

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”



# Tamanho dos microagregados do solo e distribuição de matéria orgânica em função do teor de argila

Alunas: Fernanda Ometto, Jéssy Senado, Nathália Marchiori.

Docente: Prof. Dr. Carlos Eduardo Pellegrino Cerri.

Disciplina: Matéria Orgânica do Solo.

Piracicaba - SP  
2020

## PLANO DE APRESENTAÇÃO

- Introdução
  - Objetivos
  - Material e Métodos
  - Resultados
  - Conclusões
- Nathália
- Fernanda
- Jéssy

## ARTIGO

- Título original: Soil microaggregate size composition and organic matter distribution as affected by clay content.
- Autores: Steffen A. Schweizera, Franziska B. Buckaa, Markus Graf-Rosenfellnerb, Ingrid Kögel-Knabne.
- Publicado em 2019 pela revista Geoderma.
- DOI: [10.1016/j.geoderma.2019.113901](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113901).

## DEFINIÇÕES

- Um dos atributos mais importantes para se avaliar a qualidade do solo é a sua estrutura, que está relacionada ao agrupamento e organização das partículas do solo em agregados.
- O que é agregação?
- O que são agregados?
- Agregados não são torrões!



Figura 1. Agregados do solo coletados em áreas de plantio direto.

## FORMAÇÃO DOS AGREGADOS

- Como se dá o processo?
- Quais são os agentes cimentantes?

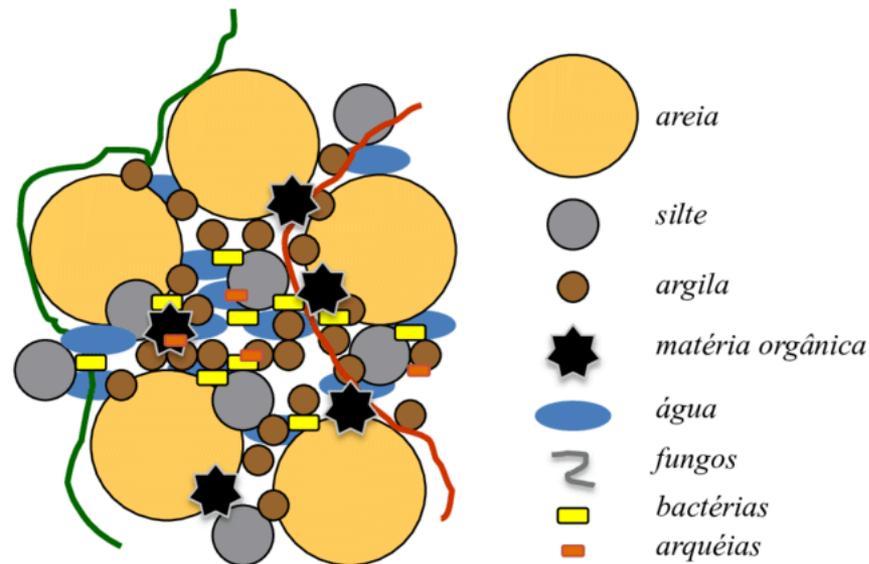


Figura 2. Esquema da estrutura, composição e organização de um agregado de solo.

## CLASSIFICAÇÃO

- Teoria da hierarquização de agregados (Tisdall; Oades, 1982).

- < 2  $\mu\text{m}$ ;
  - De 2 a 20  $\mu\text{m}$ ;
  - De 20 a 250  $\mu\text{m}$ ,
- Microagregados
- De 250  $\mu\text{m}$  a 2 mm;
  - E > 2 mm).
- Macroagregados

## O PAPEL DA MO NA AGREGAÇÃO

- Mesmo em baixo teor, a matéria orgânica (MO) tem grande influência nas propriedades físicas, químicas e físico-químicas no solo.



ESTABILIZAÇÃO!

- O aumento da estabilidade dos agregados está intimamente relacionado com a capacidade da matéria orgânica de se aderir às partículas minerais do solo, formando as ligações argilo-metal-húmicas.

## O PAPEL DAS PARTÍCULAS MINERAIS

- Partículas minerais controlam o armazenamento de MO no solo.
- Acredita-se que esse controle seja afetado pela distribuição granulométrica das partículas primárias, que afetam a adsorção superficial e a formação de associações organo-minerais.
- A agregação desses componentes do solo em unidades estruturais maiores pode exercer maior controle sobre a estabilização da MO através de sua oclusão e proteção contra decomposição.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o efeito da textura do solo nas frações de tamanho livre e oclusas;
- Identificar tamanhos preferenciais de microagregados na terra fina seca ao ar (TFSA) e no estado disperso;
- Comparar as propriedades da MO ao longo de um gradiente de teor de argila;
- E testar se diferentes concentrações MO estão interligadas com a área superficial específica (SSA) dos microagregados.

## LOCAL DE PESQUISA E AMOSTRAGEM

- Estação de pesquisa agrícola na Alemanha;
- Amostras de solo foram retiradas da mesma parcela em cinco locais, cada um com cinco amostragens independentes;
- As localizações dos cinco locais na parcela foram determinadas sistematicamente para representar faixas de crescimento do teor de argila ao longo do gradiente.

## LOCAL DE PESQUISA E AMOSTRAGEM

Tabela I. Texturas de amostras de solo obtidas de cinco locais.

Sampling site	Clay content ( $< 2 \mu\text{m}$ ) <sup>a</sup>	Silt content ( $2\text{--}53 \mu\text{m}$ )	Sand content ( $53\text{--}2000 \mu\text{m}$ )
1	18.7 (16.1–20.2)	19.5 (18.2–21.6)	61.7 (59.8–62.7)
2	22.1 (17.9–23.6)	21.6 (19.1–25.1)	56.3 (54.3–57.7)
3	24.2 (18.8–26.9)	25.8 (23–30.6)	50 (48.2–52.1)
4	32.3 (24.7–36)	38.7 (34.1–45.3)	29 (27.3–30)
5	34.3 (28.2–37.4)	44 (41.6–48.3)	21.6 (20.6–23.5)

## ISOLAMENTO DE FRAÇÕES DE SOLO DO TAMANHO DE MICROAGREGADOS EM ÁGUA

- Peneiração úmida foi usada para isolar frações livres do tamanho de microagregados;
- Estruturas maiores do solo  $>250 \mu\text{m}$  foram sonicadas para isolar frações de tamanho ocluído  $<250 \mu\text{m}$ .

## ISOLAMENTO DE FRAÇÕES DE SOLO DO TAMANHO DE MICROAGREGADOS EM ÁGUA

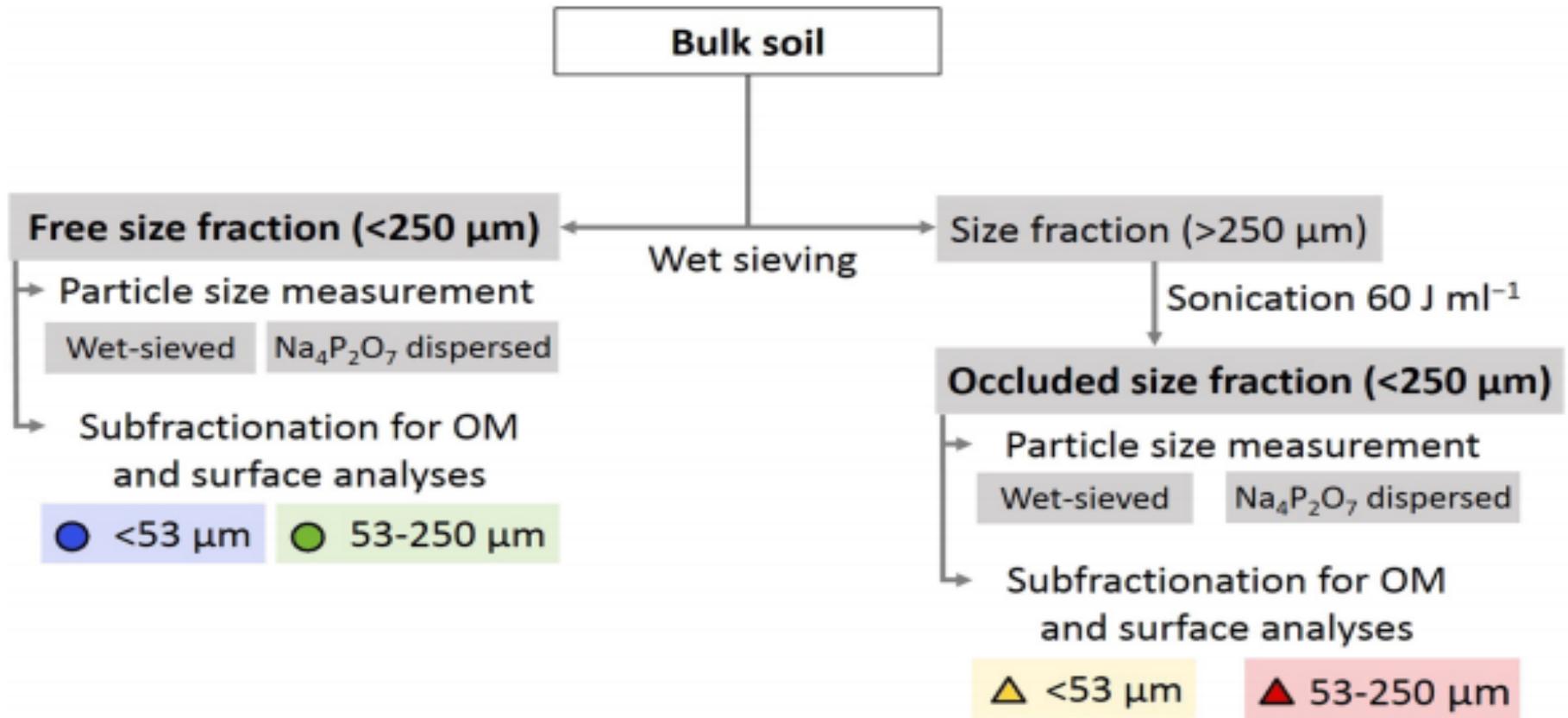


Figura 3. Separação dos agregados e partículas não agregadas em diferentes frações de tamanho.

## DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO

- A diferença de objetos peneirados por via úmida menos objetos dispersos foi usada para corrigir o conteúdo de partículas primárias em agregados;
- Diferença positiva e diferença negativa.

## DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO

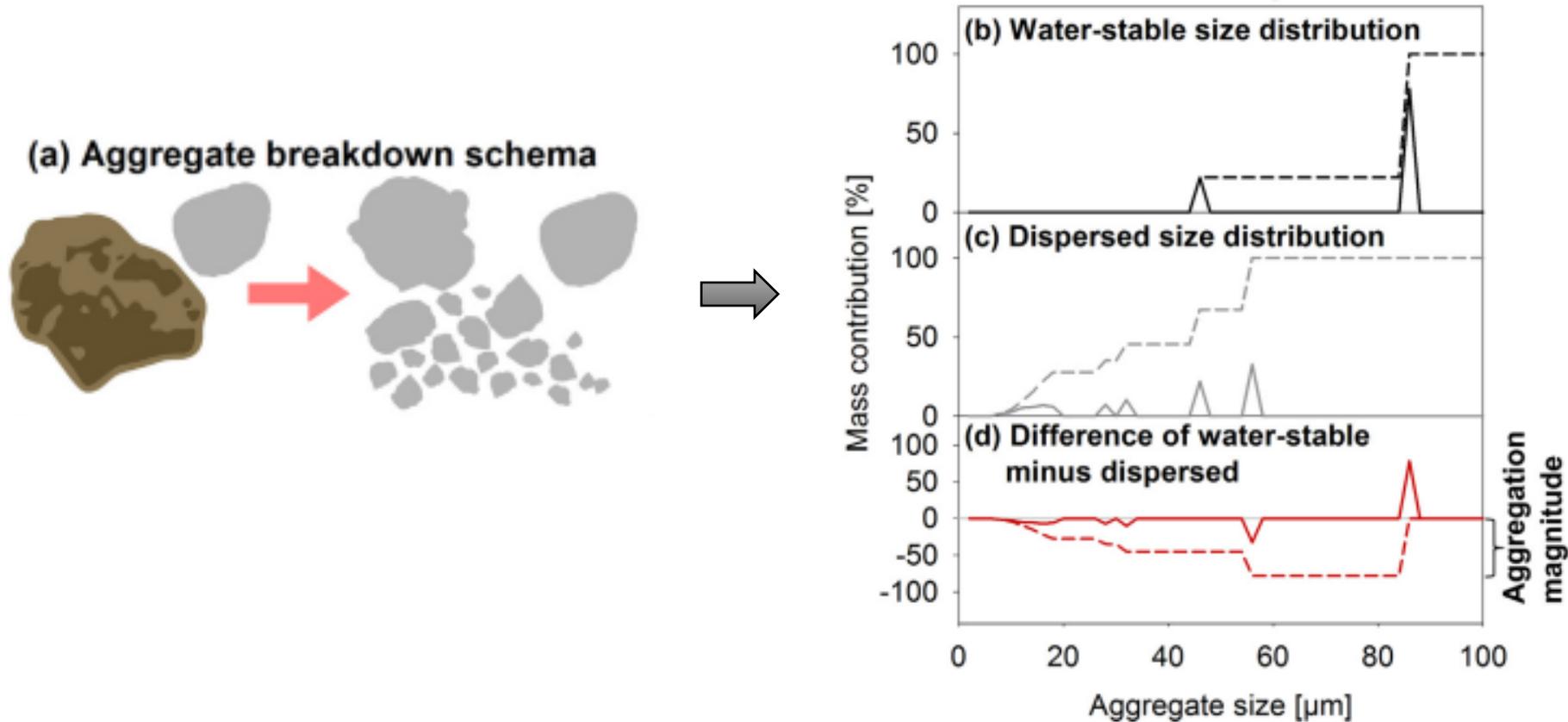


Figura 4. Distribuições esquemáticas de tamanho de uma partícula agregada e não agregada.

## ANÁLISES E ESTATÍSTICA

- Análises de matéria orgânica: Concentrações de CO e N das frações de tamanho; Composição química do MO.
- Análise de superfície específica com N<sub>2</sub>-BET: Para determinar a análise de superfície específica das frações de tamanho foi usado um método que descreve a adsorção física de moléculas de gás (nitrogênio) sobre uma superfície sólida.
- Estatística: Determinar a relação entre o teor de argila e a contribuição em massa das frações de tamanho ou o tamanho médio do agregado.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

- A distribuição de tamanho dentro da fração livre <250  $\mu\text{m}$  difere dependendo do teor de argila.

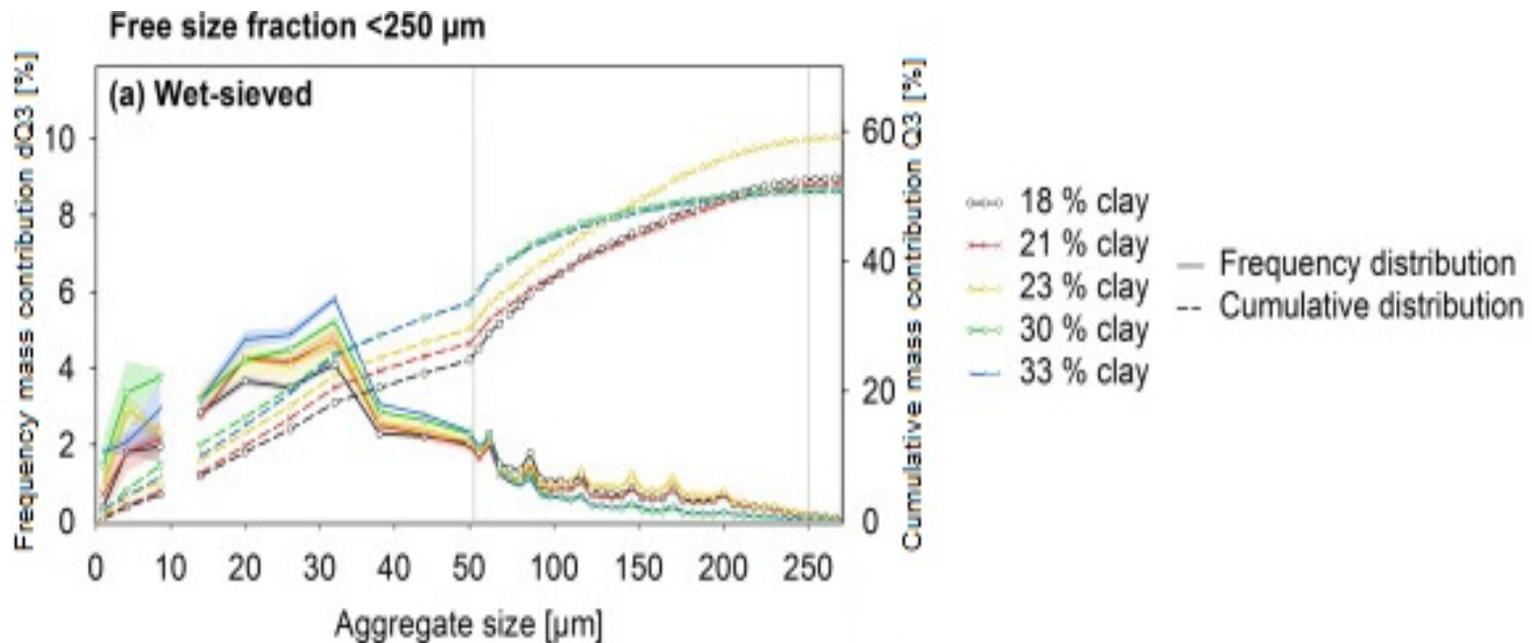


Figura 5. Distribuições de tamanho obtidas a partir de pipeta combinada e análise de imagem dinâmica de livre.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

- Após a dispersão química, a contribuição da massa de objetos  $<6,3 \mu\text{m}$  aumentou.

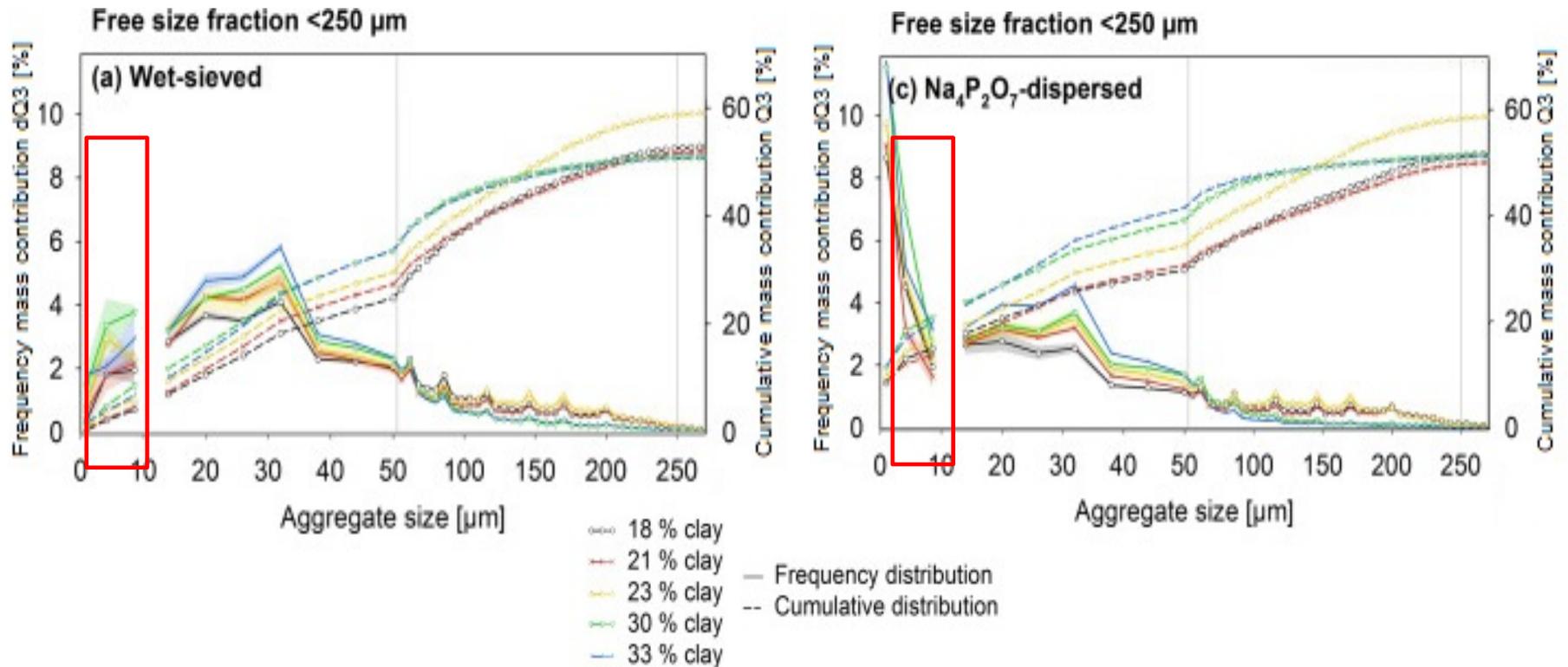


Figura 6. Distribuições de tamanho obtidas a partir de pipeta combinada e análise de imagem dinâmica de livre.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

- Na fração livre dos solos com baixo teor de argila havia:

- Mais partículas de areia fina > 100  $\mu\text{m}$ .
- 5% menos partículas do tamanho de argila em comparação com os solos com alto teor de argila (redução de 22,8 para 17,6% de argila).

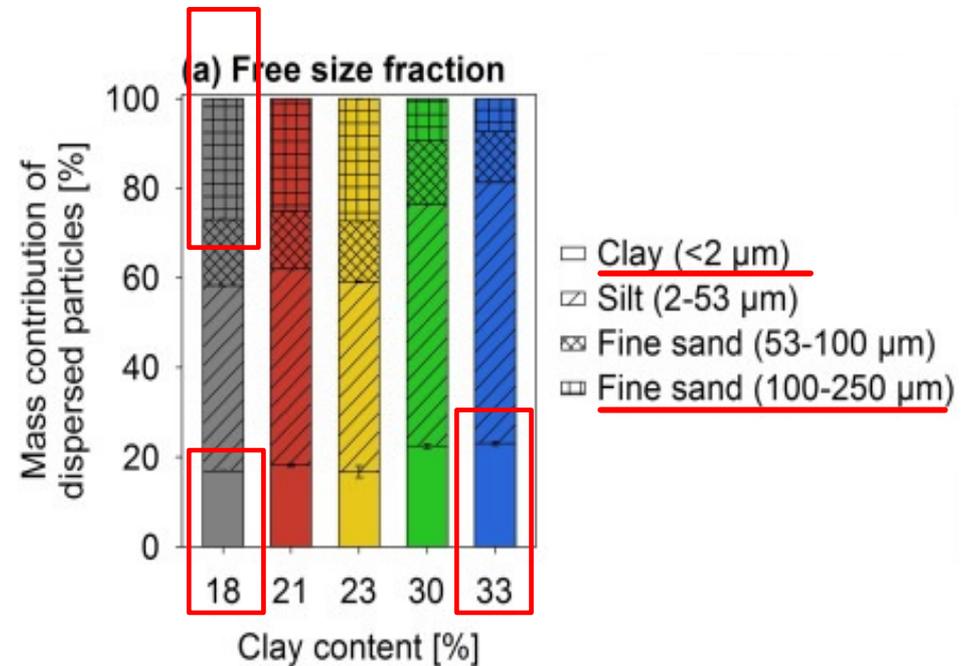


Figura 7. Contribuição em massa das classes de tamanho de partícula na fração livre <250  $\mu\text{m}$ , deduzida na Figura 3c.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

- A diferença de objetos dispersos peneirados por via úmida indica que a maioria dos microagregados mede aproximadamente 30  $\mu\text{m}$  de diâmetro.

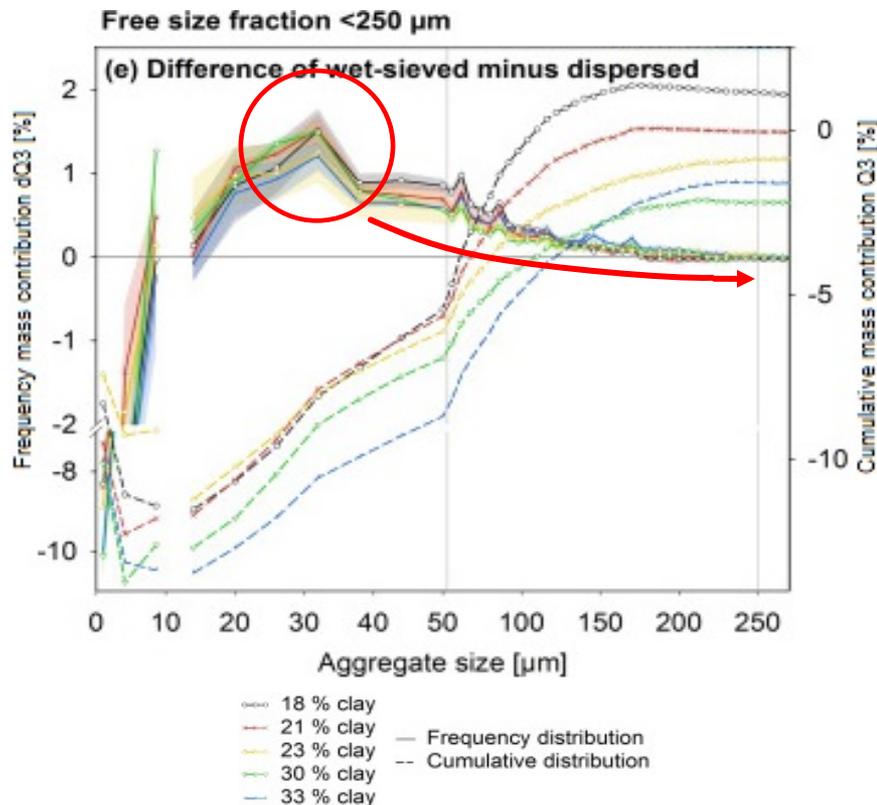


Tabela 2. Tamanho médio da diferença de objetos úmidos peneirados menos dispersos na faixa de tamanho 50–180  $\mu\text{m}$  (média  $\pm$  erro padrão; n = 3).

Mean clay content (%)	Mean size ( $\mu\text{m}$ ) Free fraction
18	84.6 $\pm$ 2.4
21	88.6 $\pm$ 1.4
23	90.1 $\pm$ 1.9
30	92.1 $\pm$ 1
33	95.8 $\pm$ 1.4



% Argila



Tamanho médio ( $\mu\text{m}$ )

Figura 8. Distribuições de tamanho obtidas a partir de pipeta combinada e análise de imagem dinâmica de livre.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

- Após sonicação fraca da fração de tamanho  $> 250 \mu\text{m}$ , aproximadamente 13–17% do solo a granel era  $< 6,3 \mu\text{m}$  na fração ocluída.

A textura das frações livres e ocluídas se assemelhavam em padrões comparáveis

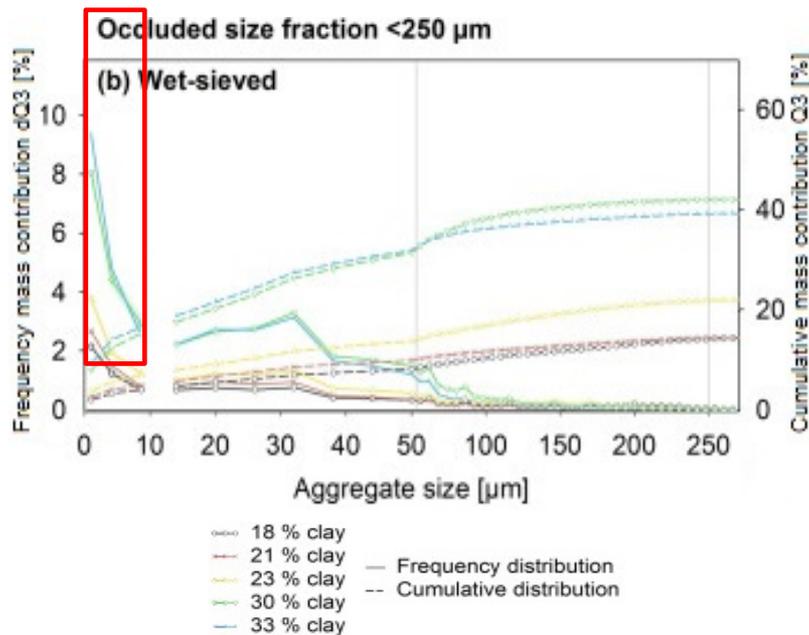


Figura 9. Distribuições de tamanho obtidas a partir de pipeta combinada e análise de imagem dinâmica de livre.

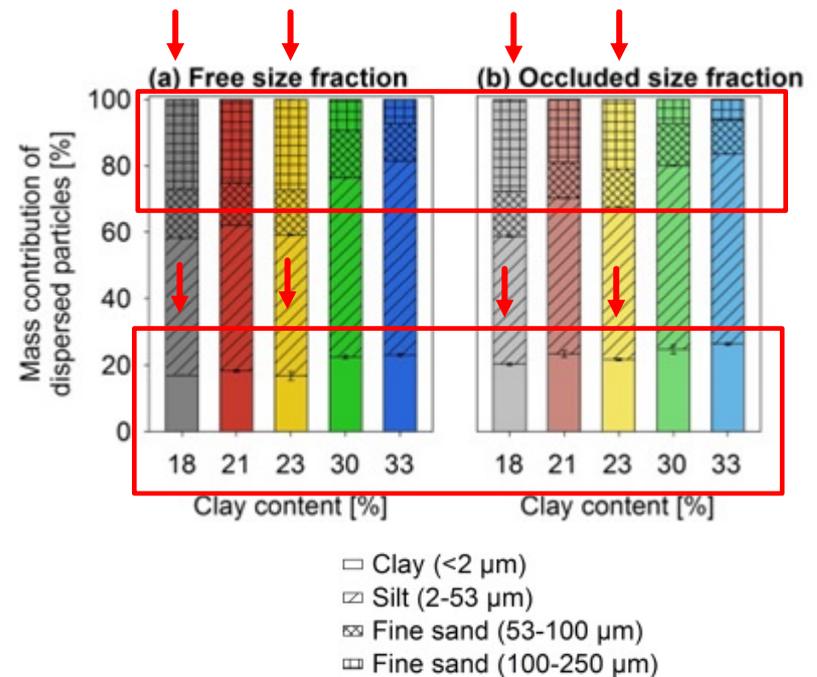


Figura 10. Contribuição em massa das classes de tamanho de partícula na (a) fração livre  $< 250 \mu\text{m}$  e (b) fração ocluída  $< 250 \mu\text{m}$ .

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

- A diferença de objetos peneirados por via úmida menos objetos dispersos das frações ocluídas foi 10 vezes menor que a da fração livre.

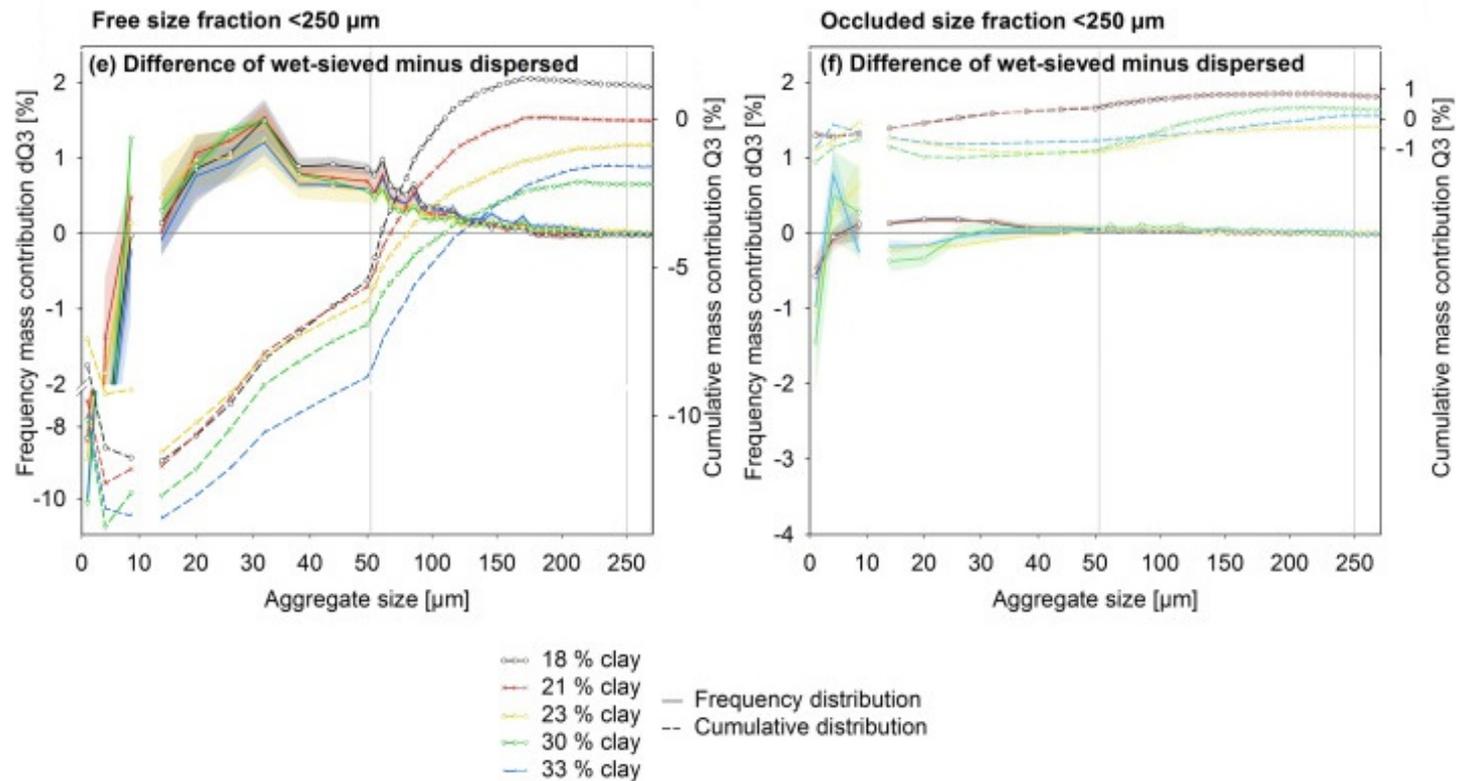


Figura 11. Distribuições de tamanho obtidas a partir de pipeta combinada e análise de imagem dinâmica de livre.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

- A diferença de objetos peneirados por via úmida menos objetos dispersos das frações ocluídas foi 10 vezes menor que a da fração livre.

Tabela 3. Tamanho médio da diferença de objetos úmidos peneirados menos dispersos na faixa de tamanho 50–180 $\mu\text{m}$  (média  $\pm$  erro padrão; n = 3).

Mean clay content (%)	Mean size ( $\mu\text{m}$ )	
	Free fraction	Occluded fraction
18	84.6 $\pm$ 2.4	91.5 $\pm$ 1.8
21	88.6 $\pm$ 1.4	85.9 $\pm$ 4.8
23	90.1 $\pm$ 1.9	101.7 $\pm$ 0.7
30	92.1 $\pm$ 1	104.7 $\pm$ 5.8
33	95.8 $\pm$ 1.4	107.4 $\pm$ 1.4

RELAÇÃO



Tamanho médio ( $\mu\text{m}$ )

% Argila

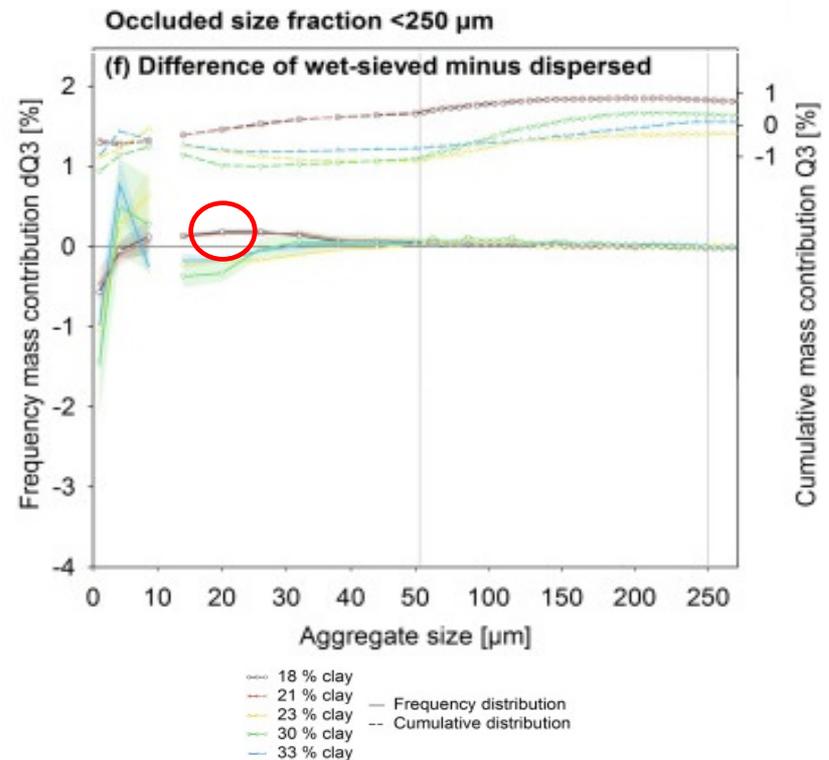


Figura 12. Distribuições de tamanho obtidas a partir de pipeta combinada e análise de imagem dinâmica de livre.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

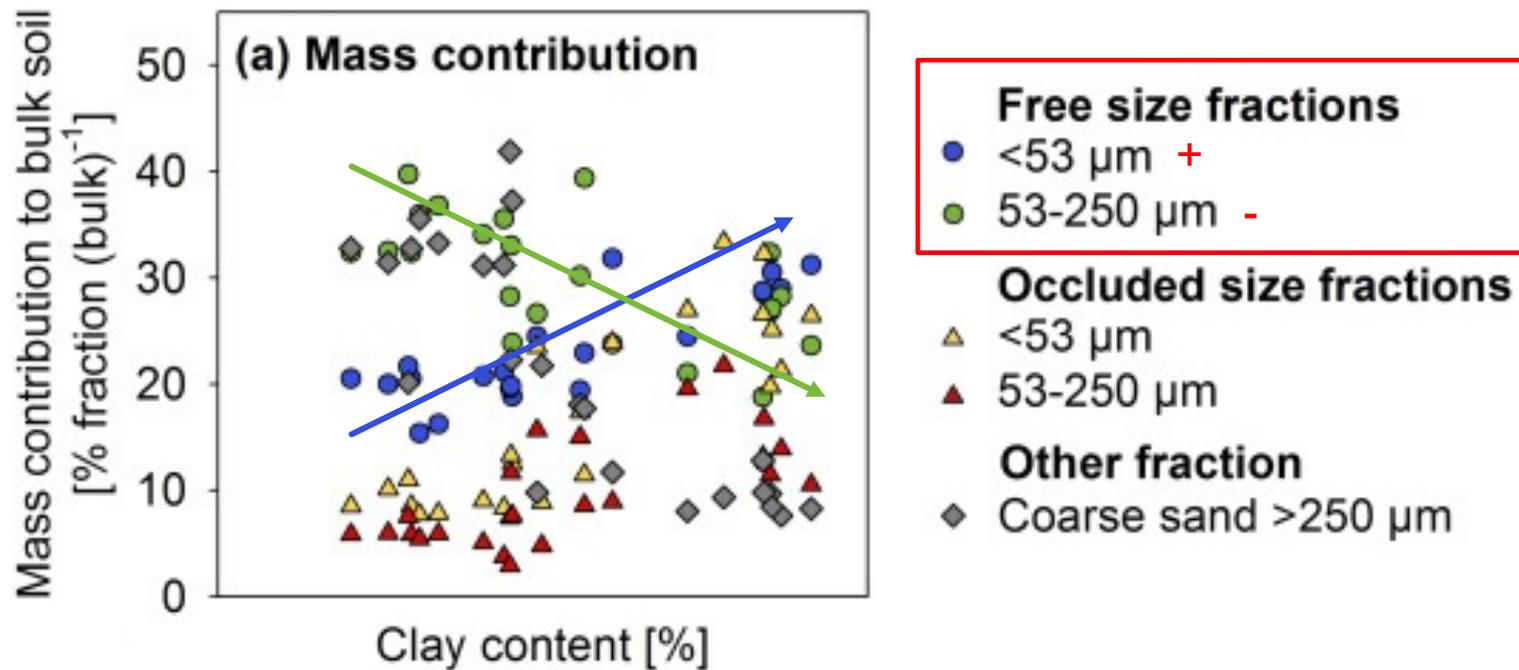


Figura 13. Contribuições em massa de frações de tamanho para o solo a granel.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

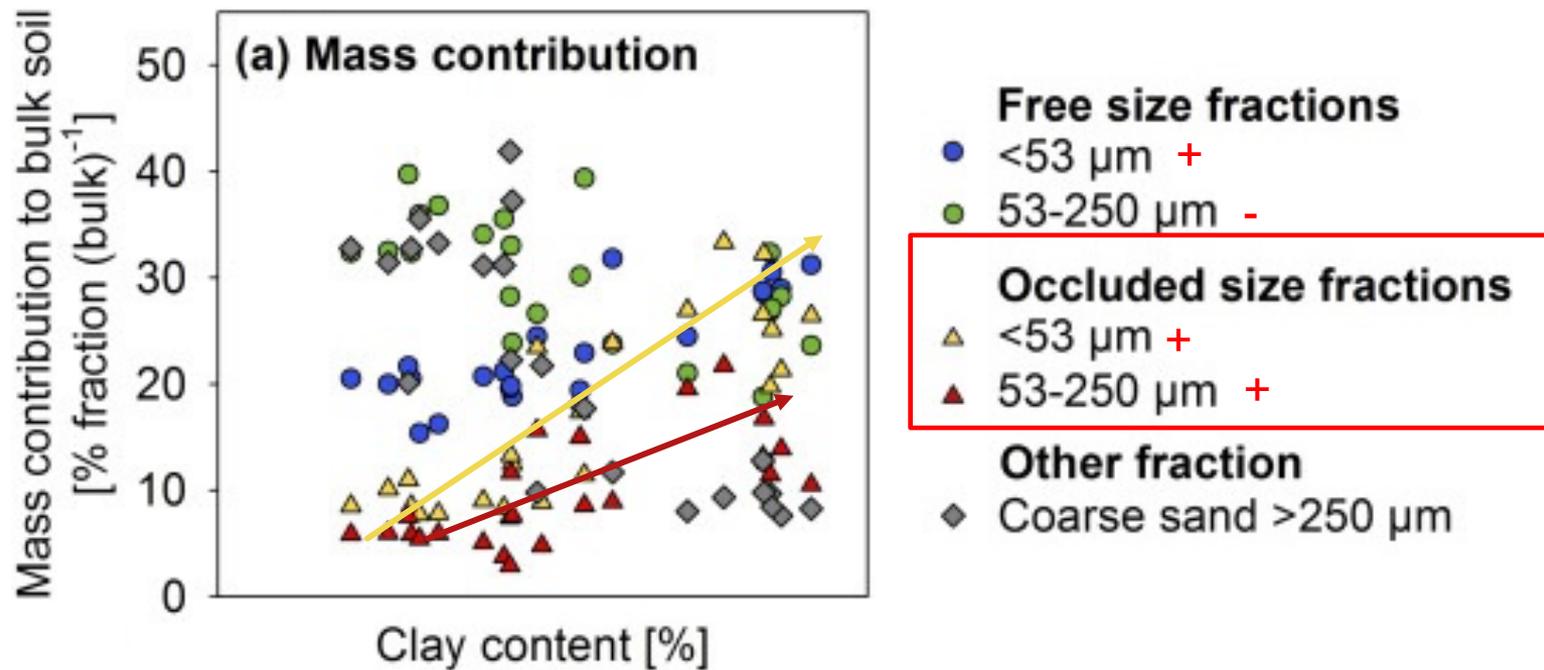


Figura 14. Contribuições em massa de frações de tamanho para o solo a granel.

## DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS E GRANULOMÉTRICA

Em conjunto, a contribuição em massa das frações ocluídas aumentou de aproximadamente 15 a 40% do solo a granel.

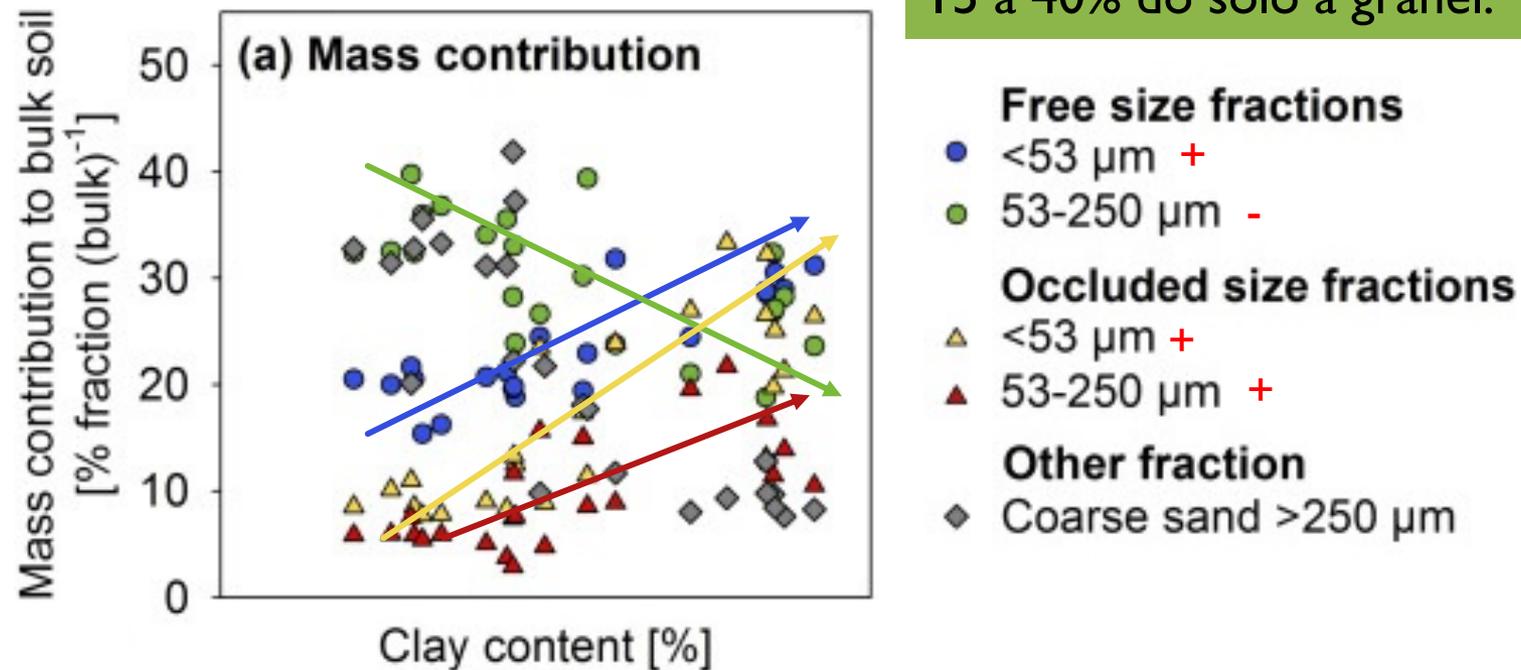


Figura 15. Contribuições em massa de frações de tamanho para o solo a granel.

## MO EM FRAÇÕES DE TAMANHO

A concentração média de CO foi maior nos solos com alto teor de argila do que nos solos com baixo teor de argila.

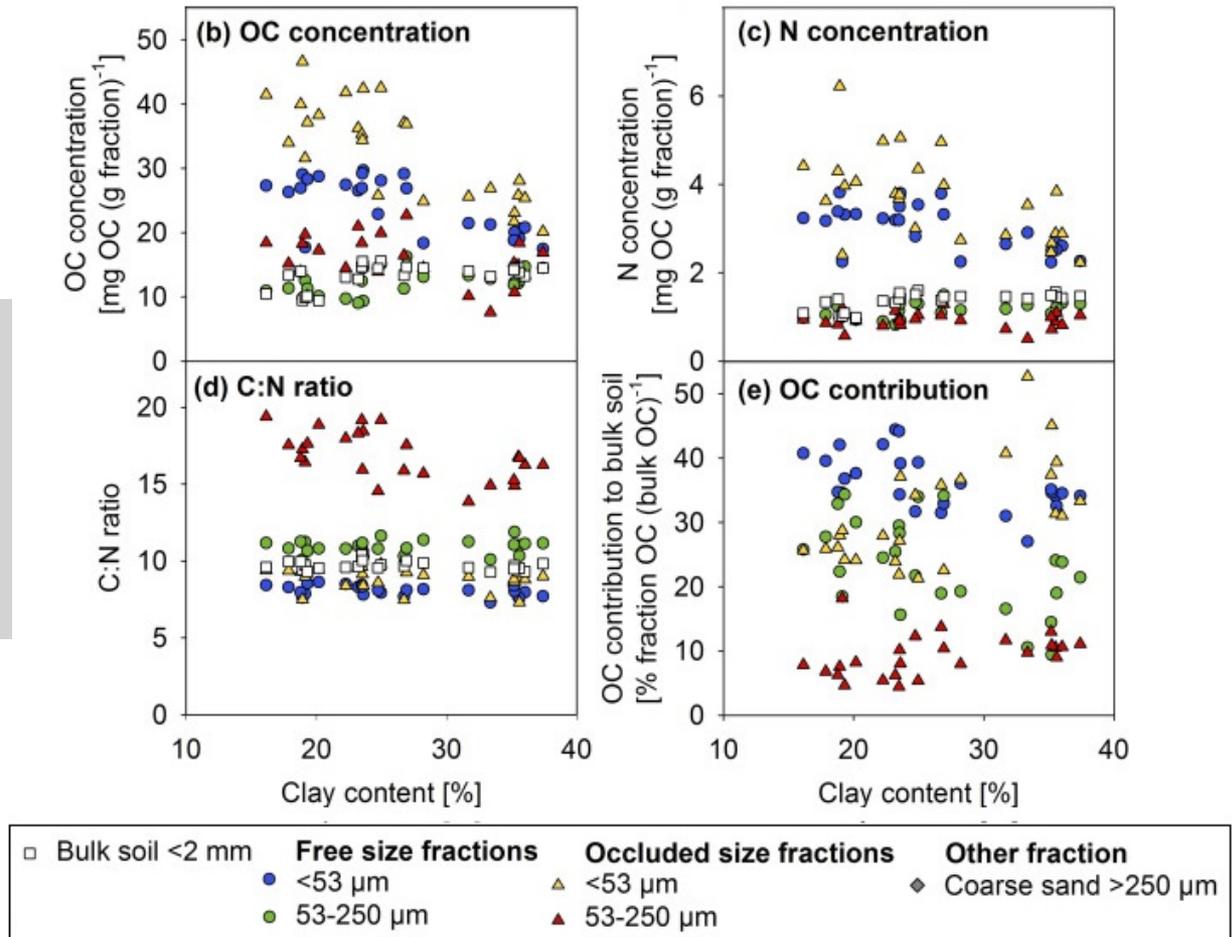


Figura 16. (b) concentração de OC, (c) concentração de N, (d) razão C: N e (e) suas contribuições relativas de OC.

## MO EM FRAÇÕES DE TAMANHO

As concentrações de CO e N das frações livres e ocluídas  $<53 \mu\text{m}$  dos solos com baixo teor de argila foram maiores do que as dos solos com alto teor de argila.

A fração maior de  $53 - 250 \mu\text{m}$  mostrou concentrações similares de CO e N para todos os teores de argila nas frações livre e ocluída.

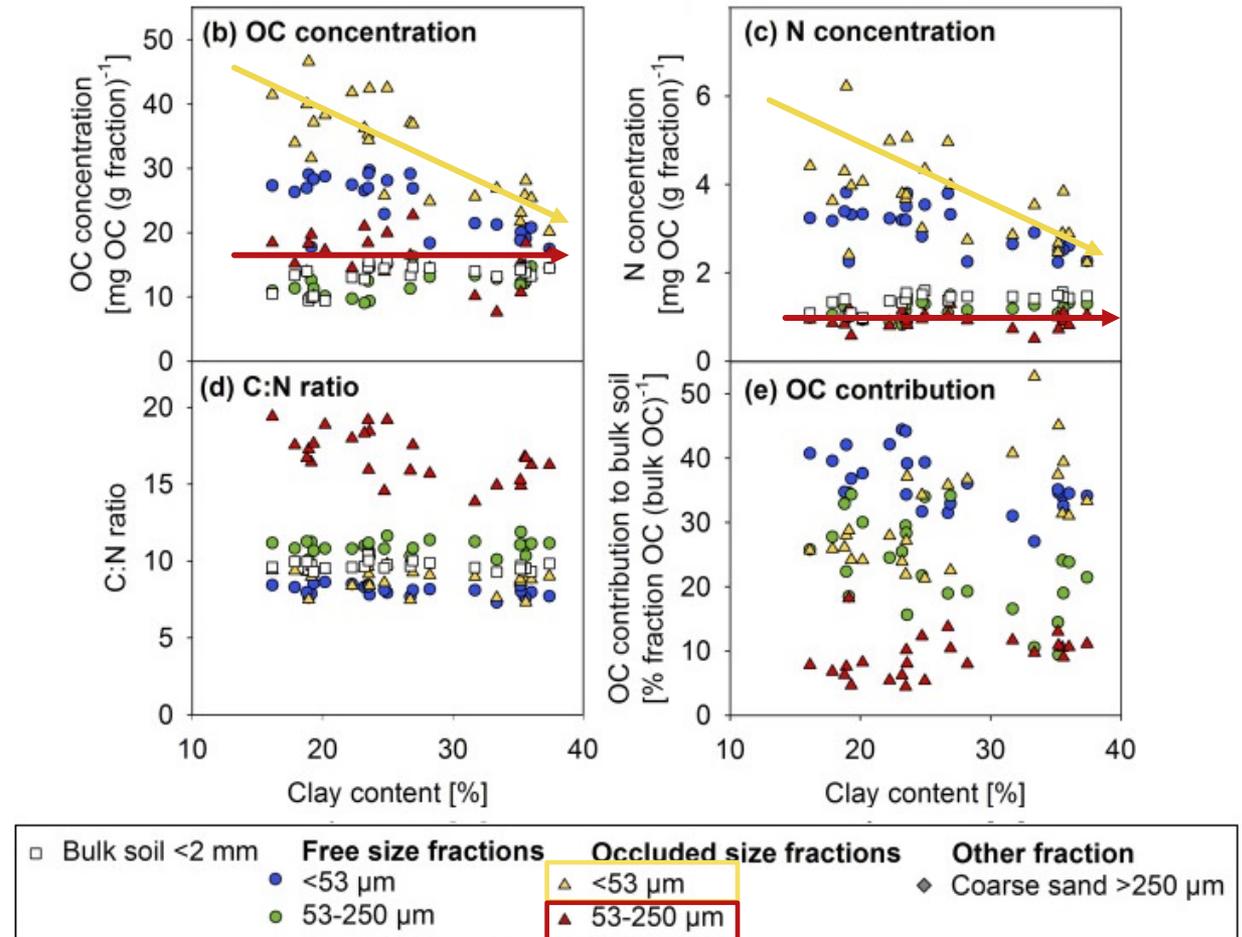


Figura 17. (b) concentração de OC, (c) concentração de N, (d) razão C: N e (e) suas contribuições relativas de OC.

## MO EM FRAÇÕES DE TAMANHO

As proporções C:N das grandes frações de 53 – 250  $\mu\text{m}$  eram geralmente mais altas do que as das pequenas frações <53  $\mu\text{m}$ .

As frações de tamanho ocluído apresentaram uma proporção C:N mais em comparação com as frações de tamanho livre.

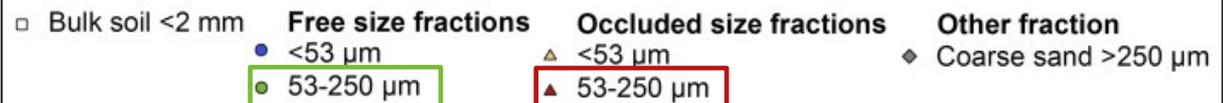
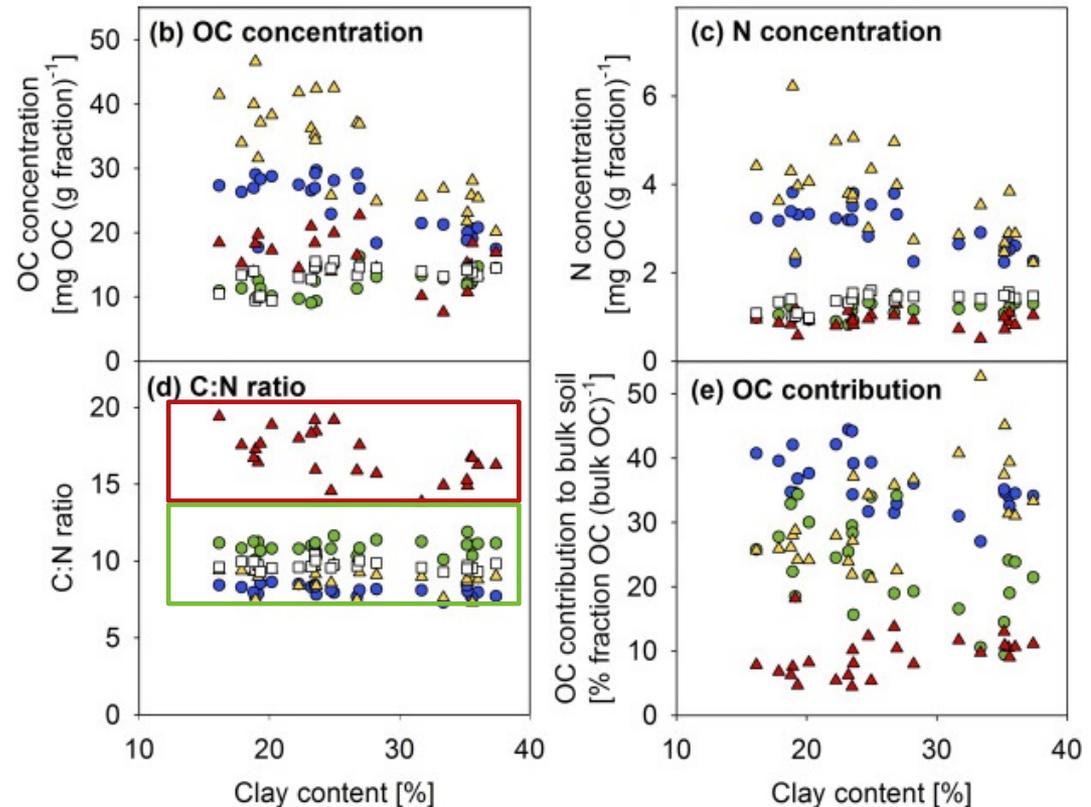


Figura 18. (b) concentração de OC, (c) concentração de N, (d) razão C:N e (e) suas contribuições relativas de OC.

## MO EM FRAÇÕES DE TAMANHO

As contribuições relativas do CO das frações de tamanho agregado livre para o CO do solo diminuíram, enquanto as das frações ocluídas aumentaram com o aumento do teor de argila

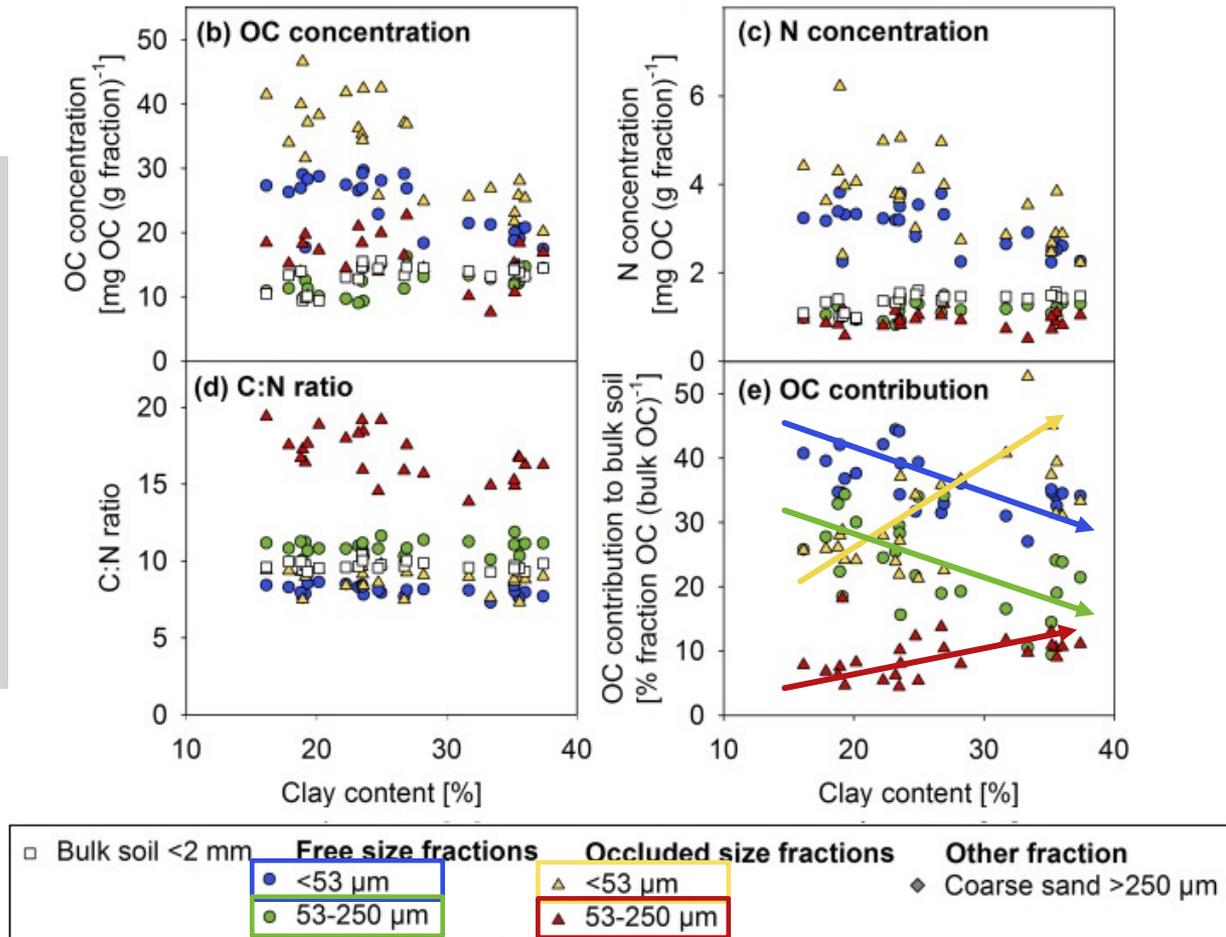


Figura 19. (b) concentração de OC, (c) concentração de N, (d) razão C: N e (e) suas contribuições relativas de OC.

## MO EM FRAÇÕES DE TAMANHO

Mais C alquil e menos O/N-alquil C

Não diferiram

Tabela 4. Integrais de grupos C funcionais nos espectros  $^{13}\text{C}$  CP-MAS RMN de estado sólido (resumidos para três conteúdos diferentes de argila; média  $\pm$  erro padrão;  $n = 3$ ). Os solos foram fracionados em frações de tamanho agregado livre e ocluído. Valores com a mesma letra em uma coluna não são significativamente diferentes ( $p = 0,05$ ).

Fraction	Size	Alkyl C (%)	O/N-alkyl C (%)	Aryl C (%)	Carboxyl C (%)	Alkyl:O/N-alkyl ratio
						ANOVA $p < 0.001$
<b>Bulk</b>	<2 mm	14.1 $\pm$ 0.3	47.3 $\pm$ 0.4	25.8 $\pm$ 0.5	12.4 $\pm$ 0.7	0.30 $\pm$ 0.02 a,b
<b>Free</b>	<53 $\mu\text{m}$	21 $\pm$ 0.6	42.7 $\pm$ 0.7	21.7 $\pm$ 1.2	13.7 $\pm$ 1.2	0.5 $\pm$ 0.01 c
<b>Free</b>	53–250 $\mu\text{m}$	14.3 $\pm$ 1.2	46 $\pm$ 2.1	27 $\pm$ 0.6	12 $\pm$ 1	0.32 $\pm$ 0.03 a,b
<b>Occluded</b>	<53 $\mu\text{m}$	18.3 $\pm$ 0.9	48.3 $\pm$ 0.7	22.7 $\pm$ 0.9	10.3 $\pm$ 0.3	0.38 $\pm$ 0.02 b
<b>Occluded</b>	53–250 $\mu\text{m}$	13.3 $\pm$ 1.3	49.7 $\pm$ 1.8	26.7 $\pm$ 0.7	10 $\pm$ 1.5	0.27 $\pm$ 0.03 a

Apresentou proporções mais altas de C carboxil e razão Alquil:O/N-alquil

## ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA E CARGA SUPERFICIAL DE CARBONO ORGÂNICO

- A ASE do solo a granel aumentou de 5,2 para 9,3  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$  com o aumento do teor de argila;
- A ASE das frações  $<53 \mu\text{m}$  foi maior que o das frações 53 – 250  $\mu\text{m}$ ;
- Ao remover a MO por oxidação com NaOCl, a diferença de ASE do oxidado menos a amostra não oxidada (SSA<sub>OM</sub>) indicava o ASE carregado com MO.

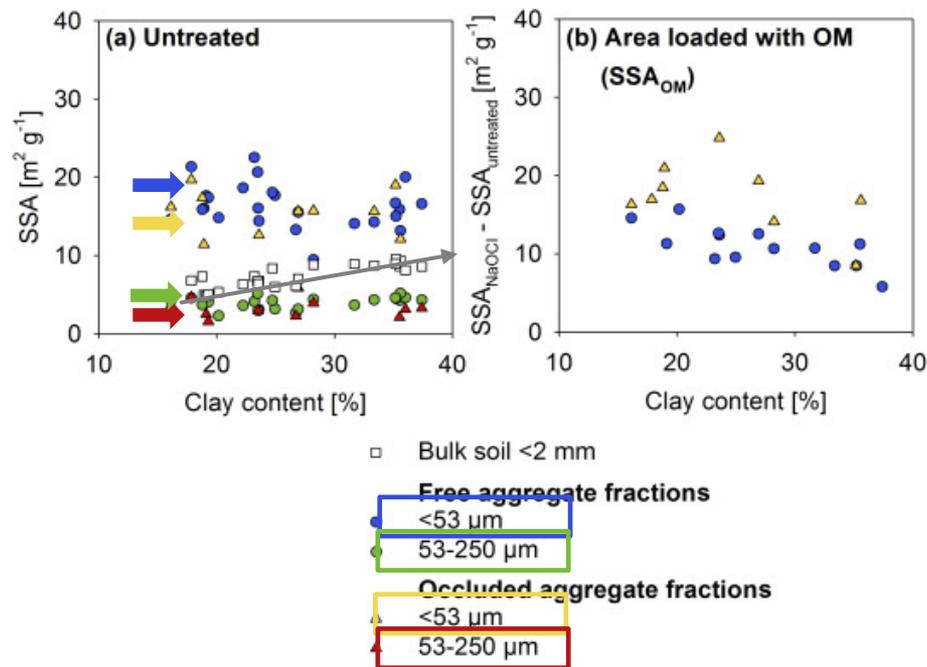
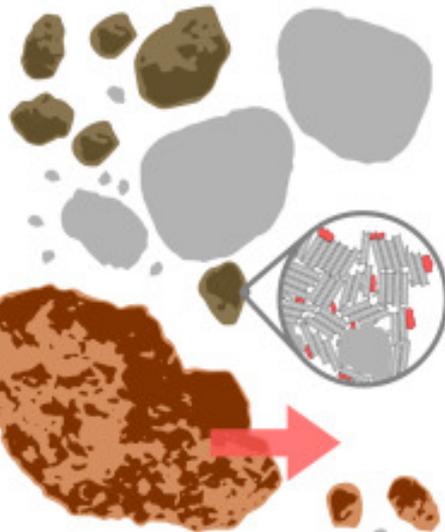


Figura 20. Área superficial específica (SSA; medida com N<sub>2</sub>-BET) de (a) frações de tamanho não tratadas, refletindo a superfície restante. (b) Área carregada com MO, calculando a diferença entre SSAs da amostra tratada com NaOCl e da amostra não tratada (SSA<sub>OM</sub>).

## SÍNTESE DOS RESULTADOS

## Low-clay soils

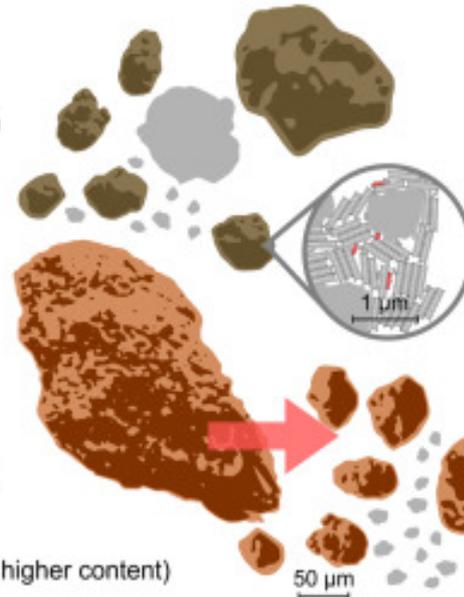
**Free size fraction**

- Many non-aggregated sand grains measuring  $>100 \mu\text{m}$
- Most aggregates approximately  $30 \mu\text{m}$  of diameter for all clay contents
- Small aggregates  $86 \mu\text{m}$  of diameter in  $53\text{--}180 \mu\text{m}$
- High OC concentration and high specific surface area covered by OM in  $<53 \mu\text{m}$  aggregate fraction

**Occluded size fraction**

- Low mass contribution to the bulk soil
- Small aggregates  $92 \mu\text{m}$  of diameter in  $53\text{--}250 \mu\text{m}$
- Aggregate texture more clay-rich (4 % higher content) for all clay contents

## High-clay soils

**Free size fraction**

- High mass contribution of  $<53 \mu\text{m}$  size fraction and low one of  $53\text{--}250 \mu\text{m}$
- Large aggregates  $94 \mu\text{m}$  of diameter in  $53\text{--}180 \mu\text{m}$
- Low OC concentration and low specific surface area covered by OM in  $<53 \mu\text{m}$  aggregate fraction
- Similar chemical composition of organic matter at all clay contents, major differences between size fractions

**Occluded size fraction**

- High mass contribution to the bulk soil
- Large aggregates  $106 \mu\text{m}$  of diameter in  $53\text{--}250 \mu\text{m}$
- More aggregated fine particles

Figura 21. Resumo esquemático com todas as comparações são entre conteúdo de argila, se não indicado de outra forma.

## CONCLUSÕES

- A agregação é governada pela distribuição de tamanho de partícula mineral em vez do conteúdo de MO;
- A composição química da MO foi afetada principalmente pela fração de tamanho, enquanto o teor de argila não teve influência;
- Verificou-se que a textura do solo exerce controle substancial sobre o acúmulo de agregados de tamanhos específicos e as diferentes contribuições de massa das frações de tamanho.

# Agradecemos pela atenção!

“Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser descoberta.” Carl Sagan

## Dúvidas?

