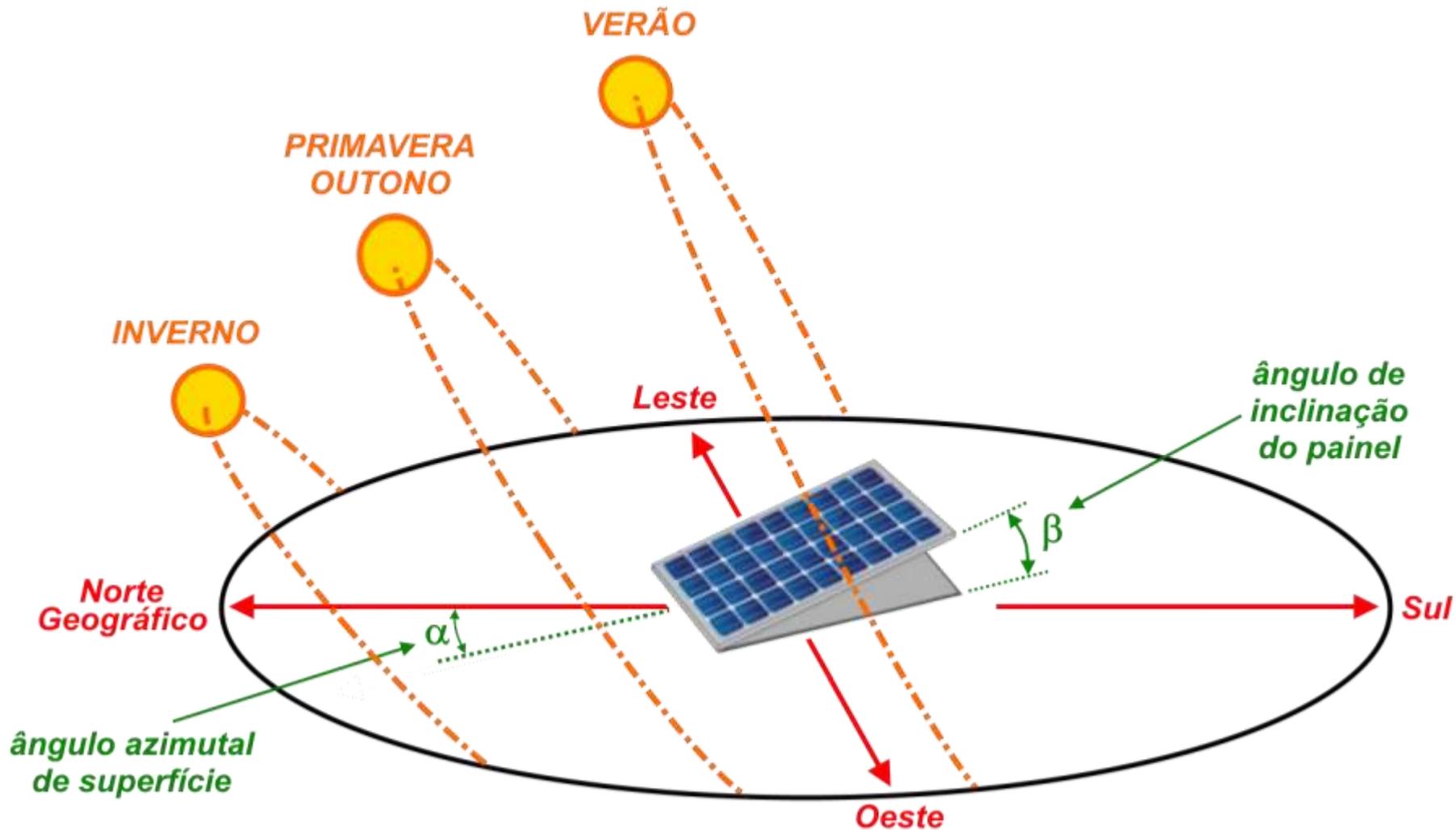


Ângulo horizontal

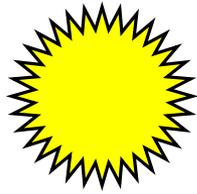


Ângulo vertical

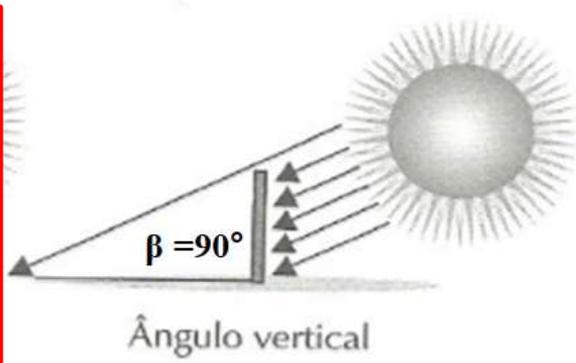
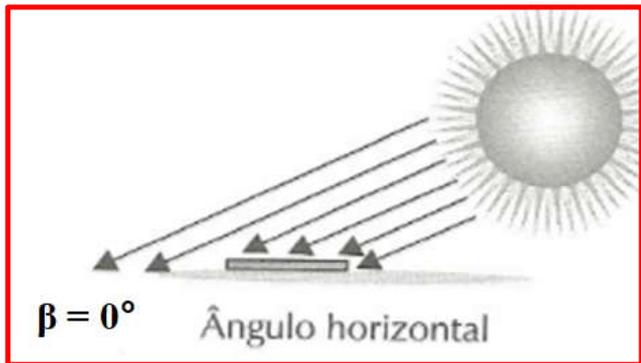
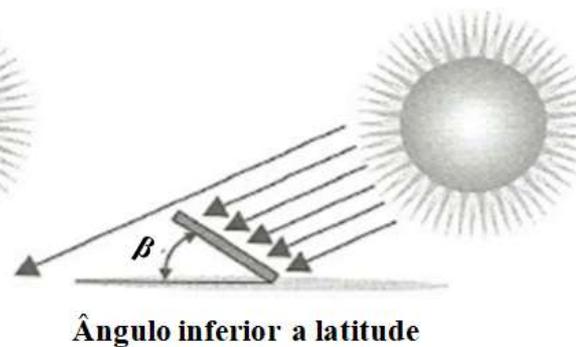
Trajetória do Sol ao longo do ano.



Ângulos de inclinação ótima dos módulos (β)



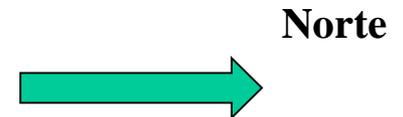
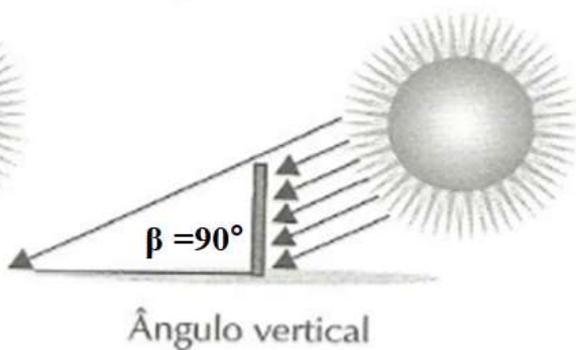
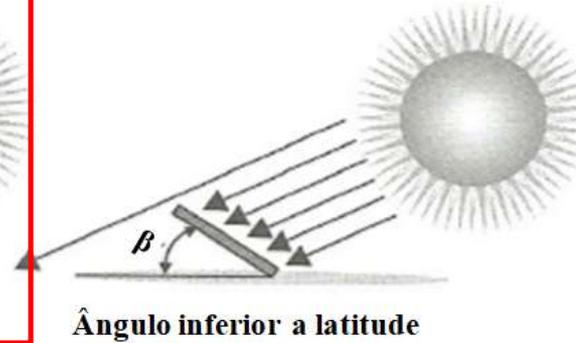
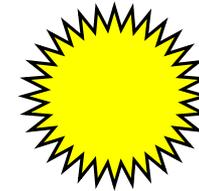
Verão



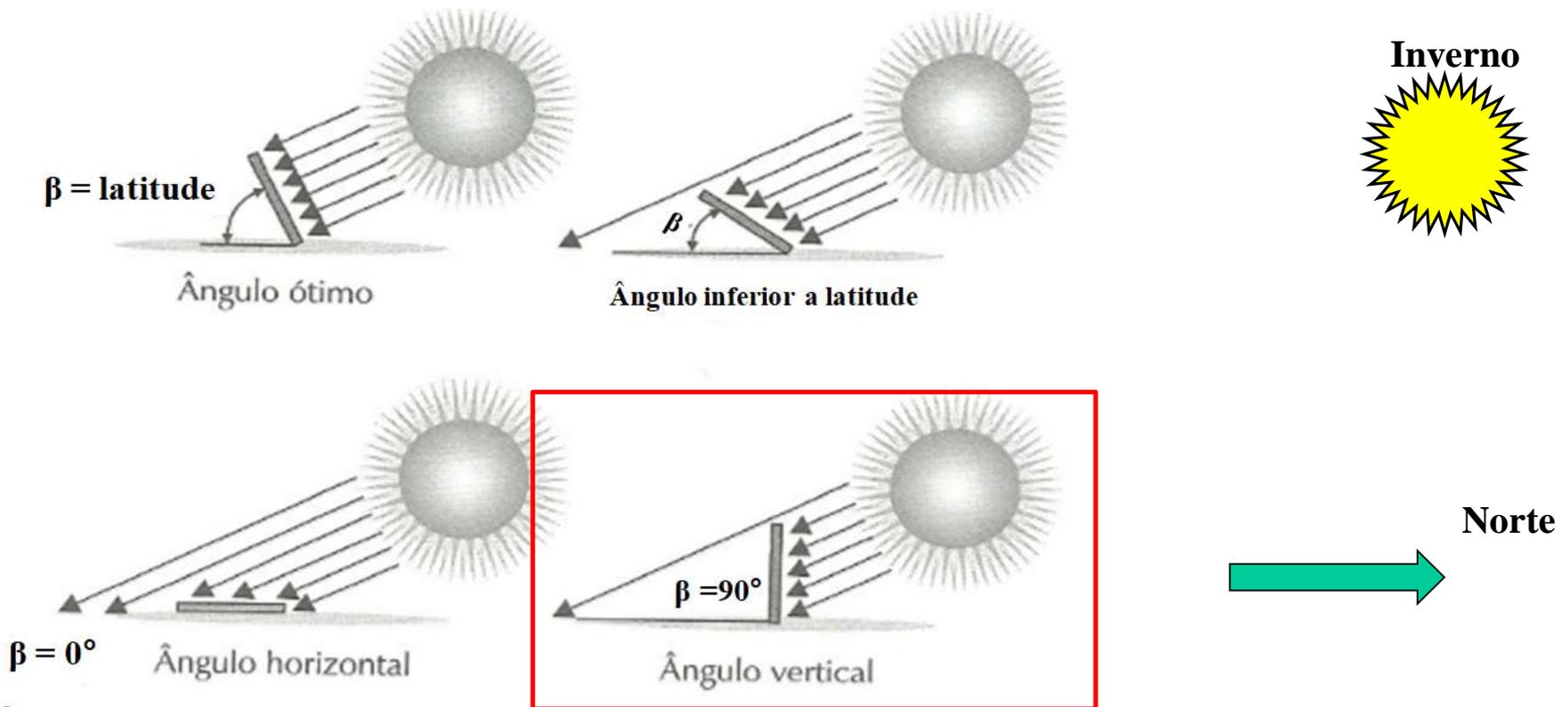
Norte

Ângulos de inclinação ótima dos módulos (β)

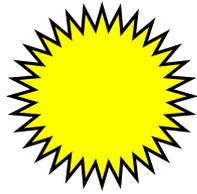
Primavera/Outono



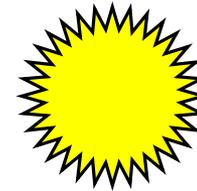
Ângulos de inclinação ótima dos módulos (β)



Ângulos de inclinação ótima dos módulos (β)?



Verão

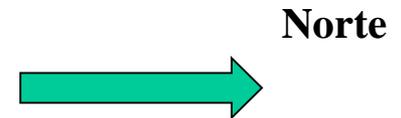
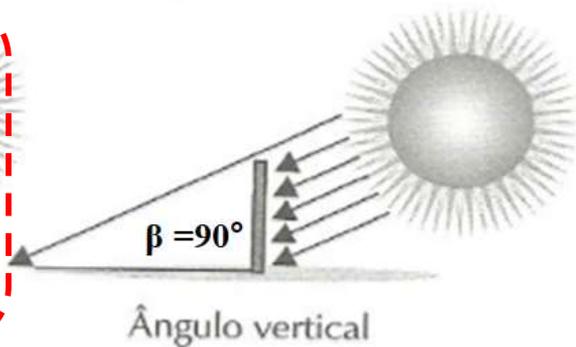
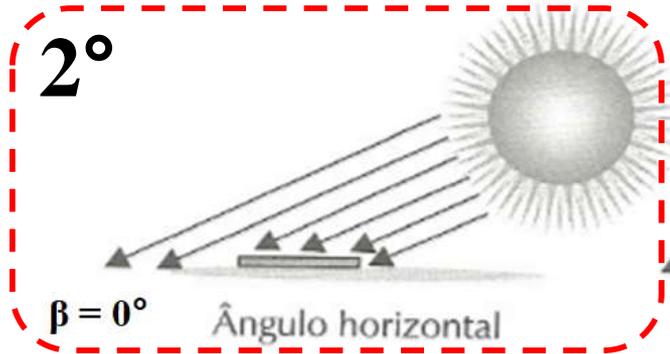
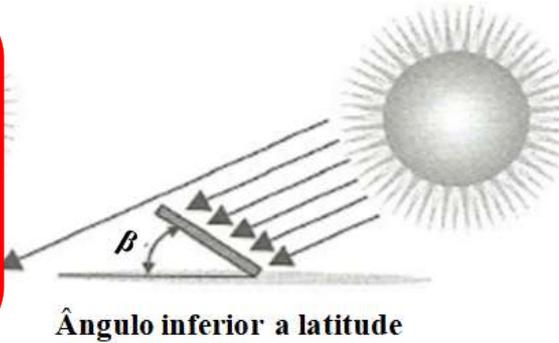


Primavera/Outono



Inverno

1º Otimizada (usinas fotovoltaicas)



Ângulos de inclinação ótima dos módulos (β)

A inclinação ótima é igual a latitude. Não é recomendável ângulos menores de 10° por problemas de sedimentação de pó (limpeza do módulo)

Latitude geográfica do Local	Ângulo de Inclinação
0 a 10°	$\beta = 10^\circ$
11 a 20°	$\beta = \text{latitude}$
21 a 30°	$\beta \approx \text{latitude} + 5^\circ$
31 a 40°	$\beta \approx \text{latitude} + 10^\circ$
41 a mais	$\beta \approx \text{latitude} + 15$

Resumo:

Quando possível:

1) Orientar os módulos à linha equatorial.

2) A orientação ideal é com ângulo azimutal ($\alpha=0$) (Norte)

3) A melhor inclinação é $\beta =$ latitude do lugar.

4) Instalar módulos com inclinações $\beta \geq 10^\circ$.

Caso contrário, fazer limpeza mais freqüente dos módulos.