

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS
CASCAHENTOS DO BRASIL CENTRAL**

LORENA GONÇALVES SOUZA

Rio Verde, GO
2023

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS CASCALHENTOS
DO BRASIL CENTRAL**

LORENA GONÇALVES SOUZA

Trabalho de Curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Câmpus
Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Eduardo da
Costa Severiano.

Rio Verde – GO

Agosto, 2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S729c Souza, Lorena
Caracterização físico-hídrica de solos cascalhentos do Brasil Central / Lorena Souza; orientador Eduardo Severiano. -- Rio Verde, 2023.
30 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2023.

1. Cambissolo. 2. Plintossolo. 3. Latossolo. 4.
aptidão agrícola. I. Severiano, Eduardo, orient. II.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /
Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Público

Ata nº 53/2023 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

Rascunho

Concluído

Assinado

Finalizado

Visualização do Documento (0,04 MB)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 53/2023 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 15 dias do mês de agosto de 2023, às 14 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Eduardo da Costa Severiano (orientador), Aurélio Rúbio Neto(membro) e Camila Moraes Fonseca (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Caracterização físico-hídrica de solos cascalhentos do Brasil Central” da estudante Lorena Gonçalves Souza, Matrícula nº 2019102200240317 do Curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Dados Gerais

Tipo: Ata

Modelo: Ata de Defesa de Trabalho de Curso (TC)

Assunto: Ata de defesa de Trabalho de Curso. Lorena Gonçalves Souza

Nível de Acesso: Público

Hipótese Legal: -

Setor Dono: DPGPI-RV

Documento Criado por: Eduardo Severiano

Processos nos quais está incluído e ativo

Documentos Vinculados

Interessados

Revisores

Registro de Ações

Página(s): Total de 5 itens

23/08/2023 09:18:56

◀ Assinatura por Aurelio Neto
Documento assinado por Aurelio Neto (2179253)

23/08/2023 07:44:18

◀ Assinatura por Camila Fonseca
Documento assinado por Camila Fonseca (2020102320140064)

16/08/2023 07:12:56

◀ Assinatura por Eduardo Severiano
Documento assinado por Eduardo Severiano (1805253)

16/08/2023 07:07:40

◀ Edição por Eduardo Severiano
antes de assinar ou rejeitar solicitação de assinatura balizadora.

16/08/2023 07:00:44

◀ Criação por Eduardo Severiano

-

Página(s): Total de 5 itens

“No meio do caminho tinha uma pedra
tinha uma pedra no meio do caminho...”
- Carlos Drumond de Andrade

LORENA GONÇALVES SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS CASCALHENTOS
DO BRASIL CENTRAL**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 15 de agosto de 2023,
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Dr. Aurélio Rúbio Neto
Instituto Federal Goiano
Campus Rio Verde-GO

Ma. Camila Moraes Fonseca
Instituto Federal Goiano
Campus Rio Verde-GO

Dr. Eduardo da Costa Severiano
Instituto Federal Goiano
Campus Rio Verde-GO

Rio Verde – GO
Agosto, 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço, ao bom Deus que sempre me amparou com sua graça. Sua infinita misericórdia me concedeu a oportunidade de chegar até aqui.

A minha família pelas orações, pelo incentivo, compreensão e companheirismo nos momentos difíceis. Em especial minha mãe por sempre cuidar de tudo para que não só eu, mas todos em casa pudessemos seguir nossas carreiras.

Ao IF Goiano e a todo o seu quadro de funcionários, da portaria à direção. Especialmente ao corpo docente, pela transferência de conhecimento, que foi essencial para a minha formação. É uma honra fazer parte dessa instituição.

Ao meu orientador Eduardo Severiano, não só pelas orientações, mas por acreditar na minha capacidade, pelo conhecimento compartilhado, por acreditar na realização deste trabalho e não medir esforços para a realização do mesmo.

Ao professor Anderson Rodrigo do IF Goiano – Campus Urutaí pela fundamental contribuição com a estatística deste trabalho.

A banca examinadora, pela gentileza de se disponibilizarem. Por compartilharem e contribuírem com esse momento tão importante.

Aos meus colegas de laboratório por me ajudarem a superar as dificuldades, e, o mais importante pela amizade, companheirismo e alegria compartilhada que tornaram a caminhada mais amena.

Aos meus amigos que torcem e acreditam em mim, por me apoiarem e incentivarem, por serem presentes e entenderem a minha ausência em alguns momentos.

RESUMO

SOUZA, Lorena Gonçalves. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS CASCALHENTOS DO BRASIL CENTRAL.**2023. 30p Monografia (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2023.

A inserção de solos cascalhentos no processo produtivo de grãos vem sendo realizada de maneira desordenada e resultando em casos de sucesso ou de degradação. O conhecimento dos comportamentos físico-hídrico destes solos pode constituir a base para seleção de novas áreas potenciais para conversão em campos de agricultura. No entanto, a amostragem em solos com cascalho é um desafio, pois a fração grossa constitui uma dificuldade a ser superada. Com isso, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a física de solos cascalhentos do Brasil central e caracterizá-los. Para tanto, foram coletadas amostras indeformadas em dez solos cascalhentos nos estados de Goiás e Tocantins. Cambissolos, Plintossolos e Latossolo apresentam comportamento físico-hídrico semelhante e com restrições ao uso intensivo para produção de grãos que demandam cautela quando da incorporação no processo produtivo. Dos solos avaliados, o conteúdo de cascalho constituiu a principal limitação. A avaliação das relações de massa e volume dos constituintes do solo possibilita considerações críticas ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, notadamente acerca das determinações das frações grossas em base volume. Os resultados sugerem a reclassificação de Plintossolo ou, mais coerente, a redefinição dos teores limites utilizados como critério para a ordem.

Palavras-chave: Cambissolo, Plintossolo, Latossolo, aptidão agrícola.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1. Solos de aptidão restrita ao alto nível tecnológico	9
2.2. Uso agropecuário e agrícola.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Localização das áreas e protocolo de amostragem	12
3.2. Avaliação das relações hídricas de solos cascalhentos	12
3.3. Separação e fracionamento do cascalho	15
3.4. Determinação do volume da fração grossa	15
3.5. Análise estatística.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÕES.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

A evolução da agricultura por muito tempo foi pautada no aumento da produtividade, sem a devida preocupação com a preservação dos recursos naturais. Porém, no cenário atual a finalidade é a produtividade e rentabilidade aliada a preservação ambiental (Rosa, 2011), o que demanda adequado conhecimento sobre as potencialidades e as limitações dos solos cultivados. A obtenção de sucesso depende da realização de um manejo adequado a técnicas ecológicas (Rosa, 2011; Weih et al. 2008). De acordo com Bird et al. (1994), o consumidor não deseja só ter o alimento, como também, que a sustentabilidade faça parte do sistema agrícola garantindo produtos saudáveis que ofereçam qualidade e que preservem o meio ambiente para as gerações futuras.

A ocupação e o uso agropecuário do solo na região do Brasil central está em franca expansão e ocorrendo sem a devida aplicação dos conhecimentos pedológicos relacionados à gênese e às propriedades físicas, o que pode resultar em problemas para a atividade e para o ambiente. Inicialmente, desenvolveram-se em regiões que atualmente estão com o histórico de uso consolidado (a exemplo da região centro-sul do estado de Goiás) e atualmente têm avançado sobre as regiões que são consideradas de fronteira, como é o caso do oeste goiano e região sul do estado do Tocantins.

Se, num primeiro momento, os campos de agricultura ocuparam as áreas recobertas predominantemente por Latossolos, Argissolos, Nitossolos e Neossolos Quartzarênicos [classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018)], cujas potencialidades e limitações já são conhecidas e as tecnologias de manejo são de domínio público (Sales et al., 2010; Severiano et al., 2013; Silva et al., 2021a), as áreas incorporadas recentemente são recobertas por solos com aptidão restrita no alto nível tecnológico (Ramalho-Filho e Beek, 1995), a exemplo dos solos rasos e densos (Barbosa et al., 2020; Silva et al., 2021b) e/ou cascalhentos [neste trabalho inclui-se cascalhos (partículas com diâmetro entre 2 e 20 mm) e calhaus (20 a 200 mm)], principalmente Cambissolos e Plintossolos, e que ainda carecem de estudos de caracterização e predição do comportamento agrônômico, com destaque para as relações físico-hídricas.

Isto porque a agricultura desenvolvida nesta região é majoritariamente de sequeiro e a abertura de novas áreas na maioria das vezes é realizada de forma empírica,

desconhecendo os atributos físico-hídricos dos solos e tornando com isto os sistemas produtivos vulneráveis às sazonalidades climáticas e à degradação. Por sua vez e por muito tempo, os solos cascalhentos foram marginalizados por estarem associados à baixa capacidade de retenção de água. Com a pressão por expansão horizontal da fronteira agrícola, áreas restritas foram inseridas e estão apresentando desempenho agrônômico bastante heterogêneo, desde muito baixo a até equivalente às áreas sem cascalhos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Solos de aptidão restrita ao alto nível tecnológico

O Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras considera a deficiência de fertilidade e de água, bem como o seu excesso, a susceptibilidade à erosão e os impedimentos à mecanização como fatores limitantes para a utilização das terras. Neste sentido, as classes de aptidão agrícola são divididas em boa, regular, restrita e inapta, sendo que essas podem seguir três níveis de manejo sendo eles o baixo nível tecnológico, o médio nível tecnológico e alto nível tecnológico (Ramalho Filho e Beek, 1994).

Os solos que se enquadram na “classe de aptidão restrita apresentam limitações que reduzem ou a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam a necessidade do uso de insumos de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente” (Valladares, Hott e Quartaroli, 2008). Os solos considerados cascalhentos ou pedregosos são exemplos de solos de aptidão restrita ao alto nível tecnológico por apresentarem em sua constituição frações grosseiras, tendo elas de 2mm a 2cm de diâmetro (Santos et al., 2018). Os Cambissolos, Plintossolos e Neossolos Regolíticos são exemplos de solos que geralmente são cascalhentos e considerados com potencial produtivo limitado em decorrência da baixa capacidade de retenção e má drenagem de água além de condicionar o desenvolvimento de raiz limitado devido a presença de cascalho.

Esses solos podem ser classificados de acordo com a porcentagem de cascalho em sua fração granulométrica, em muito cascalhento - quando com mais de 50%, cascalhento - 15 e 50% e pouco cascalhento quando com 8 a 15% (Souza, 1995). A presença de cascalho também é utilizada como fator qualificativo do grupamento ou subgrupamento textural. Onde será empregado em todas as classes que sua constituição apresente concentração de cascalho maior que 80 g/kg no solo (Santos et al., 2018). São marginalizados em função de suas características mas, em contrapartida, sob uma nova perspectiva, o manejo adequado desses solos pode reduzir estas limitações, como por exemplo, pela implantação de sistemas integrados.

Devido esses solos apresentarem baixa ocupação no território brasileiro e dificuldade para manejá-los foram pouco explorados pela agricultura, logo, não foram estudados como os demais solos impedindo a evolução da ciência nesse aspecto. No entanto, o cultivo em áreas de difícil manejo vem sendo feito mesmo sem o auxílio de estudos científicos ou práticas de manejo específicas par esses a solos que possuem o cascalho como um fator limitante, ou seja, de forma

empírica. Vale ressaltar que apesar da perspectiva inicial da impossibilidade de uso dessas terras, o favorecimento da mecanização pelo relevo e o preço da terra tornam a tentativa interessante (De Almeida et al., 2020).

Antigamente discutia-se apenas sobre a expansão de fronteiras e da monocultura, por outro lado, atualmente os pesquisadores estão buscando alternativas mais sustentáveis em sistemas de produção como o plantio direto, a rotação de culturas e a agrossilvicultura (Tollefson, 2010). Com isto, a produção de alimentos se viabiliza sem a necessidade de desmatar as florestas remanescentes.

2.2. Uso agropecuário e agrícola

O potencial agrícola dos solos cascalhentos não é satisfatório devido aos baixos níveis de fertilidade dos mesmos. Tal característica pode ser manobrada com o emprego de um manejo conservacionista que vise melhorar as características físicas, químicas e biológicas desses solos.

Além de reduzir a capacidade do solo de reter água, a presença de cascalho prejudica práticas agrícolas, como o tráfego de máquinas, e ainda limita o desenvolvimento das raízes causando estresse às plantas. A falta de conhecimento acerca de práticas adequadas de manejo em solos com aptidão restrita pode ocasionar prejuízos à agropecuária, e, ainda degradar estes solos (De Almeida et al., 2020).

As áreas com esses solos, já são aproveitadas para pastejo, produção de arroz inundado, e o desafio é utilizá-las para a produção de grandes culturas como a soja.

A escolha de terras para expansão da agricultura no centro norte do Brasil, se deu inicialmente em áreas com maior potencial produtivo, com maior precipitação pluviométrica, maior altitude, relevo plano e maior teor de argila. Tais áreas já foram ocupadas e são exploradas a anos, em contrapartida, atualmente as fronteiras agrícolas estão atingindo áreas de difícil manejo, sendo elas de baixa altitude, com restrição no regime hídrico e/ou solos arenosos ou cascalhentos (De Almeida et al., 2020).

No estado de Tocantins, na região da Lagoa da confusão é predominante o Plintossolo Pétrico concrecionário. Nessa região está sendo explorado o cultivo de soja, onde M8644 IPRO e BRS 8980 IPRO foram as cultivares sem redução de produtividade em relação aos outros solos que apresentavam melhor fertilidade (Embrapa, 2019).

No sudoeste goiano as áreas dos chapadões onde predominavam os Plintossolos Háplicos, e

devido ao alto preço da soja os agricultores escavaram drenos, sendo que alguns foram superdimensionados, afim da implantação de sistemas agrícolas nessas áreas. Tal prática ocasionou no ressecamento solo, logo, o endurecimento do horizonte plúntico o que prejudicou o fluxo hídrico da região, e conseqüentemente a diminuição da água dos córregos, rios e microbacia (Martins, 2011).

De acordo com Nguemezi et al. 2020, a restauração das propriedades de solos que não apresentam alta fertilidade pode ser feita através de mecanismos para suprir os nutrientes, como a compostagem. Além disso, melhorar as condições físicas e biológicas com a adição de cobertura de solo, como, resíduos de planta e cobertura vegetal.

Tais práticas reduzem o volume e escoamento superficial mantendo a porosidade na superfície, estimula a atividade biológica, com o aumento da vida no solo e do nível de humus, além de melhorar a estabilidade estrutural do solo e diminuir o risco de erosões.

A aplicação de resíduos orgânicos, pode melhorar a sustentabilidade das atividades agrícolas, aumentando a produção e reduzindo a necessidade de fertilizantes (Cameron et al. 1995). Em contrapartida, a utilização desse método gera preocupação acerca do risco de contaminação do lençol freático por lixiviação.

Um estudo realizado por Cameron et al. 1995 aplicando 200 kgN/ha de efluente de suíno em um solo raso e pedregoso, não apresentou prejuízos as águas subterrâneas por lixiviação de nitrogênio, visto que esta resultou em 2%.

A remoção do nitrato da solução por desnitrificação e a captação de nutrientes pela planta, justificam a baixa perda por lixiviação. A eficiência do uso desses efluentes pode também ser atribuída a baixa fertilidade dos solos pedregosos, considerada moderadamente responsável (Cameron et al. 1995).

Observando relatos de sucesso e práticas sem estudo prévio, pode-se afirmar que o uso agropecuário e agrícola desses solos é viável desde que aplicado um manejo sustentável afim de melhorar as características do solo para a obtenção da aptidão agrícola sem prejudicar o meio ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização das áreas e protocolo de amostragem

Inicialmente foram realizadas descrições dos perfis de acordo com o manual de descrição de solos no campo (Santos et al., 2015) e a classificação segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018) em dez solos cascalhentos sob vegetação nativa adjacentes a áreas sob produção em municípios localizados nos estados de Goiás e Tocantins, Brasil (Tabela 1). Os locais estudados representam a variabilidade dos solos cascalhentos cultivados com grãos que ocorrem no bioma Cerrado.

Em cada perfil, foram coletadas forma aleatória a fim de obter-se boa representatividade, quatro amostras deformadas e quatro com estrutura preservada (indeformadas) em anéis volumétricos de alumínio de 160 cm³ (6,4 cm de diâmetro por 5,0 cm de altura) utilizando o amostrador de Uhland (Figura 1), em horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais, estando o solo no estado friável no momento das coletas. As amostras foram acondicionadas em plástico filme para preservá-las até o laboratório e o início das análises.

3.2. Avaliação das relações hídricas de solos cascalhentos

As amostras indeformadas foram preparadas em laboratório, eliminando o solo que excederam o volume do anel e preenchendo eventuais espaços ocupados por cascalhos na interface com partículas menores.

As sobras de solo foram secas ao ar e peneiradas a 2 mm. A caracterização física foi realizada de acordo com Teixeira et al., (2017). A distribuição das partículas foi feita através da agitação lenta tipo Wagner (50 rpm) por 16 horas e usando NaOH 1N como dispersante químico. As quantificações das partículas procederam-se: areia (2,00-0,05) por tamisagem e a argila (>0,002 mm) por meio do método da pipeta, enquanto o silte (0,05-0,002 mm) foi determinado pela diferença entre o conteúdo amostral total de solo e os conteúdos de areia e argila.

Tabela 1. Locais de amostragens e descrição dos solos cascalhentos na região do Brasil central.

Legenda	Coordenadas geográficas	Altitude	Localização	Classificação do solo	Horizonte amostrado	Camada (cm)
CHd	16°25'30,4" 51°09'03,9"	596 m	Iporá - GO	Cambissolo Húmico Distrófico típico	A2 Bi	12-64 64-91
CXbd1(s)	11°32'16,311 46°50'40,2"	601 m	Dianópolis - TO	Cambissolo Háptico Tb Distrófico saprolítico	BA Bi	5-10 10-23
CXbd2(t)	16°25'13,3" 51°09'03,4"	602 m	Iporá - GO	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	AB Bi	16-34 34-64
CXbd3(lf)	16°32'23,4" 50°21'29,6"	572 m	São Luís de Montes Belos - GO	Cambissolo Háptico Tb Distrófico leptofragmentário	AB Bi	12-40 40-69
CXbd4(t)	16°40'35,2" 51°04'58,0"	606 m	Amorinópolis - GO	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	AB Bi	14-39 39-65
CXbd4(t)	16°40'38,4" 51°04'31,6"	612 m	Amorinópolis - GO	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	AB Bi	12-31 31-53
FFc1(w)	10°08'41,2" 48°18',57,7"	253 m	Palmas - TO	Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico	Ac2 Bwc2	11-26 66-100
FFc2(a)	10°46'03,1" 49°35'13,5"	207 m	Lagoa da Confusão - TO	Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico	Ac2 Btcf	14-33 70-122
FFc3(w)	17°51'51,4" 51°10'26,6"	831 m	Rio Verde - GO	Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico	Ac2 Bwc2	14-29 58-112
LVAd(p)	11°07'52,0" 48°11'26,2"	235 m	Silvanópolis - TO	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplântico argissólico	Ap2 Bwc1	8-25 33-57

(s): saprolítico; (t): típico; (lf): leptofragmentário; (w): latossólico; (a): argissólico; (p): plintossólico



Figura 1. Amostrador de Uhlend para coleta de amostras em solos cascalhentos. Fotos: Eduardo da Costa Severiano

Na sequência, as amostras indeformadas e deformadas-volumétricas foram saturadas por capilaridade com água destilada, pesadas e equilibradas nos seguintes potenciais matriciais (Ψ_m): -6 e -10 kPa na unidade de sucção (Grohmann, 1960) e -1500 kPa dentro de câmaras de pressão de Richards (Klute, 1986). Esses sistemas são dotados de placa cerâmica porosa e equipamentos de produção e controle de pressão, em que a extração de água ocorre por diferença de potencial entre a placa porosa e a amostra de solo.

As amostras foram então secas em estufa à 105 °C por 48 horas para determinação da massa de solo. A porosidade do solo (PT) foi considerada como a umidade de saturação, base volume. A microporosidade (micro) foi considerada a água retida à -6 kPa e a macroporosidade (macro) a diferença entre PT e micro. A capacidade de campo (CC) foi considerada o conteúdo de água retida à -10 kPa e o ponto de murcha permanente (PMP), à -1500 kPa. A água disponível foi calculada pela equação 1:

$$AD = CC(-10 \text{ kPa}) - PMP (-1500 \text{ kPa}) \quad (1)$$

A densidade do solo (D_s) foi calculada pela relação entre a massa de solo seco e o volume do anel (Teixeira et al., 2017).

3.3. Separação e fracionamento do cascalho

Após a secagem das amostras em estufa, fez-se a separação em cascalho e terra fina, de acordo com o Teixeira et al., (2017), destorroando e peneirando-as. A fração grossa (>2 mm) foi submersa em água destilada e 10 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol L⁻¹ por 24h para a eliminação da terra fina aderida. Então, o cascalho foi lavado, seco em estufa e aferido seu peso, sendo a diferença entre o total e o cascalho, o peso da terra fina. Posteriormente, a fração grossa foi fracionada submetendo-a às peneiras de 19,9, 12,7, 8, 4,75 e 3,35 mm.

3.4. Determinação do volume da fração grossa

Os procedimentos propostos neste trabalho se basearam no princípio de Arquimedes, em que o volume real de um corpo totalmente submerso a um líquido é igual ao volume deslocado por este, utilizando álcool etílico álcool comercial (92 °GL) e quantificando o volume da fração grossa pela diferença entre o volume de uma proveta e a leitura do volume gasto em uma bureta.

3.5. Análise estatística

Para a correlação entre as variáveis a matriz de p-valores foi representada graficamente. As análises foram feitas utilizando o pacote *biotools* (Silva, 2021) do software R (www.r-project.org).

A caracterização físico-hídrica dos solos foi realizada por meio da estatística descritiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de correlação entre os atributos físicos de solos cascalhentos, considerando as amostras indeformadas (Figura 2), reforça a influência de frações grossas no comportamento físico-hídrico do solo. Apresenta-se como a mais negativas aquelas entre terra fina e cascalho (próximas a -1 para massa e para volume). Isto se deve à presença majoritária de partículas entre 2 e 20 mm de diâmetro na fração grossa dos solos estudados, com a sua ocorrência suprimindo a terra fina.

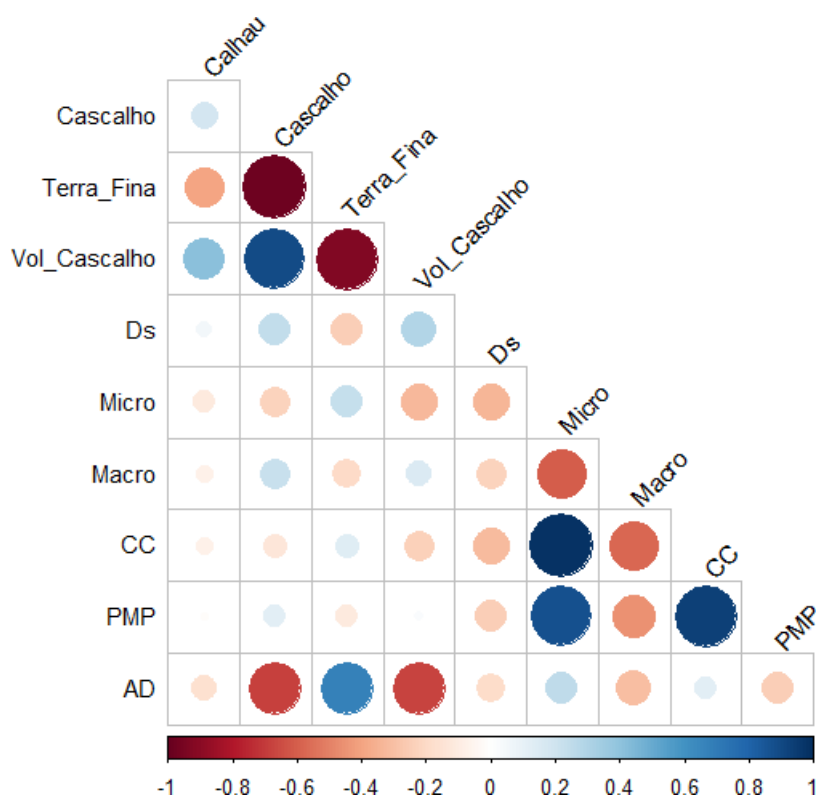


Figura 2. Matriz de correlação (Pearson) entre atributos físico-hídricos de solos cascalhentos do Brasil central.

Já a alta correlação positiva (próxima a 1) entre o conteúdo de cascalho e o volume da fração grossa demonstra que nos solos estudados, a fração calhau ocorre em baixas quantidades. Esses resultados demonstram que, na seleção das áreas, mesmo que de maneira empírica, os agricultores optam por aquelas de frações menores. Isto porque, na seleção de pedoambientes com aptidão restrita ao cultivo agrícola em alto nível tecnológico (Ramalho Filho e Pereira, 1999), áreas com a predominância de calhaus (diâmetro entre 20 e 200 mm) ou de ocorrência de matacões (> 200 mm) tendem a ser evitadas pelos agricultores, dado o elevado custo de abertura. Embora as áreas amostradas

encontrassem-se sobre vegetação nativa (expressando a gênese, morfologia e física dos solos), e mesmo a ocorrência de frações grossas no solo elevar os custos de abertura, atualmente a pedregosidade do solo não constitui impedimento à incorporação ao processo de produção de grãos. Isto porque quando está se faz limitante à mecanização, é executada a catação ou moagem de pedras.

A forte correlação positiva entre capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) entre si e com a microporosidade (todos próximos à 1) se dá pela ação da estrutura do solo na distribuição de poros concomitante à retenção de água (Carducci et al., 2011). Em adição a disponibilidade de água às plantas (AD) foi negativa (-0,75) e positivamente (0,75) correlacionada às massas de cascalho e terra fina, respectivamente (Figura 2). Estes resultados trazem à tona a importância do conhecimento pedológico acerca da composição do solo na seleção e incorporação das áreas pedregosas como campos de agricultura de sequeiro, uma vez que a ocorrência de veranicos é bastante comum nesta região do cerrado brasileiro (Sousa e Peres, 1998), podendo agravar os efeitos do déficit hídrico das lavouras quando do predomínio de das frações grossas na matriz do solo.

A figura 3 apresenta as curvas granulométricas considerando todas as frações presente no solo. A opção pela apresentação da granulometria em contrapartida à textura se deu ao fato que a distribuição de cascalho ou a constituição esquelética do solo como característica distintiva modificadora do grupamento ou subgrupamento textural utilizada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018) não possibilitar a sua correta interpretação dos atributos físicos do solo, uma vez que as relações hídricas são reguladas pela distribuição de partículas quanto ao tamanho e seu arranjo, que governam os fenômenos de capilaridade e adsorção (Cooper e Vidal-Torrado, 2005).

Observa-se nesses os solos, conteúdos de argila geralmente baixos (< 20%, o que denota um caráter psamítico em solos cascalhentos), com predomínio de areia na maioria dos Cambissolos [exceção para CXbd4(t), com cerca de 60% de fração grossa] e distribuição variável para os Plintossolos e o Latossolo. O primeiro caso, pode estar associado ao menor intemperismo, além da constituição do material de origem, ao passo que a resistência e estabilidade às condições ambientes da petroplintita às mantém no sistema, mesmo com a evolução pedogenética da terra fina. Em adição, é constatada a ocorrência de Plintossolos Pétricos concrecionários de textura média muito cascalhenta no sudoeste de Goiás, à exemplo do FFc3(w), o que está associada a geologia desta região (Marques et al., 2004; Severiano et al., 2013).

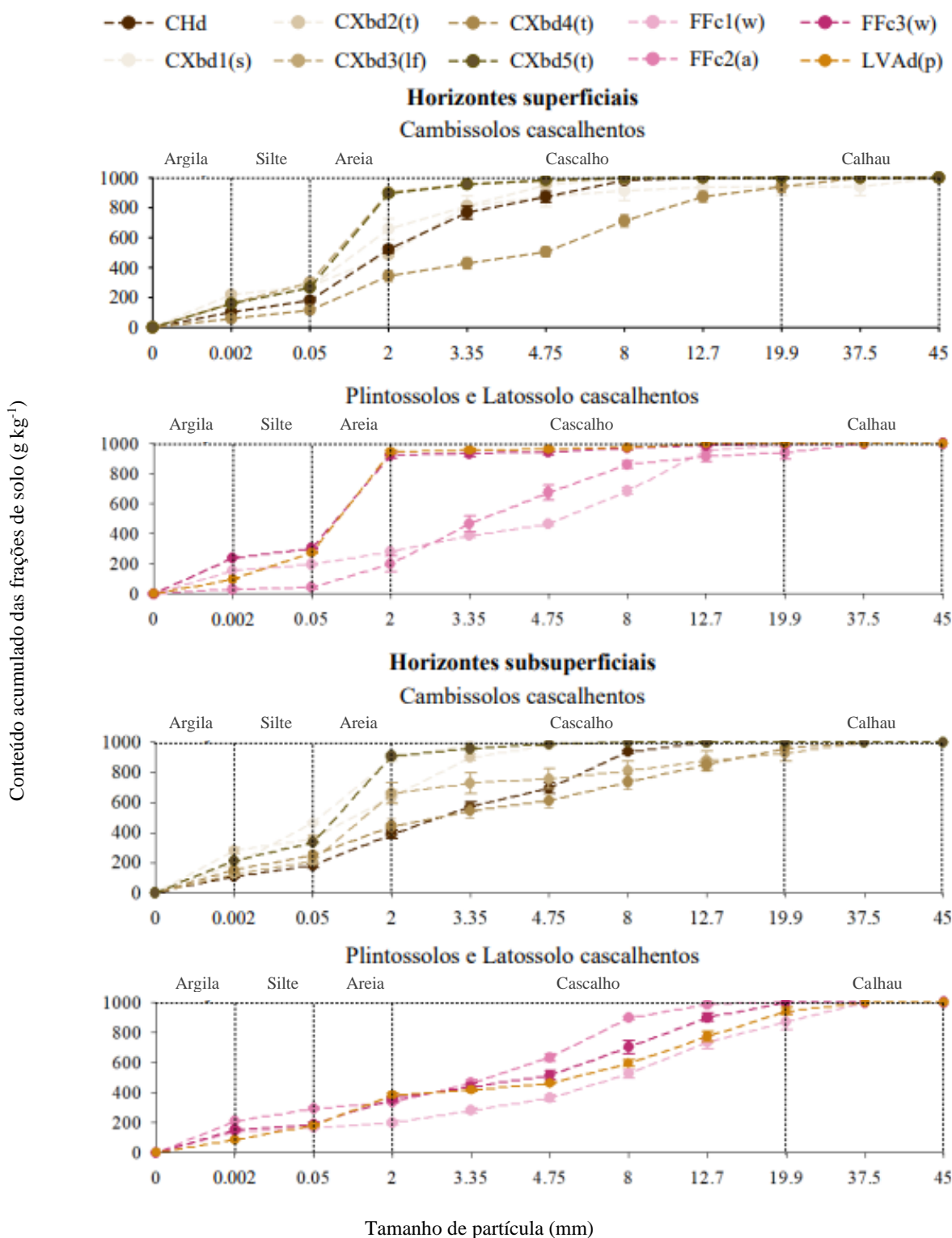


Figura 3. Distribuição de partículas por tamanho de solos cascalhentos da região do Brasil central. CHd: Cambissolo Húmido Distrófico típico (horizontes A2 e Bi); CXbd1(s): Cambissolo Háplico Tb Distrófico saprolítico (horizontes Ba e Bi); CXbd2(t): Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (horizontes AB e Bi); CXbd3(lf): Cambissolo Háplico Tb Distrófico leptofragmentário (horizontes AB e Bi); CXbd4(t): Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (horizontes AB e Bi); CXbd5(t): Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (horizontes AB e Bi); FFc1(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizontes Ac2 e Bwc2); FFc2(a): Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico (horizontes Ac2 e Btcf); FFc3(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizontes Ac2 e Bwc2); LVAd(p): Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplúntico (horizontes Ap2 e Bwc1).

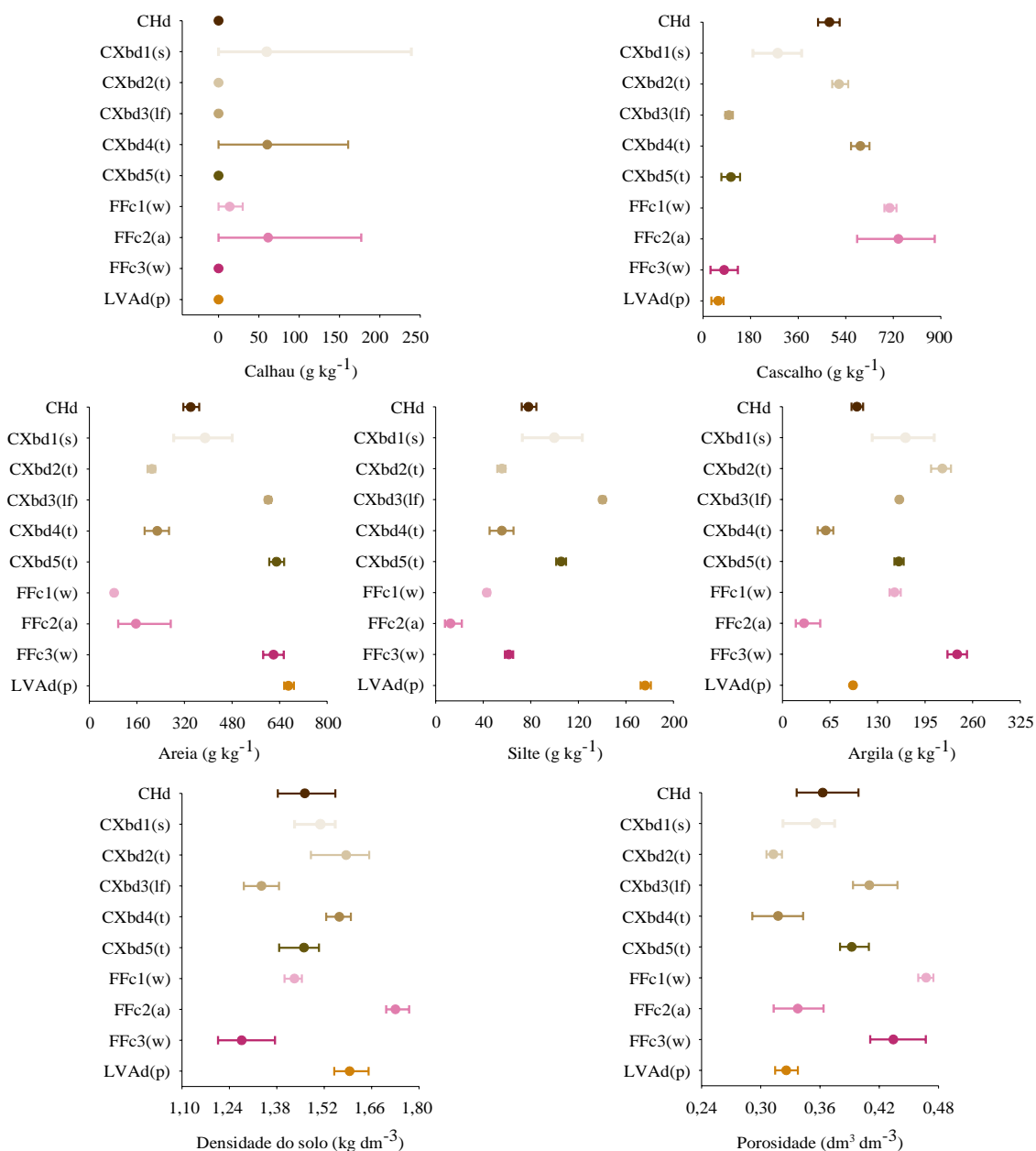


Figura 4. Momentos estatísticos (média e amplitude) de atributos físicos de horizontes superficiais de solos cascalhentos da região do Brasil central. CHd: Cambissolo Húmico Distrófico típico (horizonte A2); CXbd1(s): Cambissolo Háptico Tb Distrófico saprolítico (horizonte Ba); CXbd2(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte AB); CXbd3(lf): Cambissolo Háptico Tb Distrófico leptofragmentário (horizonte AB); CXbd4(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte AB); CXbd5(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte AB); FFc1(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Ac2); FFc2(a): Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico (horizonte Ac2); FFc3(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Ac2); LVAd(p): Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico (horizonte Ap2).

As curvas granulométricas reiteram a discussão anterior acerca da seleção das áreas pelos agricultores com baixa ocorrência de calhaus (em nenhum local foi registrado matacão) (Figura 3). As figuras 4 e 5 também expressam estes resultados, em que, segundo Santos et al. (2018), apenas CXbd4(t) apresenta fase pedregosa, enquanto

CXbd1(s) e FFc2(a) são enquadrados em fases epipedregosas e FFc1(w) e LVAd(p) endopedregosas.

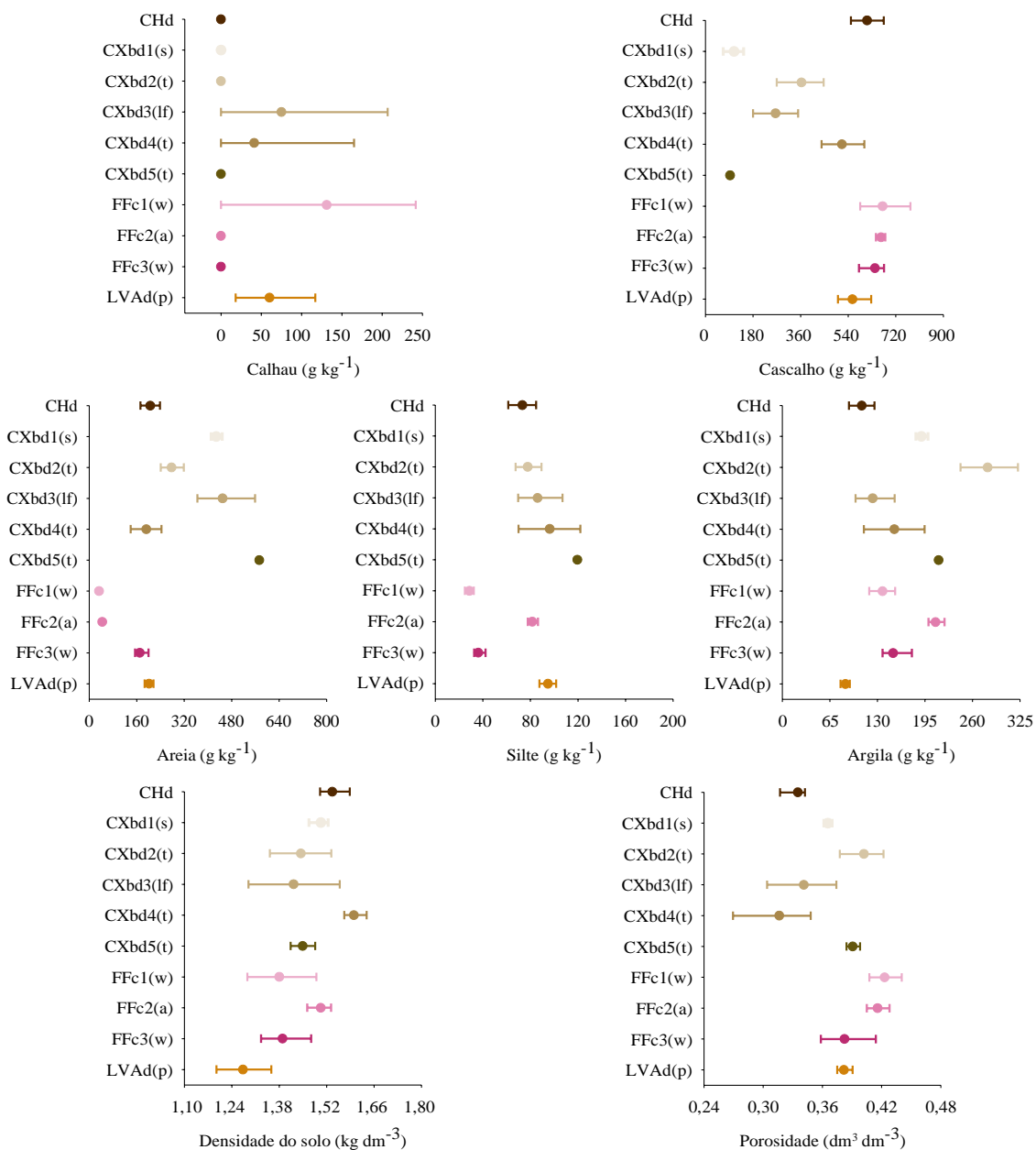


Figura 5. Momentos estatísticos (média e amplitude) de atributos físicos de horizontes subsuperficiais de solos cascalhentos da região do Brasil central. CHd: Cambissolo Húmico Distrófico típico (horizonte Bi); CXbd1(s): Cambissolo Háptico Tb Distrófico saprolítico (horizonte Bi); CXbd2(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte e Bi); CXbd3(lf): Cambissolo Háptico Tb Distrófico leptofragmentário (horizonte Bi); CXbd4(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte Bi); CXbd5(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte Bi); FFc1(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Bwc2); FFc2(a): Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico (horizonte Btcf); FFc3(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Bwc2); LVAd(p): Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico (horizonte Bwc1).

Cambissolos podem também ter aptidão restrita pela profundidade efetiva, ocorrência de elevados teores de silte e, geralmente, inseridos em relevos movimentados

(Severiano et al., 2009; Silva et al., 2021). Apesar de nenhum avaliado apresentar preocupações em relação ao silte (todos inferiores à 15% nos dois horizontes avaliados), nem todos são moderadamente profundos. A decisão quanto à incorporação do CXbd1(s), por exemplo, deve ser analisada com cautela pois além do raso solum (ressalta a espessura do saprolito que, provavelmente, contribuirá ao desenvolvimento radicular), este se encontra em relevo forte ondulado que torna complexo o manejo em relação à conservação do solo. Ainda assim, áreas em paisagens semelhantes já estão sendo cultivadas no Cerrado Brasileiro.

As relações de massa e volume dos constituintes do solo em ambos os horizontes avaliados em cada perfil revelaram elevadas densidades do solo e porosidades inferiores à 50% (Figuras 4 e 5). Estes resultados alertam para a baixa porosidade drenável (Mello et al., 2002), o que potencializa o escoamento superficial, erosão do solo e, conseqüentemente, perda do potencial produtivo e a degradação ambiental.

Ainda em análise das figuras 4 e 5, os momentos estatísticos demonstram sobreposições entre os valores dos Cambissolos, Plintossolos e do Latossolo em todos os atributos estudados e nos dois horizontes avaliados. Embora faça-se necessária cautela quanto ao uso de solos cascalhentos classificados atualmente como de aptidão restrita ou mesmo inaptos ao cultivo de grãos pelos sistemas de classificação do potencial de uso da terra (Ramalho-Filho e Beek, 1995; Lepsch et al., 2015), espera-se do ponto de vista físico do solo respostas agronômicas semelhantes, independente da ordem. A inserção de novas áreas cascalhentas, quando necessária e justificada, deveria considerar, ainda, a legislação ambiental, a profundidade efetiva e a posição da paisagem.

Isto porque, comparado aos solos desprovidos de fração grossa, apresentam restrições ao enraizamento (o cascalho constitui um impedimento mecânico), baixa porosidade (conseqüentemente menor retenção e disponibilidade de água) e ainda, a possibilidade de superaquecimento, notadamente quando o cascalho apresentar cores escuras das concreções ferruginosas (petroplintita), cujas elevadas temperaturas que podem comprometer a produção vegetal.

Do ponto de vista físico, considera-se um solo ideal para a produção vegetal aquele com 50% de sólidos e 50% de poros (33% de microporos/água e 17% de macroporos/ar) (Kiehl, 1979), atingindo valores críticos de macroporosidade para o crescimento das plantas em 10% (Vomocil e Flocker, 1966). Analisando as figuras 6 e 7, observa-se que nestes solos, a matriz ocupa mais de 50% do volume com a fração

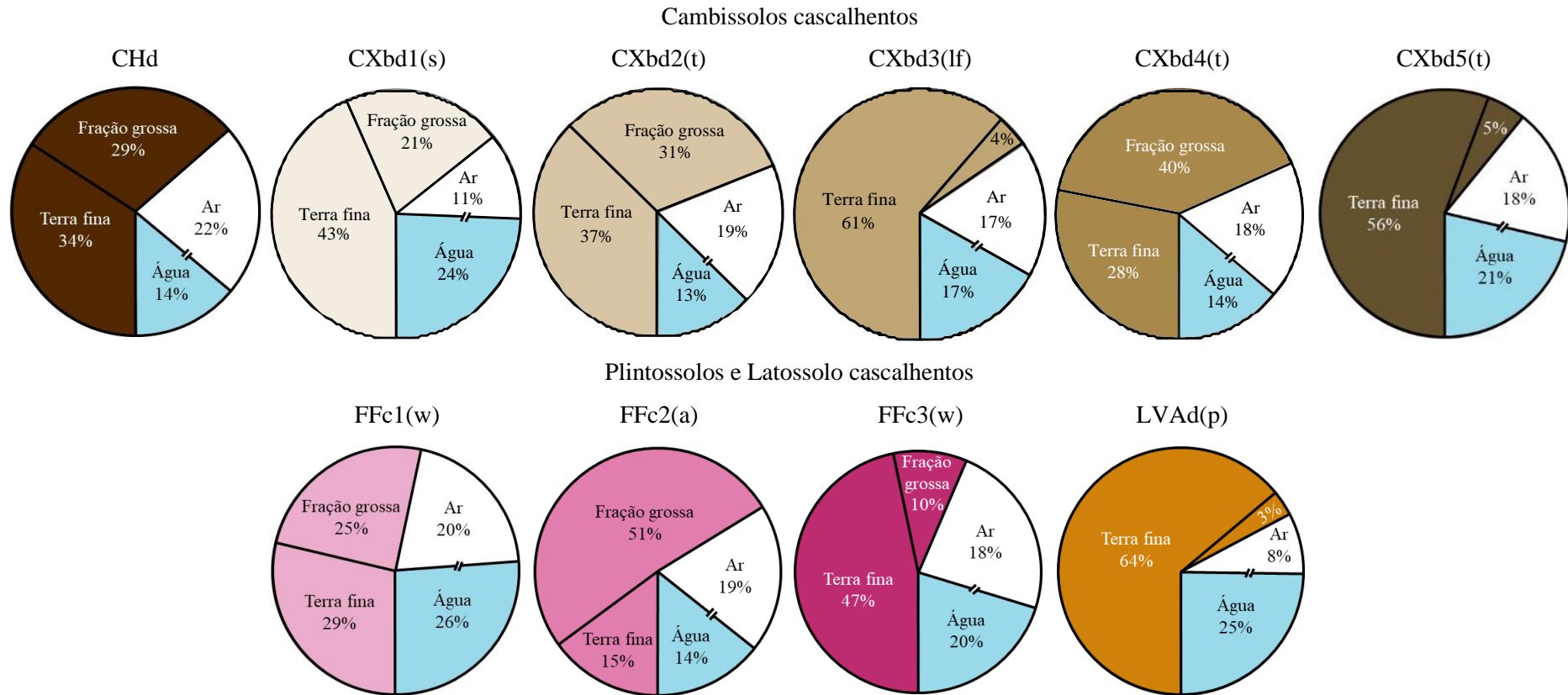


Figura 6. Representação volumétrica do sistema trifásico dos horizontes superficiais de solos cascalhentos da região do Brasil central. CHd: Cambissolo Húmido Distrófico típico (horizonte A2); CXbd1(s): Cambissolo Háptico Tb Distrófico saprolítico (horizonte Ba); CXbd2(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte AB); CXbd3(lf): Cambissolo Háptico Tb Distrófico leptofragmentário (horizonte AB); CXbd4(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte AB); CXbd5(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte AB); FFc1(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Ac2); FFc2(a): Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico (horizonte Ac2); FFc3(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Ac2); LVAd(p): Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico (horizonte Ap2).

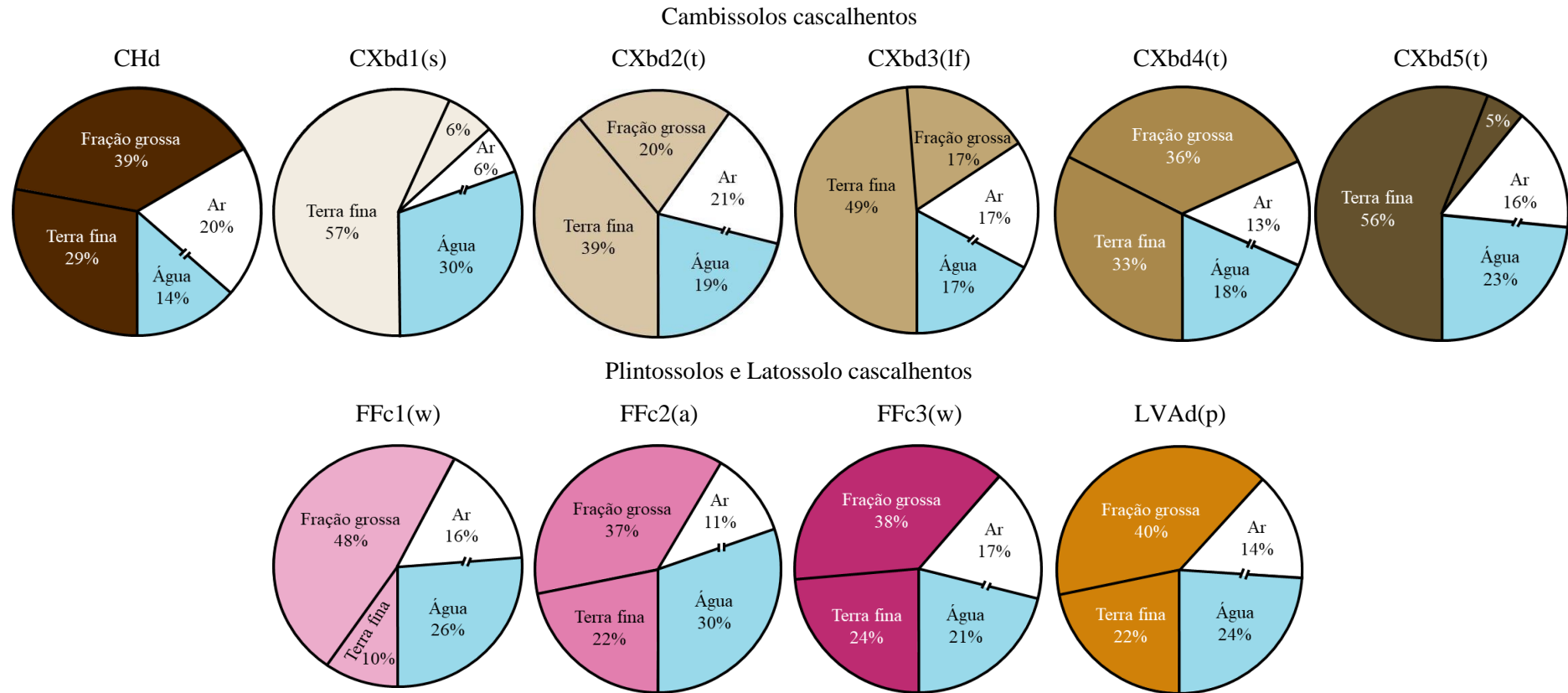


Figura 7. Representação volumétrica do sistema trifásico dos horizontes subsuperficiais de solos cascalhentos da região do Brasil central. CHd: Cambissolo Húmido Distrófico típico (horizonte Bi); CXbd1(s): Cambissolo Háptico Tb Distrófico saprolítico (horizonte Bi); CXbd2(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte Bi); CXbd3(lf): Cambissolo Háptico Tb Distrófico leptofragmentário (horizonte Bi); CXbd4(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte Bi); CXbd5(t): Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (horizonte Bi); FFc1(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Bwc2); FFc2(a): Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico (horizonte Btcf); FFc3(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizonte Bwc2); LVAd(p): Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico (horizonte Bwc1).

grossa variando de 3 a 56%, o que corrobora aos altos valores de densidade do solo (Figuras 4 e 5). Com isso, há restrições no sistema poroso, notadamente da fase líquida [apenas os horizontes Ap2 de LVAd(p) e Bi de CXbd1(s) apresentaram macroporosidade inferior ao crítico] o que agrava bastante a ocorrência de déficits hídrico advindo dos veranicos. Novamente, Cambissolos, Plintossolos e Latossolo apresentam comportamentos semelhantes.

Três CXbd apresentaram maiores teores da fração grossa nos horizontes superficiais (Figuras 6 e 7) que denota colúviação, processo muito comum em solos jovens e em relevos movimentados. Já para os Plintossolos, FFc2(a) também apresentou maiores valores para o horizonte superficial sugerindo, neste caso, que a lessivagem tenha promovido o acúmulo residual (este solo tem 149 e 625 g kg⁻¹ de argila na terra fina nos horizontes Ac2 e Btcf). Assim, em seis solos há incremento de cascalho e/ou calhaus em profundidade, o que ressalta a ação do intemperismo mais ativo na superfície. Por outro lado, representa limitação ao aprofundamento radicular que, associada às restrições hídricas, potencializaria os riscos climáticos por ocasião da agricultura de sequeiro nestes pedoambientes.

O manual de métodos de análises de solo (Teixeira et al., 2017), base analítica do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018), não contempla avaliação volumétrica da fração grossa (propõe apenas a metodologia para a curva gravimétrica apresentada na figura 3). A metodologia de avaliação volumétrica da fração grossa proposta possibilita algumas considerações críticas aplicadas à taxonomia de solos. Isto porque as aplicações se dão nas definições do caráter concrecionário, da constituição esquelética do solo, de horizontes hístico, concrecionário, cálcico e até mesmo dos B incipiente e latossólico.

Assim, apenas o horizonte Ac2 atenderia a constituição de 50% ou mais, por volume, de material grosseiro (com predomínio de petroplintita) do tipo nódulos ou concreções de ferro ou de ferro e alumínio, numa matriz terrosa de textura variada ou matriz de material mais grosseiro exigidos para horizontes concrecionários (Santos et al., 2018). No entanto, tem menos de 30 cm de espessura (Tabela 1) requeridos para tal e, com base nos horizontes estudados, nenhum dos três Plintossolos aqui avaliados atenderia os critérios da ordem. Os horizontes concrecionários passariam então a ter apenas o

caráter concrecionário e devendo, portanto, serem classificados como Latossolos (FFc1 e FFc3) e Argissolo (FFc2). Mas em contrapartida, não há nenhuma dúvida, com base em classificação e correlação de solos, que se trata de Plintossolos Pétricos Concrecionários.

A água disponível (AD) foi diretamente afetada pela composição do solo (Figura 8). Observa-se que é reduzida a amplitude deste atributo, sendo baixa nos horizontes avaliados e que se deve fundamentalmente aos baixos conteúdos de argila (Tabela 1) e corroborando às discussões supracitadas. Constata-se, portanto, em termos de disponibilidade hídrica, que os solos cascalhentos se comportam à semelhança de solos arenosos, o que se deve ao fato de os mesmos possuírem baixos conteúdos de argila (Figura 3). Ressalta-se ainda que quanto maior a fração cascalhenta menor a AD, o que demanda cautela quanto ao uso na agricultura de sequeiro. A exploração de solos cascalhentos, portanto, carecem de informações sobre as suas relações hídricas.

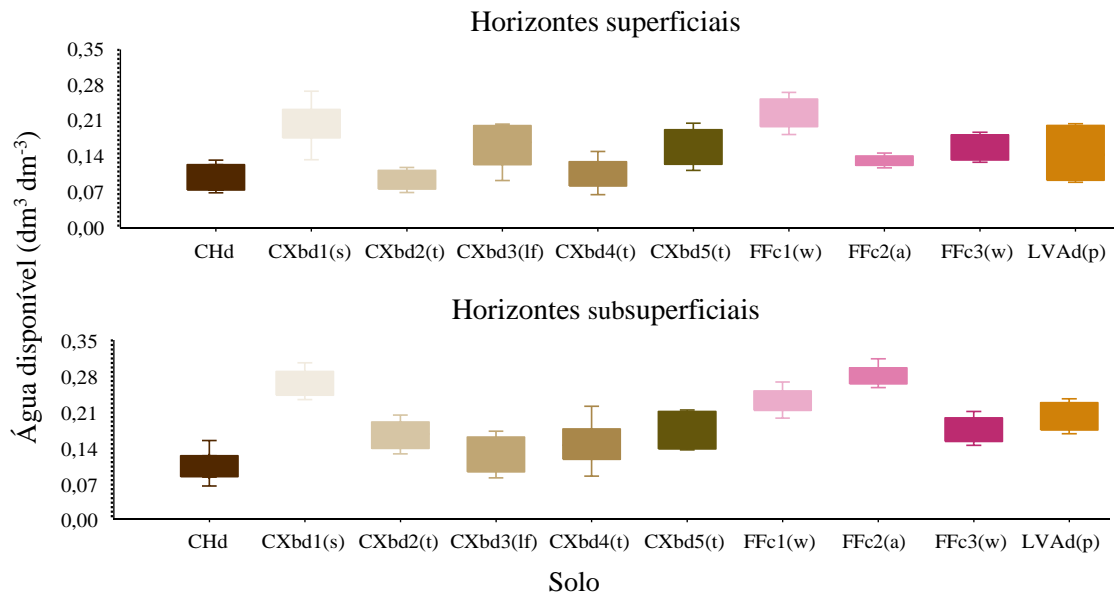


Figura 8. Água disponível [conteúdo de água no solo compreendido entre a capacidade de campo ($\psi_m = -10$ kPa) e o ponto de murcha permanente ($\psi_m = -1550$ kPa)] de solos cascalhentos da região do Brasil central. CHd: Cambissolo Húmico Distrófico típico (horizontes A2 e Bi); CXbd1(s): Cambissolo Háplico Tb Distrófico saprolítico (horizontes Ba e Bi); CXbd2(t): Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (horizontes AB e Bi); CXbd3(lf): Cambissolo Háplico Tb Distrófico leptofragmentário (horizontes AB e Bi); CXbd4(t): Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (horizontes AB e Bi); CXbd5(t): Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (horizontes AB e Bi); FFc1(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizontes Ac2 e Bwc2); FFc2(a): Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico (horizontes Ac2 e Btcf); FFc3(w): Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (horizontes Ac2 e Bwc2); LVAd(p): Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico (horizontes Ap2 e Bwc1).

5. CONCLUSÕES

A avaliação das relações de massa e volume dos constituintes do solo possibilita considerações críticas ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, notadamente acerca das determinações das frações grossas em base volume. Os resultados sugerem a reclassificação de Plintossolo ou, mais coerente, a redefinição dos teores limites utilizados como critério para a ordem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, S.M.; SILVA, B.M.; OLIVEIRA, G.C.; BENEVENUTE, P.A.N.; SILVA, R.F.; CURI, N.; MORETI, B.S.; SILVA, S.H.G.; NORTON, L.D.; PEREIRA, V.M. Deep furrow and additional liming for coffee cultivation under first year in a naturally dense inceptisol. **Geoderma**, v. 357, p. 113934, 2020.

BIRD, G. W.; IKERD, John. Agricultura sustentável: um sistema do século XXI. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 24, n. Especial, p. 99-114, 1994.

CAMERON, K. C. et al. Fate of nitrogen in pig effluent applied to a shallow stony pasture soil. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 38, n. 4, p. 533-542, 1995.

CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; ZEVIANI, W.M. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a Equação Duplo Van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 77-86, 2011.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B Nítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 581-595, 2005.

DE ALMEIDA, R. E. M. et al. Expansão agrícola em áreas de difícil manejo: cultivo em solos com cascalho. 2020.

GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 19, p. 319-328, 1960.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

KLUTE, A. **Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 253-261. (Monograph, 9).

LENTH, R (2022). emmeans: **Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means**. R package version 1.8.1-1, <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>

LEPSCH, I. Fernando et al. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema**

de capacidade de uso. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 175, 2015.

MARQUES, J.J.; SCHULZE, D.G.; CURI, N.; MERTTZMAN, S.A. Major element geochemistry and geomorphic relationships in Brazilian cerrado soils. **Geoderma**, v. 119, p. 179-195, 2004.

MARTINS, L. N. B. et al. Atributos bioquímicos em um plintossolo háplico sob uma cronosequência de uso agrícola. **Programa de Pós-graduação em Agronomia**, Universidade Federal de Goiás. Jataí, 2011.

MELLO, C.R.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, D.F.; LIMA, J.M. Predição da porosidade drenável e disponibilidade de água para Cambissolos da microrregião Campos das Vertentes, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1319-1324, 2002.

NGUEMEZI, C. et al. Soil quality and soil fertility status in major soil groups at the Tombel area, South-West Cameroon. **Heliyon**, v. 6, n. 2, p. e03432, 2020.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1994. 65p.

RAMALHO FILHO, Antonio; BEEK, Klaas Jan. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995., 1995.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação.** 1999.

ROSA, D.M.; NÓBREGA, L.H.P.; LIMA, G.P.; MAULI, M.M. Desempenho da cultura do milho implantada sobre resíduos culturais de leguminosas de verão em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1287-1295, 2011.

SALES, L.E.O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, M.M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 667-674, 2010.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual**

de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170 p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C. ; CURI, N.; DIAS JUNIOR, M.S. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 159-168, 2009.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N.; COSTA, K.A.P.; CARDUCCI, C.E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 51, p. 193-202, 2013.

SILVA, A. R. (2021) biotools: Tools for Biometry and Applied Statistics in Agricultural Science. R package version 4.2. <https://cran.r-project.org/package=biotools>

SILVA, J.F.G.; LINHARES, A.J.S.; GONÇALVES, W.G.; COSTA, K.A.P.; TORMENA, C.A.; SILVA, B.M.; OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C. Are the yield of sunflower and Paiaguas palisadegrass biomass influenced by soil physical quality? **Soil & Tillage Research**, v. 208, p. 104873, 2021a.

SILVA, R.F.; SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; BARBOSA, S.M.; PEIXOTO, D.S.; TASSINARI, D.; SILVA, B.M.; SILVA, S.H.G.; DIAS JÚNIOR, M.S.; FIGUEIREDO, T.A.F.R. Changes in soil profile hydraulic properties and porosity as affected by deep tillage soil preparation and Brachiaria grass intercropping in a recent coffee plantation on a naturally dense Inceptisol. **Soil & Tillage Research**, v. 213, p. 105127, 2021b.

SOUSA, S.A.V.; PERES, F.C. Programa computacional para simulação da ocorrência de veranicos e queda de rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1951-1956, 1998.

SOUZA, Celso Gutemberg et al. **Manual técnico de pedologia**. IBGE, 1995.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de análise de solo**. 3^a ed. Revista e ampliada. Embrapa, DF. 2017.

TOLLEFSON, Jeff. Food: The global farm. **Nature News**, v. 466, n. 7306, p. 554-556, 2010.

VALLADARES, G. S.; HOTT, M. C.; QUARTAROLI, C. F. **Aptidão agrícola das terras do nordeste do Estado de São Paulo**. 2008.

VOMOCIL, J.A.; FLOCKER, W.J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. **Transactions of the ASAE**, v. 4, p. 242-246, 1966.

WEIH, M.; DIDON, U.M.E.; RÖNNBERG-WÄSTLJUNG, A.-C.; BJÖRKMAN, C. Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops. **Agricultural Systems**, v. 97, p. 99-107, 2008.