

LSN5897 - Matéria Orgânica do Solo

# Seminário Artigo

Aline Martineli Batista

Amanda Duim Ferreira

Gustavo Pereira Valani

Tamires Teles de Souza



## The contentious nature of soil organic matter

Johannes Lehmann<sup>1,2\*</sup> & Markus Kleber<sup>3,4\*</sup>

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.

<sup>1</sup>Soil and Crop Sciences, School of Integrated Plant Sciences, College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, New York, USA. <sup>2</sup>Atkinson Center for a Sustainable Future, Cornell University, Ithaca, New York, USA. <sup>3</sup>Department of Crop and Soil Science, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA. <sup>4</sup>Institut für Bodenlandschaftsforschung, Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg, Germany.

\*These authors contributed equally to this work.

### Visão Tradicional

Depende da qualidade da matéria orgânica para previsão de emissões

### Visão emergente

Depende da acessibilidade da matéria orgânica e ecologia microbiana

### Visão Tradicional

Solubilidade em solução alcalina como critério

### Visão emergente

Estudos de matéria orgânica em água sem extração alcalina

Liberação de CO<sub>2</sub> e resposta de temperatura

Estrutura do solo; armazenamento de água e nutrientes

Qualidade da água

CO<sub>2</sub> Atmosférico  
829

59\*

123

59\*

1.6

Vegetação  
420-620

0,05†

61†

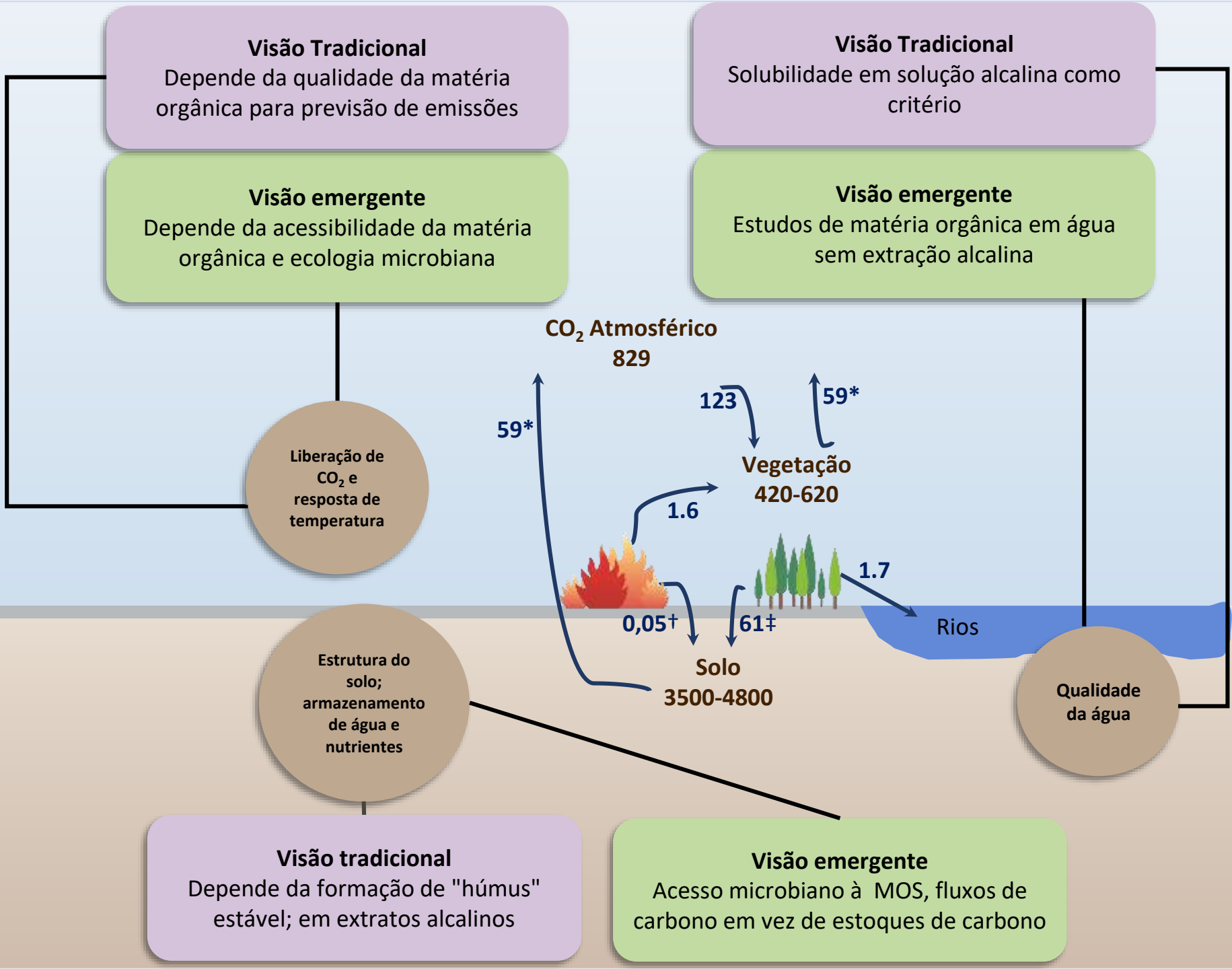
Solo  
3500-4800

1.7

Rios

**Visão tradicional**  
Depende da formação de "húmus" estável; em extratos alcalinos

**Visão emergente**  
Acesso microbiano à MOS, fluxos de carbono em vez de estoques de carbono



# Contexto histórico

1888

Preocupações que as preparações alcalinas não representavam a matéria orgânica

1938

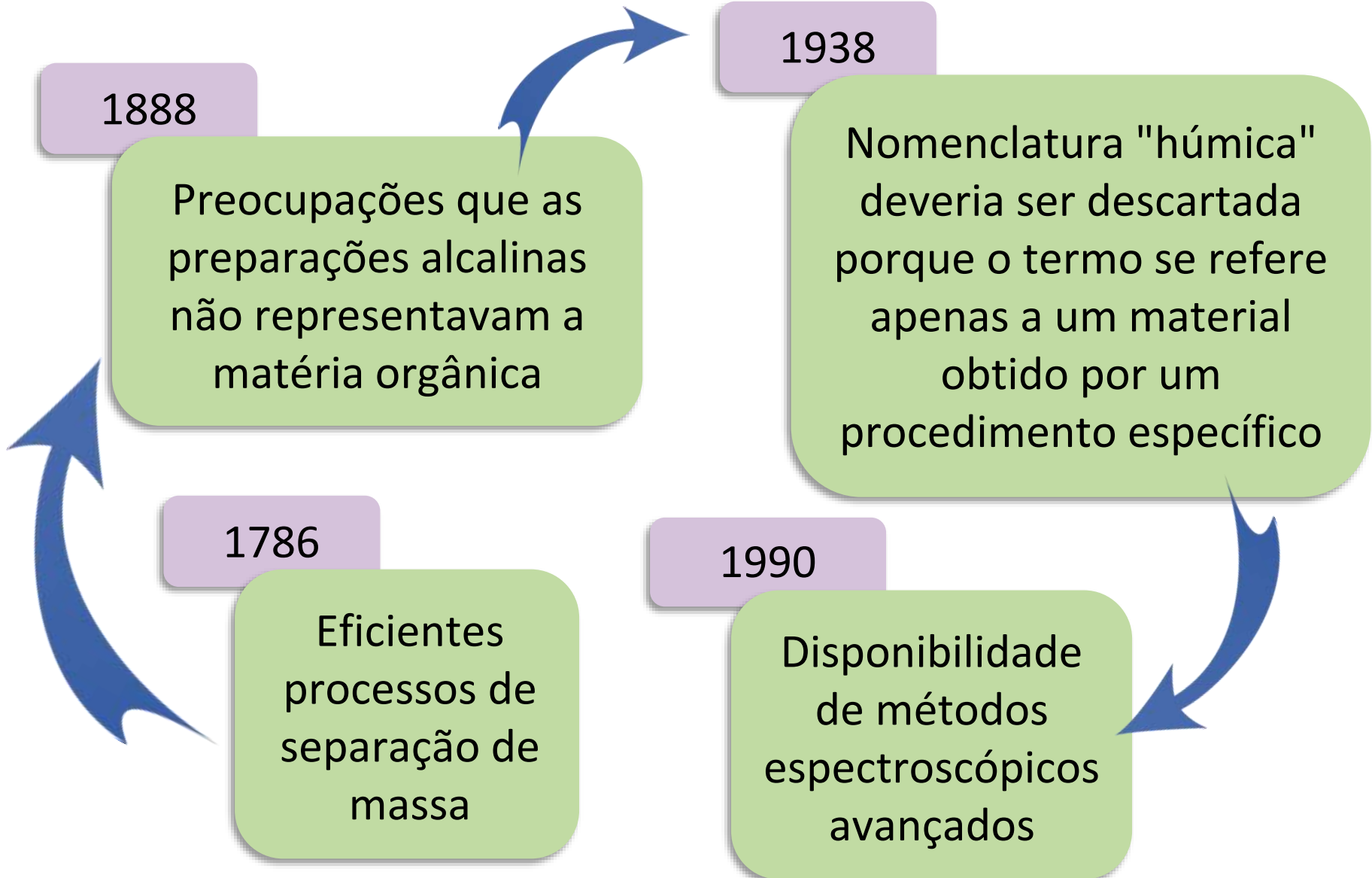
Nomenclatura "húmica" deveria ser descartada porque o termo se refere apenas a um material obtido por um procedimento específico

1786

Eficientes processos de separação de massa

1990

Disponibilidade de métodos espectroscópicos avançados



# Modelos da MOS

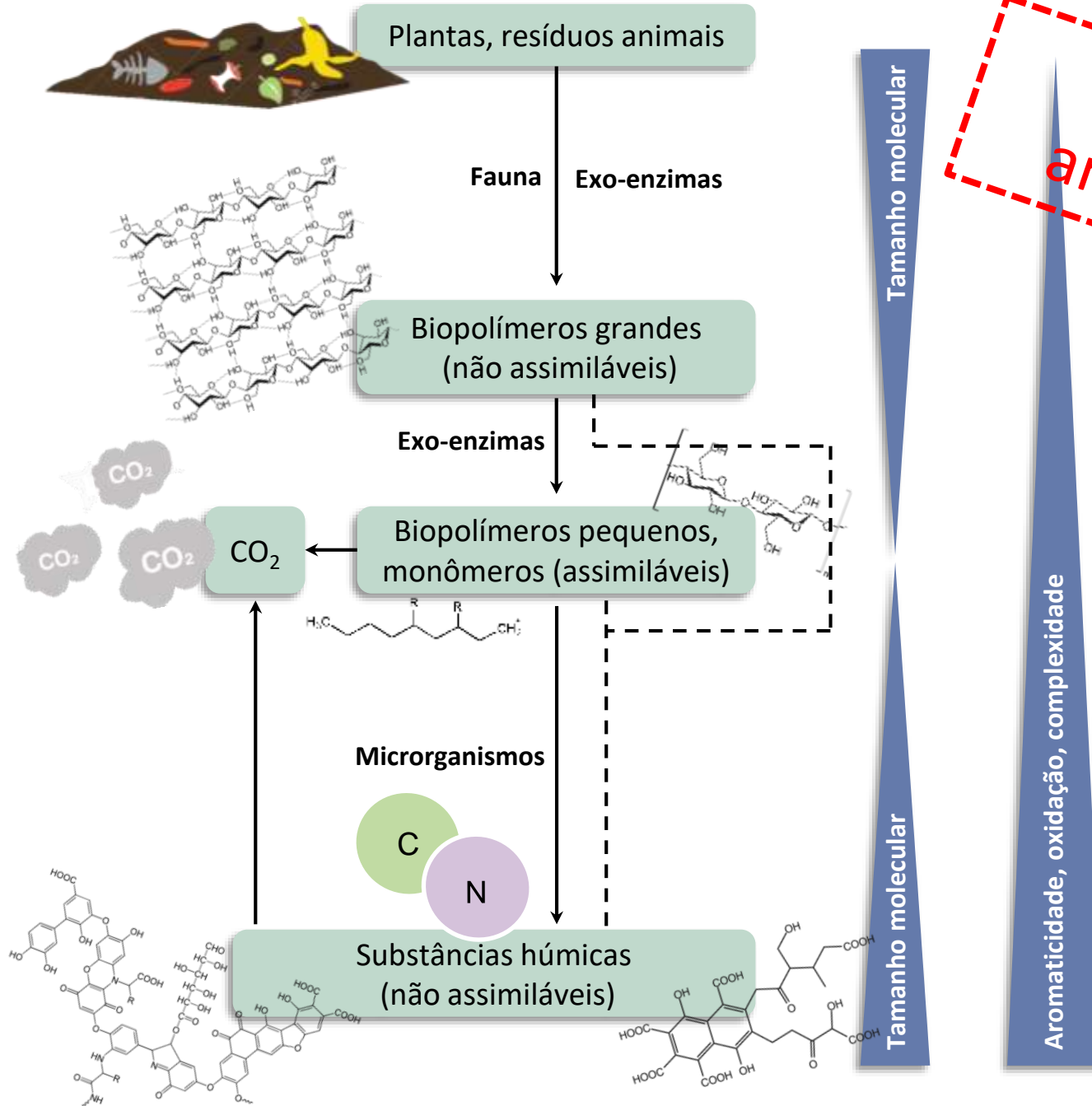
1. Humificação

2. Preservação seletiva

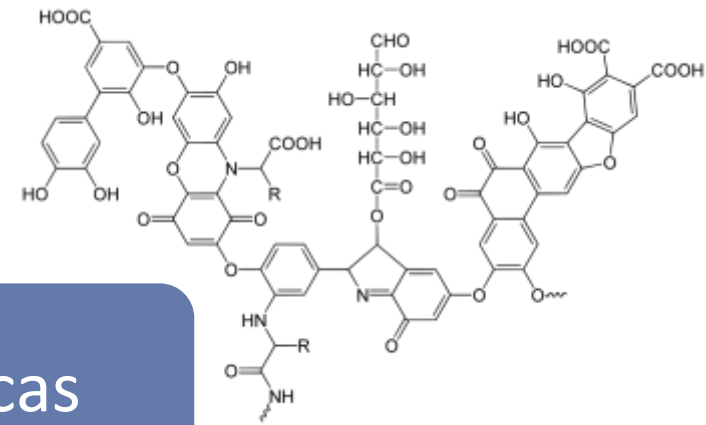
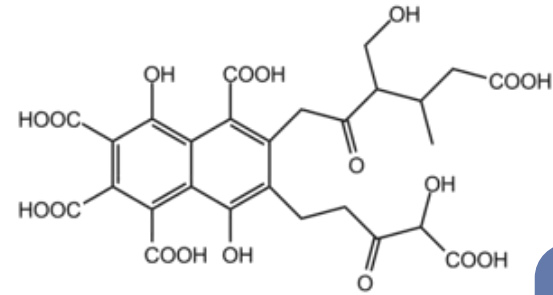
3. Decomposição progressiva



# 1. Humificação



# 1. Humificação



## Substâncias húmicas

### Prós

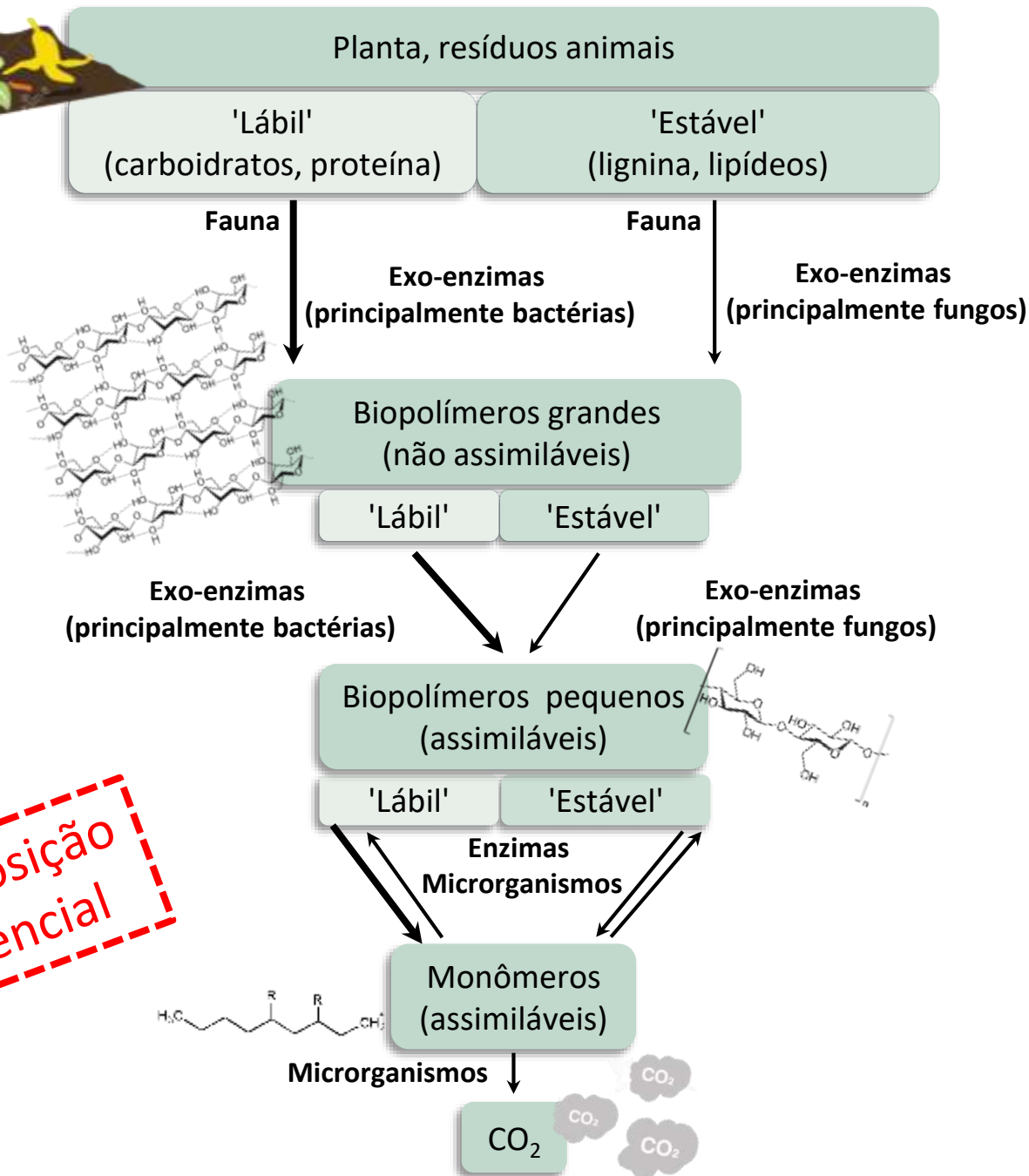
- Ecologicamente úteis
- Quimicamente reativas
- Relevantes para os modelos biogeoquímicos

### Contras

- Não há definição aceita
- Falta evidências de sua existência física
- Não há concordância sobre os processos de sua formação

## 2. Preservação Seletiva

Tamanho molecular



Decomposição preferencial





### 3. Decomposição progressiva



Plantas, resíduos animais

Fauna Exo-enzimas

Biopolímeros grandes  
(não assimiláveis)

Exo-enzimas

Biopolímeros pequenos  
(assimiláveis)

Enzimas  
Microrganismos

Monômeros  
(assimiláveis)

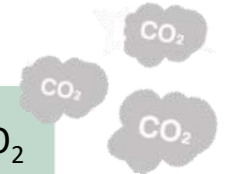
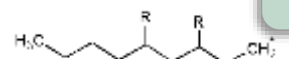
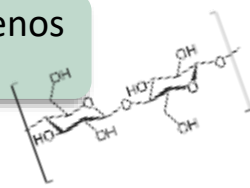
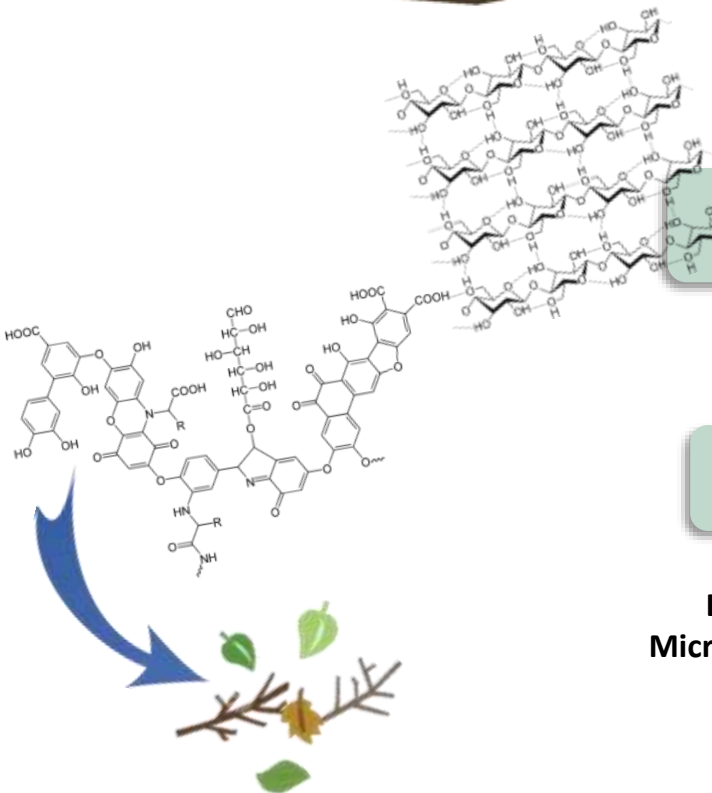
Microrganismos

CO<sub>2</sub>

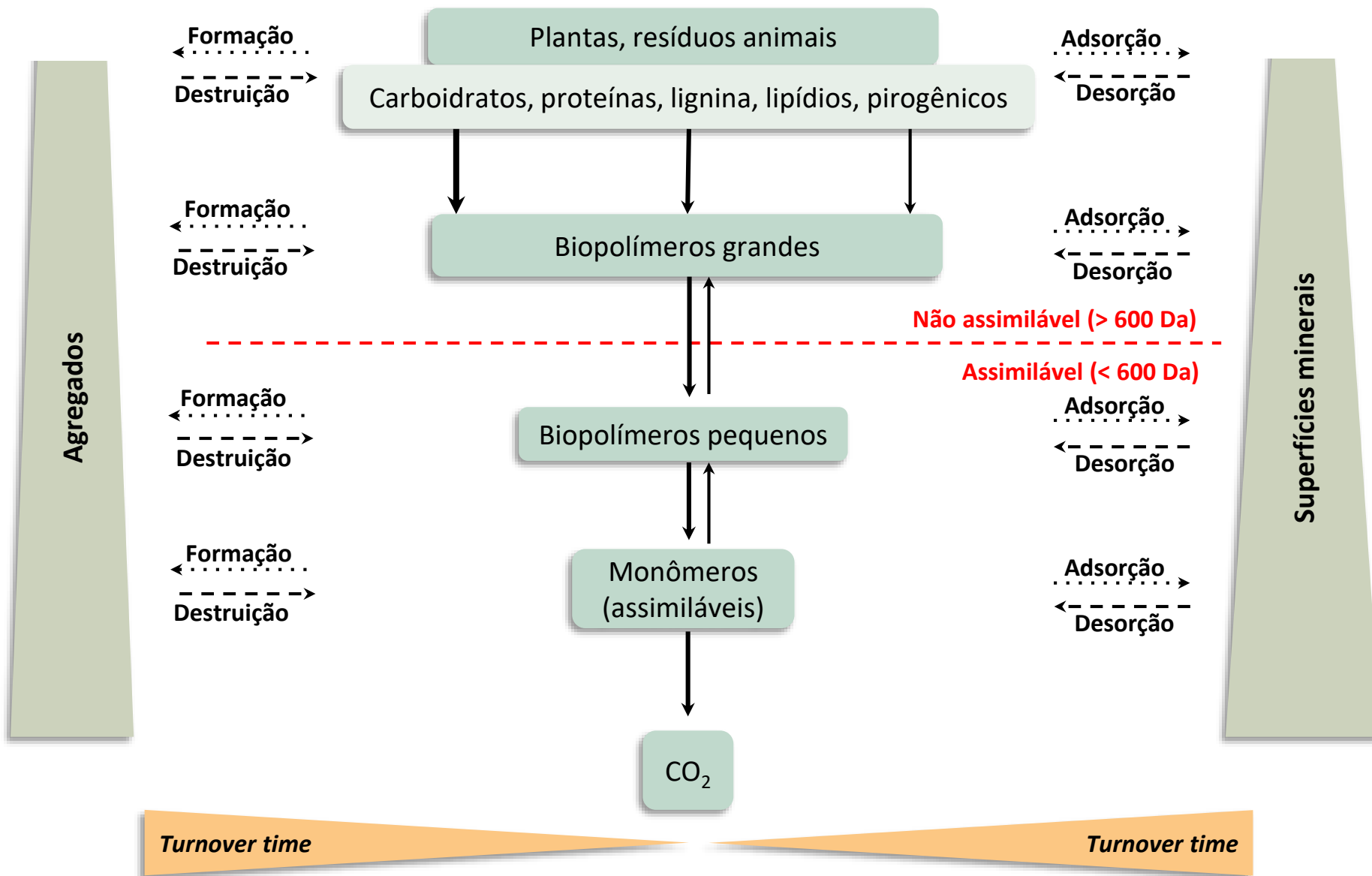
Tamanho molecular

Oxidação

Crítica a Humificação



# Visão consolidada Modelo contínuo do solo (SCM)



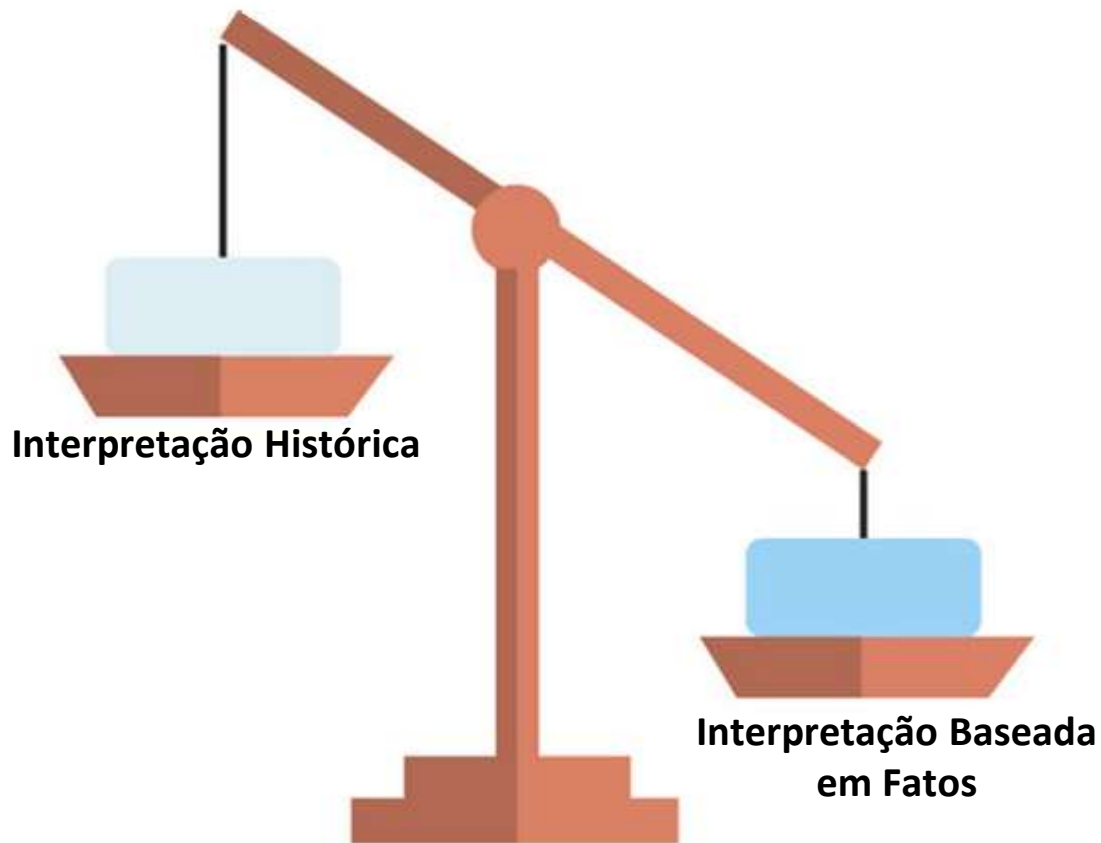
# Críticas ao modelo de humificação

A síntese secundária de 'substâncias húmicas' facilitada por minerais ou enzimas não se mostrou relevante em sistemas naturais

*Interpretação histórica*



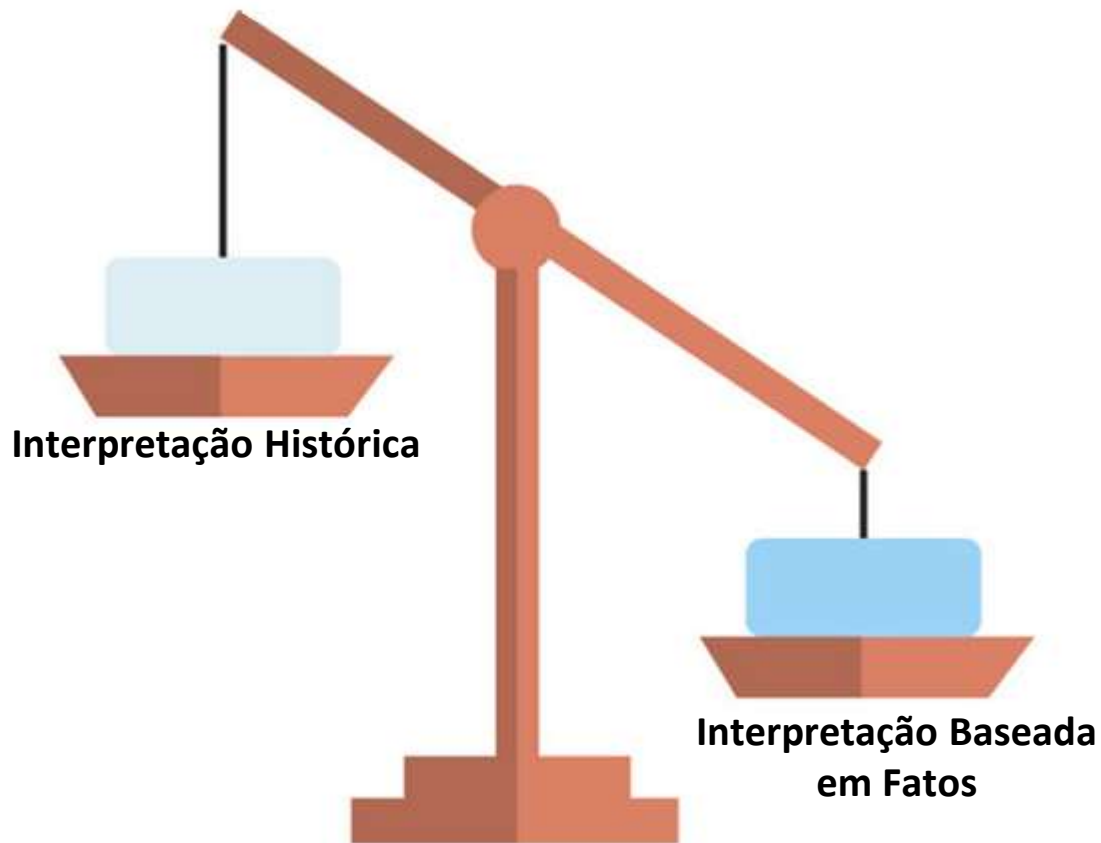
*Interpretação baseada em fatos*



### **Recalcitrância**

**Recalcitrância de produtos da síntese secundária de grande molécula**

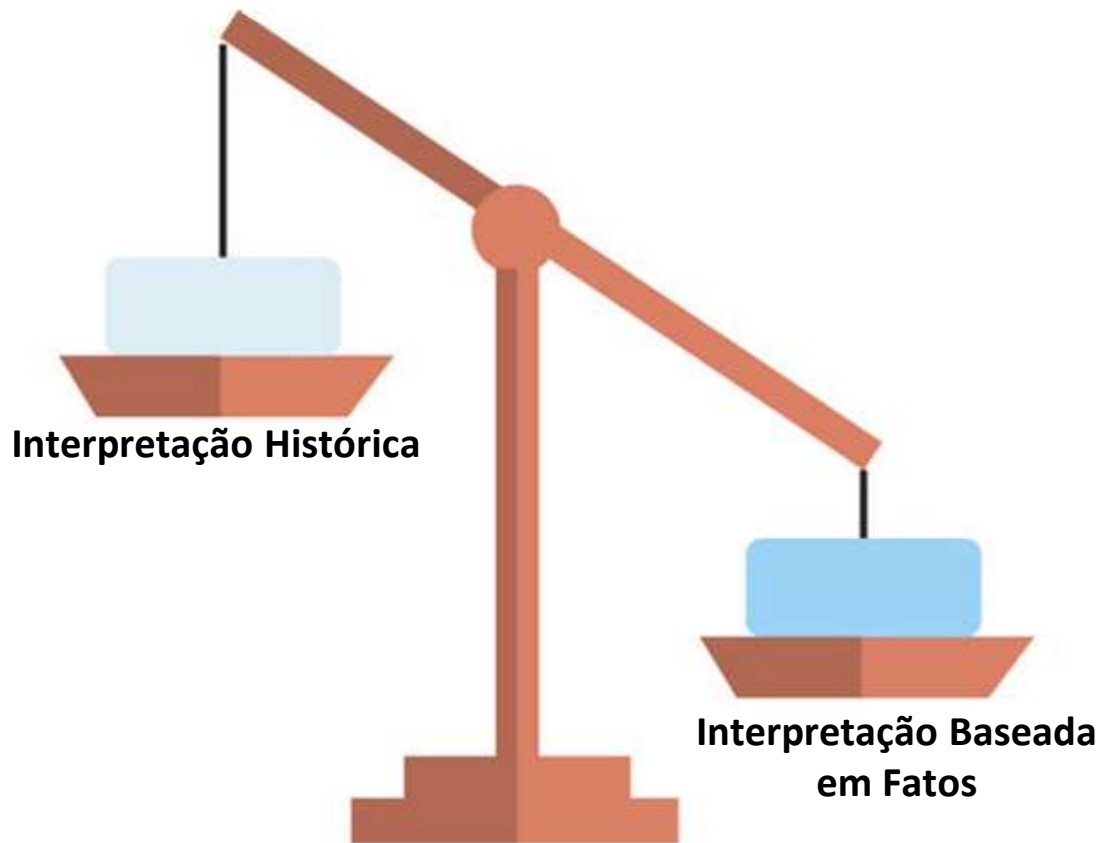
**Tais substâncias recalcitrantes foram decompostas rapidamente em testes com isótopos de C e numerosos organismos decompositores**



### Coloração escura das substâncias húmicas

Síntese secundária de várias ligações conjugadas em grandes moléculas que aparecem escuras

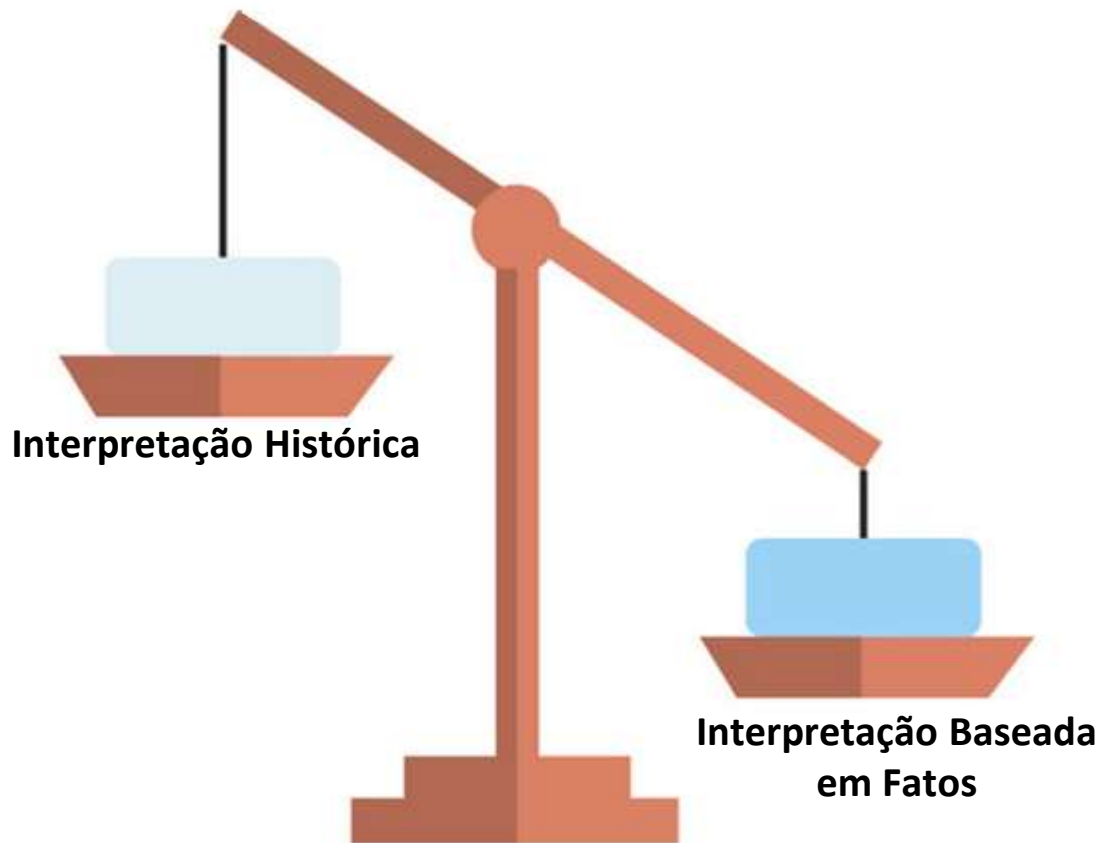
Degradação de pigmentos naturais e acúmulo de moléculas ligadas aleatoriamente, que possuem coloração escura na mistura



## Tamanho grande aparente e massa de moléculas

Síntese de substâncias  
húmicas complexas

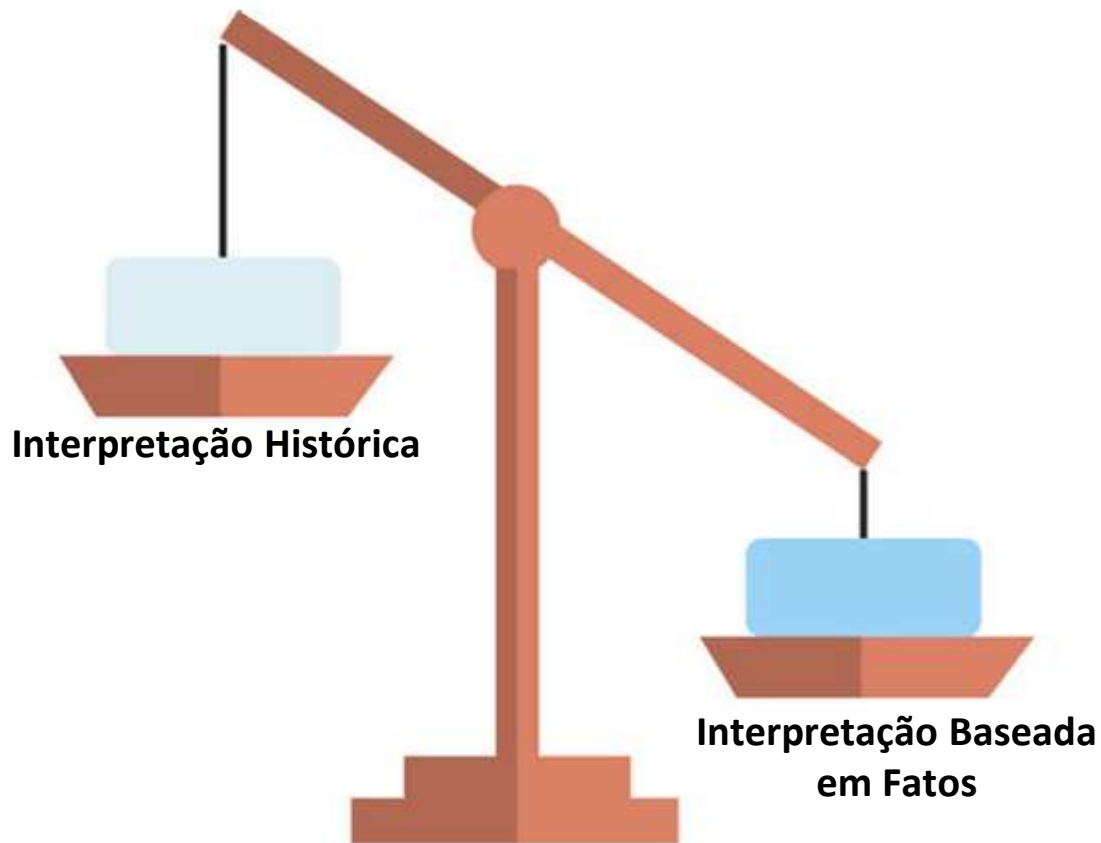
Combinado auto-montado de  
agregados de compostos  
pequenos, imitando uma  
molécula grande



## **Idade do carbono em extratos alcalinos comparado ao solo inteiro**

**"Substâncias húmicas" são recalcitrantes porque contêm carbono com antigas idades  $^{14}\text{C}$**

**A idade do  $^{14}\text{C}$  não é um critério válido, pois apenas informa quando o carbono foi fixado pela fotossíntese**

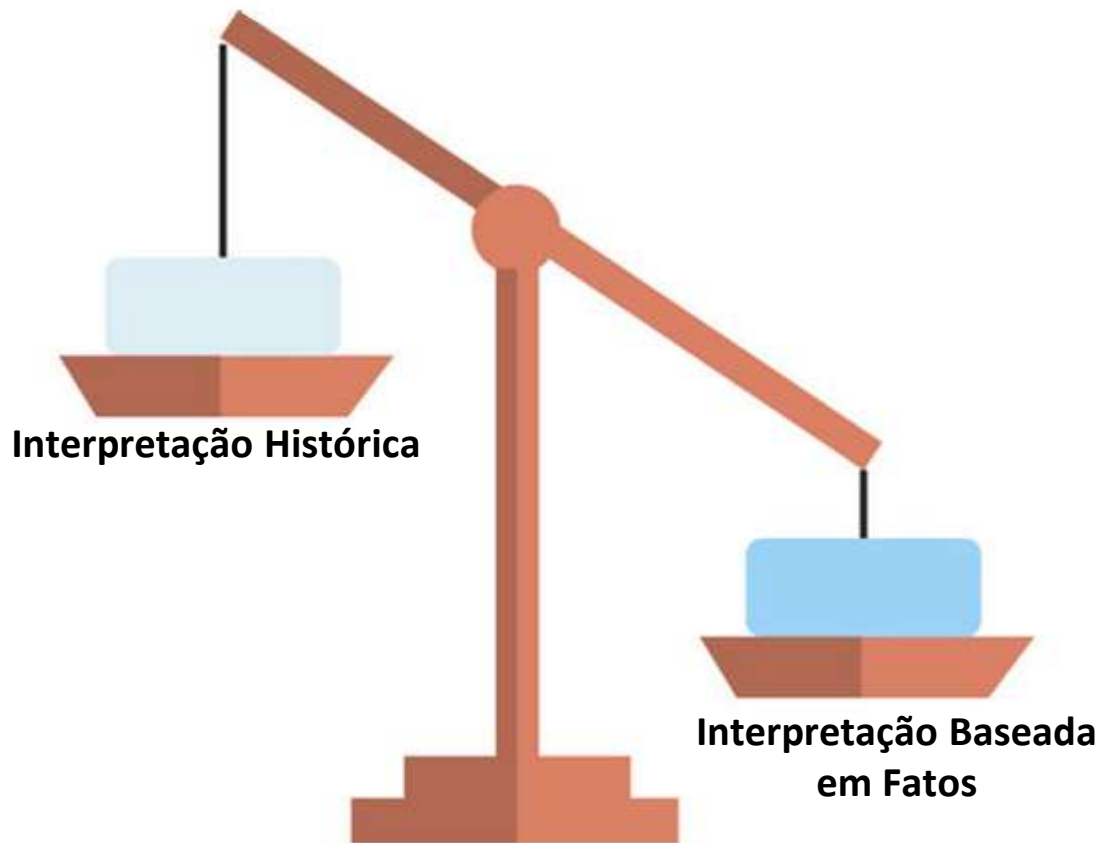


## **Maior aromaticidade do extrato em relação ao solo**

**"Humificação" cria moléculas poliaromáticas**

**Plantas produzem carbonos aromáticos que são substâncias conhecidas e que possuem funções fisiológicas claras, ou seja, não são produtos de um processo aleatório de decomposição**

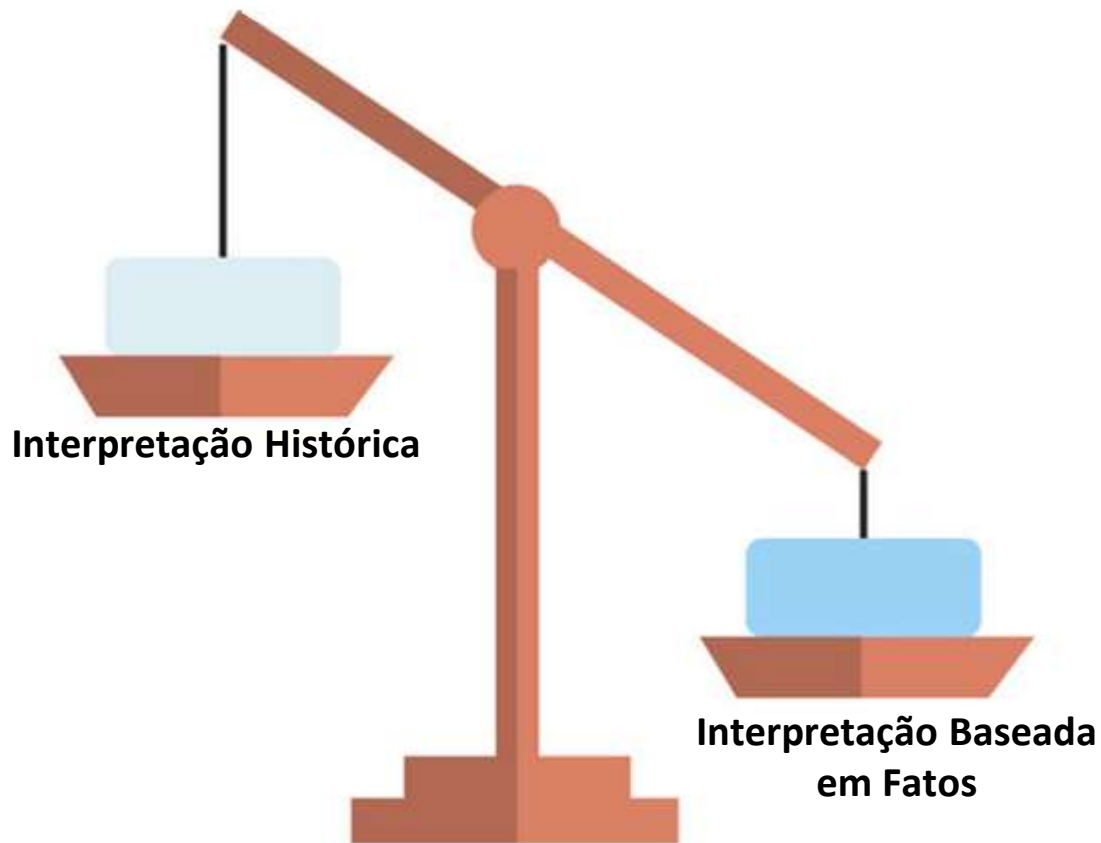




**Maior aromaticidade do extrato em relação ao solo**

**"Humificação" cria  
moléculas poliaromáticas**

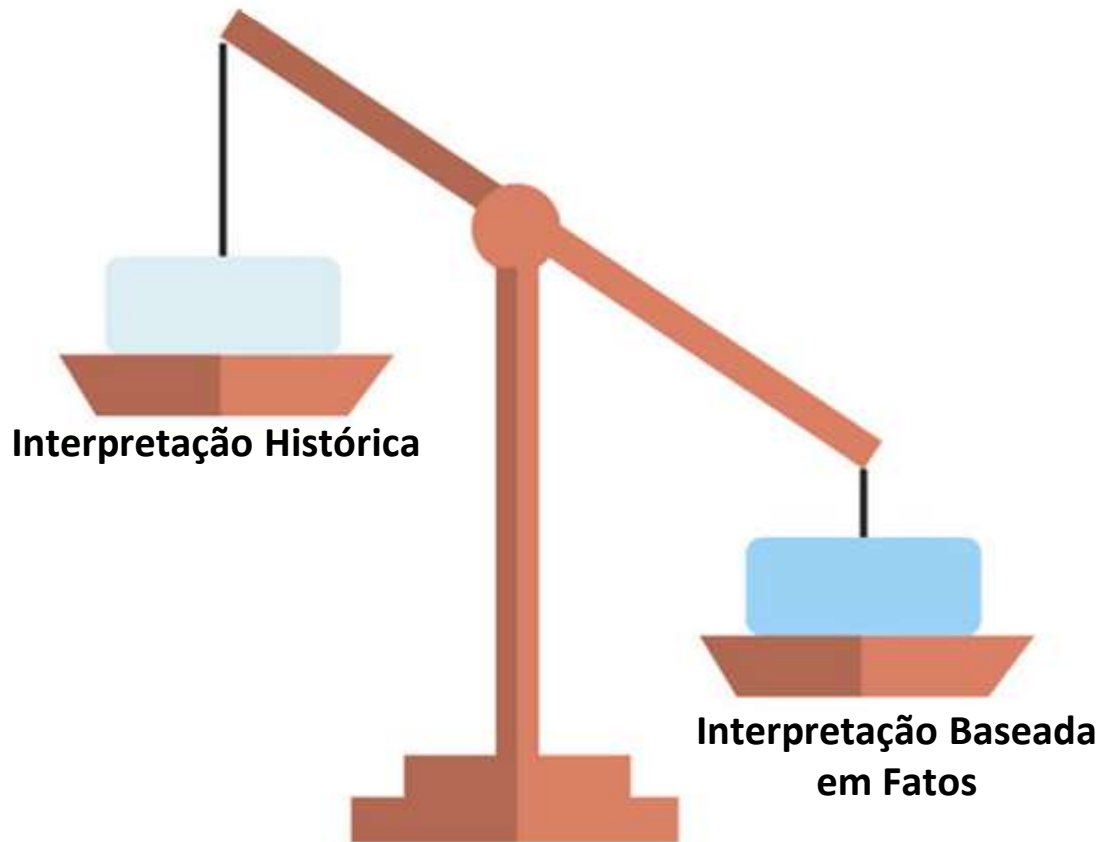
**Carbono alterado pela queima  
também é poliaromático e é  
frequentemente encontrado nos  
extratos alcalinos**



## **Mais heterociclos de nitrogênio em comparação ao solo**

**O nitrogênio heterocíclico é um produto das reações de "humificação" propostas**

**Resultado da criação de artefatos analíticos durante a quantificação; o N pirogênico é heterocíclico e também extraível via processo alcalino**



**Comportamento de transição vítrea  
(uma mudança de fase que requer algum nível de ordem molecular)**

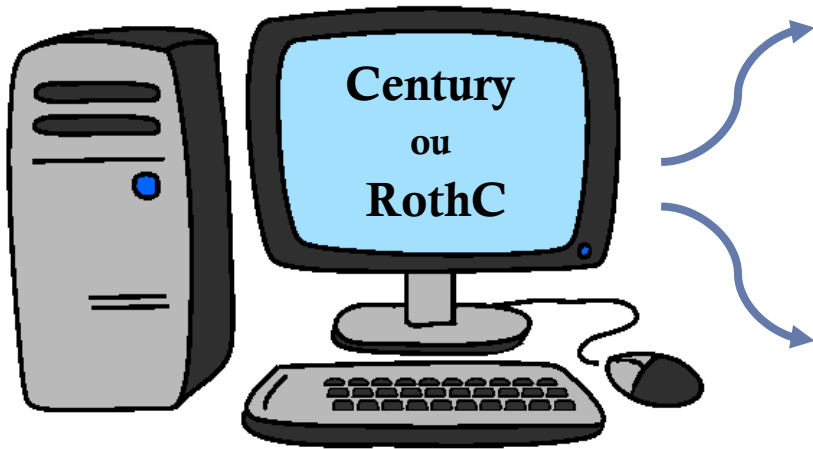
**Formação de polímeros complexos**

**Comum para algumas biomoléculas conhecidas e carbono pirogênico**

Somente o SCM explica as variações no tempo de turnover de compostos orgânicos através das variações no AMBIENTE:

- Presença ou ausência de organismos decompositores e enzimas;
- Disponibilidade de recursos (como oxigênio e nutrientes) e energia;
- Propriedades e abundância de superfícies minerais que podem proteger a matéria orgânica.

# Modelagem de carbono no solo

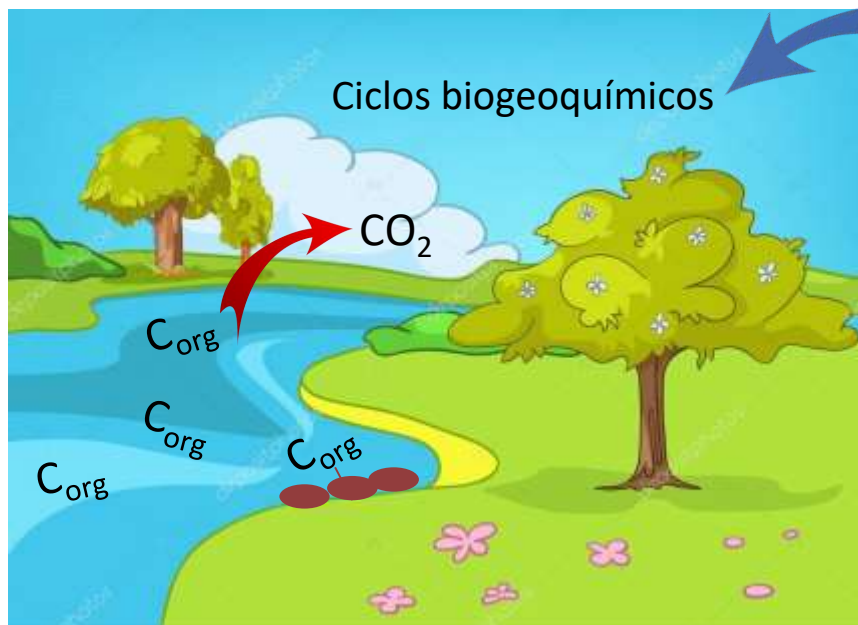


A MOS pode ser dividida em grupos com diferentes tempos de turnover

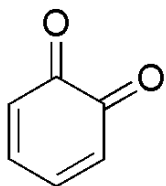
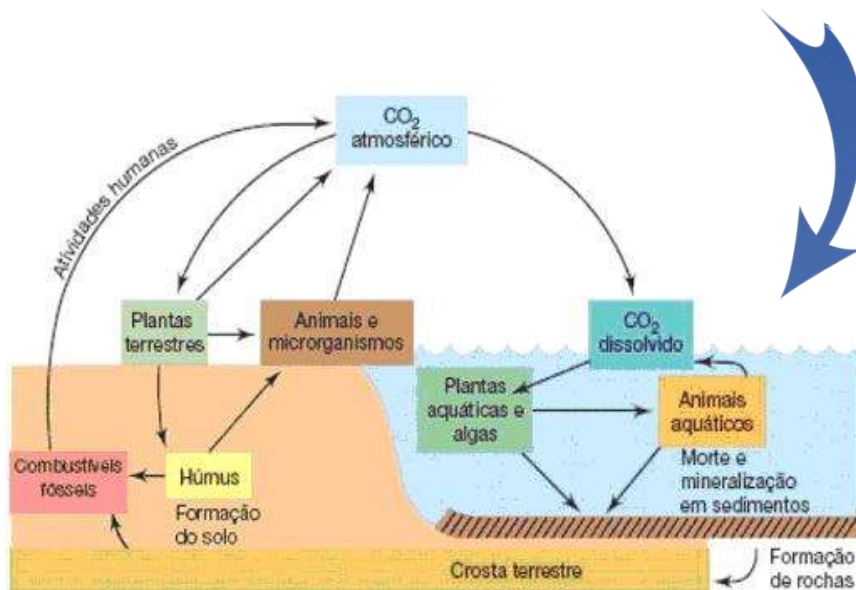
Não representam os processos característicos da transformação de C no **Modelo Contínuo do Solo (SCM)**

Consolidação de modelos que combinem princípios físicos e processos biológicos do solo

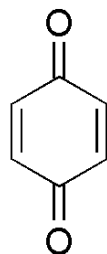
# Sistemas aquáticos



Importância do carbono aquático



o-Benzoquinone

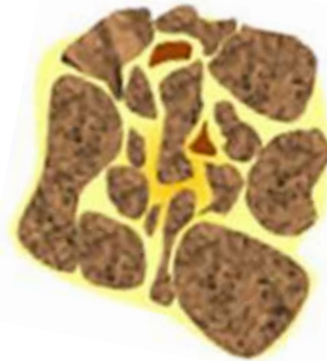
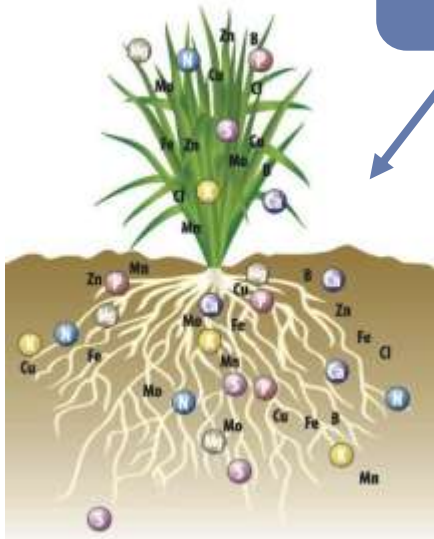


p-Benzoquinone

Tratamento de água potável

# Agricultura

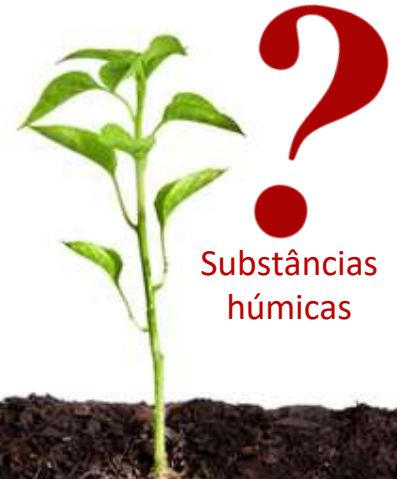
MOS



O manejo do turnover da MOS é mais importante do que o acréscimo de depósitos de MOS não produtivo

**Contaminação do solo**

Entendimento geral **X** Extração alcalina



Substâncias  
húmicas

# O caminho pela frente

- Inovação e progresso, através do modelo SMC;
- Referir-se a substâncias húmicas como extratos alcalinos;
- Carbono “protegido” em vez de “estável”;
- Explicação biológica para o efeito promotor de crescimento dos compostos orgânicos altamente oxidados;
- Substituir modelos baseados em pools por modelos baseados na solubilidade e arquitetura espacial da MOS.



---

**Obrigado!**

---

