



The contentious nature of soil organic matter

(A natureza controversa da matéria orgânica do solo)

Johannes Lehmann & Markus Kleber

Bruna Emanuele Schiebelbein
Luiza Pecci Canisares

The contentious nature of soil organic matter

Johannes Lehmann^{1,2*} & Markus Kleber^{3,4*}

The exchange of nutrients, energy and carbon between soil organic matter, the soil environment, aquatic systems and the atmosphere is important for agricultural productivity, water quality and climate. Long-standing theory suggests that soil organic matter is composed of inherently stable and chemically unique compounds. Here we argue that the available evidence does not support the formation of large-molecular-size and persistent ‘humic substances’ in soils. Instead, soil organic matter is a continuum of progressively decomposing organic compounds. We discuss implications of this view of the nature of soil organic matter for aquatic health, soil carbon-climate interactions and land management.

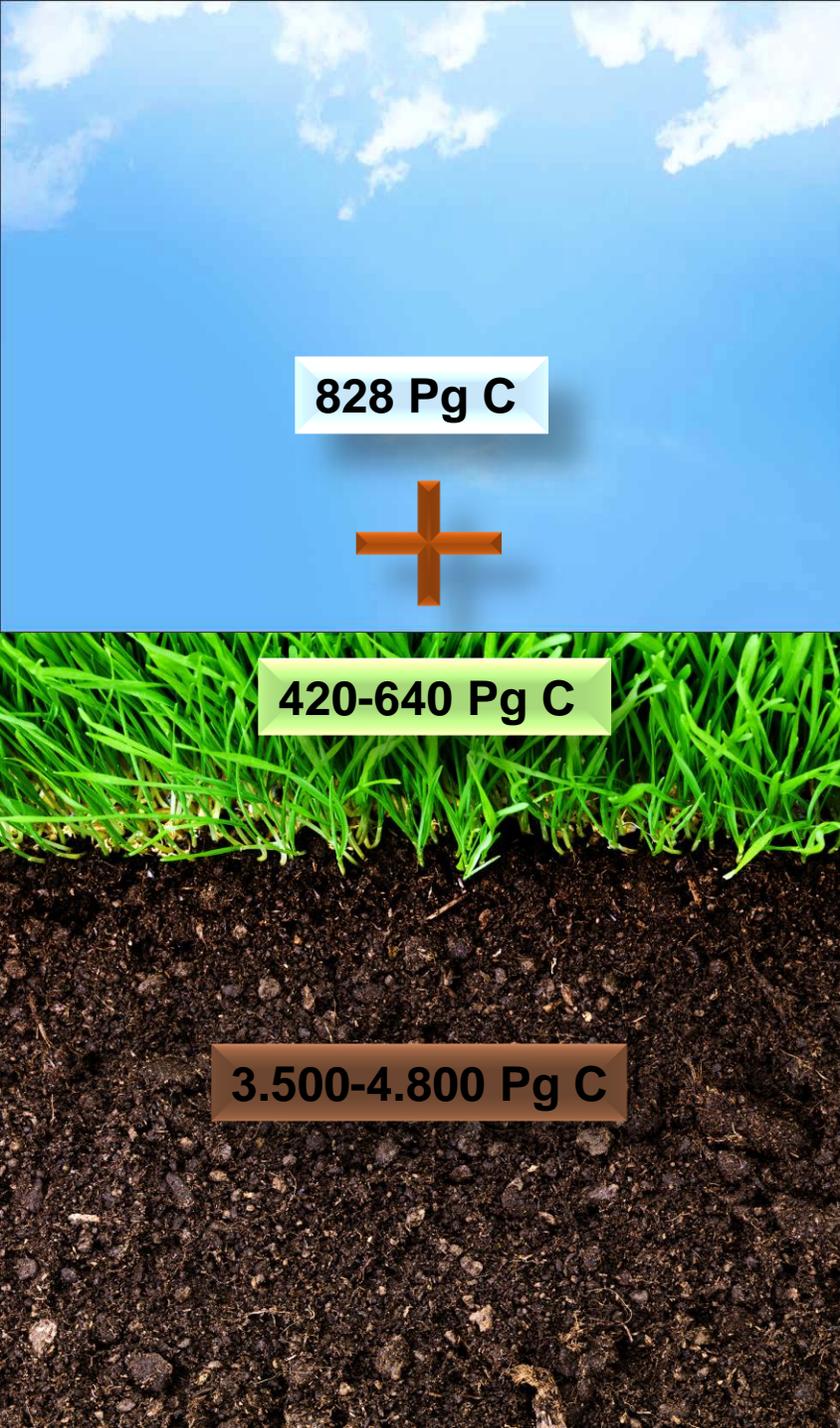
Soil organic matter contains more organic carbon than global vegetation and the atmosphere combined (Fig. 1). For this reason, the release and conversion into carbon dioxide or methane of even a small proportion of carbon contained in soil organic matter can cause

Traditional view

Relies on organic matter quality for prediction of emissions; assumes greater temperature sensitivity of persistent organic

Traditional view

Applies solubility in alkaline solution as criterion; over- or underestimates reactivity in water (e.g. during straddling

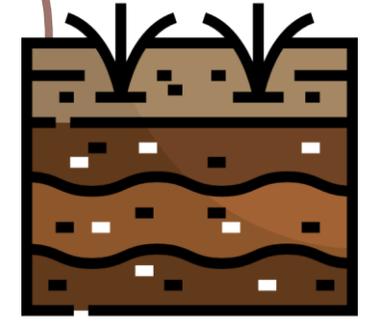


[Dificuldade de estudar a natureza da MOS]

Processos químicos, físicos e biológicos



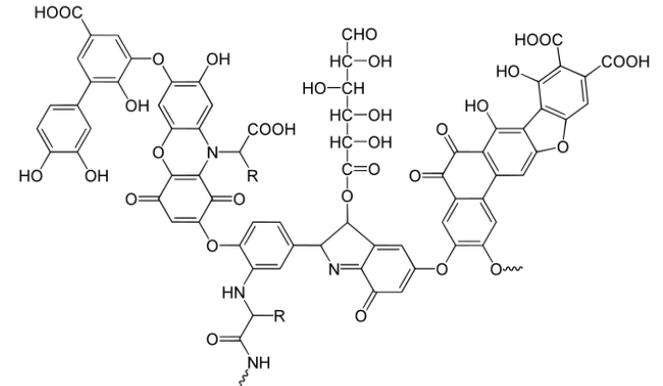
Matéria orgânica do solo (MOS)



Fração mineral

- Retém nutrientes
- Retém poluentes
- Crescimento das plantas
- Qualidade da água
- Carbono Aquático

Humificação



Substancias húmicas

Recalcitrantes

Não observadas em técnicas analíticas modernas

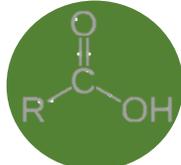
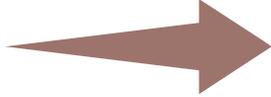
Modelo de continuidade do solo (MCS)

Acesso de organismos decompositores a MOS

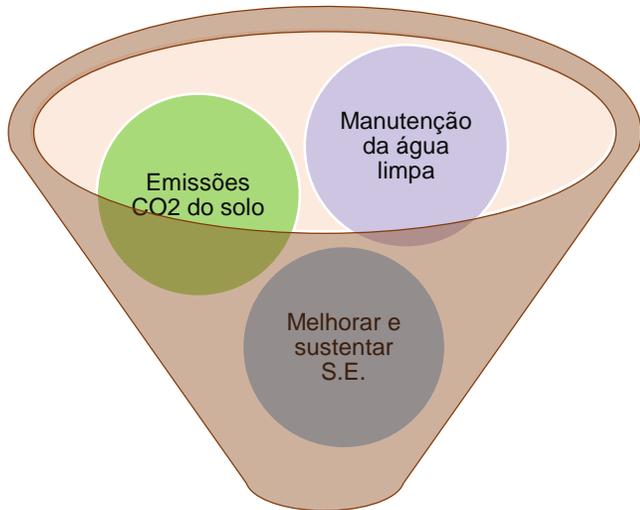
Proteção da MOS pelos minerais do solo



Planta



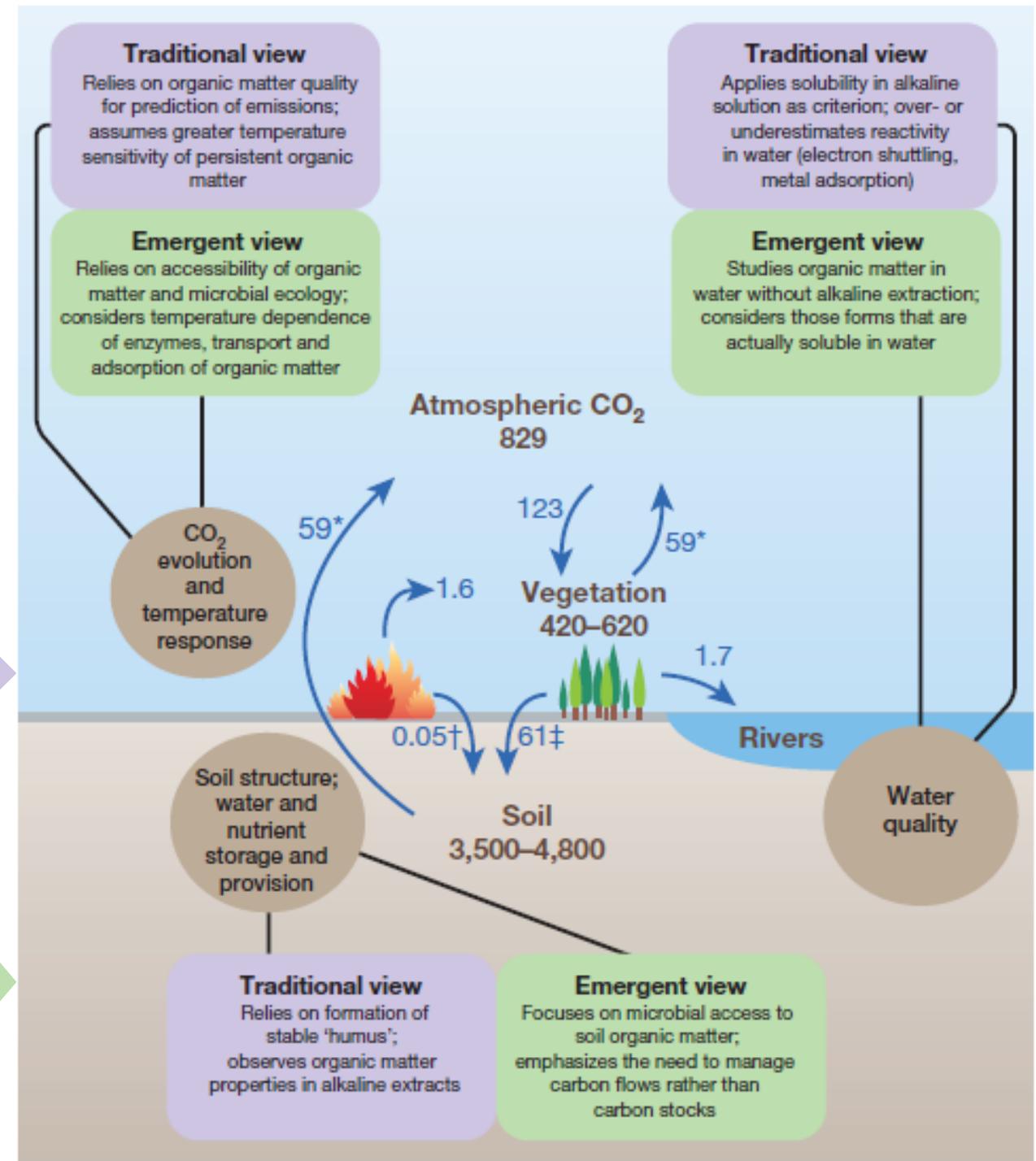
Ác. carboxílicos



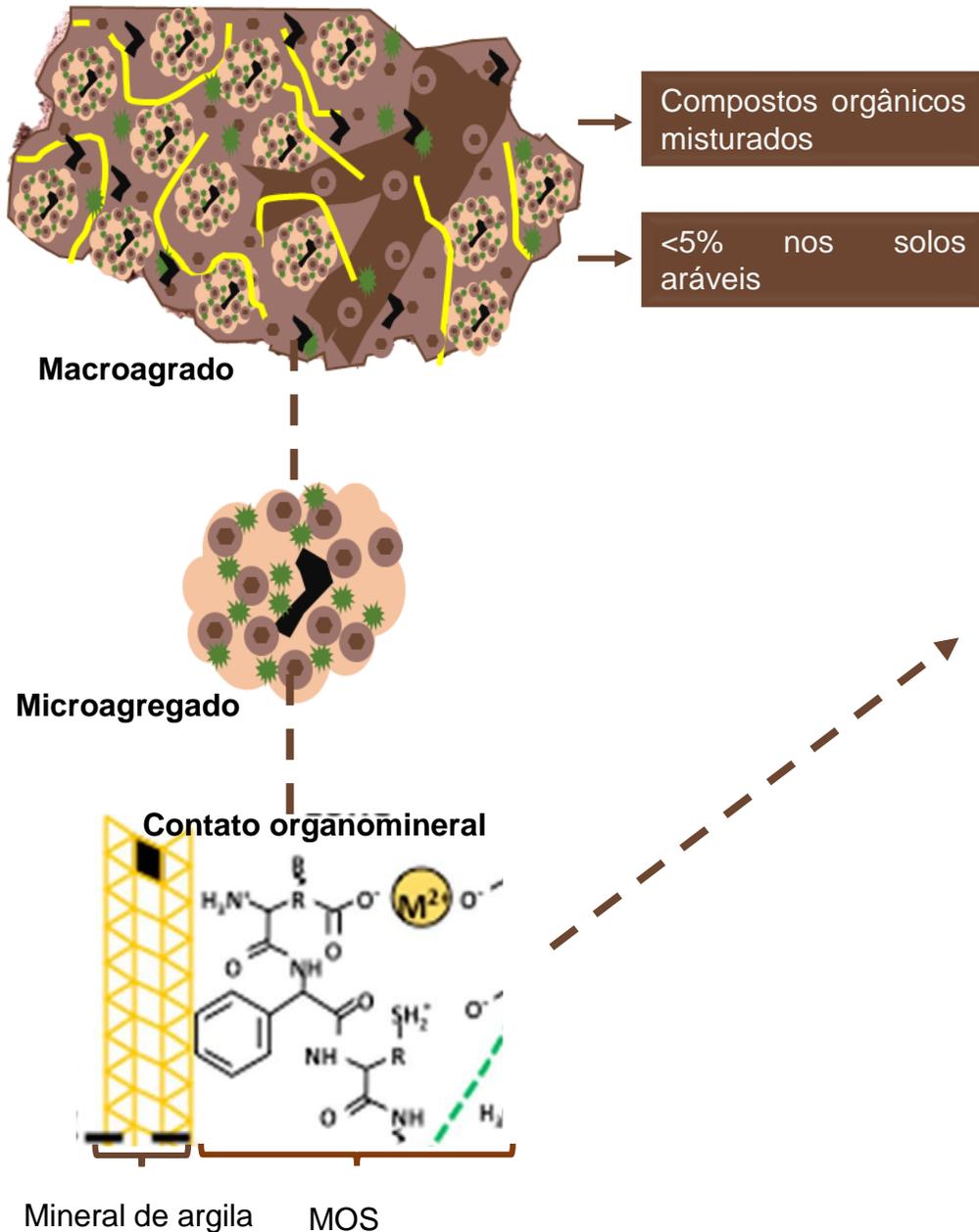
Abordagens conceituais e mecanicistas

Solubilidade em meio alcalino

Solubilidade em água e acessibilidade aos organismos

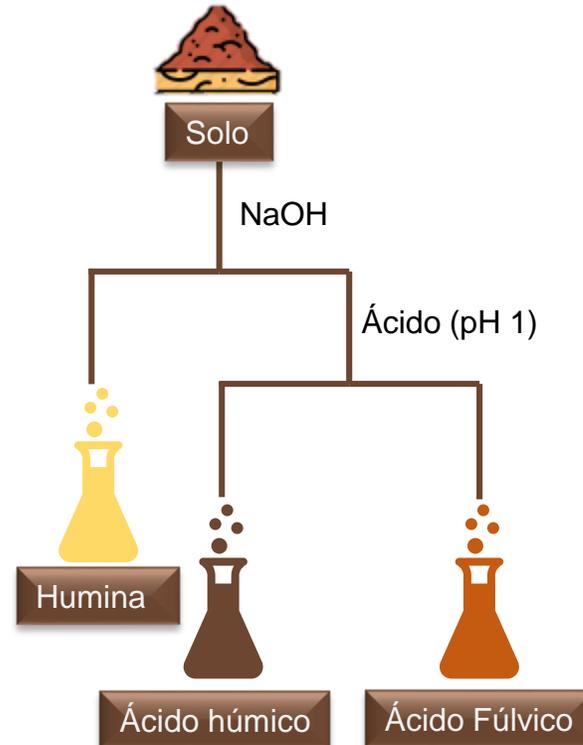


Confiança histórica em um proxy operacional



Antes de 1990

- Separação da fase mineral da fase orgânica;
- Extração alcalina;
- Propensão a criação de artefatos;
- Procedimento amplamente utilizado.



Abordagem tradicional do estudo de matéria orgânica do solo

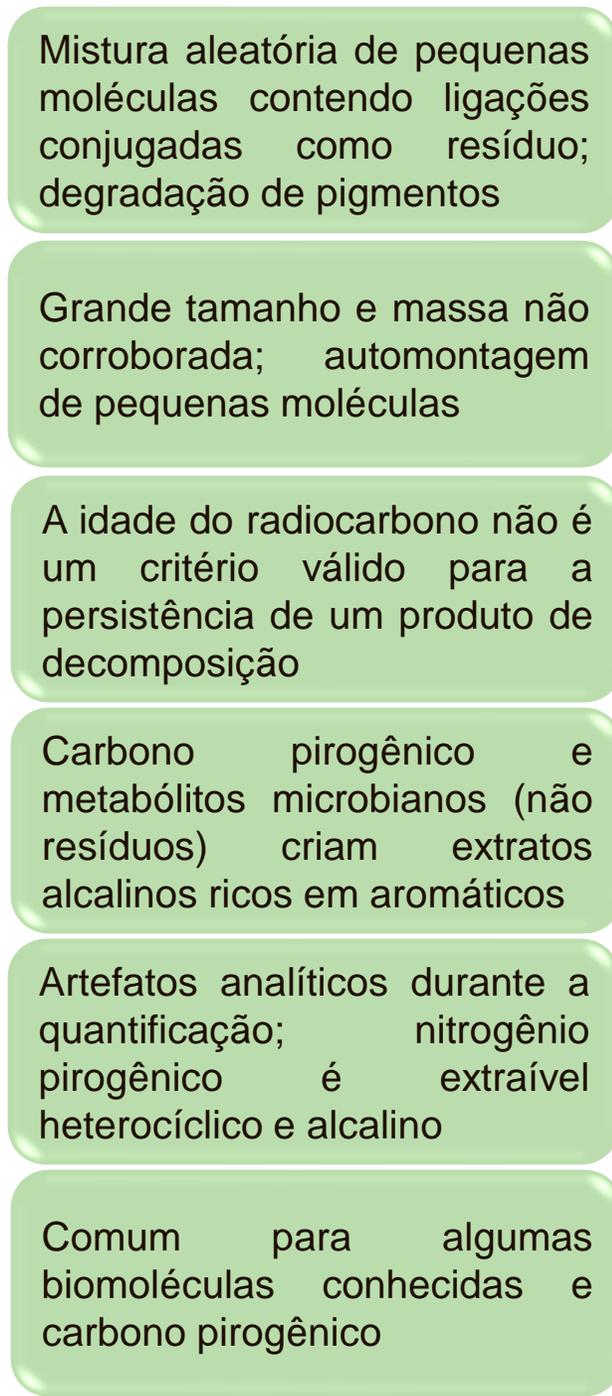
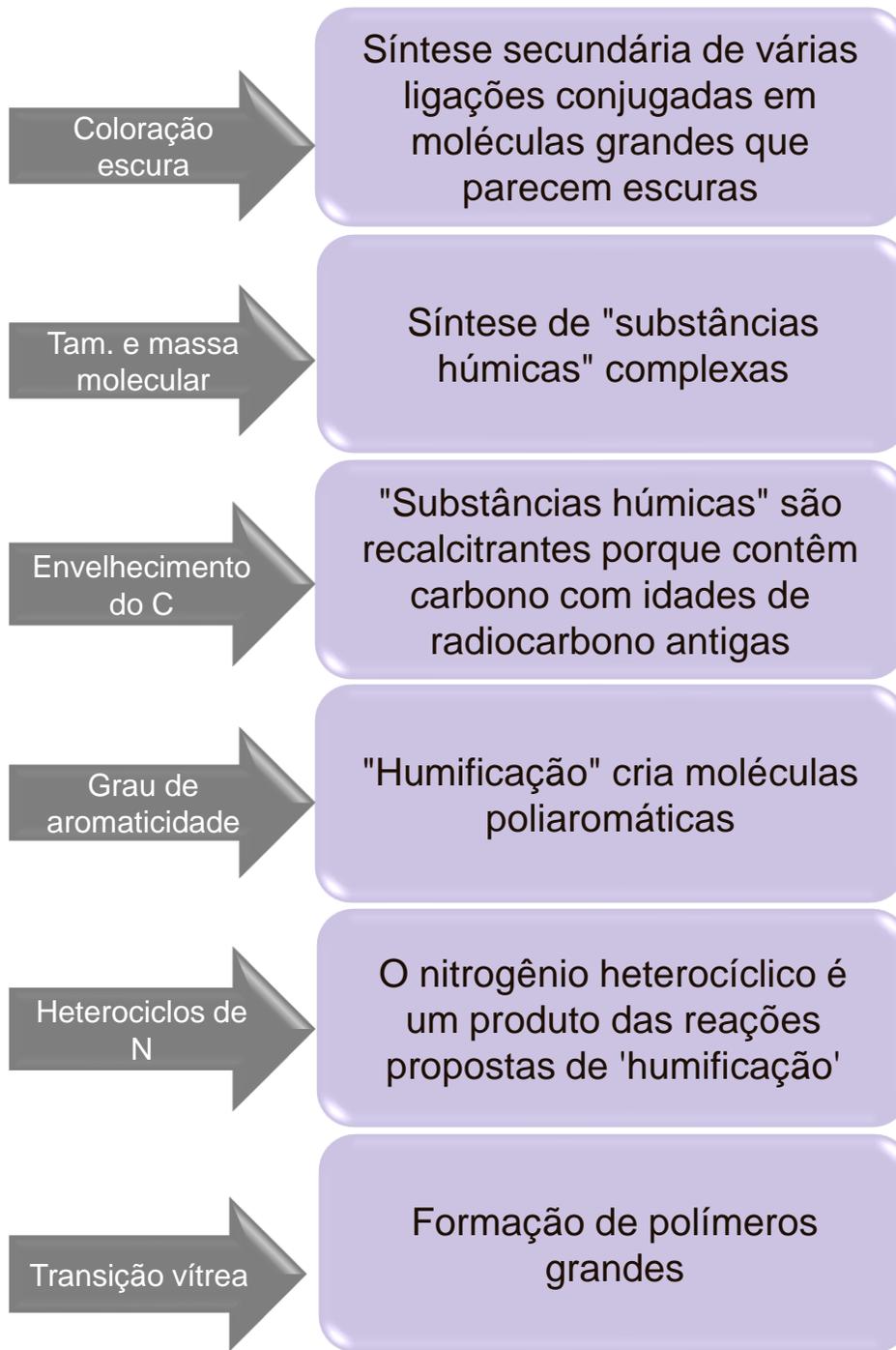
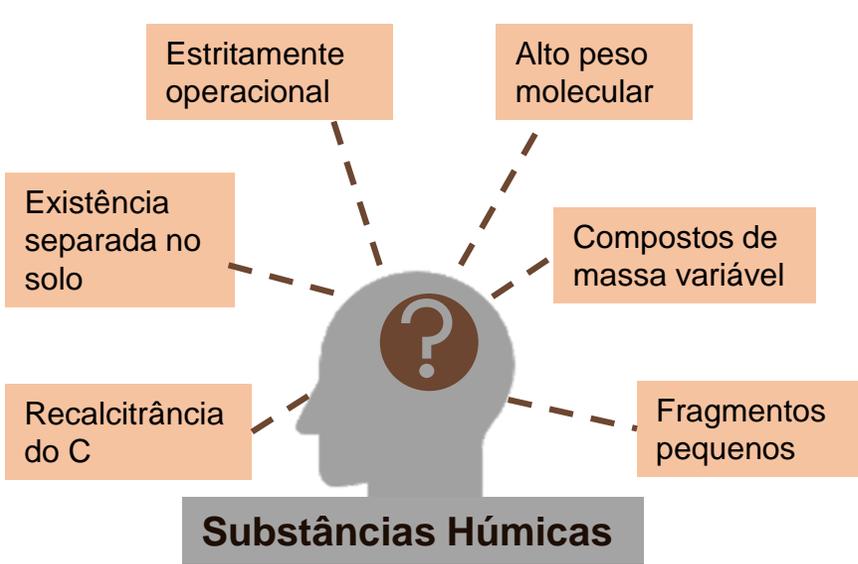
1. Extração incompleta (50-70% C em formas de Humina);

2. Extraí a biomassa viva microbiana, MOS dissolvida, folhas e raízes não decompostas

3. Dissociação de compostos que não se dissociam naturalmente no solo (pH 3,5-8,5)

4. Tentativa de explicar a formação das S.H. operacionalmente definidas;

5. Produtos de síntese sem vínculo com a extração alcalina.

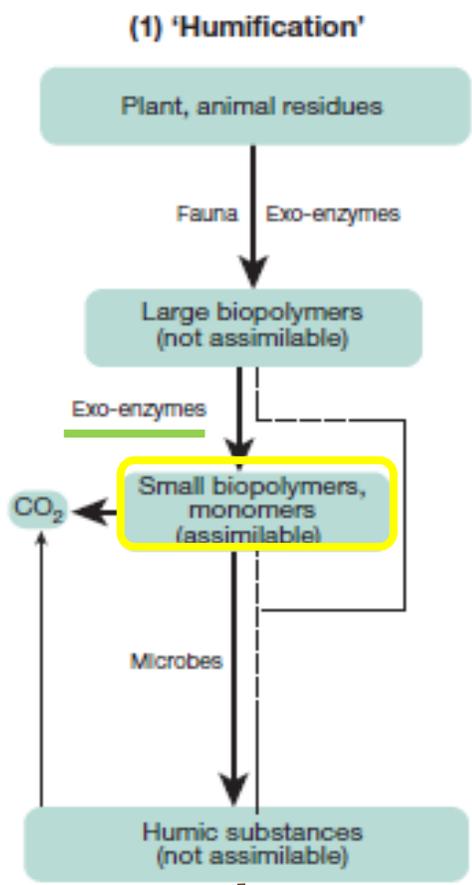


Conciliando modelos de matéria orgânica do solo

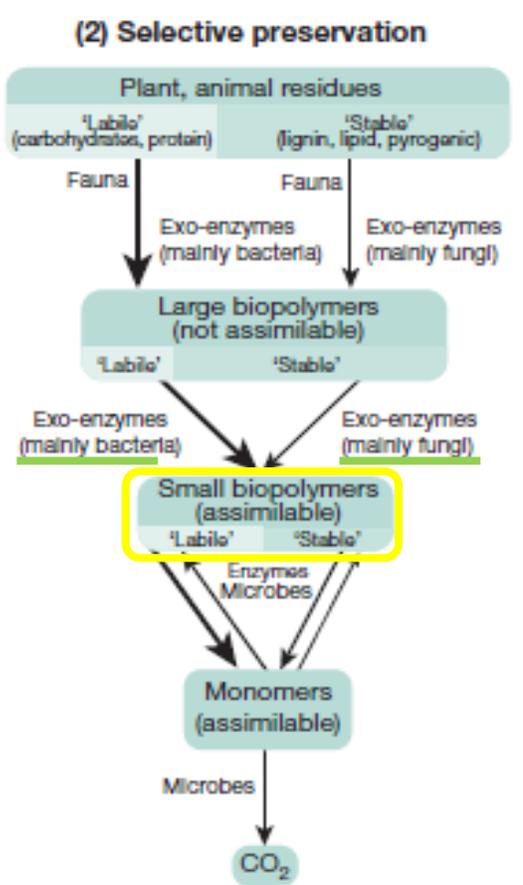
Destino do C no solo



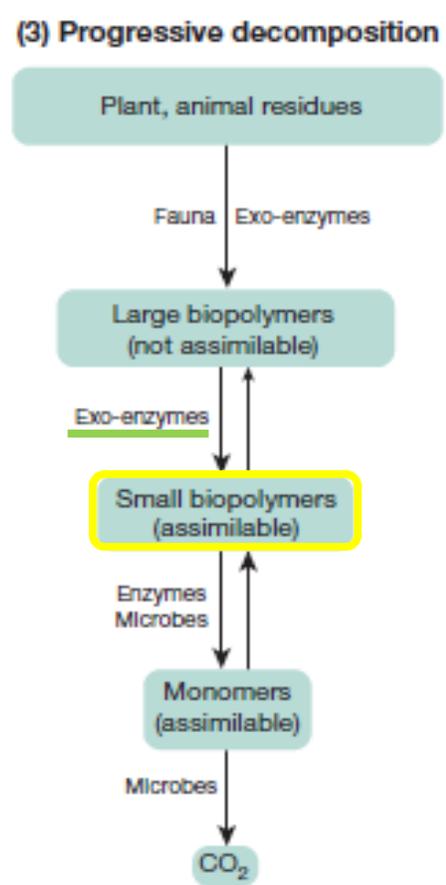
Competing views



Molecular size
Aromaticity, oxidation, complexity



Molecular size



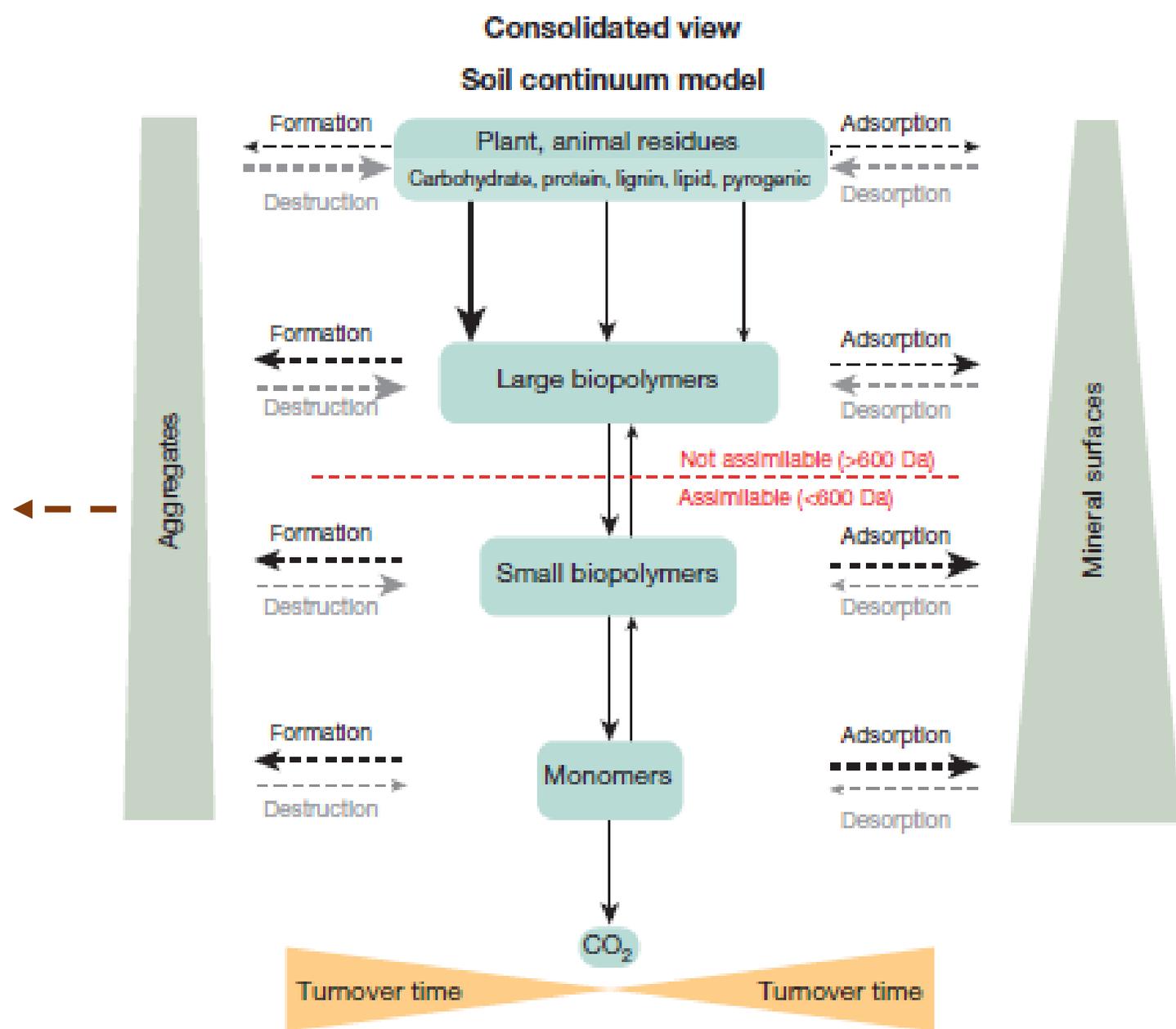
Molecular size
Oxidation

- Mais antigo;
- Decomposição - macromoléculas ricas em C e N, resistente a decomposição, mais antiga que a MOS;
- Substâncias ecologicamente úteis(CTC).

- MOS (lábil e recalcitrante);
- Lignina decomposta nos primeiros estágios de decomposição;
- Facilmente acessível e presença de pequenas moléculas orgânicas como fonte de energia para mineralização da lignina.

- Fragmentos orgânicos e produtos microbianos de diferentes tamanhos e estágios de decomposição;

- Fatores físicos, químicos e biológicos controlam o turnover do C;
- MOS = continuidade de fragmentos orgânicos que são continuamente processados pela comunidade decompositora em tamanhos moleculares;
- Decomposição = diminuição de tamanho, aumento nos grupos polares e ionizáveis (solubilidade em água), aumento da proteção nos agregados e reatividade com os minerais do solo;
- Interação dos compostos orgânicos com os minerais do solo (adsorção) governada pela comunidade microbiana;
- Variações no turnover time de compostos orgânicos (organismos decompositores, energia requerida, abundância de superfícies minerais);
- É possível analisar as propriedades da matéria orgânica *em situ* sem a utilização do modelo de humificação (S.H.)



Modelagem de carbono do solo

Solo pode ser dividido em reservatórios que tem diferentes turnover time.

Turnover time associado aos reservatórios individuais de C, influenciados pela proteção física e resistência a decomposição.

Modelos que contemplam a fração humus ocasionam em uma falta de representação mecanicista do processo de decomposição.

No futuro...

Programas devem contemplar a continuidade e a proteção dos compostos orgânicos

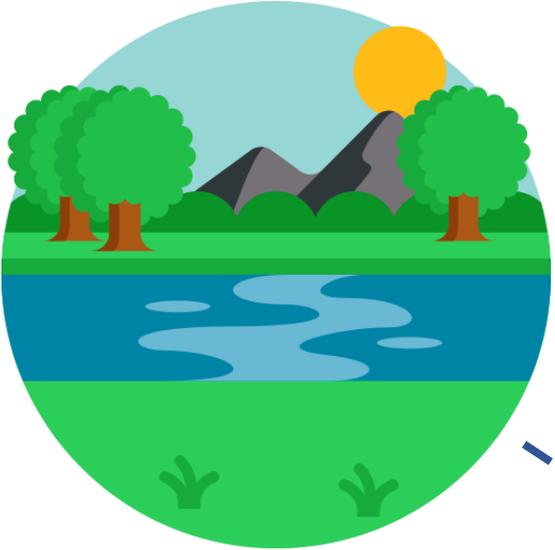
modelos que forneçam visão aprofundada acerca do acesso microbiano ao COS, incluindo espaço e arquitetura do solo

Century e RothC



Sistemas aquáticos

MOS maior fonte de C nos rios, lagos e estuários.



Altas proporções de C nos rios é mineralizada e emitida para atm. como CO₂ ou retida em sedimentos oceânicos e fluviais.

Persistência e movimentação dos compostos orgânicos dependerá da proteção por minerais, solubilidade na água e degradação microbiana.

Ácidos Húmicos utilizados na biorremediação anaeróbica

No futuro...

Para o tratamento da água, devem ser utilizados compostos orgânicos originados da decomposição natural

O tratamento da água precisa se tornar mais previsível, porque a contaminação futura incluirá inevitavelmente novos produtos farmacêuticos ou nanopartículas dos quais temos conhecimento limitado.

Agricultura



MOS atua na fertilidade do solo, retenção de água, nutrientes e formação da estrutura do solo.

Construção/ manutenção do reservatório de húmus estável?

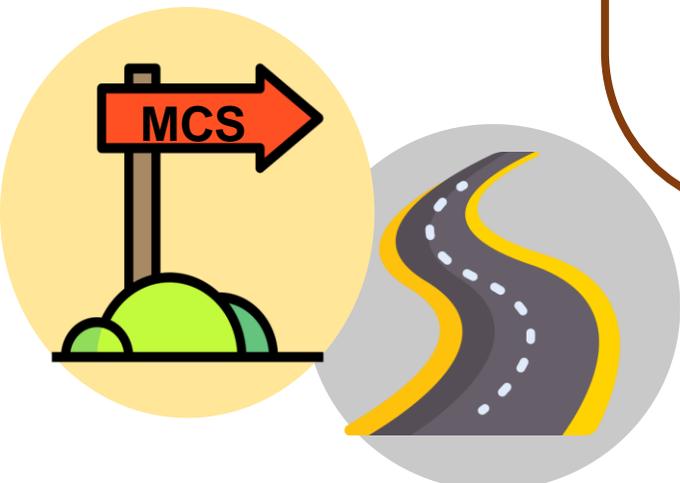
O conhecimento sobre o modelo de continuidade de decomposição da MOS sugere que o gerenciamento é mais importante que o acúmulo

No futuro...

Entendimento sobre a interação da MOS com metais pesados e produtos farmacêuticos

Pesquisa e desenvolvimento de produtos oriundos de compostos orgânicos solúveis em água para gerenciar a saúde do solo.

- Necessidade do abandono do modelo de “humificação” e da linguagem “húmica”;
- Modelagem: modelos que estão embasados na teoria da “humificação” devem cair em desuso;
- Em pesquisas futuras, extratos alcalinos não devem ser utilizados para extrair a MOS, essa extração deve ser substituída por abordagens que contemplem a real solubilidade no solo, rios ou água do oceano;
- Modelos baseados em reservatórios devem ser substituído por modelos baseados na solubilidade da MOS e arquitetura espacial, afim de melhorar a previsão do clima e avaliações regionais e globais dos recursos e vulnerabilidade do solo.





Grata pela atenção!

Bruna & Luiza