



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

RELAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO COM A ESTABILIDADE DE  
AGREGADOS

FAGNER TAIANO DOS SANTOS SILVA

Cruz das Almas, fevereiro de 2014.

FAGNER TAIANO DOS SANTOS SILVA

RELAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO COM A ESTABILIDADE DE  
AGREGADOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB pelo estudante Fagner Taiano dos Santos Silva como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Luciano da Silva Souza.

Cruz das Almas, fevereiro de 2014.

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586a	<p data-bbox="635 1467 954 1496">Silva, Fagner Taiano dos Santos.</p> <p data-bbox="616 1496 1209 1581">Relação de atributos do solo com a estabilidade de agregados / Fagner Taiano dos Santos Silva._ Cruz das Almas, BA, 2014.</p> <p data-bbox="667 1581 743 1610">41f.; il.</p> <p data-bbox="667 1637 1023 1666">Orientador: Luciano da Silva Souza.</p> <p data-bbox="635 1693 1209 1778">Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p data-bbox="651 1816 1209 1901">1.Solos – Manejo. 2.Solos – Avaliação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p data-bbox="995 1917 1118 1946">CDD: 631.4</p>
-------	--

FAGNER TAIANO DOS SANTOS SILVA

RELAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO COM A ESTABILIDADE DE  
AGREGADOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB pelo estudante Fagner Taiano dos Santos Silva como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Luciano da Silva Souza.

Monografia aprovada em 19/02/2014

---

Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

Orientador

CCAAB/UFRB

---

Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

Membro Titular

CCAAB/UFRB

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Ângela Umbelino Guedes Alcoforado

Membro Titular

CCAAB/UFRB

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais,  
Aurea dos Santos Silva e Florisvaldo Pereira da Silva  
Pelo amor e dedicação com a minha educação.

## AGRADECIMENTOS

“Dou graças a meu Deus, cada vez que de vós me lembro.” (Filipenses 1:3).

A Deus, por ter me concedido forças para lutar e vencer os muitos obstáculos encontrados nesta caminhada.

Aos meus pais, pela dedicação com minha formação e pelo esforço para realizar o sonho de me ver estudando.

À minha família, em especial aos meus irmãos pelo apoio e união em todas as horas, sobretudo nas mais difíceis.

Ao professor Luciano da Silva Souza, por todos os ensinamentos tanto para a vida pessoal quanto para a vida profissional e por ter paciência e atenção durante quatro anos de orientação.

Aos professores Paula Ângela Umbelino Guedes Alcoforado, José Fernandes de Melo Filho, Joelito de Oliveira Rezende, Alessandra Nasser Caiafa, Fabiano Machado Martins, Everton Luis Poelking e Ruth Exalta da Silva, por terem me proporcionado conhecimentos, experiências e conversas produtivas na “sala de solos”.

A todos os meus amigos e em especial aos amigos de infância que dividem república comigo, Nei, Victor e Tales Braw.

A Paulo Vitor, que dividiu aluguel comigo durante quase cinco anos, participando dos meus esforços e das minhas conquistas, caminhando junto comigo.

Aos colegas de laboratório, Polianna Farias, Ana Carolina, Fábio, Drielle, Ricardo e Rivani.

A todos os meus amigos da turma de 2009.1 da Engenharia Florestal, pela união, festas, trabalhos e estudos que tivemos durante todo esse tempo.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1. Argila .....	13
2.2. Matéria orgânica .....	15
2.3. Areia .....	16
2.4. Agregados .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1.1. Local de realização da pesquisa.....	19
3.1.2. Solos avaliados .....	19
3.1.3. Determinação do coeficiente de extensibilidade linear (COLE) .....	19
3.1.3.1. Método do torrão .....	19
3.1.3.2. COLE .....	21
3.1.4. Estabilidade de agregados .....	21
3.1.4.1. Agregados estáveis em água .....	21
3.1.4.2. Agregados estáveis à agitação mecânica via seco .....	22
3.1.5. Análise granulométrica .....	23
3.1.6. Matéria orgânica .....	24
3.1.7. Análises estatísticas .....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1. CONCLUSÕES .....	37
4.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Coeficiente de extensibilidade linear (COLE) obtido pelo método do torrão ...	27
<b>Tabela 2.</b> Valores de agregados via úmida e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) .....	27
<b>Tabela 3.</b> Valores de areia total (AT) e frações, silte, argila e matéria orgânica (MO) ....	28
<b>Tabela 4.</b> Valores de agregados via seca e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) .....	30
<b>Tabela 5.</b> Relação entre DMPu/DMPs .....	33
<b>Tabela 6.</b> Coeficiente de correlação r de Pearson de argila, matéria orgânica (MO), areia total (AT), silte, frações de areia de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25, 0,25-0,1 e <0,1 mm e coeficiente de extensibilidade linear (COLE) com a estabilidade de agregados em via úmida e seca, considerando todos os solos e horizontes .....	35
<b>Tabela 7.</b> Coeficiente de correlação r de Pearson de argila, matéria orgânica (MO), areia total (AT), silte, frações de areia de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25, 0,25-0,1 e <0,1 mm e coeficiente de extensibilidade linear (COLE) com a estabilidade de agregados em via úmida e seca, considerando os horizontes A do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Latossólico e Vertissolo Háplico Órtico ....	36

## RESUMO

A distribuição de agregados em classes de tamanho, quantidade e estabilidade são importantes na determinação da quantidade e distribuição do espaço poroso no solo. O conhecimento do tipo de argila e do seu comportamento quando submetida a diferentes condições de umedecimento e secagem, constitui um critério muito importante para avaliar a estrutura do solo, levando em consideração a sua participação como agente de agregação, o que, por sua vez, constitui relevante fator para a formação da estrutura do solo. Em estudos sobre fatores que influenciam na estabilidade de agregados é importante o conhecimento da atividade, quantidade e tipo de argila que compõe o solo, areia total e frações e matéria orgânica que, relacionados com a análises da estabilidade de agregados via úmida e via seca, proporcionam o conhecimento sobre a estabilização da estrutura no solo. Diante disso, foram avaliados seis solos com diferentes teores e tipos de argila, sendo cinco com predominância de argila 1:1 e um com argila 2:1, determinando-se o coeficiente de extensibilidade linear (COLE), utilizando o método do torrão com substituição da resina Saran por parafina, a análise de agregados pelas vias úmida e seca e as análises granulométrica e de matéria orgânica. Os resultados obtidos mostraram que é possível realizar a determinação do COLE substituindo resina Saran por parafina. Solos caulíníticos (Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háptico) mostraram presença de expansão-contracção avaliada pelo COLE. A matéria orgânica, a argila e a fração de areia <0,1 mm foram os fatores mais importantes para a agregação do solo, tanto em via úmida quanto em via seca. O Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico foi o solo que apresentou a maior estabilidade de agregados na presença de água, seguido do Latossolo Amarelo Distrocoeso e, por fim, do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Cambissolo Háptico Tb Eutrófico, Cambissolo Háptico Tb Eutrófico latossólico, Vertissolo Háptico Órtico.

**Palavras-chave:** coeficiente de extensibilidade linear, análise granulométrica, matéria orgânica, agregados via seca, agregados via úmida.

## **ABSTRACT**

### **RELATIONSHIP BETWEEN SOIL ATTRIBUTES AND SOIL AGGREGATE STABILITY**

Soil aggregate distribution by size classes, quantity and stability are important in determining amount and distribution of soil pore space. Soil clay type knowledge and their behavior when subjected to different wetting and drying conditions is a very important criterion for assessing soil structure, taking into account their participation as aggregation agent. For the study on the factors that influence aggregate stability is important to know the activity, amount and soil clay type, organic matter, total sand and sand fractions. Relationship of these factors with soil aggregate stability analysis via wet and dry processes provide knowledge about soil structure stabilization. Thus, six soils with different levels and types of clay were evaluated, being five predominantly with 1:1 clay and one with 2:1 clay. Results showed that it's possible to determine the COLE substituting Saran resin for paraffin. Kaolinitic soils (Ultisol Red-Yellow, Typic Hapludox and Haplic Cambisol) showed expansion-contraction presence assessed by COLE. Organic matter, clay, and sand fraction <0.1 mm were the most important factors for soil aggregation, both in wet and in dry processing. Red-Yellow Oxisol was the soil with the highest aggregate stability in water presence, followed by Yellow Oxisol and, finally, Red-Yellow Ultisol, Haplic Cambisol, Haplic Cambisol-Oxisol, and Vertisol.

Keywords: linear extensibility coefficient, particle size analysis, and organic matter, dry aggregates, wet aggregates.

## 1. INTRODUÇÃO

A grande diversidade de características químicas, físicas, morfológicas e biológicas dos solos brasileiros confere aptidões de uso e manejo distintas. Essas diferenças proporcionam uma vasta gama de manejo, o que resulta na necessidade de desenvolver estudos detalhados que possam fornecer informações capazes de gerar tratamentos apropriados para as diferentes formações estruturais dos solos (CAPECHE, 2008).

A estrutura do solo é entendida como a distribuição de partículas sólidas (argila, silte, areia e matéria orgânica) e espaço poroso (macro e microporos) e é um fator importante para a produção agrícola e para o manejo e conservação do solo, indicando práticas determinantes para que se faça uso sustentável do mesmo (LIMA et al., 2003; CONTE et al., 2011).

O conhecimento do tipo de argila que compõe o solo e do seu comportamento quando submetida a diferentes condições de umedecimento e secagem constituem informações importantes para avaliar a estrutura do solo, levando em consideração a participação da argila como agente de agregação, o que, por sua vez, constitui relevante fator para a gênese da estrutura do solo; com o estudo desta obtêm-se importantes informações para o entendimento da relação entre o solo e a planta (PASSARIN et al., 2007).

As argilas do grupo das esmectitas, com estrutura 2:1, apresentam alta atividade coloidal, destacando a capacidade de expansão-contração que imprimem aos solos devida à variação de umidade. Essa capacidade de expansão pode ser obtida pela análise do coeficiente de extensibilidade linear (COLE) do solo; não são conhecidos trabalhos buscando quantificar tal fenômeno em solos com predominância de argila 1:1, não expansiva, inclusive para melhor avaliar sua expressividade. Tem-se observado que alguns solos cauliniticos, portanto com a presença de argila de baixa atividade, apresentam o fenômeno de expansão e contração, porém com rachaduras menores e mais discretas, em relação a solos com elevados teores de argila mais ativa e com acentuada expansão-contração, em períodos alternados de umedecimento e secagem.

A distribuição de agregados em classes de tamanho, quantidade e estabilidade é importante na determinação da quantidade e distribuição do espaço poroso no solo, determinando também a suscetibilidade dos agregados à ação erosiva da água e do vento (clima), constituindo grande relevância para as práticas de manejo e conservação do solo, além de influenciar na capacidade de armazenamento de água e na diminuição da perda de partículas (CONTE et al., 2011).

Costa (2005) salienta a importância da matéria orgânica na estabilidade de agregados e na preservação da qualidade estrutural dos solos e ressalta a participação da textura neste processo, sendo a argila fator que influencia no aumento ou diminuição da densidade do solo e da compactação do solo; a densidade do solo é inversamente proporcional à estabilidade de agregados, ou seja, quanto maior a estabilidade de agregados menor a densidade do solo.

A fração areia representa grande importância para a formação de agregados, sendo que Portugal et al. (2008) verificaram que, em solos contendo uma menor quantidade de areia grossa, combinada com grande quantidade de argila, houve favorecimento da formação de agregados maiores, aumentando, conseqüentemente, a porosidade do solo. Em solos mais intemperizados, por conta do clima e de outros fatores ambientais, a areia se apresenta em tamanhos menores, porém a influência desse fator na formação de agregados é dependente da quantidade e do tipo de argila, estabelecendo o tamanho e participando da estabilização.

Para o estudo sobre os fatores que influenciam na estabilidade de agregados é importante o conhecimento de variáveis como atividade, quantidade e tipo de argila que compõe o solo, areia total, frações da areia por tamanho, silte e matéria orgânica que, associados a análises de resistência de agregados via úmida e via seca, proporcionam o conhecimento sobre a formação e estabilização da estrutura no solo.

Assim, este trabalho objetivou determinar o COLE para diferentes tipos de solos do Estado da Bahia, substituindo a resina Sarah por parafina, e correlacionar o COLE, argila, silte, areia total e frações e matéria orgânica com a estabilidade de agregados via seca e em água.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Argila

Os fenômenos de instabilidade volumétrica (plasticidade e expansão) que ocorrem no solo devido à mudança no teor de água são complexos e influenciados por uma série de fatores. Para que um solo possa exibir expansividade é necessária a presença de forças capazes de transferir água de um ponto a outro no solo, o que implica em um desequilíbrio da umidade natural do entorno. O tipo de argila que compõe o solo (2:1 ou 1:1) tem grande influência na formação de agregados e atua mecanicamente aproximando as partículas através de cargas eletrostáticas, proporcionando de forma direta ligações e formação de agregados. Fatores que estão diretamente ligados a estes fenômenos são a composição mineralógica, a textura e a estrutura do solo e o teor de matéria orgânica, estabelecendo a capacidade expansiva teórica e determinando a formação e a estabilidade de agregados. Há também fatores como o clima, disponibilidade hídrica, biota e atuação antrópica determinando o acontecimento destes fenômenos (BIASSUSI et al., 1999; FERREIRA et al., 2009).

Algumas argilas, particularmente as do tipo 2:1, que apresentam alta atividade coloidal, expandem-se consideravelmente quando úmidas e contraem quando secas. Os solos expansivos são ricos nesse tipo de argila. As cargas eletrostáticas na superfície das argilas atraem moléculas de água para grandes poros nos espaços interlaminares das argilas. Além disso, cátions associados com a superfície das argilas têm tendência a hidratar-se adicionando água na estrutura da argila. A água expande as lamelas, as quais se separam fazendo com que a massa de solo aumente seu volume. O processo inverso acontece quando o solo seca e a água sai das lamelas das argilas, causando contração e formação de fendas. Durante prolongados períodos secos, o solo com alta quantidade de argila 2:1 pode ser reconhecido no campo pela presença de rachaduras profundas. Esse tipo de argila possui alta quantidade de carga, formando agregados com maiores níveis de dureza quando secos mas que são menos estáveis quando úmidos; esta característica está diretamente associada com a fração areia do solo e com a quantidade de matéria orgânica que, quando combinadas com esse tipo de argila, proporcionam qualidades referentes às suas propriedades físicas (BARDALES, 2005).

Portugal et al. (2008), em análise da estabilidade de agregados em estudo sobre os atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb Distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira, observaram que houve uma maior quantidade de agregados maiores que 2 mm na camada de 0-0,20 m do solo, e afirmaram que em solos sujeitos a maiores ciclos

de umedecimento e secagem os agregados são menos estáveis; esse fato pode ser explicado pelo movimento das argilas influenciando nas ligações entre as partículas do solo e influenciando na estabilidade dos agregados.

As argilas do tipo 1:1 (caulinita) caracterizam-se por um arranjo composto por uma camada de tetraedros de Si ligada a uma camada de octaedros de Al por um átomo de oxigênio comum às duas estruturas, formando assim uma unidade cristalográfica; essas unidades cristalográficas estão ligadas entre si por pontes de hidrogênio e são hexagonais, de tamanho grande, ou seja, com pequena superfície específica (MONIZ, 1975). De acordo com Costa (2005), Bardales (2005) e Teske et al. (2007), esse mineral de argila é pouco expansivo porque não ocorre hidratação das camadas estruturais, devido à distância reticular entre as camadas. A estrutura é quase eletricamente neutra, ocorrendo pouca adsorção superficial e pouco movimento mecânico pelo contato com a água; isso indica que os solos com predominância desse tipo de argila possuem a maioria dos seus agregados gerados pela quantidade de matéria orgânica e modelados pela distribuição de diâmetro da fração areia, pela força mecânica gerada pelo crescimento das raízes e por animais de hábito terrestre. Nesse tipo de argila ocorre pouca substituição isomórfica, sendo ela de Al por Fe e/ou Ti nas variedades relativamente menos cristalizadas. Esse tipo de argila é o mais comum em solos residuais maduros, é estável e não apresenta grande expansão e contração.

Melo et al. (2008) relataram, em estudo de uma topossequência, maior diâmetro médio geométrico de agregados na parte mais baixa, mostrando grande variação da quantidade de caulinita para uma mesma classe de agregados e um efeito positivo dessa argila na agregação do solo, sendo que em agregados de tamanhos maiores foram observados maiores teores de caulinita, o contrário acontecendo em agregados de menores classes de diâmetro. Um maior teor de óxidos de Fe e Al favoreceu a diminuição do tamanho dos agregados. Segundo os autores, os óxidos de Fe e Al causam efeito desorganizador no ajuste dos cristais de caulinita, o que favorece a redução do tamanho dos agregados. O efeito pode ser contrário se esses minerais forem capazes de neutralizar as cargas negativas da caulinita, o que contribui para o crescimento dos agregados por meio do aumento na floculação das partículas de argila do solo.

Segundo Vezzani & Mielniczuk (2011), a presença de caulinita com baixa atividade, baixos teores de óxidos de ferro e grande quantidade de silte e areia causa fragilidade nos agregados do solo, provocando desestruturação e, conseqüentemente, a separação das

partículas, e acrescentam ainda que a presença de raízes, principalmente de gramíneas, atua fisicamente na formação e estabilização de macroagregados, salientando que esse é um processo dinâmico dependente da composição do solo, distribuição de areia, teor de matéria orgânica e manejo do solo e planta.

## **2.2. Matéria orgânica**

A matéria orgânica é adicionada ao solo por ação da decomposição de resíduos de origem animal e principalmente vegetal. Por meio da fotossíntese as plantas fazem a captação do carbono da atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$  e este é fixado em seus tecidos. Após a senescência das plantas esse carbono é depositado no solo pela incorporação da parte aérea e das raízes das plantas no solo. Ainda durante o crescimento do vegetal há a liberação de exsudatos radiculares, que são incorporados ao solo, e dessa forma parte do carbono retirado da atmosfera é depositado no solo. As condições edafoclimáticas de cada ambiente e a produtividade das plantas determinam a quantidade de carbono que será acrescentada ao solo. Inicialmente os resíduos orgânicos sofrem ação da fauna do solo e em seguida dos microorganismos que atuam na mineralização dos nutrientes, tornando-os disponíveis para as plantas. A adição de carbono no solo é diretamente proporcional à taxa de adição de resíduos orgânicos, sendo que a capacidade de armazenar esse material está relacionada ao tipo de solo, clima, manejo e vegetação. Um manejo inadequado do solo resulta em perdas de carbono em pouco tempo de cultivo. A permanência da matéria orgânica no solo é também dependente de fatores bióticos que podem ser exemplificados como a manutenção de organismos decompositores no solo, mantendo um sistema ideal para sua sobrevivência, e fatores abióticos como a textura e estrutura do solo (PILLON et al., 2002). A matéria orgânica possui grande influência na manutenção e na melhoria da estrutura do solo, atuando na formação de agregados estáveis a partir da liberação de ácidos húmicos que atuam na floculação de argilas e, com suas cargas, aproximam as partículas do solo, tendo a argila como agente agregante neste processo (BONINI & ALVES, 2011).

Um dos indicadores de qualidade dos solos é a matéria orgânica, e a mesma é muito sensível ao manejo do solo (ROSA et al., 2011). Aratani et al. (2009), investigando a qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo, concluíram que o manejo do solo proporciona a diminuição de agregados por conta da diminuição de sua estabilidade; em solos de mata nativa uma maior agregação de partículas ocorre pelo acúmulo de matéria orgânica e pela falta de intervenção antrópica nesse

sistema. Comparando o sistema de plantio direto com o manejo convencional observaram a produção de efeito positivo no primeiro com uma maior quantidade de agregados estáveis, e afirmaram que esse sistema aumenta a resistência do solo a ações erosivas. No manejo convencional, em consequência do revolvimento intensivo do solo, ocorre a diminuição do teor de matéria orgânica e ressaltaram a importância da mesma como agente de agregação e estabilização de agregados.

Calonego & Rosolem (2008), em avaliação da estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação, verificaram que a ação mecânica de hastes de escarificador não revolve o solo, porém possui ação desagregadora, pois promove a ruptura da estrutura do solo; essa ação é intensificada com a quebra dos torrões pelo uso de destorroador, com o propósito de diminuir a rugosidade do terreno e facilitar o processo de semeadura. Esse efeito desagregador foi maior em subsuperfície do que em superfície, por apresentar menor teor de matéria orgânica em comparação com horizontes superficiais. Os mesmos autores concluíram ainda que, após três anos de manejo do solo com o uso de gramíneas, houve incremento de matéria orgânica e aumento significativo no tamanho dos agregados, e afirmaram que em áreas degradadas as gramíneas são plantas ideais para a recuperação da estrutura do solo, pela característica dessas plantas de apresentarem grande densidade de raízes e boa distribuição do sistema radicular, o que contribui para um rápido incremento de matéria orgânica no solo.

Vasconcelos et al. (2010) constataram que o processo de estabilização de agregados está associado ao teor de matéria orgânica, concluindo que quanto menor o teor de matéria orgânica menor é a estabilidade de agregados; a esse efeito soma-se ainda a ação da argila nos ciclos sucessivos de umedecimento e secagem, principalmente na camada superficial do solo, onde essa ação é mais intensa e provoca a desintegração dos ligantes orgânicos (matéria orgânica) e inorgânicos (argila) do solo.

### **2.3. Areia**

O conhecimento da fração areia produz informações importantes para o entendimento da estrutura do solo, sendo que a mesma participa ativamente da composição e da formação de agregados, dando forma e participando do processo de estabilização, influenciada pelo tipo e teor de argila e matéria orgânica, juntamente com o clima atuante no processo de formação do solo.

Oliveira et al. (2013), em pesquisa sobre qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho, destacaram a importância da areia e da argila na formação de agregados, verificando que, no solo estudado, houve aumento na quantidade e estabilidade de agregados do horizonte superficial até os mais profundos, e a concentração de matéria orgânica é superior em horizontes superficiais, atribuindo isso à ação da diminuição de areia e aumento de argila .

Vezzani & Mielniczuk (2011), analisando agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola, mostraram grande quantidade de partículas de areia menores que 0,25 mm nesse solo, afirmando que as mesmas têm participação na formação de macroagregados e que a fração areia teve grande influência nesses resultados, influenciando na diminuição do tamanho dos agregados.

Os fatores que atuam na formação de agregados do solo são responsáveis pelas características de sua estrutura. O estudo individual dessas características citadas permite conhecer a importância em conjunto e individual desses fatores do solo, indicando em cada solo o fator determinante para a constituição de sua estrutura. O conhecimento sobre o tamanho e a estabilidade de agregados permite conhecer a distribuição de poros por tamanho no solo, bem como sua suscetibilidade a ações erosivas.

#### **2.4. Agregados**

A definição de agregados, de acordo com Chaves & Calegari (2001), é a formação da unidade estrutural do solo a partir da união entre as partículas de argila, silte, areia e matéria orgânica, e a sua estabilidade é dada como sendo a resistência a uma ação mecânica degradante, sendo a água a de maior importância.

A formação de agregados no solo é influenciada por uma série de fenômenos; entre eles é possível citar a necessidade de uma força mecânica que aproxime as partículas do solo, que pode ser gerada pelo movimento de contração e expansão das argilas, de acordo com sua atividade; outro fator importante é a existência de agentes agregantes, sendo os mais importantes a argila, cuja participação é proporcional à sua atividade, ou seja, quanto maior a atividade deste colóide, mais forte será a ligação entre as partículas do solo, o que proporciona agregados mais estáveis quando secos e menos estáveis quando úmidos, por conta da ação da expansão separando as partículas do solo e desestabilizando a estrutura. A matéria orgânica, devido a ligações entre polímeros orgânicos e a superfície inorgânica do solo mediada por

cátions polivalentes, desempenha importante papel na estabilização de agregados, além dos óxidos de ferro que, por meio de suas cargas, unem as partículas do solo e funcionam como agente agregador (LIMA et al., 2003; PASSARIN et al., 2007).

O crescimento das raízes e o movimento interno de água, ar e calor são fenômenos influenciados pela agregação do solo, sendo que, quanto maior o tamanho e a estabilidade dos agregados, maiores serão os poros do solo, o que corresponde a uma menor resistência à penetração, maior movimento de água, ar e calor e menores valores de densidade do solo, gerando assim condições ideais para o desenvolvimento de plantas. A alteração da organização dos agregados do solo afeta o crescimento radicular das plantas. Para que haja otimização de produtividade de culturas é necessário atenção e manutenção do bom estado de agregação, estabilidade e, conseqüentemente, boa estrutura (OLIVEIRA et al., 2013).

Carvalho Filho et al. (2009) relataram que a ação da argila na formação de agregados se dá juntamente com a matéria orgânica, sendo que a participação de ambas possui a mesma importância. A matéria orgânica produz ácidos húmicos que possuem ação floculante nas partículas de argila, e esse efeito resulta em uma maior formação de agregados mais estáveis.

Bono et al. (2013) salientaram a relação entre o preparo do solo e a estabilidade de agregados, mostrando que existe forte interação entre o manejo do solo e a estabilidade e o tamanho de agregados. Comparando solo de mata com solos de pastagem contínua e adubada, mostraram que o último sistema possui maiores valores de agregados na camada de 0-0,10 m, superando valores da vegetação natural. Os autores atribuíram isso à fertilização do solo e ao manejo animal, que proporcionam intensa rebrota e, como conseqüência, a renovação da matéria orgânica que, associada com a ausência de manejo do solo, contribui para a formação de agregados de tamanhos maiores.

A quantificação do tamanho de agregados no solo pode ser caracterizada por meio do diâmetro médio ponderado (DMP), que é um índice que expressa, conjuntamente, os diferentes tamanhos de agregados que compõem o solo. O DMP é tanto maior quanto maior for a porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores, e é uma estimativa da quantidade de agregados em cada classe de solos (CASTRO FILHO et al., 1998).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1.1. Local de realização da pesquisa**

O presente trabalho foi realizado no ano de 2013/2014, com a coleta de solos em diferentes locais do Estado da Bahia, sendo as análises realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas (BA), a 12°40'19'' de latitude Sul e 39°06'22'' de longitude Oeste Gr., a uma altitude de 220 metros acima do nível do mar, precipitação média anual de 1.200 mm, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar média anual de 80% (EMBRAPA, 1993).

#### **3.1.2. Solos avaliados**

Foram avaliados seis solos representativos do Estado da Bahia com diferentes teores e tipos de argila, sendo cinco com predominância de argila do tipo 1:1 e um com argila do tipo 2:1, que serviu como referência, por ser tipicamente expansivo:

- Latossolo Amarelo Distrocoeso, Cruz das Almas-BA;
- Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Cruz das Almas-BA;
- Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico (1:1), com alta concentração de óxido de ferro, Gandu-BA;
- Cambissolo Háplico Tb Eutrófico (1:1), com elevado teor de argila, Lapão-BA;
- Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, Lapão-BA; e
- Vertissolo Háplico Órtico, Santo Amaro-BA.

Para a coleta foram selecionados locais com menor interferência antrópica, sendo abertos perfis e coletadas amostras de solo por horizonte, retirando-se blocos de solo onde, no laboratório, foram obtidos os torrões e solo desagregado para a aplicação dos métodos utilizados na avaliação do coeficiente de extensibilidade linear (COLE), estabilidade de agregados via úmida e seca, análise granulométrica e teor de matéria orgânica.

#### **3.1.3. Determinação do coeficiente de extensibilidade linear (COLE)**

##### **3.1.3.1. Método do torrão**

Esse é um dos métodos utilizados para a determinação da densidade do solo, podendo ser utilizado também para a avaliação da extensibilidade linear do solo (EMBRAPA, 1997). Baseia-se na impermeabilização de um torrão, de maneira a permitir mergulhá-lo em água ou

outro líquido e determinar seu volume. Na busca de uma alternativa para a resina SARAN, tal impermeabilização foi feita com parafina fundida.

Foram coletados 10 torrões de cada horizonte dos solos estudados, ajustando e aparando as arestas para obter o mesmo peso e, assumindo-se a mesma densidade do solo, o mesmo volume, como se deduz da equação

$$D_s = m / v \quad (1)$$

Logo:

$$V = m / D_s \quad (2)$$

Foi amarrado um arame com uma etiqueta identificando as amostras. O torrão foi levado à estufa a 105°C e logo após mergulhado em parafina fundida a 65°C até a obtenção de uma perfeita impermeabilização. Depois de impermeabilizado e esfriado foi pesado.

Em uma balança foi colocado um suporte com uma alça de arame no prato, aferindo-se então a balança. O torrão parafinado foi introduzido em um béquer contendo água, para obter o peso do torrão impermeabilizado mergulhado em água. Para determinar a umidade do torrão foi separado um pedaço da amostra.

Cálculos:

$$\text{Volume do torrão} = [(a - b) - c] \quad (3)$$

em que:

a = massa do torrão parafinado.

b = massa do torrão parafinado mergulhado em água.

c = volume da parafina = peso da parafina / 0,90.

$$\text{Densidade aparente (D}_s\text{) (kg dm}^{-3}\text{)} = a / b \quad (4)$$

em que:

a = massa do torrão seco a 105°C;

b = volume do torrão.

### 3.1.3.2. COLE

O torrão foi saturado por dois orifícios abertos na parafina. Após a saturação foram colocados em uma panela de pressão em placa de cerâmica de 0,1 MPa saturada e aplicada a tensão de 0,03 MPa. Após o equilíbrio o torrão foi pesado, obtendo-se o peso do torrão úmido a 0,03 MPa, sendo re-parafinado, mergulhado em água e pesado, obtendo-se o peso do torrão impermeabilizado após panela de pressão e mergulhado em água. O torrão foi levado para a estufa a 105°C e, após secagem, foi esfriado no dessecador e pesado; logo após o torrão foi novamente colocado no suporte de balança e pesado, para a obtenção do peso do torrão seco em estufa mergulhado em água.

Cálculos:

$$Du = (a - b) \quad (5)$$

em que:

$Du$  = volume do torrão úmido ao ar

$a$  = massa do torrão úmido ao ar.

$b$  = massa do torrão úmido mergulhado em água.

$$COLE = \left[ \frac{Ds}{Du} \right]^{1/3} - 1 \quad (6)$$

em que:

$COLE$  = coeficiente de extensibilidade linear;

$Ds$  = densidade do torrão seco a 105°C;

$Du$  = densidade do torrão úmido a 0,03 MPa.

### 3.1.4. Estabilidade de agregados

#### 3.1.4.1. Agregados estáveis em água

Este procedimento visa quantificar o teor de agregados estáveis em água e foi realizado seguindo procedimentos da EMBRAPA (2011).

Foram pesadas 50 gramas em triplicata de amostras de solo passada em peneiras de malha de 7,93 mm e retidas em peneiras de malha de 2 mm. Uma amostra foi levada para a estufa, a fim de determinar a umidade, a ser utilizada nos cálculos.

As amostras foram colocadas para serem saturadas em papel filtro sobre esponjas umedecidas. Os agregados foram umedecidos por capilaridade durante 4 minutos, e passaram para um jogo de peneiras de 2 mm, 1 mm, 0,5 mm e 0,25 mm com a ajuda de pequenos jatos de água.

O jogo de peneiras foi colocado em um aparelho de oscilação vertical na seguinte ordem 2 mm, 1 mm, 0,5 mm e 0,25 mm, e as amostras foram transferidas para as peneiras com a ajuda de jatos de água. O aparelho foi ligado com 32 oscilações por minuto e uma amplitude de 4 cm de altura durante 4 minutos.

As amostras retidas em cada peneira foram transferidas para latas de alumínio e levadas para a estufa a 105 °C por 12 horas, após o que foram retiradas e pesadas.

Cálculos:

$$\text{Teor de agregados} = 1000(a/b), \quad (7)$$

em que:

a = massa da amostra de 50 gramas seca a 105 °C.

b = massa das amostras retidas nas peneiras secas a 105 °C.

#### **3.1.4.2. Agregados estáveis à agitação mecânica via seco**

Foram pesadas 100 gramas de amostra de solo em triplicata. As amostras foram passadas em peneira de 7,93 mm e retidas em peneiras de 2 mm.

Uma amostra foi levada para estufa a 105 °C, para determinação da umidade a ser utilizada no cálculo, e a outra foi colocada em um jogo de peneiras de 2 mm, 1 mm, 0,5 mm e 0,25 mm e levadas a um agitador mecânico por 15 minutos. Após esse procedimento, as amostras retidas em cada peneira foram retiradas, levadas para a estufa a 105 °C e pesadas.

Cálculo:

$$\text{Teor de agregados} = 1000(a/b) \quad (8)$$

em que:

a = massa da amostra de 100 g seca a 105 °C;

b = massa das amostras retidas na peneira secas a 105 °C.

Os valores de agregados via seca e via úmida foram utilizados para calcular o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), por meio da equação:

$$\mathbf{DMP} = \sum_{n=1}^n (\mathbf{x_i} \cdot \mathbf{w_i}) \quad (9)$$

em que:

w<sub>i</sub> = proporção de cada classe em relação ao total;

x<sub>i</sub> = diâmetro médio das classes (mm).

### 3.1.5. Análise granulométrica

As amostras foram passadas em peneiras de 2 mm, sendo pesadas 20 gramas de solo em triplicata, colocando-se em copo plástico e adicionando-se 100 ml de água e 10 ml de solução de hidróxido de sódio 1 M.

As amostras foram agitadas em agitador de Wagner por 16 horas a uma rotação de 60 RPM, retiradas e levadas para provetas de 1000 ml, completando com água destilada, agitando com um bastão e medindo a temperatura para obter o tempo de sedimentação calculado de acordo com a Lei de Stokes.

Após o tempo de sedimentação foi retirada uma alíquota de 50 ml da suspensão, introduzindo-se uma pipeta a 5 cm de profundidade, colocada em béquer de peso conhecido e levada à estufa, para a obtenção do teor de argila.

Para a obtenção da fração areia, o conteúdo da proveta foi passado em peneira de 0,53 mm, lavando-se com jato de água para retirar todo o silte e a argila e colocando-se em estufa para secagem. A fração areia foi fracionada utilizando um jogo de peneiras de 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm e 0,105 mm.

Cálculos:

$$\text{Teor de argila} = [\text{argila (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1000 \quad (10)$$

$$\text{Teor de silte} = 1000 - [\text{argila (g)} + \text{Areia total (g)}] \quad (11)$$

$$\text{Areia Total} = \sum \text{das frações areia} \quad (12)$$

$$\text{Teor de areia 2-1 mm} = \text{areia 2-1 mm (g)} \times 50 \quad (13)$$

$$\text{Teor de areia 1-0,5 mm} = \text{areia 1-0,5 mm (g)} \times 50 \quad (14)$$

$$\text{Teor de areia 0,5-0,25 mm} = \text{areia 0,5-0,25 mm (g)} \times 50 \quad (15)$$

$$\text{Teor de areia 0,25-0,1 mm} = \text{areia 0,25-0,1 mm (g)} \times 50 \quad (16)$$

$$\text{Teor de areia } <0,1 \text{ mm} = 1000 - \sum \text{das frações areia.} \quad (17)$$

### 3.1.6. Matéria orgânica

A determinação da matéria orgânica foi realizada de acordo com métodos desenvolvidos por Mendonça e Matos (2005).

Foram pesados 0,2 gramas de solo em tubos de digestão. Foram adicionados 5 ml da solução de dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) a  $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  com uma pipeta volumétrica e, em seguida, 7,5 ml de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado.

As amostras foram levadas ao bloco digestor que foi pré-aquecido até a temperatura de  $170 \text{ }^\circ\text{C}$ , sendo os tubos colocados no bloco digestor, mantidos por 30 minutos nessa temperatura e esfriados cerca de 15 minutos.

Os conteúdos foram transferidos para erlenmeyers de 250 ml, utilizando água destilada suficiente para obter um volume final de 80 mL. Após a solução alcançar temperatura ambiente, foi adicionado 0,3 ml da solução indicadora, sulfato ferroso amoniacal ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) dissolvido em ácido sulfúrico concentrado  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ . O ponto de viragem ocorre no momento da passagem de verde para violeta-escuro.

Foram feitos seis amostras controles em branco (5 mL da solução de dicromato de potássio + 7,5 ml de ácido sulfúrico). Três foram levadas para a digestão e três permaneceram sem aquecimento, para uso na quantificação do total de dicromato perdido no aquecimento na ausência da amostra.

Cálculos:

A porcentagem de carbono orgânico foi calculada com base no volume de solução gasta na titulação da amostra, do branco aquecido e do branco não aquecido:

$$A = [(V_{ba} - V_{am}) \cdot (V_{bn} - V_{ba}) / V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am}), \quad (18)$$

sendo:

$V_{ba}$  = Volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento;

$V_{bn}$  = Volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento;

$V_{am}$  = Volume gasto na titulação da amostra.

$$CO \text{ (g /kg)} = \frac{(A)(\text{molaridade do sulfato ferroso})(3)(1000)}{\text{Peso da amostra (mg)}} \quad (19)$$

sendo:

3 = resultado da relação entre o número de mols de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^-$  que reage com  $\text{Fe}^{2+}$ , multiplicado pelo número de mols de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^-$  que reagem com o CO, multiplicado pela massa atômica do C.

### 3.1.7. Análises estatísticas

Os valores da análise de agregados via úmida e seca, COLE, areia total e suas frações, silte, argila e matéria orgânica foram interpretados por meio da análise de variância. Para comparar as médias entre solos aplicou-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Foi realizado o teste de correlação Pearson para melhor visualizar a participação de cada variável no processo de estabilização de agregados, adotando-se os níveis de significância de 5 % e 1 % para o coeficiente de correlação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Vertissolo foi o único solo muito expansivo (Tabela 1), devido à presença de argilominerais do tipo 2:1; os resultados de COLE desse solo concordam com os resultados apresentados no trabalho de Biassusi et al. (1999), que definiram a atividade da argila como capaz de expandir aproximadamente 22% do volume seco, sendo essa expansão devida à hidratação das estruturas da argila que expandem quando úmidas e contraem quando secas; neste trabalho encontrou-se expansão de 22% no horizonte A e 25% no horizonte B em solo da mesma classe (Tabela 1).

Os solos Argissolo Vermelho-Amarelo (Horizonte A), Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háptico apresentaram COLE entre 15% e 24% em relação ao observado para o Vertissolo (Tabela 1). O Latossolo Amarelo Distrocoeso, Argissolo Vermelho-Amarelo (Horizonte 2BC), Cambissolo Háptico Tb Eutrófico e Cambissolo Háptico Tb Eutrófico latossólico apresentaram menores valores de COLE.

Segundo Costa (2005), quando há modificação no teor de água haverá também modificação no volume do solo, ocorrendo tanto em solos arenosos como em argilosos, com predominância de argila 2:1 ou 1:1, porém em grandezas diferentes, tornando seu estudo imprescindível para concluir sobre suas possíveis aplicações.

Com base nos resultados sobre agregação do solo, foi possível observar uma maior quantidade ( $937,4 \text{ g kg}^{-1}$ ) de agregados de maior tamanho ( $7,93\text{-}2 \text{ mm}$ ) na análise via úmida no Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico (Tabela 2), com alta concentração de óxido de ferro, e alto teor de argila (Tabela 3), ambos considerados agentes de agregação (OLIVEIRA et al., 1992). Esse solo apresentou COLE de 19 % (Tabela 1), o que poderia contribuir para a desestabilização dos agregados na presença de água, pois a expansão das argilas separam suas partículas, tornando os agregados menos estáveis; além dos efeitos do óxido de ferro e da argila, já citados, isso não ocorreu também pela ação do alto teor de matéria orgânica, que promove maior agregação de partículas de solo e tem efeito estabilizador dificultando a desagregação (CALONEGO & ROSOLEM, 2008; ARATANI et al., 2009). Obviamente, foram registrados valores muito baixos para os agregados de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25 e <0,25 mm em via úmida.

Em comparação com os outros solos o Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico apresentou a fração areia total baixa e bem distribuída, apresentando valores estatisticamente iguais aos horizontes A e C do Vertissolo Háptico Órtico; essa distribuição em frações

**Tabela 1.** Coeficiente de extensibilidade linear (COLE) obtido pelo método do torrão.

Solos	Horizontes	Expansão em relação ao volume seco (%)	COLE	
			Absoluto	% <sup>(1)</sup>
Latossolo Amarelo Distrocoeso	AB	7	0,029 d <sup>(2)</sup>	11
	BA	5	0,020 d	7
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	A	17	0,066 c	24
	2BC	4	0,014 d	5
Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico (1:1), com alta concentração de óxido de ferro.	A	13	0,051 c	19
Cambissolo Háptico Tb Eutrófico (1:1), com elevado teor de argila	A	11	0,041 c	15
Cambissolo Háptico Tb Eutrófico latossólico, com elevado teor de argila	A	4	0,014 d	5
Vertissolo Háptico Órtico	A	22	0,217 b	79
	C	25	0,276 a	100

<sup>(1)</sup>Valor percentual em relação ao maior COLE, observado no Vertissolo.

<sup>(2)</sup>Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Valores de agregados via úmida e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP).

Solos	Horizontes	Classes de agregados (mm)					DMP
		7,93-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
		g kg <sup>-1</sup>					mm
Latossolo Amarelo Distrocoeso	AB	579,1 b <sup>(1)</sup>	167,7 bc	143,1 bc	67,1 b	43 d	3,90 b
	BA	566,6 bc	165,4 bc	123,2 c	81,1 b	64,7 d	3,51 b
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	A	457,1 bc	221,1 bc	153,1 ab	105,2 ab	63,5 d	2,96 d
	2BC	368,5 d	260,2 ab	197,1 ab	84,4 ab	89,8 c	2,57 e
Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico (1:1), com alta concentração de óxido de ferro.	A	937,4 a	11,2 f	11,1 c	6 b	34,3 e	8,82 a
Cambissolo Háptico Tb Eutrófico (1:1), com elevado teor de argila	A	388,4 b	153,1 ef	175,4 b	112 ab	171,1 b	2,47 f
Cambissolo Háptico Tb Eutrófico latossólico, com elevado teor de argila	A	40e	94,1 ef	336,2 ab	228,7 a	301 a	2,66 e
Vertissolo Háptico Órtico	A	373,7 d	365,3 a	114,6 c	46,1 a	100,3 b	2,98 c
	C	51,1 e	268,1 ab	367,1 a	134,1 ab	179,6 b	2,60 d

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

menores pode ter contribuído para a estabilização destes agregados como citado por Oliveira et al. (2013).

O Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico foi o solo que apresentou também maior quantidade de agregados de maior tamanho (7,93-2 mm) estável por tamisação via seca (Tabela 4), embora sem diferir estatisticamente do horizonte 2BC do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e do horizonte A do Vertissolo Háplico Órtico. Este fato pode ser explicado pelo elevado teor de matéria orgânica (Tabela 3), para o Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico e para o Vertissolo Háplico Órtico. No processo via úmida, foram registrados valores muito baixos para os agregados de 7,93-2, 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25 e <0,25 mm para os dois horizontes estudados.

**Tabela 3.** Valores de areia total (AT) e frações, silte, argila e matéria orgânica (MO).

Solos	Horizontes	Frações da areia total (g kg <sup>-1</sup> )					AT	Silte	Argila	MO
		2-1	1- 0,5	0,5 – 0,2	0,25 – 0,1	< 0,1	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
Latossolo Amarelo Distrocoeso	AB	106 b <sup>(1)</sup>	115 b	116 b	106 b	2 d	445 a	352 ab	203 e	31,09 b
	BA	133 a	132 a	175 a	163 a	0,2 e	603 a	253 c	144 cd	23,98 c
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	A	91 bc	96 c	86 c	89 c	47 a	409 a	307 b	284 cd	17,89 d
	2BC	103 b	109 b	107 b	99 bc	55 a	473 a	311 b	216 cd	16,17 d
Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico (1:1), com alta concentração de óxido de ferro.	A	25 f	24 e	20 e	20 f	26 c	115 d	385 b	500 b	36,17 a
Cambissolo Háplico Tb Eutrófico (1:1), com elevado teor de argila	A	55 de	44 e	65 d	65 d	5 d	234 c	320 b	446 c	24,35 b
Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, com elevado teor de argila	A	85 c	17 f	26 e	85 c	1 e	214 c	366 b	420 c	26,44 b
Vertissolo Háplico Órtico	A	17 f	25 e	16 e	23 f	29 b	110d	327 b	513 b	32,67 ab
	C	18 f	18 f	15 f	18 f	30 a	99 d	308 b	593 a	26,07 b

<sup>1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O Latossolo Amarelo Distrocoeso também apresentou elevado teor de agregados de maior tamanho em análises por via seca e úmida nos horizontes AB e BA, pelo médio a alto teor de matéria orgânica e baixa atividade de argila indiretamente avaliada pelo COLE (Tabela 1), que esteve entre 7% e 11% em relação ao Vertissolo. Em relação ao AB, o horizonte BA apresentou valores menores para os agregados de maior tamanho, mesmo sem diferir estatisticamente, tanto em via úmida e seca, pelo fato de apresentar menores teores de matéria orgânica e de argila e maiores de areia (Tabela 3); segundo Vezzani & Mielniczuk (2011), a fração areia pode atuar como um desagregador das partículas do solo pois, em grandes quantidades, permite a entrada de água em maior quantidade no interior da estrutura do agregado.

Os valores de agregados de menor tamanho por via úmida no horizonte AB foram concentrados nos tamanhos de 2-1 e 1-0,5 mm, seguidos pelos tamanhos de 0,5-0,25 e <0,25 mm. A ação da matéria orgânica, por meio dos ácidos húmicos não permitiu uma maior desagregação desse solo, como citado por Bonini & Alves (2011), ocorrendo uma distribuição decrescente no tamanho desses agregados.

Os valores de DMP dos horizontes AB e BA do Latossolo Amarelo Distrocoeso, na análise de agregados por via úmida, foram bem menores que os do Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico, pelo fato de apresentarem maior porcentagem de agregados de menor tamanho. Os valores de DMP foram semelhantes nos dois solos, na análise via seca, desde quando apresentaram semelhantes valores de agregados de maior tamanho (Tabelas 2 e 4). FIALGO (2005) considerou como baixos valores de DMP menores do que 1,8 mm, suficientes de 1,8 a 2,4 mm e excessivos quando maiores do que 2,4 mm; de acordo com essa classificação, todos os valores de DMP dos solos estudados mostraram-se de tamanho excessivo.

O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no horizonte A, também apresentou maior teor de agregados na faixa de 7,93-2 mm, seguido pelos de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25 e <0,25 mm. Por possuir pouca quantidade de matéria orgânica houve a redução dos índices de agregação, o que, de acordo com Calonego & Rosolem (2008), possibilita que, em presença de água, a argila se disperse. Esse solo apresentou COLE de 24% em relação ao Vertissolo, o que pode ser suficiente para promover o afastamento das partículas, favorecendo a desagregação. No mesmo solo por via seca, a argila funcionou como agente de agregação, mantendo grande parte da estrutura dos agregados maiores que 2 mm seguido por valores muito baixos de

agregados de tamanho de 1, 0,5, 0,25 e <0,25 mm, concordando com resultados de Passarin et al. (2007).

**Tabela 4.** Valores de agregados em via seca e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP).

Solos	Horizontes	Classes de agregados (mm)					DMP
		7,93-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
		g kg <sup>-1</sup>					mm
Latossolo Amarelo Distrocoeso	AB	930,3 cd <sup>(1)</sup>	32,6 d	9,6 c	9,1 c	18,4 c	8,66 c
	BA	897,1 e	65,5 b	10,1 c	8 c	18,3 c	8,09 d
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	A	906,1 d	52 d	9,3 d	10,2 c	22,4 bc	8,26 c
	2BC	945,4 ab	27,7 cd	5 de	3 d	18,9 c	8,94 b
Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico (1:1), com alta concentração de óxido de ferro.	A	975,2 a	9,1 e	3,7 de	3 d	9 a	9,51 a
Cambissolo Háplico Tb Eutrófico (1:1), com elevado teor de argila	A	837,9 a	70 ab	18 b	17,1 b	56 a	7,12 f
Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, com elevado teor de argila	A	915,0 c	32 d	8,3 bcd	16,2 b	30,7 b	8,39 c
Vertissolo Háplico Órtico	A	938,3 ab	35,2 d	8 e	1 d	17,5 c	9,00 b
	C	843,3 f	77,2 a	22,2 a	23,6 a	33,7 a	7,19 e

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O horizonte 2BC do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresentou teor de argila mais baixo e valores estatisticamente iguais de matéria orgânica em relação ao horizonte A (Tabela 3); sua quantidade de areia também se apresentou com os mesmos valores estatísticos em relação ao horizonte A e bem distribuída entre as frações. Sua menor quantidade de matéria orgânica pode ter sido determinante na alteração de valores dos agregados via úmida em relação ao horizonte A (Tabela 2), mesmo tendo apresentado baixo valor de COLE (Tabela 1); a distribuição de agregados foi mais uniforme nas classes de diâmetro analisadas, mas resultando em DMP estatisticamente semelhante, concordando com resultados de Costa et al. (2009). Na análise via seca, a distribuição de agregados foi semelhante à do horizonte A, com maior concentração de agregados de diâmetro maior que 2 mm, possivelmente por conta da ação agregante da argila quando seca, acompanhada da matéria orgânica. Para esse solo o DMP apresentou o mesmo comportamento do Latossolo Amarelo Distrocoeso, ou seja, baixos valores em via úmida e altos valores em via seca.

Para o Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, os valores de agregados via úmida foram distribuídos em maior quantidade na classe de 7,93-2 mm e em quantidades mais ou menos uniforme nas demais classes (Tabela 2). Esse solo possui teor de silte elevado (Tabela 3), típico daquela classe de solo, o que pode ter sido determinante para a desagregação das partículas desse solo em presença de água. Isso não ocorreu na análise via seca (Tabela 4), observando-se grande concentração de agregados de tamanho maior que 2 mm. Mesmo assim, o DMP para esse solo, em via seca, foi mais baixo em relação aos outros solos estudados, mas sendo estatisticamente semelhante ao do horizonte C do Vertissolo Háplico Órtico; em via úmida seu DMP obteve o menor valor, representando a menor quantidade de agregação em via úmida.

O Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico apresentou maiores valores de agregados via úmida nas faixas de tamanho de 1-0,5, 0,5-0,25 e <0,25 mm (Tabela 2), com valores muito menores de tamanho maior que 2 mm e de 2-1 mm. Da mesma forma que no Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, acredita-se que o teor de silte elevado foi determinante para a maior desagregação das partículas desse solo em presença de água.

Na análise via seca, o comportamento desse solo foi muito semelhante ao do Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, com grande concentração de agregados de tamanho maior que 2 mm (Tabela 4). Isso também ocorreu com o DMP, com grande redução entre as vias seca e úmida.

Na análise via úmida, o horizonte A do Vertissolo Háplico Órtico apresentou maiores valores para agregados maiores do que 2 mm e de 2-1 mm. Isso ocorreu pelo fato de esse solo apresentar argila 2:1, com alta atividade coloidal, apesar de ter-se mostrado muito expansivo, nas análises do COLE, ou seja, 79% de expansão (Tabela 1). Essa expansividade da argila acarreta, em presença de água, a hidratação de suas camadas, onde a água expande as lamelas, as quais se separam fazendo com que a massa de solo aumente seu volume, gerando o afastamento das partículas de solo e propiciando a desestabilização dos agregados do solo (BARDALES, 2005). Na análise pela via seca, esse tipo de argila contrai muito, o que possibilita a formação de agregados mais estáveis, gerando efeito contrário ao seu comportamento em via úmida, o que explica a grande massa de agregados de tamanho maior que 2 mm em via seca. Como era esperado, observou-se grande redução do DMP entre as vias seca e úmida.

O horizonte C do Vertissolo Háplico Órtico, assim como o horizonte A do Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, apresentou valores muito baixos de agregados de maior tamanho no teste via úmida, com maior distribuição nos tamanhos de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25 e <0,25 mm. O alto teor de argila muito expansiva, segundo os resultados do COLE (Tabela 1), reduziu a estabilidade dos agregados em presença de água, conforme relatado por Bardales (2005). Na análise dos agregados pela via seca observou-se comportamento semelhante ao horizonte A do mesmo solo, com grande predominância de agregados maiores que 2 mm, por razões já relatadas quando da discussão dos dados obtidos para o horizonte A. Os valores de DMP para esse solo mostraram-se estatisticamente menores para o horizonte C, tanto na análise via úmida como na via seca, observou-se também grande redução do DMP entre as vias seca e úmida.

A relação  $DMP_{úmido}/DMP_{seco}$  indica a estabilização dos agregados em presença de água, sendo que quanto mais próximo de 1, maior a estabilização (SILVA & MIELNICZUK, 1997). O Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico apresentou o valor mais próximo de 1 para a relação  $DMP_{úmido}/DMP_{seco}$ , indicando maior estabilidade de agregados na presença de água (Tabelas 2 e 5). A relação  $DMP_{úmido}/DMP_{seco}$  apresentou valores baixos para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico e Vertissolo Háplico Órtico, indicando que, em presença de água, esses solos não possuem alta estabilidade de agregados. Para o Latossolo Amarelo Distrocoeso, os valores da relação  $DMP_{úmido}/DMP_{seco}$  apresentaram-se intermediários em relação aos outros solos, obtendo dessa forma menor estabilidade na presença de água do que o Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico e maior estabilidade do que o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico e Vertissolo Háplico Órtico. Mantendo constante outros fatores determinantes da erosão hídrica no solo, quanto maior a resistência de agregados na presença de água maior deverá ser a resistência do solo a processos de erosivos; com essa informação é possível constatar que o Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico apresenta maior resistência a processos erosivos causados pela água, seguido pelo Latossolo Amarelo Distrocoeso, sendo os solos mais susceptíveis a esse tipo de erosão o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, Vertissolo Háplico Órtico. A eficiência dessa relação pode ser observada na análise de agregados via úmida (Tabela 2), onde se observou maior quantidade de agregados de tamanho 7,93-2 mm nos solos que apresentaram maior relação  $DMP_{úmido}/DMP_{seco}$ .

**Tabela 5.** Relação entre DMPúmido/DMPseco.

Solos	Horizontes	DMPs	DMPu	Relação DMPu/DMPs*
Latossolo Amarelo Distrocoeso	AB	8,66	3,90	0,45
	BA	8,09	3,51	0,43
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	A	8,26	2,96	0,36
	2BC	8,94	2,57	0,29
Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico (1:1), com alta concentração de óxido de ferro.	A	9,51	8,82	0,93
Cambissolo Háplico Tb Eutrófico (1:1), com elevado teor de argila	A	7,12	2,47	0,35
Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, com elevado teor de argila	A	8,39	2,66	0,32
Vertissolo Háplico Órtico	A	9,00	2,98	0,33
	C	7,19	2,60	0,36

\*Valores mais próximos de 1 na relação DMPu/DMPs indicam maior estabilidade de agregados na presença de água.

O coeficiente de correlação mostra a interação dos fatores estudados com a agregação do solo (Tabelas 6 e 7).

Considerando todos os solos e horizontes (Tabela 6), na análise de agregados via seca a argila apresentou correlação negativa com a estabilidade dos agregados de 7,93-2 mm e DMP, o que contraria todo o conhecimento existente sobre a atuação da argila como agente de agregação; a correlação foi positiva com agregados de 2-1 e 1-0,5 mm. A matéria orgânica e a areia total apresentaram correlação positiva com a agregação do solo em via seca somente nos tamanhos de agregados de 7,93-2 mm e DMP, não se correlacionando com agregados de 1-0,5 e 0,5-0,25 mm.

O silte apresentou correlação negativa com agregados de 7,93-2 mm e com o DMP, mostrando participação na desestruturação dessas estruturas em via seca, porém não se correlacionou com agregados de 2-1 e 1-0,5 mm e com as classes de 0,5-0,25 e <0,25 apresentou correlação positiva. Somente a fração areia <0,1 mm apresentou correlação

positiva com a classe de 7,93-2 mm e com o DMP, sendo que as frações areia de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25 e 0,25-0,1 mm não apresentaram correlação.

Com os agregados via úmida, a argila apresentou correlação com a classe maior (7,93-2 mm), como também com agregados de 2-1 e 0,5-0,25 mm e DMP, sendo negativa com a classe de 7,93-2 mm e com o DMP, repetindo o que foi observado na análise via seca. A matéria orgânica apresentou correlação positiva com as classes de 7,93-2, 2-1mm e DMP, com a classe de 0,5-0,25 mm apresentou correlação negativa e com as demais classes não apresentou correlação. Para a estabilidade de agregados via úmida a areia total apresentou correlação positiva com as classes de 7,93-2 mm e com o DMP, e com as demais classes apresentou correlação negativa. O silte apresentou comportamento contrário ao da areia total, se correlacionando negativamente com a classe de 7,93-2 e DMP e positivamente com as demais, não apresentando correlação com a classe 0,5-0,25 mm. As frações de areia apresentaram correlação nessas análises, sendo que com agregados de 7,93-2 mm as frações de areia de 2-1 mm, 1-0,5 mm e <0,1 mm apresentaram correlação positiva. Com a classe de agregados de 2-1 e 1-0,5 mm, as classes de areia de 1-0,5 mm e <0,1 mm apresentaram correlação sendo que com a primeira foi negativa; com as classes de agregados de 0,5-0,25 mm ambas as correlações foram negativas. Na classe de agregados de <0,25 mm as areias de 1-0,5 mm e <0,1 mm apresentaram correlação negativa e somente a areia <0,1 mm se correlacionou positivamente com o DMP; as demais frações de areia não apresentaram significância. O DMP obteve valores de correlação negativa com argila e positivo com a matéria orgânica, areia total, silte e fração areia <0,1 mm.

Na análise via seca, a correlação do COLE foi significativa e positiva somente com a classe de agregados de 7,93-2 mm e com o DMP; com as demais classes houve significância, porém a correlação foi negativa. Na análise via úmida, os valores do COLE apresentaram-se contrários aos valores observados na análise via seca, apresentando valores de correlação negativa com agregados de maior tamanho (7,93-2 mm), e correlação positiva com as classes de 2-1 mm e 1-0,5 mm, não apresentando correlação com as classes de 0,5-0,25 mm, <0,25 mm e DMP.

A análise da correlação de DMP com argila, matéria orgânica, areia total, silte e areia <0,1 mm apresentou relação igual tanto para análise de agregados via úmida quanto para via seca (Tabela 6). A argila apresentou valores negativos com o DMP, o que não era esperado, visto que a mesma possui propriedades que favorecem a agregação do solo; isso

pode ter ocorrido devido a processos de umedecimento e secagem do solo atuando na expansão e contração das argilas e enfraquecendo a estrutura dos agregados. A matéria orgânica apresentou correlação positiva para análise via úmida e seca, confirmando suas propriedades positivas na estruturação do solo. A areia total favorece a estabilização de agregados de maiores tamanhos; a análise de correlação confirma essa afirmação, mostrando que a areia apresentou correlação positiva com o DMP. Solos com grande quantidades de silte possuem tendência a menor estabilização de agregados, como mostrado na análise de correlação. A fração de areia <0,1 mm possui ação positiva para agregados de tamanhos menores, porém mostrou-se importante fator na formação de agregados de tamanhos maiores, possuindo correlação positiva com o DMP em análise via úmida e seca. O COLE apresentou correlação positiva com o DMP na análise via seca, pelo fenômeno de contração de argilas, contribuindo para o fortalecimento da união das partículas que compõem o solo. Para o COLE, na análise de agregados via úmida, o valor de correlação com o DMP não apresentou significância, porém apresentou-se negativo, possivelmente indicando que a expansão das argilas causa um afastamento das partículas que formam os agregados, enfraquecendo esta estrutura e resultando em agregados menos estáveis.

**Tabela 6.** Coeficiente de correlação r de Pearson de argila, matéria orgânica (MO), areia total (AT), silte, frações de areia de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25, 0,25-0,1 e <0,1 mm e coeficiente de extensibilidade linear (COLE) com a estabilidade de agregados em via úmida e seca, considerando todos os solos e horizontes.

Variáveis	Agregados via seca						Agregados via úmida					
	7,93-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	DMP	7,93-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	DMP
Argila	-0,40*	0,46**	0,45**	0,05	0,04	-0,49**	-0,40*	0,40*	-0,09	0,42*	0,08	-0,49**
MO	0,39*	-0,38*	-0,22	-0,20	-0,39*	0,39*	0,47**	0,38*	0,30	-0,33*	-0,23	0,64**
AT	0,34*	-0,28	-0,19	-0,32*	-0,39*	0,38*	0,68**	-0,51**	-0,41*	-0,56**	-0,58**	0,48**
Silte	-0,43*	0,27	0,28	0,47*	0,58**	-0,32*	-0,74**	0,60**	0,68**	0,28	0,77**	-0,37*
Areia 2-1 mm	0,16	-0,10	-0,13	-0,13	-0,26	0,15	0,40*	-0,28	-0,05	-0,62**	-0,19	0,24
Areia 1-0,5 mm	0,14	0,04	-0,08	-0,30	-0,35	0,13	0,54**	-0,44**	-0,43*	-0,26	-0,61**	0,18
Areia 0,5-0,25 mm	-0,03	0,25	-0,07	-0,27	-0,19	-0,04	0,31	-0,35	-0,29	-0,02	-0,41*	-0,10
Areia 0,25-0,1 mm	0,05	0,05	-0,06	-0,10	-0,20	0,04	0,37	-0,28	-0,06	-0,53**	-0,19	0,18
Areia < 0,1 mm	0,58**	-0,58**	-0,44**	-0,48**	-0,49**	0,60**	0,61**	0,59**	0,56**	-0,27	-0,40*	0,86**
COLE	0,45*	-0,37*	-0,54*	-0,46**	-0,40*	0,46**	-0,42*	0,61**	0,35*	0,35*	0,11	-0,22

\* e \*\* – Valores significativos para o coeficiente de correlação r de Pearson a 5% e a 1%, respectivamente.

A análise de correlação realizada separadamente para os horizontes A do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico e Vertissolo Háplico

Órtico (Tabela 7) mostrou correlação positiva da argila, matéria orgânica e fração areia <0,1 mm com agregados de tamanho maior (7,93-2 mm) e DMP, enquanto que a areia total e o silte mostraram correlação negativa com o DMP e agregados de 7,93-2 mm tanto em via seca como em água. Esses resultados eram esperados, visto que o conhecimento existente na literatura indica os primeiros fatores citados como agregantes e os segundos como desagregantes. As demais frações de areia não apresentaram valores significativos nessa análise. O COLE apresentou correlação positiva com agregados de 7,93-2 mm e com o DMP em via seca; com os agregados em água esse fator não apresentou correlação significativa, porém ela foi negativa em relação à maioria dos fatores de agregação avaliados.

Essa análise de correlação em separado para os horizontes A dos solos mostrou-se mais coerente, como é o caso da argila, que anteriormente havia apresentado correlação negativa, contrariando todo o conhecimento existente sobre sua atuação como agente de agregação do solo, e na nova análise apresentou correlação positiva.

**Tabela 7.** Coeficiente de correlação r de Pearson de argila, matéria orgânica (MO), areia total (AT), silte, frações de areia de 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25, 0,25-0,1 e <0,1 mm e coeficiente de extensibilidade linear (COLE) com a estabilidade de agregados em via úmida e seca, considerando os horizontes A do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Latossólico e Vertissolo Háplico Órtico.

Variáveis	Agregados via seca						Agregados via úmida					
	7,93-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	DMP	7,93-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	DMP
Argila	0,34*	0,34*	-0,36*	-0,10	-0,08	0,36*	0,34*	0,14	-0,19	0,12	0,16	0,33*
MO	0,49**	0,40*	-0,11	-0,12	-0,19	0,38*	0,37*	0,33*	0,11	-0,06	-0,02	0,64**
AT	-0,41*	-0,08	-0,09	-0,02	-0,31	-0,56**	-0,38*	-0,01	-0,04	-0,06	-0,16	-0,35*
Silte	-0,34*	-0,37	-0,18	-0,27	0,18	-0,41*	-0,44**	0,06	0,06	0,12	0,34*	-0,37*
Areia 2-1 mm	0,02	-0,05	-0,03	-0,03	-0,16	0,01	0,04	-0,02	-0,05	-0,33*	-0,11	0,02
Areia 1-0,5 mm	0,08	0,05	-0,02	-0,19	-0,12	0,03	0,07	-0,01	-0,03	-0,02	-0,01	-0,08
Areia 0,5-0,25 mm	-0,09	-0,18	-0,12	-0,12	-0,29	-0,14	0,01	-0,17	-0,31	-0,30	-0,09	-0,10
Areia 0,25-0,1 mm	0,02	0,02	-0,16	-0,11	-0,18	0,04	0,09	-0,09	-0,03	-0,23	-0,21	-0,18
Areia < 0,1 mm	0,36*	0,38*	-0,41*	-0,51**	-0,31	0,60**	0,46**	0,34*	0,33*	-0,07	-0,02	0,36*
COLE	0,34*	-0,31	-0,22	-0,19	-0,06	0,35*	-0,12	0,01	-0,21	-0,11	0,26	-0,29

\* e \*\* – Valores significativos para o coeficiente de correlação r de Pearson a 5% e a 1%, respectivamente.

#### **4.1.CONCLUSÕES**

É possível realizar a determinação do coeficiente de extensibilidade linear (COLE) substituindo resina Saran por parafina.

Solos cauliníticos (Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háplico) mostraram presença de expansão-contração avaliada pelo COLE.

A matéria orgânica, a argila e a fração de areia <0,1 mm foram os fatores mais importantes para a agregação do solo, tanto em via úmida quanto em via seca.

O Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico foi o solo que apresentou a maior estabilidade de agregados na presença de água, seguido do Latossolo Amarelo Distrocoeso e, por fim, do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico, Vertissolo Háplico Órtico.

#### 4.2.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:677-687, 2009.

BARDALES, N. G. **Gênese, morfologia e classificação de solos do Baixo Vale do Rio Iaco, Acre, Brasil**. Viçosa: 2005. 148p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, 2005.

BIASSUSI, M.; PAULETTO, A. E.; S. CRESTANA, S. Estudo da deformação de um Vertissolo por meio da tomografia computadorizada de dupla energia simultânea. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:1-7, 1999.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:1263-1270, 2011.

BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um Latossolo Vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:743-753, 2013.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **R. Bras. Ci. Solo**, 1399-1407, 2008.

CAPECHE, C. L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 6 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 51).

CARVALHO FILHO, A.; CARVALHO, L. C. C.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; CORTEZ, J. W.; RIBON, A. A. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Férrico sob sistema de uso e manejo. **Biosci. J.**, 25: 43-51, 2009.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCH, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:527- 538, 1998.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Inf. Agropecu.**, 22:53-60, 2001.

CHIEZA, E. D.; LOVATO, T.; ARAÚJO, E. S.; TONIN, J. Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1393-1401, 2013.

CONTE, O.; WESP, C. L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:579-587, 2011.

COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; SILVA, F. R. da. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:235-244, 2009.

COSTA, O. P. **Avaliação de expansão, contração e resistência à compressão simples de barreiras selantes produzidas com solo laterítico estabilizado quimicamente**. São Paulo: 2005. 232p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, São Paulo, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: 2011. 225p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 132).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, Bahia**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1993. 126 p. (Boletim de Pesquisa, 7).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, Bahia**. Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1993. 126 p. (Embrapa-CNPMPF. Boletim de Pesquisa, 7).

FERREIRA, S. R. M.; FERREIRA, M. G. V. X. Mudanças de volume devido à variação do teor de água em um Vertissolo no semiárido de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:779-791, 2009.

FIALGO. Fundo de Incentivo à Cultura do Algodão em Goiás (Santa Helena de Goiás, GO). **Relatório final Projeto FIALGO 016-2004. Manejo do algodoeiro nas diferentes condições ecológicas do Estado de Goiás.** Santa Helena de Goiás: 2005. 240 p.

LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:199-205, 2003.

MELO, V. F.; MOURA, R.; TOLEDO, F. H.; LIMA, V. C.; GHIDIN, A. A. Morfologia de agregados de Latossolos Bruno e Vermelho do estado do Paraná, avaliada por imagens obtidas em scanner. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:85-99, 2008.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises.** Viçosa, MG: UFV, 2005. 74 p.

MONIZ, A. C. Composição química e estrutura dos minerais de argila. In: MONIZ, A. C. (Ed.). **Elementos de pedologia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 29-44.

OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; ROSSETTI, K. V.; FERRAUDO, A. S.; FRANCO, H. B. J.; PEREIRA, F. S.; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. Qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho submetido à compactação. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:604-612, 2013.

PASSARIN, A. L.; RODRIGUEIRO, E. L.; ROBAINA, C. R. P.; MEDINA, C. C. M. Caracterização de agregados em um Latossolo Vermelho Distroférico típico submetido a diferentes doses de vinhaça. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1255-1260, 2007.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. **Dinâmica da matéria orgânica no ambiente.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 41 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 105).

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. A. V.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb Distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:249-258, 2008.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; PILLON, C. N.; LEAL, O. A. Conteúdo de carbono orgânico em Planossolo Háplico sob sistemas de manejo do arroz irrigado. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:1769-1776, 2011.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 21:313-319, 1997.

TESKE, R.; ALMEIDA, J. A.; ALBERTON, A.; ERHART, J.; CORREIA, T. Caulinita, argilominerais 2:1 e interestratificados caulinita-esmectita em solos derivados de basalto do Extremo Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 CD-ROM.

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S.; COSTA, Y. D. J.; CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:309-316, 2010.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:213-223, 2011.