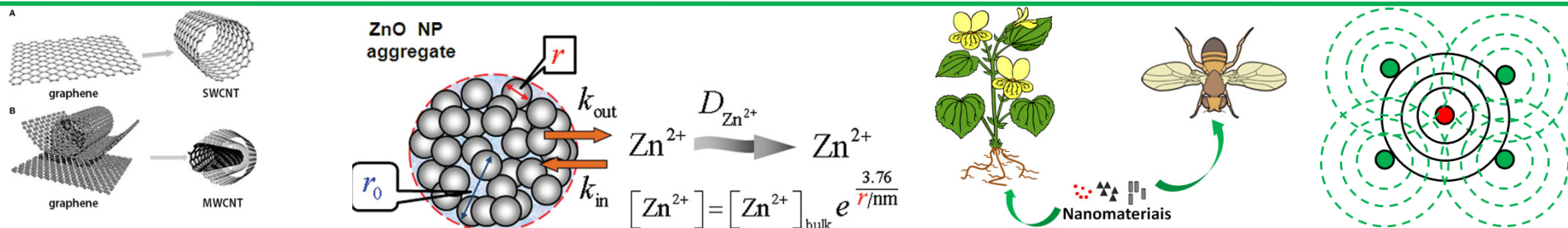


Centro de Energia Nuclear na Agricultura  
Campus "Luiz de Queiroz"

USP

# Abundância isotópica

Prof. Dr. Hudson W.P. Carvalho  
Group of Applied X-ray Spectroscopy  
Laboratório de Instrumentação Nuclear

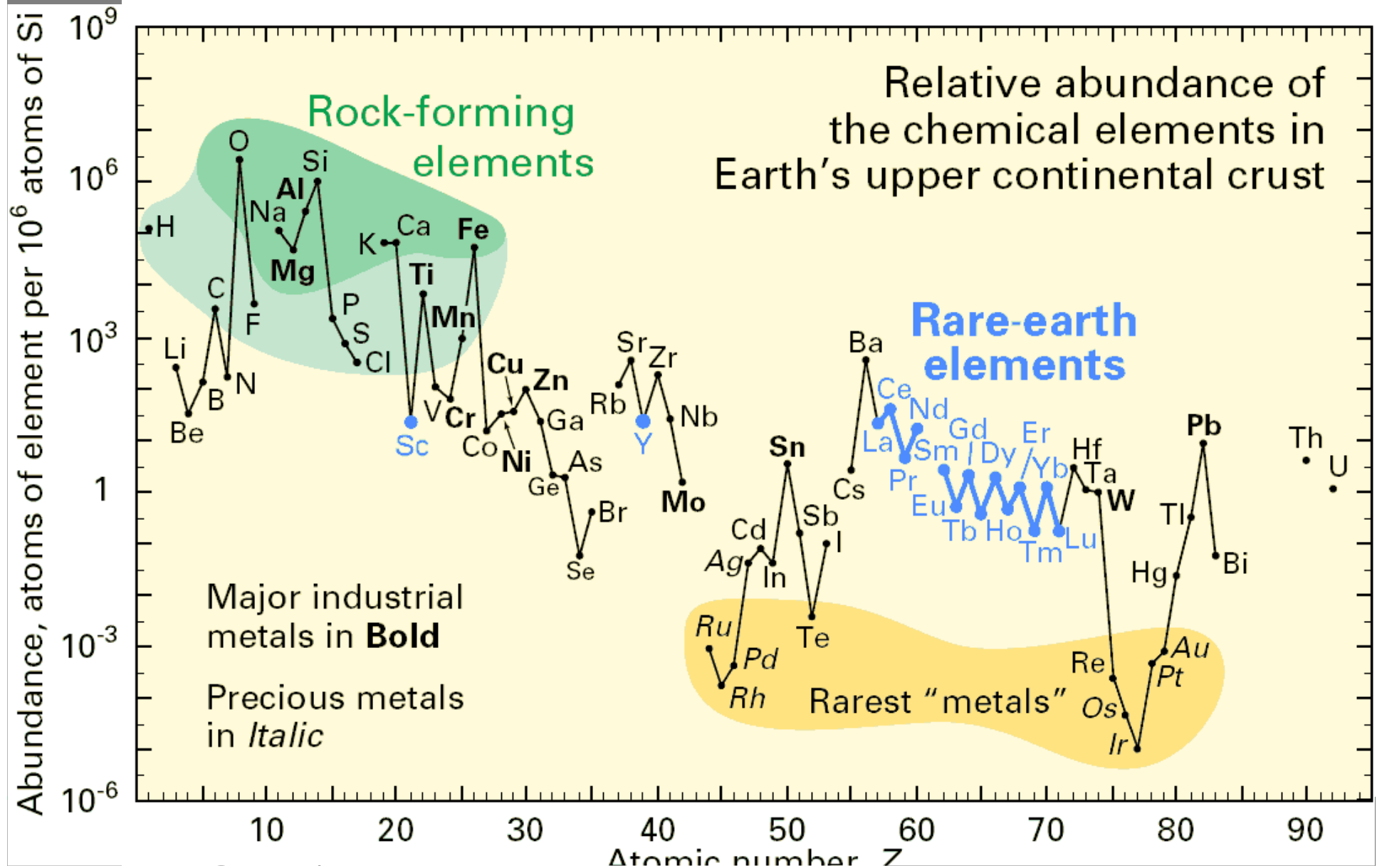




# Abundância Isotópica



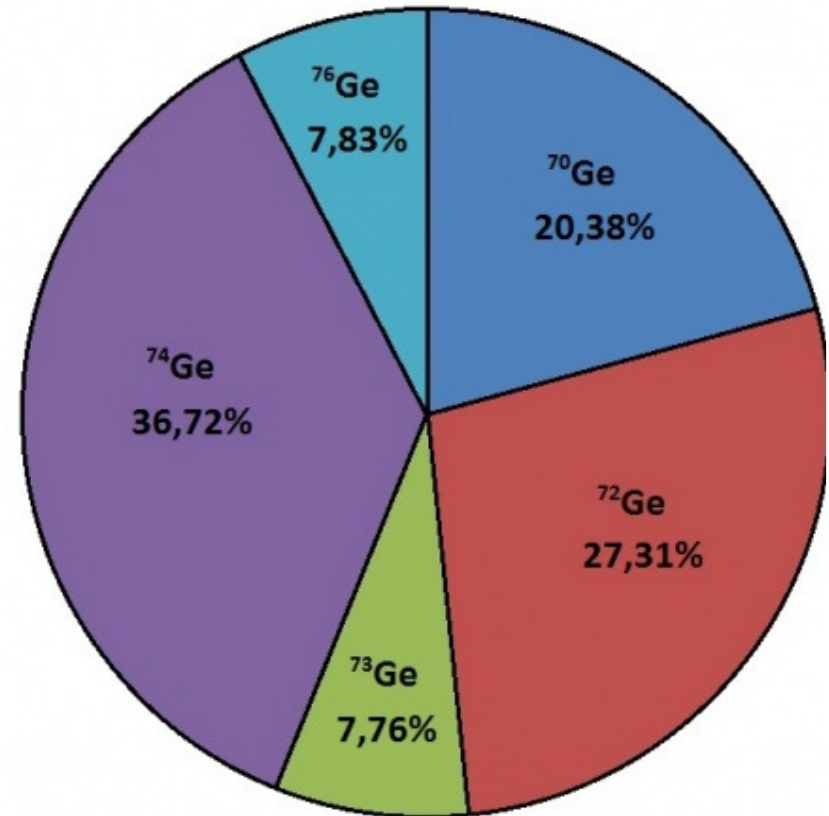
[https://en.wikipedia.org/wiki/Natural\\_abundance](https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_abundance)



## O que representa a massa mostrada na tabela periódica?

☐ A massa na tabela periódica, é uma ponderada calculada a partir da massa e abundância dos isótopos estáveis.

☐ 72,64 u (Da)



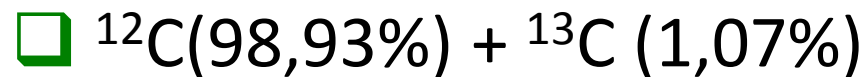
<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2014/219/>

Tabela

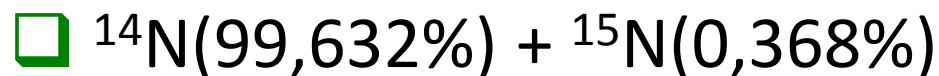


[https://www.chem.ualberta.ca/~massspec/atomic\\_mass\\_abund.pdf](https://www.chem.ualberta.ca/~massspec/atomic_mass_abund.pdf)

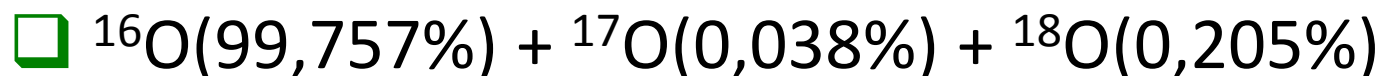
## Carbono



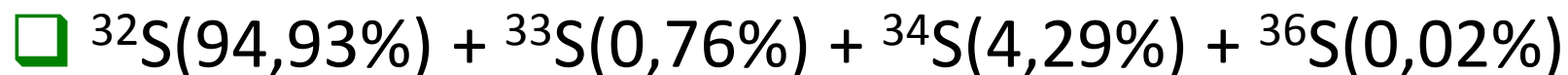
## Nitrogênio



## Oxigênio



## Enxofre





## Exemplo

O cobre tem dois isótopos estáveis de ocorrência natural:

$${}^{63}\text{Cu} = 62,929597 \text{ Da}$$

$${}^{65}\text{Cu} = 64,927789 \text{ Da}$$

Na tabela periódica a massa fornecida é de 63,546 Da. Qual é a abundância de ambos isótopos?

$$62,929597x + 64,927789y = 63,546 \text{ Da}$$

$$x+y=1 \text{ logo } x=1-y$$

$$62,929597(1-y) + 64,927789y = 63,546 \text{ Da}$$

$$62,929597 - 62,929597y + 64,927789y = 63,546$$

$$1,998192y = 0,616403$$

$$y = 0,30848$$

$${}^{65}\text{Cu} = 30,848\%$$

$${}^{63}\text{Cu} = 69,152\%$$

# Razão isotópica e o $\delta$ (‰)

## Variação isotópica natural

□ Razão isotópica

R= (quantidade do isótopo menos abundante)/  
(quantidade do isótopo mais abundante)

$$R = \frac{\textit{Menos abundante}}{\textit{Mais abundante}}$$



## Exemplos

□ Razão isotópica do nitrogênio no ar

$$R = \frac{\textit{raro}}{\textit{abundante}} = \frac{15N}{14N} = \frac{0,366}{99,633} = 0,003673$$

$$R = \frac{\textit{raro}}{\textit{abundante}} = \frac{15N}{14N} = \frac{0,365}{99,635} = 0,003663$$

# $\delta\%$

□ As variações naturais nas razões isotópicas são muito pequenas, então nos usaremos o  $\delta$ , que denota partes por mil nas diferenças entre as razões isotópicas

$$\delta^H X = \left( \frac{R_{amostra}}{R_{padrão}} - 1 \right) \times 1000$$

X= o elemento

H= o isótopo mais raro (quase sempre o mais pesado)

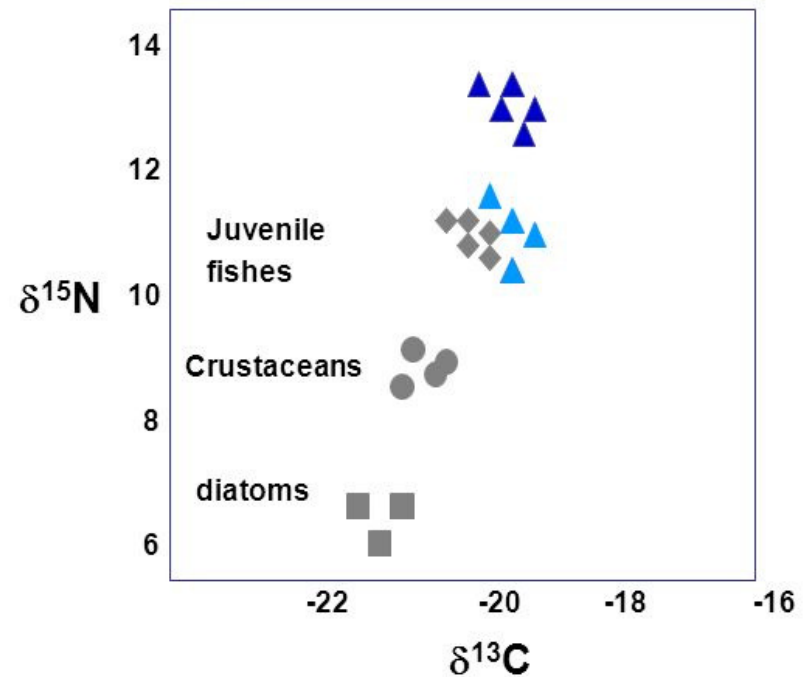
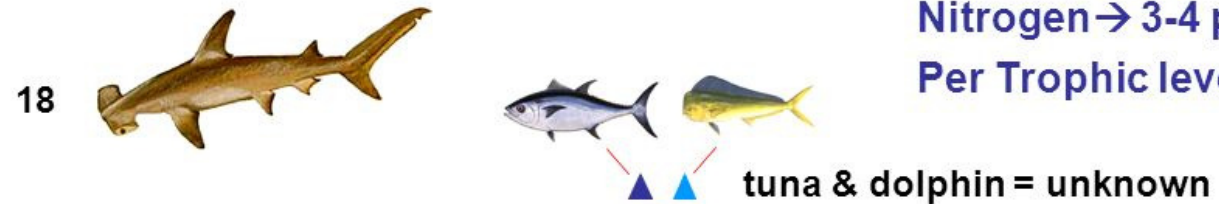
R= razão isotópica (raro/abundante)

# Exemplos- delta <sup>15</sup>N

<https://slideplayer.com/slide/9209794/>

## δ<sup>15</sup>N...Trophic position of consumer

Fractionation of Nitrogen → 3-4 ppt Per Trophic level



## Exemplos- delta $^{15}\text{N}$

Amostra B-

$$^{15}\text{N} = 0,3677\%$$

$$^{14}\text{N} = 99,6353\%$$

Padrão o ar atmosférico

$$^{15}\text{N} = 0,3663\%$$

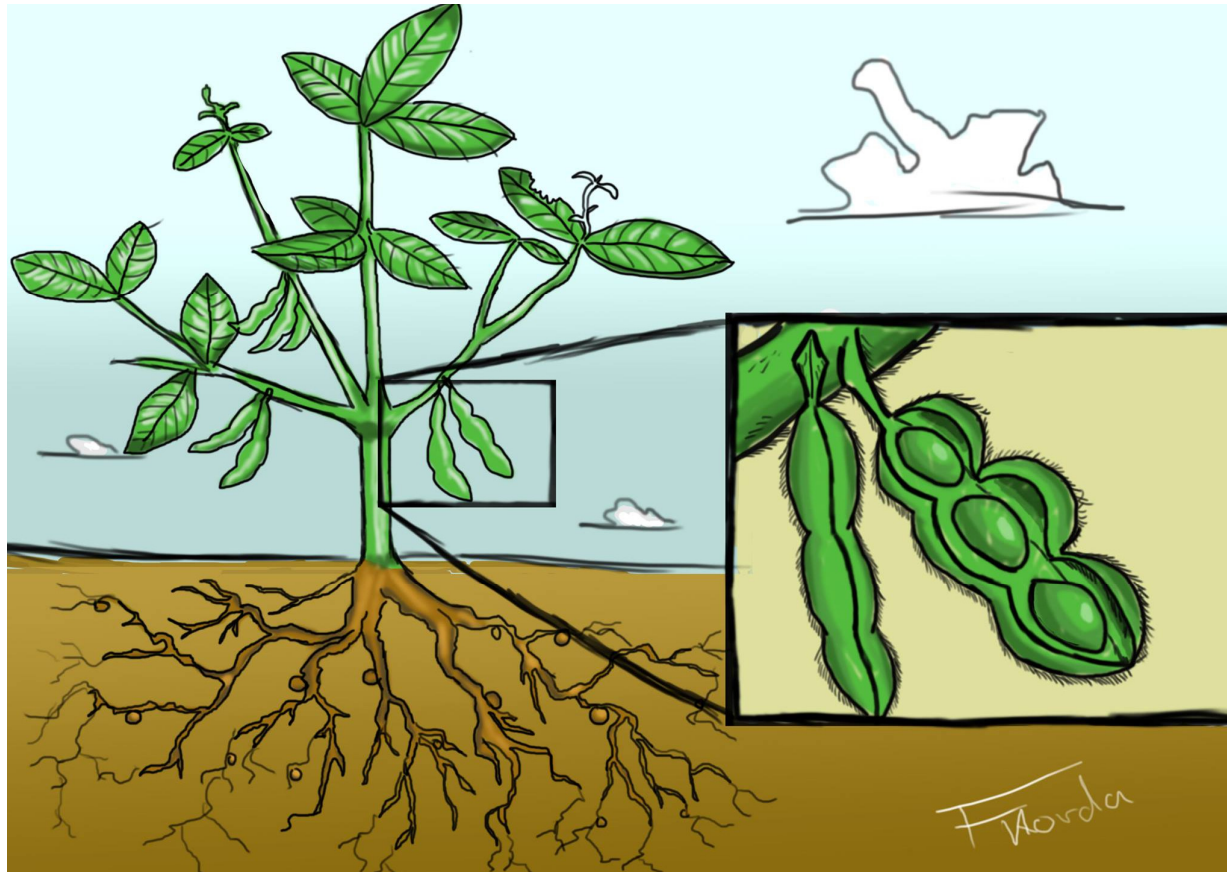
$$^{14}\text{N} = 99,6337\%$$

$$R_{\text{amostra}} = ^{15}\text{N}/^{14}\text{N} = 0,00369057$$

$$R_{\text{padrão}} = 0,003676467$$

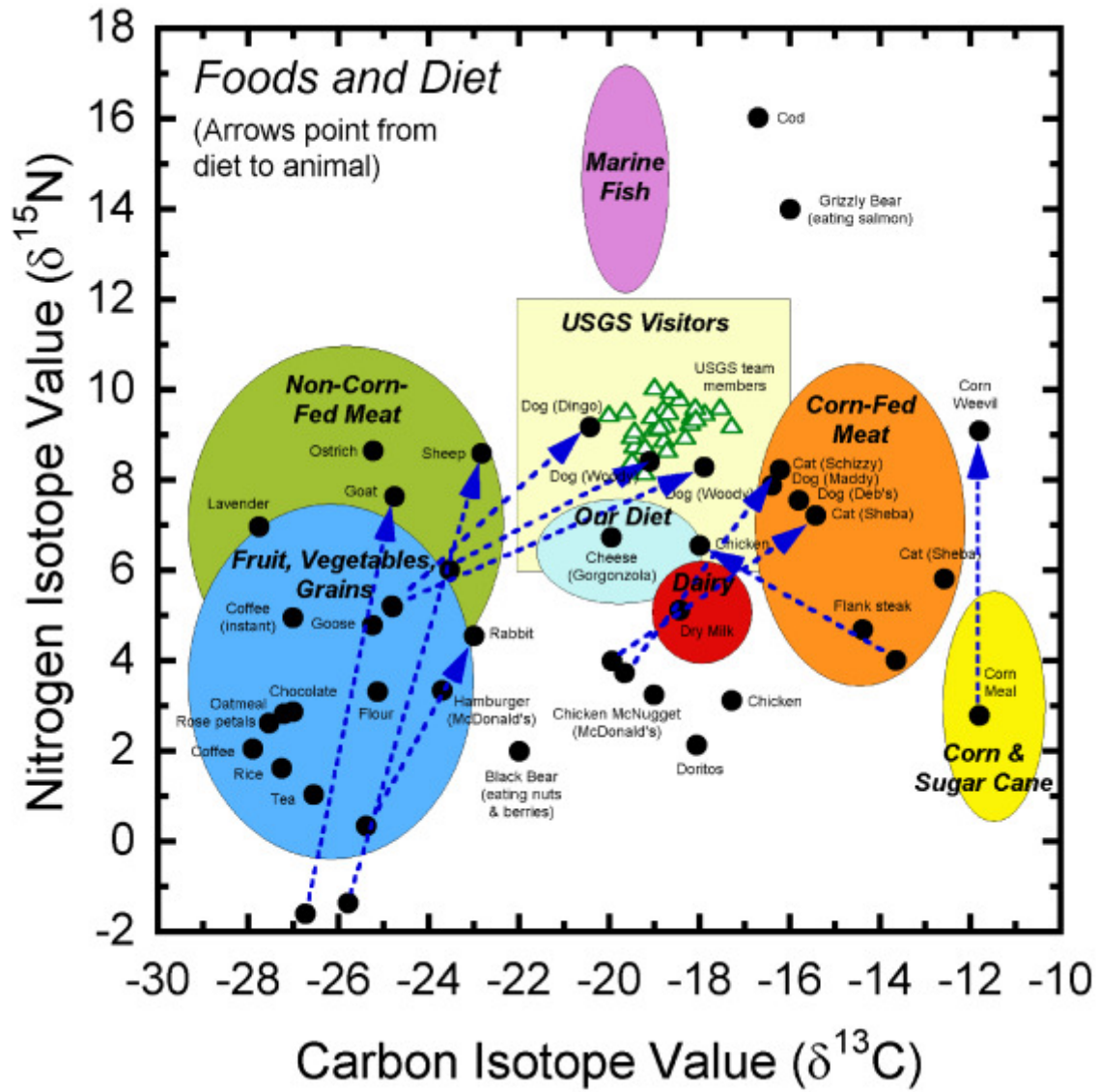
$$\delta^H X = \left( \frac{R_{\text{amostra}}}{R_{\text{padrão}}} - 1 \right) \times 1000$$

$$\delta^{15}\text{N} = 3,84$$



<https://www.livingdreams.tv/environment/miracle-plant-soybeans-information>

# Exemplos



## Padrões internacionais-

### Hidrogênio e oxigênio

Vienna Standard Mean Ocean Water –

Ocean water- moléculas que foram coletadas no oceano ao invés de outras fonte  
Presentes no ciclo da água (chuva, rios, lagos).

VSMOW – não é na realidade água salgada, trata-se de água destilado que foi  
Coletada na região do equador na longitude 180o

$$H^2/{}^1H - 0,015574$$

$${}^{18}O/{}^{16}O = 0,20004$$



## Nitrogênio

Para o nitrogênio o padrão é atmosférico, visto a variação isotópica nos diferentes é mínima  
 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N} = 0,003676$

## Enxofre

Por volta 1950 adotou-se o CDT (Canyon Diablo Troilite) como padrão para o enxofre.  
Em 1993 adotou-se o VCDT- Sulfeto de prata Preparado artificialmente com base na composição do CDT

CDT

$$^{34}\text{S}/^{32}\text{S} = 0,0441623$$

VCDT

$$^{34}\text{S}/^{32}\text{S} = 0,044149$$

[https://en.wikipedia.org/wiki/Canyon\\_Diablo\\_\(meteorite\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Canyon_Diablo_(meteorite))



<https://www.sciencesource.com/archive/Barringer-Crater-SS2843877.html>





## Padrões internacionais-

## Carbono

PDB – Pee Dee Belemnite

Na região da Carolina do Sul há um rio chamado Pee Dee onde foram descobertos conchas fossilizadas do Belemnite

O material fossilizado possui razão entre  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  anômala  $R = 0,011180$

VPDB – carbonato de cálcio sintético  $R = 0,011208$

$$\delta^H X = \left( \frac{R_{amostra}}{R_{padrão}} - 1 \right) \times 1000$$

$$\delta^{13}\text{C} = \left( \frac{0,011208}{0,011180} - 1 \right) \times 1000 = 2,5$$

<https://tonmo.com/articles/belemnites-a-quick-look.35/>



<https://en.wikipedia.org/wiki/Belemnitida>

# Exercício

Amostra	<sup>13</sup> C	<sup>12</sup> C	R	δ <sup>13</sup> C	
Amostra2	1,03%	98,97%	0,010407	-70,95	Metano emitido em áreas alagadas
Amostra3	1,09%	98,91%	0,011021	-16.23	Amostra de planta C4

