



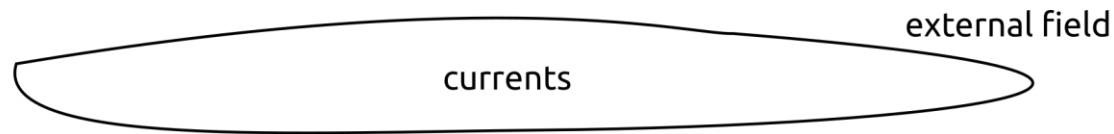
Campo Geomagnético e Anomalia de campo total

Prof. André Luis Albuquerque dos Reis

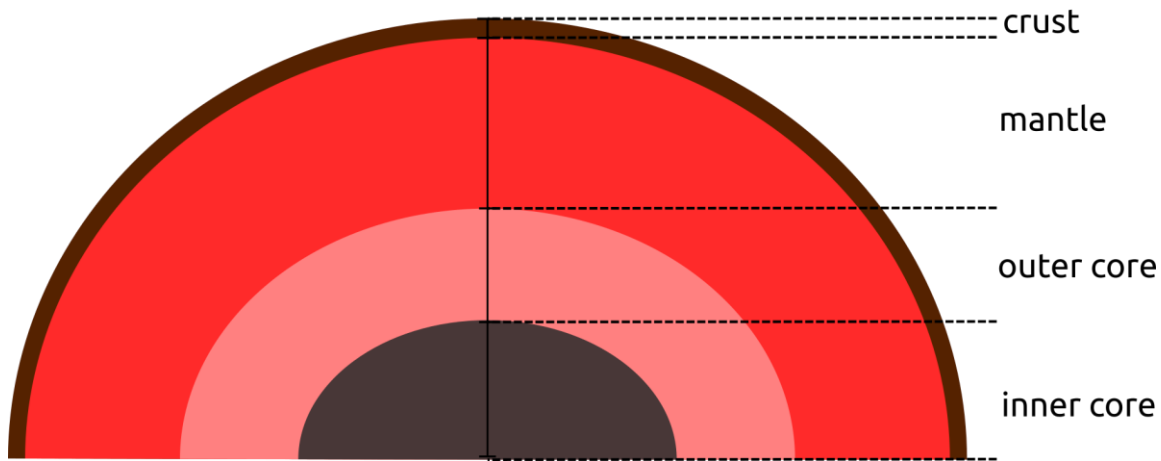
As componentes do Campo Geomagnético

É de extrema importância definirmos alguns elementos que constituem a **estrutura interna da Terra**, e com isso definir as componentes do **Campo Geomagnético**

É de extrema importância definirmos alguns elementos que constituem a **estrutura interna da Terra**, e com isso definir as componentes do **Campo Geomagnético**

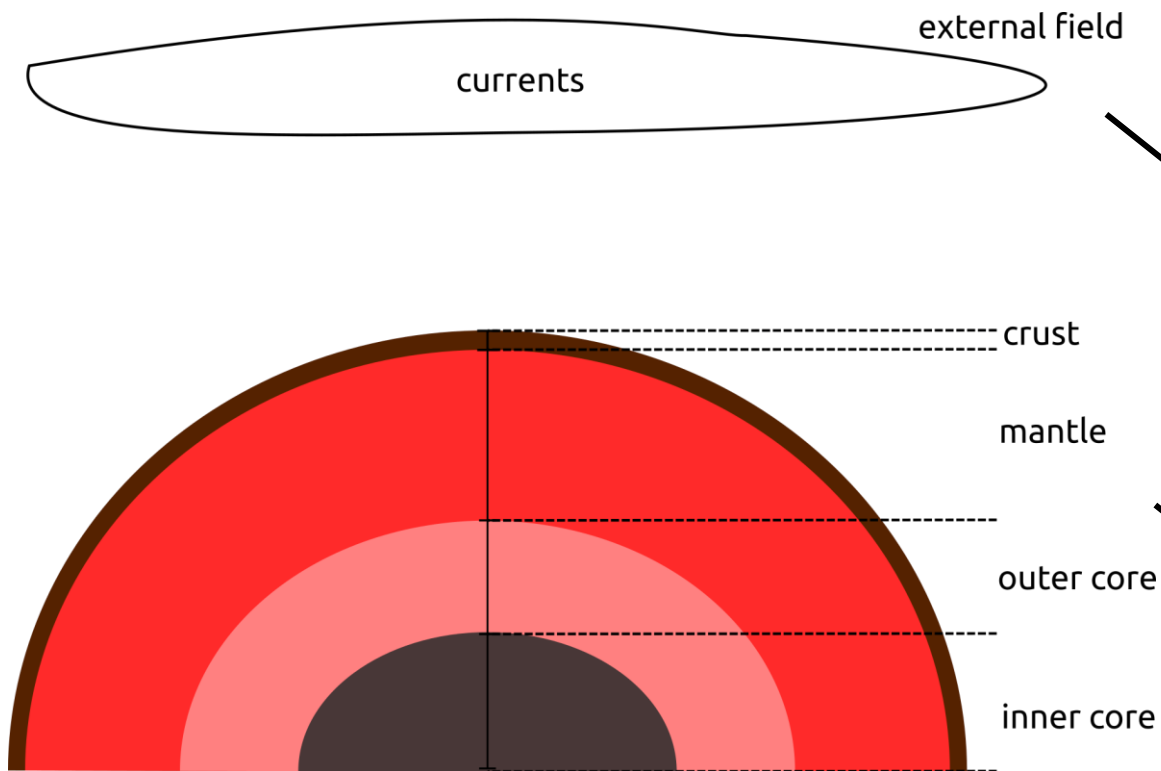


Onde se encontram as principais fontes de campo na terra?

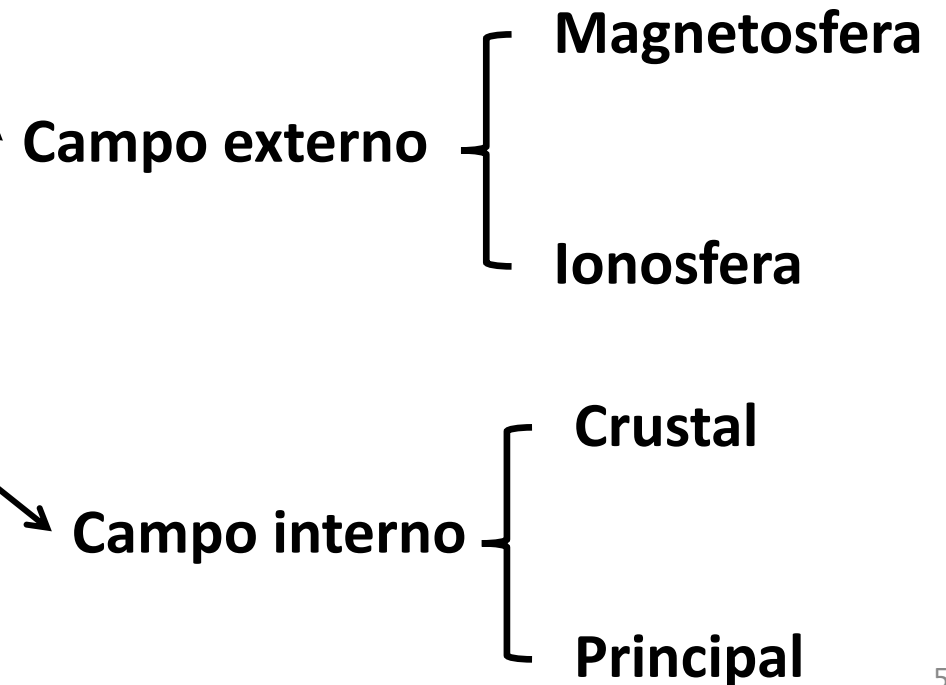


Representação simplificada
da estrutura interna da Terra

É de extrema importância definirmos alguns elementos que constituem a **estrutura interna da Terra**, e com isso definir as componentes do **Campo Geomagnético**



Onde se encontram as principais fontes de campo na terra?

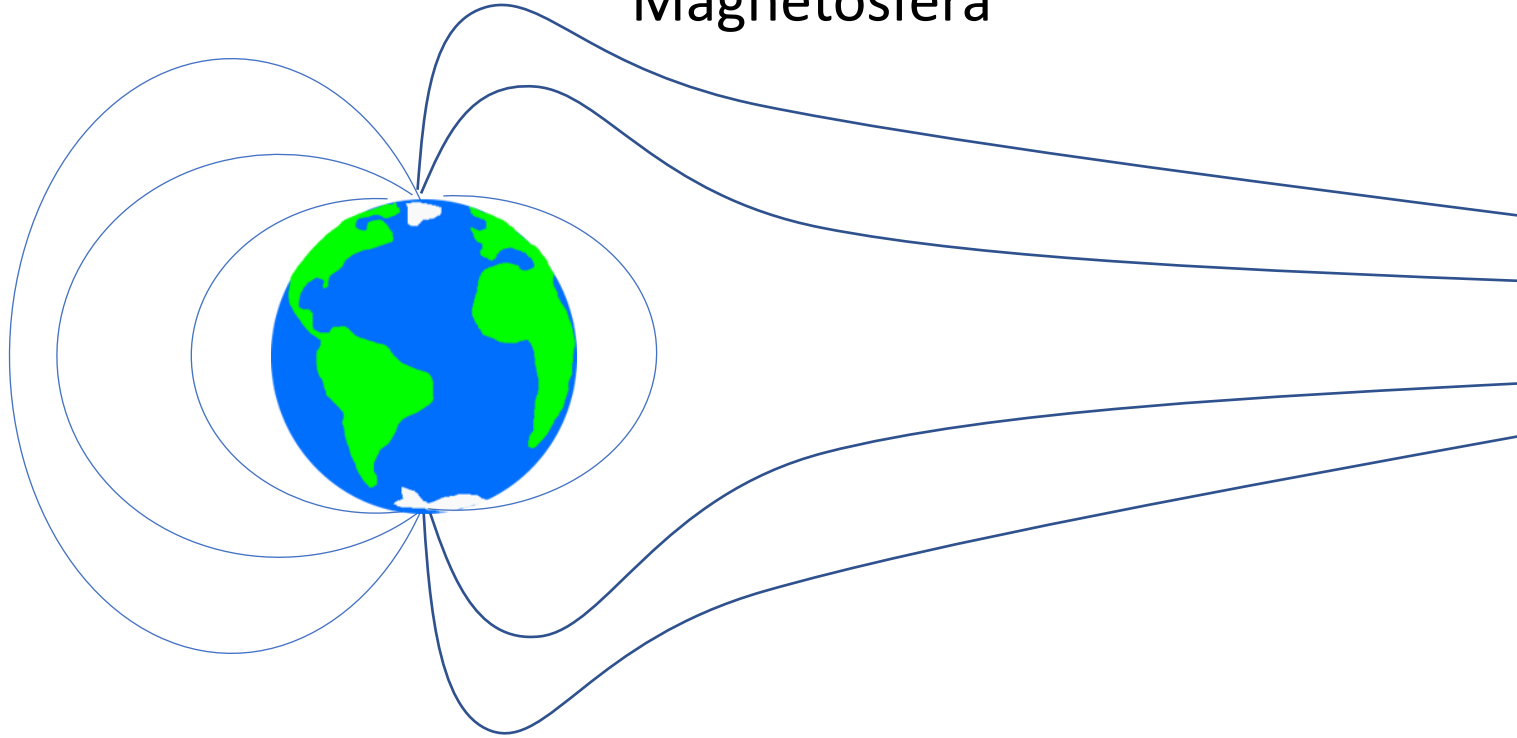


Representação simplificada da estrutura interna da Terra

O Campo externo

Campo externo

Magnetosfera

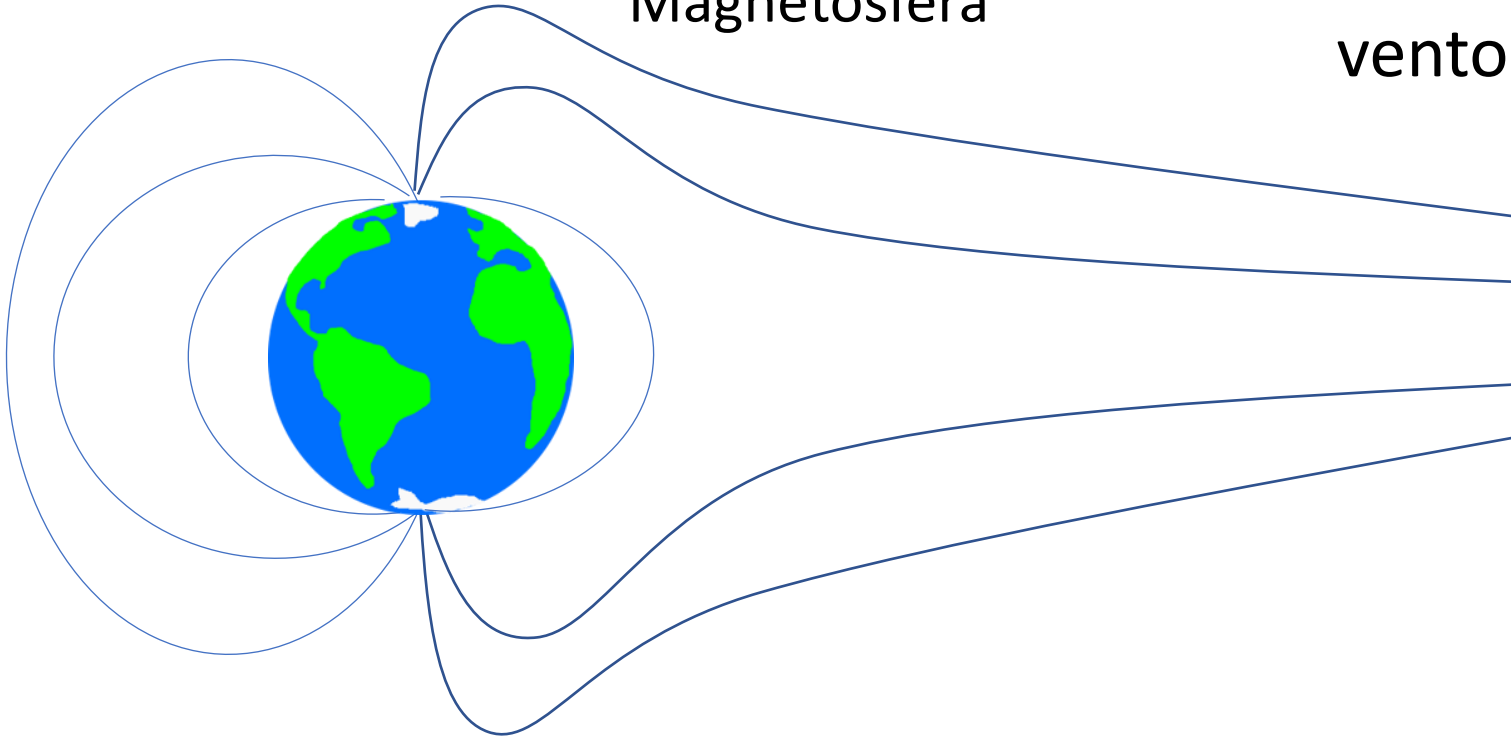


Altitude de
aproximadamente 500 km!

Campo externo

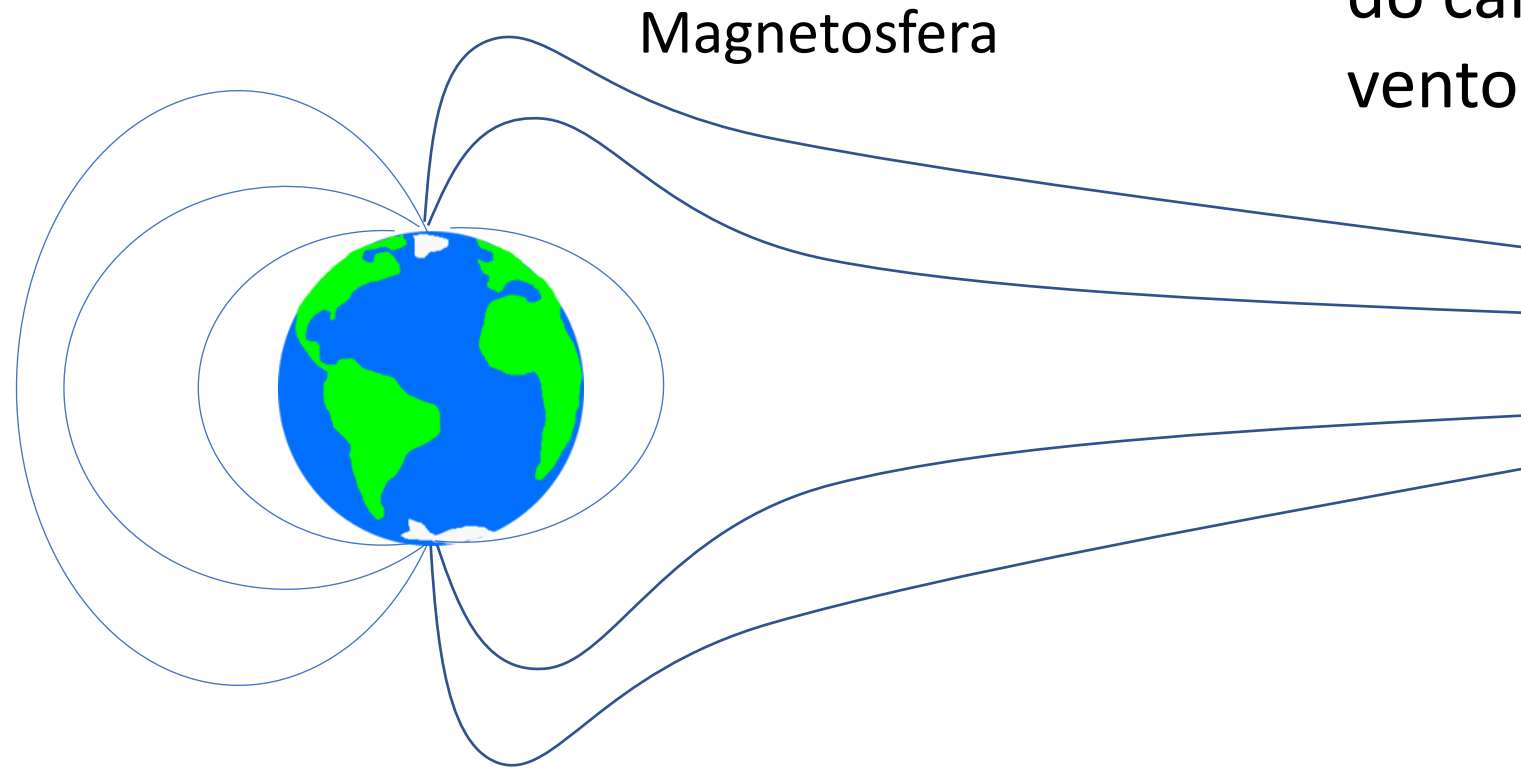
Correntes geradas pela interação
do campo geomagnético e o
vento solar!

Magnetosfera



Altitude de
aproximadamente 500 km!

Campo externo

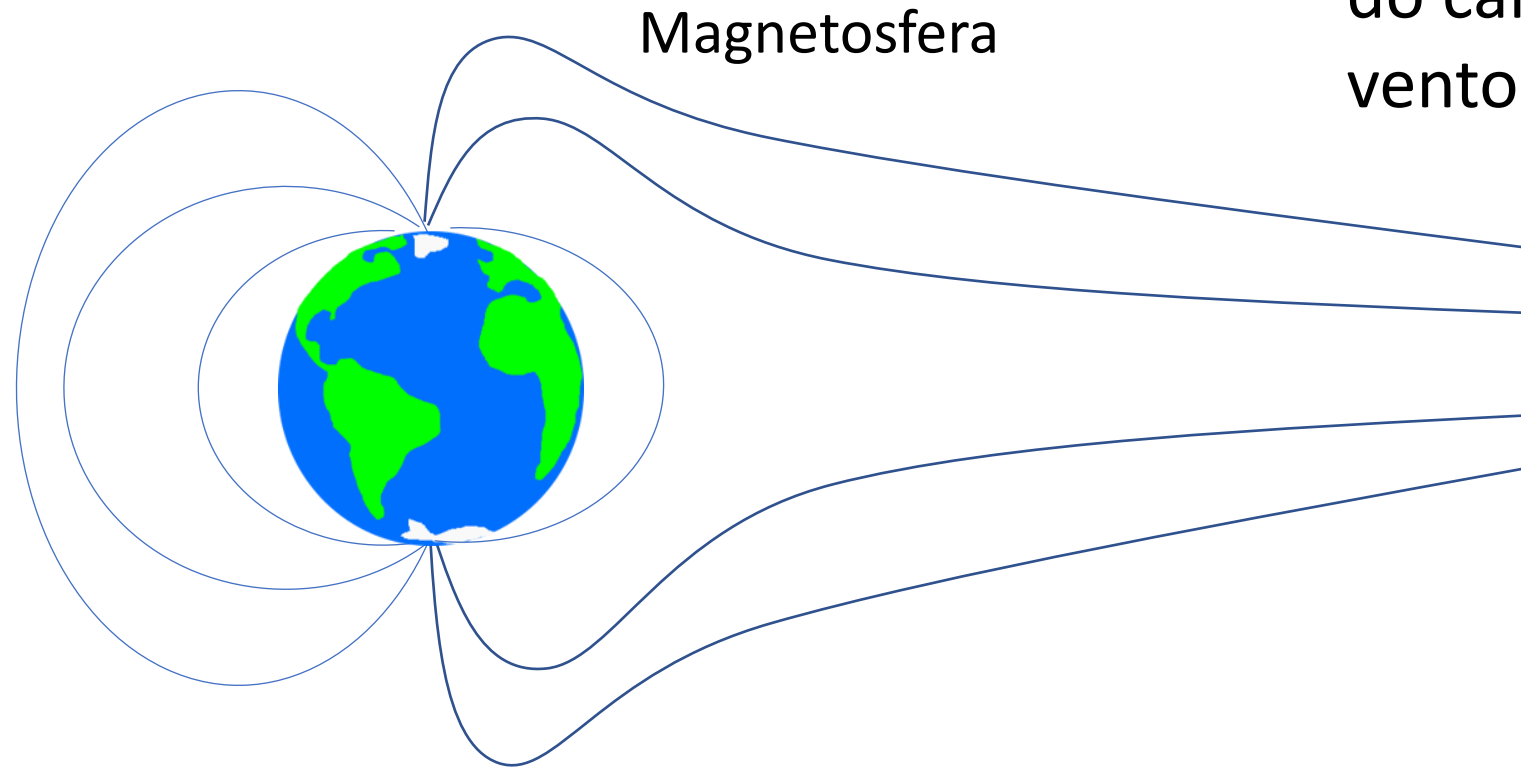


Correntes geradas pela interação do campo geomagnético e o vento solar!

Este fluxo de vento solar gera uma variação no campo da Terra, e assim faz com que correntes sejam induzidas nessa região.

Altitude de
aproximadamente 500 km!

Campo externo



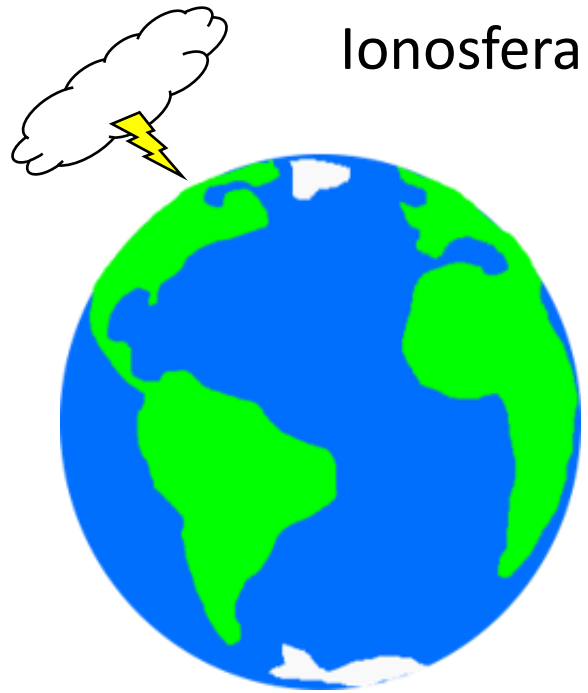
Correntes geradas pela interação do campo geomagnético e o vento solar!

Este fluxo de vento solar gera uma variação no campo da Terra, e assim faz com que correntes sejam induzidas nessa região.

Altitude de aproximadamente 500 km!

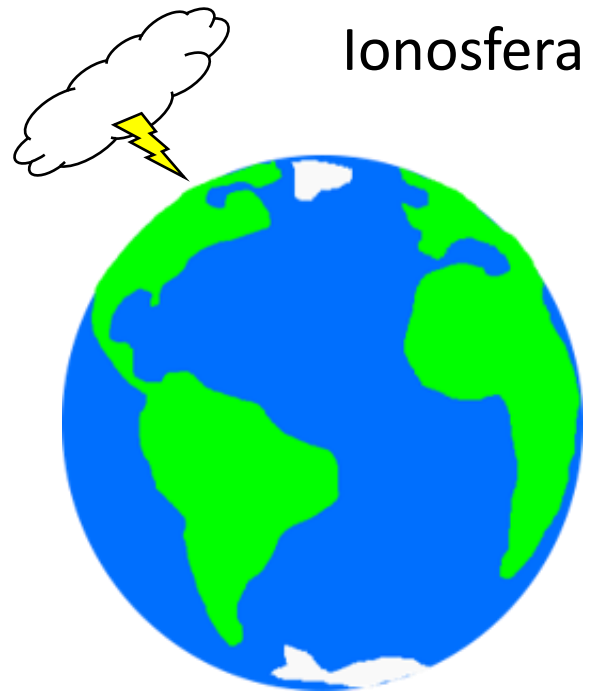
Ocasionalmente uma variação do campo em torno de 5nT!

Campo externo



Altitude entre,
aproximadamente, 50km e 600
km da superfície!

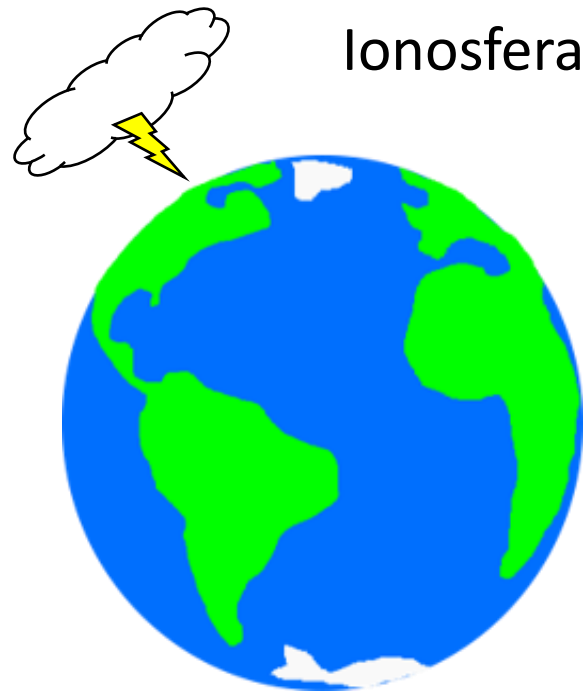
Campo externo



As correntes geradas nessa região podem também alterar o campo magnético terrestre

Altitude entre,
aproximadamente, 50km e 600
km da superfície!

Campo externo

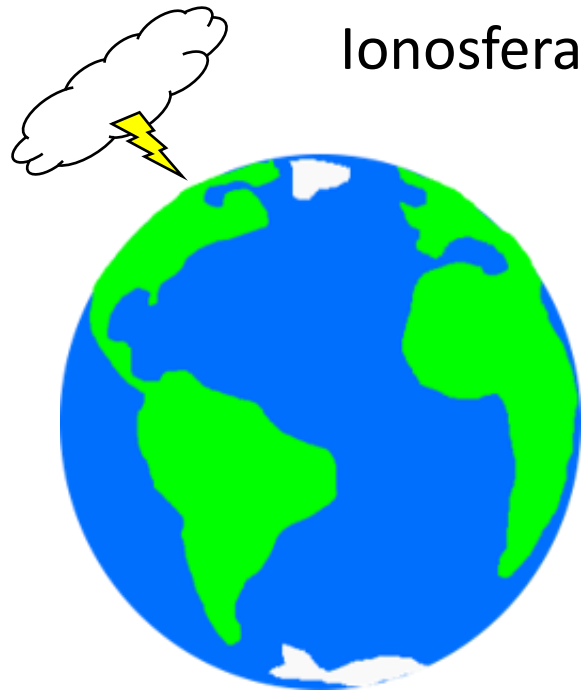


As correntes geradas nessa região podem também alterar o campo magnético terrestre

Ocasionalmente uma variação do campo com forte dependência temporal, que podem durar de alguns segundos ou até mesmo dias!

Altitude entre,
aproximadamente, 50km e 600
km da superfície!

Campo externo



Ionosfera

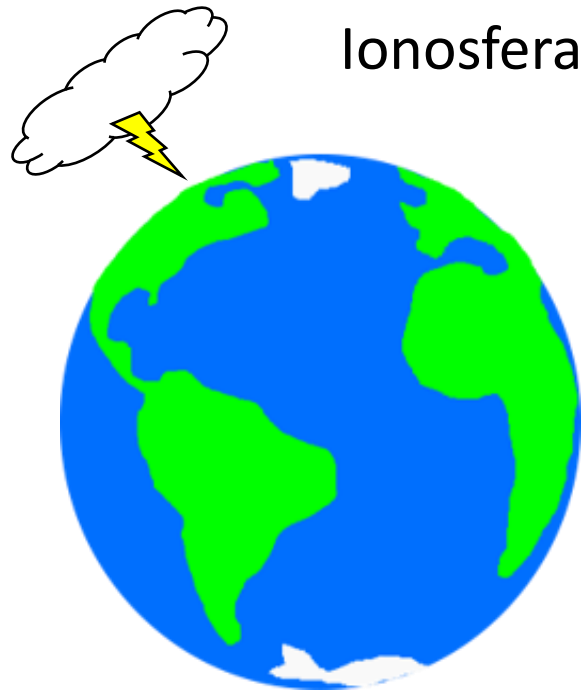
As correntes geradas nessa região podem também alterar o campo magnético terrestre

Ocasionalmente uma variação do campo com forte dependência temporal, que podem durar de alguns segundos ou até mesmo dias!

Podendo alterar de forma significativa a amplitude do campo medido na superfície terrestre em até algumas centenas de milhares de nT

Altitude entre,
aproximadamente, 50km e 600
km da superfície!

Campo externo



Altitude entre,
aproximadamente, 50km e 600
km da superfície!

As correntes geradas nessa região podem
também alterar o campo magnético terrestre

Ocasionalmente uma variação do campo com forte
dependência temporal, que podem durar de
alguns segundos ou até mesmo dias!

Podendo alterar de forma significativa a
amplitude do campo medido na superfície
terrestre em até algumas centenas de
milhares de nT

Os processos físicos que controlam os sistemas
de correntes nestas duas regiões estão
acoplados

Variação diurna

Na prática, todos estes fenômenos são considerados em dois tipos: os de **dias magneticamente calmos** (quando as amplitudes são baixas) e **dias magneticamente perturbados** (quando as amplitudes são altas)



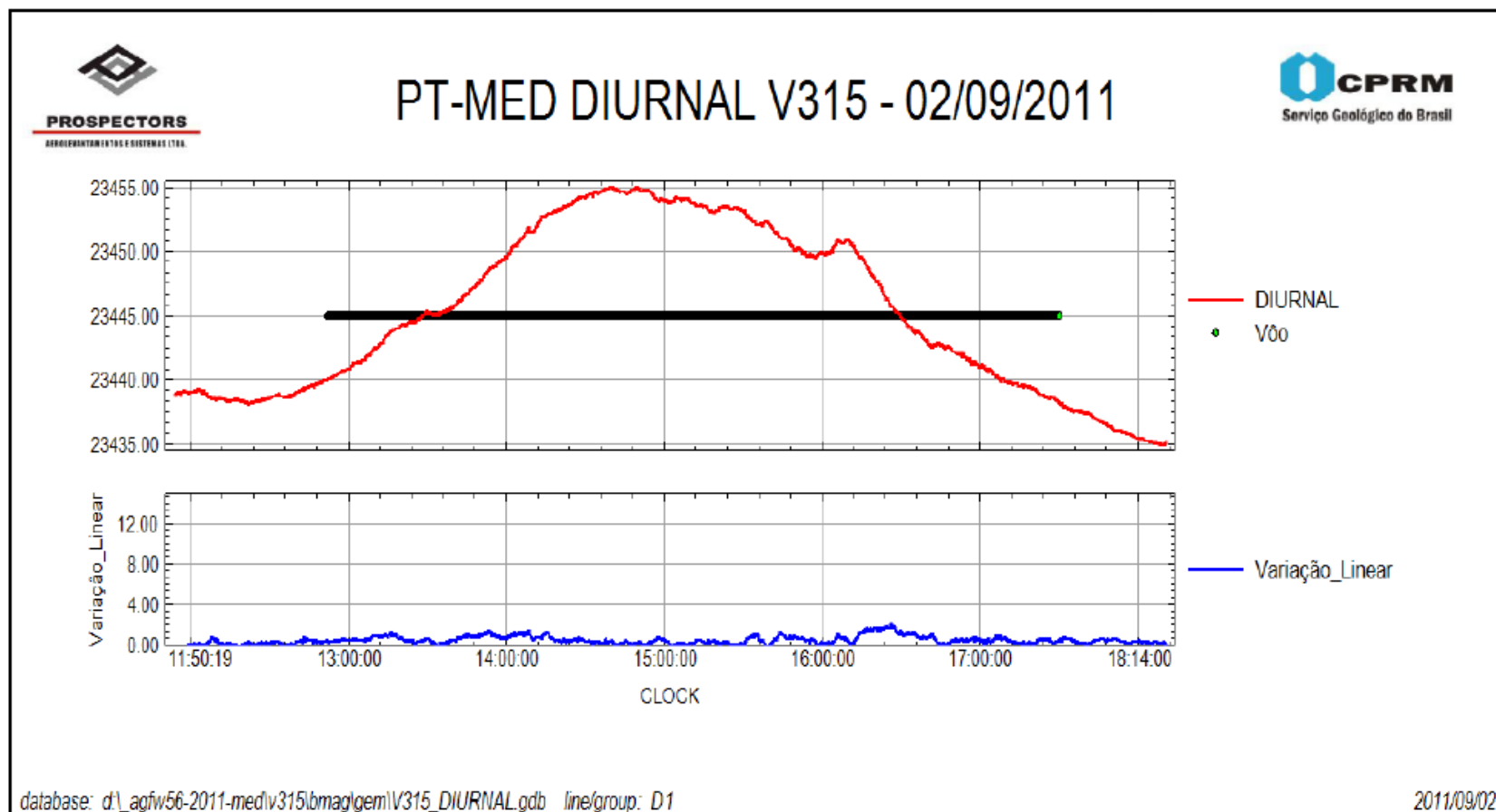
Corrige o efeito da variação diurna!

Variação diurna



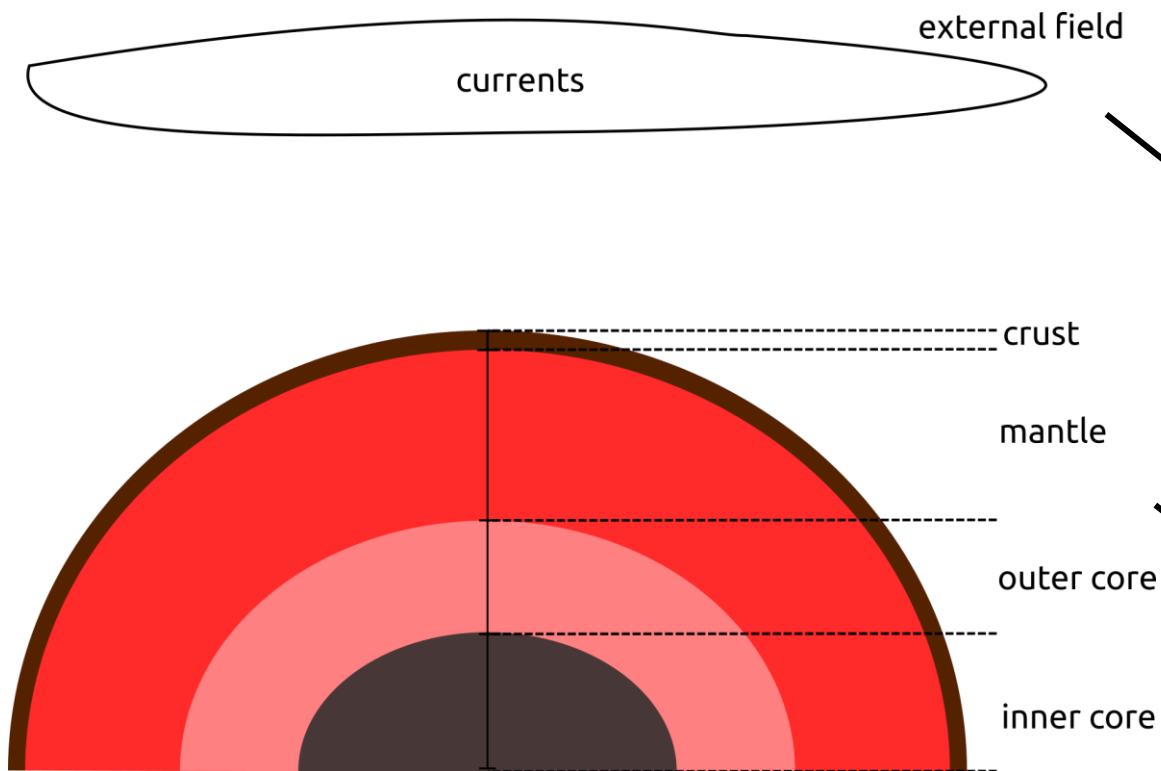
Corrige o efeito da variação diurna!

Na prática, todos estes fenômenos são considerados em dois tipos: os de **dias magneticamente calmos** (quando as amplitudes são baixas) e **dias magneticamente perturbados** (quando as amplitudes são altas)



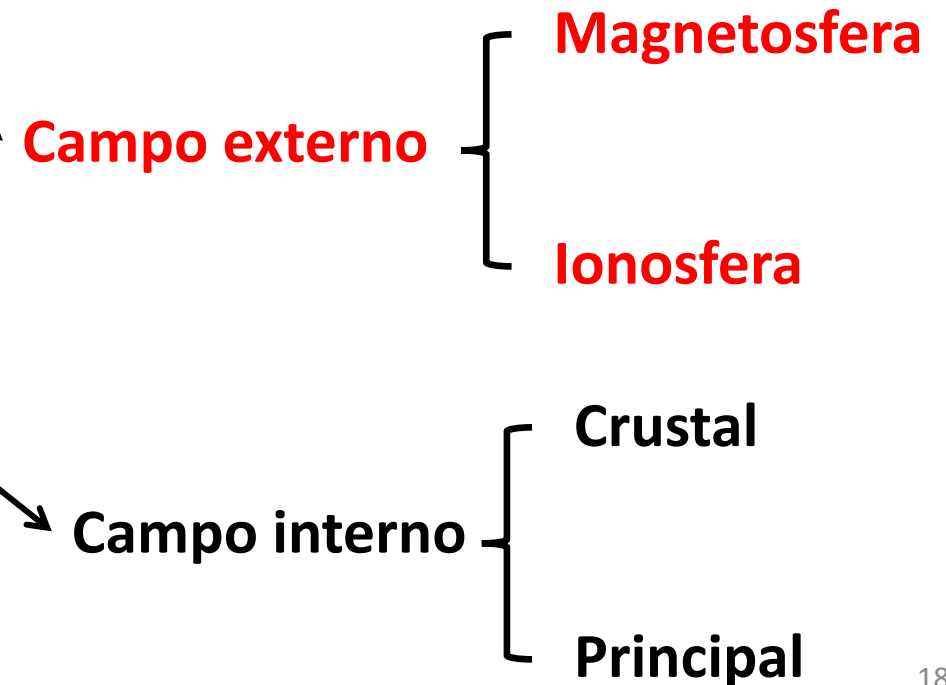
Retirado de “RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS. PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO”. CPRM (2011).

É de extrema importância definirmos alguns elementos que constituem a **estrutura interna da Terra**, e com isso definir as componentes do **Campo Geomagnético**

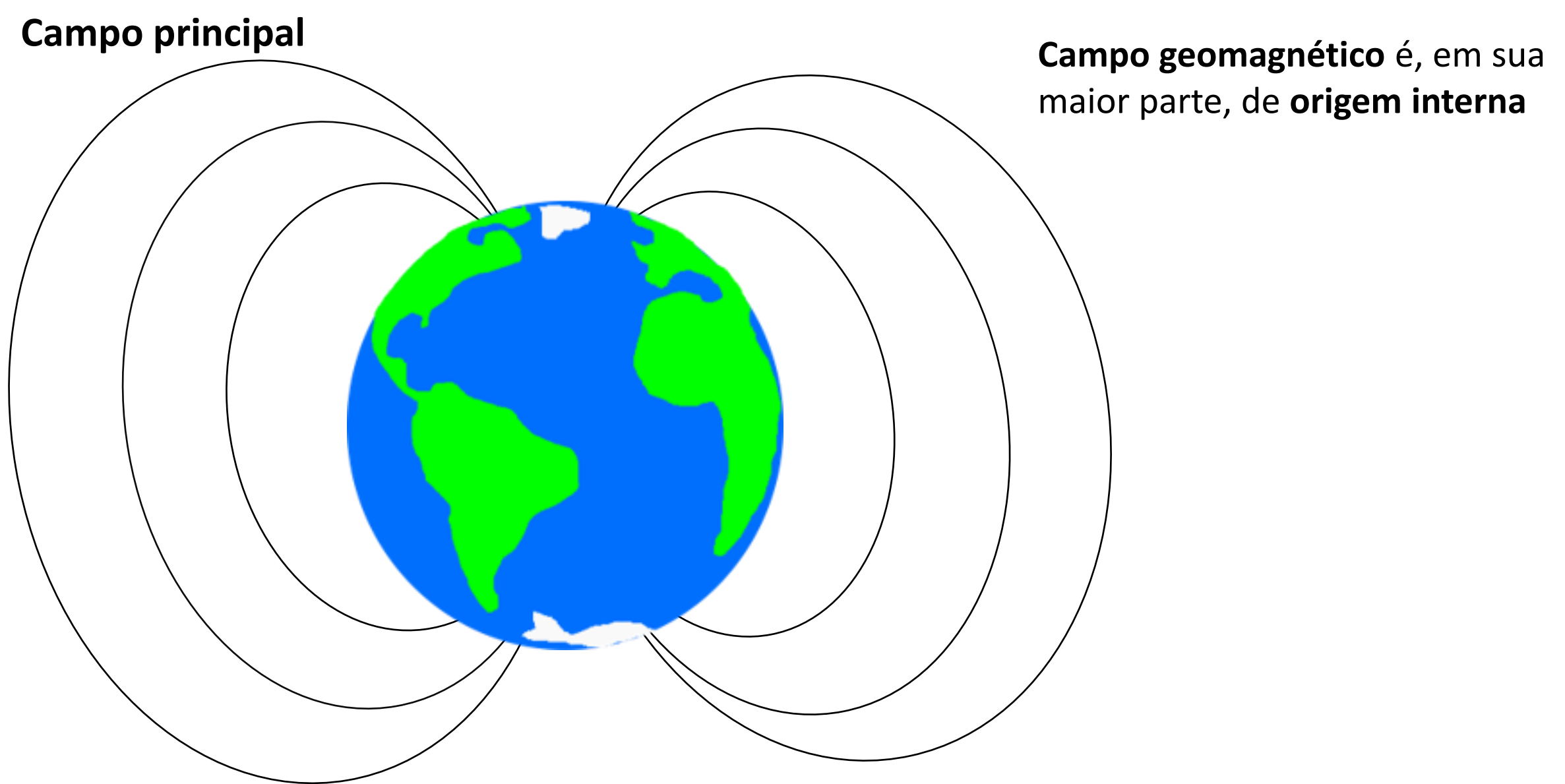


Representação simplificada
da estrutura interna da Terra

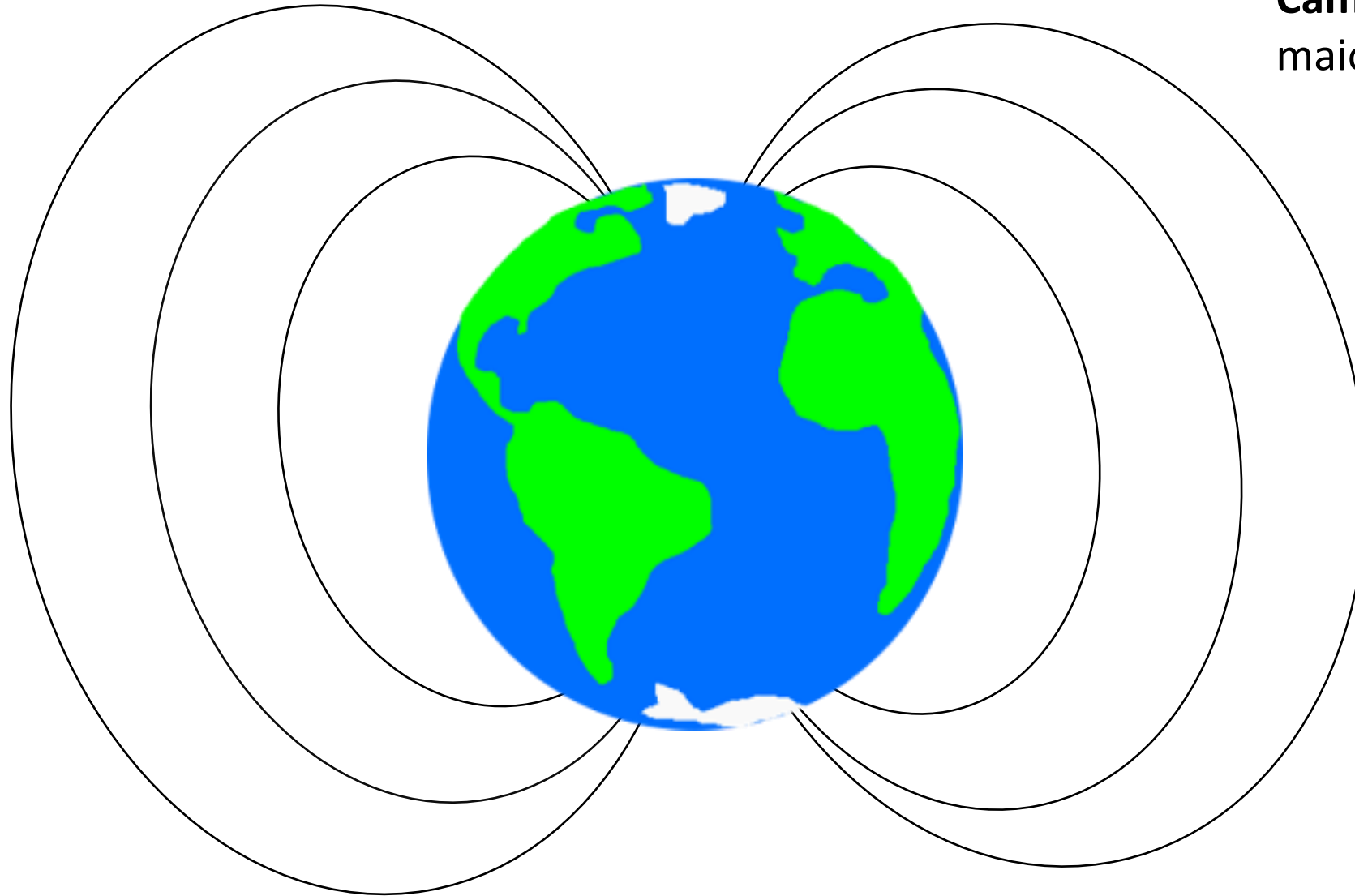
Onde se encontram as principais fontes de campo na terra?



O campo principal

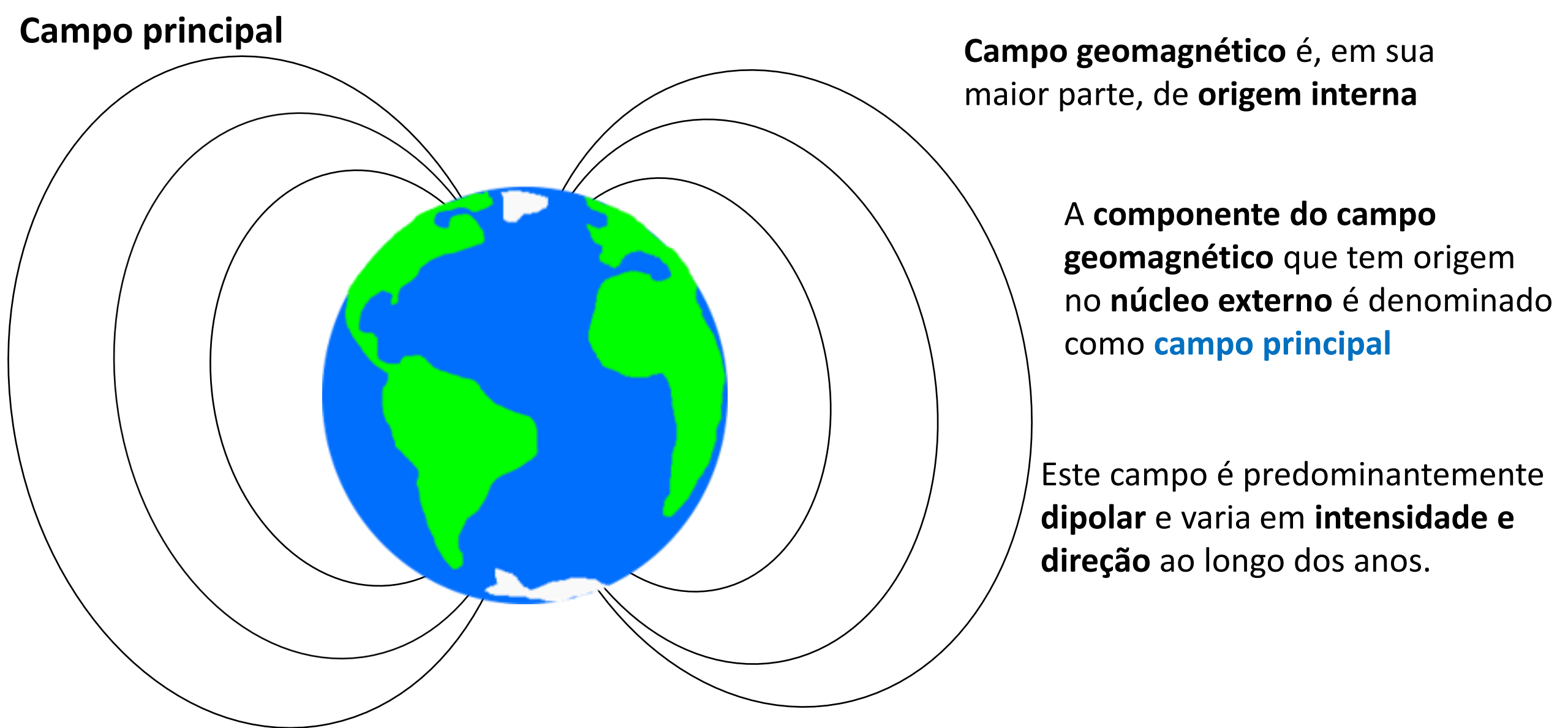


Campo principal



Campo geomagnético é, em sua maior parte, de **origem interna**

A **componente do campo geomagnético** que tem origem no **núcleo externo** é denominado como **campo principal**

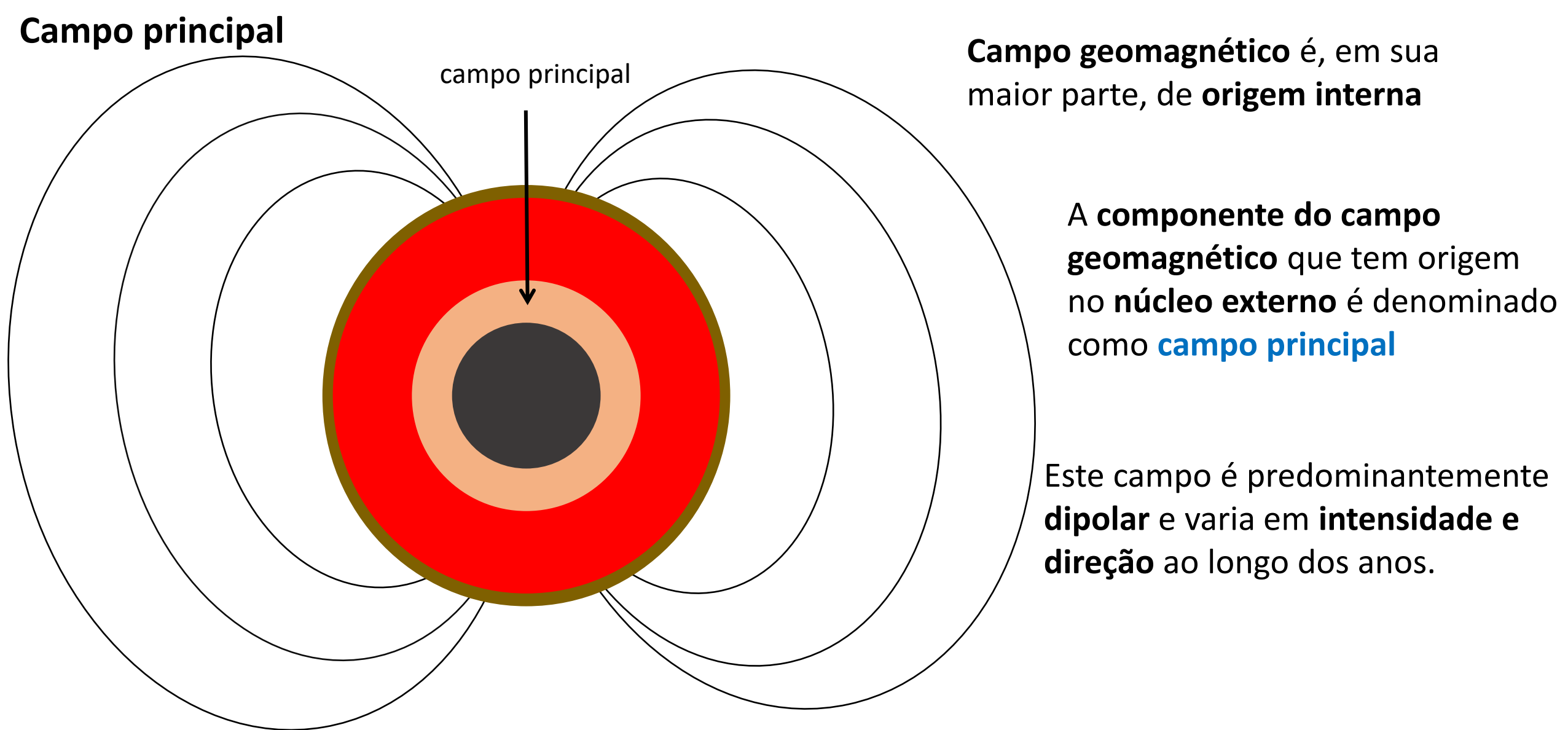


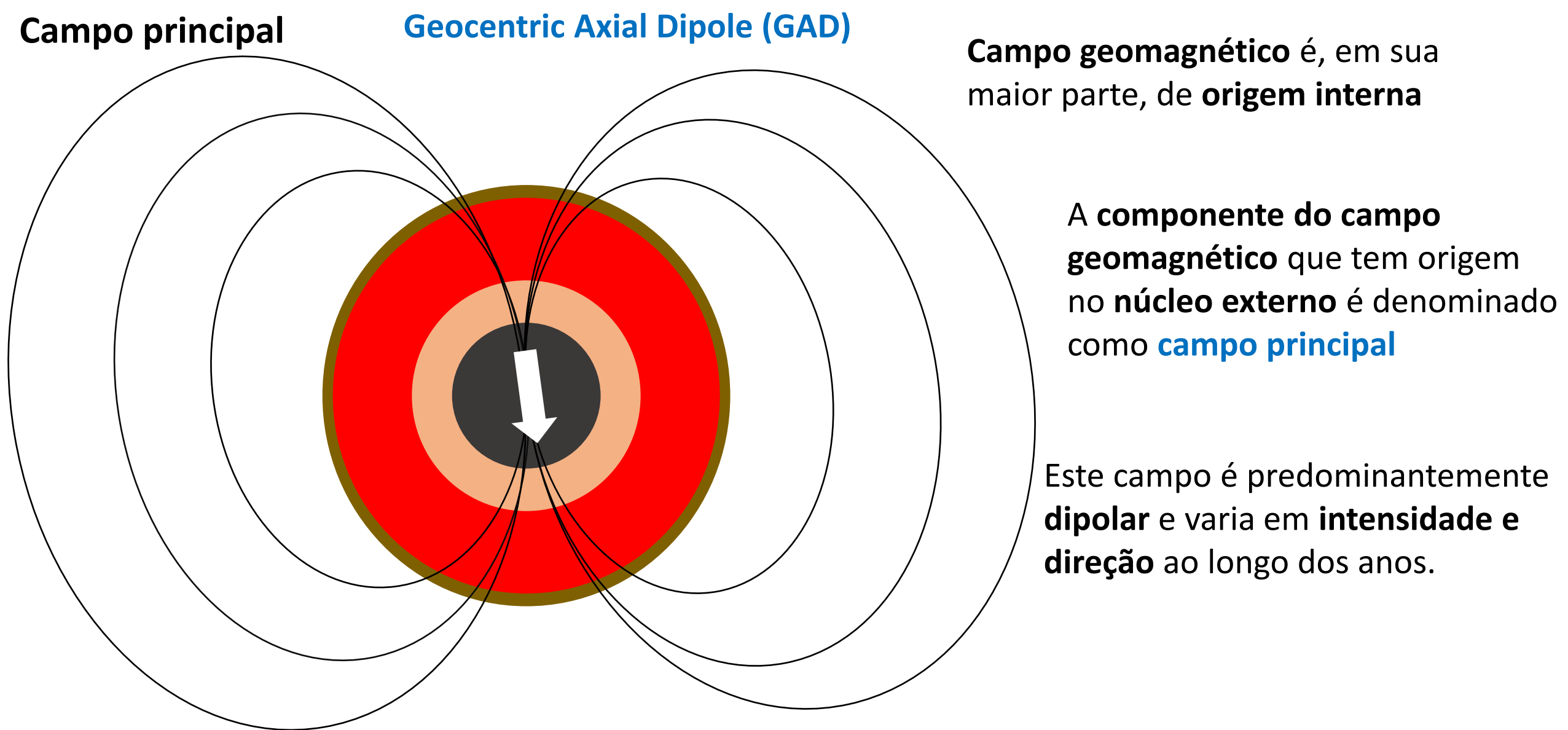
Campo principal

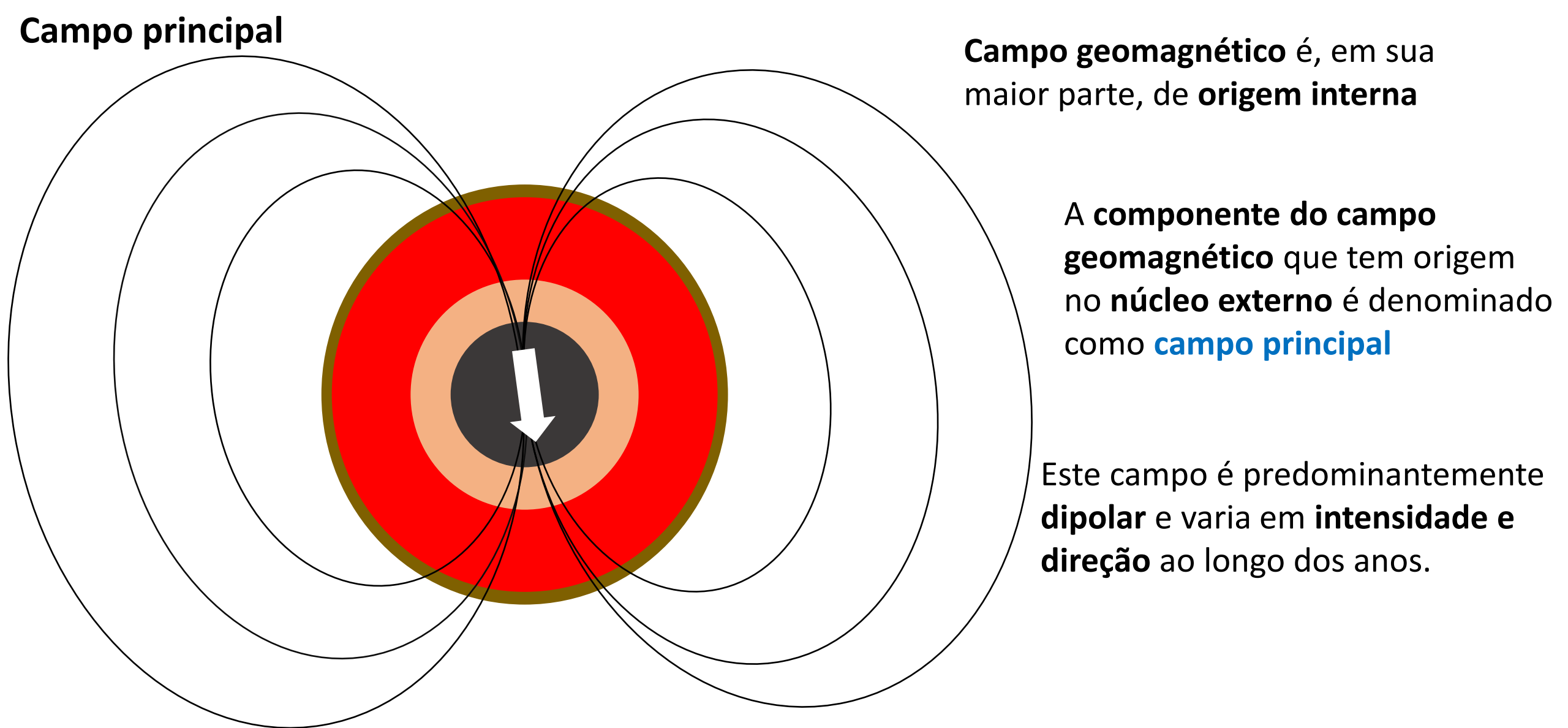
Campo geomagnético é, em sua maior parte, de **origem interna**

A **componente do campo geomagnético** que tem origem no **núcleo externo** é denominado como **campo principal**

Este campo é predominantemente **dipolar** e varia em **intensidade e direção** ao longo dos anos.





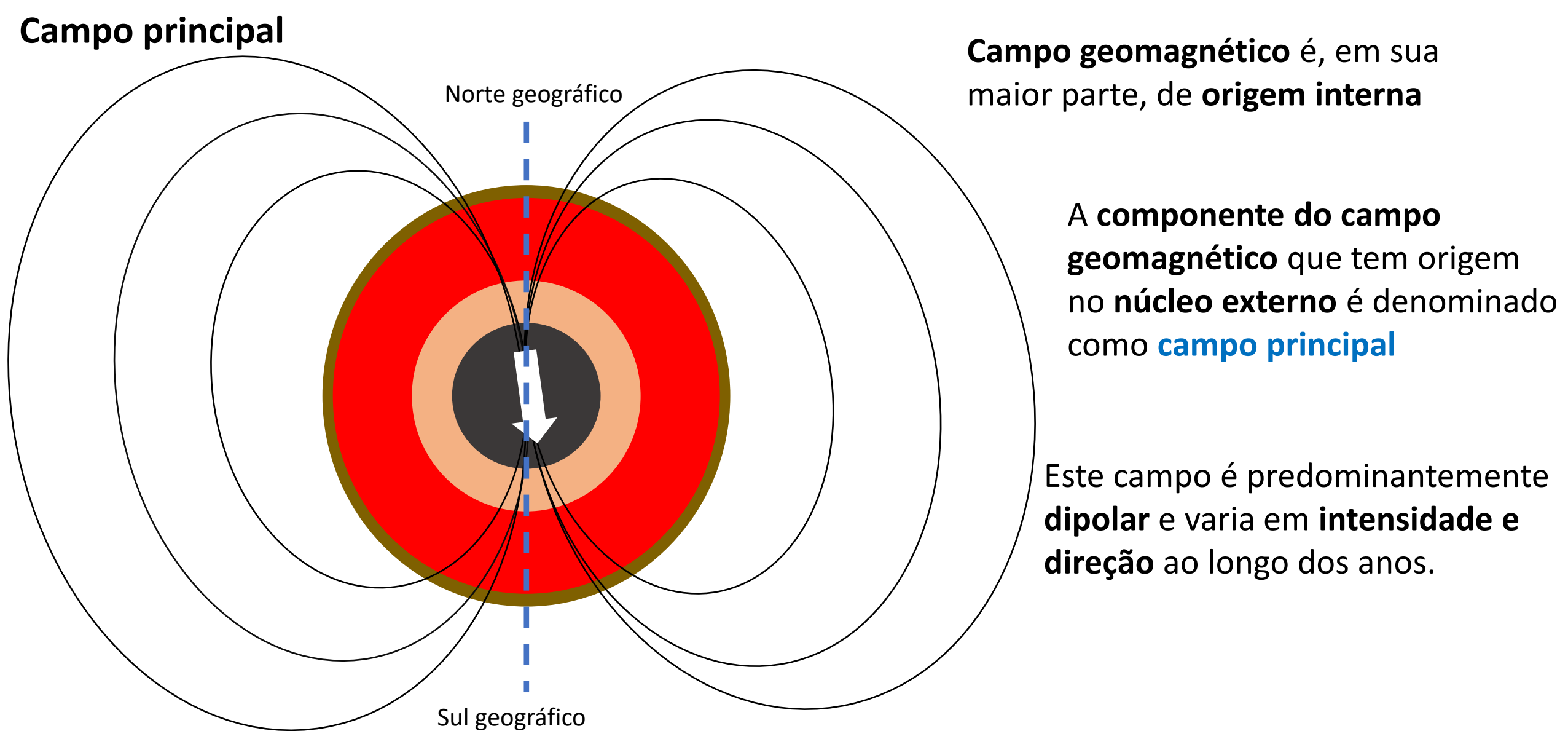


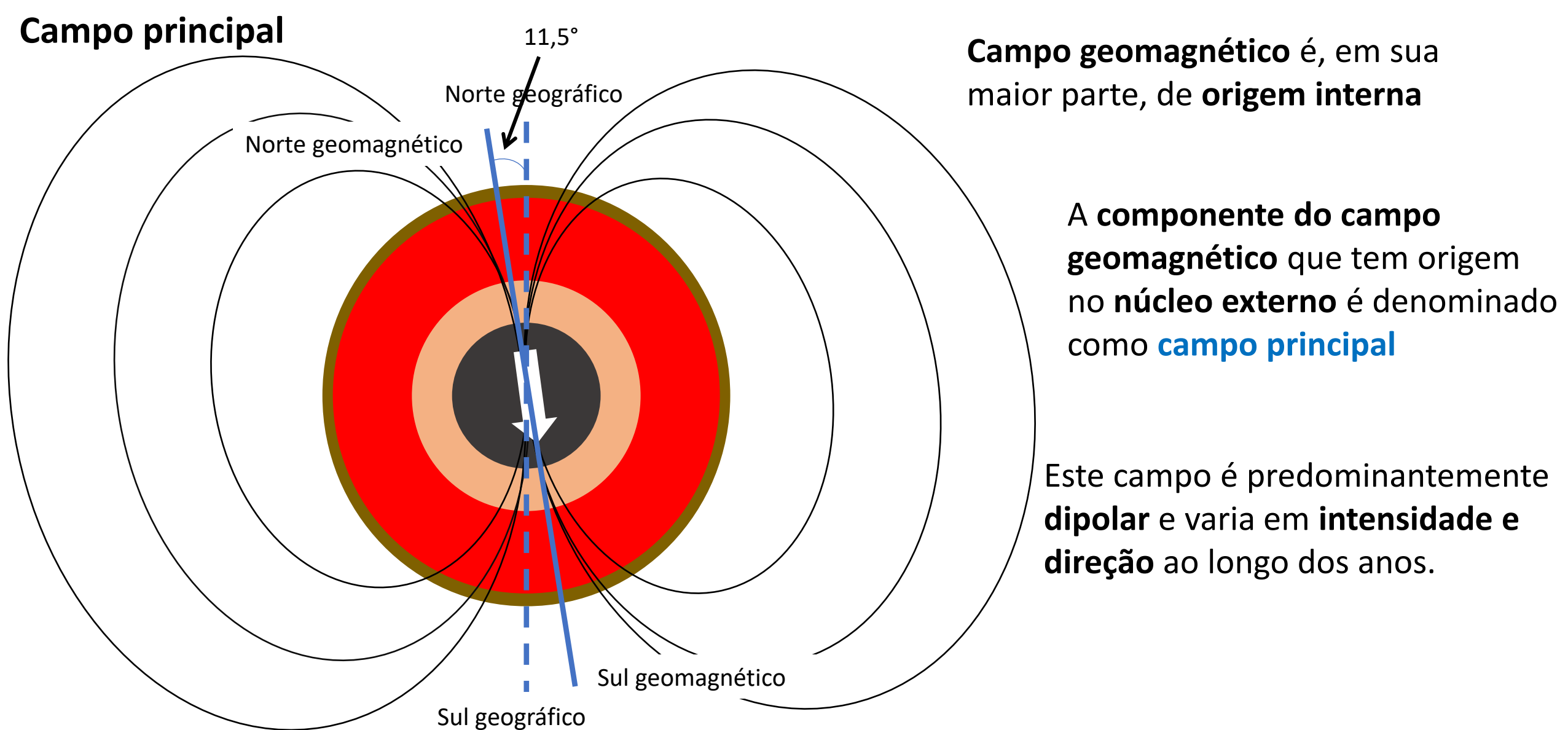
Campo principal

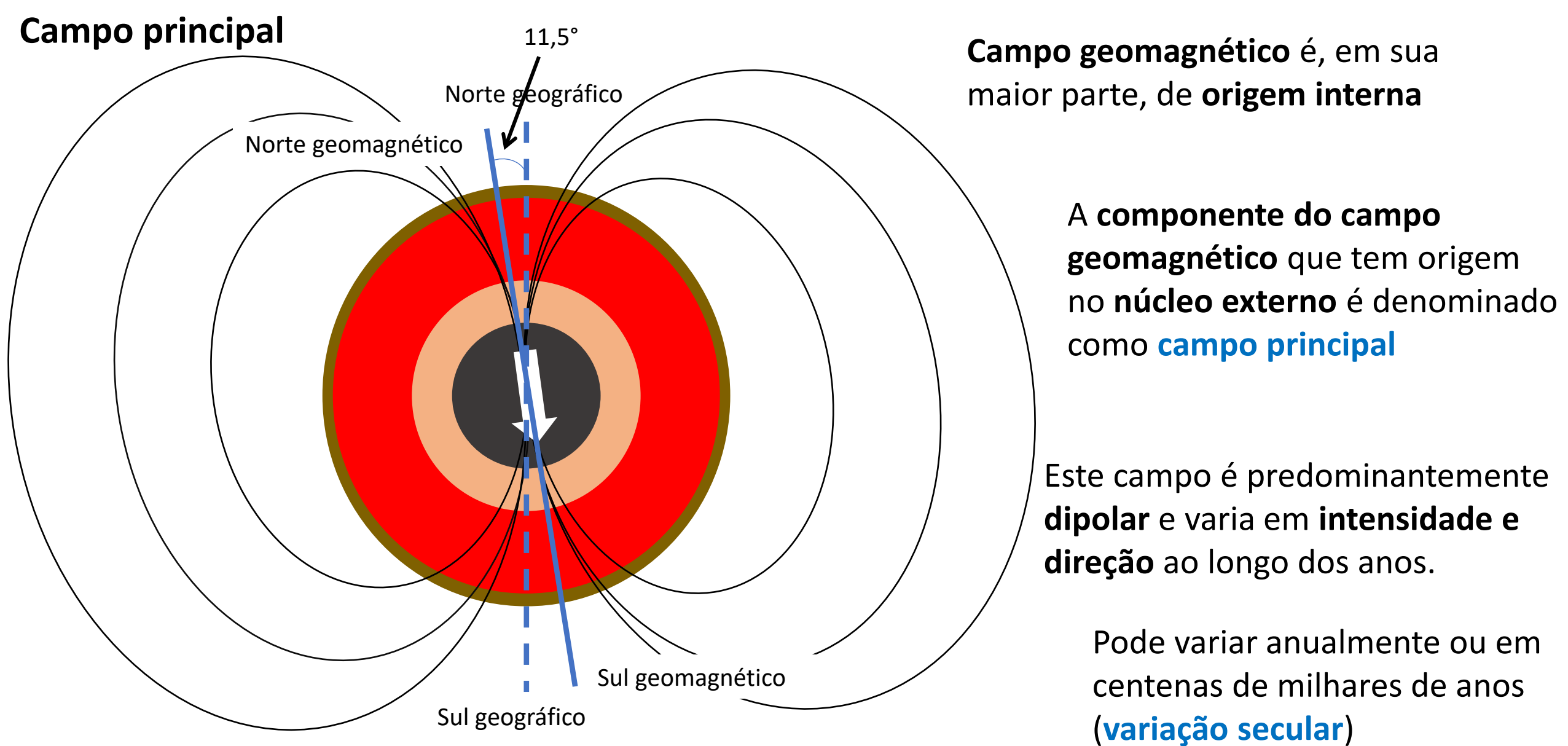
Campo geomagnético é, em sua maior parte, de origem interna

A componente do campo geomagnético que tem origem no núcleo externo é denominado como **campo principal**

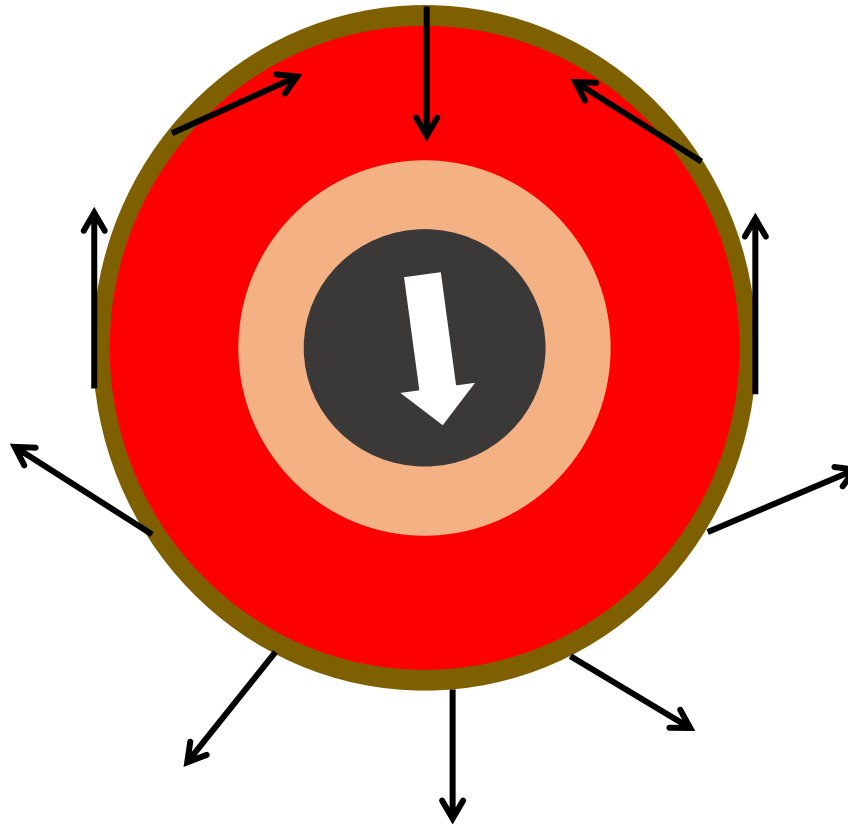
Este campo é predominantemente dipolar e varia em intensidade e direção ao longo dos anos.







Campo principal

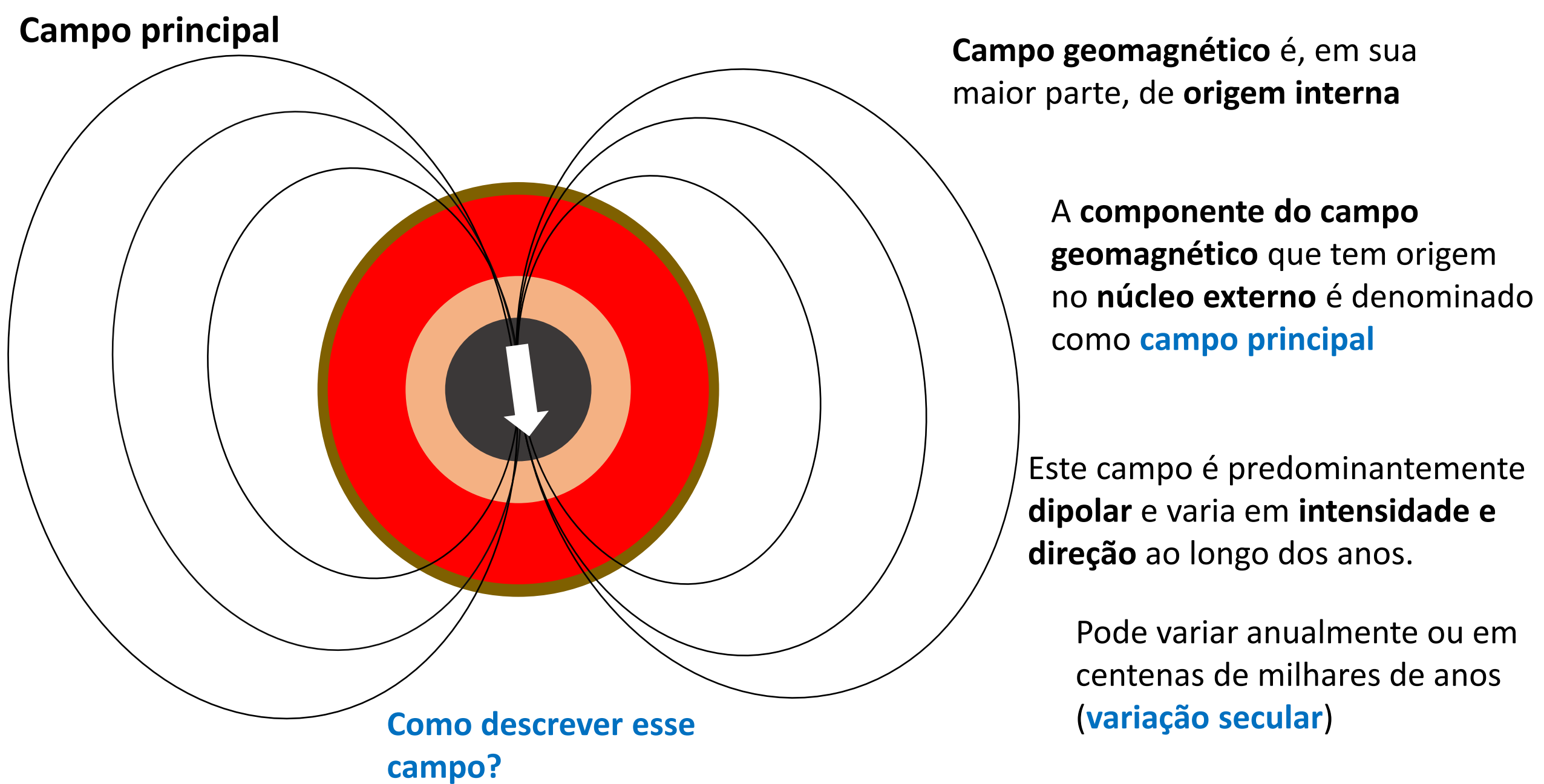


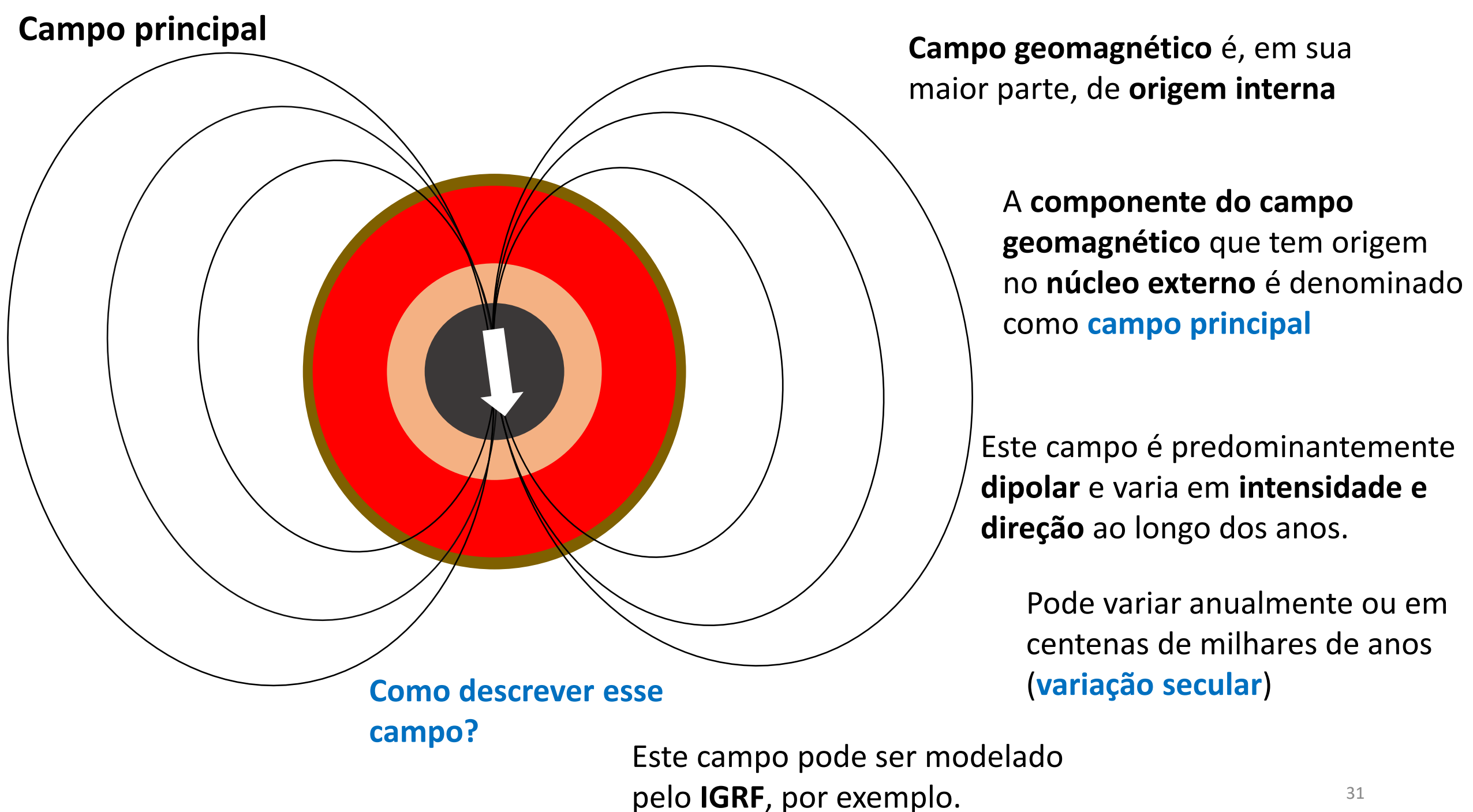
Campo geomagnético é, em sua maior parte, de **origem interna**

A componente do campo geomagnético que tem origem no **núcleo externo** é denominado como **campo principal**

Este campo é predominantemente **dipolar** e varia em **intensidade e direção** ao longo dos anos.

Pode variar anualmente ou em centenas de milhares de anos (**variação secular**)





Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)



Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

Atualizado de a cada 5 anos com a contribuição de diversos observatórios magnéticos ao redor do mundo



Campo principal



International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

Atualizado de a cada 5 anos com a contribuição de diversos observatórios magnéticos ao redor do mundo

De modo similar ao que tínhamos com a **componente gravitacional** do **campo de gravidade**....

$$\mathbf{F}(x, y, z) = -\nabla V(x, y, z)$$

Campo principal



International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

Atualizado de a cada 5 anos com a contribuição de diversos observatórios magnéticos ao redor do mundo

De modo similar ao que tínhamos com a **componente gravitacional** do **campo de gravidade**....

$$\mathbf{F}(x, y, z) = -\nabla V(x, y, z)$$

Podemos escrever este potencial em **harmônicos esféricos**

Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)



Atualizado de a cada 5 anos com a contribuição de diversos observatórios magnéticos ao redor do mundo

De modo similar ao que tínhamos com a **componente gravitacional** do **campo de gravidade**....

$$\mathbf{F}(x, y, z) = -\nabla V(x, y, z)$$

Podemos escrever este potencial em **harmônicos esféricos**

$$V(r, \theta, \lambda, t) = a \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} [g_{nm}(t) \cos(m\lambda) + h_{nm}(t) \sin(m\lambda)] P_{nm}(\cos\theta)$$

Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)



Atualizado de a cada 5 anos com a contribuição de diversos observatórios magnéticos ao redor do mundo

De modo similar ao que tínhamos com a **componente gravitacional** do **campo de gravidade**....

$$\mathbf{F}(x, y, z) = -\nabla V(x, y, z)$$

Podemos escrever este potencial em **harmônicos esféricos**

$$V(r, \theta, \lambda, t) = a \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} [g_{nm}(t) \cos(m\lambda) + h_{nm}(t) \sin(m\lambda)] P_{nm}(\cos\theta)$$

São os **coeficientes de Gauss**, que são atualizados a cada 5 anos.

Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)



Atualizado de a cada 5 anos com a contribuição de diversos observatórios magnéticos ao redor do mundo

De modo similar ao que tínhamos com a **componente gravitacional** do **campo de gravidade**....

$$\mathbf{F}(x, y, z) = -\nabla V(x, y, z)$$

Podemos escrever este potencial em **harmônicos esféricos**

$$V(r, \theta, \lambda, t) = a \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} [g_{nm}(t) \cos(m\lambda) + h_{nm}(t) \sin(m\lambda)] P_{nm}(\cos\theta)$$

Unidade [nT]

Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)



Atualizado de a cada 5 anos com a contribuição de diversos observatórios magnéticos ao redor do mundo

De modo similar ao que tínhamos com a **componente gravitacional** do **campo de gravidade**....

$$\mathbf{F}(x, y, z) = -\nabla V(x, y, z)$$

Podemos escrever este potencial em **harmônicos esféricos**

$$V(r, \theta, \lambda, t) = a \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} [g_{nm}(t) \cos(m\lambda) + h_{nm}(t) \sin(m\lambda)] P_{nm}(\cos\theta)$$

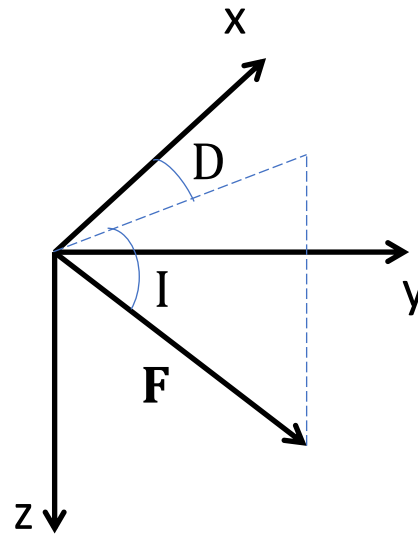
Unidade [nT]

$$F_x = \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \quad F_y = -\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \lambda} \quad F_z = \frac{\partial V}{\partial r}$$

Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

Quais as componentes do campo costumamos quantificar?



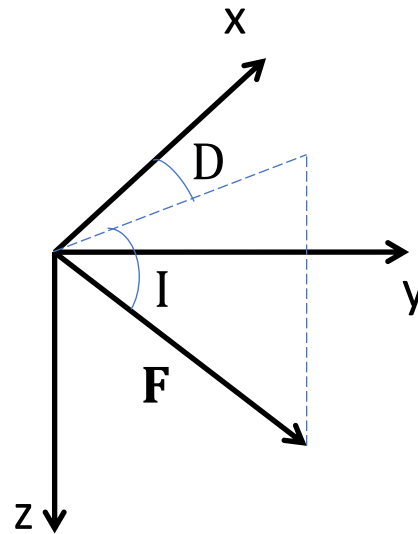
D = Declinação

I = Inclinação

Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

Quais as componentes do campo costumamos quantificar?



D = Declinação

I = Inclinação

Em coordenadas esféricas

$$F_x = F \cos(I) \cos(D)$$

$$F_y = F \cos(I) \sin(D)$$

$$F_z = F \sin(I)$$

Campo principal

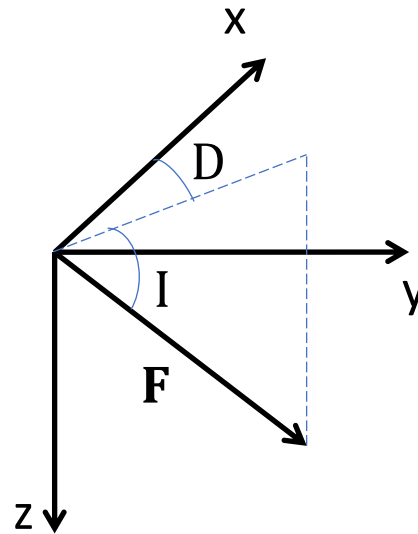


H = Componente horizontal

$$H = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

Quais as componentes do campo costumamos quantificar?



D = Declinação

I = Inclinação

Em coordenadas esféricas

$$F_x = F \cos(I) \cos(D)$$

$$F_y = F \cos(I) \sin(D)$$

$$F_z = F \sin(I)$$

|F| = Intensidade

$$|F| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

Campo principal

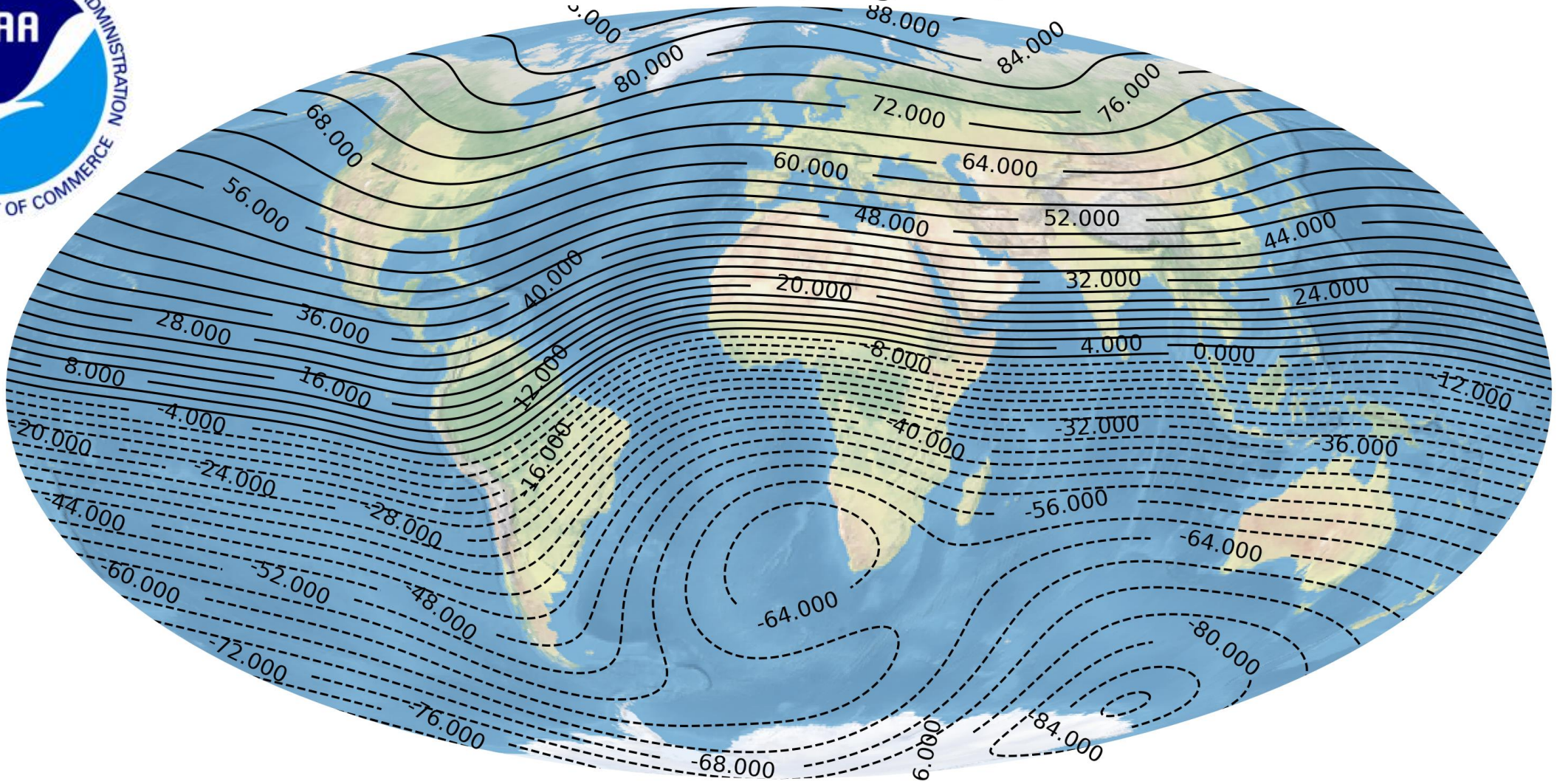
International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

<https://www.noaa.gov/>



Inclination (Degrees)

I = Inclinação

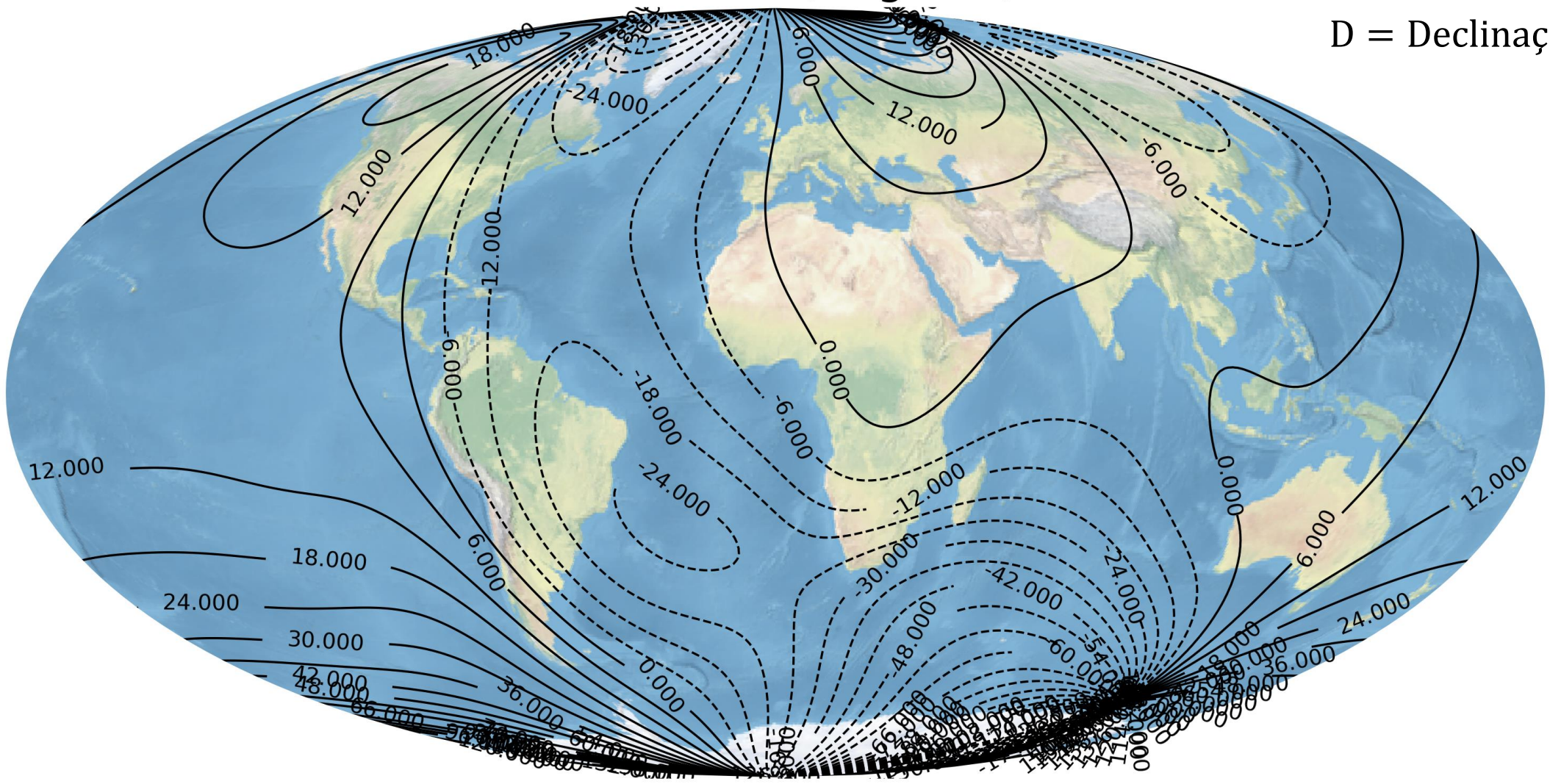


Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

Declination (Degrees)

D = Declinação

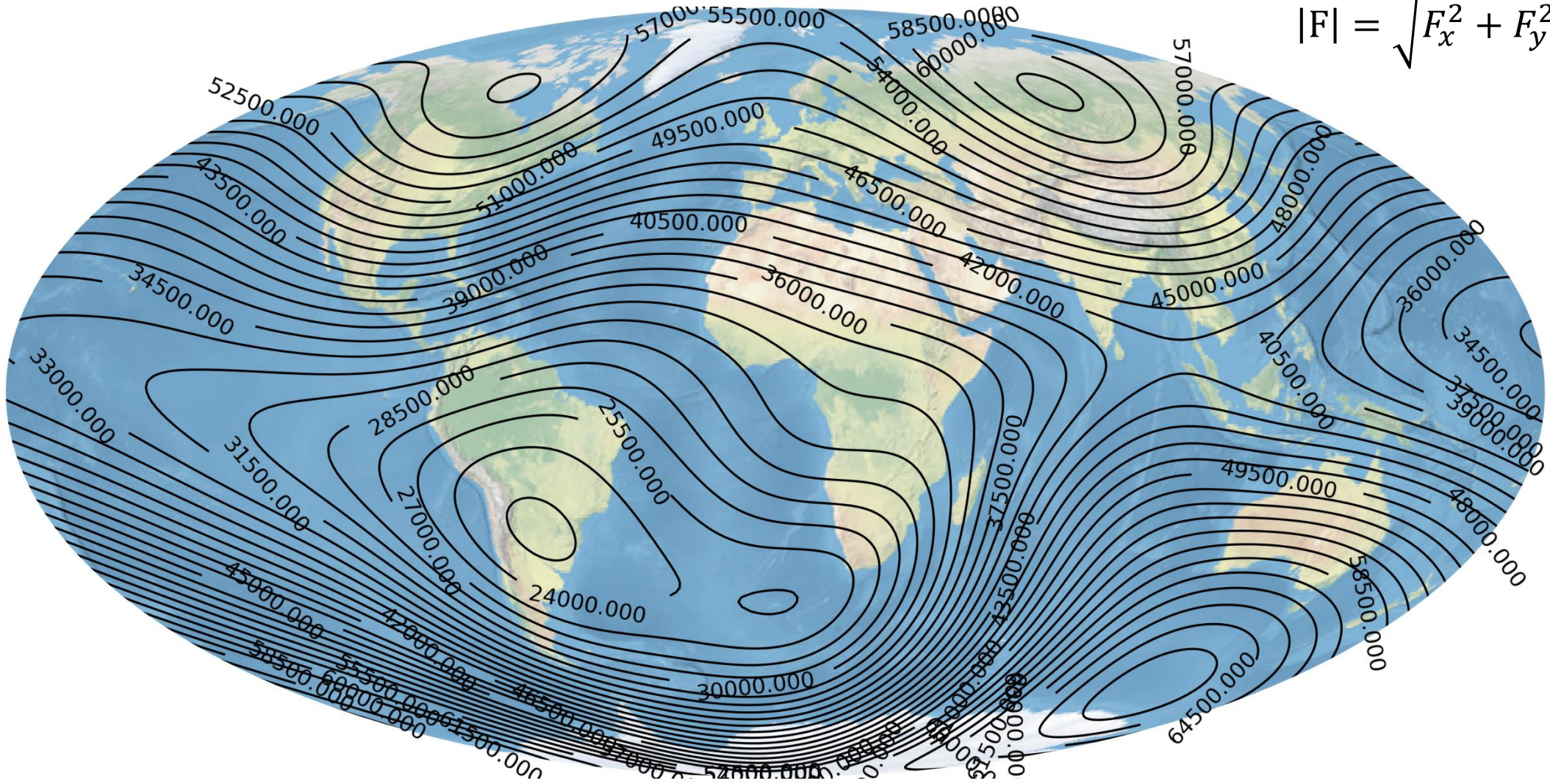


Campo principal

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)

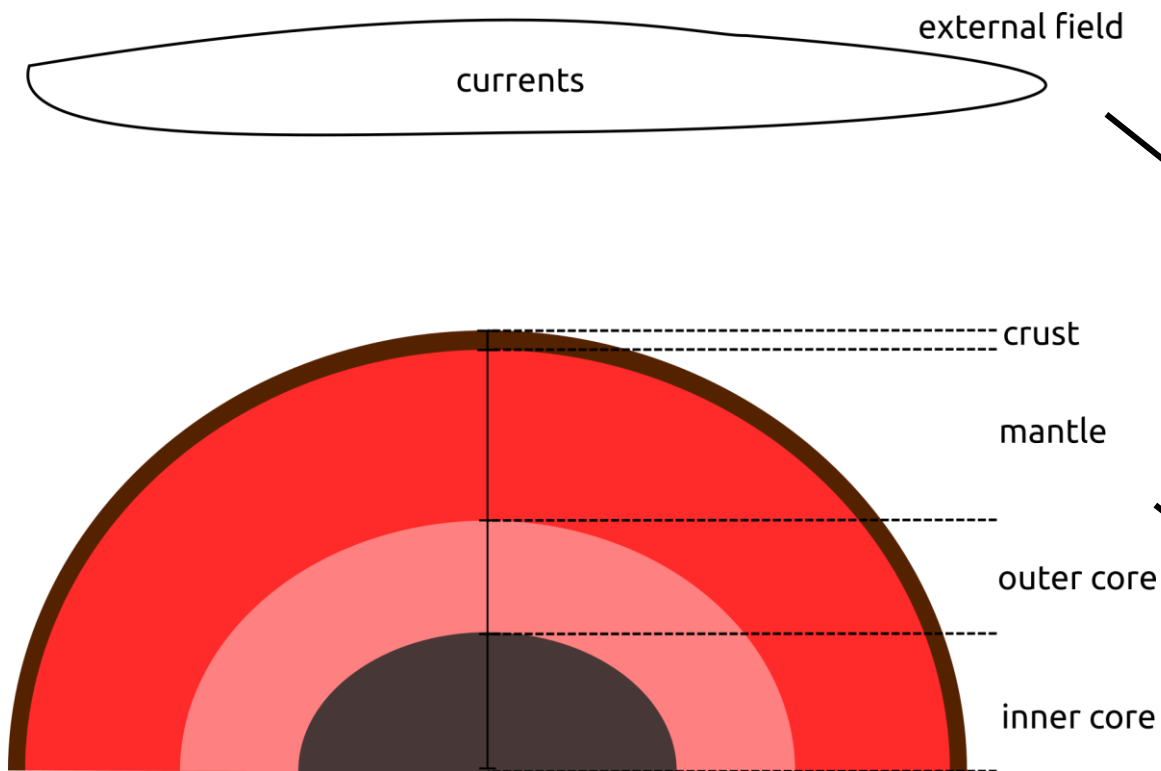
Total Field (nT)

$$|F| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

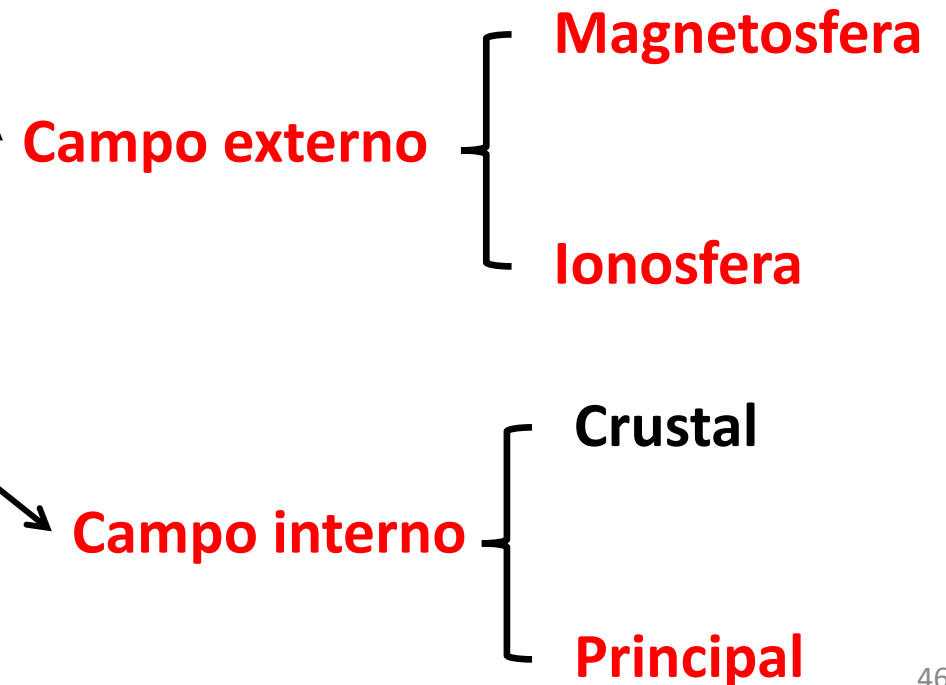


É de extrema importância definirmos alguns elementos que constituem a **estrutura interna da Terra**, e com isso definir as componentes do **Campo Geomagnético**

Onde se encontram as principais fontes de campo na terra?

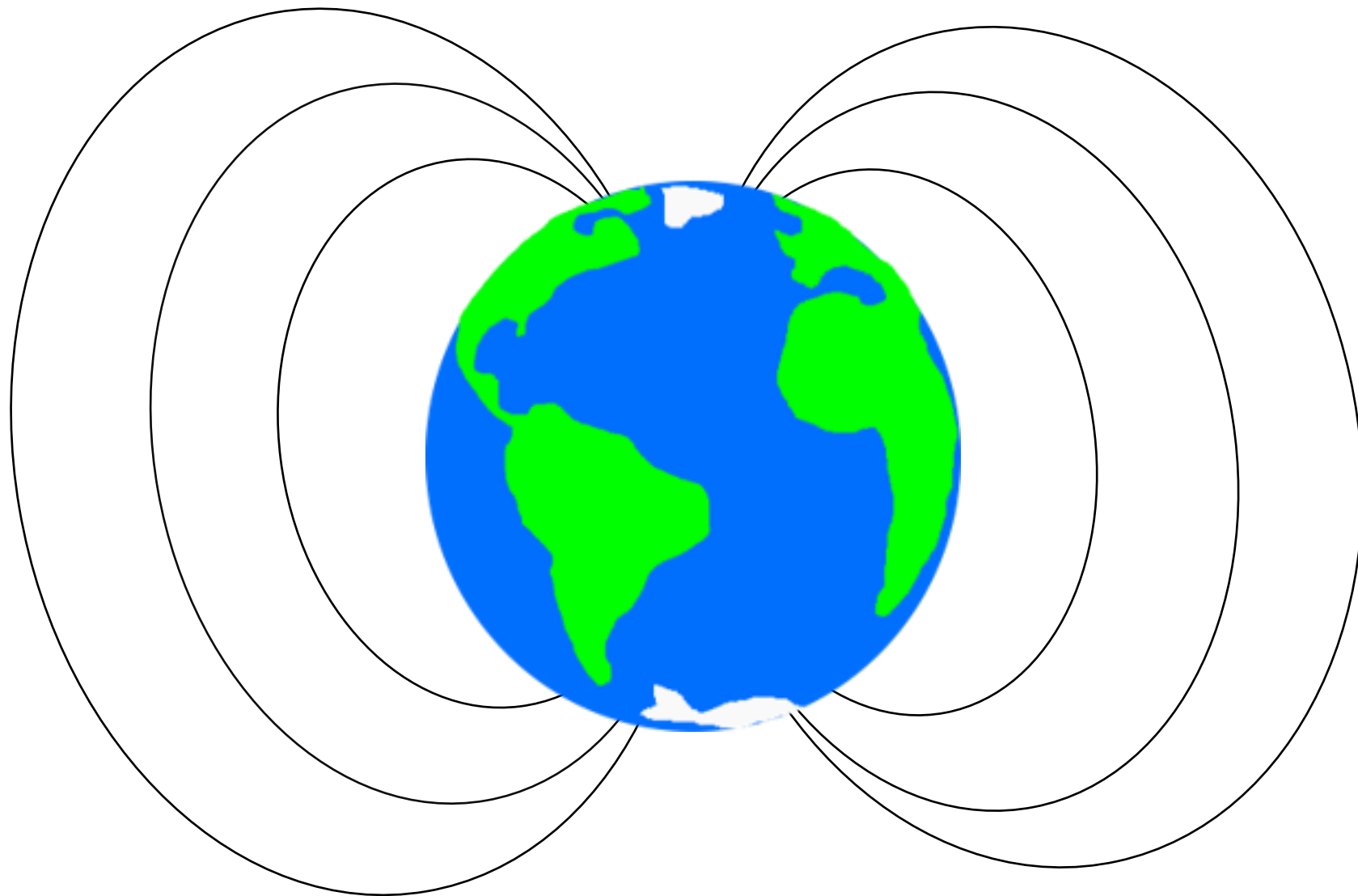


Representação simplificada da estrutura interna da Terra

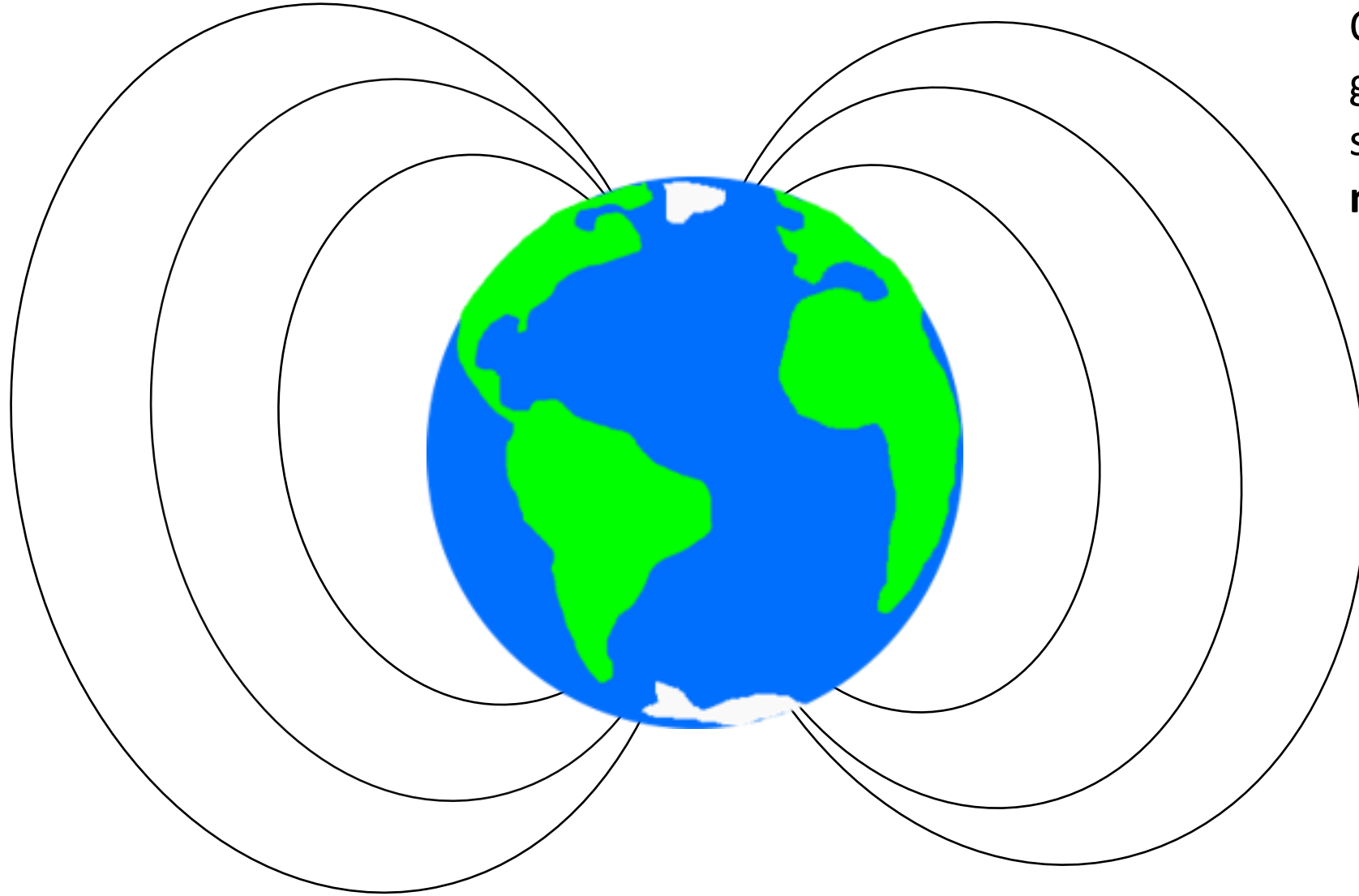


O campo crustal e a anomalia de campo total

Campo crustal

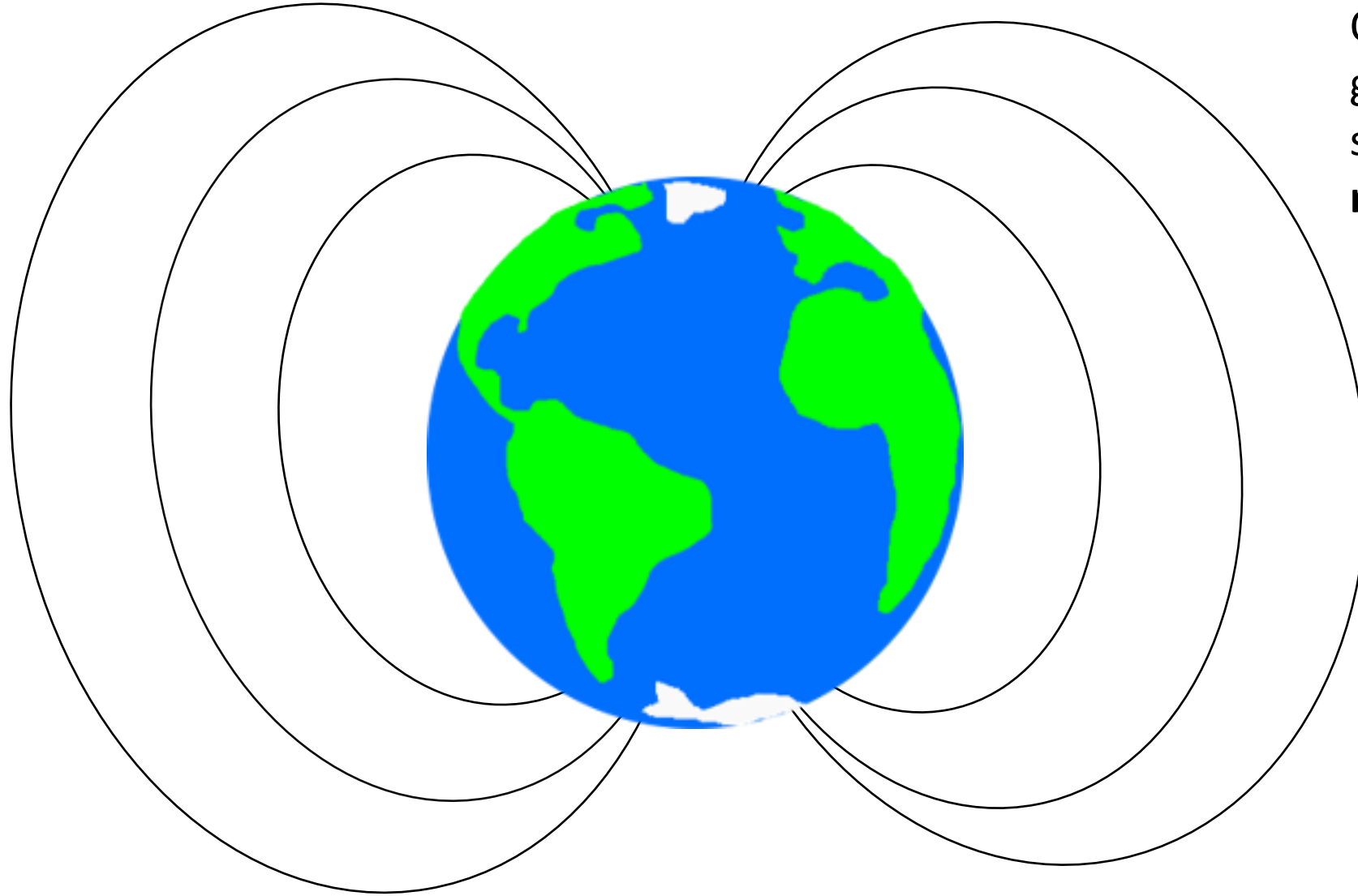


Campo crustal



Outra **componente** do campo geomagnético medida próximo a superfície é produzida por **fontes magnetizadas na crosta terrestre**

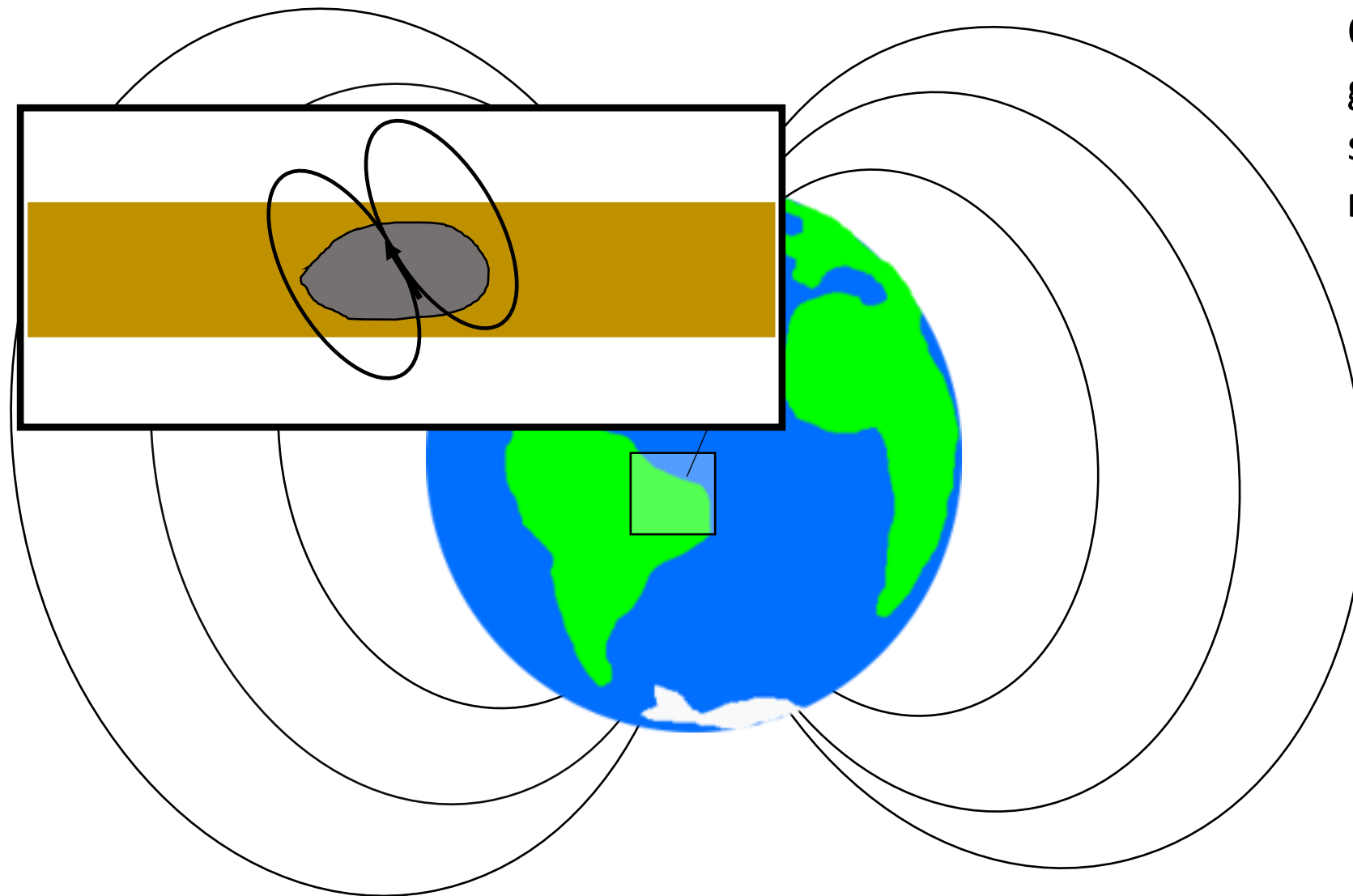
Campo crustal



Outra **componente** do campo geomagnético medida próximo a superfície é produzida por **fontes magnetizadas na crosta terrestre**

O campo produzido por estas rochas é chamado de **campo crustal**.

Campo crustal

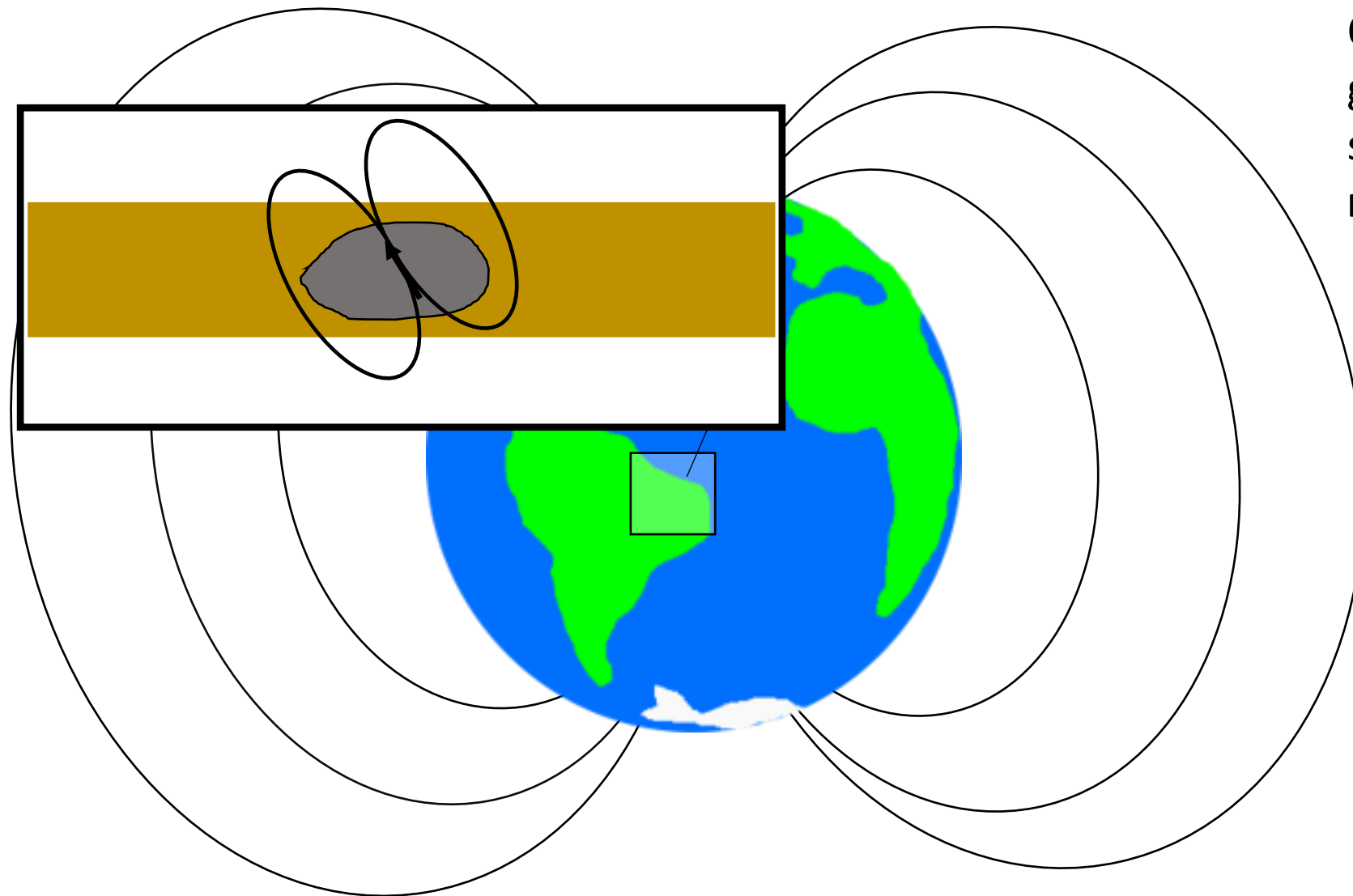


Outra **componente** do campo geomagnético medida próximo a superfície é produzida por **fontes magnetizadas na crosta terrestre**

O campo produzido por estas rochas é chamado de **campo crustal**.

De forma geral, em Geofísica estamos interessados somente no **campo crustal**

Campo crustal



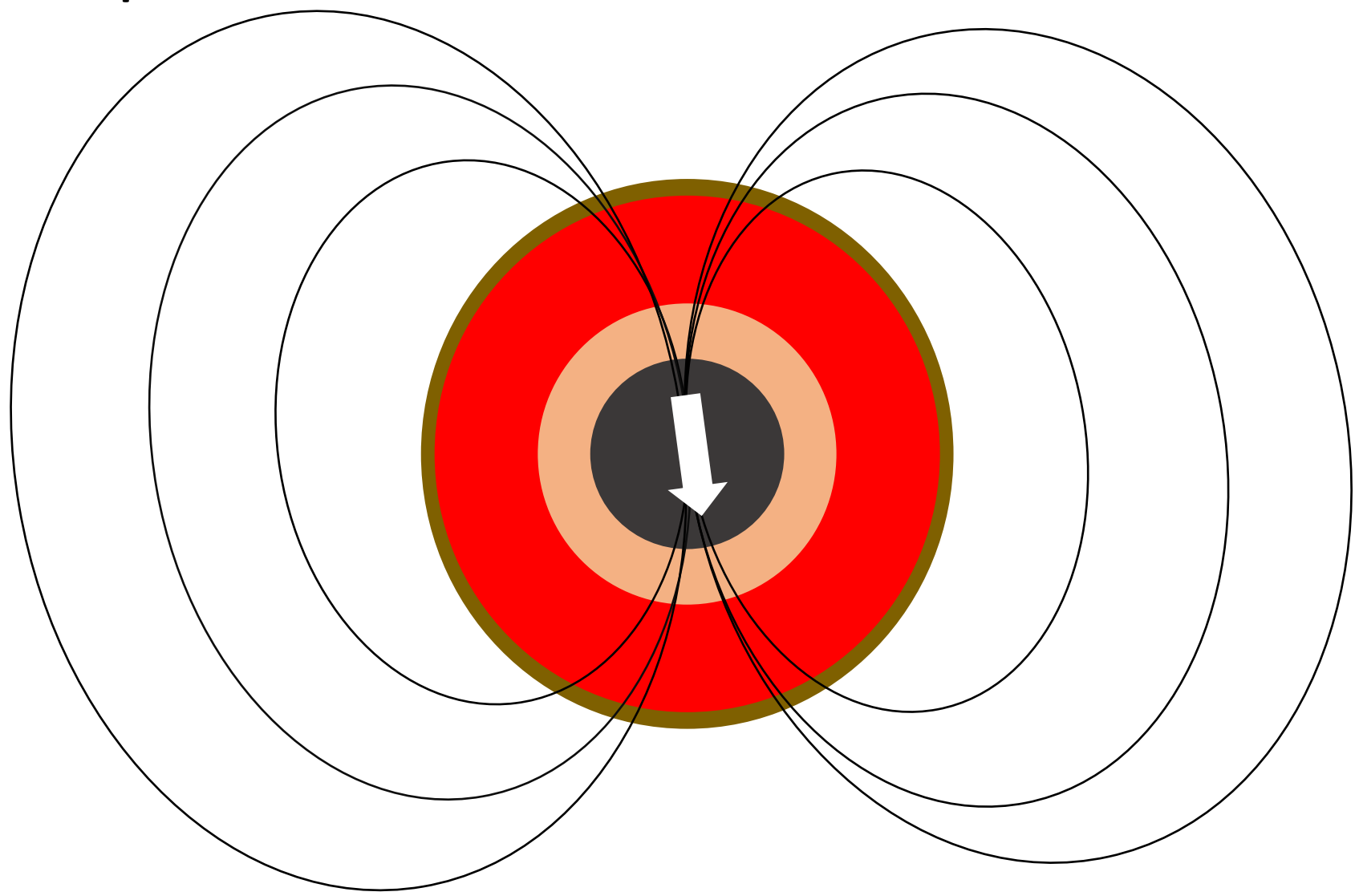
Outra **componente** do campo geomagnético medida próximo a superfície é produzida por **fontes magnetizadas na crosta terrestre**

O campo produzido por estas rochas é chamado de **campo crustal**.

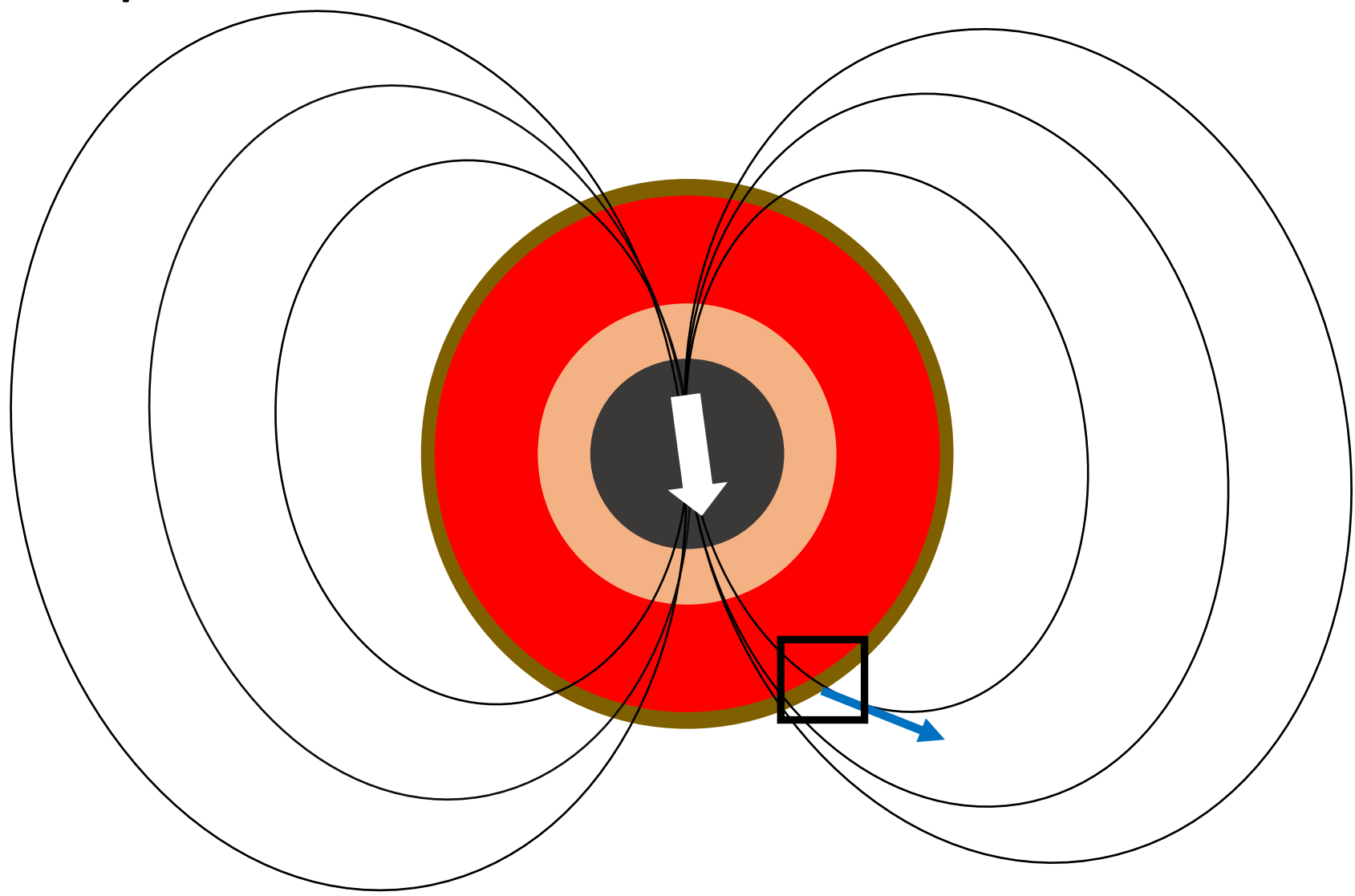
De forma geral, em Geofísica estamos interessados somente no **campo crustal**

Outras componentes do **campo geomagnético** são **atenuadas** ou **removidas** dos dados medidos próximos a superfície terrestre.

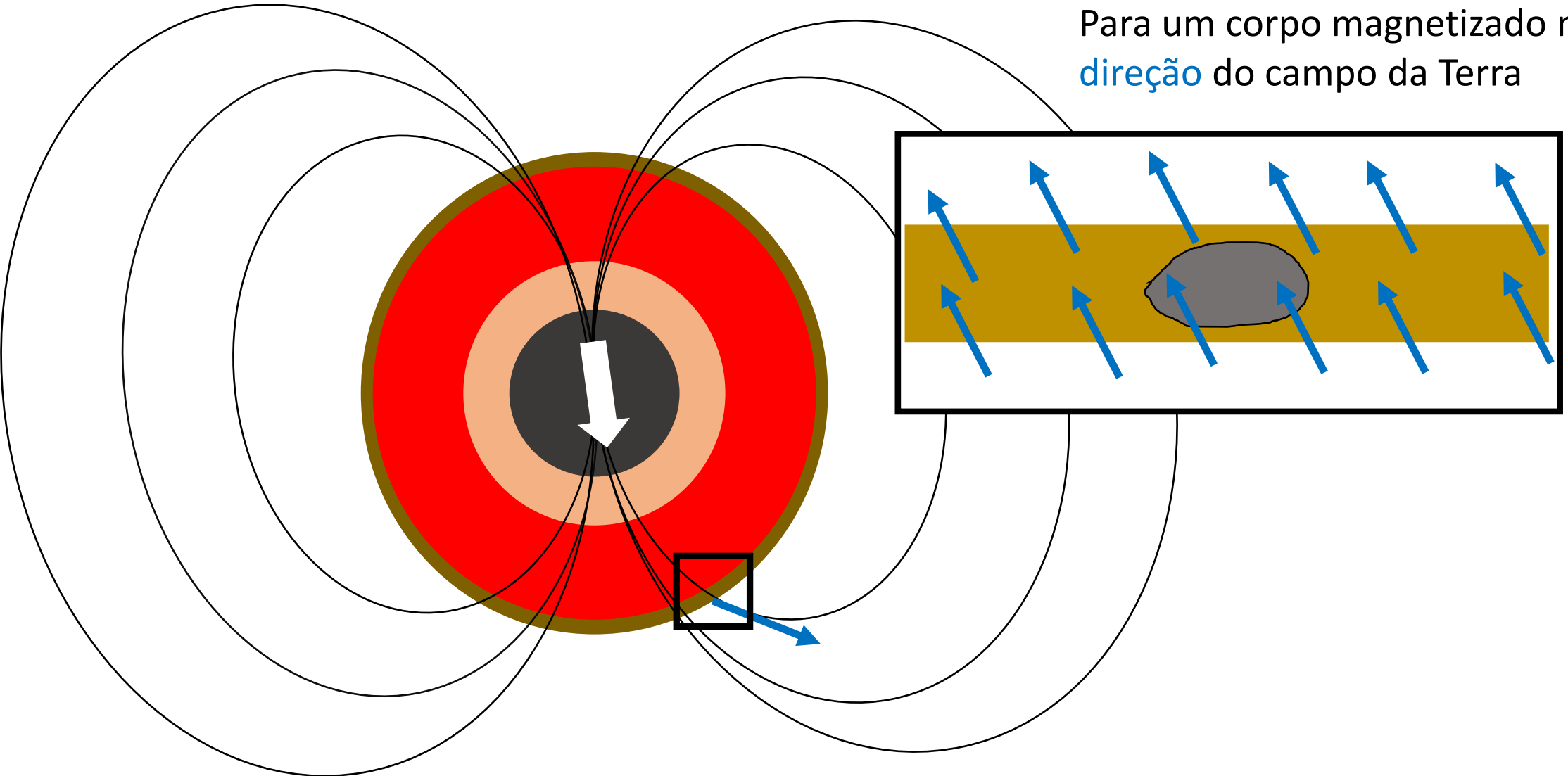
Campo crustal



Campo crustal

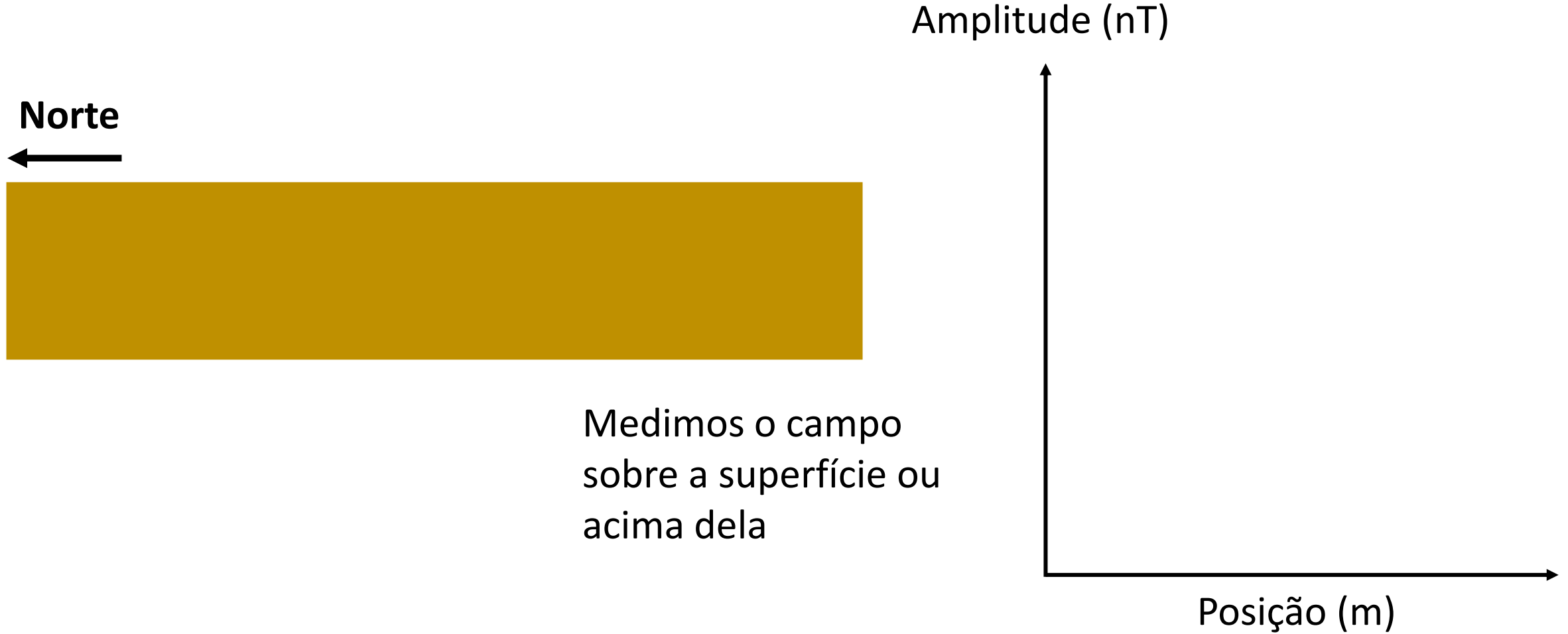


Campo crustal

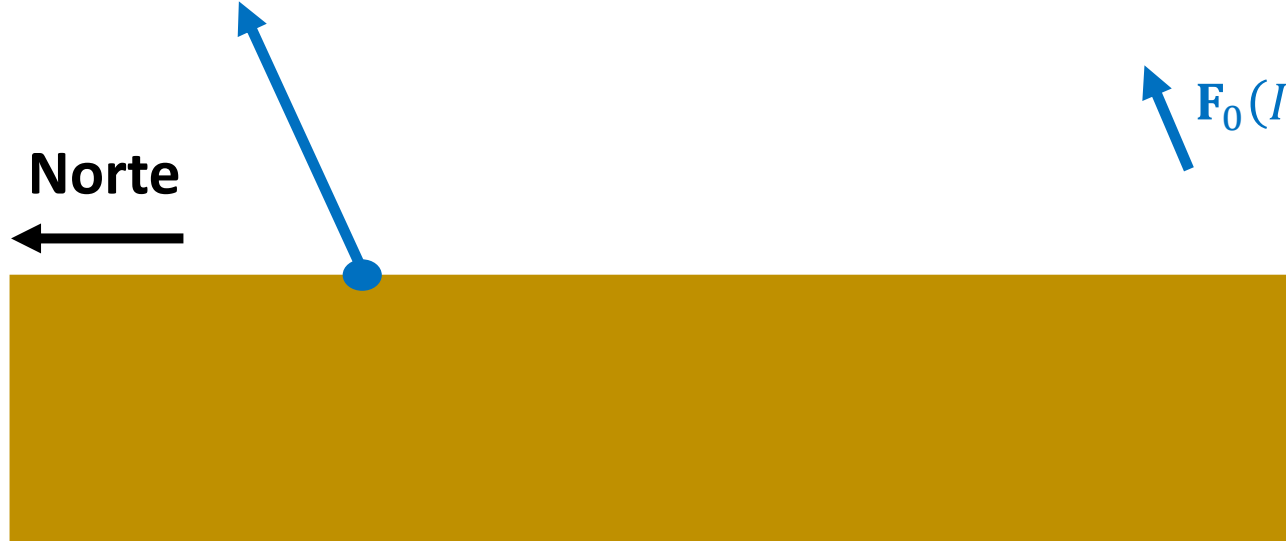


Para um corpo magnetizado na mesma direção do campo da Terra

Rochas magnetizadas em subsuperfície



Rochas magnetizadas em subsuperfície

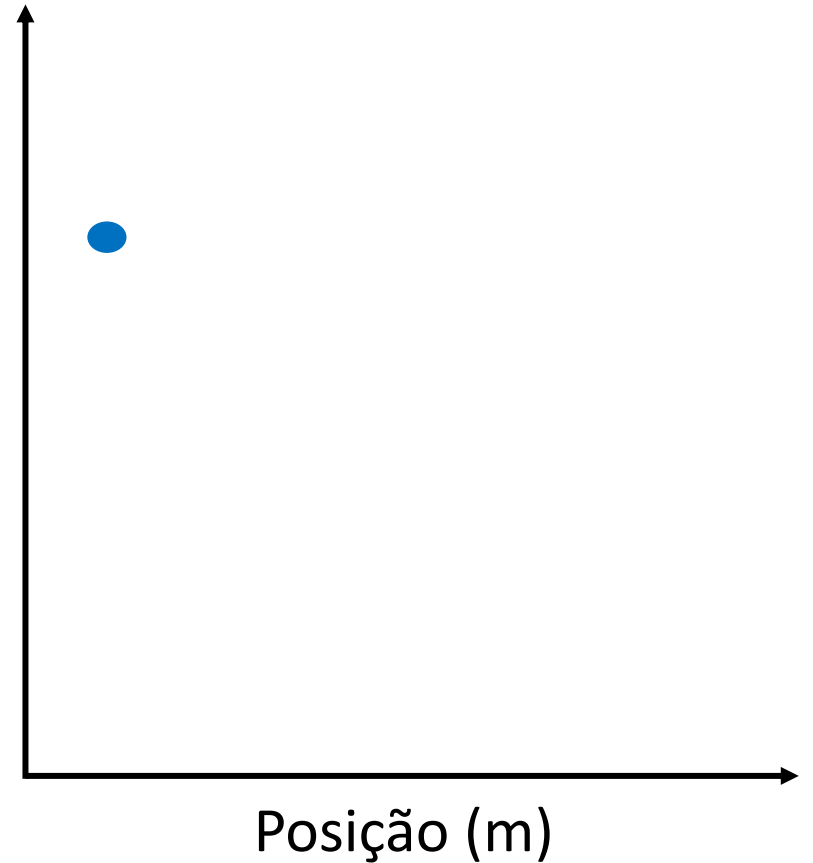


$F_0(I_0, D_0)$

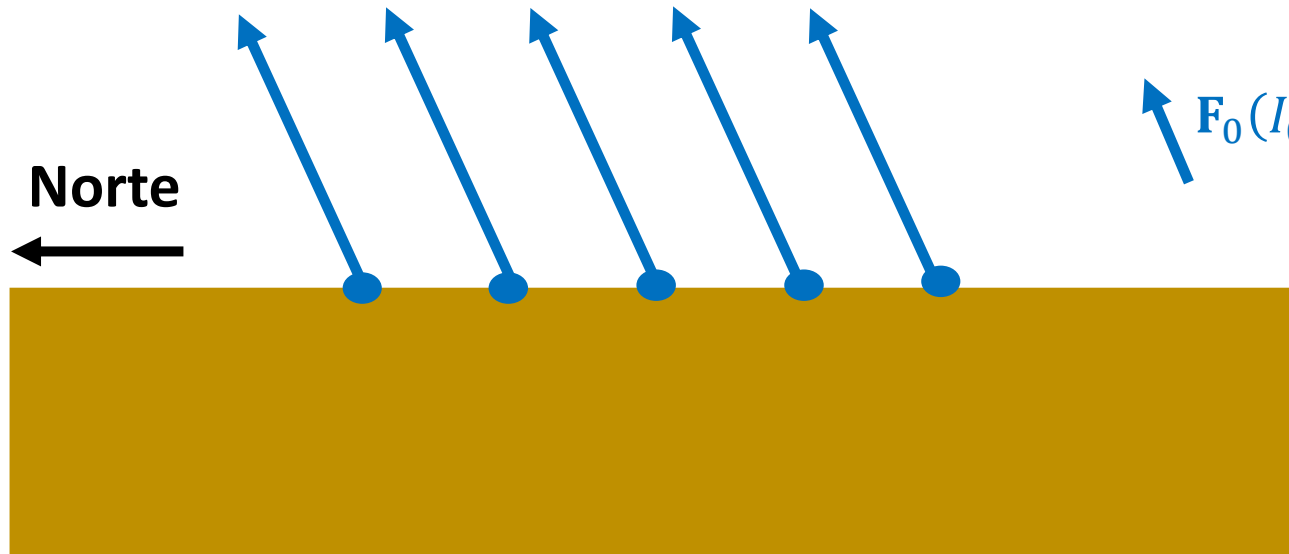
Amplitude (nT)

Campo principal

Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela



Rochas magnetizadas em subsuperfície

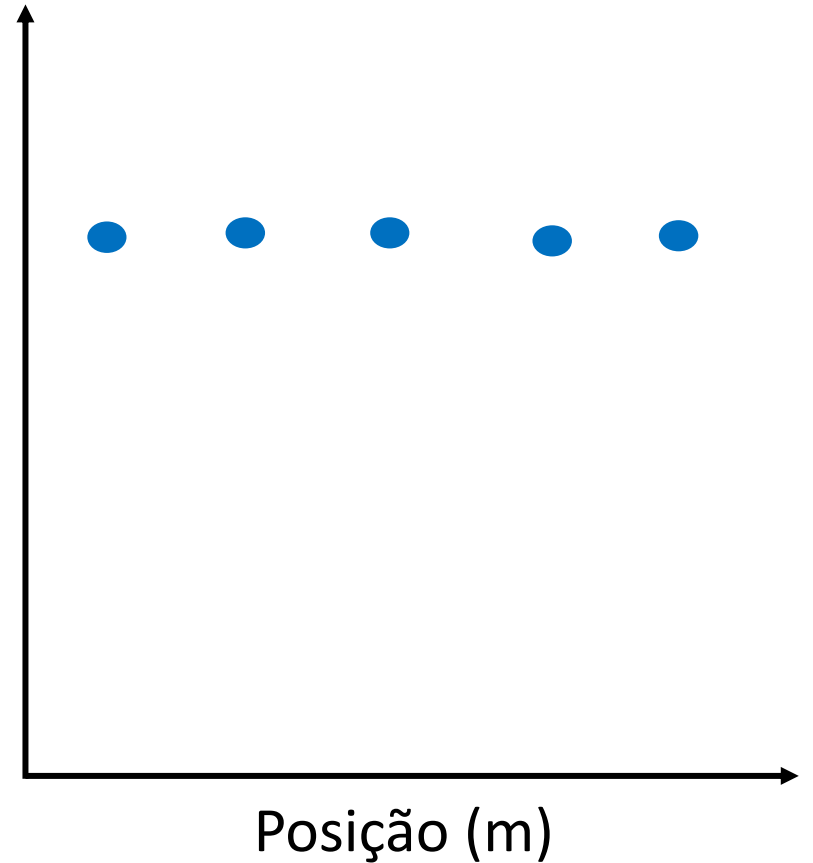


Amplitude (nT)

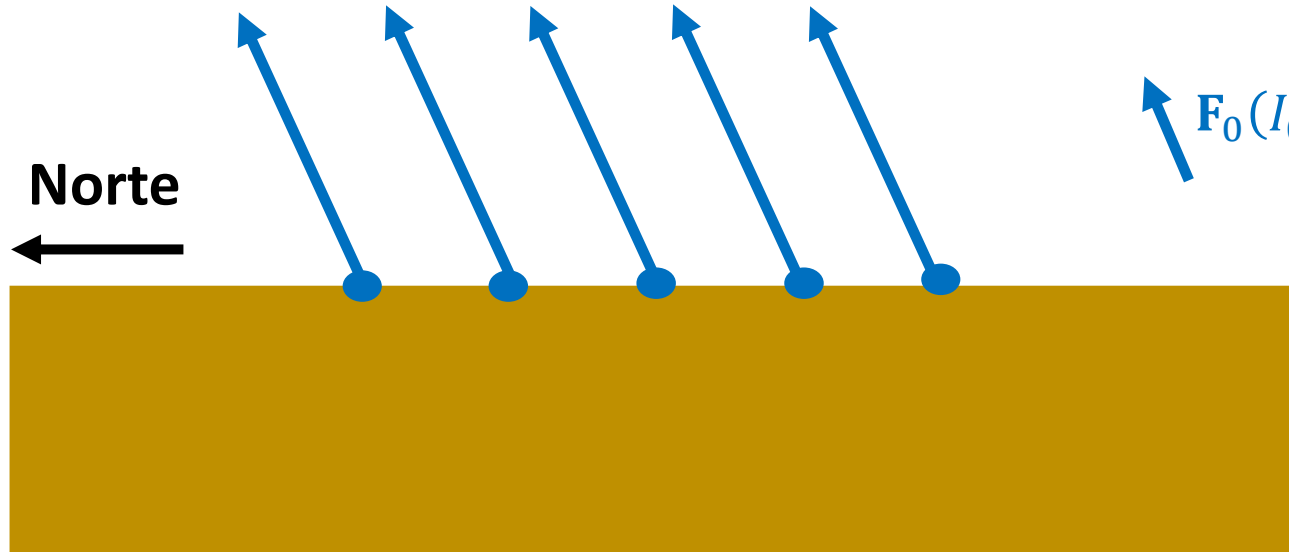
Campo principal

$F_0(I_0, D_0)$

Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela



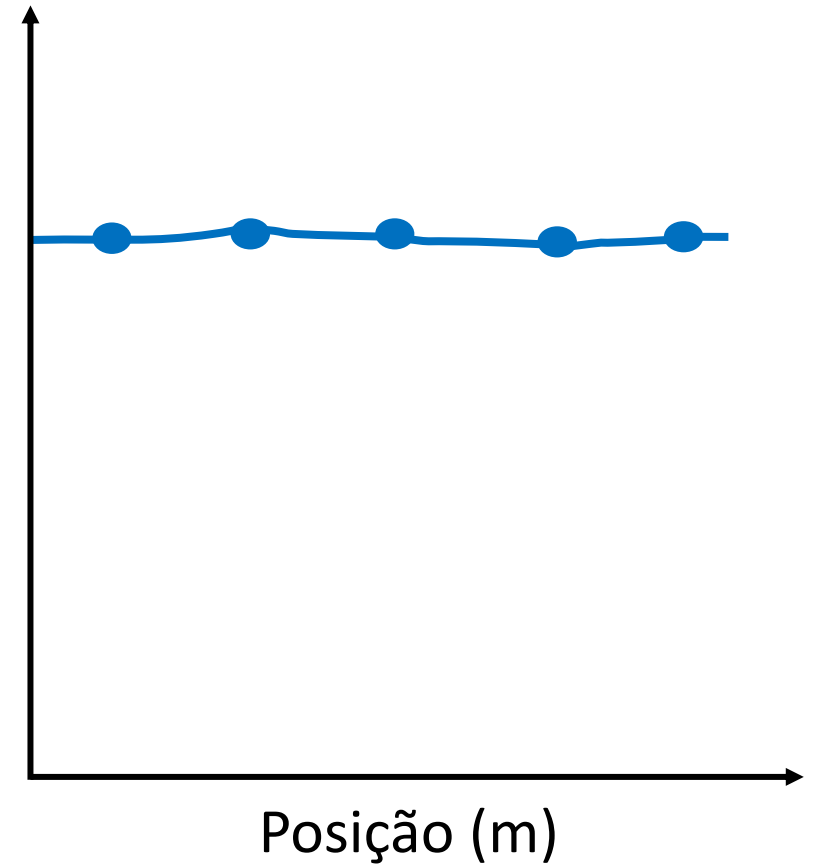
Rochas magnetizadas em subsuperfície



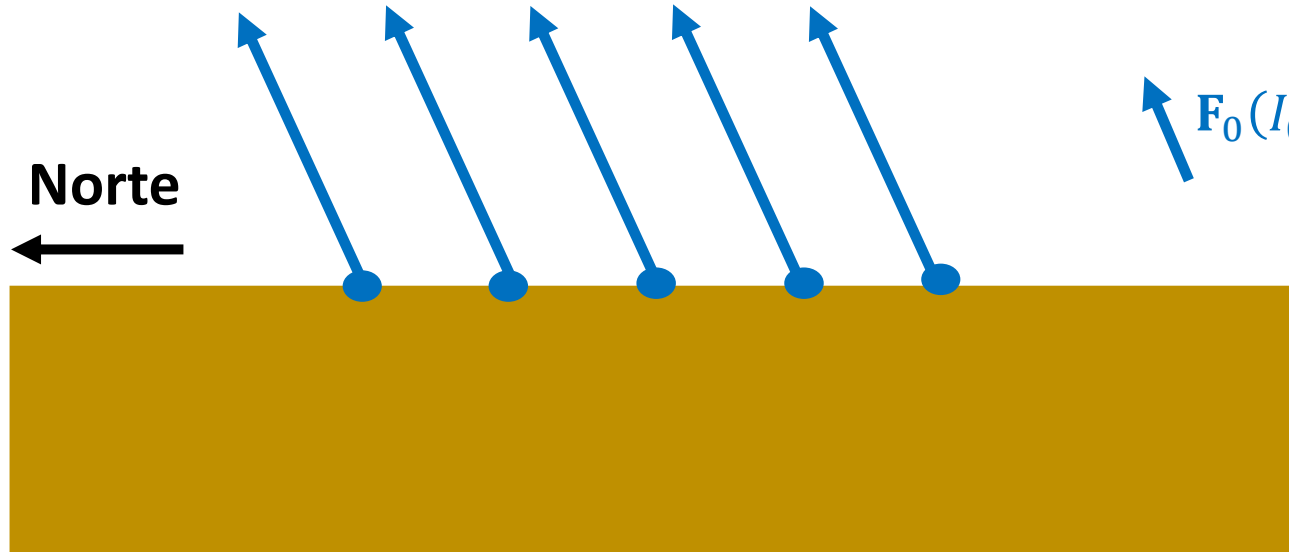
Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela

Amplitude (nT)

Campo principal



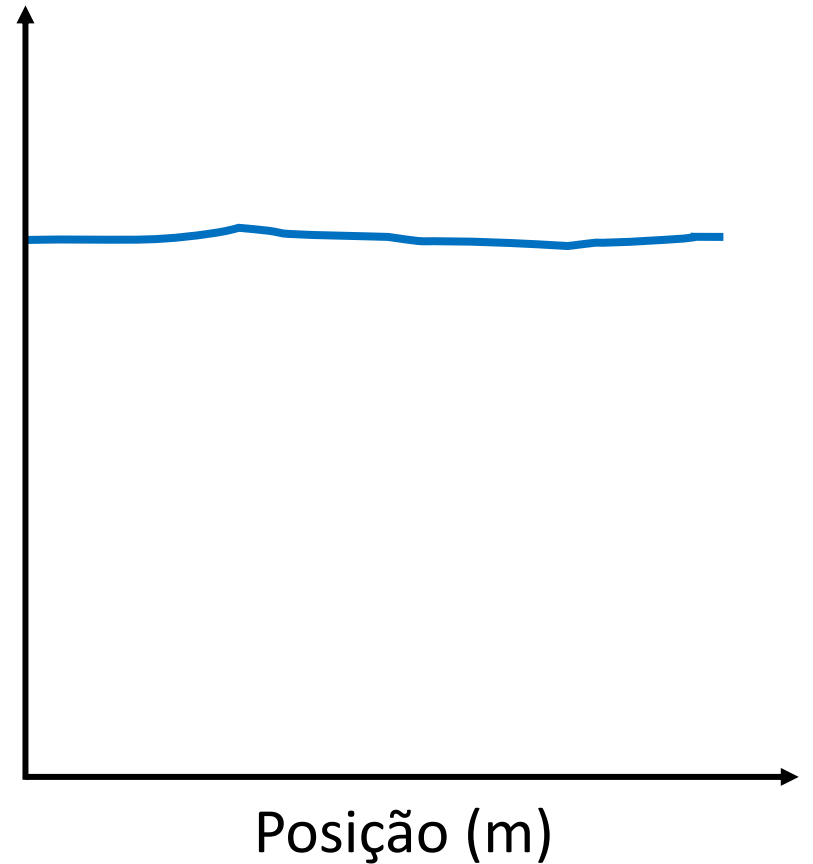
Rochas magnetizadas em subsuperfície



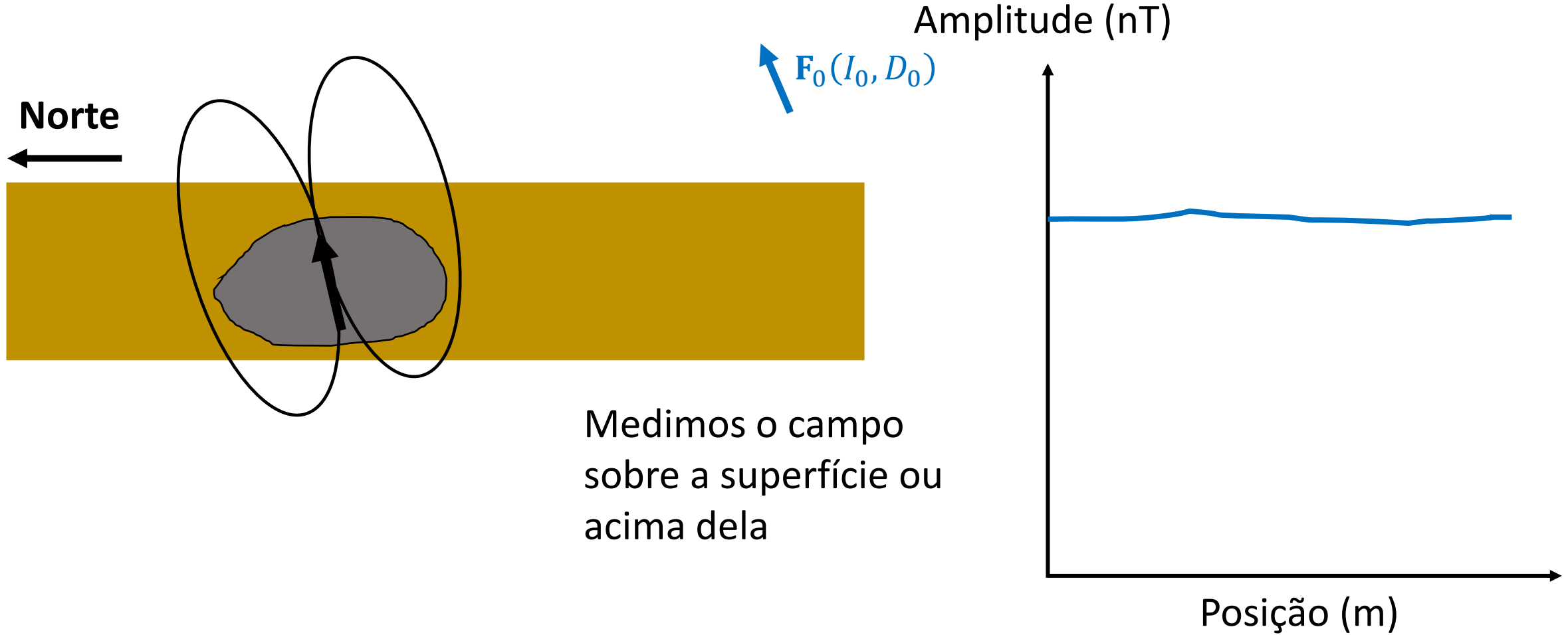
Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela

Amplitude (nT)

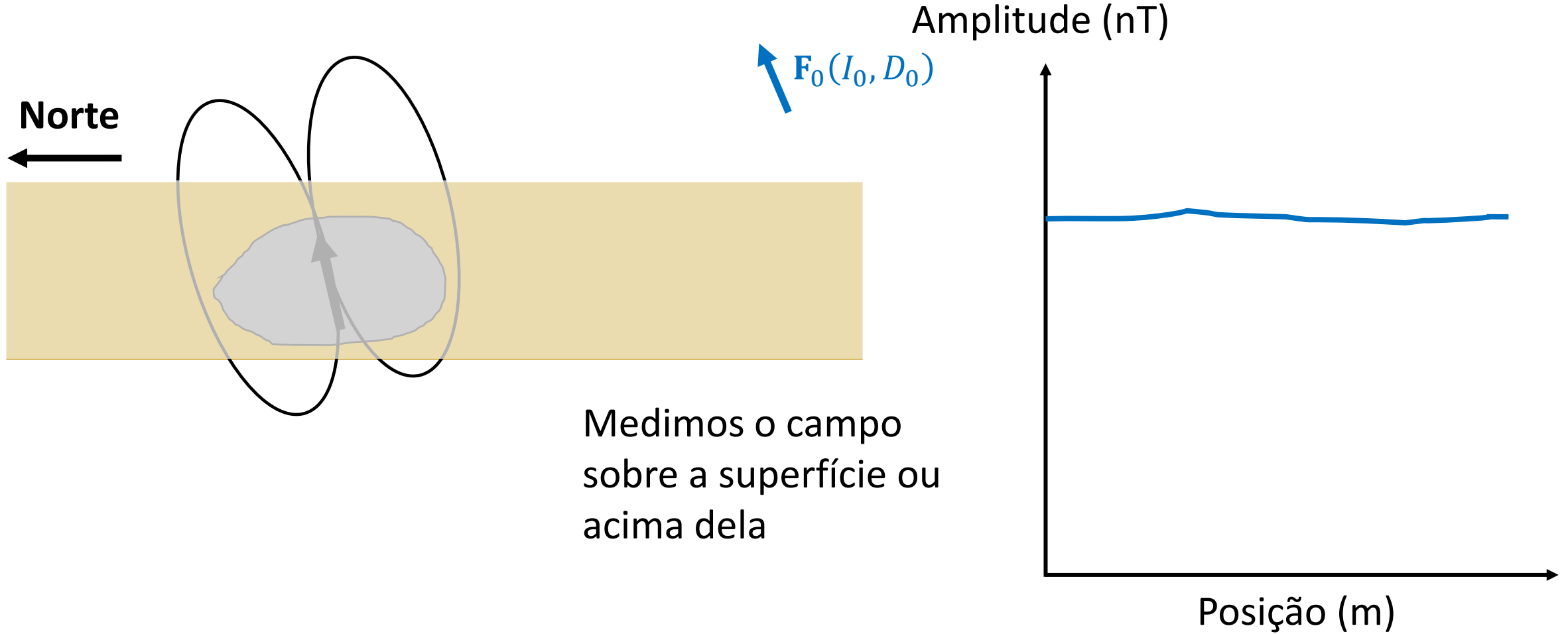
Campo principal



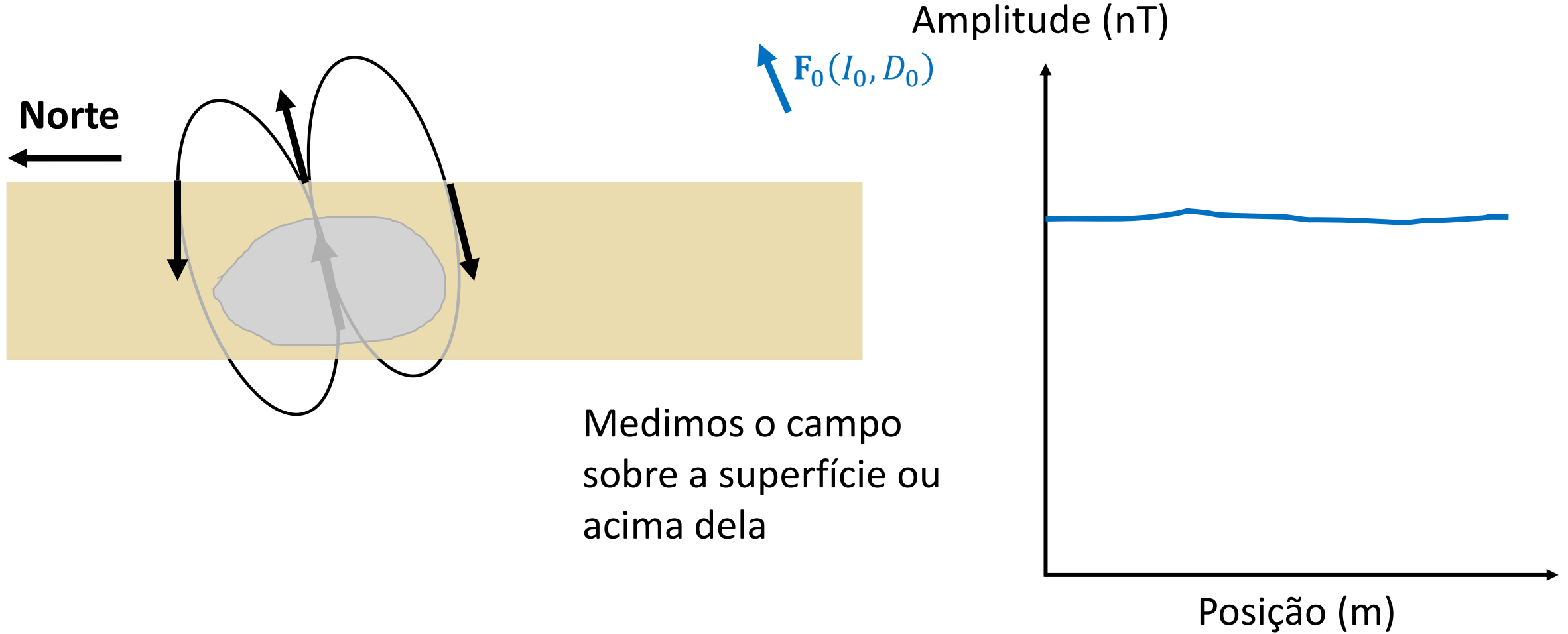
Rochas magnetizadas em subsuperfície



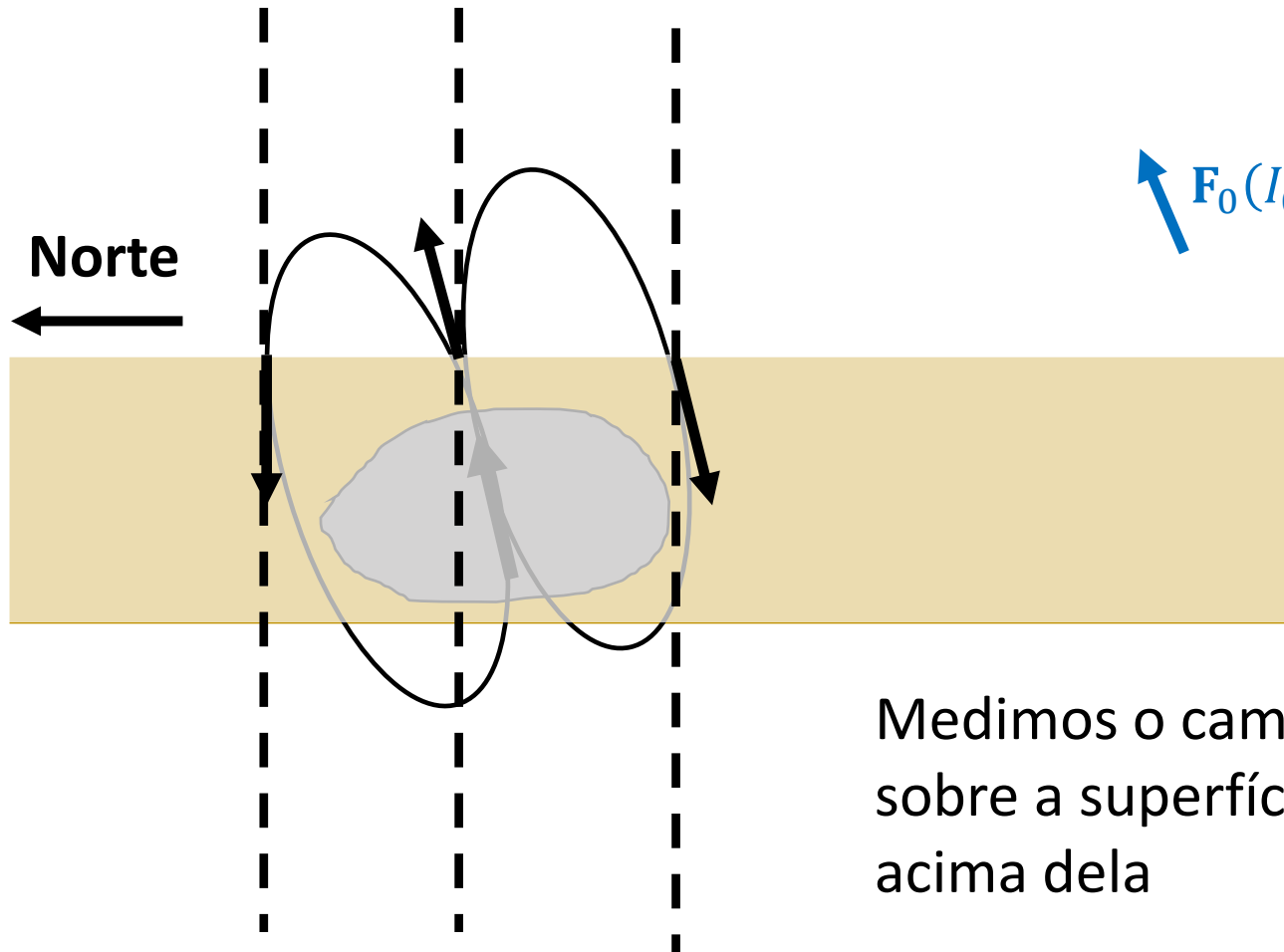
Rochas magnetizadas em subsuperfície



Rochas magnetizadas em subsuperfície

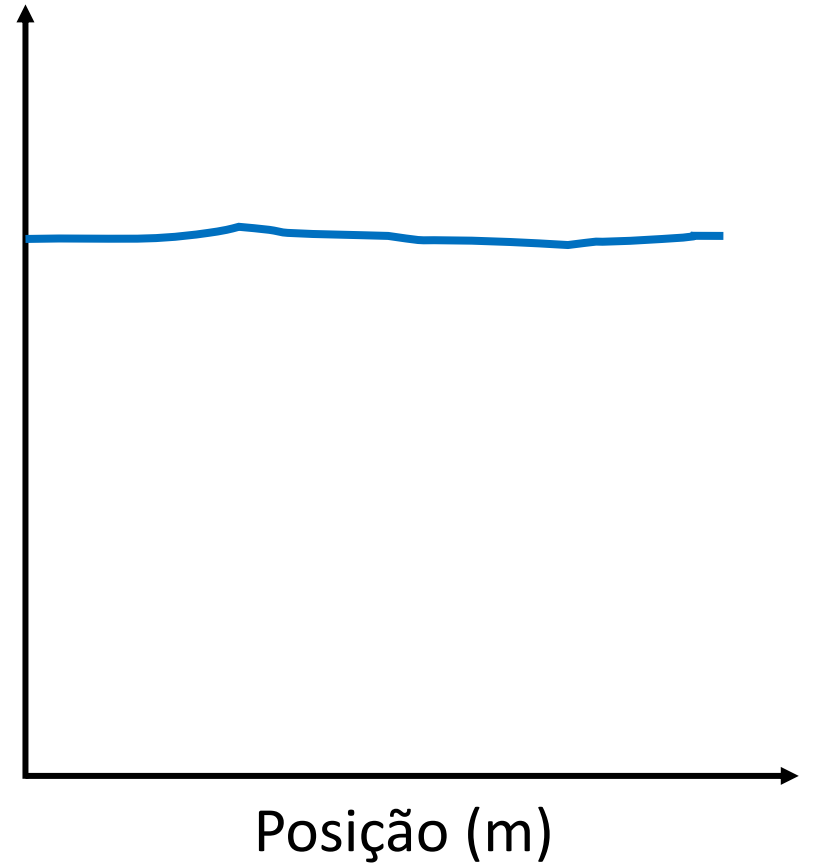


Rochas magnetizadas em subsuperfície

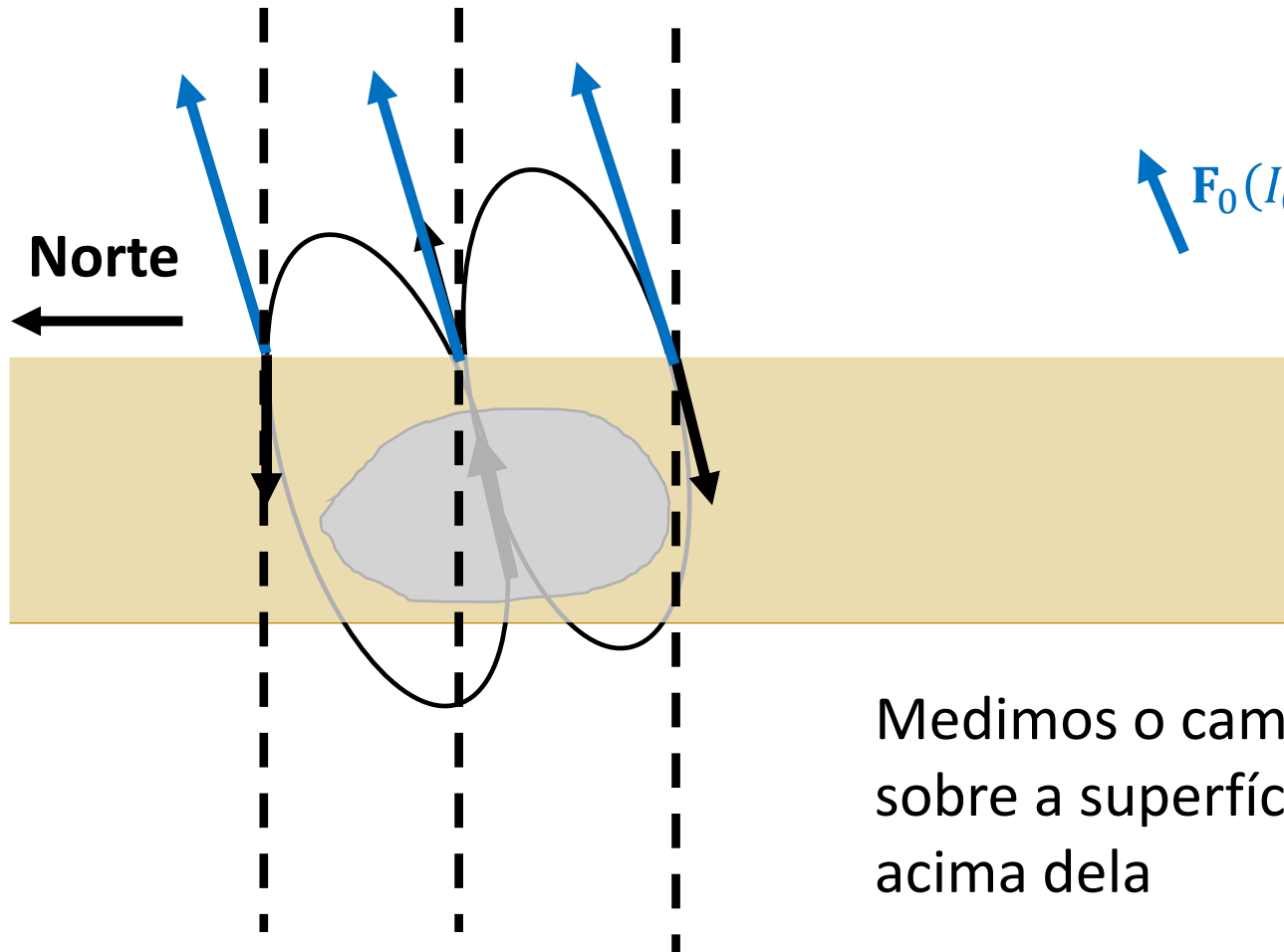


Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela

Amplitude (nT)

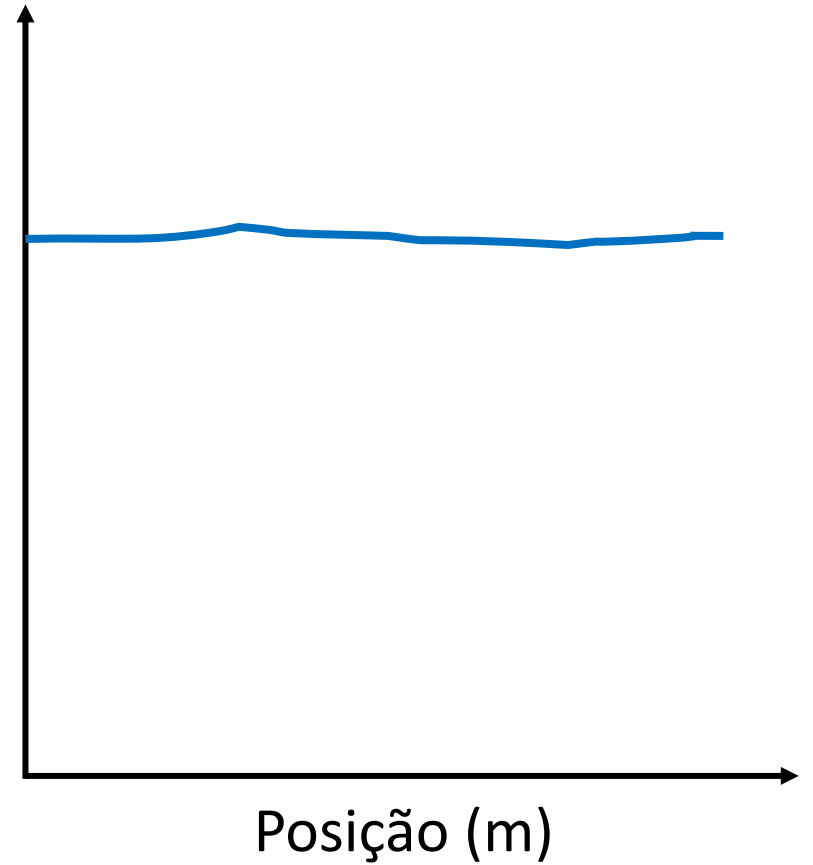


Rochas magnetizadas em subsuperfície

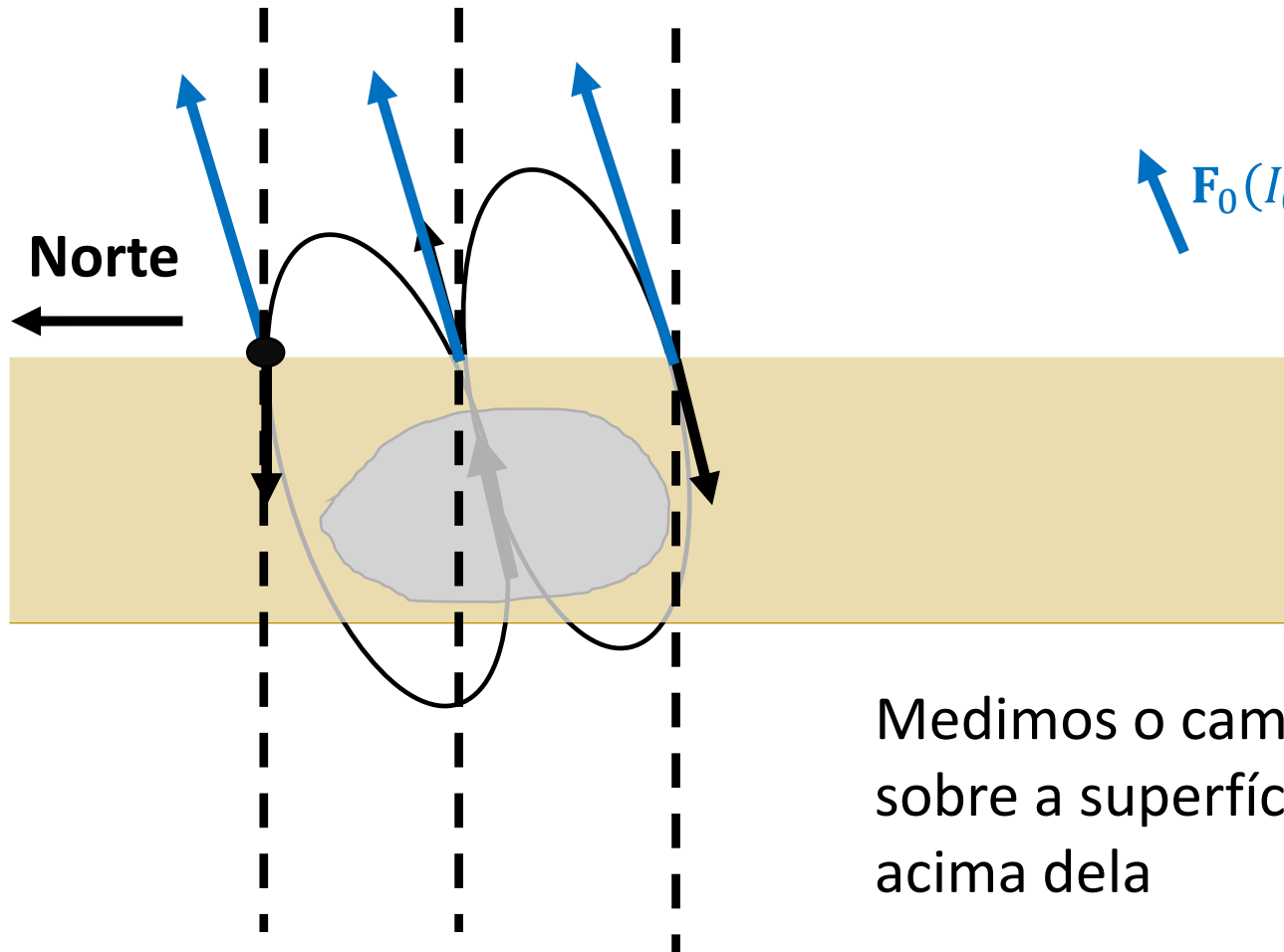


Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela

Amplitude (nT)

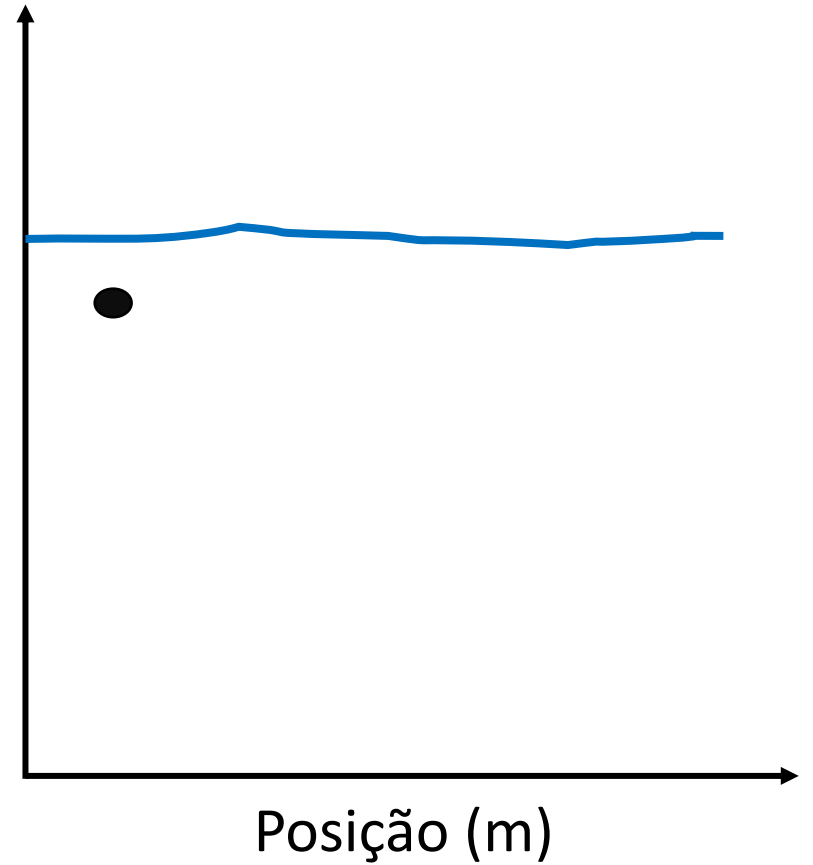


Rochas magnetizadas em subsuperfície

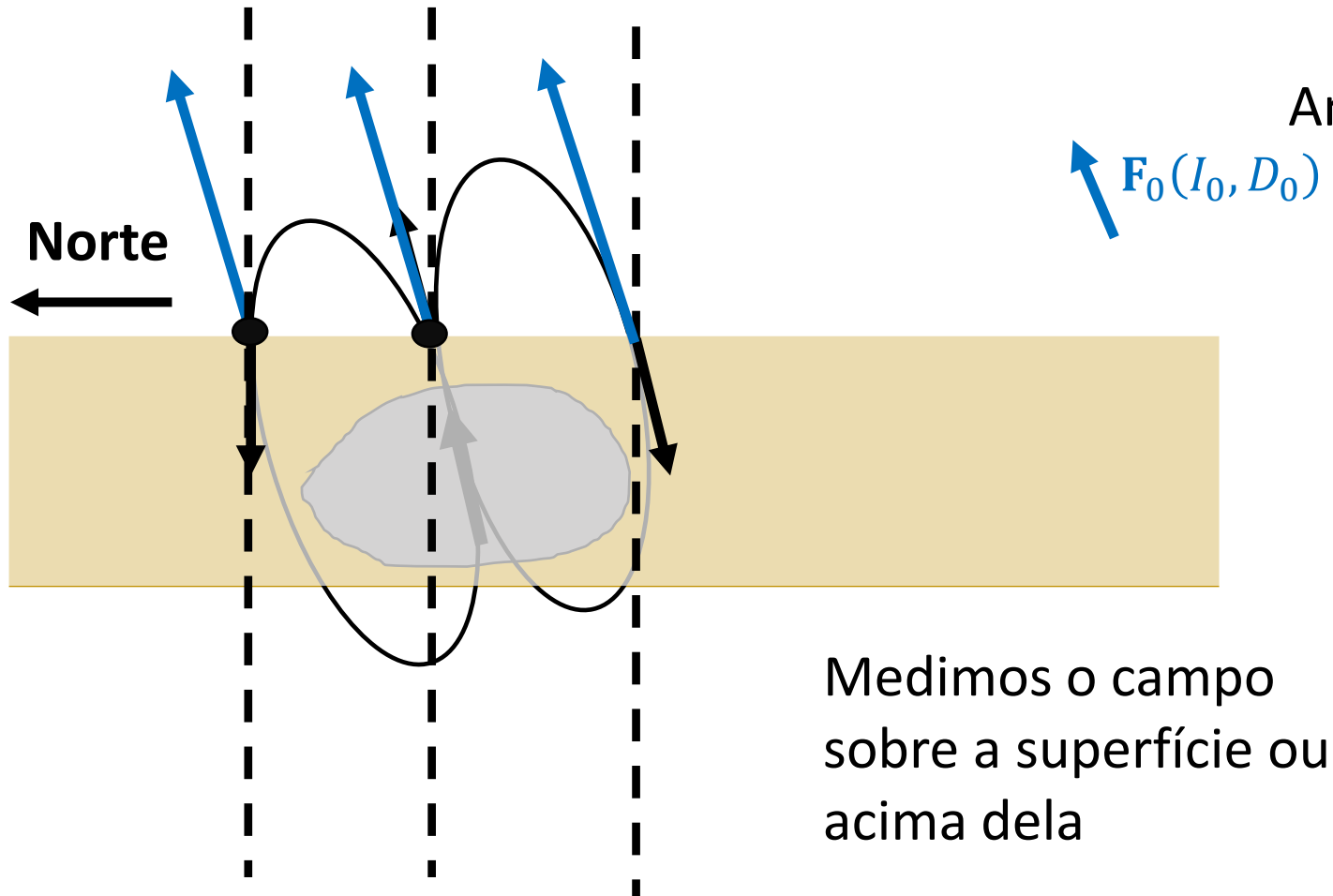


Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela

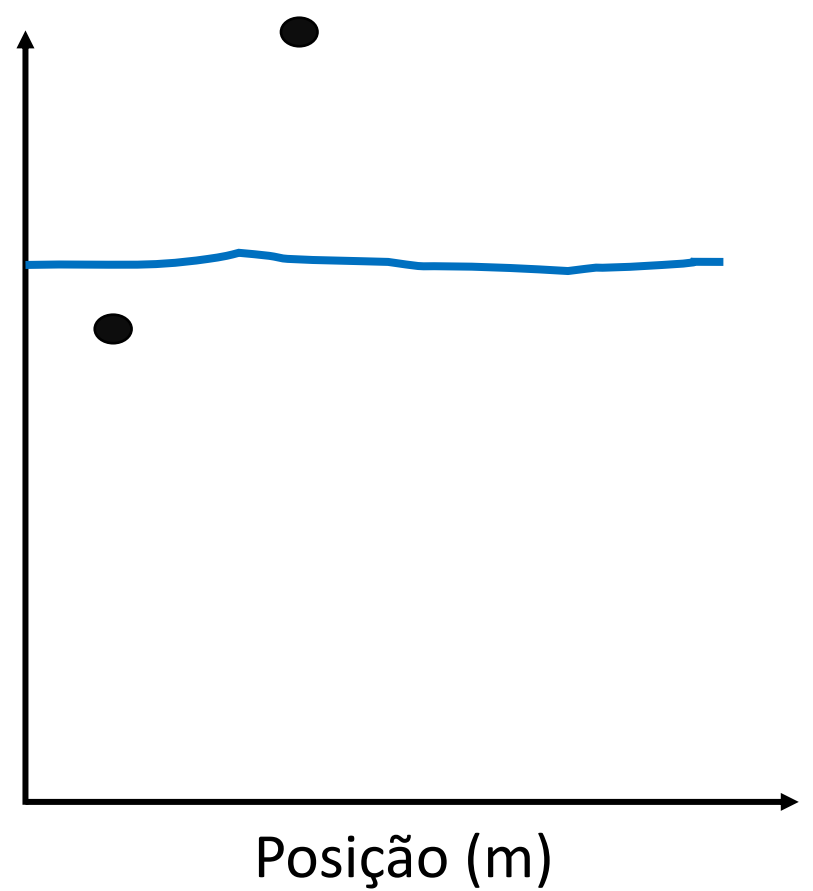
Amplitude (nT)



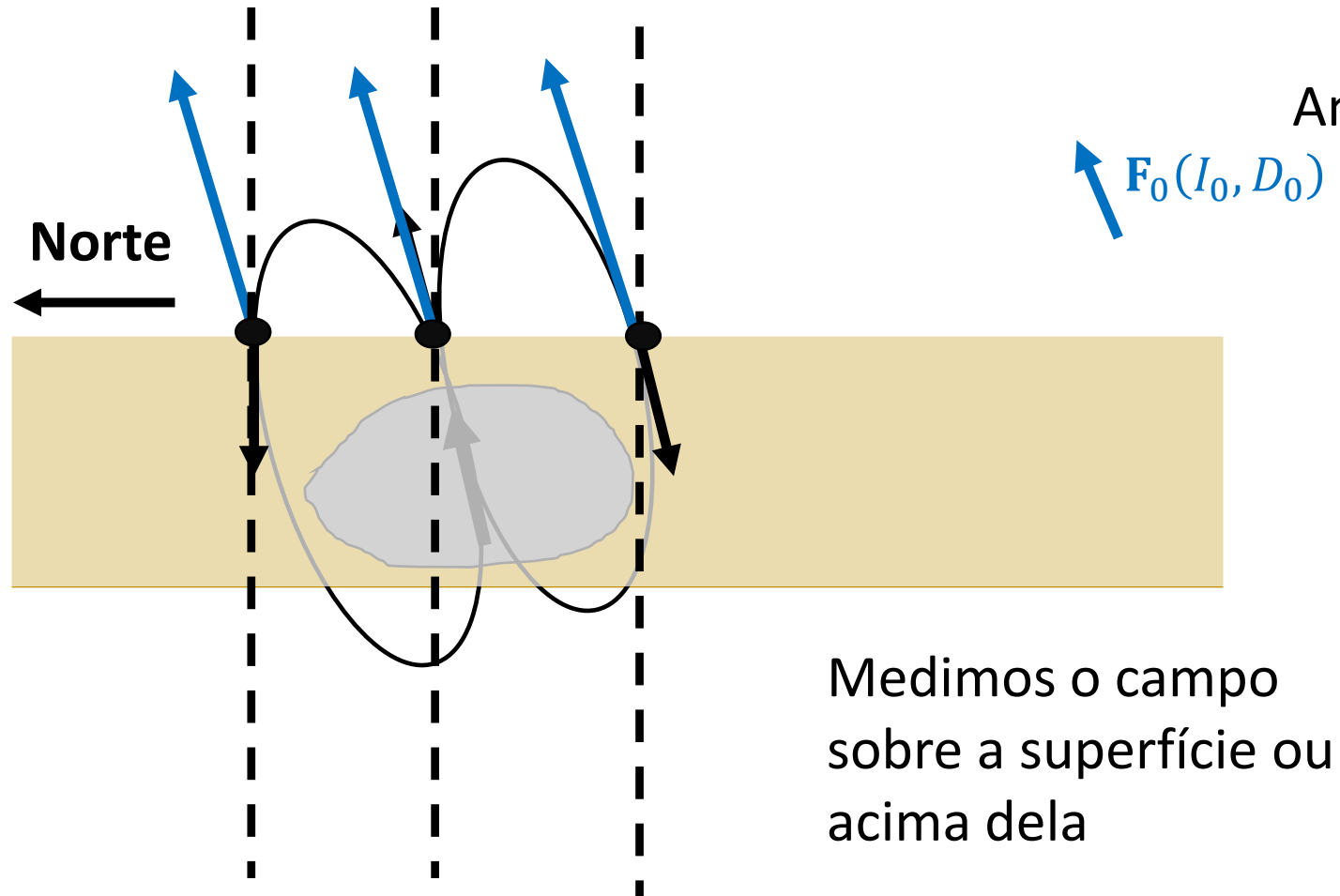
Rochas magnetizadas em subsuperfície



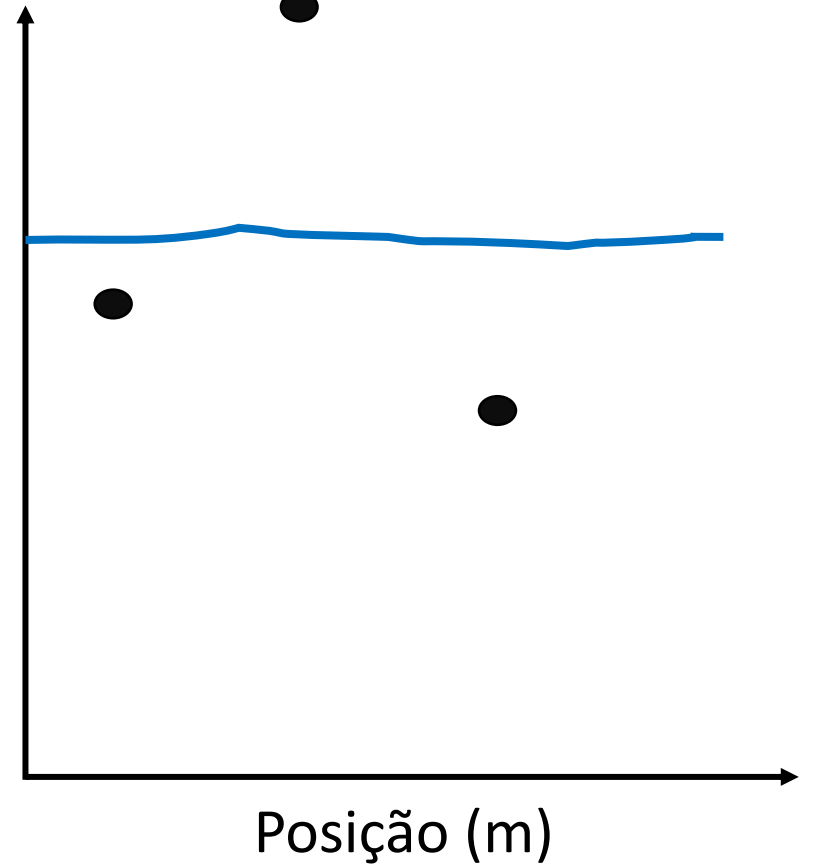
Amplitude (nT)



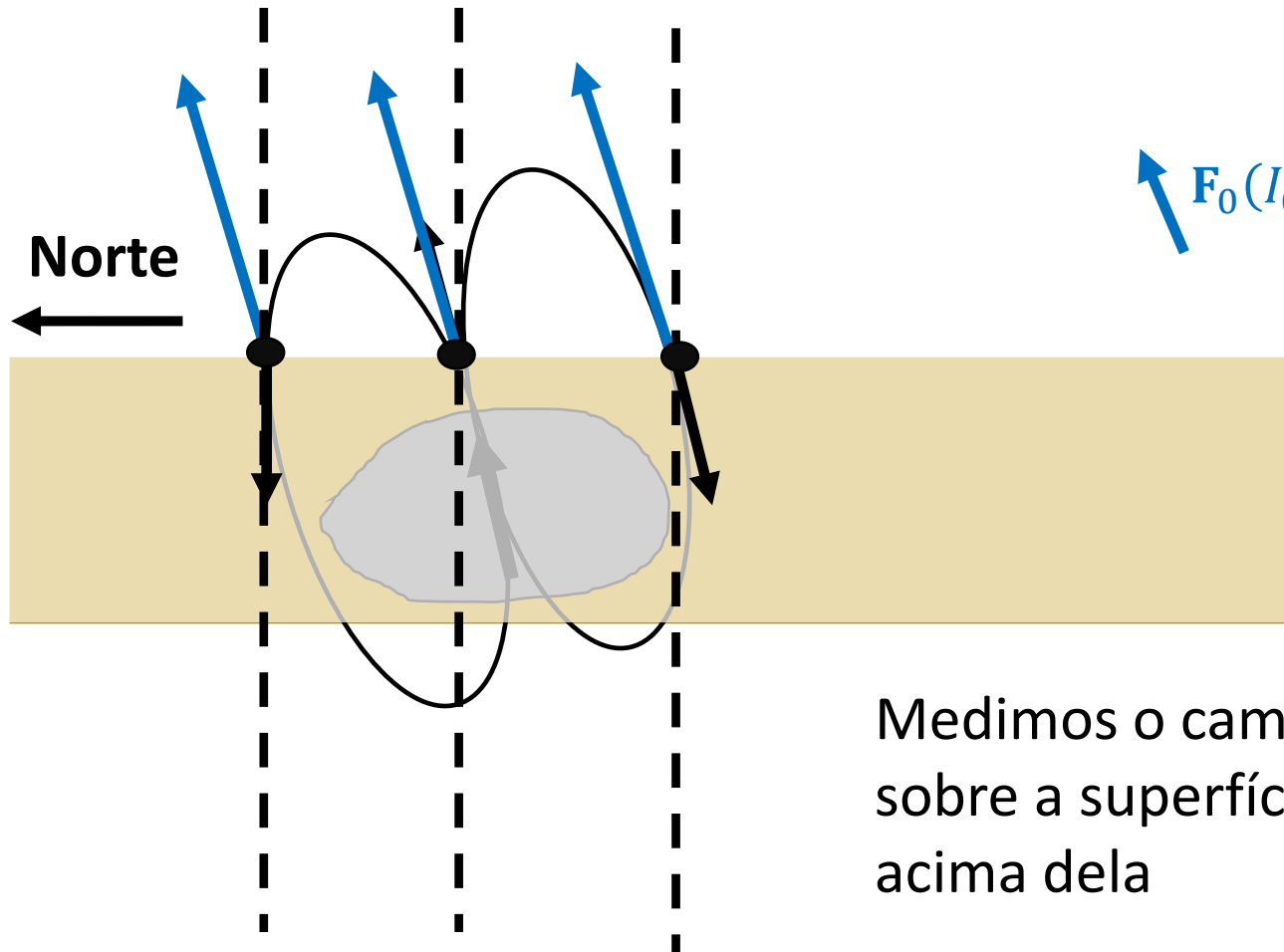
Rochas magnetizadas em subsuperfície



Amplitude (nT)

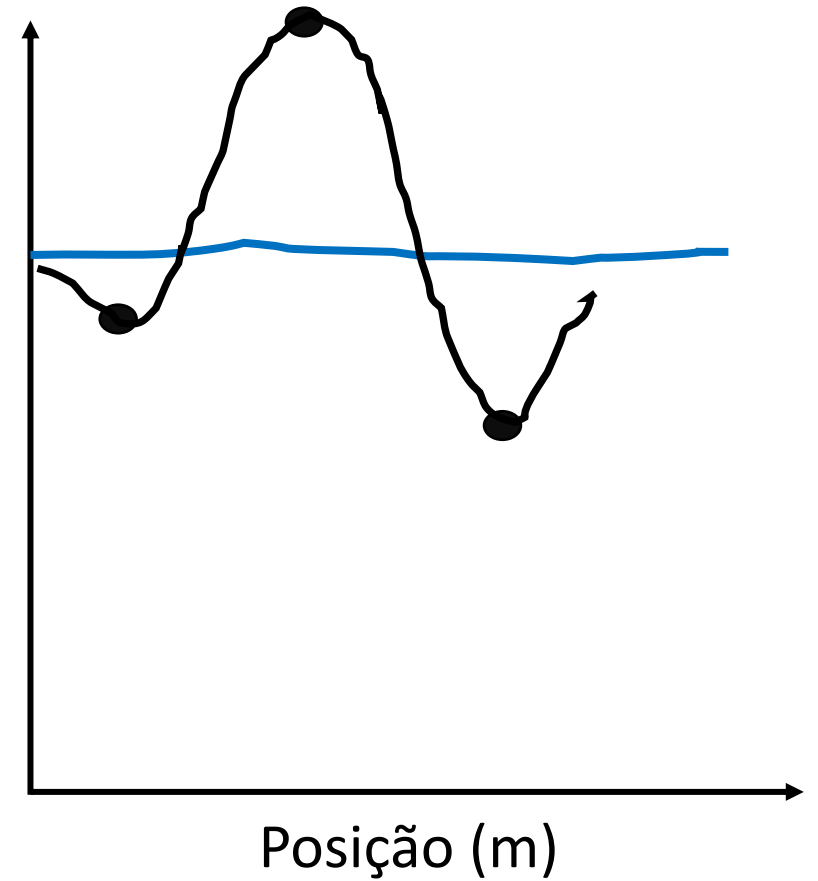


Rochas magnetizadas em subsuperfície

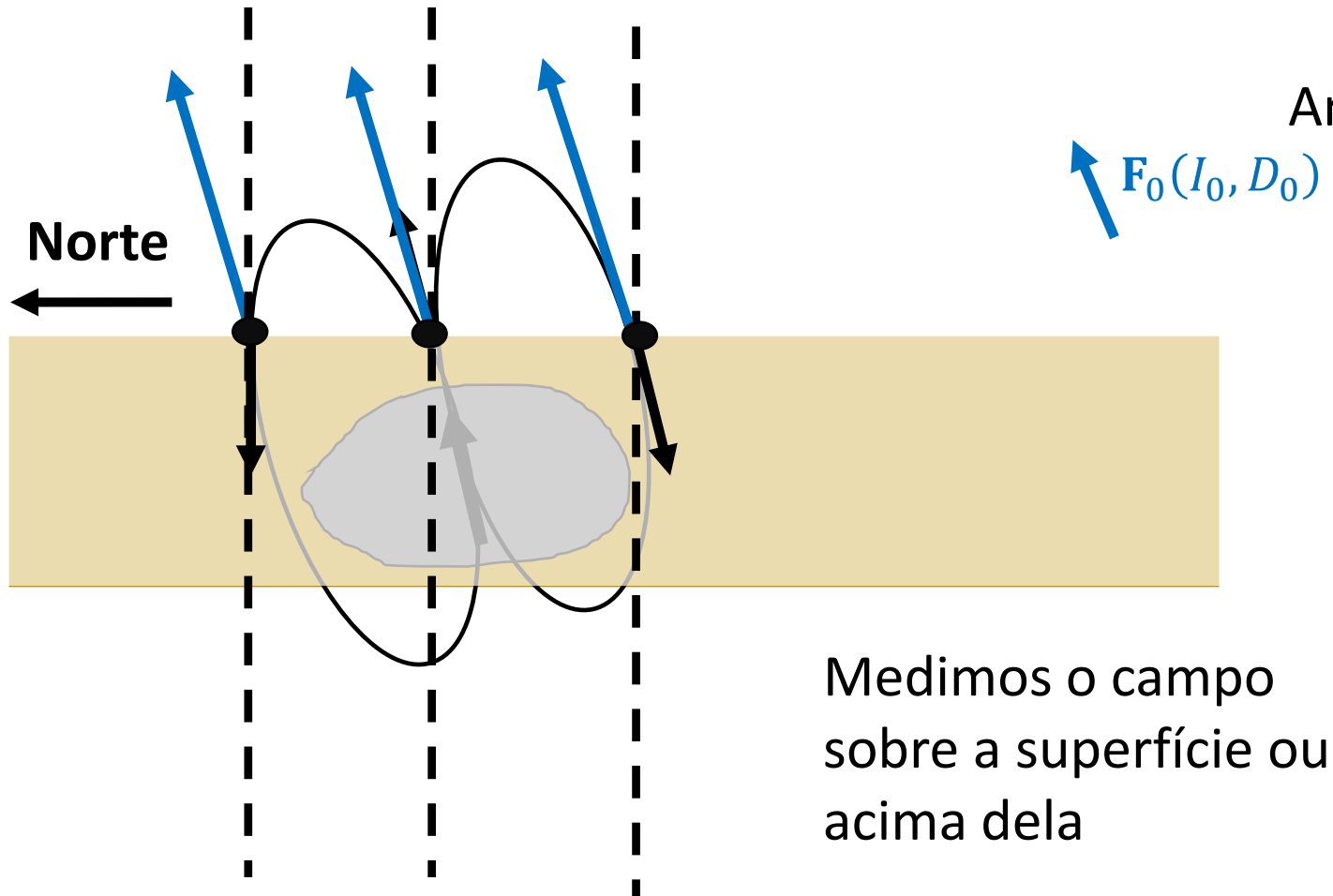


Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela

Amplitude (nT)

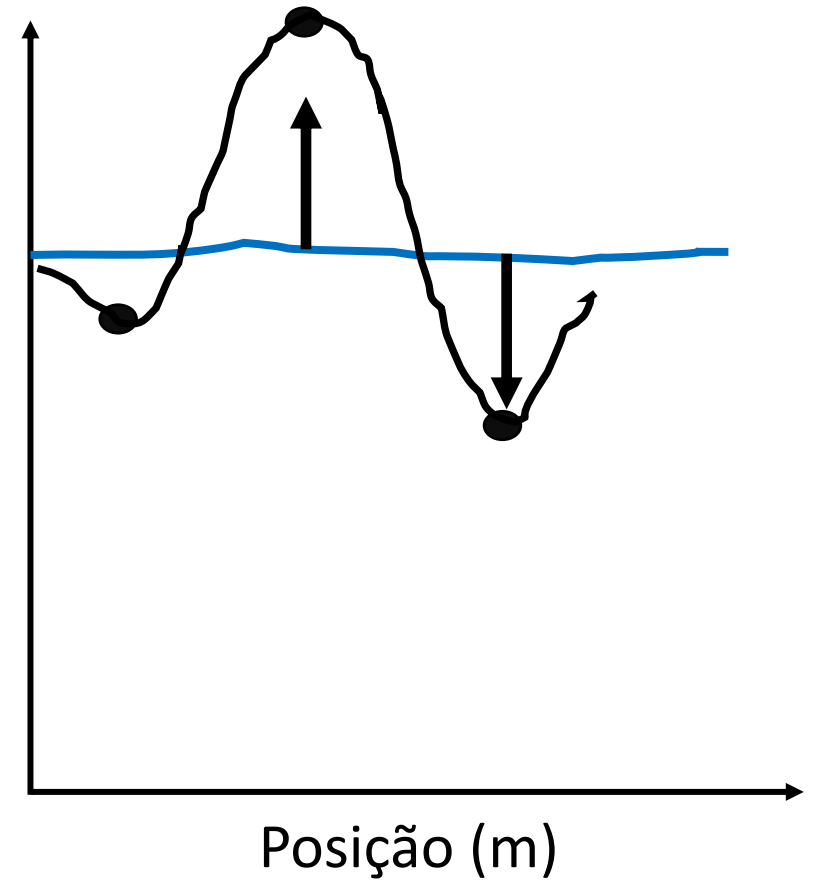


Rochas magnetizadas em subsuperfície

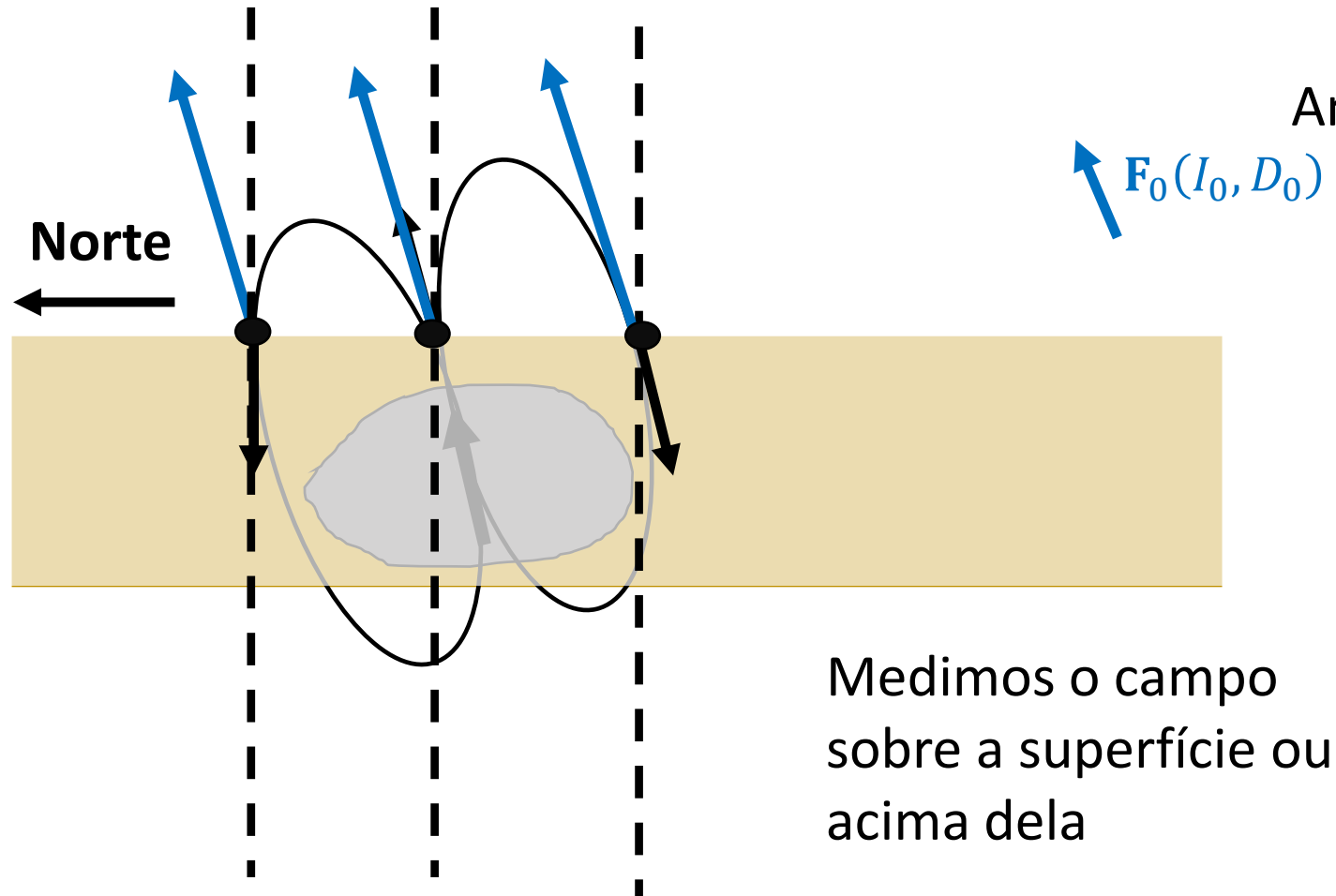


Medimos o campo
sobre a superfície ou
acima dela

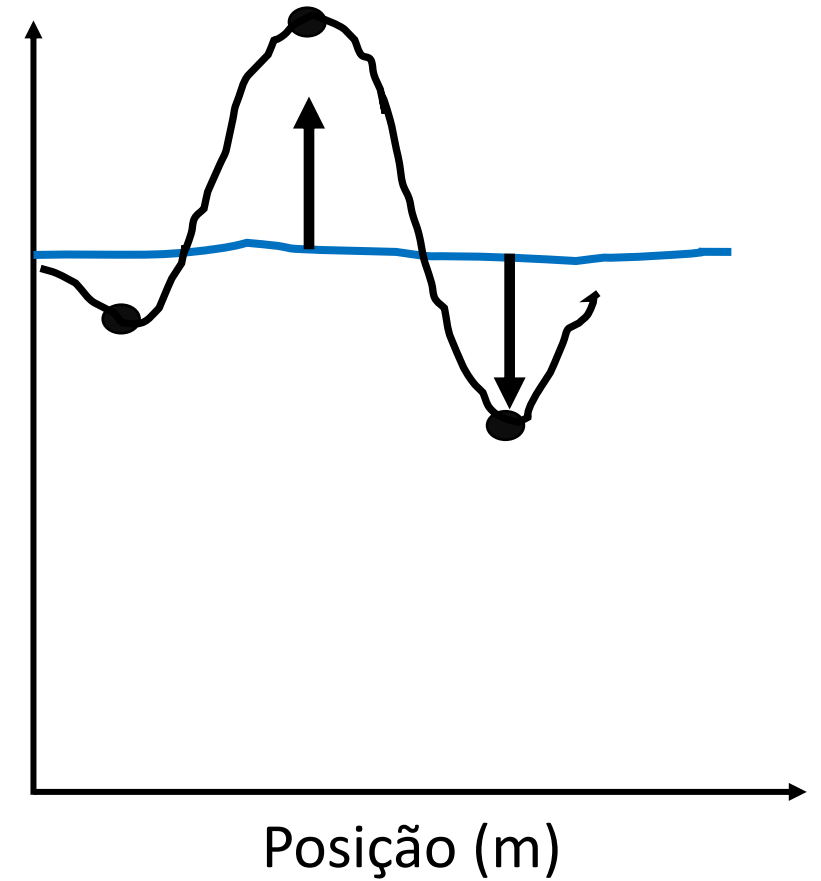
Amplitude (nT)



Rochas magnetizadas em subsuperfície

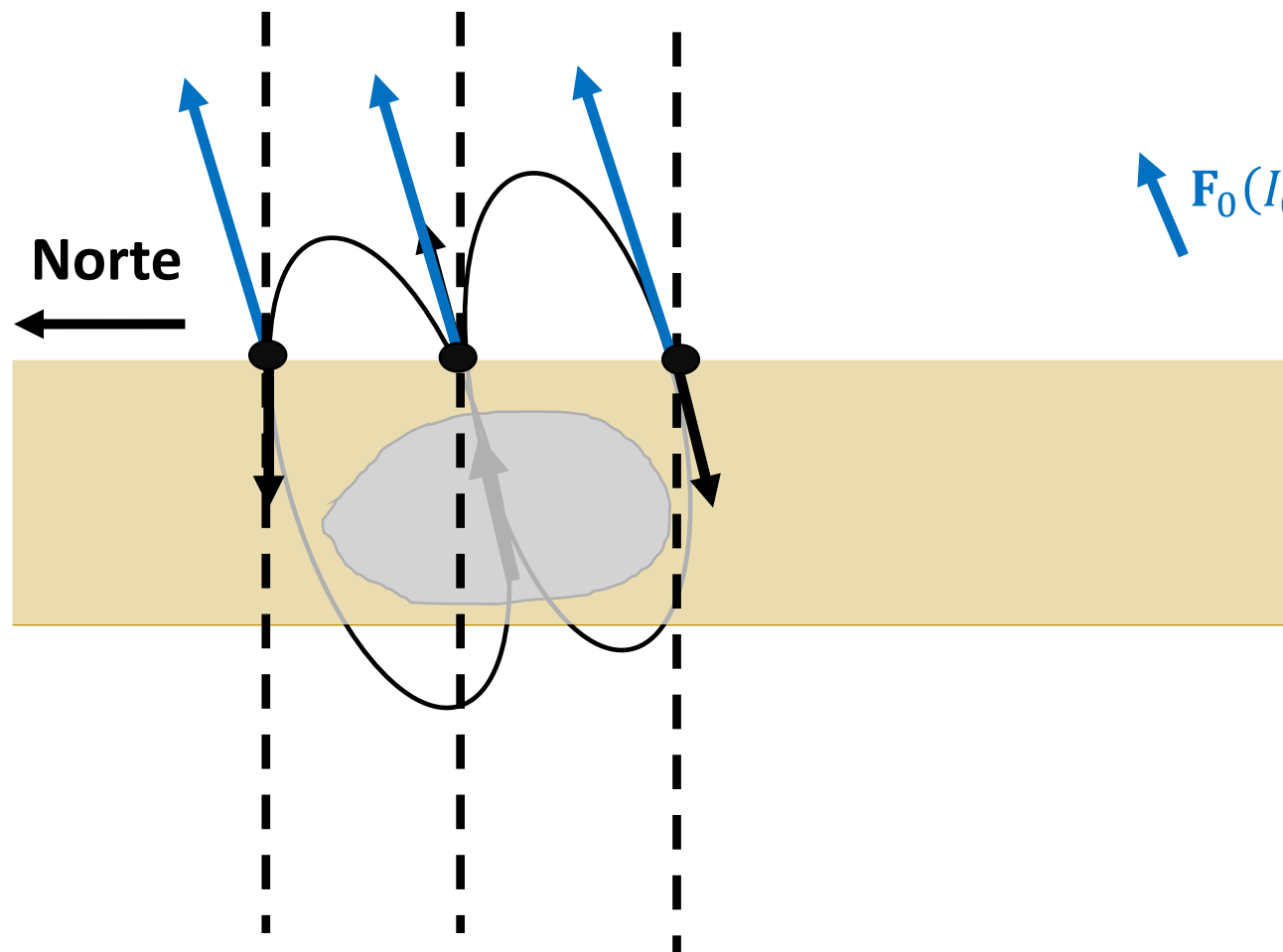


Amplitude (nT)

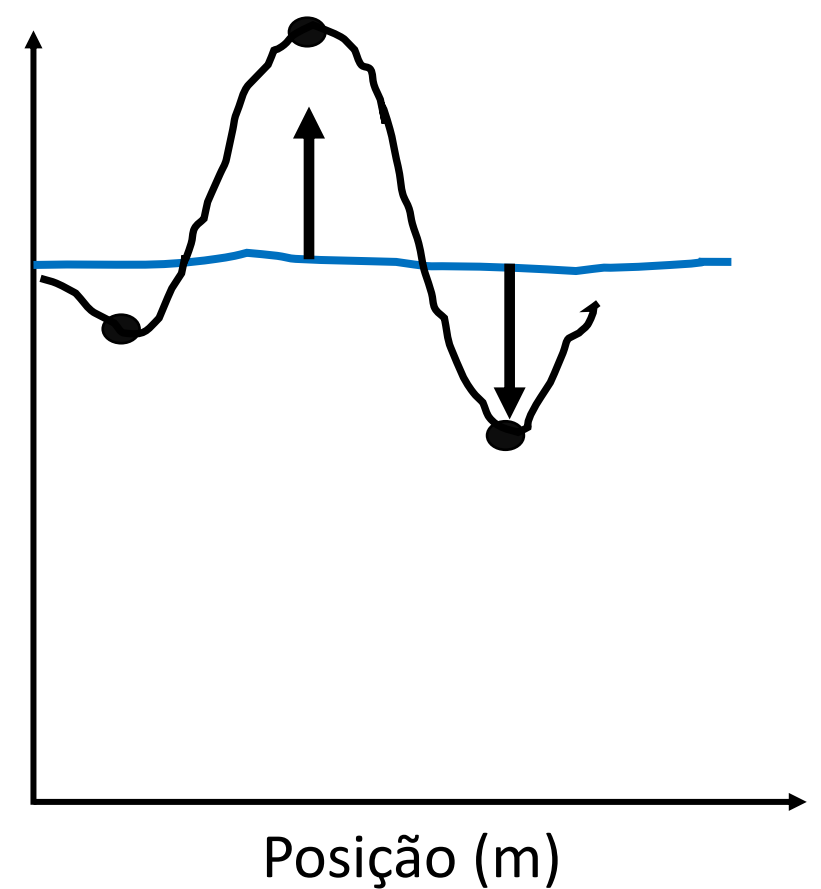


$$\text{Campo Total} = \text{Campo principal} + \text{Campo crustal}$$

Rochas magnetizadas em subsuperfície

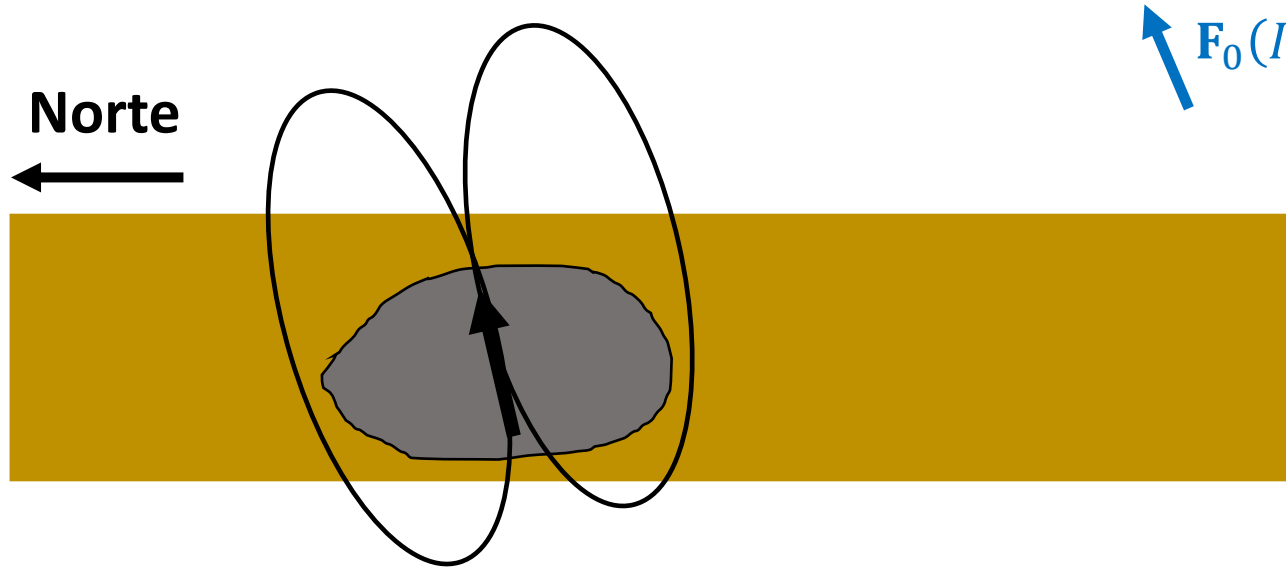


Amplitude (nT)

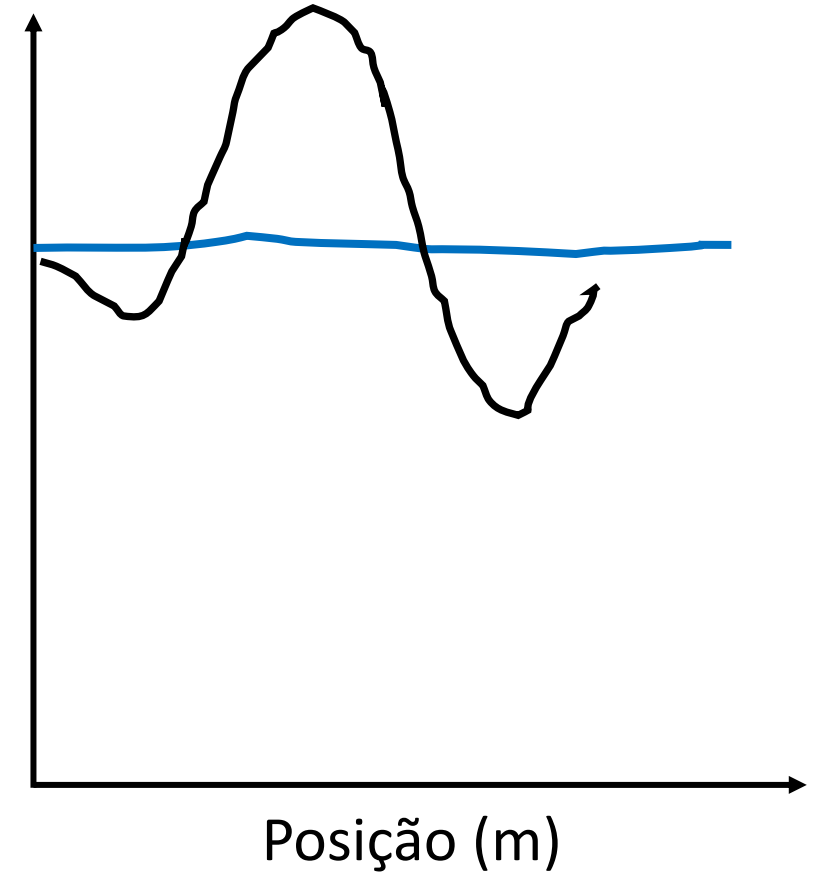


Campo Total = Campo principal + Campo crustal

Rochas magnetizadas em subsuperfície

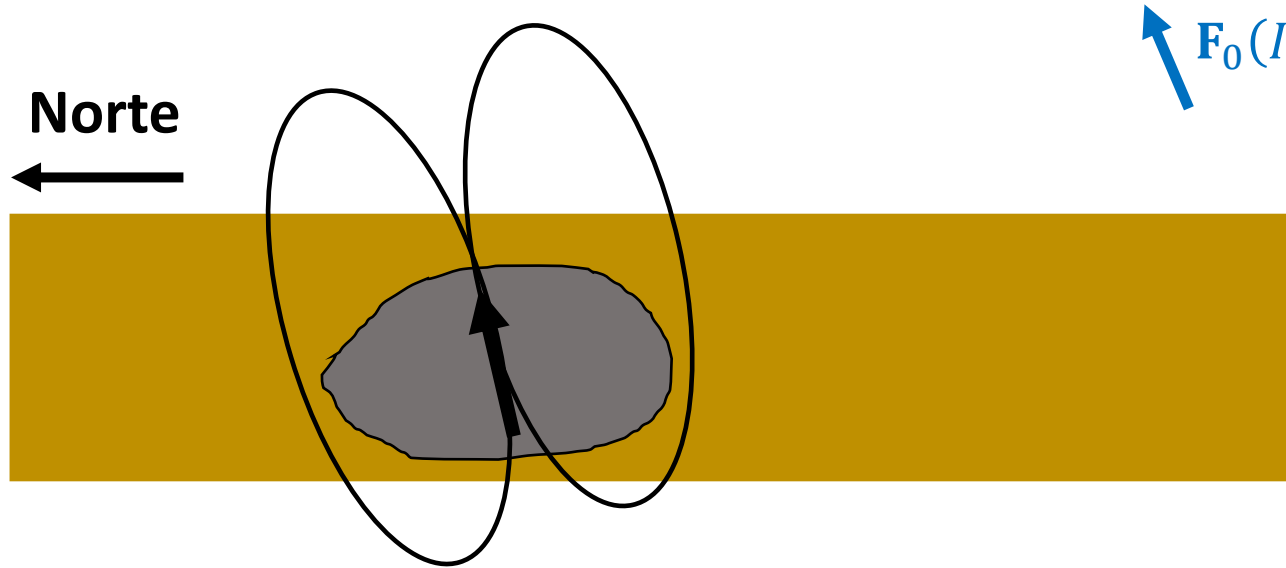


Amplitude (nT)



Campo Total = Campo principal + Campo crustal

Rochas magnetizadas em subsuperfície

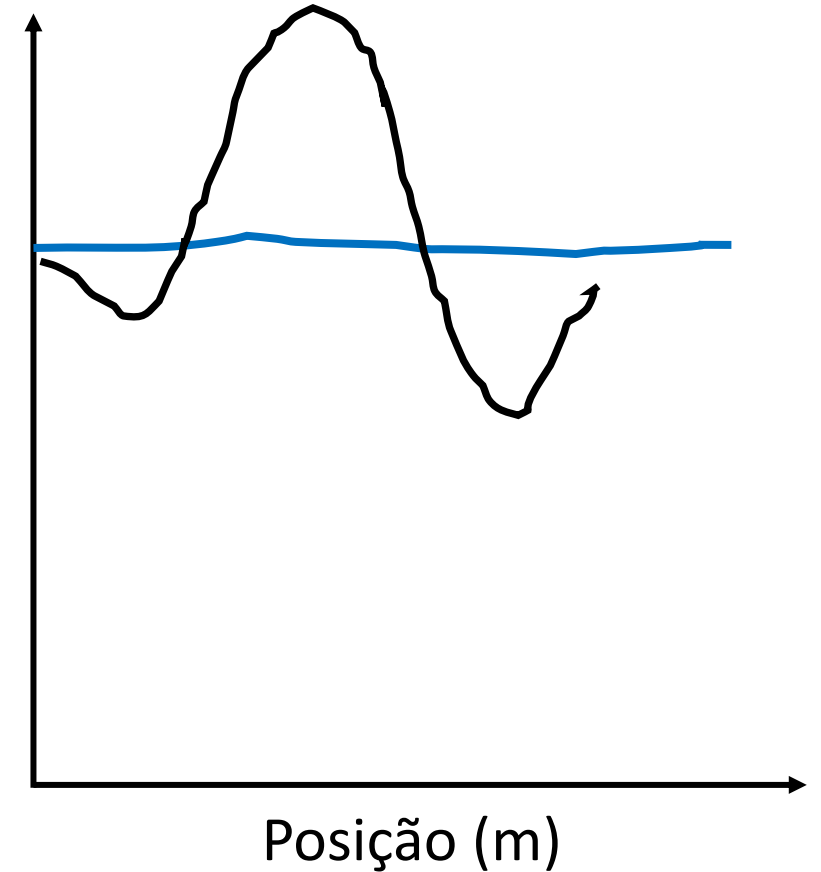


$$\text{TFA} = \text{Campo total} - \text{Campo principal}$$

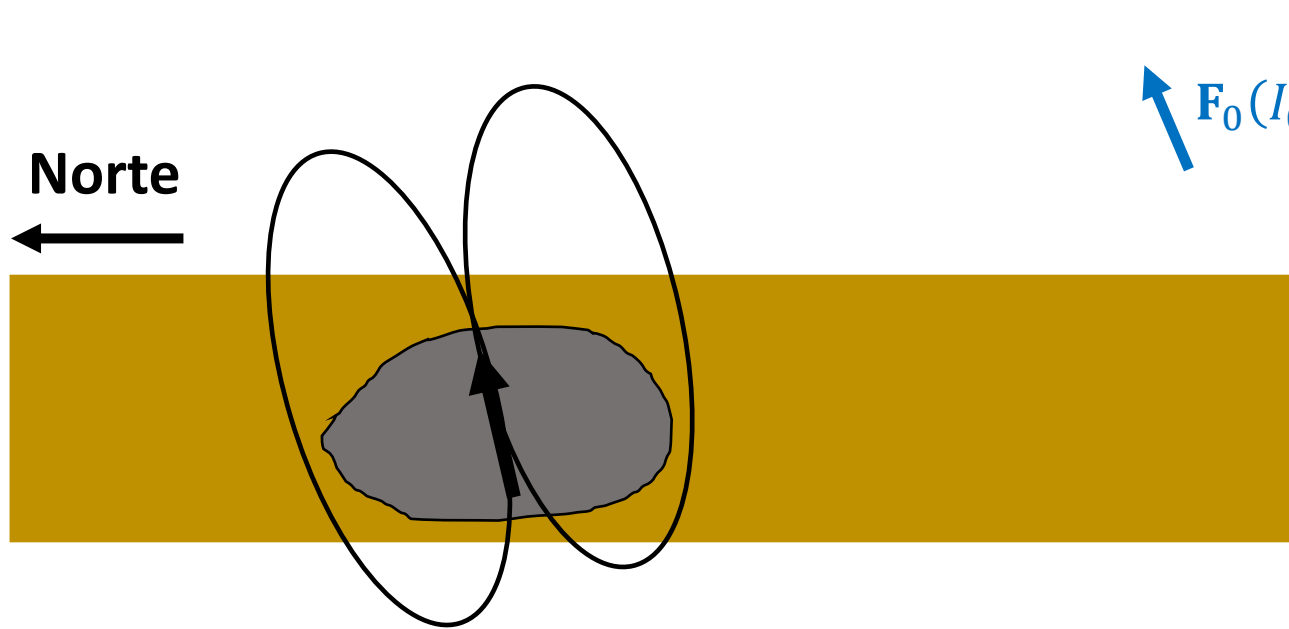
Anomalia de campo total

$$\text{Campo Total} = \text{Campo principal} + \text{Campo crustal}$$

Amplitude (nT)



Rochas magnetizadas em subsuperfície

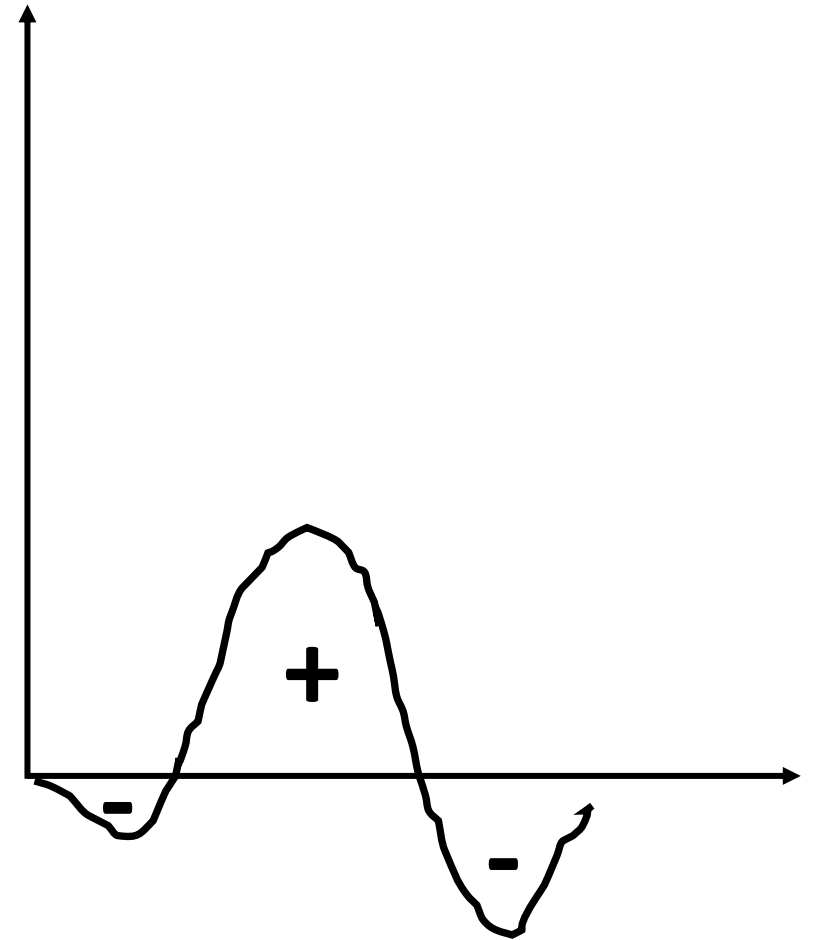


$$\text{TFA} = \text{Campo total} - \text{Campo principal}$$

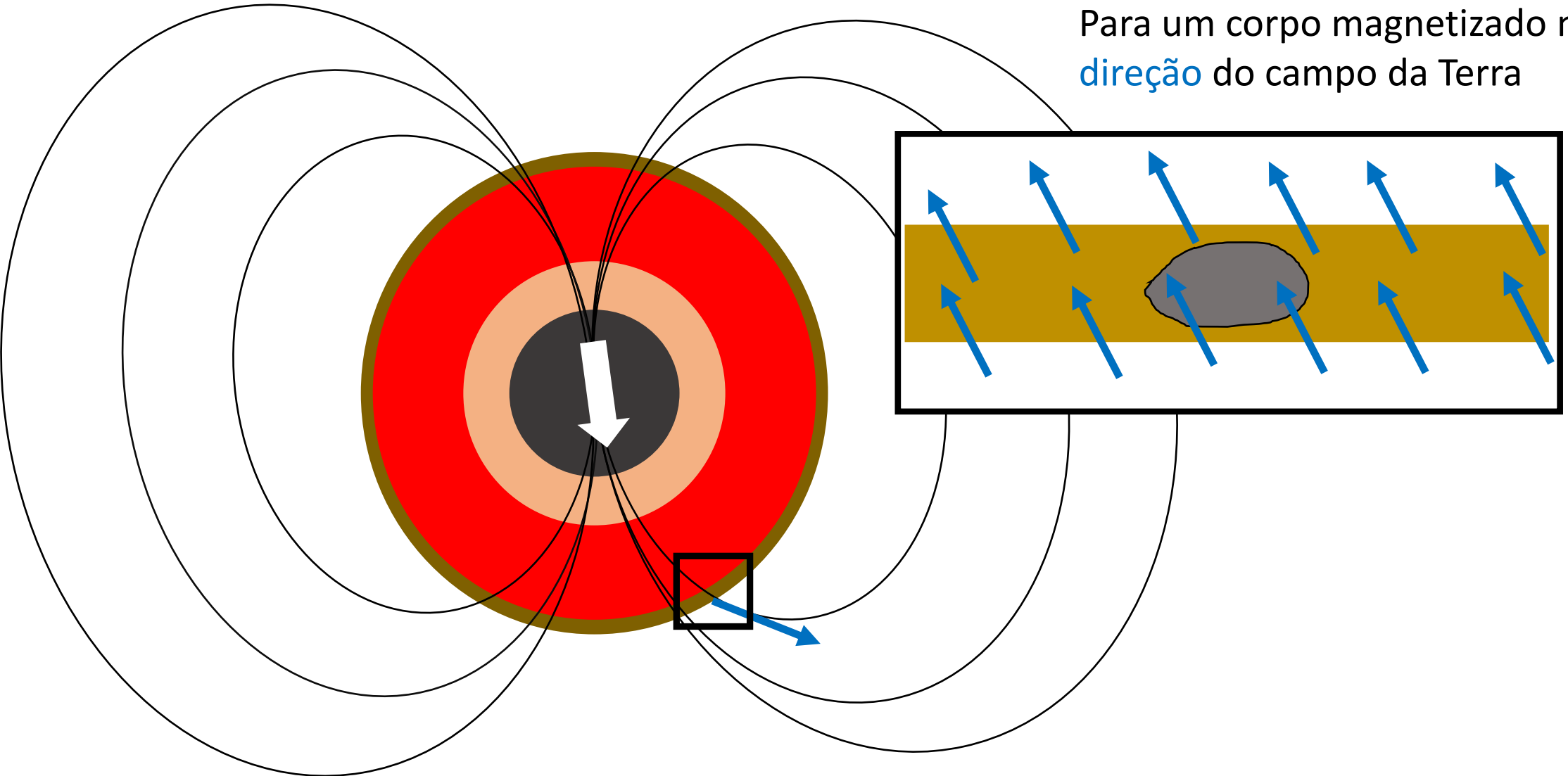
Anomalia de campo total

$$\text{Campo Total} = \text{Campo principal} + \text{Campo crustal}$$

Amplitude (nT)

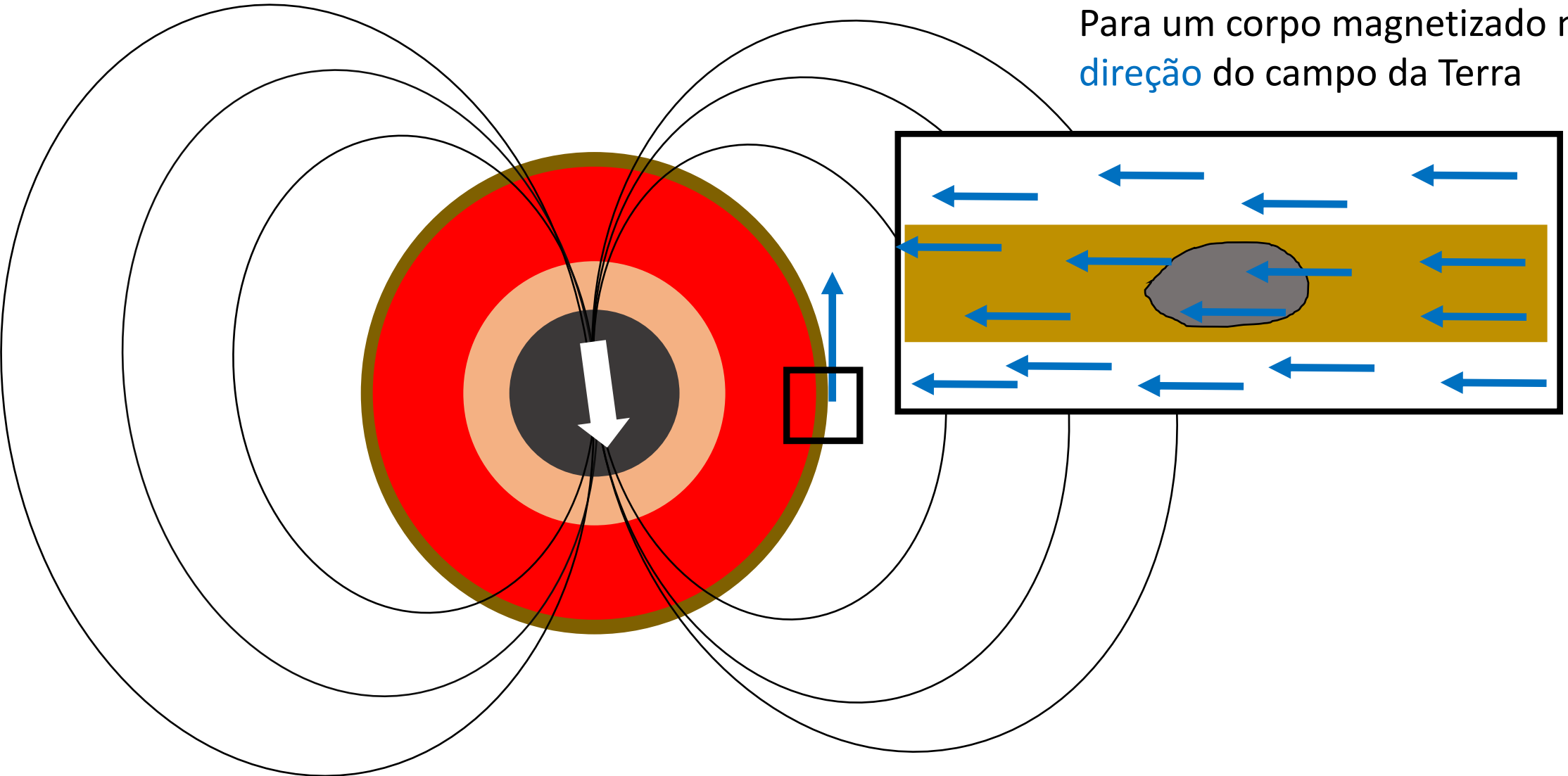


Campo crustal



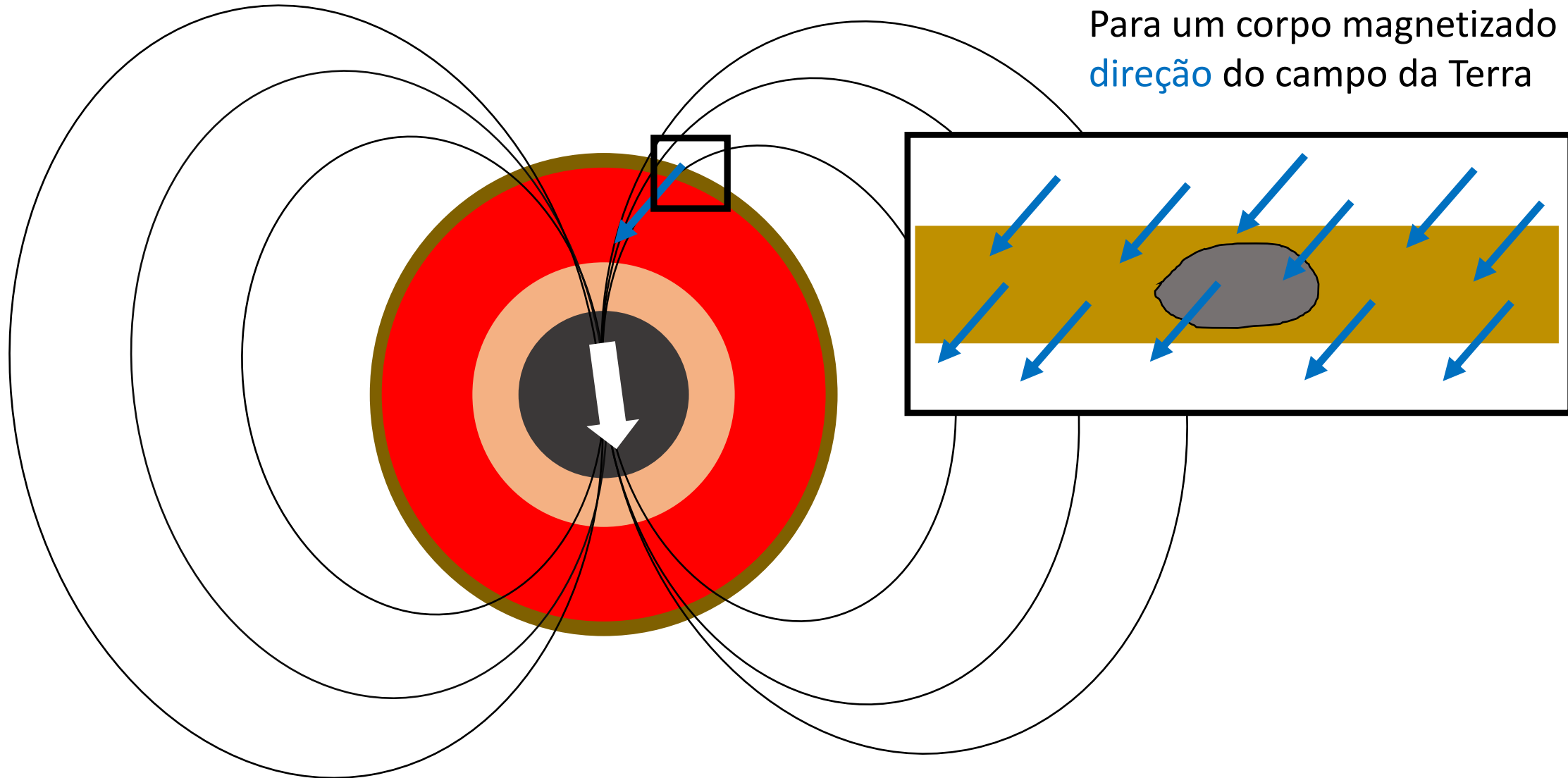
Para um corpo magnetizado na mesma direção do campo da Terra

Campo crustal

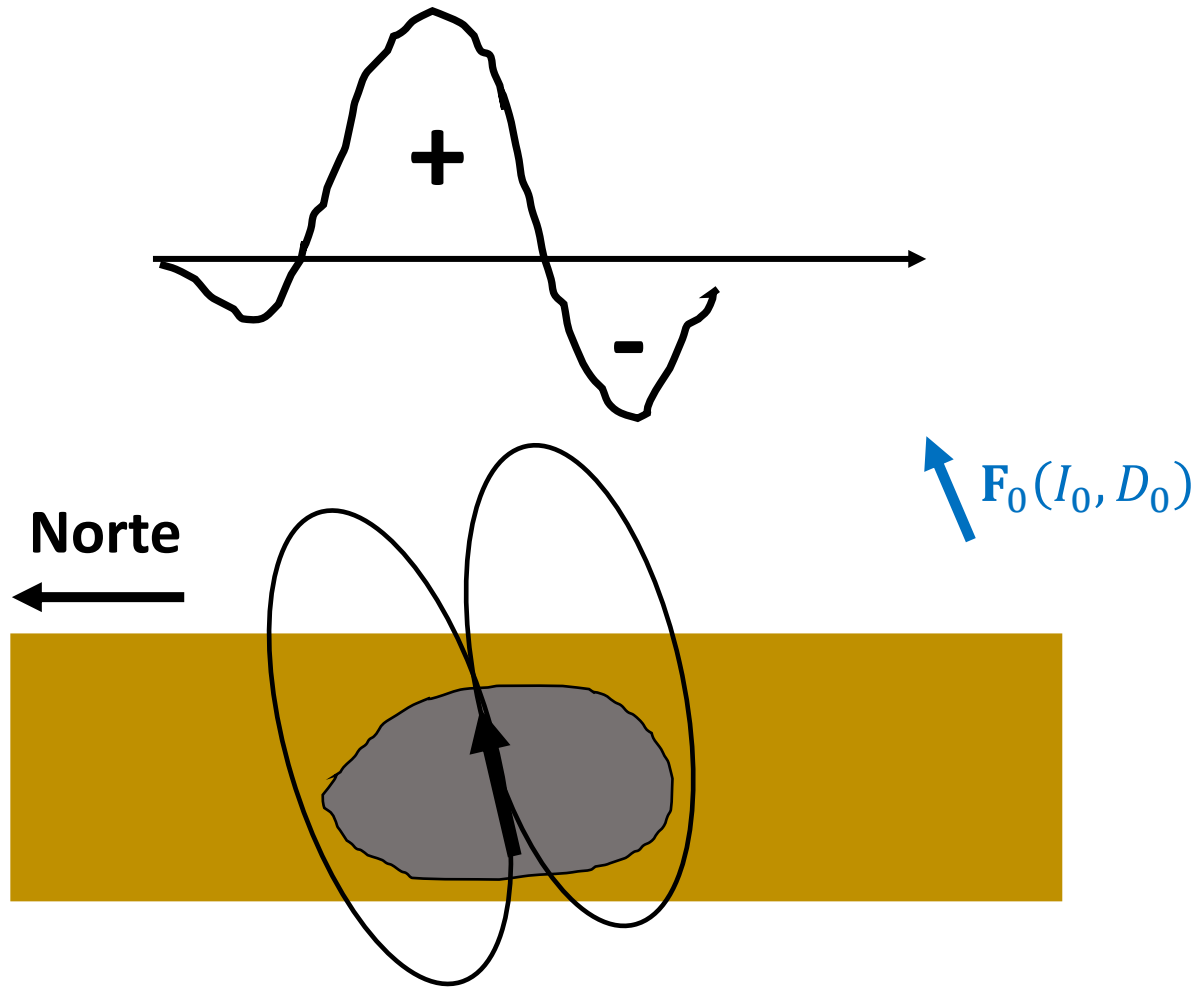


Para um corpo magnetizado na mesma direção do campo da Terra

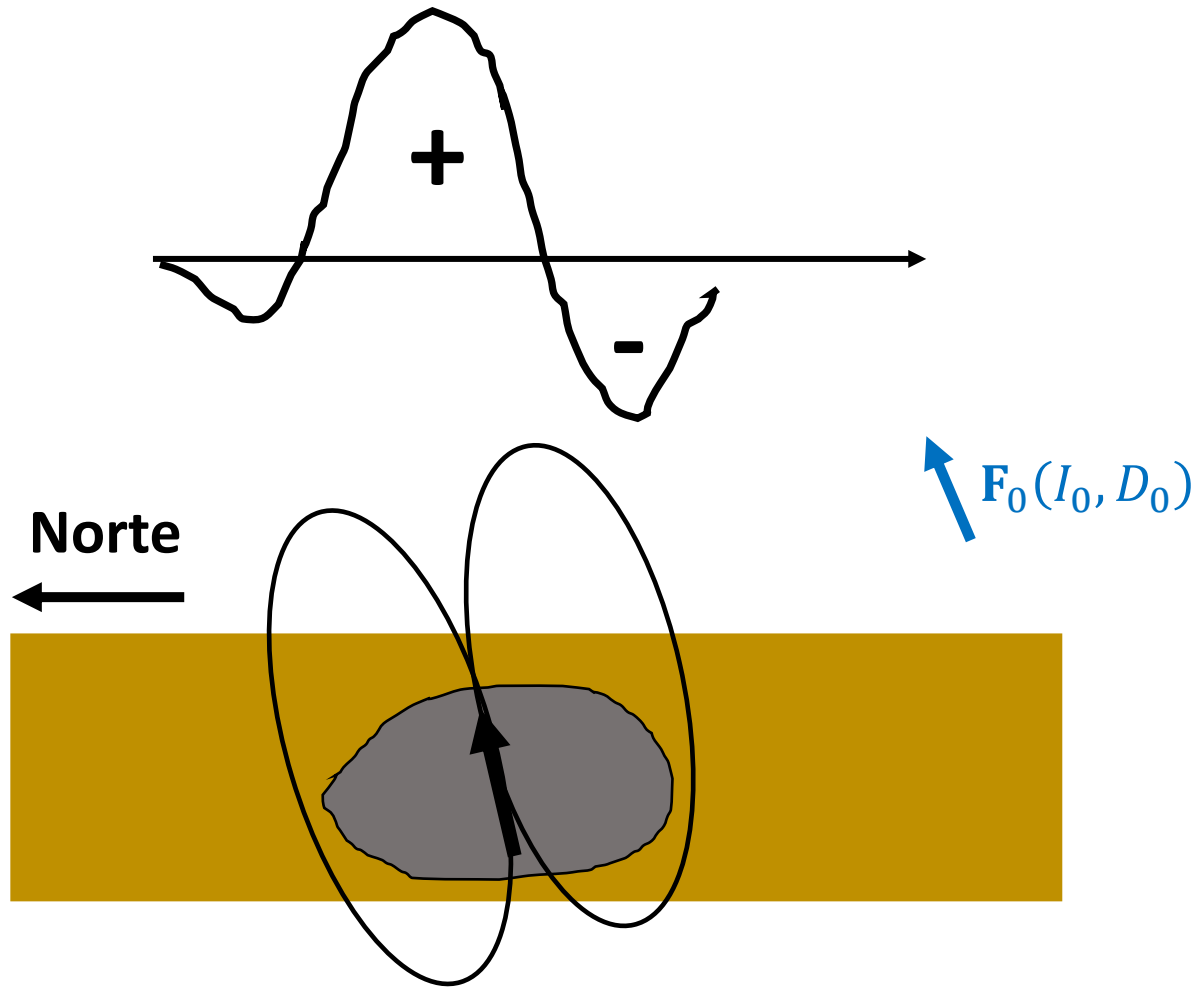
Campo crustal



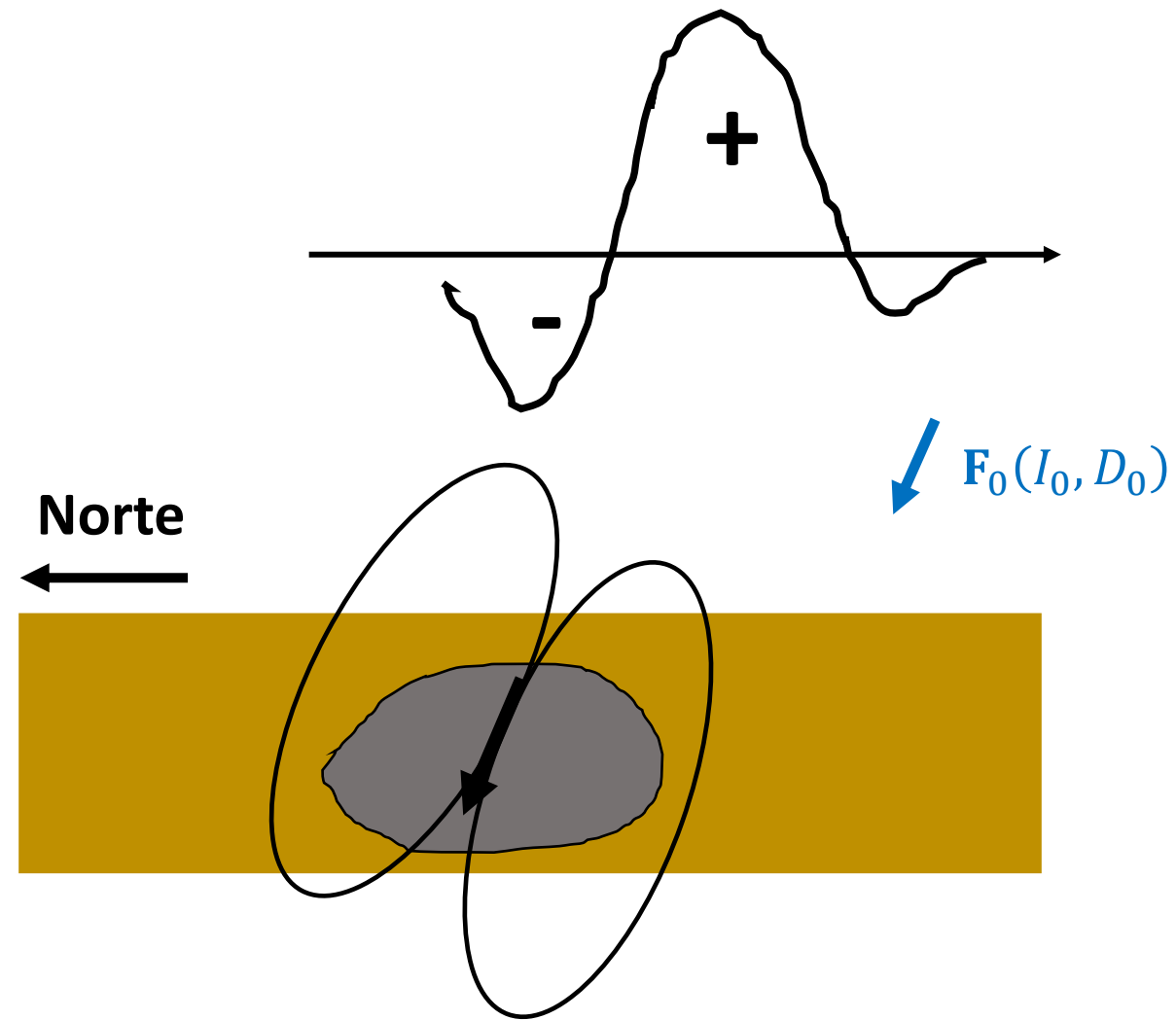
Hemisfério Sul



Hemisfério Sul

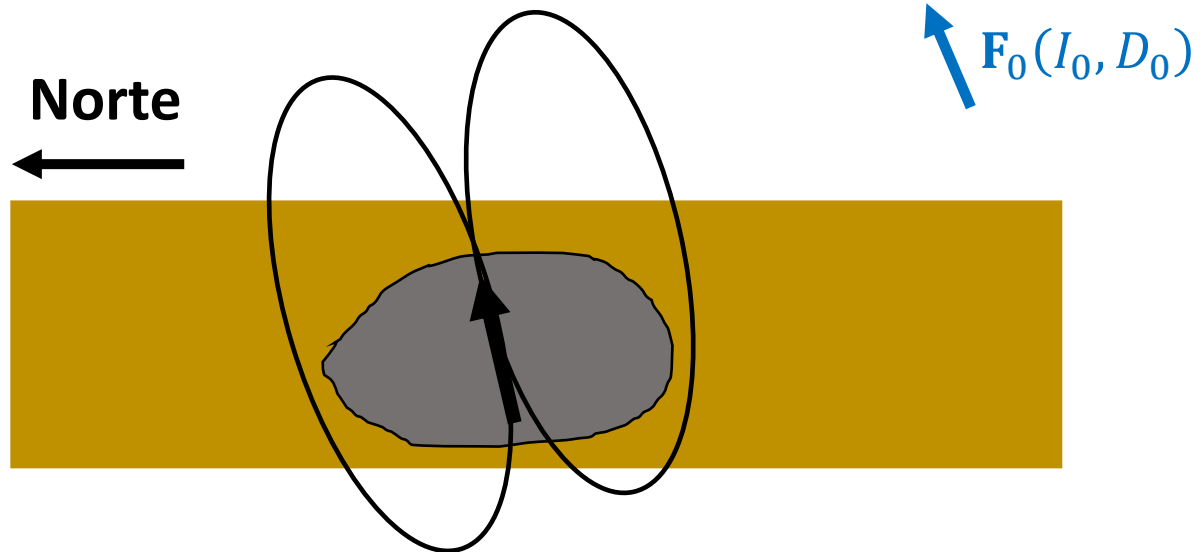


Hemisfério Norte

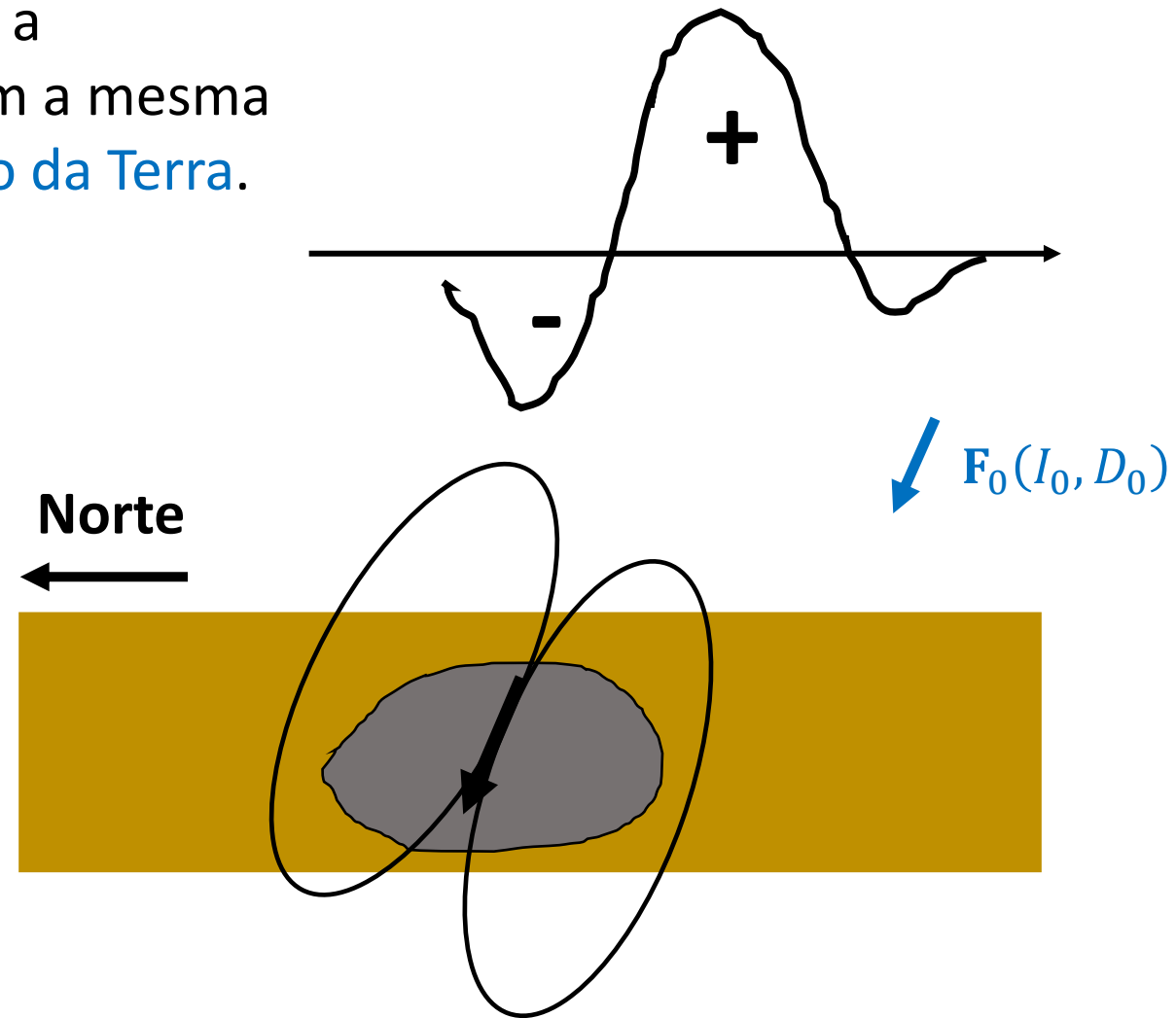


Hemisfério Sul

Esta simplificação acontece somente por que a magnetização tem a mesma direção do **campo da Terra**.

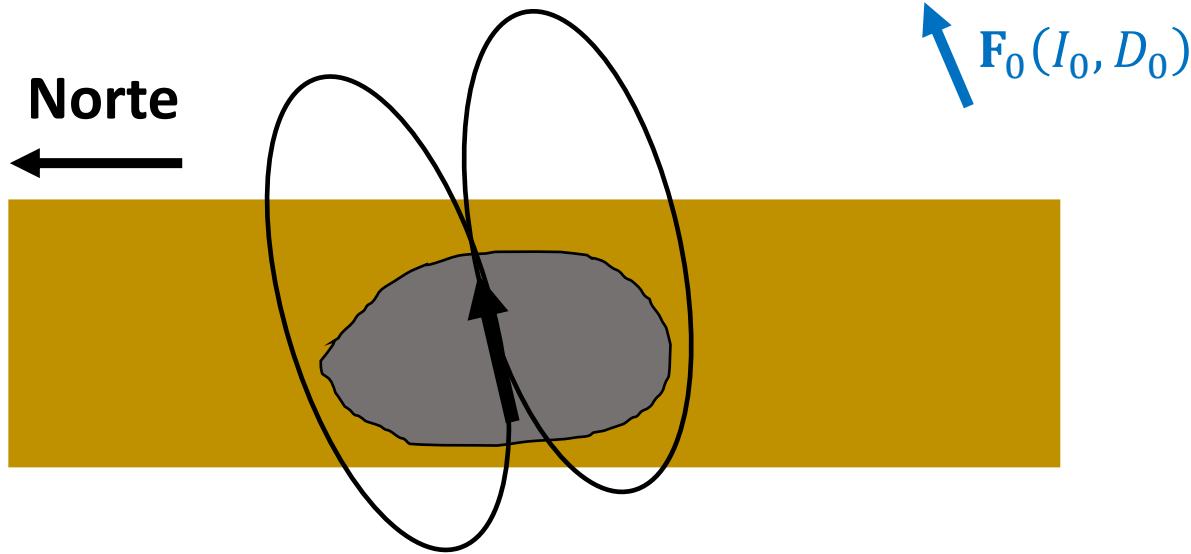


Hemisfério Norte

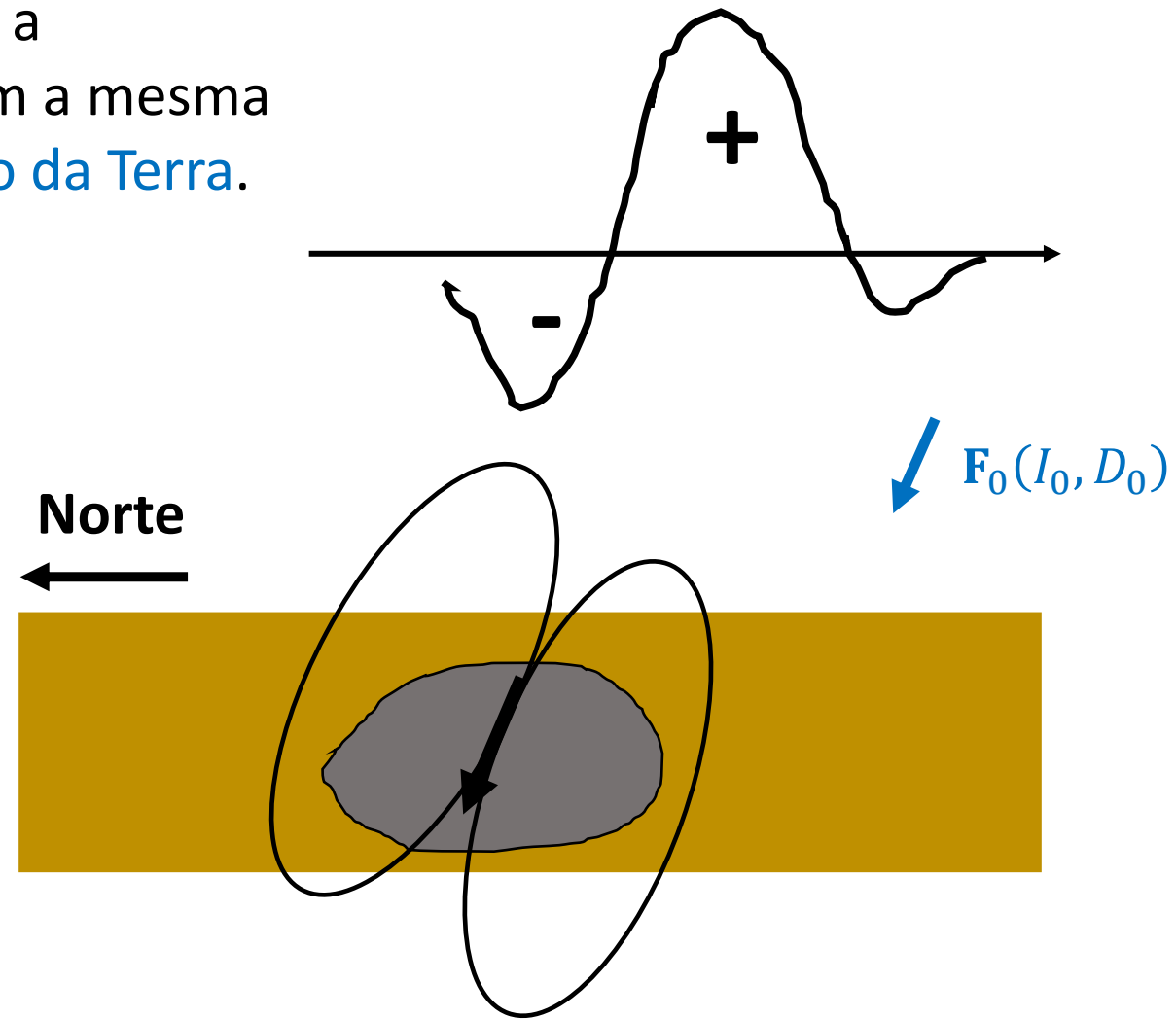


Hemisfério Sul

Esta simplificação acontece somente por que a magnetização tem a mesma direção do **campo da Terra**.



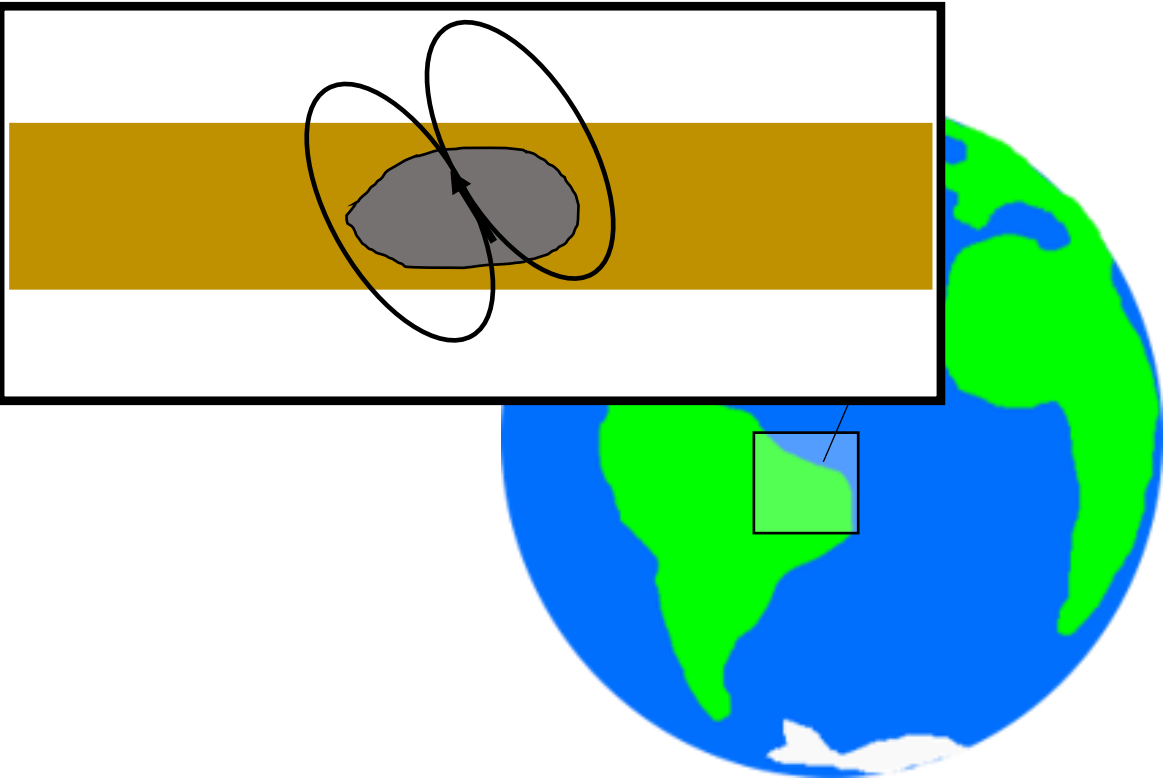
Hemisfério Norte



Como ficaria o campo magnético no polo Norte? E no polo sul?

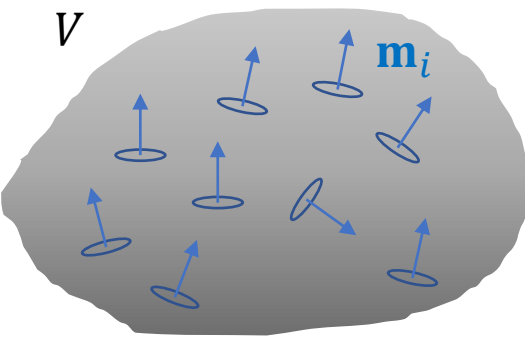
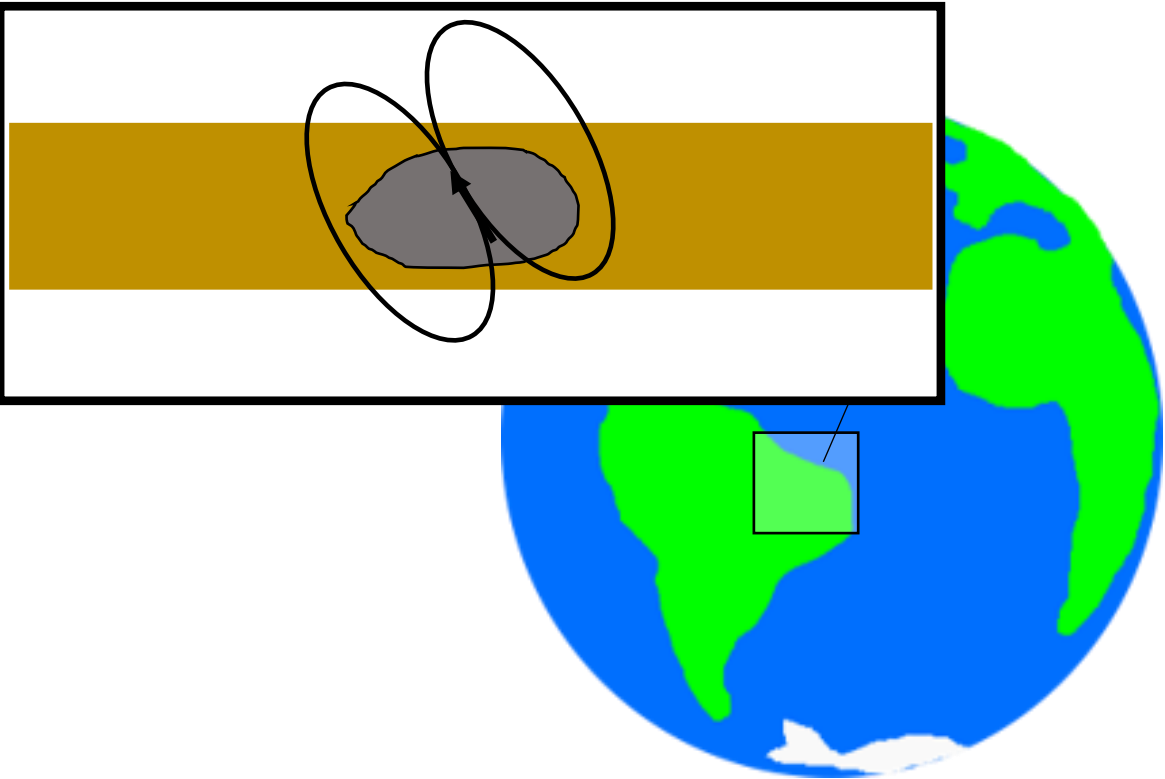
Campo crustal

Quais os tipos de magnetização?



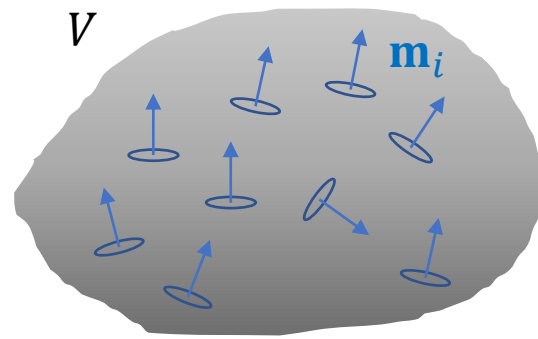
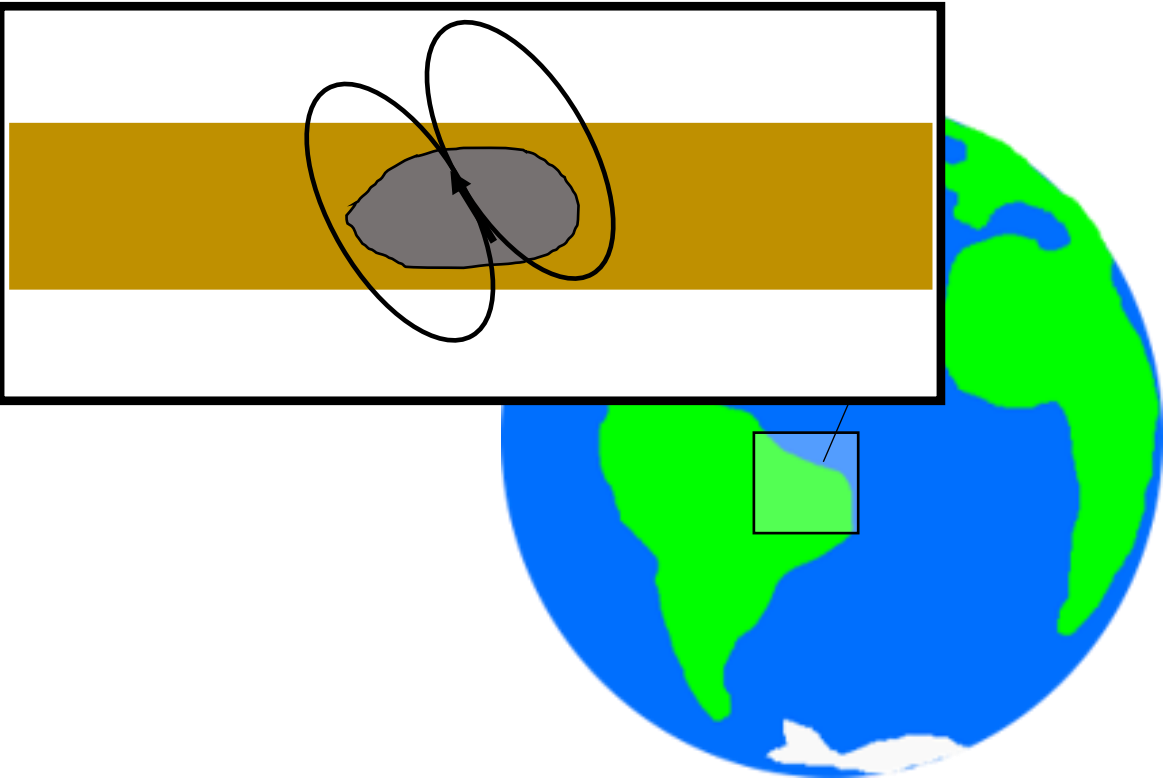
Campo crustal

Quais os tipos de magnetização?



Campo crustal

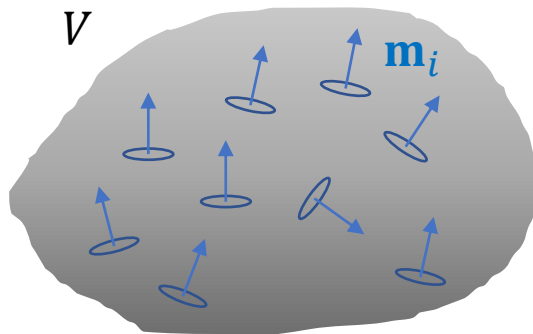
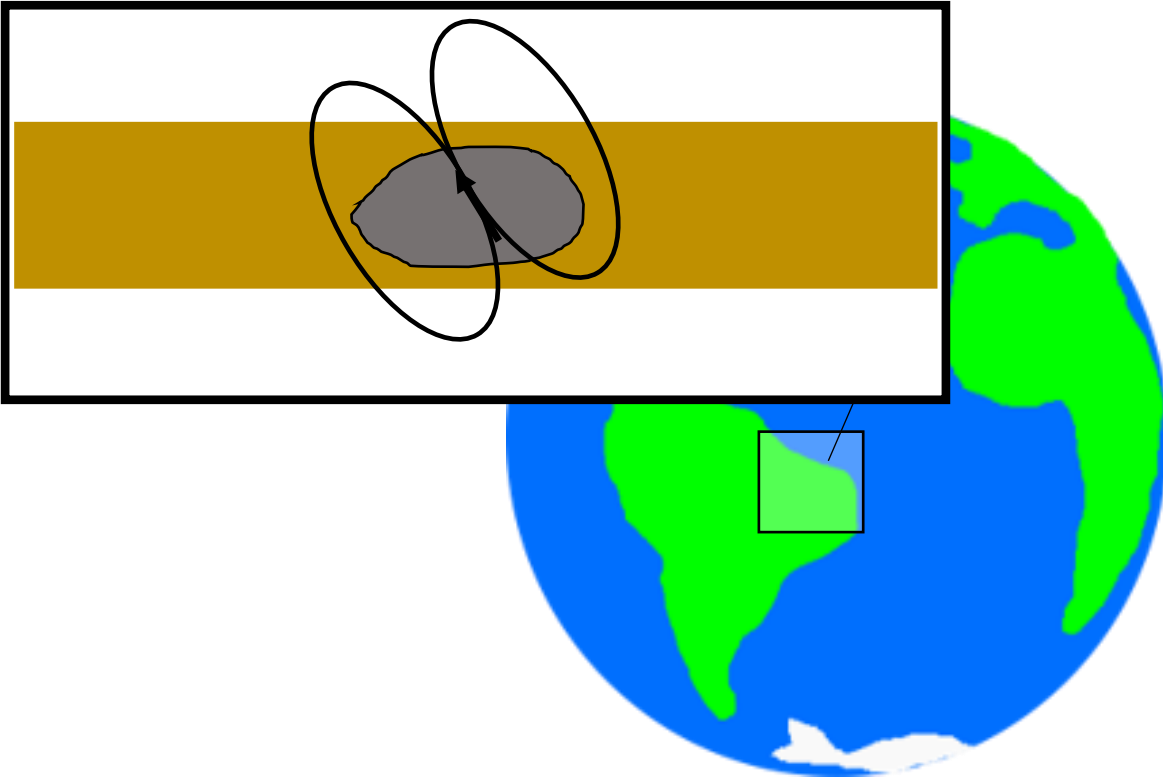
Quais os tipos de magnetização?



É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento **m** no interior de um volume **V**.

Campo crustal

Quais os tipos de **magnetização**?



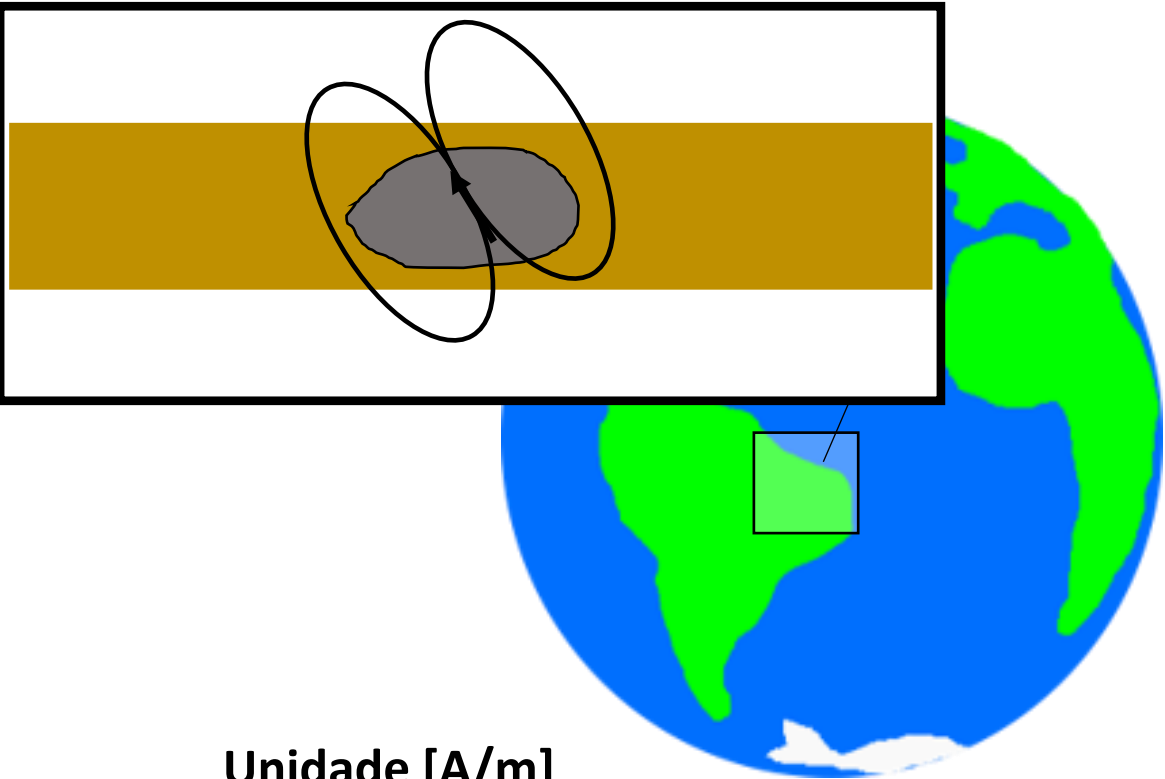
Magnetização

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}_i}{V}$$

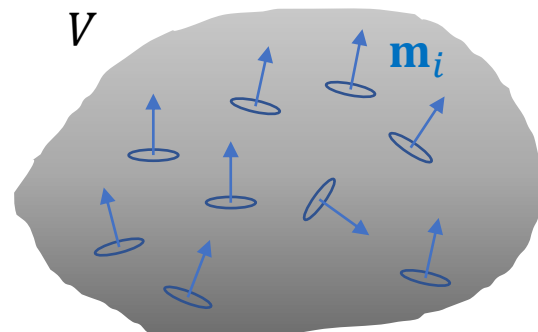
É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento **m** no interior de um volume **V**.

Campo crustal

Quais os tipos de magnetização?



Unidade [A/m]



Magnetização

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}_i}{V}$$

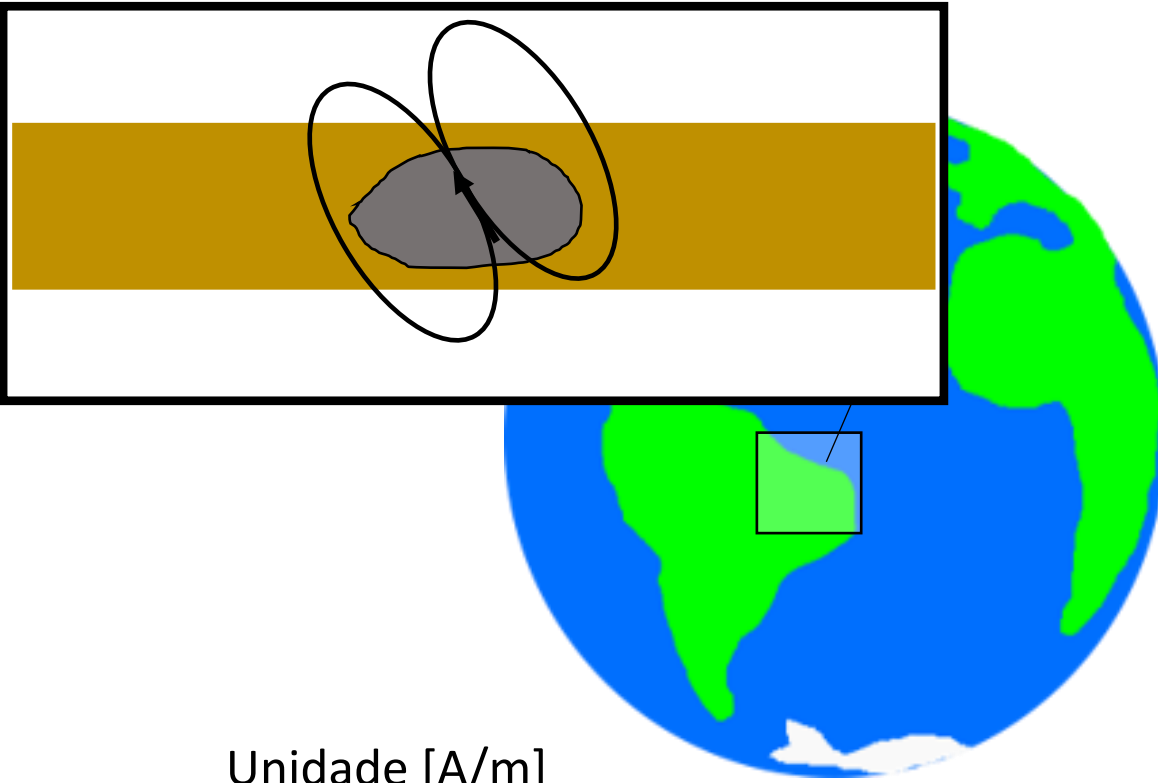
É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento \mathbf{m} no interior de um volume \mathbf{V} .

Campo crustal

Quais os tipos de **magnetização**?

Magnetização remanente Natural (\mathbf{M}_R)

A componente da magnetização que é devido a época de formação da rocha.

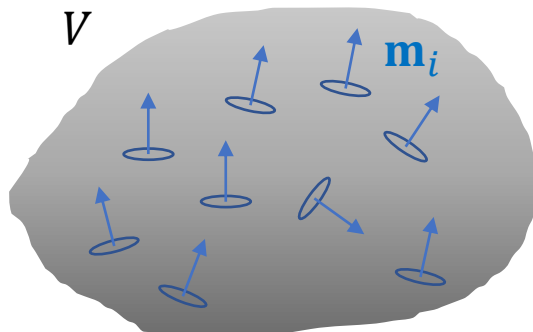


Unidade [A/m]

Magnetização

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}_i}{V}$$

É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento \mathbf{m} no interior de um volume \mathbf{V} .



Campo crustal

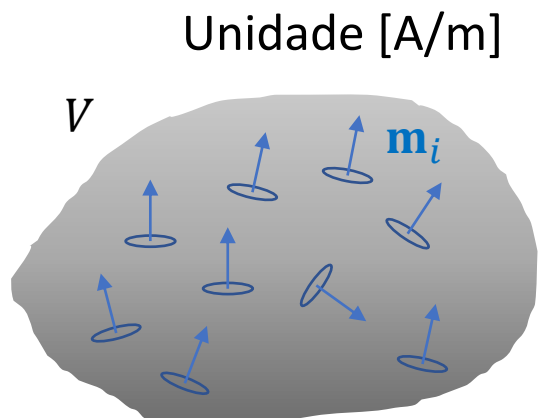
Quais os tipos de **magnetização**?

Magnetização remanente Natural (\mathbf{M}_R)

A componente da magnetização que é devido a época de formação da rocha.

Magnetização induzida (\mathbf{M}_I)

Componente devido a presença de um campo magnético externo



Magnetização

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}_i}{V}$$

É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento \mathbf{m} no interior de um volume \mathbf{V} .

Campo crustal

Quais os tipos de **magnetização**?

Magnetização remanente Natural (\mathbf{M}_R)

A componente da magnetização que é devido a época de formação da rocha.

Magnetização induzida (\mathbf{M}_I)

Componente devido a presença de um campo magnético externo

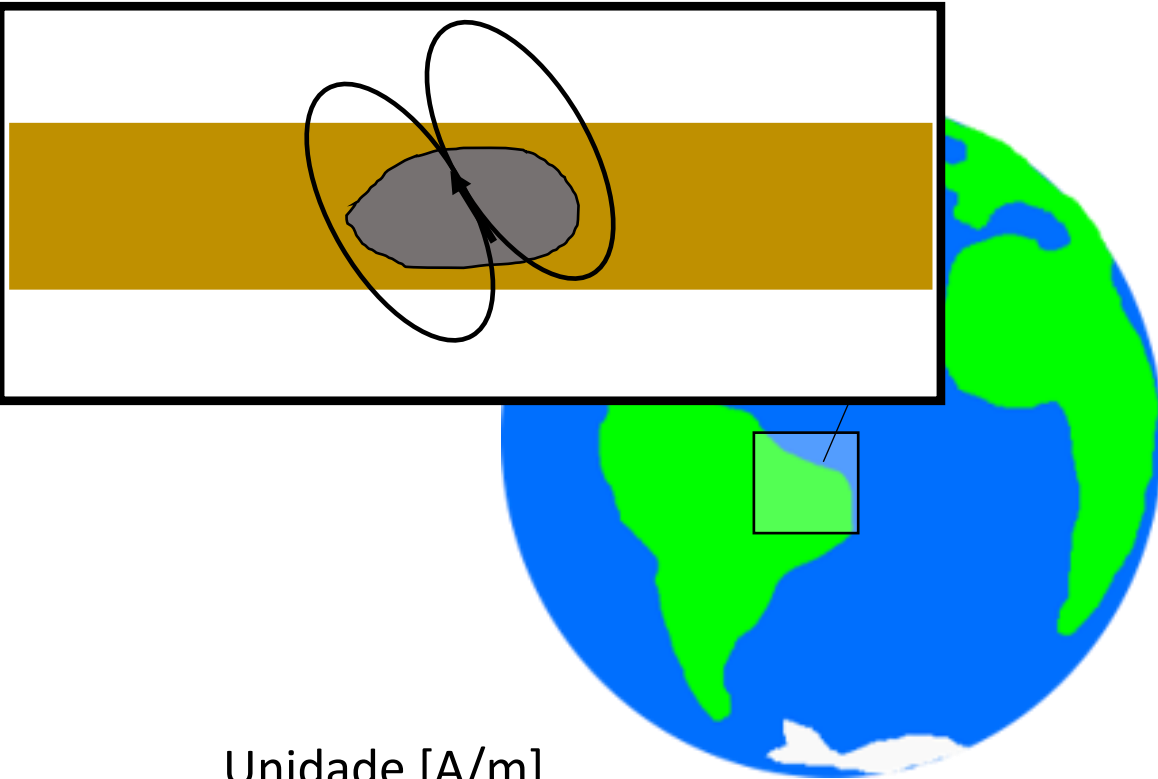
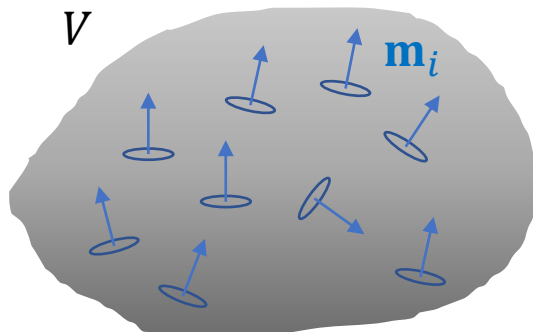
$$\mathbf{M}_I = \chi \mathbf{F}_0$$

Magnetização

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}_i}{V}$$

É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento \mathbf{m} no interior de um volume \mathbf{V} .

Unidade [A/m]



Campo crustal

Quais os tipos de **magnetização**?

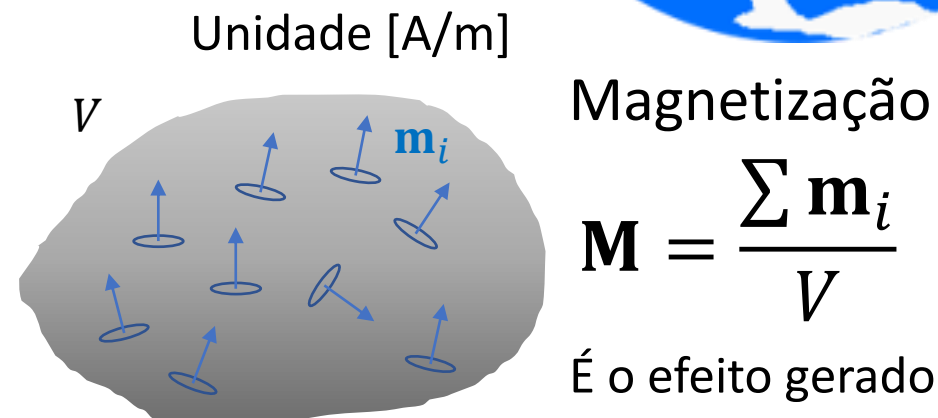
Magnetização remanente Natural (\mathbf{M}_R)

A componente da magnetização que é devido a época de formação da rocha.

Magnetização induzida (\mathbf{M}_I)

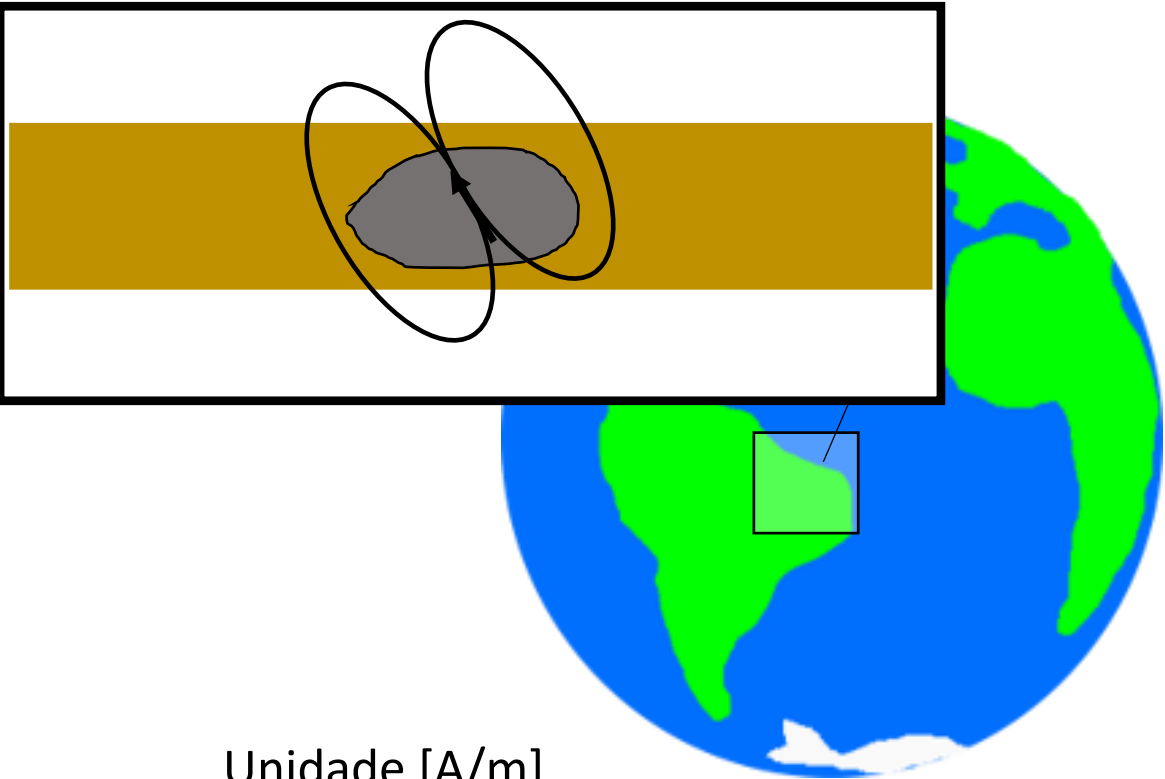
Componente devido a presença de um campo magnético externo

$$\mathbf{M}_I = \chi \mathbf{F}_0 \text{ Campo principal}$$



É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento \mathbf{m} no interior de um volume \mathbf{V} .

Campo crustal



Quais os tipos de magnetização?

Magnetização remanente Natural (\mathbf{M}_R)

A componente da magnetização que é devido a época de formação da rocha.

Magnetização induzida (\mathbf{M}_I)

Componente devido a presença de um campo magnético externo

$$\mathbf{M}_I = \chi \mathbf{F}_0$$

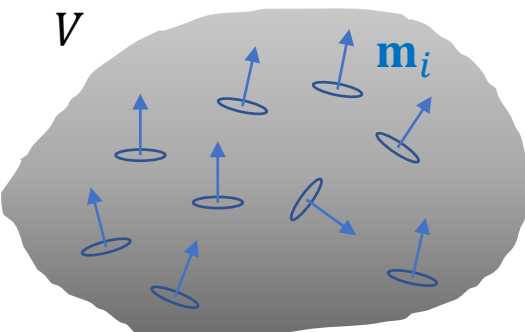
Susceptibilidade magnética

Unidade [A/m]

Magnetização

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}_i}{V}$$

É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento \mathbf{m} no interior de um volume \mathbf{V} .



Campo crustal

Quais os tipos de magnetização?

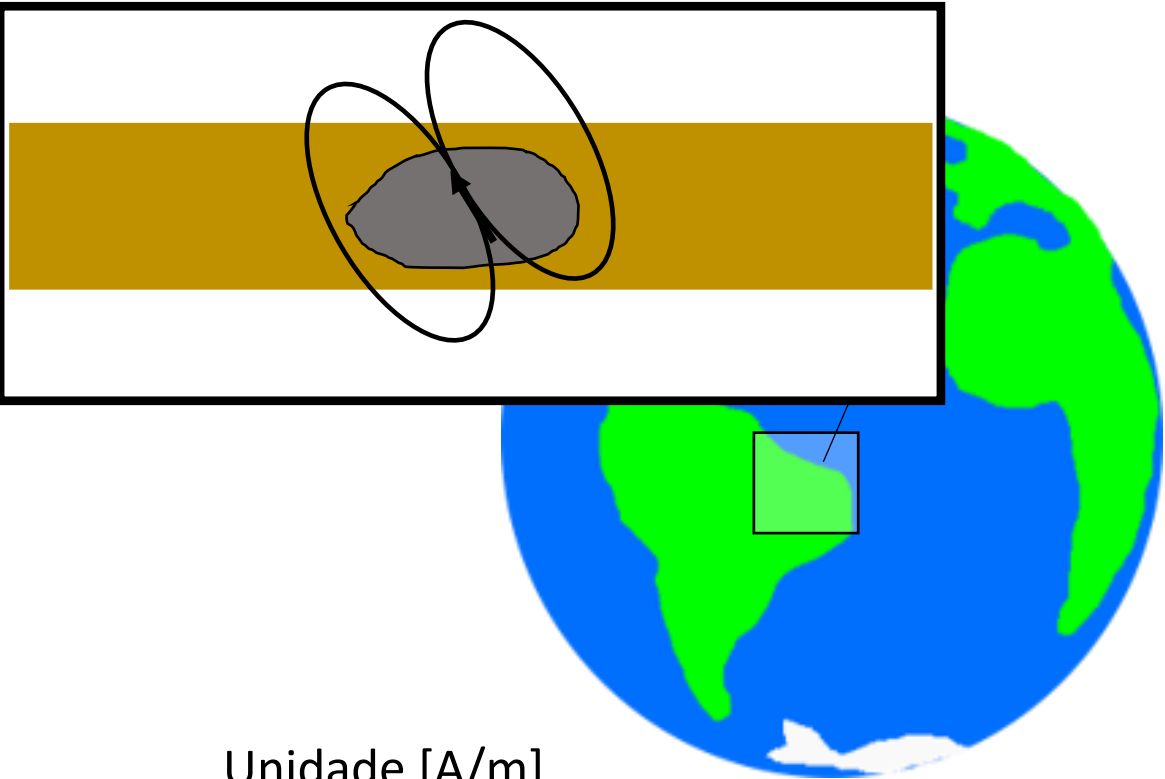
Magnetização remanente Natural (\mathbf{M}_R)

A componente da magnetização que é devido a época de formação da rocha.

Magnetização induzida (\mathbf{M}_I)

Componente devido a presença de um campo magnético externo

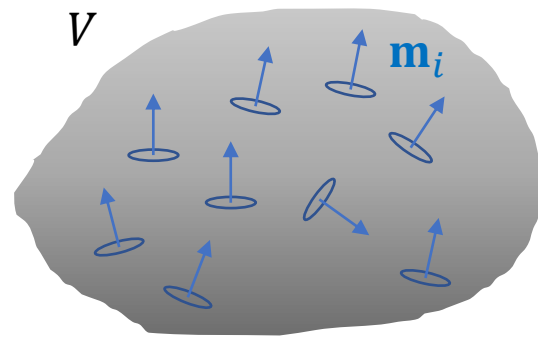
$$\mathbf{M}_I = \chi \mathbf{F}_0$$



Unidade [A/m]

Magnetização

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}_i}{V}$$

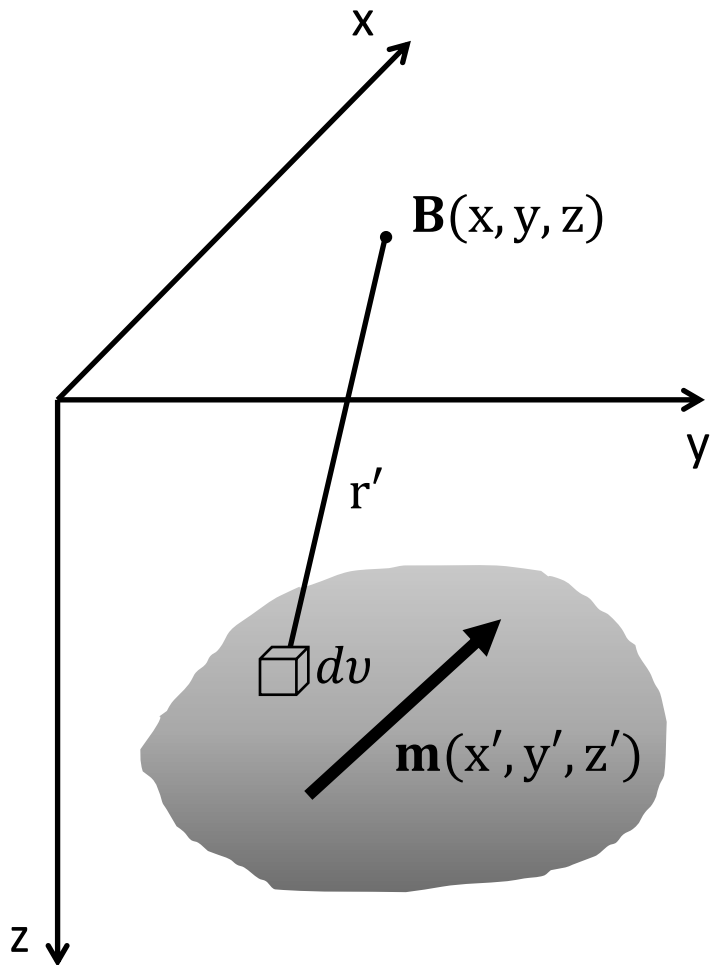


É o efeito gerado por um conjunto de dipolos de momento \mathbf{m} no interior de um volume \mathbf{V} .

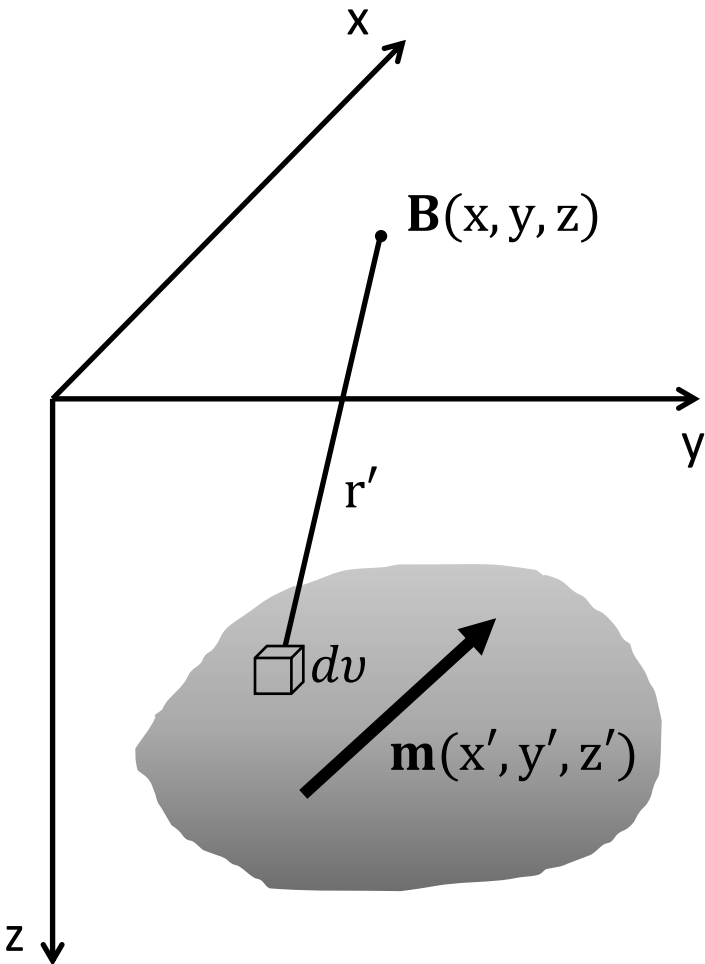
Magnetização total

$$\mathbf{M}_T = \mathbf{M}_R + \mathbf{M}_I$$

Fonte magnética 3D



Fonte magnética 3D



O campo magnético gerado por uma fonte arbitrária, em regiões livres de correntes, é dado por

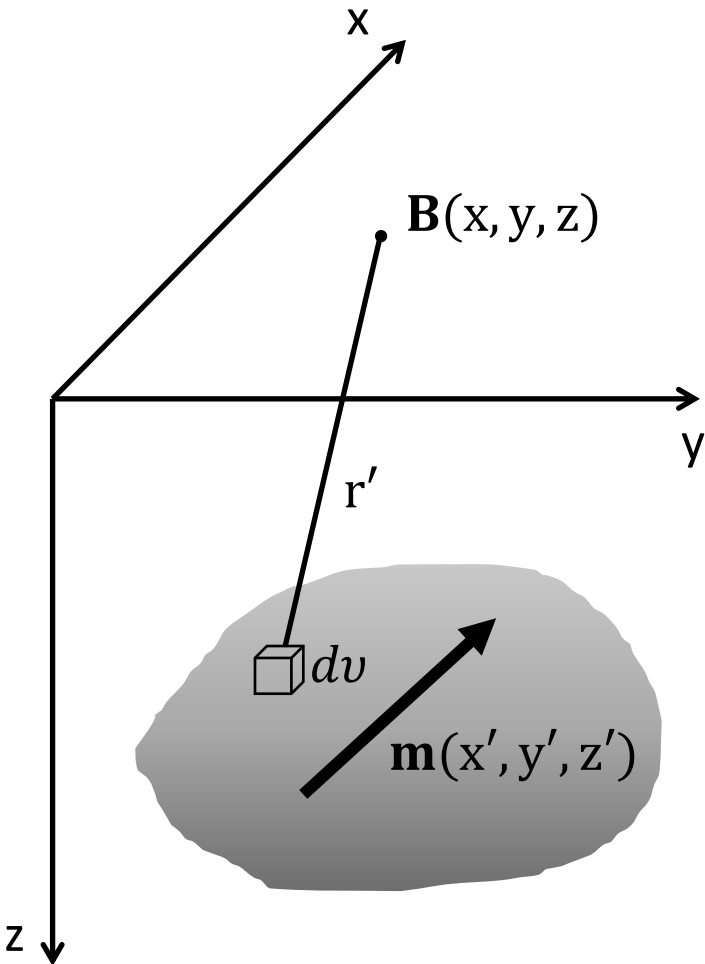
$$\mathbf{B}(x, y, z) = -\nabla\Gamma(x, y, z)$$

em que

$$\Gamma(x, y, z) = -\gamma_m \iiint_v \mathbf{m}(x', y', z') \cdot \nabla \frac{1}{r'} dv'$$

que é o potencial magnético escalar.

Fonte magnética 3D



O campo magnético gerado por uma fonte arbitrária, em regiões livres de correntes, é dado por

$$\mathbf{B}(x, y, z) = -\nabla\Gamma(x, y, z)$$

em que

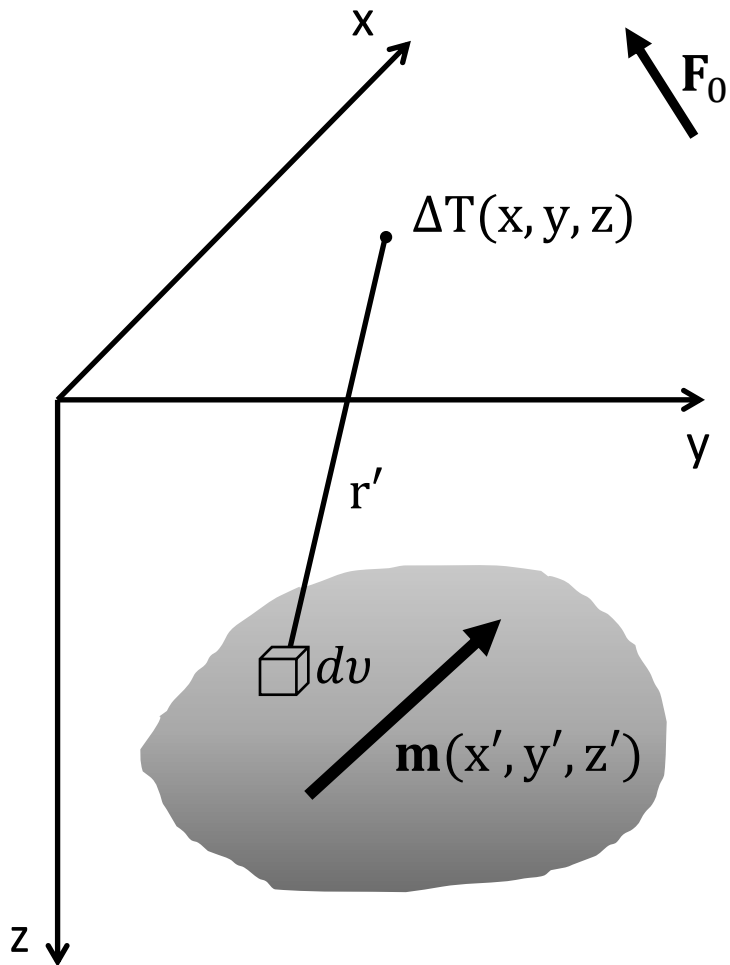
$$\Gamma(x, y, z) = -\gamma_m \iiint_v \mathbf{m}(x', y', z') \cdot \nabla \frac{1}{r'} dv'$$

que é o potencial magnético escalar.

$$\frac{1}{r'} = \frac{1}{\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}} \quad \text{Função escalar}$$

$$\mathbf{m}(x', y', z') = \begin{bmatrix} m_x(x', y', z') \\ m_y(x', y', z') \\ m_z(x', y', z') \end{bmatrix} \quad \text{Vetor magnetização}$$

Fonte magnética 3D

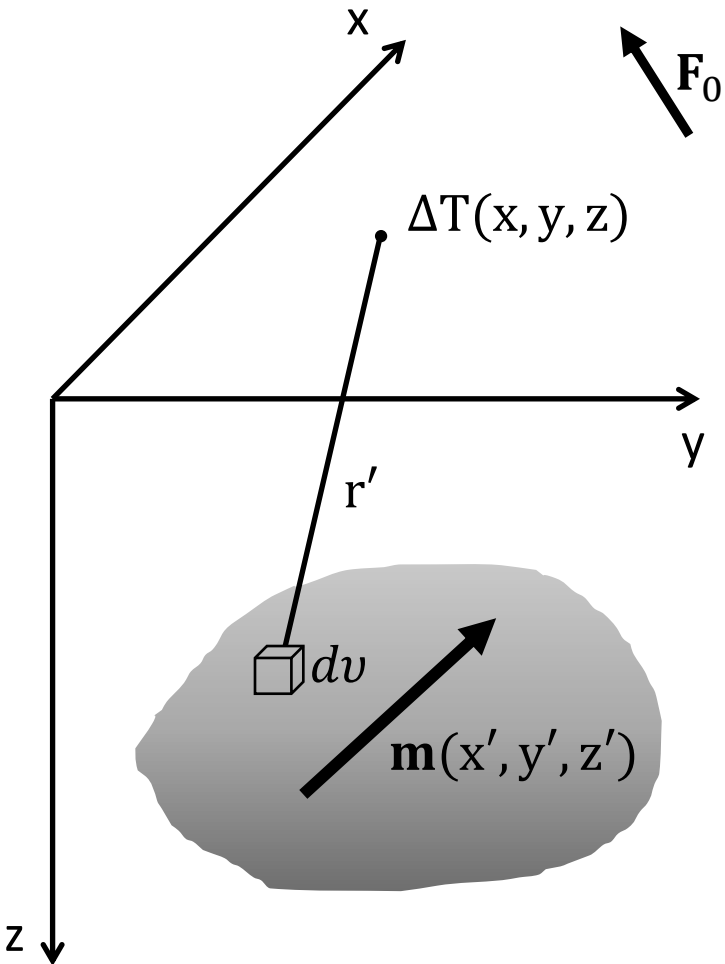


E, portanto a **Anomalia de campo total...**

Matematicamente, é representada pela expressão

$$\Delta T(x, y, z) = \widehat{\mathbf{F}_0} \cdot \mathbf{B}(x, y, z)$$

Fonte magnética 3D



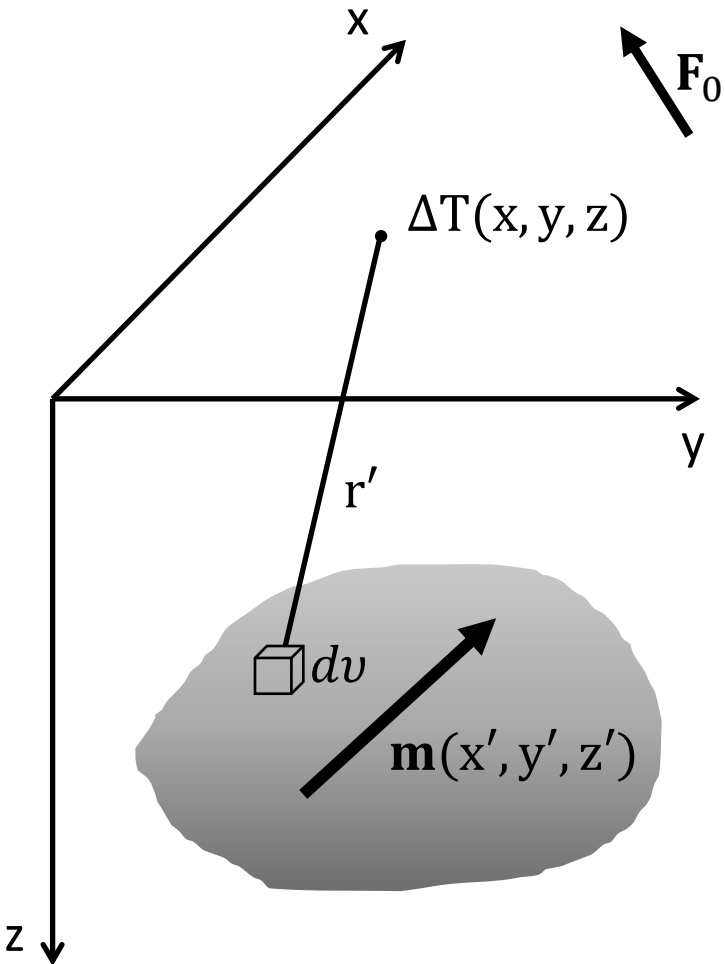
E, portanto a **Anomalia de campo total...**

Matematicamente, é representada pela expressão

$$\Delta T(x, y, z) = \widehat{\mathbf{F}_0} \cdot \mathbf{B}(x, y, z)$$

Vetor unitário na direção do campo principal

Fonte magnética 3D



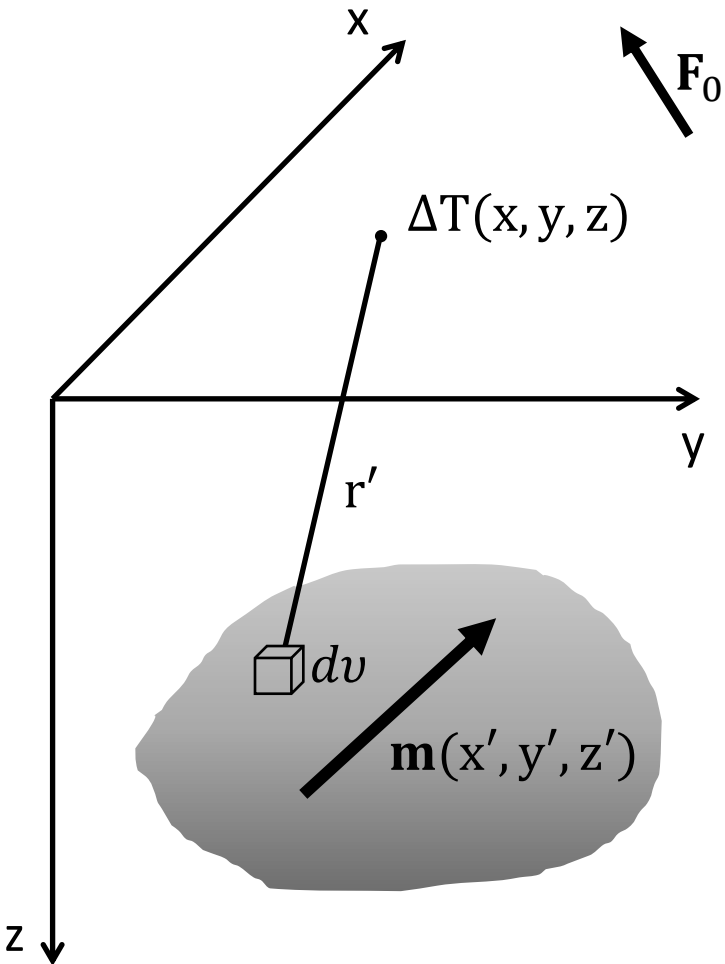
E, portanto a **Anomalia de campo total...**

Matematicamente, é representada pela expressão

$$\Delta T(x, y, z) = \widehat{\mathbf{F}_0} \cdot \mathbf{B}(x, y, z)$$

Campo magnético gerado pela fonte geológica

Fonte magnética 3D



E, portanto a **Anomalia de campo total...**

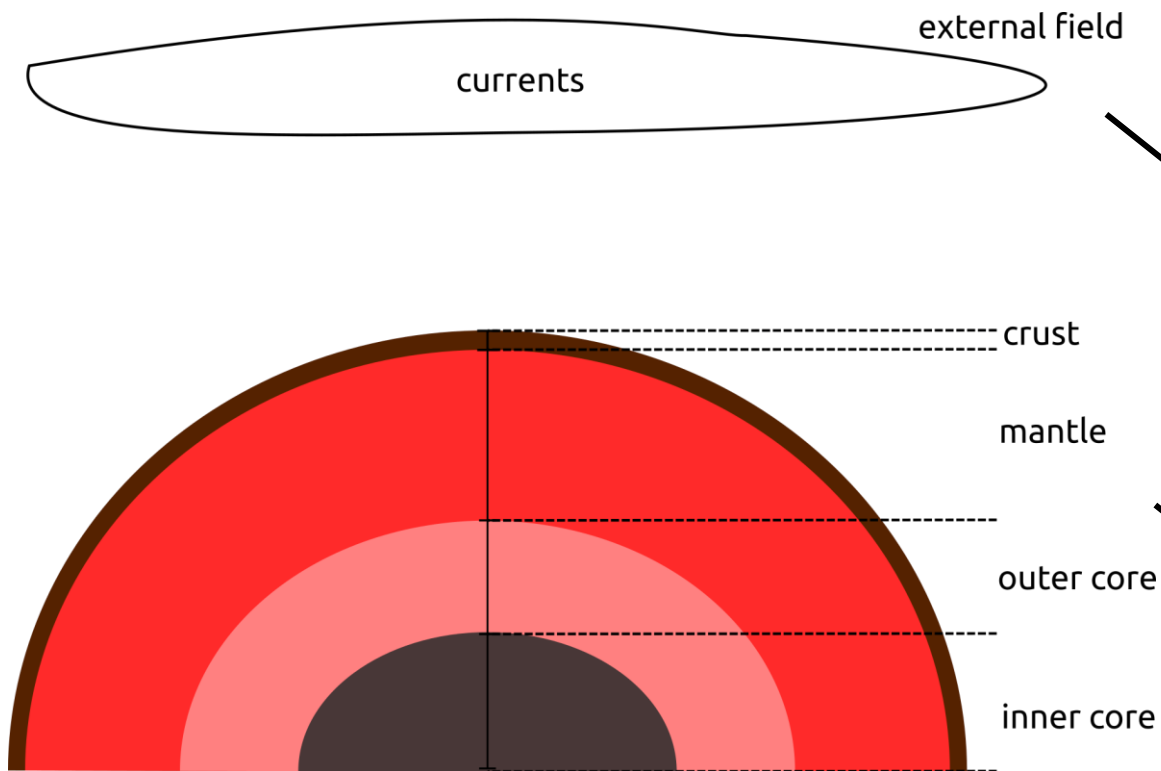
Matematicamente, é representada pela expressão

$$\Delta T(x, y, z) = \widehat{\mathbf{F}_0} \cdot \mathbf{B}(x, y, z)$$

Anomalia de campo total

Projeção do campo gerado pela fonte na direção do campo geomagnético.

É de extrema importância definirmos alguns elementos que constituem a **estrutura interna da Terra**, e com isso definir as componentes do **Campo Geomagnético**



Onde se encontram as principais fontes de campo na terra?

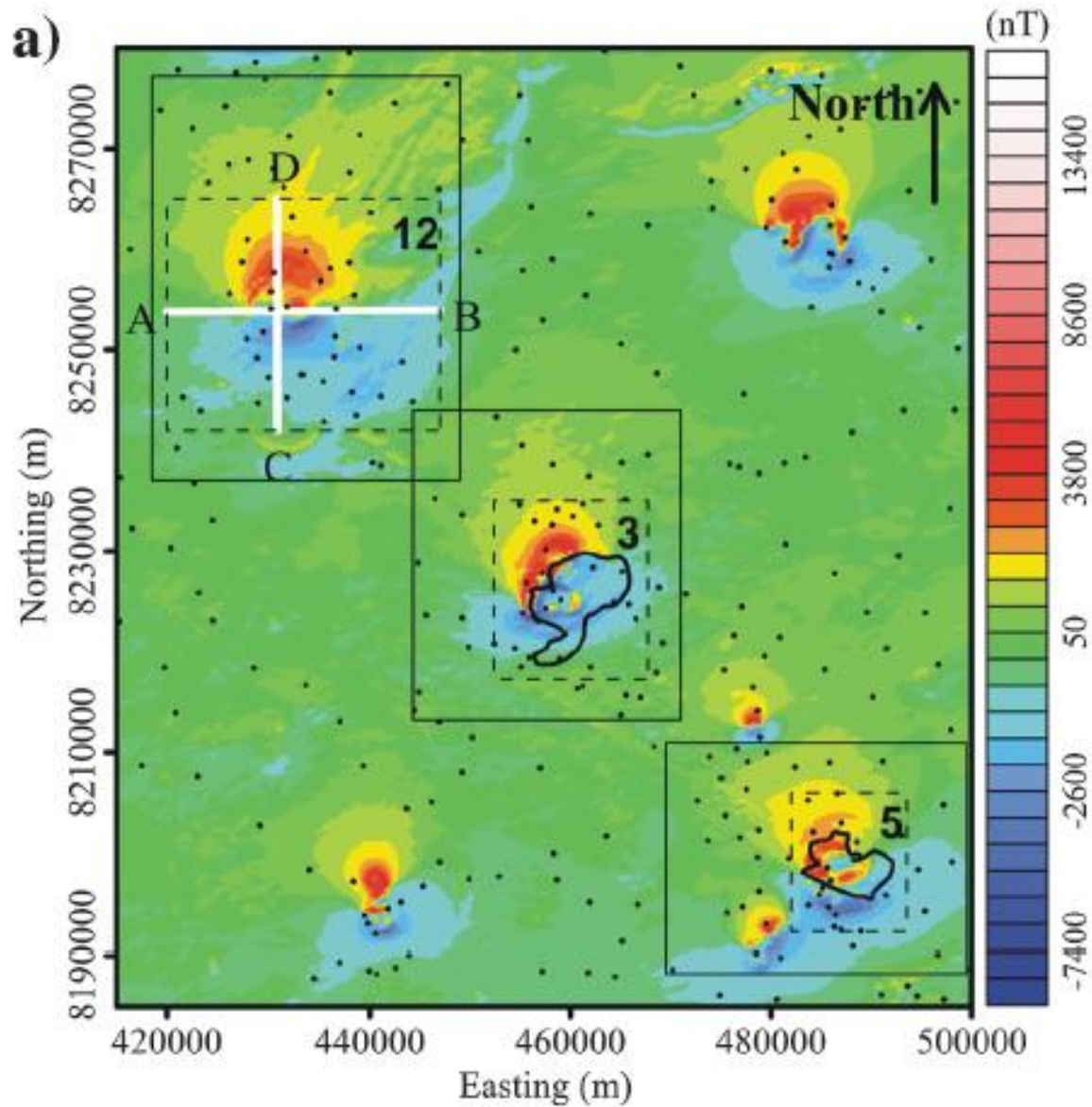
Campo externo { **Magnetosfera**
Ionosfera

Campo interno { **Crustal**
Principal

Representação simplificada
da estrutura interna da Terra

Alguns exemplos

1. Montes Claros de Goiás



Modificado de Zhang et al. (2018)

Província Alcalina de Goiás (PAGO): Complexo de Montes Claros

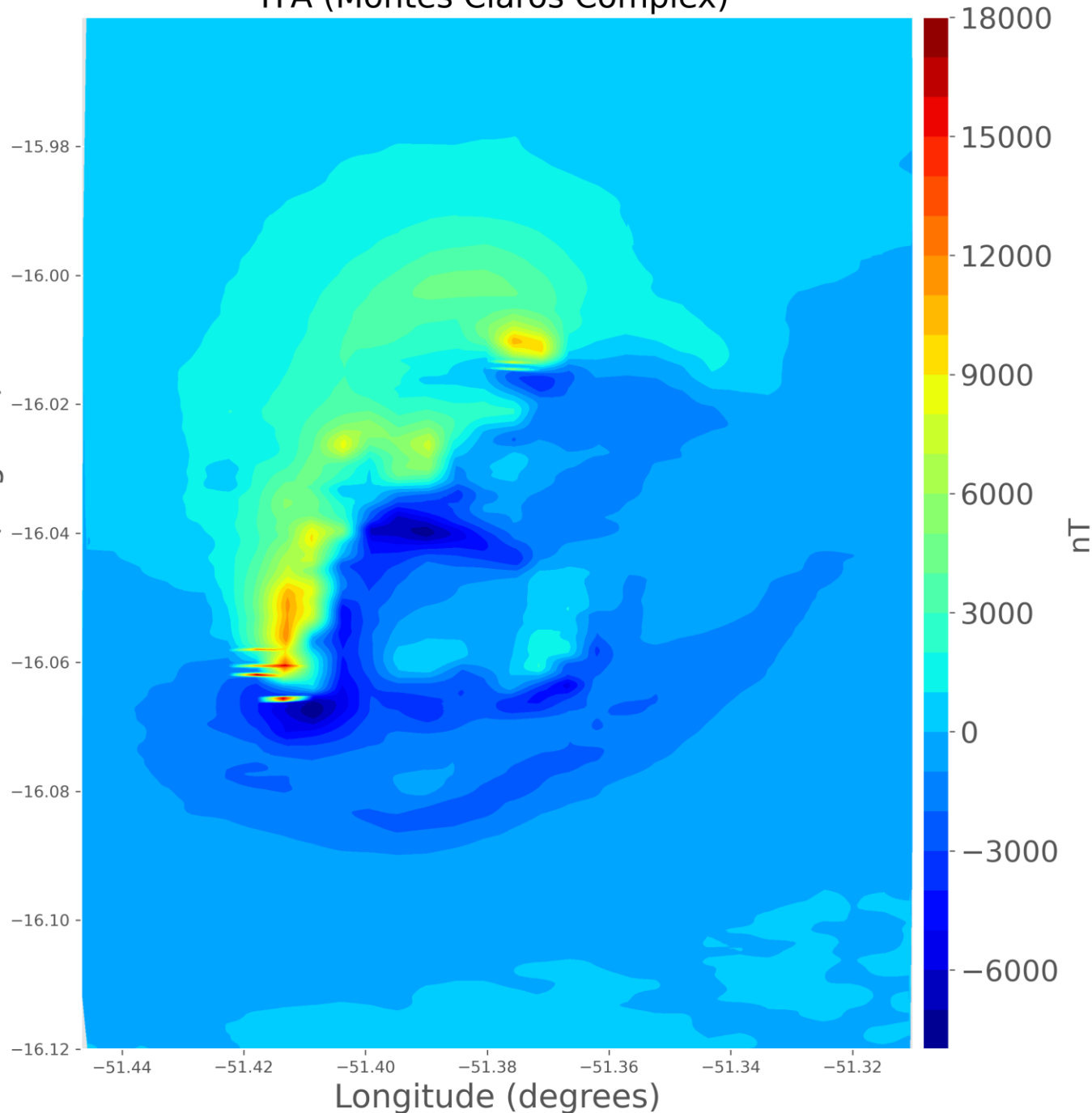
Localizada na parte central do Brasil, onde existem ocorrências de magmatismos máficos-ultramáficos alcalinos

Alguns dos principais complexos são: Montes Claros de Goiás, Diorama, Córrego dos Bois, Morro do Macaco e Fazenda Buriti

Estudos recentes mostram que estas intrusões possuem marcantes componentes remanentes

TFA (Montes Claros Complex)

Latitude (degrees)



Província Alcalina de Goiás (PAGO): Complexo de Montes Claros

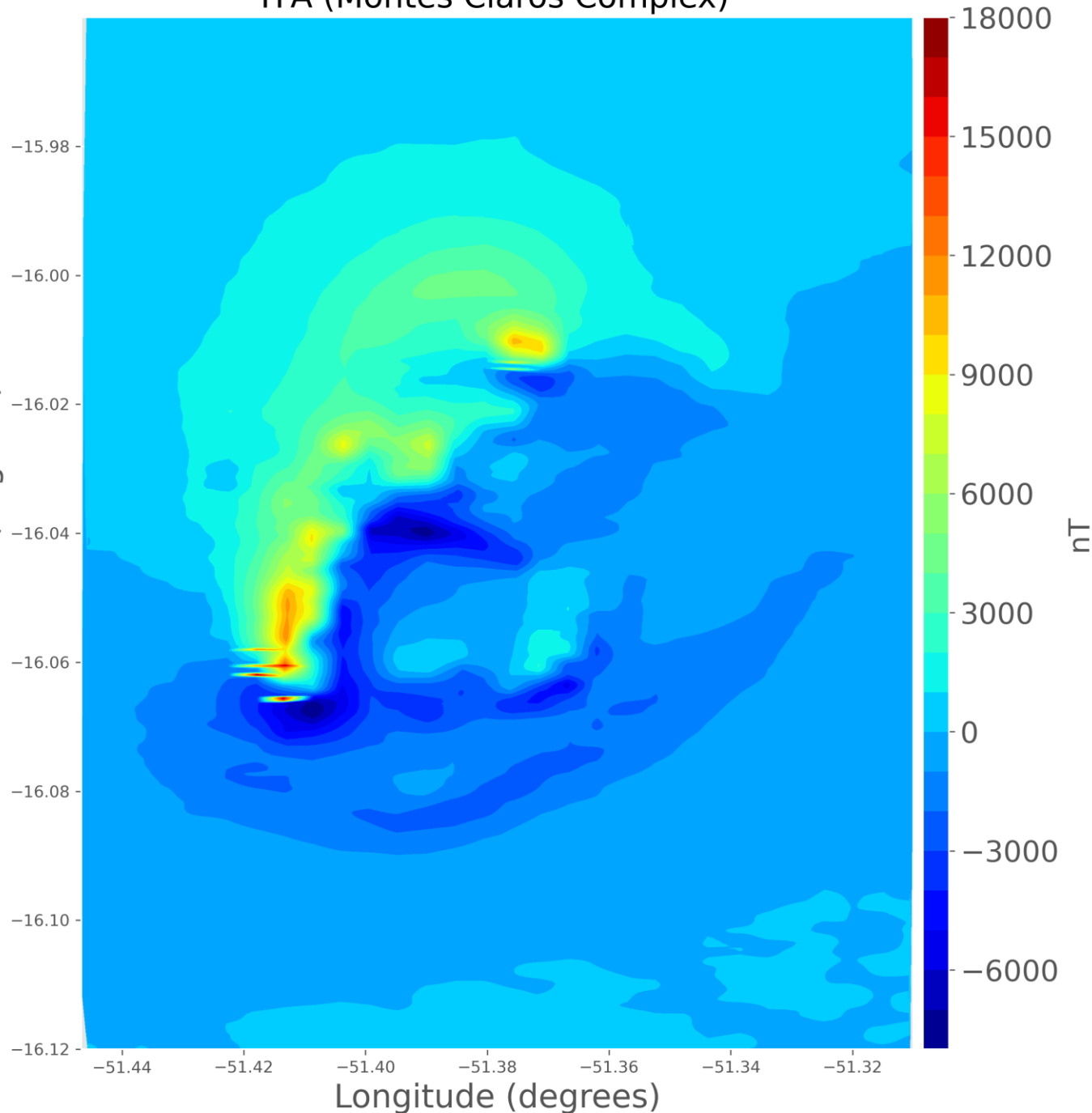
Localizada na parte central do Brasil, onde existem ocorrências de magmatismos máficos-ultramáficos alcalinos

Alguns dos principais complexos são: Montes Claros de Goiás, Diorama, Córrego dos Bois, Morro do Macaco e Fazenda Buriti

Estudos recentes mostram que estas intrusões possuem marcantes componentes remanentes

TFA (Montes Claros Complex)

Latitude (degrees)



Província Alcalina de Goiás (PAGO): Complexo de Montes Claros

Esta área foi alvo de um levantamento magnético em 2004 pela CPRM

Foi realizado a uma distância média de 100 m acima da superfície terrestre.

$$(I_0, D_0) = (-19^\circ, -18^\circ)$$

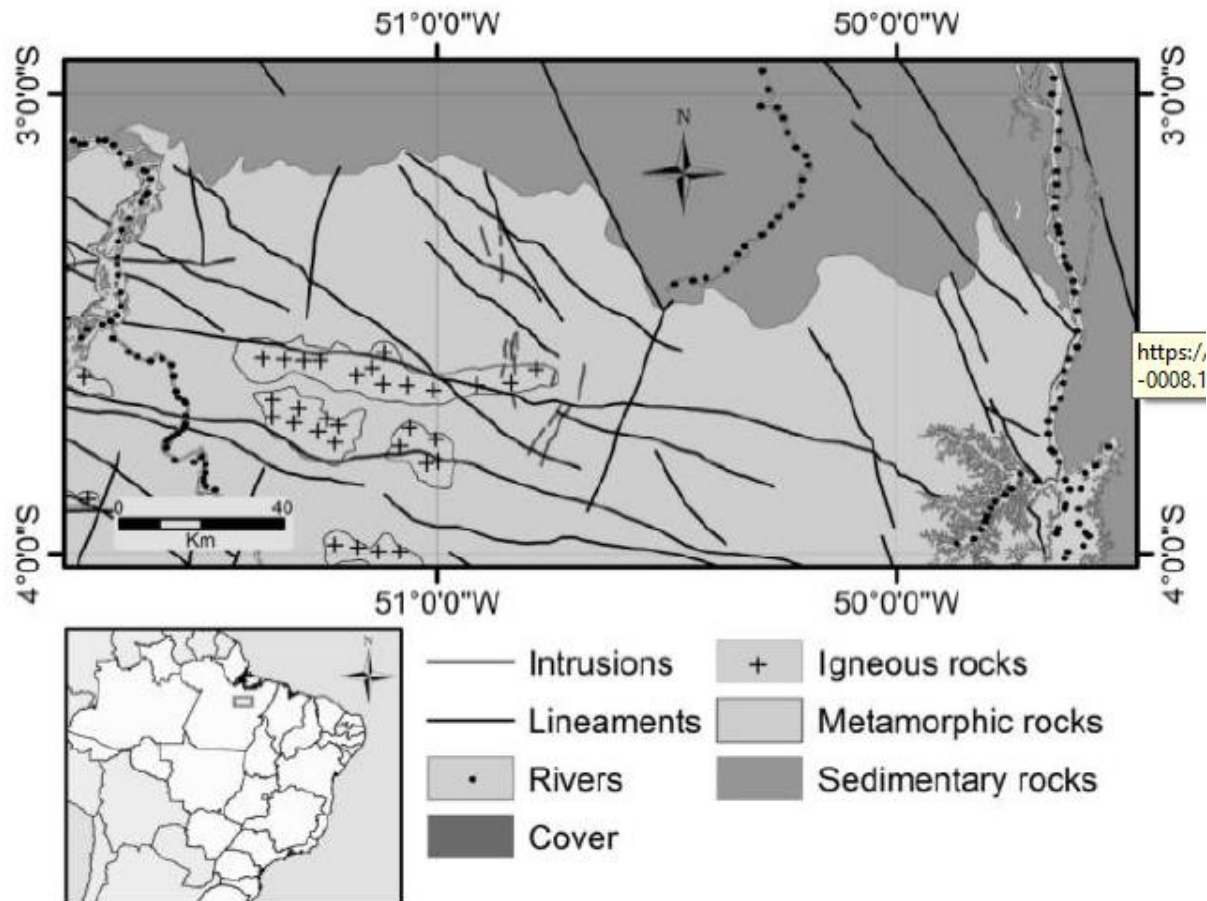
2. Província Mineral de Carajás

Província Mineral de Carajás (PMC):

Localizada no norte do Brasil, próximo a linha do Equador, e margeia a parte mais antiga do craton Amazônico

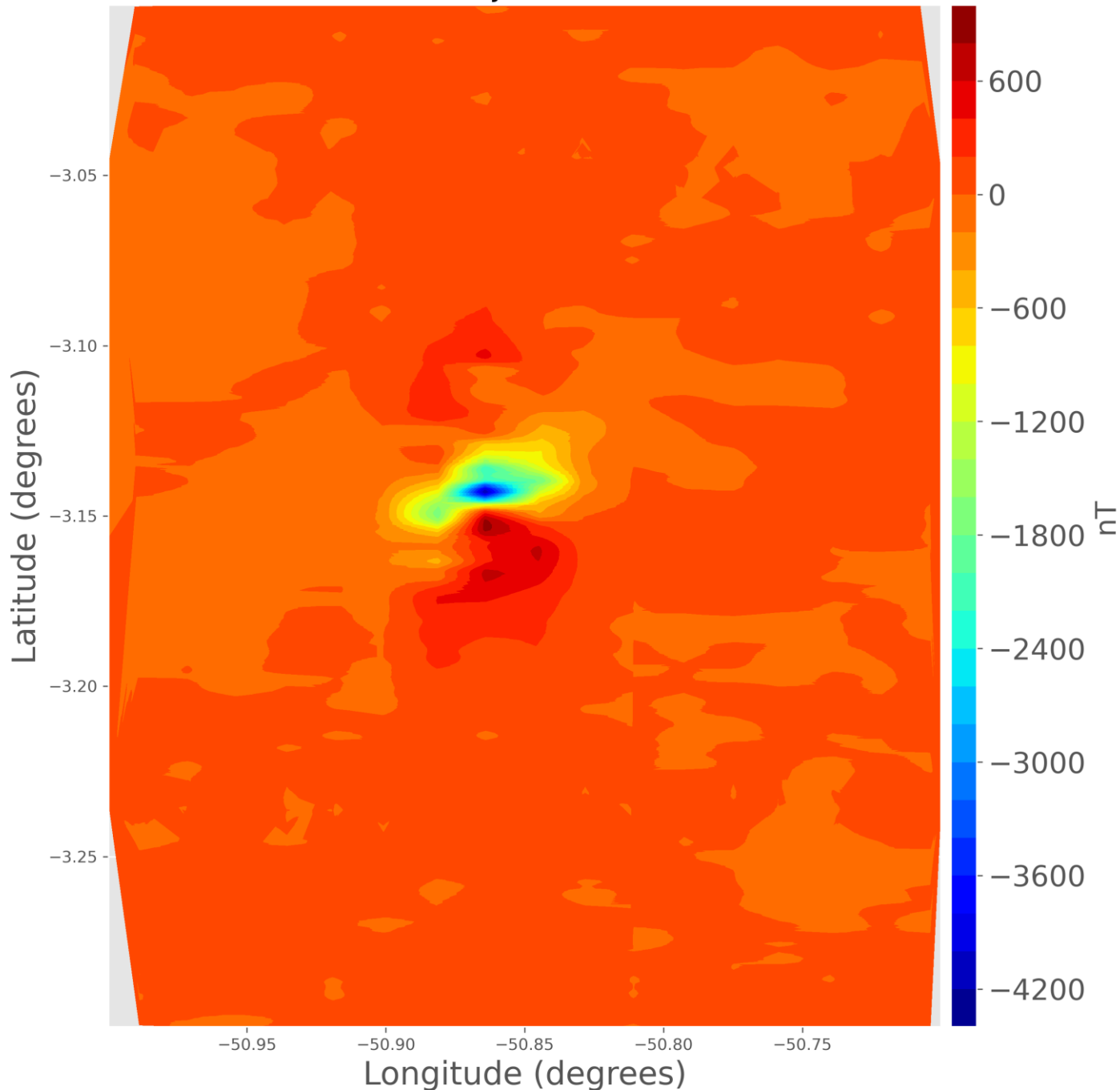
Existindo depósitos minerais, tais como ouro, ferro, bauxita, manganês e cobre.

Estudos recentes mostram que estas intrusões possuem marcantes componentes remanentes



Retirado de Ribeiro-Filho et al. (2020)

TFA (Carajas intrusion)



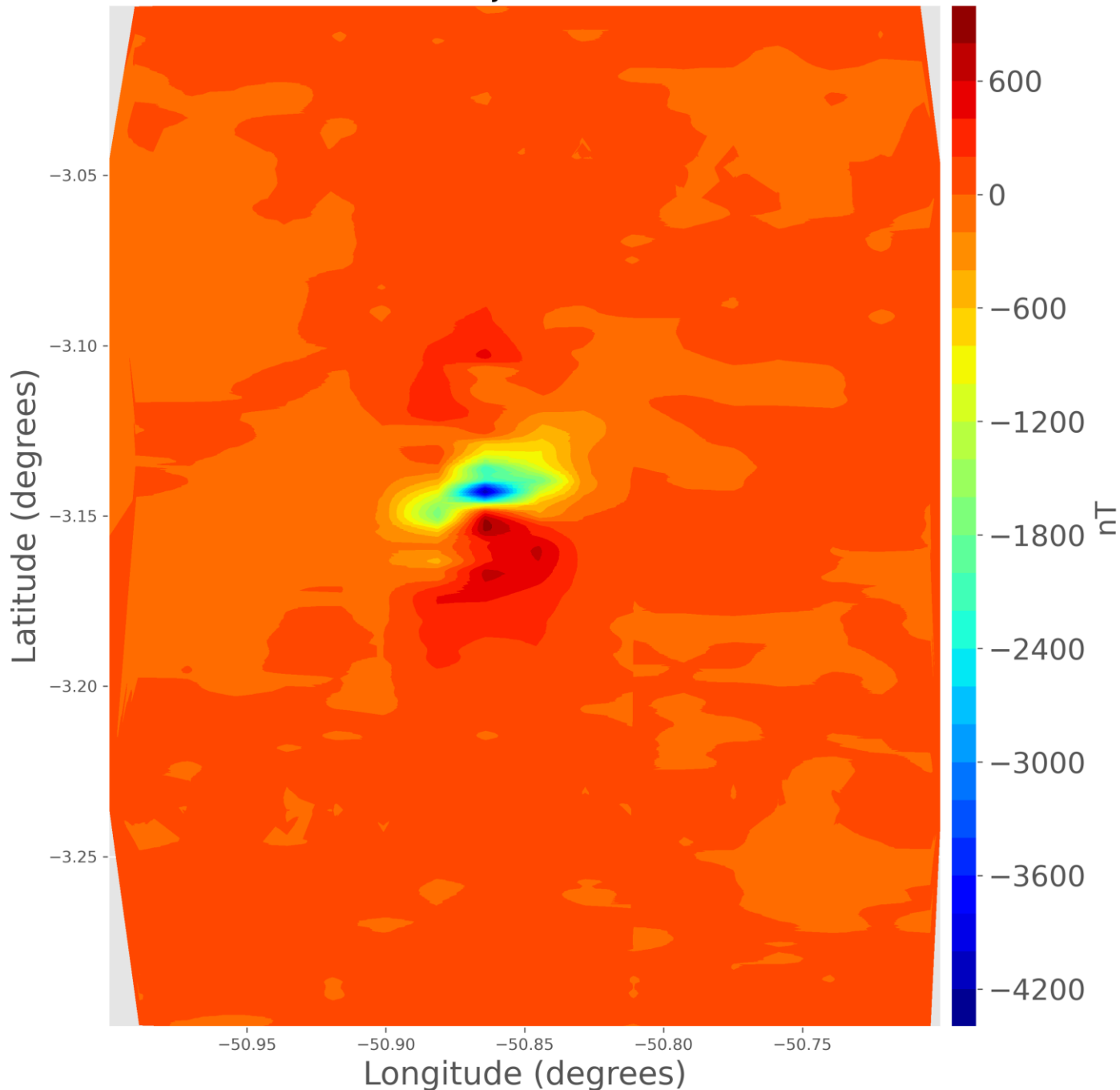
Província Mineral de Carajás (PMC):

Localizada no norte do Brasil, próximo a linha do Equador, e margeia a parte mais antiga do craton Amazônico

Existindo depósitos minerais, tais como ouro, ferro, balxita, manganês e cobre.

Estudos recentes mostram que estas intrusões possuem marcantes componentes remanentes

TFA (Carajas intrusion)



Província Mineral de Carajás (PMC):

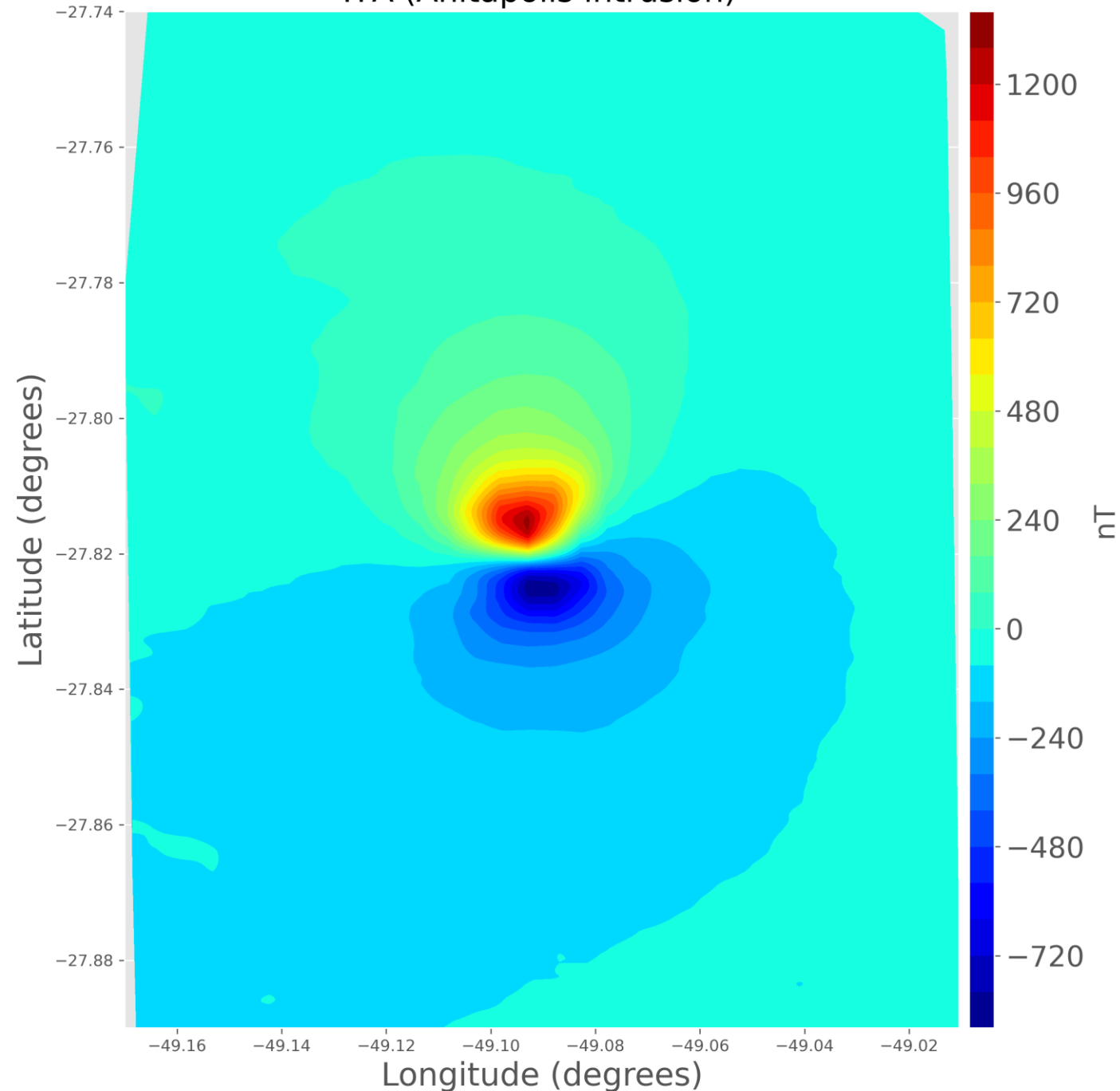
Esta área foi alvo de um levantamento magnético em 1992 pela CPRM

Foi realizado a uma distância média de 100 m acima da superfície terrestre.

$$(I_0, D_0) = (7^\circ, -17^\circ)$$

3. Complexo de Anitápolis

TFA (Anitapolis intrusion)



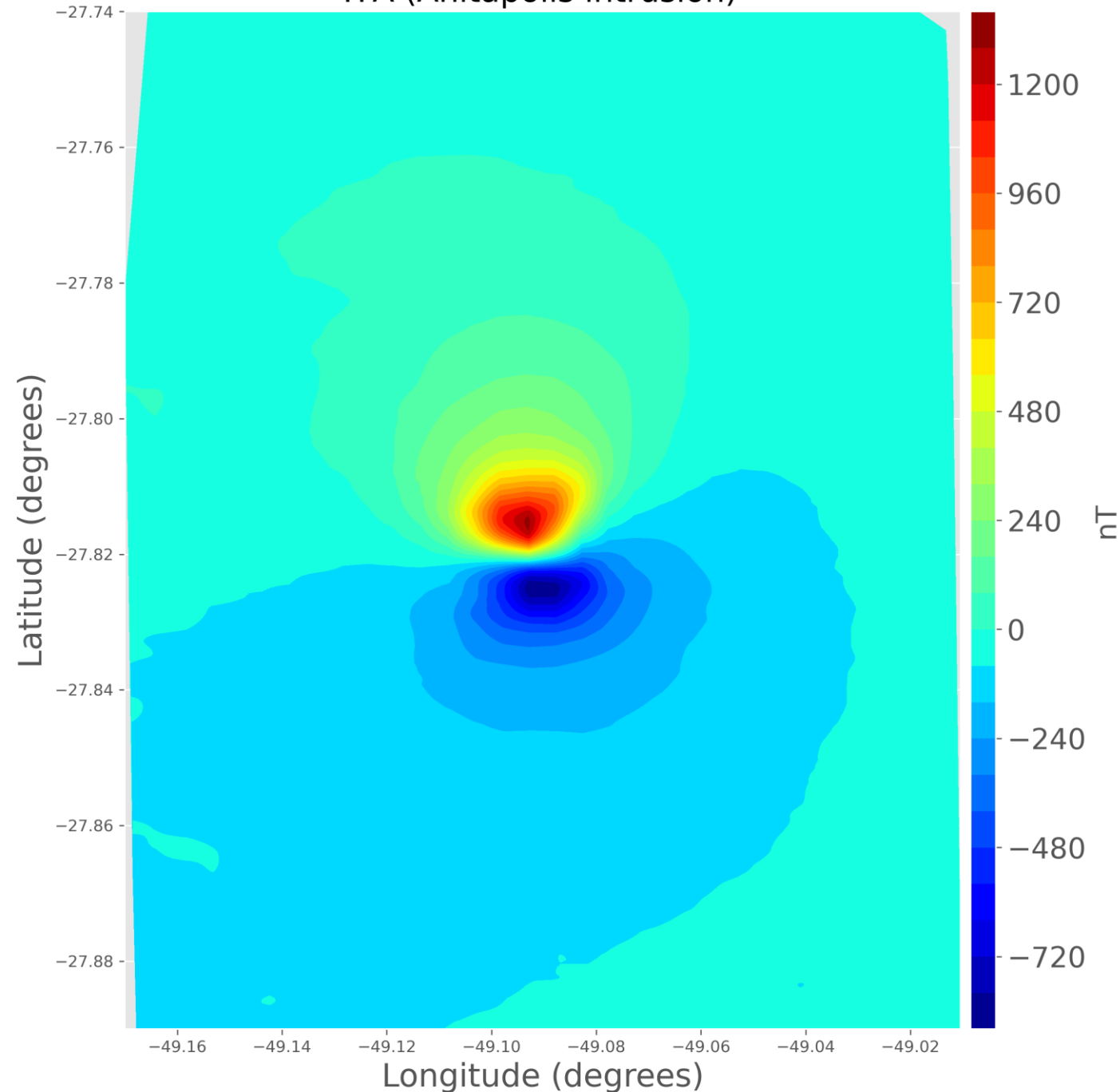
Complexo de Anitópolis:

Localizada no Sul do Brasil no Estado de Santa Catarina

Estudos recentes mostram que estas intrusões possuem marcantes componentes remanentes

Esta área foi alvo de um levantamento magnético em 2011 pela CPRM

TFA (Anitapolis intrusion)



Complexo de Anitápolis:

Esta área foi alvo de um levantamento magnético em 2011 pela CPRM

Foi realizado a uma distância média de 100 m acima da superfície terrestre.

$$(I_0, D_0) = (-37^\circ, -18^\circ)$$

Até a próxima aula!