PERGAMON

Organic Geochemistry 31 (2000) 697–710

Organic Geochemistry

www.elsevier.nl/locate/orggeochem

Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack

J.A. Baldock *, J.O. Skjemstad

CSIRO Land and Water, PMB 2, Glen Osmond, SA 5064, Australia

"O papel da matriz e dos minerais do solo na proteção dos materiais orgânicos naturais contra o ação biológica"

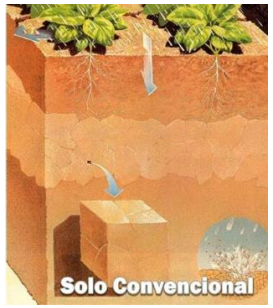
PPG em Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ/USP
LSN 5897 – Matéria Orgânica Do Solo (2020)

Elves Barreto
Fabiana Ascencio
Julia Rossi

O que é a matéria orgânica do solo?

O Solo é a camada mais superficial e mais fina da crosta terrestre

Solo =

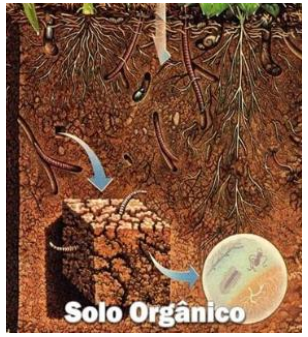


Materiais inorgânicos

São minerais formados a partir da separação/quebradas das rochas

+

Materiais orgânicos



Formados a partir da decomposição da matéria orgânica ou seja já foram organismos vivos

O que é a matéria orgânica do solo?

Em resumo a fração orgânica do solo abrange todo o material orgânico derivado biologicamente localizado dentro ou sobre a superfície do solo incluindo material orgânico termicamente alterado

Consiste em uma mistura heterogênea de matéria orgânica originária de:

Baldock e Nelson (1999)

Restos Vegetais

Restos de animais

Microorganismos

Material pouco decomposto – possui características do material de origem

Material altamente decomposto – não é possível definir características do material de origem

MO do solo é frequentemente dividida com base em suas propriedades físicas
- Tamanho
- Densidade
- Localização dentro da Matriz do solo

O que é a matéria orgânica do solo?

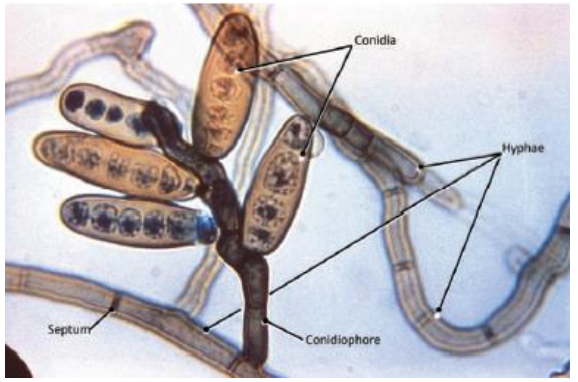
FRAÇÃO ORGÂNICA DO SOLO

É uma mistura heterogênea de matéria orgânica originada de plantas, microrganismos e resíduos animais

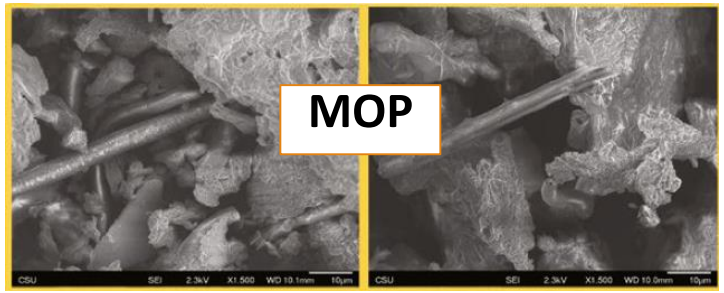
MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO - MOS

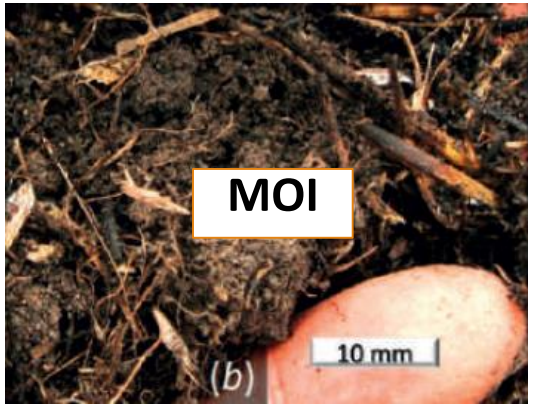
Materiais orgânicos de origem biológica encontrados junto a matriz do solo ou depositados diretamente sobre a superfície do solo

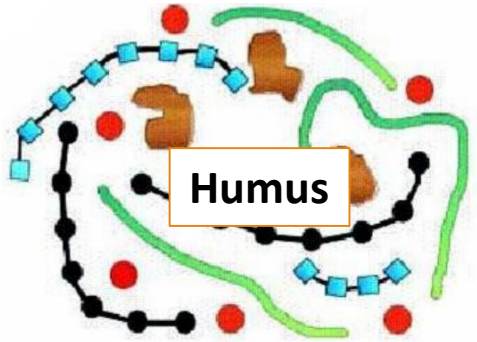
COMPONENTES VIVOS



COMPONENTES MORTOS



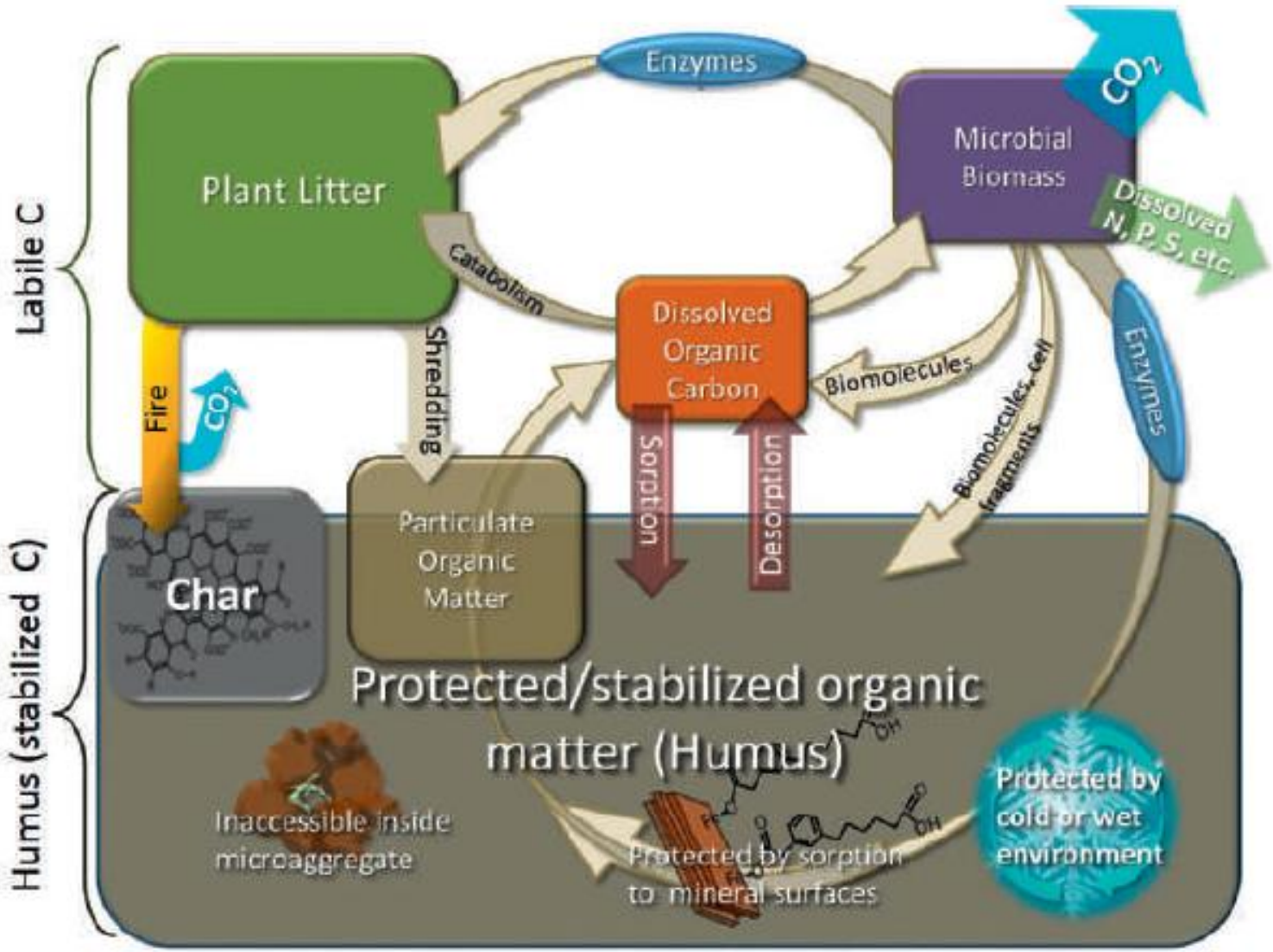




MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA (MOD)

PROCESSOS DE ADIÇÃO, TRANSFORMAÇÃO E PERDA DE C

- **Deposição**
- **Alteração**
- **Mineralização**
- **Assimilação**
- **Decomposição**
- **Estabilidade biológica**

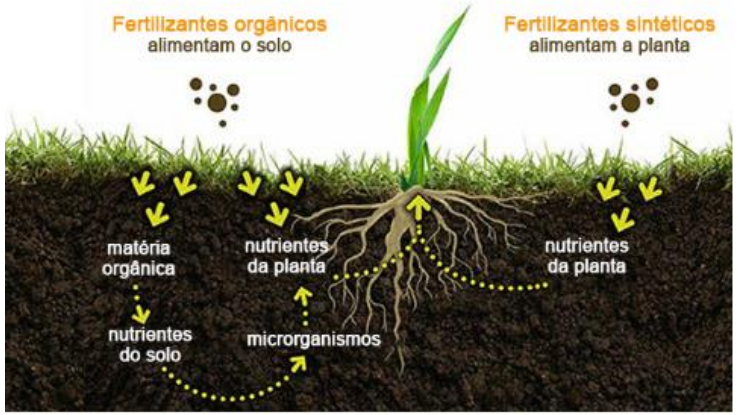


Fonte: R. Weil & N. Brady, 2017

Como se define a quantidade de MOS?

MO total = Entrada MO – Perdas MO

Entradas (E) = Decomposição dos resíduos vegetais e resíduos microbianos
Perdas = Mineralização do C orgânico



Perdas de MO da fração orgânica total são controladas por sua capacidade de resistir ao ataque biológico pela comunidade de decompositores de solo.

↑ Resistência ao ataque enzimático = ↑ Estabilidade biológica

A estabilidade biológica é contralada:

Estrutura química (influência direta nas taxas de decomposição da MO e interação dos materiais minerais e orgânicos;

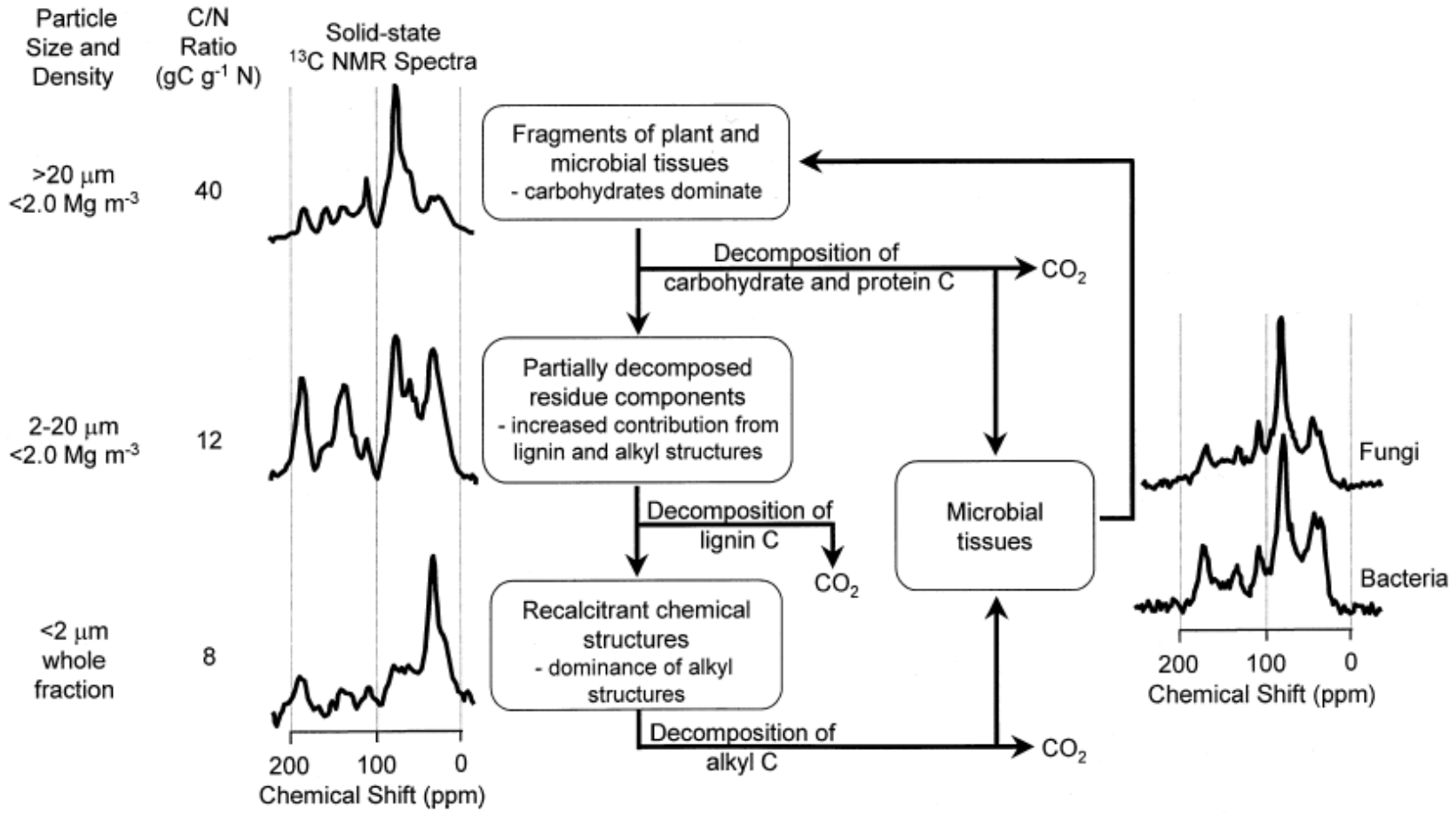
Minerais do solo;

Mecanismos da matriz

OBJETIVOS

1. Descrever as características químicas e físicas das diferentes formas da matéria orgânica no solo e como essas características alteram a sua decomposição;
2. Revisar os mecanismos envolvidos na estabilização biológica da matéria orgânica no solo pela matriz mineral e pelos minerais do solo;
3. Examinar o conceito de capacidade máxima de proteção do solo;
4. Discutir como os mecanismos de estabilização biológicos controlam a estrutura química da matéria orgânica no solo.

Características químicas das frações orgânicas e mudanças associadas a degradação oxidativa



Método analítico: ^{13}C NMR (espectroscopia de ressonância magnética nuclear)

Decomposição oxidativa em solos minerais

Fase1

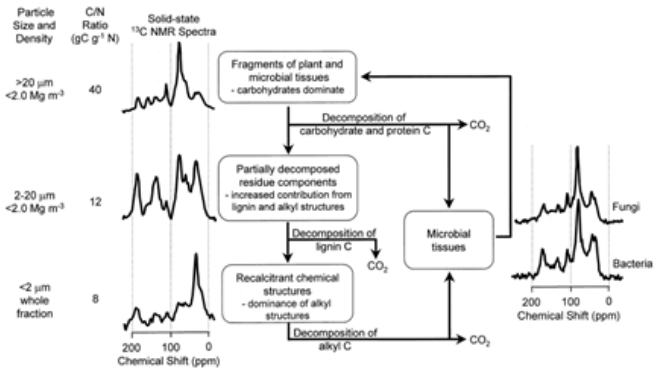
MO entra no solo através de pedaços de detritos e relação C/N de materiais sememlhante a particulas >20mm → Espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) pode ser usada para diferenciar o carbono orgânico → A aplicação do 13C NMR no estado sólido mostra que ele é dominado por estruturas O-alquil → Alto conteúdo de polissacarídeos >> encontrados em plantas frescas e tecidos microbianos >>.exemplo: celulose, hemicelulose, quitina → DECOMPOSIÇÃO I

Fase2

Partículas diminuiu de tamanho e aumenta a [ ] de estruturas recalcitrantes (lignina/alquil) → Proporção do carbono assimilado por fungos e bactérias durante a decomposição acaba nas estruturas microbianas do O-alquil → improvável o desaparecimento completo do carbono do O-alquil → a origem do O-alquil C deve mudar para uma maior dominância dos materiais de origem microbiana, progredindo da fração> 20 mm para a fração 2 ± 20 mm → DECOMPOSIÇÃO II (O-alquil C diminui)

Fase3

Lignina é decomposta por fungos e bacterias resultando em alterações na estrutura química → Organismos degradantes de lignina beneficiam-se de uma exposição de O-alquil C lábil → Forma + estavél de Carbono orgânico encontrada nos solos é o alquil-C



Mecanismos biológicos de proteção pela matriz do solo e partículas minerais

"The mechanisms of biological protection of OM in soil containing mineral particles operate at size scales ranging from micrometres to centimetres and are dependent on the chemical properties of the mineral constituents and the three dimensional arrangement of mineral particles."

1. Estrutura química dos minerais e cátions em solução

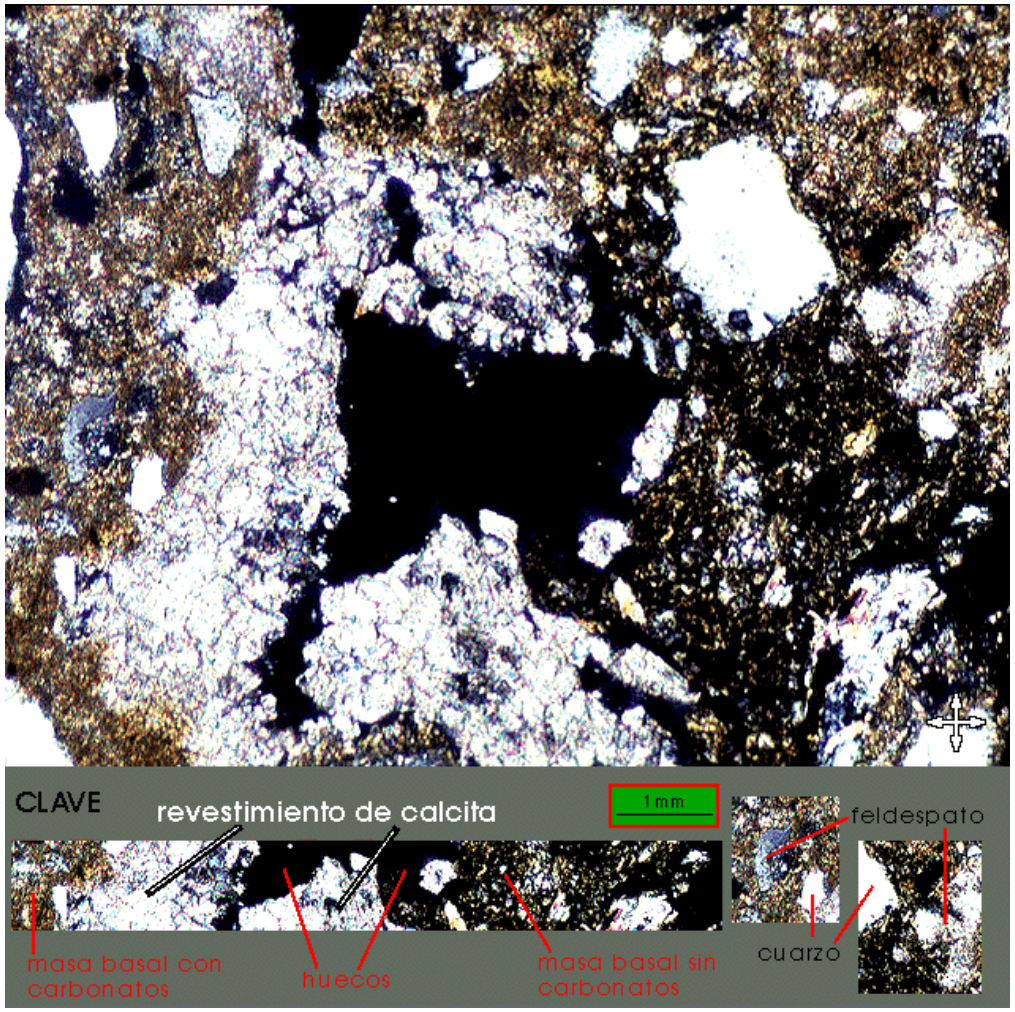
2. Estrutura física e área supercial específica dos minerais

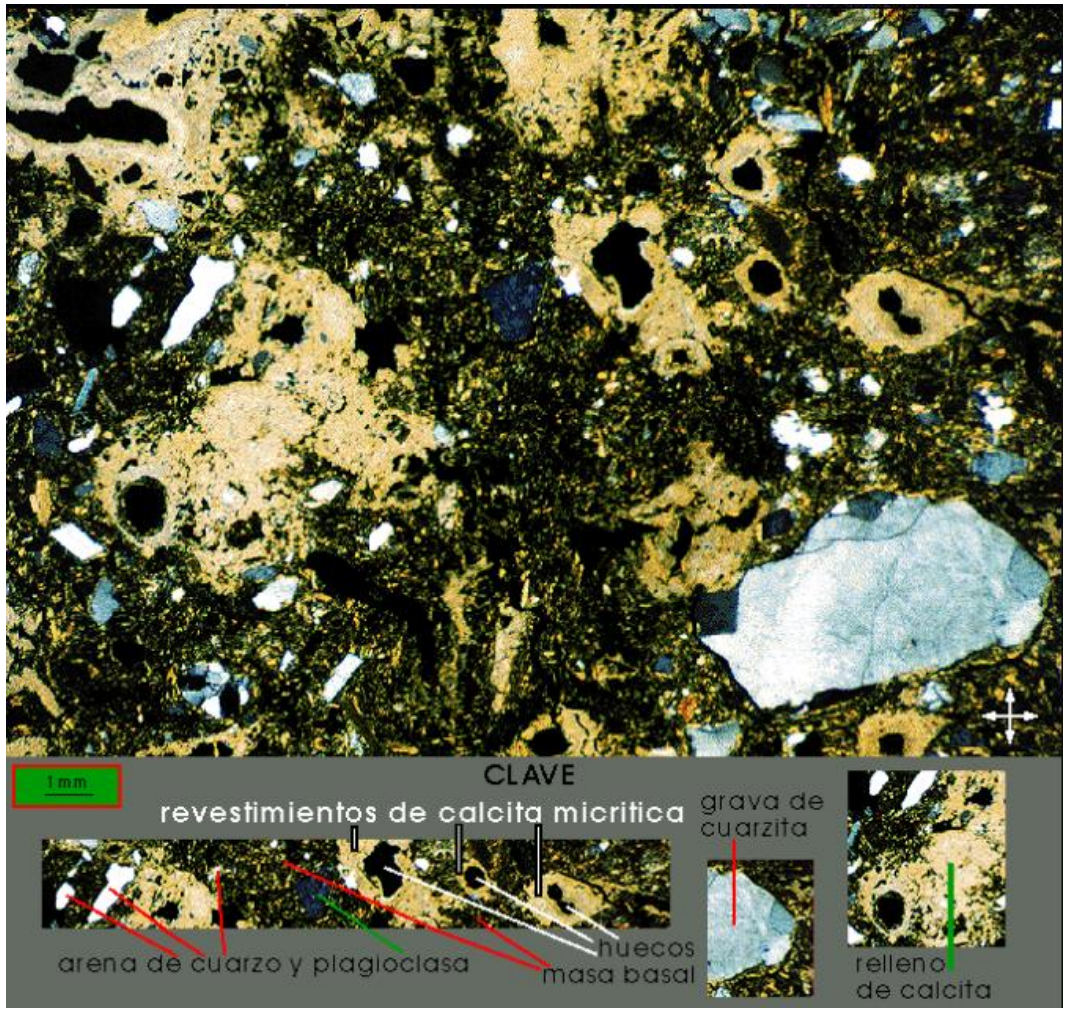
3. Arquitetura da matriz

1. Estrutura química dos minerais e cations em solução

- Encapsulamento por carbonato ($CaCO_3$);
- Ligações Ca-sustâncias orgânicas;
- Efeitos do Ca^{2+} na floculação de argila;
- Efeito do Na^{2+} na dispersão de argila;
- Efeito dos óxidos de Fe e Al.

Efeito do carbonato





Fonte: C. Dorronsoro Fdez, 2020

Efeito dos íons bivalentes

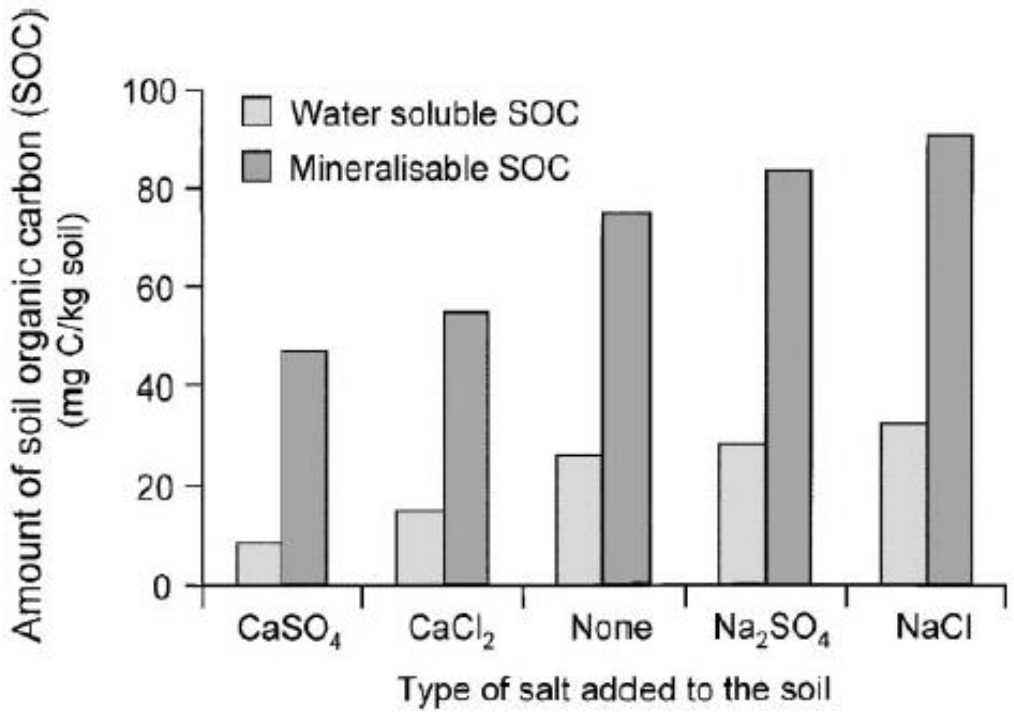
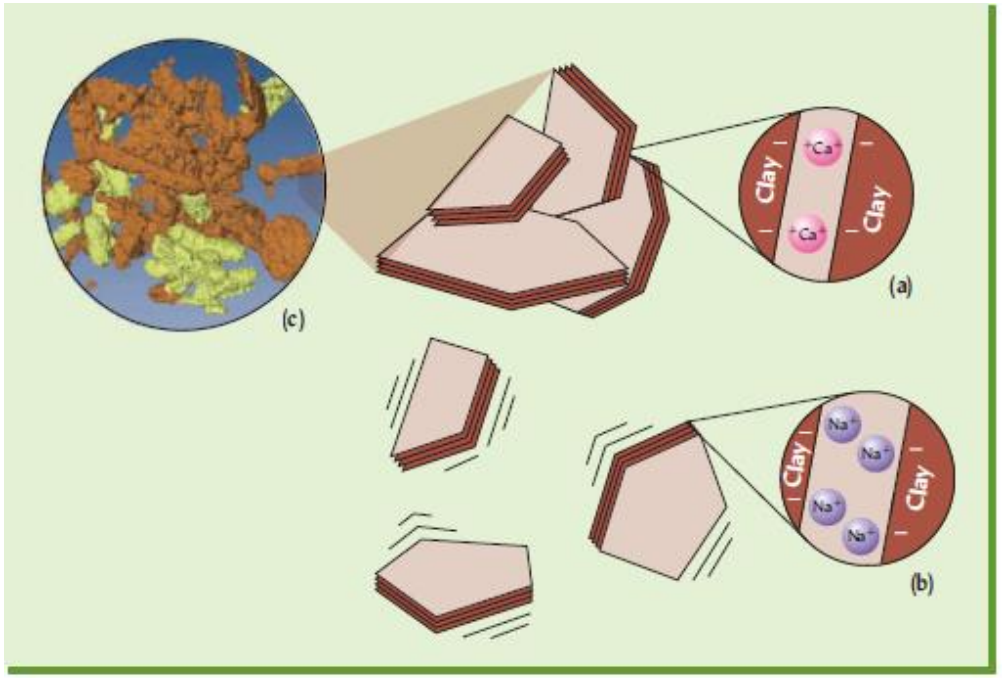


Fig. 2. Influence of adding calcium and sodium salts on the amounts of water soluble and mineralisable soil organic carbon during a 45 day incubation (Sokoloff, 1938).



Fonte: R. Weil & N. Brady, 2017

Efeito dos compostos e íons de Fe e Al

- Alofanas: estruturas minerais amorfas presentes principalmente em solos desenvolvidos sobre cinzas vulcânicas;
- A interação entre alofanas e MOS forma compostos relativamente estáveis, principalmente com frações maiores da MOS e tecidos microbianos;
- Fe-amorfo e íons Fe^{3+} tem mesmo efeito, mas não tão significativo.

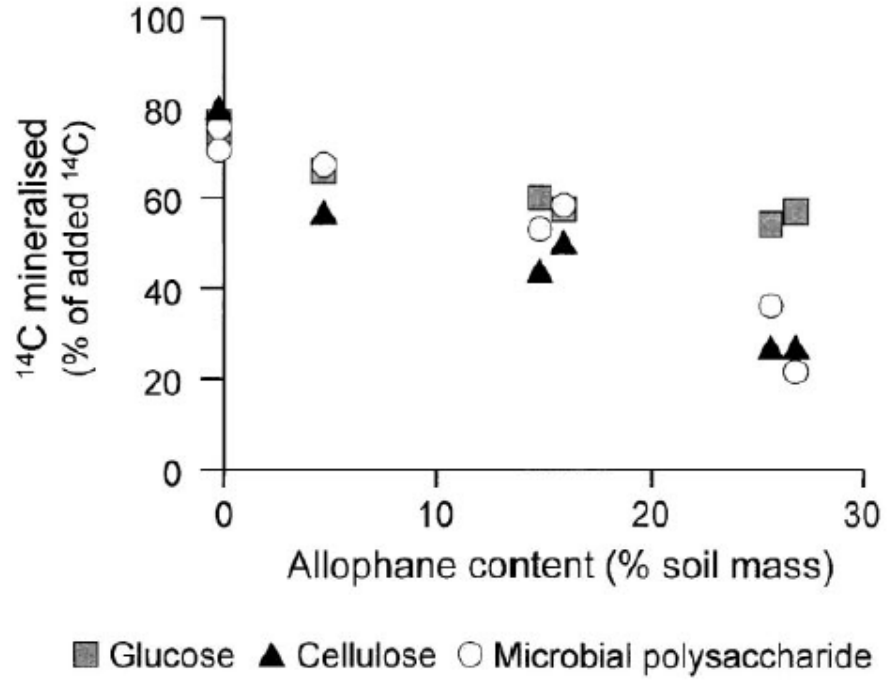


Fig. 4. Influence of allophane content on the amount of ^{14}C-labelled glucose, cellulose and microbial polysaccharide carbon that was mineralised in a laboratory incubation (Zunino et al., 1982).

Fonte: SiBCS, 2018

2.Estrutura física e Área Superficial Específica dos minerais

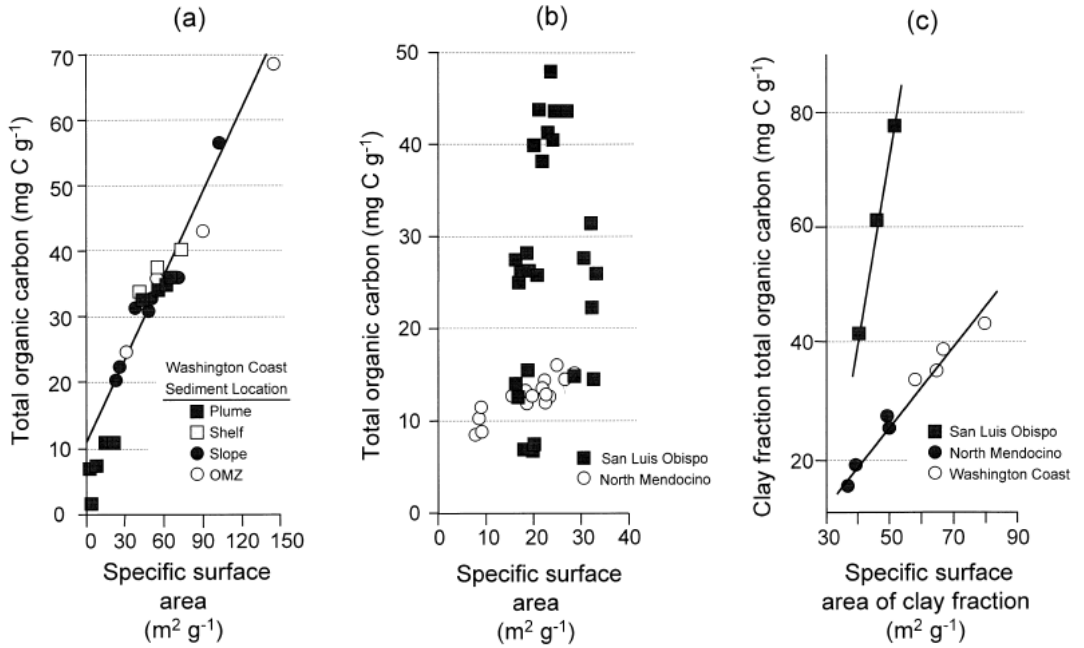
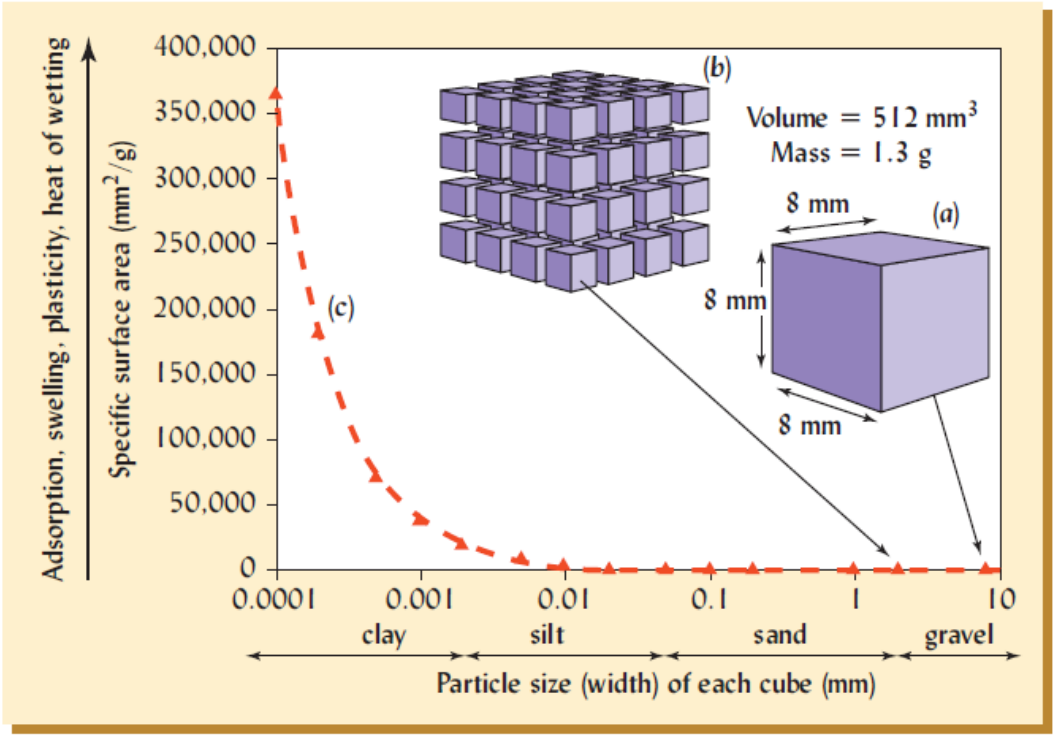


Fig. 7. (a) Correlation between surface area and total organic carbon content of marine sediments collected from the Washington continental margin (data from Keil et al., 1994, figure modified from Ransom et al., 1998). (b) Correlation between surface area and total organic carbon of marine sediments collected from transects off the California continental margin (modified from Ransom et al., 1998). The San Luis Obispo samples had >21% smectite (average ~26%) and the North Mendocino samples had <13% smectite (average ~8%). (c) Relationship between total organic C content of the clay fraction and surface area of the clay fraction for the California and Washington continental margin sediments (modified from Ransom et al., 1998).



Fonte: R. Weil & N. Brady, 2017

3. Arquitetura da matriz

POROSIDADE

- Influencia disponibilidade de oxigênio e água;
- Barreira física ao acesso dos microrganismos a MOS.

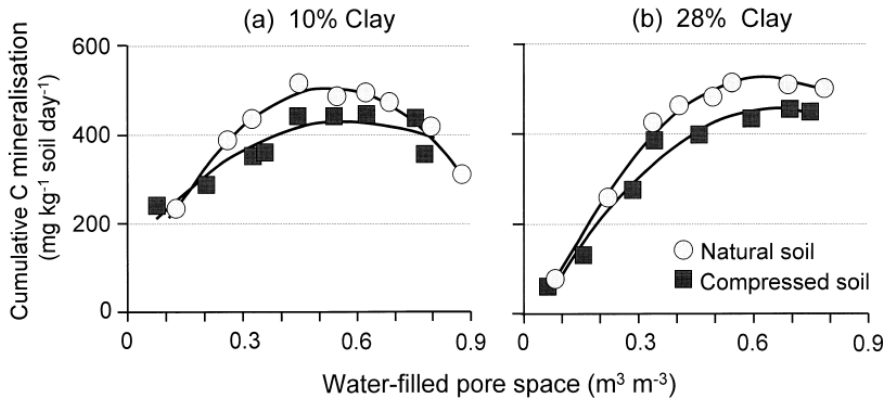
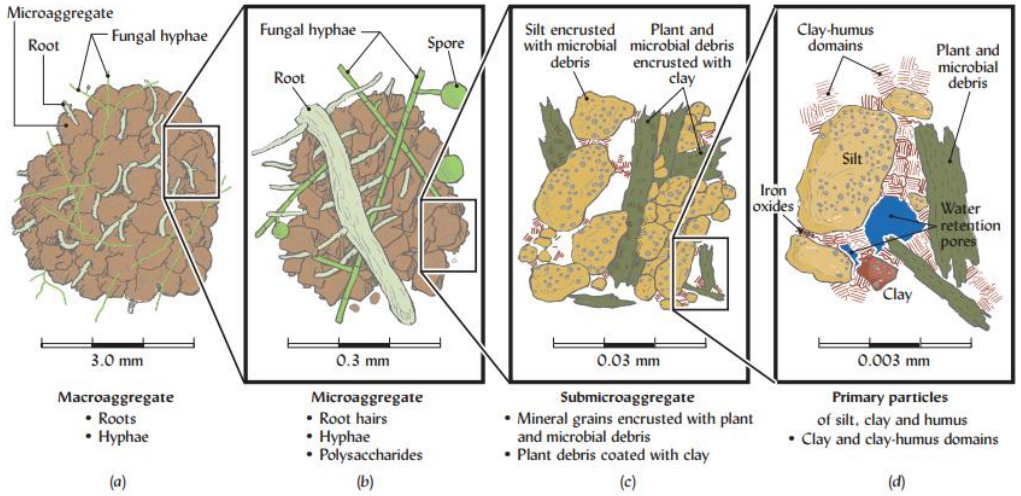


Fig. 8. Changes in mineralisation of C with changes in air-filled porosity and for uncompressed and compressed soils with (a) 10% clay and (b) 28% clay (modified from Franzluebbers, 1999).

AGREGAÇÃO

- Efeito do encapsulamento;
- Dependente da estabilidade dos agregados.



Fonte: R. Weil & N. Brady, 2017

Capacidade dos solo minerais em proteger a matéria orgânica

- A quantidade de MOS protegida pelos mecanismos é **limitada**;
- A proporção de MOS protegida/MOS adicionada depende do estado da capacidade de saturação:
  - Solo saturado X não saturado
- Um tipo específico de MOS só será substituído por outro similar na interação com a fração mineral.

Fonte: SiBCS, 2018

Implicações da proteção nas características químicas da MOS

- Os mecanismos de proteção só atuam nos solos minerais;
- Em solos orgânicos, o tempo de residência é regido pela recalcitrância e as características estruturais da MOS dependem dos microrganismos presentes no meio;
- A presença dos mecanismos de proteção altera a composição química da MOS.

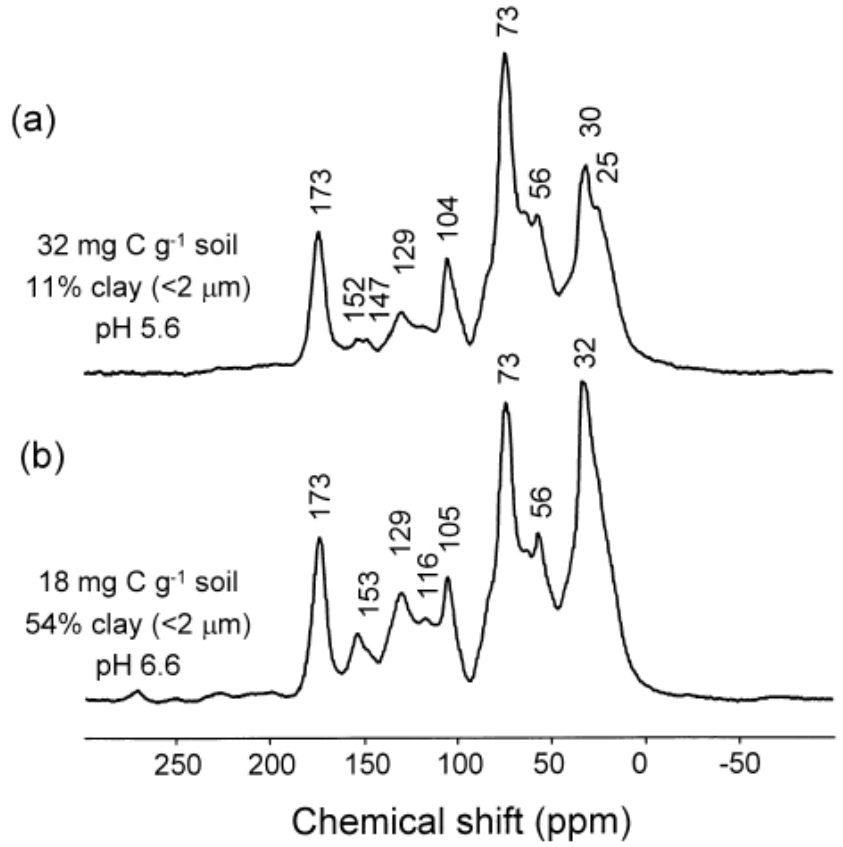


Fig. 10. Solid-state ^{13}C NMR spectra acquired for two Australian soils with (a) 11% clay and (b) 54% clay.

CONCLUSÕES

- Os minerais e o arranjo das partículas do solo influenciam no conteúdo de MOS por meio de mecanismos de proteção;
- Mecanismos de proteção tem capacidades limitadas;
- Mecanismos de proteção variam de acordo com as propriedade químicas do solo, tamanho, da mineralogia e do arranjo das partículas e da porosidade do solo;
- Determinação da capacidade de proteção deve considerar o impacto das metodologias sobre os mecanismos;
  - Fracionamento físico interfere na determinação da contribuição dos mecanismos de encapsulamento;
  - Não recomenda-se o uso de fracionamentos químico para essa avaliação;
- Cada mecanismo pode atuar em mais de um componente da fração orgânica;
- A composição da fração orgânica depende da intensidade de atuação de cada mecanismo de proteção.

REFERÊNCIAS

BALDOCK, J.a; SKJEMSTAD, J.o. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, [s.l.], v. 31, n. 7-8, p. 697-710, jul. 2000. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/s0146-6380(00)00049-8.

ERNÁNDEZ, E.; DORRONSORO-FDEZ, C.; AGUILAR, J.; DORRONSORO, B.; STOOPS, G.; DÍAZ, C. Dorronsoro. **Carbonatos En Suelos**: Programa sobre el proceso de acumulación y lavado de los carbonatos y de los rasgos resultantes de su actuación en los suelos. Disponível em: http://edafologia.ugr.es/carbonat/revest.html. Acesso em: 29 abr. 2020

SANTOS, H. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 590 p.

WEIL, Ray R. BRADY, Nyle C.. **The nature and properties of soils.** 15. ed. London: Pearson Education, 2017. 1105 p.

OBRIGADO!