

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE

Química e Fertilidade do Solo

DOCENTE: Dr. Ribamar Silva



Unidades Usuais em Solos

1. Introdução

◆ Sistemas de Unidades - SI = MKS

. Comprimento

| | | | | | | | | |
|---|----|----|-----|---|----|----|----|-------|
| ◆ | km | hm | dam | m | dm | cm | mm | μm |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| | | | | 1 | 0 | 0 | | |
| | | | | | | | 1 | 0 0 0 |

1 km =1.000.....m

1 m =100..... cm





Unidades Usuais em Solos

1. Introdução

◆ Sistemas de Unidades - SI = MKS

. Massa

| | | | | | | | | |
|---|----|----|-----|---|----|----|----|----|
| ◆ | kg | hg | dag | g | dg | cg | mg | μg |
|---|----|----|-----|---|----|----|----|----|

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|--|--|--|
| 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|---|--|--|
| | | | 1 | 0 | 0 | 0 | | |
|--|--|--|---|---|---|---|--|--|

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|
| | | | | | | 1 | 0 | 0 | 0 |
|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|

1 kg =1.000.....g

1 g =1.000..... mg





Unidades Usuais em Solos

1. Introdução

◆ Sistemas de Unidades - SI = MKS

. Área

| ◆ km ² | hm ² | dam ² | m ² | dm ² | cm ² | mm ² |
|-------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 00 | 00 | 00 | | | |
| | | | 1 | 00 | 00 | |

$$1 \text{ km}^2 = \dots 1.000.000 \dots \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = \dots 10.000 \dots \text{ cm}^2$$





Unidades Usuais em Solos

1. Introdução

◆ Sistemas de Unidades - SI = MKS

. Volume

| | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ◆ | km ³ | hm ³ | dam ³ | m ³ | dm ³ | cm ³ | mm ³ |
| | 1 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| | | | | 1 | 000 | 000 | |

1 km³ = ...1.000.000.000...m³

1 m³ = ...1.000... dm³

OBS:.. dm³ = L





Unidades Usuais em Solos

◇ Exercício

. Faça as seguintes transformações:

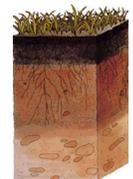
$$\text{a) } 2,15 \text{ L} = \dots 2.150 \dots \text{ mL} = \dots 2.150 \dots \text{ cm}^3$$

$$\text{b) } 0,023 \text{ kg} = \dots 23 \dots \text{ g} = \dots 23.000 \dots \text{ mg}$$

$$\text{c) } 1.350 \text{ mg} = \dots 1,35 \dots \text{ g} = \dots 1,35 \times 10^{-3} \dots \text{ kg}$$

$$\text{d) } 2 \times 10^{-4} \text{ dm}^3 = \dots 2 \times 10^{-4} \dots \text{ L} = \dots 0,2 \dots \text{ mL}$$

$$\text{e) } 23.400 \text{ cm}^3 = \dots 23,4 \dots \text{ L} = \dots 23.400 \dots \text{ mL}$$





Unidades Usuais em Solos

1. Introdução

- ◆ **Análises de Solos → Unidades diferentes.**
- ◆ **Padronização unidades é função:**
 - . **Elemento/forma química que é determinado na análise;**
 - . **Metodologia de análise (medição/pesagem);**
 - . **Material analisado: solo, planta, adubo ...**
- ◆ **Conversão de unidades - Importante:**
 - . **Comparar resultados analíticos;**
 - . **Adequar a magnitude do resultado analítico.**





Unidades Usuais em Solos

2. Unidades Usuais

- ◆ Formas Totais: (%)^{*} = dag/kg ou em g/kg
- ◆ Formas Disponíveis para as plantas: (ppm)^{*} = mg/dm³ ou mg/kg ou ainda kg/ha.
- ◆ Formas Trocáveis: (meq/100 g = meq/100 cm³)^{*}
cmol_c/kg = cmol_c/dm³
- ◆ Formas Adsorvidas: mg/100 g ou
mmol_c/kg = mmol_c/dm³

^{*} Unidades em Desuso (Antigas).





Unidades Usuais em Solos

2.2. Análise de Tecido Vegetal

- ◇ Macronutrientes → (%) * = dag/kg ou em g/kg.
- ◇ Micronutrientes → (ppm)* = mg/dm³ ou mg/kg.

2.3. Análise de Adubos e Corretivos

- ◇ Macronutrientes → (%) * = dag/kg ou em g/kg.
- ◇ Micronutrientes → (ppm)* = mg/dm³ ou mg/kg.

* Unidades em Desuso (Antigas).





3. Conceituação e Equivalências

3.1. Porcentagem (%)

- ◆ **Partes** do elemento (composto químico) em **100 partes** da amostra (solo, adubo, corretivo, tecido vegetal...).

$$\begin{aligned} \cdot \quad x\% &= x \text{ g}/100 \text{ g} = x \text{ mg}/100 \text{ mg} = x \text{ g}/100 \text{ cm}^3 \\ &= x \text{ g}/100 \text{ ml}. \end{aligned}$$

- ◆ **Unidade Atual** = dag/kg ou em dag/dm³ = dag/L.

- ◆ **Pressuposições:**

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm}^3 \text{ líquido} &= 1 \text{ ml} = 1 \text{ g} \quad \text{e} \quad 1 \text{ L} = 1 \text{ kg} = 1 \text{ dm}^3. \\ d &= 1 \text{ g/ml} = 1 \text{ g/cm}^3. \end{aligned}$$





Unidades Usuais em Solos

3. Conceituação e Equivalências

3.1. Porcentagem (%)

◆ Emprego:

a) Análise de Solo: **2% N total** = 2 dag/kg N total.

b) Análise de Tecido: **0,3% P** = 0,3 dag/kg P.

c) Análise de Adubos e Corretivos:

◆ **60% K₂O** no KCl.

◆ **45% P₂O₅** no Superfosfato Triplo.

◆ **45% N** na Uréia.

◆ **35% CaO** no Calcário.





Unidades Usuais em Solos

3. Conceituação e Equivalências

3.2. Partes por Milhão (ppm)

- ◆ Partes do elemento (composto químico) em 1.000.000 partes da amostra (solo, adubo, tecido vegetal...).

$$\begin{aligned}x \text{ ppm} &= x \text{ g}/1.000.000 \text{ g} = x \text{ mg}/1.000.000 \text{ mg} \\ &= x \text{ g}/1.000.000 \text{ cm}^3 = x \text{ g}/1.000.000 \text{ ml}.\end{aligned}$$

- ◆ Unidade Atual = $x \text{ mg}/\text{kg} = x \text{ mg}/\text{dm}^3 = x \text{ mg}/\text{L} =$
 $= x \mu\text{g}/\text{g} = x \text{ kg}/1.000 \text{ t}.$





Unidades Usuais em Solos

3. Conceituação e Equivalências

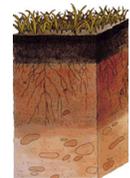
3.2. Partes por Milhão (ppm)

◆ Emprego:

a) Análise de Solo: 2 mg/dm^3 P disponível.

b) Análise de Tecido: $10 \text{ ppm B} = 10 \text{ mg/kg B}$.

c) Análise de Adubos: $3 \text{ ppm Zn} = 3 \text{ mg/L Zn}$ numa solução de ZnSO_4 .



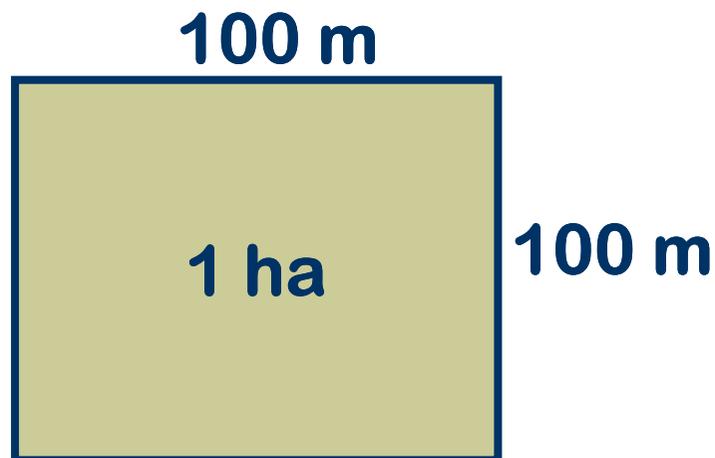


Unidades Usuais em Solos

3.3. Unidades Relacionadas

3.3.1. Partes por Dois Milhões (pp2m)

◇ Equivale a “kg/ha”



$$\text{Área} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Prof.} = 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 2.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = 2.000.000 \text{ dm}^3$$

$$d_s = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Massa} = 2.000.000 \text{ kg}$$

Conclusão: 1 ha \cong 2.000.000 kg





Unidades Usuais em Solos

3.3. Unidades Relacionadas

3.3.1. Partes por Dois Milhões (pp2m)

◇ Assim temos:

$$\cdot \text{pp2m} = \text{kg/ha} = \text{ppm} \times 2$$

. Pressuposições: Profundidade = 20 cm

$$\text{dm}^3 = \text{L} = \text{kg} \rightarrow d_s = 1 \text{ g/cm}^3$$

. OBS.: Se Profundidade = 30 cm

$$\text{pp2m} = \text{kg/ha} = \text{ppm} \times 3$$





Unidades Usuais em Solos

3.3.1. Partes por Dois Milhões (pp2m)

◆ Emprego:

- . Análise de Solo (Formas Disponíveis):
50 pp2m K = 50 kg/ha K disponível.

3.3.2. Partes por Bilhão (ppb)

◆ Emprego:

- . Análise de Tecido (Micronutriente): 60 ppb Mo.
- . Análise de Adubo (Micronutriente): 20 ppb Mo.

OBS.: Unidades %, ppm e ppb → Desuso.

→ Usar medidas nos sistemas “SI” ou CGS.





Unidades Usuais em Solos

3.4. miligrama/100 grama (mg/100 g)

- ◆ **Quantidade** do elemento (composto químico) expressa em **mg** contida em **100 g** da amostra (solo, adubo, corretivo, tecido vegetal...)

$$. x \text{ mg/100 g} = x \text{ mg/100 cm}^3 = x \text{ mg/100 ml.}$$

- ◆ **Emprego:**

. **Análise de Solo: Formas Adsorvidas:**

1,2 mg/100 g P adsorvido.

0,6 mg/100 g S adsorvido.





Unidades Usuais em Solos

Solos II

SILVA, J.R.T.

3.5. Miliequivalente/100 g (meq/100 g)*

- ◆ Quantidade do elemento (composto químico) expressa em miliequivalentes contida em 100 g (100 ml) da amostra (solo).

$$. x \text{ meq/100 g} = x \text{ meq/100 cm}^3 = x \text{ meq /100 ml.}$$

*(Unidades em Desuso)

Lembrar que em geral em solos: $g = ml = cm^3$





Unidades Usuais em Solos

3.5. Miliequivalente/100 g (meq/100 g)

- ◇ **Peso equivalente** → $E_{eq} = M/Valência$
Onde; $M =$ Massa Molar (g/mol)
É expresso em “g”
- ◇ **Miliequivalente** = **Peso Equivalente/1.000**
É expresso em “mg”
- ◇ **Unidade Atual:**
meq/100 g → “ $cmol_c/kg$ ” ou “ $cmol_c/dm^3$ ”
- ◇ **Emprego: Formas Trocáveis no Solo**
0,7 meq/100g K^+ → ?
“0,7 $cmol_c/kg K^+$ ” = “0,7 $cmol_c/dm^3 K^+$ ”





Unidades Usuais em Solos

| ELEMENTO OU COMPOSTO QUÍMICO | M/VALÊNCIA | PESO EQUIVALENTE (g) |
|--------------------------------|------------|----------------------|
| N | M/1 | 14,00 |
| Na ⁺ | M/1 | 23,00 |
| NO ₃ ⁻ | M/1 | 62,00 |
| NH ₄ ⁺ | M/1 | 17,00 |
| P | M/3 | 10,33 |
| PO ₄ ³⁻ | M/3 | 31,67 |
| P ₂ O ₅ | M/6 | 23,67 |
| S | M/2 | 16,00 |
| SO ₄ ²⁻ | M/2 | 48,00 |
| K ⁺ | M/1 | 39,00 |
| K ₂ O | M/2 | 47,00 |
| Ca ²⁺ | M/2 | 20,00 |
| CaO | M/2 | 28,00 |
| CaCO ₃ | M/2 | 50,00 |
| Mg ²⁺ | M/2 | 12,00 |
| MgO | M/2 | 20,00 |
| MgCO ₃ | M/2 | 42,00 |
| Al ³⁺ | M/3 | 9,00 |
| Al ₂ O ₃ | M/6 | 17,00 |

$$\text{Ca}^{2+} = 40 \text{ g/mol}$$

$$\text{Eq}_g \text{Ca}^{2+} = 40/2 = 20 \text{ g}$$

$$1 \text{ meq Ca}^{2+} = 20 \text{ mg}$$

$$\text{Al}^{3+} = 27 \text{ g/mol}$$

$$\text{Eq}_g \text{Al}^{3+} = 27/3 = 9 \text{ g}$$

$$1 \text{ meq Al}^{3+} = 9 \text{ mg}$$

$$\text{CaO} = 56 \text{ g/mol}$$

$$\text{Eq}_g \text{CaO} = 56/2 = 28 \text{ g}$$

$$1 \text{ meq CaO} = 28 \text{ mg}$$

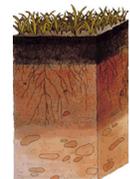




Unidades Usuais em Solos

Algumas Demonstrações

- ◇ Demonstração $\text{meq}/100 \text{ g} = \text{cmol}_c/\text{dm}^3$
- ◇ $2 \text{ meq}/100 \text{ g Mg}^{2+} = 2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ Mg}^{2+} (?)$
 - . Eqg Mg = $24/2 = 12 \text{ g}$
 - . 1 meq Mg $\text{-----} 12 \text{ mg}$
 - . 2 meq/100 g Mg $\text{-----} x \text{ mg}/100 \text{ g}$
 - . $x = 24 \text{ mg}/100 \text{ g} = 240 \text{ mg}/\text{kg} = 240 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ Mg}$
 - . $x = 240 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ Mg}$





Unidades Usuais em Solos

. $X = 240 \text{ mg/dm}^3 \text{ Mg}$; Como: $\text{Mg} = 24 \text{ g/mol}$

. 1 mol Mg ----- 24 g ($\div 1000$)



. 1 mmol Mg ----- 24 mg ($\times 10$)



. 10 mmol Mg ----- 240 mg



. 1 cmol Mg ----- 240 mg



. 1 cmol_c Mg²⁺ ----- 120 mg

. $x \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ Mg}^{2+}$ ----- 240 mg/dm^3

$$x = 2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ Mg}^{2+}$$





Unidades Usuais em Solos

Algumas Demonstrações

◇ Demonstração % = dag/kg

◇ 3 % Ca = 3 dag/kg Ca (?)

↓
· 3 g Ca ————— 100 g Amostra (x10)

↓
· 30 g Ca ————— 1.000 g Ca

kg hg dag g dg cg mg
3 0

X = 3 dag/kg Ca



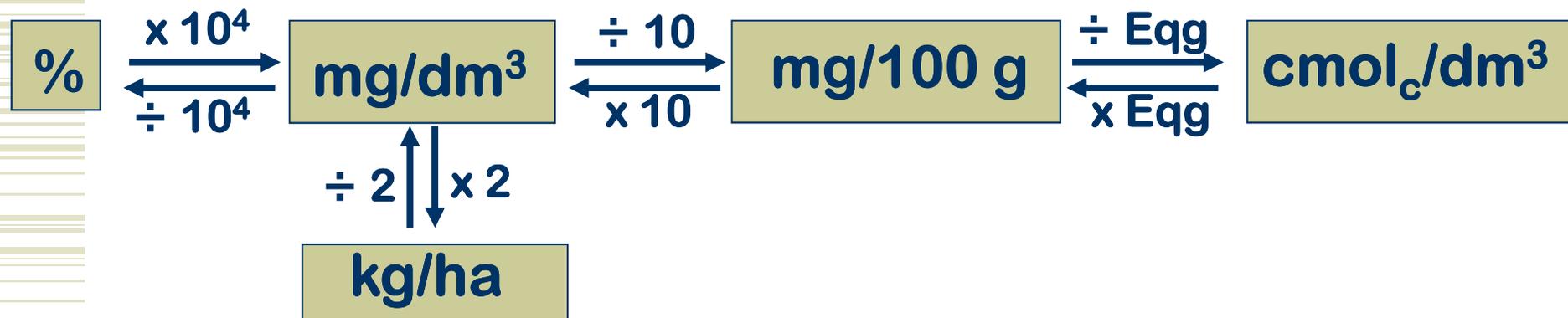


Unidades Usuais em Solos

4. Conversão de Resultados Analíticos

4.1. Conversão de Unidades

Esquemáticamente temos as seguintes transformações de unidades químicas.



Assim temos:

$$\text{ppm} = \% \times 10.000; \quad \text{kg/ha} = \text{ppm} \times 2$$

$$\text{cmol}_c/\text{dm}^3 = (\text{mg}/100 \text{ g})/\text{Eq}_g \text{ ou } \text{mg}/\text{dm}^3/(\text{Eq}_g \times 10)$$





Unidades Usuais em Solos

Exercício Resolvido

- ◇ Transformar $3 \times 10^{-3} \% \text{ N}$ em:
- a) $\text{mg}/\text{dm}^3 \text{ N}$
 - b) $\text{kg}/\text{ha N}$
 - c) $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3} \text{ N}$ Dado: $\text{N} = 14 \text{ g}/\text{mol}$

Resolução:

a) $\text{mg}/\text{dm}^3 \text{ N}$ (ppm N)?

$$\text{ppm} = \% \times 10^4$$

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= 3 \times 10^{-3} \times 10^4 = 30 \text{ ppm N} = 30 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ N} \\ &= 30 \text{ mg}/\text{kg N} = 30 \text{ }\mu\text{g}/\text{g N} \end{aligned}$$

$$= 30 \text{ mg}.\text{dm}^{-3} \text{ N}$$





Unidades Usuais em Solos

Exercício Resolvido

Resolução:

b) kg/ha N?

$$\text{kg/ha} = \text{ppm} \times 2 = 30 \times 2 = 60$$

$$60 \text{ kg/ha N} = 60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Resolução:

c) $\text{cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ N} = \text{meq}/100 \text{ g N}$?

$$30 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ N} = 30 \text{ mg}/\text{kg N} = 3 \text{ mg}/100 \text{ g N}$$

$$1 \text{ meq N} \quad \text{—————} \quad 14 \text{ mg}$$

$$x \text{ meq N} / 100 \text{ g} \quad \text{—————} \quad 3 \text{ mg}/100 \text{ g}$$

$$x = 0,21 \text{ meq}/100 \text{ g N}$$





Unidades Usuais em Solos

Exercício Proposto - 01

- ◇ Transformar $0,05 \text{ cmol}_c/\text{kg Ca}^{2+}$ para:
- a) kg/ha Ca^{2+}
 - b) dag/kg Ca^{2+}
 - c) mg/g Ca^{2+}
 - d) ppm Ca^{2+}
 - e) $\% \text{ Ca}^{2+}$

Dado: $\text{Ca} = 40 \text{ g/mol}$





Unidades Usuais em Solos

Exercício Proposto - 02

- ◇ Transformar 0,0 27 dag/kg Al³⁺ para:
- a) kg/ha Al³⁺
 - b) meq/kg Al³⁺
 - c) mg/kg Al³⁺
 - d) ppm Al³⁺
 - e) % Al³⁺
 - f) mg/g Al³⁺
 - g) meq/g Al³⁺

Dado: Al = 27 g/mol





Unidades Usuais em Solos

Exercício Proposto - 03

- ◇ Complete: 4 t/ha CaCO_3 equivale a:
- a) ppm CaCO_3
 - b) meq/kg CaCO_3
 - c) mg/kg CaCO_3
 - d) % CaCO_3
 - e) mg/g CaCO_3
 - f) meq/g CaCO_3

Dado: Ca = 40; C = 12; O = 16 g/mol





Unidades Usuais em Solos

4.2. Conversão de Formas Químicas

◆ Transformar 14,2 % de P_2O_5 em % P

Dado: P = 31; O = 16 g/mol

◆ **Solução 1** - Utilizando as massas molares:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{◆ } P_2O_5 & & 2P \\
 142 & \text{—} & 62 \\
 14,2 \% & \text{—} & x \% \quad \rightarrow \quad x = 6,2 \% P
 \end{array}$$

◆ **Solução 2** - Utilizando os Pesos Equivalentes:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{◆ } P_2O_5 & & P \\
 23,67 & \text{—} & 10,33 \\
 14,2 \% & \text{—} & x \% \quad \rightarrow \quad x = 6,2 \% P
 \end{array}$$





Unidades Usuais em Solos

Exercícios Resolvidos

- ◆ 1. Transformar 39 ppm K em mg/kg de K_2O .
Dado: K = 39; O = 16 g/mol

- Solução 1 - Utilizando as massas molares:

$$\begin{array}{ccc}
 \diamond K_2O & & 2K \\
 94 & \text{—————} & 78 \\
 x \text{ ppm} & \text{—————} & 39 \text{ ppm} \rightarrow x = 47 \text{ ppm}
 \end{array}$$

Conclusão:

$$47 \text{ ppm } K_2O = 47 \text{ mg.kg}^{-1} K_2O = 47 \text{ mg.dm}^{-3} K_2O$$





Unidades Usuais em Solos

Exercícios Resolvidos

- ◇ 2. Indique os fatores de conversão de:
 - . % de K para % K_2O
 - . Dados: K = 39; O = 16.

- ◇
$$\frac{\% K_2}{\% K_2O} = \frac{78}{94} = 0,83 \rightarrow \% K_2O = 0,83 \times \% K_2$$

- ◇
$$\frac{\% K_2O}{\% K_2} = \frac{94}{78} = 1,21 \rightarrow \% K = 1,21 \times \% K_2O$$

- ◇ Conclusão **0,83** é o Fc de % K em K_2O e **1,21** é o Fc de % K_2O em % K_2





Unidades Usuais em Solos

Exercícios Resolvidos

- ◇ 3. Indique os fatores de conversão de:
- . kg/ha de P_2O_5 para kg/ha de P
 - . Dados: O = 16; P = 31 g/mol.

$$\diamond \frac{P_2}{P_2O_5} = \frac{62}{142} = 0,44 \rightarrow P_2 = 0,44 \times P_2O_5$$

$$\diamond \frac{P_2O_5}{P_2} = \frac{142}{62} = 2,29 \rightarrow P_2O_5 = 2,29 \times P_2$$

◇ Conclusão:

0,44 é o Fc de kg/ha P_2O_5 em kg/ha P_2 e
2,29 é o Fc de kg/ha de P_2 em kg/ha de P_2O_5





Unidades Usuais em Solos

Exercícios Resolvidos

◇ 4. Transformar

0,9 meq/100 g Al^{3+} → ? meq /100 g Al_2O_3 .

Dado: Al = 27; O = 16 g/mol

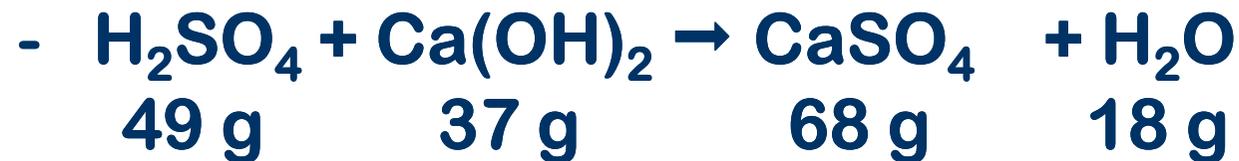
- Reações Estequiométricas baseiam-se no princípio da equivalência, assim:

.. Reações ocorrem na proporção de seus equivalentes na proporção de 1:1.





Unidades Usuais em Solos



- Conclusão

$$0,9 \text{ meq}/100 \text{ g Al}^{3+} = 0,9 \text{ meg}/100 \text{ g Al}_2\text{O}_3$$

- Portanto não se realiza calculo de conversão de miliequivalentes utilizando massas molares, são iguais entre si.

- OBS:.. A demonstração dessa igualdade será apresentada na seção 4.3.





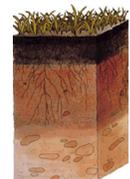
Unidades Usuais em Solos

◇ De modo semelhante:

- $0,5 \text{ meq}/100 \text{ g Ca}^{2+} = 0,5 \text{ meq}/100 \text{ g CaCO}_3$

- $0,2 \text{ meq}/100 \text{ g K}^+ = 0,2 \text{ meq}/100 \text{ g K}_2\text{O}$
 $0,2 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1} \text{ KCl} = 0,2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3} \text{ KH}_2\text{PO}_4$

- Mas $0,3 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3 \text{ Mg}^{2+} = 0,3 \text{ meq}/100 \text{ g Mg}^{2+}$
 $= 3 \text{ meq}.\text{kg}^{-1} \text{ Mg}^{2+}$





Unidades Usuais em Solos

4.3. Conversão Simultânea de Unidades e Formas Químicas

1. Converter 3 mg/100 g P_2O_5 → ? meq/100 g PO_4^{-3}

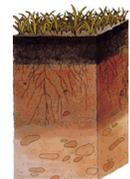
◇ Etapas

1. Achar meq/100 g P_2O_5 (Converter Unidade);
2. Igualar os miliequivalentes (P. Equivalência)

$$\begin{array}{rcl}
 \diamond & 1 \text{ meq } P_2O_5 & \text{———} & 23,67 \text{ mg} \\
 & x \text{ meq/100 g} & \text{———} & 3 \text{ mg/100 g } P_2O_5
 \end{array}$$

$$x = 0,13 \text{ meq/100 g } P_2O_5$$

$$x = 0,13 \text{ meq/100g } PO_4^{2-}$$





Unidades Usuais em Solos

Solos II

SILVA, J.R.T.

2. Transformar 400 ppm de Ca em:

◇ a) dag.kg⁻¹ Ca²⁺

◇ d) meq/kg Ca²⁺

◇ b) mg.dm⁻³ CaO

◇ e) kg.ha⁻¹ CaCO₃

◇ c) meq/100 g CaO

◇ f) mg/g Ca²⁺

Sugestão:

Converter primeiro unidades e depois formas químicas.





Unidades Usuais em Solos

Resolução:

Dado 400 ppm de Ca^{2+}

a) $\text{dag.kg}^{-1} \text{Ca}^{2+}$?

$$\text{ppm} = \% \times 10.000 \rightarrow 400 = \% \times 10.000 = 0,04\% \text{Ca}^{2+}$$

$$0,04 \% \text{Ca}^{2+} = 0,04 \text{ dag.kg}^{-1} \text{Ca}^{2+}$$

Dado 400 ppm de Ca^{2+}

◇ f) mg/g Ca^{2+} ?

$$400 \text{ ppm} = 400 \text{ mg/kg} = 400 \text{ mg}/1.000 \text{ g} (\div 1.000)$$

$$= 0,4 \text{ mg/g Ca}^{2+} = 0,4 \text{ mg.g}^{-1} \text{Ca}^{2+}$$





Unidades Usuais em Solos

Resolução:

Dado 400 ppm de Ca^{2+}

d) $\text{meq.kg}^{-1} \text{Ca}^{2+}$?

$$400 \text{ ppm } \text{Ca}^{2+} = 400 \text{ mg}/1.000 \text{ g} = 40 \text{ mg}/100 \text{ g } \text{Ca}^{2+}$$

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ meq } \text{Ca}^{2+} & \text{-----} & 20 \text{ mg} \\ x \text{ meq}/100 \text{ g } \text{Ca}^{2+} & \text{-----} & 40 \text{ mg}/100 \text{ g} \end{array}$$

$$\underline{x = 2 \text{ meq}/100 \text{ g } \text{Ca}^{2+} \text{ (} \times 10 \text{)}$$

$$x = 20 \text{ meq}/1000 \text{ g } \text{Ca}^{2+}$$

$$x = 20 \text{ meq}/\text{kg } \text{Ca}^{2+}$$





Unidades Usuais em Solos

Resolução:

Dado 400 ppm de Ca^{2+}

b) $\text{mg.dm}^3 \text{CaO}$? $\text{Ca} = 40$, $\text{O} = 16 \text{ g/mol}$

$400 \text{ ppm Ca}^{2+} = 400 \text{ mg/kg Ca}^{2+} = 400 \text{ mg.dm}^{-3} \text{Ca}^{2+}$

| | | |
|--------------------------|-------|------------------------|
| Ca | | CaO |
| 40 | ————— | 56 |
| 400 mg.dm^{-3} | ————— | $x \text{ mg.dm}^{-3}$ |

$x = 560 \text{ mg.dm}^{-3} \text{CaO}$





Unidades Usuais em Solos

Resolução:

Dado 400 ppm de Ca^{2+}

c) meq/100 g CaO? Ca = 40, O = 16 g/mol

400 ppm Ca^{2+} = 560 mg.dm⁻³ CaO (já calculado)

= 560 mg/kg CaO

= 56 mg/100 g CaO

1 meq CaO ————— 28 mg

x meq/100 g CaO ————— 56 mg/100 g

x = 2 meq/100 g CaO

Ou simplesmente:

Pelo Princípio da Equivalência temos:

2 meq/100 g Ca^{+2} = 2 meq/100 g CaO





Unidades Usuais em Solos

Solos II

SILVA, J.R.T.

Resolução:

Dado 400 ppm de $\text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{Ca}$?

e) $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{CaCO}_3$? $\text{Ca} = 40$, $\text{O} = 16 \text{ g/mol}$

$$\text{kg/ha} = \text{ppm} \times 2$$

$$\text{kg/ha} = 400 \times 2 = 800 \rightarrow \underline{800 \text{ kg/ha Ca}}$$

| | | |
|-----------|-------|-----------------|
| Ca | | CaCO_3 |
| 40 | ————— | 100 |
| 800 kg/ha | ————— | x kg/ha |

$$x = 2.000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{CaCO}_3$$





Unidades Usuais em Solos

3. Demonstre:

$$0,3 \text{ meq}/100\text{g Al}^{3+} = 0,3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ Al}^{3+}$$

$$\text{Dados: Al}^{3+} = 27 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ meq Al} \quad \text{—————} \quad 9 \text{ mg} \\ 0,3 \text{ meq}/100 \text{ g} \quad \text{—————} \quad x \text{ mg}/100 \text{ g} \end{array}$$

$$x = 2,7 \text{ mg}/100 \text{ g Al}^{3+} \text{ (x10)}$$

$$x = 27 \text{ mg}/\text{kg Al}^{3+}$$

$$x = 27 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ Al}^{3+}$$





Unidades Usuais em Solos

Solos II

SILVA, J.R.T.

1 mol Al ————— 27 g ($\div 1.000$)

1 mmol Al ————— 27 mg ($\times 10$)

10 mmol Al ————— 270 mg

1 cmol Al ————— 270 mg

1 cmol_c Al³⁺ ————— 90 mg

x cmol_c/dm³ ————— 27mg/dm³

x = 0,3 cmol_c/dm³ Al³⁺





Unidades Usuais em Solos

Exercício Proposto - 01

- ◇ Faça a conversão de $2,4 \times 10^{-4} \text{ dag.kg}^{-1} \text{ Mg}$ para:
- a) ppm MgCO_3
 - b) meq/g MgO
 - c) $\text{kg.ha}^{-1} \text{Mg}$
 - d) $\text{t.ha}^{-1} \text{MgCO}_3$
 - e) mg/g Mg
 - f) meq/g Mg

Dado: $\text{Mg} = 24$; $\text{C} = 12$; $\text{O} = 16 \text{ g/mol}$





Unidades Usuais em Solos

Solos II

SILVA, J.R.T.

Exercício Proposto - 02

◇ Demonstre que:



Dado: Ca = 40; C = 12; O = 16 g/mol





Unidades Usuais em Solos

Exercício Proposto - 03

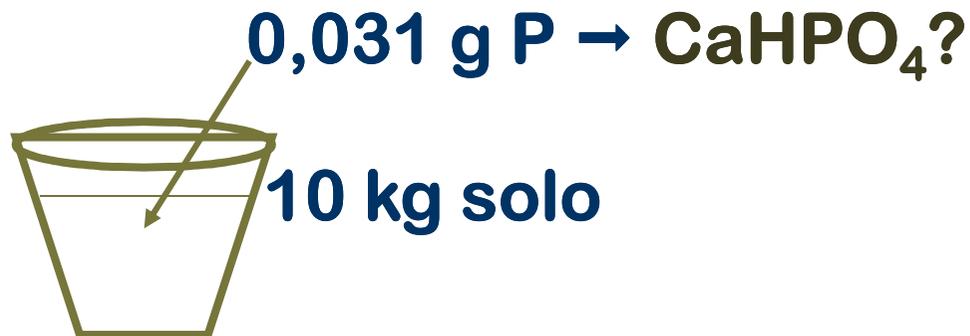
- ◇ Num experimento em casa de vegetação foram adicionados 0,031 g de fósforo na forma de CaHPO_4 a cada vaso contendo 10 kg de solo. Com base no exposto, pergunta-se:
- Essa dosagem equivale a que tratamento expresso em ppm de P?
 - Que quantidade do sal foi adicionada por vaso?
 - Com a dose de sal aplicada, quantos ppm de Ca foram adicionados por vaso?
- Dados: Ca = 40; P = 31; H = 1 e O = 16 g/mol





Unidades Usuais em Solos

◇ Resolução



ppm P? ppm Ca?

◇ a) ppm P?

$$0,031 \text{ g P} \quad \text{—————} \quad 10 \text{ kg}$$

$$31 \text{ mg P} \quad \text{—————} \quad 10 \text{ kg}$$

$$x \text{ mg P} \quad \text{—————} \quad 1 \text{ kg}$$

$$x = 3,1 \text{ mg/kg P} = 3,1 \text{ ppm P}$$





Unidades Usuais em Solos

◇ Resolução (Cont.)

b) Quantidade de Sal (CaHPO_4)?

$$\begin{array}{ccc} \text{CaHPO}_4 & & \text{P} \\ 136 & \text{-----} & 31 \\ x & \text{-----} & 0,031 \text{ g/vaso} \end{array}$$

$$x = 0,136 \text{ g/vaso } \text{CaHPO}_4$$

◇ c) ppm Ca?

$$\begin{array}{ccccc} \text{CaHPO}_4 & & \text{P} & & \text{Ca} \\ 136 & \text{-----} & 31 & \text{-----} & 40 \\ & & 3,1 \text{ ppm} & \text{-----} & x \end{array}$$

$$x = 4,0 \text{ ppm Ca}$$

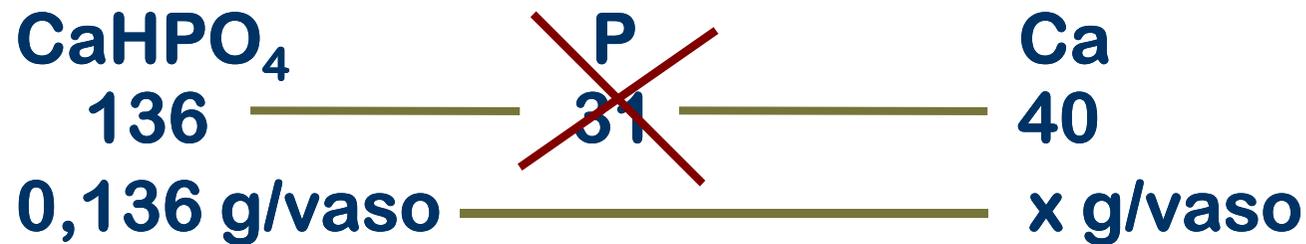




Unidades Usuais em Solos

◇ Resolução (Cont.)

c) ppm Ca (De outra maneira)



$$x = 0,04 \text{ g/vaso de Ca}$$

$$x = 0,04 \text{ g/10 kg solo de Ca}$$

$$x = 0,004 \text{ g/kg solo de Ca}$$

$$x = 4 \text{ mg/kg Ca} = 4 \text{ ppm Ca.}$$



Obrigado pela Atenção...

Dr. Ribamar Silva