

CTC, Adsorção, troca iônica

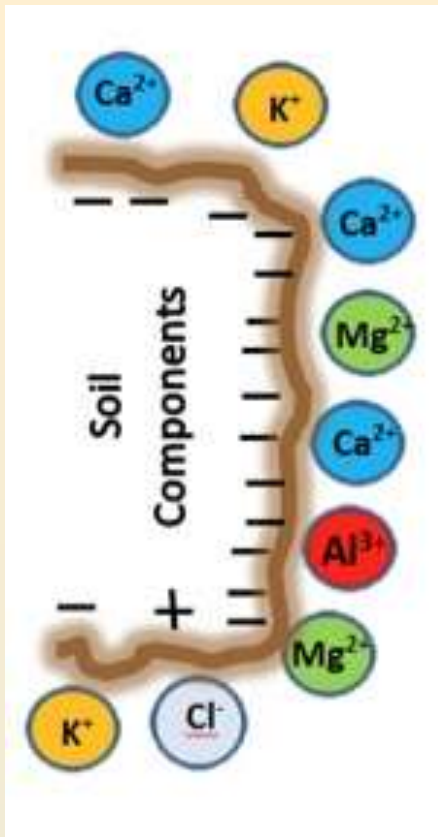
- **ERNANI, P.R. Química do Solo e Disponibilidade de Nutrientes, 2008. cap. 3 – p. 46-55**
- **LEPSCH, I.F. 19 Lições de Pedologia, 2011. cap. 5 – p. 107-117**
- **LOPES, A.S. Manual da Fertilidade do Solo, 1989. cap. 1 – p. 22-23**
- **MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S. et al. Fertilidade do Solo, 1987. cap. 3 – p. 45-50 e cap. 5 – p. 78-82**
- **MEURER, E.J. Fundamentos de Química do Solo, 2006. cap. 5 - p. 125-146**
- **NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo, 2007. cap. 4, p.151-157; cap. 5, p. 215-230.**
- **RAIJ, B. van. Avaliação da Fertilidade do Solo, 1981. cap. 3, p. 17-30; cap. 6, p. 83-85.**

Mol = 6,02 .10²³



1 milimol = mmol

Ex.: 1 mmol de Mg = 24 mg



1 milimol de carga = mmol_c

$$\text{mmol}_c = \frac{\text{mmol}}{\text{valência}}$$

$$\text{mmol}_c \text{ de Ca} = \frac{40}{2} = 20 \text{ mg}$$

Até 1996: usava-se a unidade miliequivalente (meq)

$$\text{mmol}_c = \text{meq} = \text{equivalente miligrama}$$

Capacidade de troca de cátions

- CTC - número de milimols de cargas negativas por unidade de massa ou de volume.

Unidades: $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (à base de volume) ou
 $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (à base de massa)

Unidades antigas (até 1996):

$\text{meq } 100 \text{ cm}^{-3}$ - $1 \text{ meq } 100 \text{ cm}^{-3} = 10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou

$\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$ - $1 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1} = 10 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$

- **Importante: reações de troca de cátions são baseadas em carga por carga (e não íon por íon).**

Estimativa da CTC

Exemplos:

- a) Um Chernossolo cultivado, localizado em Iowa-USA (pH 7; 20% de argila e 4 % de matéria orgânica);
- Argila do tipo 2:1 com CTC média de $800 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$
 - Matéria orgânica com CTC de $2.000 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$

CTC oriunda do teor de argila:

$$20\% \text{ de } 800 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1} = 160 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$$

CTC oriunda da Matéria Orgânica:

$$4 \% \text{ de } 2.000 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1} = 80 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$$

Assim, a CTC total do Chernossolo é:

$$160 + 80 = 240 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$$

b) Um Latossolo localizado em uma área de floresta virgem na região amazônica, no Brasil (pH = 4; 60 % de argila e 4 % de mat. orgânica).

- CTC dos minerais de argila (Caulinita) + Óxidos de Fe e Al é 30 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$.
- CTC da matéria orgânica em solos muito ácidos = 1.000 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$

CTC oriunda do teor de argila:

$$60 \% \text{ de } 30 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1} = 18 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$$

CTC oriunda da Matéria Orgânica:

$$4 \% \text{ de } 1.000 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1} = 40 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$$

Assim, a CTC total do Latossolo é:

$$18 + 40 = 58 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$$

Cargas elétricas de alguns minerais da fração argila de solos

Mineral	Capacidade de troca de cátions			C T A
	Permanente	Variável	Total	
	----- mmol _c kg ⁻¹ de argila -----			
Montmorilonita	1120	60	1180	10
Vermiculita	850	0	850	0
Ilita	110	30	140	30
Caulinita	10	30	40	20
Gibbsita	0	50	50	50
Goethita	0	40	40	40

Matéria orgânica e CTC de solos tropicais

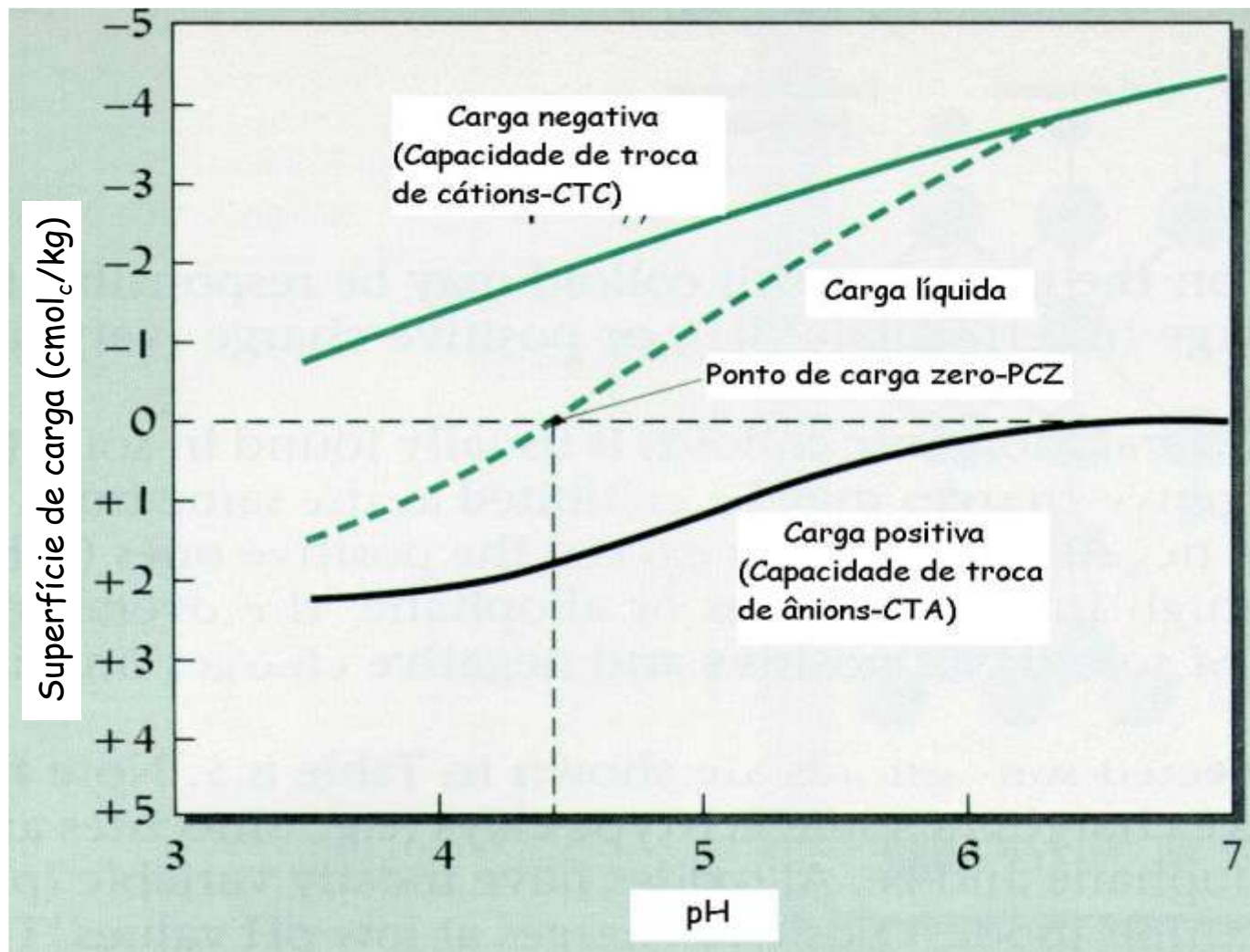
Solo	Argila	M.O.	CTC		CTC M.O.	
			Total	M.O.		
	----- % -----		----- mmol _c kg ⁻¹ -----		----- % -----	
A	5	0,78	32	22	69	
B	6	0,60	33	21	64	
C	12	2,52	100	82	82	
D	19	2,40	74	60	81	
E	13	1,40	37	27	73	
F	64	4,51	244	150	61	- NV
G	59	4,51	289	161	56	- LV
H	24	1,21	39	29	74	- LE
I	-	-	66	57	86	
J	-	-	84	73	87	**
K	-	-	110	102	93	

** Cerrado

Capacidade de troca catiônica dos solos

- **CTC** – relacionada às quantidades dos colóides no solo e a CTC desses colóides.
- **CTC originada do húmus**: papel dominante nas reações de troca de cátions no solo, principalmente dos tropicais altamente intemperizados.

Relação entre pH do solo, PCZ e cargas de um solo altamente intemperizado



Adsorção

e

troca iônica

- **Adsorção** = acúmulo de íons ou moléculas na superfície de uma partícula

1. **Eletrovalente ou iônica** = atração por cargas elétricas

2. **Covalente** = Reação íntima entre o íon e a superfície do colóide

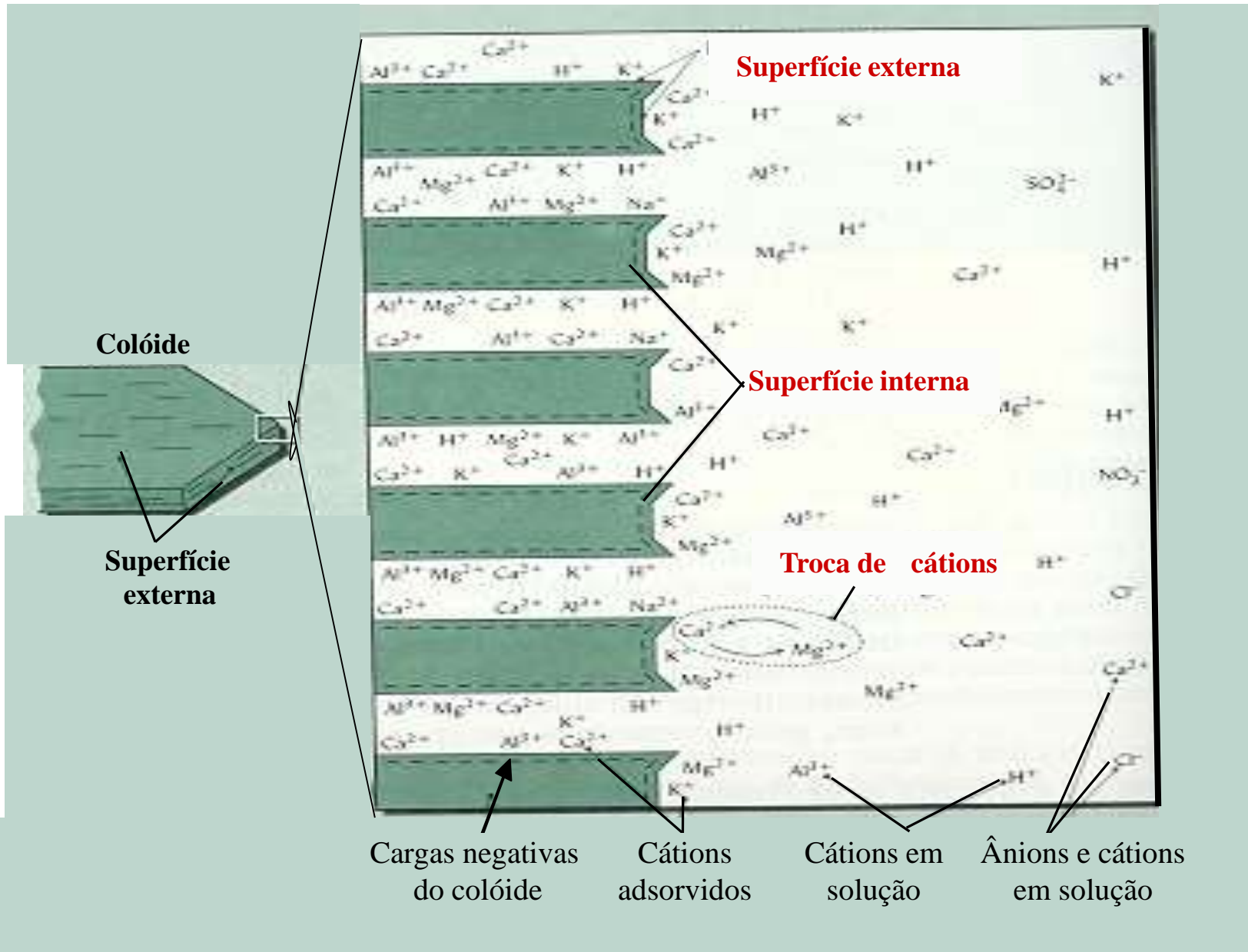
Adsorção e troca de cátions

1. Eletrovalente ou iônica



Série liotrópica = $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$

Superfície dos colóides e troca de cátions



2. Covalente

Metais pesados: Cu, Pb, Cd = adsorção específica

- Ex.: adsorção de Cu na matéria orgânica

Adsorção e troca de ânions

1. Eletrovalente ou iônica



NO_3^- : ↑ mobilidade nos solos

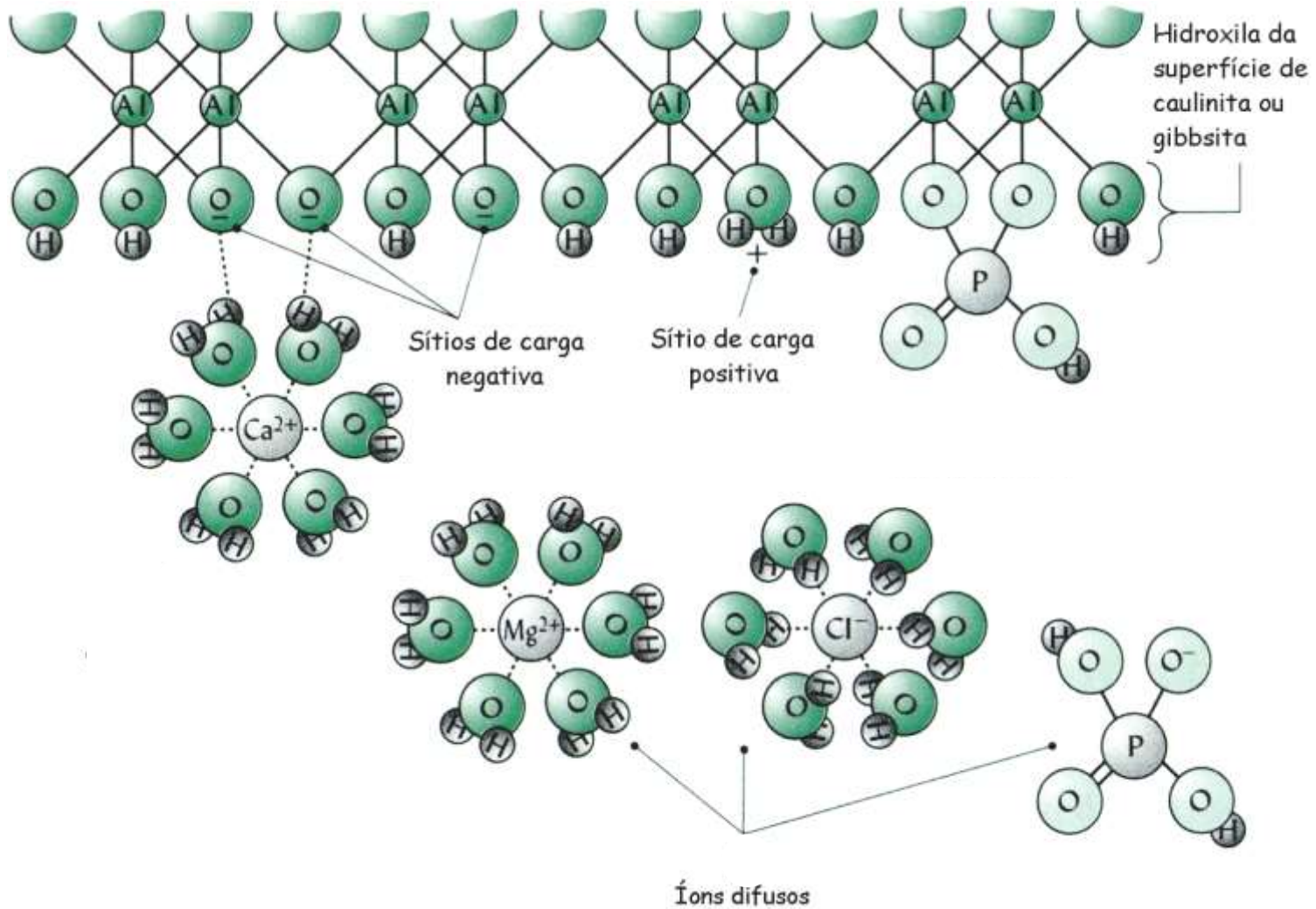
2. Covalente

- Principal = **Fosfato** (H_2PO_4^-)

ex.: P em óxido de Fe

- SO_4^{2-} = intermediário entre fosfato e nitrato

Adsorção específica e não-específica



Ligação iônica

- **relativamente fraca;**
 - **elétrons não são compartilhados ;**
 - **água de hidratação ou solvatação permanece;**
 - **exemplos: - cátions trocáveis: cálcio, magnésio, potássio;
alumínio.**
 - alguns ânions: nitrato, carbonato, fluoreto.
-

Ligação covalente

- **reação mais íntima;**
 - **elétrons são compartilhados;**
 - **sem água de hidratação;**
 - **adsorção é chamada específica;**
 - **exemplos: - alguns metais pesados: Cu, Pb, Cd**
 - **ânions derivados de ácidos polipróticos** (*com muitos hidrogênios*)
ex.: fosfato
-

Questões: Adsorção e Troca Iônica - Prof. Alleoni

- Qual a definição de CTC? Quais as unidades utilizadas até 1996? Quais as unidades recomendadas atualmente?
 - Calcule a estimativa de CTC de um solo A com 20% de argila e 4 % de matéria orgânica, sendo a argila do tipo 2:1 com CTC média de 700 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$ e matéria orgânica com CTC de 900 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$. Faça o mesmo para um solo B com 50% de argila e 2 % de matéria orgânica, sendo a argila do tipo 1:1 e alto teor de óxidos de Fe e de Al com CTC média de 60 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$ e matéria orgânica com CTC de 800 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$. Qual deles tem maior CTC? Qual deles deve ser da região tropical úmida? Explique sua resposta.
 - Cite a faixa de valores de CTC dos argilominerais 2:1, 1:1 e óxidos de Fe e de Al.
-

-
- Um solo A tem 80% da CTC representada por cargas permanentes e 20 % de cargas variáveis. Por outro lado, um solo B tem 25% da CTC representada por cargas permanentes e 75 % de cargas variáveis. Qual dos solos deve ser da região tropical úmida? Explique sua resposta.
 - A matéria orgânica é responsável, aproximadamente, por que % da CTC total de solos do trópico úmido? Que relação isso tem com o sistema de plantio direto?
 - Explique por que, a CTC de um solo é próxima à sua CTA num solo em que o pH está próximo ao ponto de carga zero (PCZ).
 - Defina o fenômeno de adsorção.
-

-
- Quais os tipos de mecanismos de adsorção pelos quais os nutrientes e/ou elementos tóxicos podem se ligar ao solo?
 - Cite a ordem preferencial de atração de cátions trocáveis (Al, Ca, Mg e K) pelos solos (série liotrópica) e explique os motivos dessa sequência.
 - Cite íons que são especificamente adsorvidos pelo solo.
 - Relacione alguns íons retidos pelo solo por adsorção não-específica.
 - Descreva o mecanismo de adsorção dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e K) nos solos. Quais deles são trocáveis? Qual a relação entre força de adsorção e movimento dos íons no solo?
-