



## CAPÍTULO 11

# SOLOS DE ÁREAS DE AGRICULTURA DE MONTANHA NO SUDESTE DO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E POTENCIALIDADES PARA USO AGRÍCOLA

**Silver Rodrigues Zandoná**

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, RJ

**Robert Ferreira**

Estudante de Agronomia  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, RJ

**Leonardo Torres Barbosa**

Estudante de Agronomia  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, RJ

**Otavio Augusto Queiroz dos Santos**

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, RJ

**Hugo Souza Fagundes**

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, RJ

**Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto**

Pós-doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, RJ

**Marcos Gervasio Pereira**

Professor Titular do Departamento de Solos  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
BR 465 km 7, Seropédica, RJ

## INTRODUÇÃO

Cerca de 25% dos solos do planeta pertencem aos ecossistemas de montanhas, que são a base econômica para o sustento de aproximadamente 12% da população mundial (ONU, 2018). São as regiões montanhosas que fornecem entre 60% e 80% da água doce do mundo, abrigam 25% da biodiversidade do planeta e 28% dos bosques do mundo, atraindo entre 15 e 20% do turismo mundial (FAO, 2018). O Brasil é apontado como o 16º país com a maior área montanhosa do planeta, e está no quarto lugar dentre os países da América Latina. Porém, pouca importância é dada a esse tema (López Netto, 2013). A exploração dessas áreas para atividades agrícolas tem ocorrido com relativo sucesso, no entanto, de forma potencialmente impactante ao ambiente (Assis *et al.*, 2019).

Além de fornecer alimentos, água, abrigo e materiais, os ecossistemas montanos têm grande importância ambiental, já que são responsáveis por diversos serviços ecossistêmicos, com destaque para a manutenção do ciclo hidrológico, influenciando na formação de nuvens, na captação de água das chuvas e no abastecimento dos lençóis freáticos. Também apresentam grande variabilidade no que diz respeito à topografia, clima e solo; o que influencia diretamente a biodiversidade existente, tanto na riqueza de espécies da fauna e flora quanto de espécies endêmicas (López Netto *et al.*, 2011; Martinelli, 2007).

Os solos declivosos de ambientes montanhosos podem ser degradados com maior facilidade quando o manejo é inadequado. Quando as precipitações são intensas e a cobertura vegetal não é adequada, a matéria orgânica, o solo (Wang *et al.*, 2016), água e nutrientes, podem se perder por erosão e causar significativos danos ambientais. Quando no solo observa-se algum tipo de cobertura vegetal, a energia cinética do impacto das gotas de água é reduzida, bem como a velocidade do escoamento superficial (Teixeira; Misra, 1997). Dessa forma, verifica-se a redução dos danos listados anteriormente quando a cobertura do solo não atua como fator protetor desses processos (Dechen *et al.*, 2015). A proteção do solo contra os processos erosivos está diretamente relacionada com a cobertura vegetal, ou seja, quanto mais a superfície do solo estiver protegida pela vegetação, menor será a destruição dos agregados, individualização das partículas e consequentemente a erosão (Bezerra; Cantalice, 2006).

Contudo, manejar solos de regiões montanhosas continua sendo um desafio para as comunidades que ocupam esses locais. A exploração dessas áreas para atividades agrícolas tem ocorrido com relativo sucesso, no entanto, de forma potencialmente impactante ao ambiente (Assis *et al.*, 2019). A declividade, fatores pedológicos e ambientais, característicos desses ambientes, além de dificultarem a adoção de práticas de cultivo, prejudicam a aplicação de técnicas conservacionistas.

Na região sudeste do Brasil, grande parte dos solos de áreas montanhosas são utilizados para agricultura. Nesses locais com acentuada declividade, os solos estão propensos à degradação causada por atividade humana e por efeitos ambientais. Portanto, são requeridas espécies vegetais aptas e práticas de manejo adequadas, para reduzir a exposição da superfície, reduzindo os riscos de degradação. Portanto, é necessário a aquisição de maiores informações sobre as propriedades dos solos desses ambientes. A partir do exposto, o estudo teve como objetivos: i) realizar a caracterização química, física e morfológica dos atributos do solo de perfis coletados em áreas com diferentes cultivos agrícolas e coberturas vegetais; ii) verificar as principais classes de solos dessas áreas; e iii) avaliar a capacidade de uso agrícola, bem como as classes de aptidão e as principais limitações.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Características ambientais da região do estudo

O estudo foi realizado no município de Ibiraçu ( $19^{\circ}47'49.3"S$   $40^{\circ}27'10.5"W$ ), localizado no estado do Espírito Santo, região sudeste do Brasil. As áreas amostradas estão inseridas na propriedade agrícola Sítio Zandoná, com aproximadamente 67 ha. O município é cortado pela rodovia BR 101, que é a principal via de escoamento da produção agrícola do estado. A rodovia é o caminho mais rápido para o transporte de produtos perecíveis (p. ex., frutas e hortaliças) até os maiores centros de distribuição e mercados consumidores da região sudeste do país (p. ex., Vitória, Rio de Janeiro e São Paulo).

O clima local engloba duas classificações, a saber: i) Tropical úmido ou subúmido (Am), predominante nas áreas onde ocorre o relevo de Tabuleiros, apresentando uma estação seca de pequena duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação entre 1.200 e 1.300 mm; e ii) Tropical chuvoso (Aw) com estação seca no inverno, que é comum das áreas com relevo acidentado do contorno de vales e planaltos, em altitudes de até 500 m, onde a precipitação ocorre em intensidade de 1.000 a 1.400 mm (Alvares et al., 2014; Köppen, 1928).

A topografia abrange áreas ligeiramente onduladas da Região de Tabuleiros, se estendendo por uma região onde predomina uma paisagem intermediária de Mar de Morros (encostas com declividade superior a 20% e relevo forte-ondulado), e se prolonga até alcançar a Região Elevada Interior da Serra do Castelo (ou Serra Capixaba); a vegetação natural predominante está inserida no bioma Mata Atlântica, cuja vegetação original denomina-se Floresta Ombrófila Densa (Garbin et al., 2017); o principal material de origem é o paragnaisse, rocha de granulação média a grossa, cor cinza azulado e caráter ácido (solos com baixa fertilidade natural) (Gradim et al., 2014).

## Áreas avaliadas

Foram avaliadas quatro áreas com diferentes coberturas vegetais em três pontos diferentes da propriedade. Para a escolha e delimitação dos pontos amostrados (repetições de área), utilizou-se características semelhantes, como o tempo de cultivo e a similaridade em relação às culturas presentes. As coberturas vegetais avaliadas foram: áreas de cultivo com banana (*Musa spp.*) (BN); áreas de cultivo de café (*Coffea sp.*) (CF); áreas de cultivo com cacau (*Theobroma cacao L.*) (CC); e áreas de fragmentos floresta secundária do bioma Mata Atlântica sem índices de ação antrópica (FS). Totalizando 12 áreas amostrais (quatro coberturas vegetais no solo x três repetições de área) (Tabela 1).

## Coleta dos perfis

A coleta foi realizada em dezembro de 2020, e em cada área amostral foi demarcada uma gleba de 1.000 m<sup>2</sup> respeitando dois critérios gerais previamente estabelecidos, a saber: i) Tamanho – a área amostral deveria apresentar área contínua suficiente para abrigar uma gleba preferencialmente de 40 x 25 m, e com distância mínima de 15 m das próprias bordas para evitar a influência dos efeitos de borda; e ii) Possibilidade de coleta – considerando a inexistência de impedimentos geológicos, como excessiva declividade e pedregosidade, que limitariam a escavação manual para a coleta das amostras de terra. Após demarcação, foi aberto um perfil de solo de 0-100 cm de profundidade, perfazendo um total de 12 perfis (Tabela 2). A descrição morfológica dos perfis e a coleta das amostras deformadas dos horizontes foram realizadas no campo de acordo com Santos *et al.* (2015).

Tabela 1. Descrição, localização e critérios específicos utilizados para escolha das áreas amostrais, sudeste do Brasil

Área	Perfil	Localização e descrição	Critérios específicos
BN	P08	Banana prata. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Desbrota anual. Sem mecanização do plantio à colheita	Manejo de condução da lavoura de banana por um tempo mínimo de 25 anos
	P11	Banana prata. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Desbrota anual. Sem mecanização do plantio à colheita	
	P10	Banana prata. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Desbrota anual. Sem mecanização do plantio à colheita	
CC	P02	Cacau. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Poda anual. Sem mecanização do plantio à colheita	Manejo de condução da lavoura de cacau por um tempo mínimo de 8 anos; e cultura precedente na área de cultivo sendo a banana
	P12	Cacau. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Poda anual. Sem mecanização do plantio à colheita	
	P03	Cacau. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Poda anual. Sem mecanização do plantio à colheita	
CF	P01	Café conilon. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Poda e desbrota anuais. Sem mecanização do plantio à colheita	Manejo de condução da lavoura de café por um tempo mínimo de 30 anos
	P04	Café conilon. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Poda e desbrota anuais. Sem mecanização do plantio à colheita	
	P09	Café conilon. Manejo convencional, com capina química. Calagem e fertilização mineral sob recomendação. Poda e desbrota anuais. Sem mecanização do plantio à colheita	
FS	P07	Espécies florestais nativas da Mata Atlântica	Ausência de histórico de desmatamento nos últimos 50 anos
	P06	Espécies florestais nativas da Mata Atlântica	
	P05	Espécies florestais nativas da Mata Atlântica	

BN: Área de cultivo de banana; CC: Área de cultivo de cacau; CF: Área de cultivo de café; e FS: Área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica.

## Classificação dos solos e aptidão agrícola das terras

As amostras de terra dos horizontes foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de diâmetro de malha para obter a fração terra fina seca ao ar (TFSA). A caracterização dos atributos químicos foi feita a partir da TFSA, e foram determinados os valores de pH e os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , P e H+Al. A partir dos resultados, foram calculados os valores do complexo sortivo do solo: soma de bases trocáveis (S); capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0 (T); e saturação por bases (V) (Teixeira et al., 2017).

O carbono orgânico total (COT) do solo foi determinado via oxidação úmida da matéria orgânica do solo por dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) na concentração de 0,167 mol L<sup>-1</sup>, em meio sulfúrico e quantificado por titulação usando solução de sulfato ferroso amoniacial ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ) 0,2 mol L<sup>-1</sup> como titulante e ferroin como indicador (Yeomans; Bremner, 1988). A análise granulométrica foi realizada utilizando o método da pipeta, quantificando assim o conteúdo das frações areia, silte e argila (Teixeira et al., 2017). Com base nos atributos morfológicos, químicos e físicos, os perfis foram classificados (Santos et al., 2018) e avaliados quanto ao seu potencial de uso agrícola (Ramalho Filho; Beek, 1995).

## Tratamento estatístico dos dados

Os perfis foram avaliados completos, e as variáveis pH, argila, carbono orgânico total, cálcio e magnésio trocáveis, alumínio trocável, soma de bases, potássio trocável e fósforo disponível foram selecionadas. Essas foram analisadas utilizando o pacote “AQP” (*Algorithm for Quantitative Pedology*) e sua função “SCP” (*Soil Profile Collection*) que gerou esboços gráficos dos perfis com base em seus limites de horizontes através do Software R (R Core Team, 2020). A partir dos dados de todas as variáveis físicas, químicas e morfológicas, os perfis foram classificados até o quarto nível categórico. Complementarmente, realizou-se a aptidão agrícola das terras das áreas através dos dados de cada perfil.

Tabela 2. Informações gerais dos perfis de solos nas áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil

Perfil	Coord	Situação paisagem	Relevo local	Material de origem	Vegetação atual	Alt. (m)	Dec. %	Drenagem	Pedregosidade e rochosidade
P01	19°48'08.1"S 40°27'33.3"W	Topo de elevação	Forte-Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	CF	335	20 a 45	Bem drenado	Ligeiramente pedregosa e moderadamente rochosa
P02	19°48'04.1"S 40°27'24.9"W	Terço superior	Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	CC	299	13 a 20	Bem drenado	Moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa
P03	19°48'04.2"S 40°27'23.5"W	Terço superior	Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	CC	289	13 a 20	Bem drenado	Ligeiramente pedregosa e moderadamente rochosa
P04	19°47'58.0"S 40°27'18.0"W	Terço superior	Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	CF	276	13 a 20	Bem drenado	Ligeiramente pedregosa e moderadamente rochosa
P05	19°47'35.2"S 40°27'15.5"W	Topo de elevação	Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	FS	331	13 a 20	Bem drenado	Moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa
P06	19°47'42.1"S 40°27'14.6"W	Terço superior	Forte-Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	FS	286	20 a 45	Bem drenado	Pedregosa e moderadamente rochosa
P07	19°47'59.9"S 40°27'17.7"W	Terço superior	Forte-Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	FS	272	20 a 45	Bem drenado	Moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa
P08	19°47'57.3"S 40°27'20.9"W.	Terço superior	Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	BN	294	13 a 20	Bem drenado	Moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa
P09	19°47'47.4"S 40°27'21.6"W	Topo de elevação	Forte-Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	CF	341	20 a 45	Bem drenado	Ligeiramente pedregosa e moderadamente rochosa
P10	19°47'56.2"S 40°27'23.4"W	Topo de elevação	Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	BN	371	13 a 20	Bem drenado	Moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa
P11	19°47'50.9"S 40°27'22.5"W	Topo de elevação	Forte-Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	BN	330	20 a 45	Moderadamente drenado	Moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa
P12	19°47'54.1"S 40°27'20.0"W	Terço superior	Ondulado	Produto da intemperização de paragnaisse	CC	296	13 a 20	Bem drenado	Moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa

Coord.: Coordenadas; Alt.: Altitude; Dec.: Declividade; BN: Área de cultivo de banana; CC: Área de cultivo de cacaú; CF: Área de cultivo de café; e FS: Área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos atributos morfológicos e textura

Na Figura 1 são apresentadas as fotos dos perfis coletados. Houve predomínio dos matizes 7,5YR e 10 YR em quase todos os horizontes. À exceção dos horizontes AB, BA, Bi1 e Bi2 do perfil FS-P05 com matiz 5YR. A amplitude de variação das cores nos horizontes superficiais foi de bruno escuro a bruno amarelado escuro, resultante da combinação de matéria orgânica do solo humificada e textura mais arenosa, principalmente nas áreas de BN (Tabela 3). Em subsuperfície, prevaleceu a cor amarelo avermelhado nos seus horizontes. Oriunda da combinação do material de origem de natureza mais ácida (paragnaisse), fator clima e condições de boa drenagem, sendo exceção o perfil BN-P11 moderadamente drenado (Tabela 2). Não foi observada a presença de mosqueado de redução nos horizontes subsuperficiais (Tabela 3).

Quanto à estrutura do solo, as formas em blocos angulares e subangulares predominaram, com tamanho e grau de desenvolvimento variável de pequena a grande e fraca a forte em ambos os horizontes (Tabela 3). Evidenciando-se a grande variabilidade estrutural que esses solos apresentam. Na avaliação da consistência, nos três estados de umidade, verificou-se variação de ligeiramente dura a dura quando seco; muito friável a firme quando úmido; e ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa quando molhada (Tabela 3). Não foi constatada a ocorrência de cerosidade nos horizontes subsuperficiais (Tabela 3).

Em relação ao grau de distinção e topografia das transições, observou-se maior ocorrência para clara e plana entre os horizontes superficiais; e gradual e ondulada entre os horizontes subsuperficiais (Tabela 3). As principais classes texturais constatadas foram franco-argilo-arenosa e argilo-arenosa nos horizontes superficiais e subsuperficiais, respectivamente. A classe textural argila foi verificada somente nos horizontes subsuperficiais Bi1 e Bi2 em CF-P01, BA, Bi1 e Bi2 em FS-P05 e Bi2 em CF-P09 (Tabela 3).

O material de origem das áreas do estudo é o produto da intemperização do paragnaisse (Tabela 2), rocha de granulação média a grossa, cor cinza azulado e caráter ácido (Gradim *et al.*, 2014). Tendo como principais minerais em sua composição o quartzo (50%), feldspatos (40%) e biotita (10%) (Steinhoefel *et al.*, 2011). Que sob intensa ação do intemperismo químico pode originar solos de textura média a argiloarenosa.

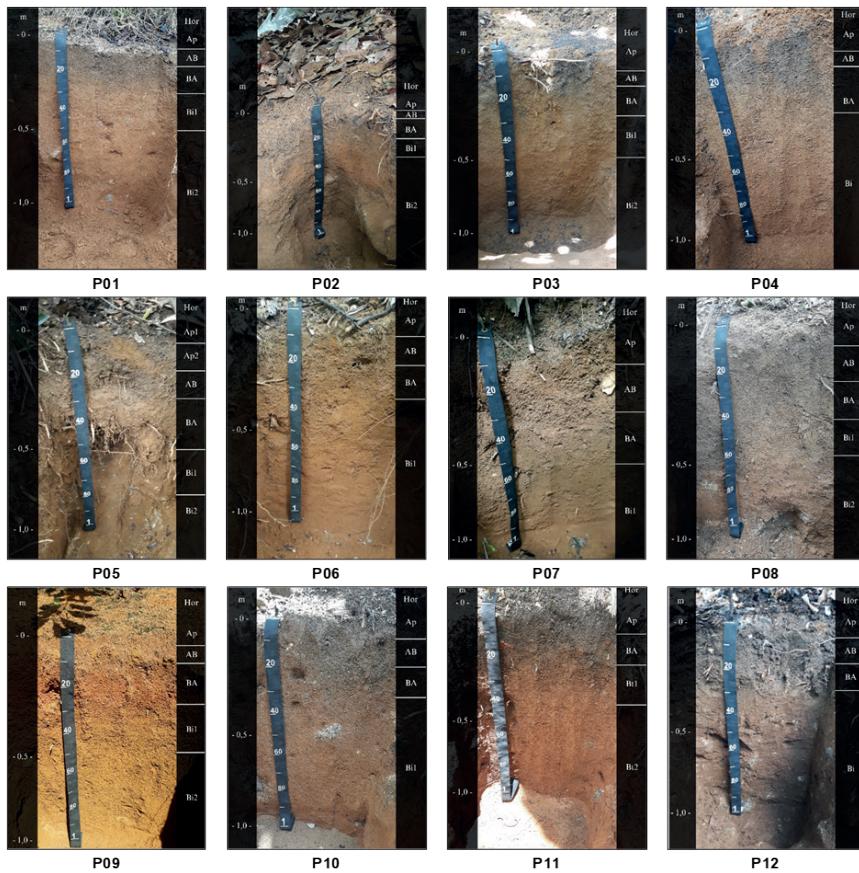


Figura 1. Perfis de solo nas áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil. P01, P04 e P09: Perfis das áreas cultivadas com café; P02, P03 e P12: Perfis das áreas cultivadas com cacau; P05, P06 e P07: Perfis das áreas de floresta secundária do bioma Mata Atlântica; e P08, P10 e P11: Perfis das áreas cultivadas com banana.

Tabela 3. Distribuição dos horizontes e atributos morfológicos e textura dos perfis de solos nas áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil

Perfil	Hor	Prof (cm)	Cor		Estrutura <sup>(1)</sup>	Consistência <sup>(2)</sup>	Transição	Classe textural
			Seca	Seca				
CF-P01	Ap	00–10	10YR 5/3	10YR 3/4	ba, bsa, pq, me, mo e fr	ld, mf, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	AB	10–19	10YR 5/2	10YR 4/3	ba, bsa, pq, me, mo e fr	ld, mf, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	BA	19–32	---	7,5YR 5/6	ba, me, gr e mo	du, mf, lp e lpe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	Bi1	32–55	---	7,5YR 5/6	ba, me, gr e mo	du, mf, lp e lpe	Difusa e plana	Argila
	Bi2	55–100 <sup>+</sup>	---	7,5YR 5/6	ba, me, gr e mo	ld, fr, lp e lpe	---	Argila
CC-P02	Ap	00–06	7,5YR 5/3	7,5YR 4/3	ba, pq, me e fr	du, fi, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	AB	06–14	7,5YR 5/3	7,5YR 4/4	ba, bsa, pq, me e fr	du, fr, pl e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	BA	14–21	---	7,5YR 5/4	ba, pq, me e mo	ld, mf, lp e lpe	Difusa e ondulada	Argilo- arenosa
	Bi1	21–35	---	7,5YR 5/6	ba, pq, me e fr	du, mf, pl e lpe	Difusa e ondulada	Argilo- arenosa
	Bi2	35–100 <sup>+</sup>	---	10YR 6/4	ba, pq, me e mo	ld, mf, np e lpe	---	Franco- argiloarenosa
CC-P03	Ap	00–08	7,5YR 4/3	10YR 3/3	ba, pq, me e fo	du, fi, np e lpe	Clara e plana	Argilo- arenosa
	AB	08–16	10YR 5/4	10YR 4/2	ba, pq, me e mo	du, fr, lp e lpe	Clara e plana	Argilo- arenosa
	BA	16–27	---	7,5YR 5/6	ba, bsa, me, gr e mo	du, fr, lp e lpe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	Bi1	27–49	---	7,5YR 5/8	ba, bsa, me, gr e fr	ld, mf, pl e lpe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	Bi2	49–100 <sup>+</sup>	---	7,5YR 6/8	ba, pq, me e mo	ld, mf, pl e lpe	---	Argilo- arenosa

	Ap	00–10	10YR 5/4	10YR 3/4	ba, pq, me e mo	ld, fr, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
CF- P04	AB	10–16	7,5YR 5/4	7,5YR 4/4	ba, pq, me e mo	ld, mf, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	BA	16–30	---	7,5YR 5/6	ba, pq, me e fr	ld, mf, pl e lpe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	Bi	30–100 <sup>+</sup>	---	7,5YR 6/6	ba, pq, me e fr	ld, mf, pl e lpe	---	Argilo- arenosa
FS- P05	A1	00–08	7,5YR 4/4	7,5YR 3/4	ba, mpq, pq e fo	ld, fr, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	A2	08–18	7,5YR 4/4	7,5YR 3/4	ba, mpq, pq e fo	du, fi, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	AB	18–30	---	5YR 5/4	ba, mpq, pq e mo	du, fi, lp e lpe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	BA	30–55	---	5YR 5/6	ba, pq, me e mo	ld, fi, pl e lpe	Gradual e ondulada	Argila
	Bi1	55–80	---	5YR 6/6	ba, pq, me e fr	ld, mf, lp e lpe	Gradual e ondulada	Argila
	Bi2	80–100 <sup>+</sup>	---	5YR 6/6	ba, pq, me e fr	ld, mf, lp e lpe	---	Argila
FS- P06	A	00–10	10YR 4/4	10YR 3/3	ba, pq, me e fo	du, fi, pl e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	AB	10–23	10YR 5/4	10YR 4/4	ba, pq, me e mo	ld, fr, pl e lpe	Clara e plana	Argilo- arenosa
	BA	23–36	---	10YR 5/4	ba, pq, me e fo	du, fi, lp e lpe	Gradual e plana	Franco- argilo- arenosa
	Bi1	36–100 <sup>+</sup>	---	10YR 4/4	ba, pq, me e mo	du, fr, lp e lpe	---	Argilo- arenosa
FS- P07	A	00–10	10YR 4/6	10YR 4/4	ba, pq, me e mo	ld, mf, lp e lpe	Clara e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	AB	10–27	10YR 6/6	10YR 4/6	ba, me, gr e fo	ld, fr, lp e lpe	Gradual e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	BA	27–53	---	10YR 6/6	ba, pq, me e mo	du, fi, lp e lpe	Difusa e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	Bi	53–100 <sup>+</sup>	---	10YR 5/4	ba, me, gr e fo	md, mf, lp e lpe	---	Argilo- arenosa

BN-P08	Ap	00–10	10YR 5/4	10YR 3/3	ba, me, gr e fo	ld, mf, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	AB	10–24	10YR 5/4	10YR 4/3	ba, me, gr e fo	du, fr, lp e lpe	Clara e plana	Franco- argilo- arenosa
	BA	24–40	---	10YR 5/4	ba, pq, me e fo	md, fi, lp e lpe	Gradual e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	Bi1	40–60	---	10YR 6/4	ba, pq, me e fo	du, fr, pl e lpe	Gradual e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	Bi2	60–100 <sup>+</sup>	---	10YR 6/6	ba, me, gr e mo	md, mf, pl e lpe	---	Argilo- arenosa
CF-P09	Ap	00–05	7,5YR 5/6	7,5YR 4/4	ba, bsa, pq e fr	ld, fr, pl e lpe	Abrupta e plana	Franco- argilo- arenosa
	AB	05–13	7,5YR 5/6	7,5YR 4/6	ba, bsa, pq e fr	ld, fr, lp e lpe	Clara e plana	Argilo- arenosa
	BA	13–28	---	7,5YR 4/6	ba, pq, me e fo	du, fr, pl e lpe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	Bi1	28–53	---	7,5YR 5/6	ba, pq e fr	ld, fr, mp e pe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	Bi2	53–100 <sup>+</sup>	---	10YR 5/8	ba, pq e fr	ld, mf, mp e lpe	---	Argila
BN-P10	Ap	00–11	10YR 5/3	10YR 4/2	ba, me, gr e mo	du, fr, pl e lpe	Clara e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	AB	11–23	10YR 5/3	10YR 4/2	ba, me, gr e mo	du, fr, pl e lpe	Clara e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	BA	23–35	---	10YR 5/6	ba, me, gr e fo	du, mf, pl e lpe	Gradual e ondulada	Franco- argilo- arenosa
	Bi	35–100 <sup>+</sup>	---	10YR 5/8	ba, me, gr e mo	ld, mf, pl e lpe	---	Franco- argilo-siltosa
BN-P11	Ap	00–12	10YR 5/3	10YR 3/2	ba, me, gr e mo	ld, mf, lp e lpe	Clara e plana	Franco- arenosa
	BA	12–24	10YR 4/6	10YR 3/6	ba, me, gr e fo	du, fi, lp e lpe	Gradual e plana	Franco- argilo- arenosa
	Bt1	24–42	---	7,5YR 5/6	ba, me, gr e mo	du, mf, lp e lpe	Gradual e plana	Argilo- arenosa
	Bt2	42–100 <sup>+</sup>	---	7,5YR 5/6	ba, me, gr e mo	ld, mf, lp e lpe	---	Argilo- arenosa

	Ap	00–09	10YR 5/2	10YR 4/2	ba, pq e fo	du, fi, pl e lpe	Clara e ondulada	Franco-argilo-arenosa
CC-P12	AB	09–17	10YR 5/2	10YR 4/3	ba, pq e fo	du, mf, pl e lpe	Clara e ondulada	Franco-argilo-arenosa
	BA	17–30	---	10YR 5/4	ba, me, gr e fo	du, mf, pl e lpe	Gradual e ondulada	Franco-argilo-arenosa
	Bi	30–100*	---	10YR 6/4	ba, me, gr e mo	du, mf, pl e lpe	---	Franco-argilo-arenosa

Hor: Horizonte; Prof: Profundidade; <sup>(1)</sup>fr: Fraca; <sup>(1)</sup>mo: Moderada; <sup>(1)</sup>fo: Forte; <sup>(1)</sup>mpq: Muito pequena; <sup>(1)</sup>pq: Pequena; <sup>(1)</sup>me: Média; <sup>(1)</sup>gr: Grande; <sup>(1)</sup>ba: Blocos angulares; <sup>(1)</sup>bsa: Blocos subangulares; <sup>(1)</sup>gr: Granular; <sup>(2)</sup>so: Solta; <sup>(2)</sup>ma: Macia; <sup>(2)</sup>ld: Ligeiramente dura; <sup>(2)</sup>du: Dura; <sup>(2)</sup>md: Muito dura; <sup>(2)</sup>ed: Extremamente dura; <sup>(2)</sup>mf: Muito friável; <sup>(2)</sup>fr: Friável; <sup>(2)</sup>fi: Firme; <sup>(2)</sup>mf: Muito firme; <sup>(2)</sup>ef: extremamente firme; <sup>(2)</sup>np: Não plástica; <sup>(2)</sup>lp: Ligeiramente plástica; <sup>(2)</sup>pl: Plástica; <sup>(2)</sup>mp: Muito plástica; <sup>(2)</sup>npe: Não pegajosa; <sup>(2)</sup>lpe: Ligeiramente pegajosa; <sup>(2)</sup>pe: Pegajosa; e <sup>(2)</sup>mpe: Muito pegajosa.

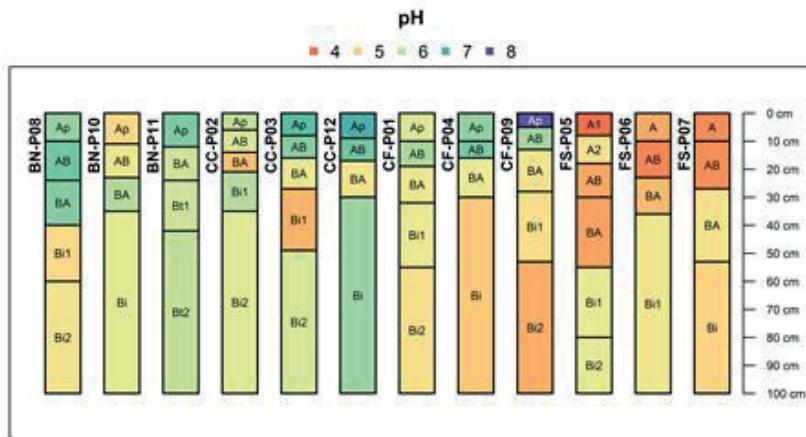
## Caracterização dos atributos químicos e físicos

Os valores de pH (Figura 2a) variaram de 4,5–7,5. Nos horizontes A e AB dos perfis da área de FS foram quantificados os menores valores de pH (< 5,0), exceto em A2 de FS-P05 (5,4). Em Ap e AB dos perfis das áreas cultivadas, os valores de pH foram superiores a 5,34, com destaque para os horizontes dos perfis da área de CF com valores acima de 6,0. Os valores de pH desses horizontes estão próximos ou dentro da faixa ideal (5,5–6,3) para o desenvolvimento das culturas brasileiras (Freire et al., 2013; Sousa et al., 2007) principalmente na “camada arável”. De maneira geral, foi observada uma pequena redução dos valores de pH em subsuperfície. Exceto nos perfis da área de FS em que o padrão de distribuição dos valores do atributo foi inverso, menor em superfície e maior em subsuperfície. Nos horizontes Bi, Bt e BA verificaram-se valores de pH entre 5,05–6,2 para CC; 5,0–5,62 para CF; e 5,34–6,33 para BN (Figura 2a).

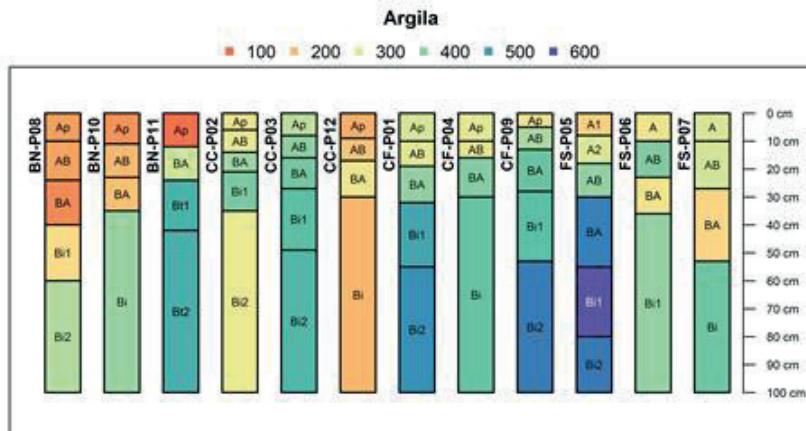
Para os teores de argila foram verificados valores entre 150–550 g kg<sup>-1</sup>. Os menores teores foram verificados nos horizontes Ap, AB e BA dos perfis localizados nas áreas de BN (177–202 g kg<sup>-1</sup>), exceto no horizonte BA de BN-P11 (345 g kg<sup>-1</sup>). Os maiores teores de argila foram observados nos horizontes BA, Bi1 e Bi2 de FS-P05 (495–540 g kg<sup>-1</sup>), e no horizonte Bi2 de CF-P09 (500 g kg<sup>-1</sup>). Com base na Figura 2b, é possível observar que os maiores teores de argila concentram-se nos horizontes subsuperficiais em todas as áreas. À exceção de CC-P12, na qual no horizonte Bi foi verificado valores relativamente baixos de argila (244 g kg<sup>-1</sup>) (Figura 2b).

No perfil CC-P02 foi verificado padrão diferenciado na distribuição dos teores de argila quando comparado aos demais, com teores mais elevados nos horizontes superficiais (Ap, 298; e AB, 310 g kg<sup>-1</sup>) e mais baixos nos subsuperficiais (BA, 385; e Bi1, 410 g kg<sup>-1</sup>). Os teores do atributo verificados na sequência Ap, BA, Bt1 e Bt2 em BN-P11 apontam acúmulo de argila em subsuperfície, caracterizado pela presença de mudança textural abrupta (Figura 2b). Esse atributo diagnóstico é favorecido na área de BN-P11 pela topografia mais acentuada (relevo local forte-ondulado; Tabela 2) juntamente ao clima tropical chuvoso da região, colaborando para o arraste das partículas mais finas pela água e o aumento relativo do conteúdo de argila em profundidade.

(a)



(b)



(c)

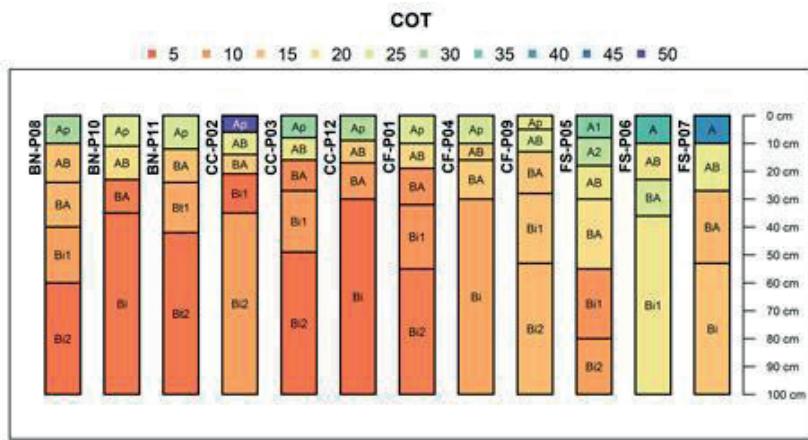


Figura 2. Valores de acidez ativa (pH), argila ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e carbono orgânico total (COT,  $\text{g kg}^{-1}$ ) nos horizontes dos perfis nas áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil. pH em  $\text{H}_2\text{O}$  (a); argila (b); e COT (c). BN: Área de cultivo de banana; CC: Área de cultivo de cacaú; CF: Área de cultivo de café; e FS: Área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica.

Os teores de carbono orgânico total (COT) variaram dentro da faixa de 5,0–50,0  $\text{g kg}^{-1}$ , indicando que todos os horizontes são de constituição mineral. Os maiores teores oscilaram entre 35,6–46,1  $\text{g kg}^{-1}$ , sendo verificados nos horizontes A e A1 dos perfis das áreas de FS, e no horizonte Ap dos perfis das áreas de CC. Os menores valores de COT foram quantificados nos horizontes subsuperficiais dos perfis das áreas cultivadas, sendo os valores mínimos (5,80  $\text{g kg}^{-1}$ ) no horizonte Bi de CC-P12. Nos perfis das áreas de FS e no perfil CF-P09 os teores de COT em subsuperfície não foram tão baixos quando os quantificados nas demais áreas cultivadas (Figura 2c).

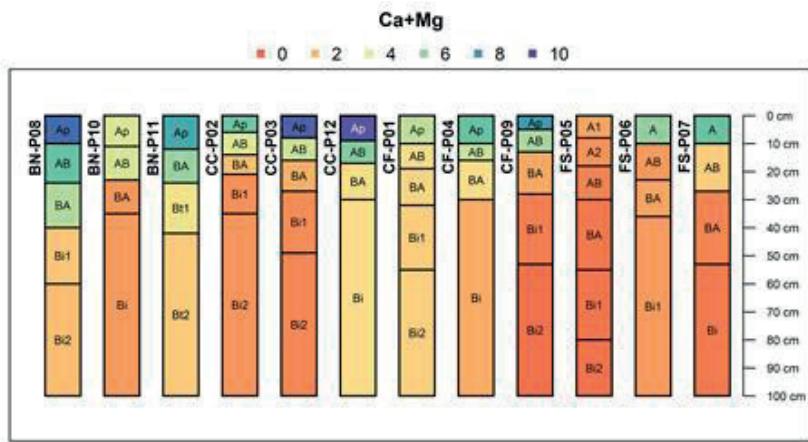
Os teores de cálcio e magnésio trocáveis (Ca+Mg) variaram entre 0,0–9,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , com elevados valores no horizonte Ap dos perfis BN-P08, CC-P03 e CC-P12 (7,85–8,40  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), sendo exceção a esse padrão os perfis BN-P10, CF-P01 e FS-P05. No horizonte Ap desses perfis foram quantificados teores de Ca+Mg entorno de 5,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . Os valores mais baixos foram verificados nos horizontes subsuperficiais de CF-P09 e FS-P05 (0,2–0,35  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ). No perfil FS-P05 foram quantificados baixos e decrescentes teores desses elementos em profundidade, valores variando de 1,3  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  no horizonte A1 e 0,25  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  no horizonte Bi2 (Figura 3a).

Nos horizontes Ap, AB e BA foram observados teores de Ca+Mg de 1,05–7,85 nos perfis das áreas de BN; 0,7–8,4 nas áreas de CC; e 0,2–6,8  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  nas áreas de CF. Segundo Freire *et al.* (2013), para as culturas de banana e café os valores ideais desses nutrientes no solo são superiores a 3,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . Ressalta-se ainda que nos horizontes superficiais foram quantificados os maiores teores de Ca+Mg,

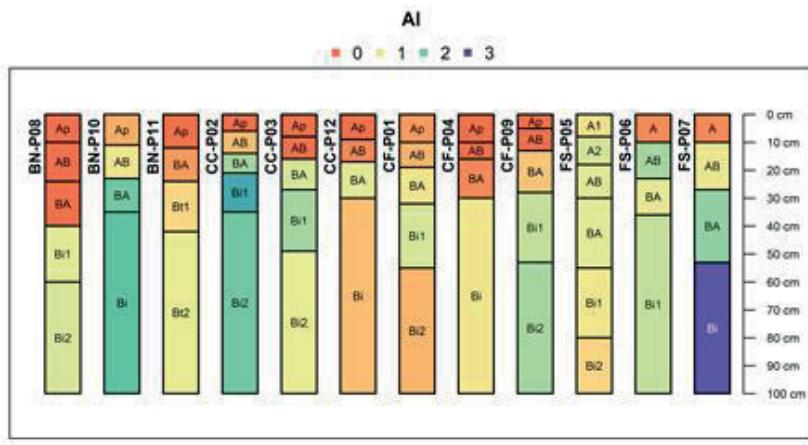
com decréscimo em profundidade. Nas áreas com cultivos agrícolas é possível observar que os maiores teores dos nutrientes concentram-se nos primeiros 20 cm de profundidade. Enquanto nas áreas com cobertura florestal os maiores teores foram constatados nos primeiros 10 cm de profundidade (Figura 3a).

Os teores de alumínio trocável (Al) variaram de 0,0 a 2,5  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Nos horizontes Ap das áreas cultivadas foram verificados os menores teores (0,0 a 0,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Os valores de Al estão fora do limite mínimo ( $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) considerado como concentração tóxica para a maioria das plantas cultivadas (Sousa *et al.*, 2007; Freire *et al.*, 2013). Nas áreas de FS, para esse mesmo horizonte, verificou-se teores entre 0,15–0,65  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Os maiores valores de Al foram observados nos horizontes Bi e Bi1 de BN-P10, CC-P02 e FS-P07 ( $1,6\text{--}2,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). No perfil FS-P05 foram quantificados valores de Al entre 0,6–1,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ao longo de todo o perfil. Nos horizontes Ap, AB e BA dos perfis das áreas de BN, CC e CF foram constatados teores entre 0,0–1,60; 0,0–1,75; e 0,0–1,25  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente (Figura 3b).

(a)



(b)



(c)

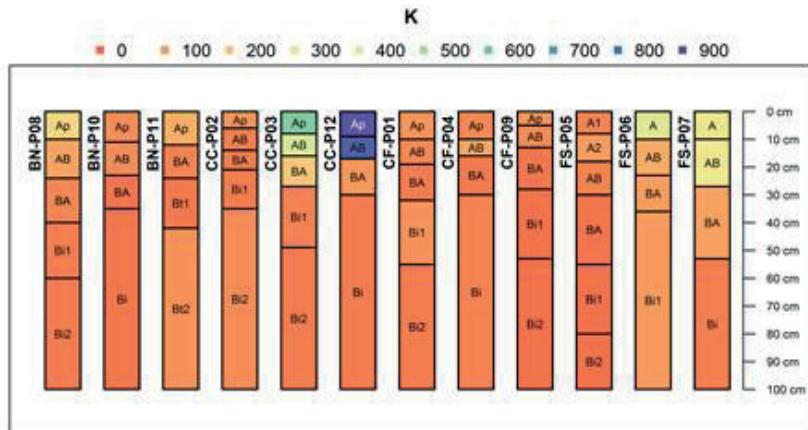


Figura 3. Valores de cálcio e magnésio trocáveis ( $\text{Ca}+\text{Mg}$ ,  $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ ), alumínio trocável ( $\text{Al}$ ,  $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ ) e potássio trocável ( $\text{K}$ ,  $\text{mg dm}^{-3}$ ) nos horizontes dos perfis nas áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil.  $\text{Ca}+\text{Mg}$  (a);  $\text{Al}$  (b); e  $\text{K}$  (c). BN: Área de cultivo de banana; CC: Área de cultivo de cacau; CF: Área de cultivo de café; e FS: Área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica.

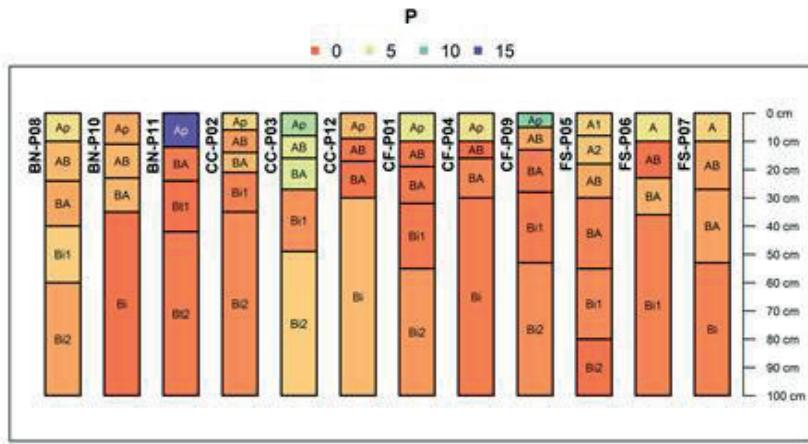
Os teores de potássio trocável (K) variaram entre 0 a 900 mg dm<sup>-3</sup>. Os maiores valores foram verificados nos horizontes Ap e AB dos perfis das áreas de CC (837 a 811 mg dm<sup>-3</sup>). Valores intermediários foram observados nos horizontes Ap, AB e BA de BN-P08 e CC-P03, e A, AB e BA de FS-P06 e FS-P07 (202 a 537 mg dm<sup>-3</sup>). Nos perfis das áreas de CF verificam-se baixos teores de K em superfície e subsuperfície, variando de 14 a 130 mg dm<sup>-3</sup>. Nos horizontes Ap, AB e BA dos perfis das áreas de BN, CC e CF foi observada uma ampla variação para os valores de K, entre 24 a 235; 45 a 837; e 29 a 130 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 3c). Conforme Freire *et al.* (2013), para a cultura da banana os teores ideais desse nutriente no solo são de ± 135 mg dm<sup>-3</sup>. Já para o café os teores recomendados do nutriente no solo são de ± 90 mg dm<sup>-3</sup>.

Os maiores teores de fósforo disponível (P) foram verificados no horizonte Ap de BN-P11 (14,50 mg dm<sup>-3</sup>). Valores intermediários (7,73–8,90 mg dm<sup>-3</sup>) foram quantificados no horizonte Ap de CC-P03 e CF-P09. Nos horizontes subsuperficiais os teores de P variaram entre 0,38 a 6,35 mg dm<sup>-3</sup>. Nos horizontes Ap, AB e BA dos perfis das áreas cultivadas com BN, CC e CF os teores de P oscilaram de 0,74 a 14,50; 0,53 a 7,73; e 0,31 a 8,90 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Exceto para os perfis BN-P08, CC-P03 e CC-P12, nos quais verificou-se nos horizontes subsuperficiais baixos teores de P (0,38 a 6,35 mg dm<sup>-3</sup>) (Figura 4a). Para as culturas da banana e café os teores recomendados de P no solo são de aproximadamente 30,0 e 10,0 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Freire *et al.*, 2013).

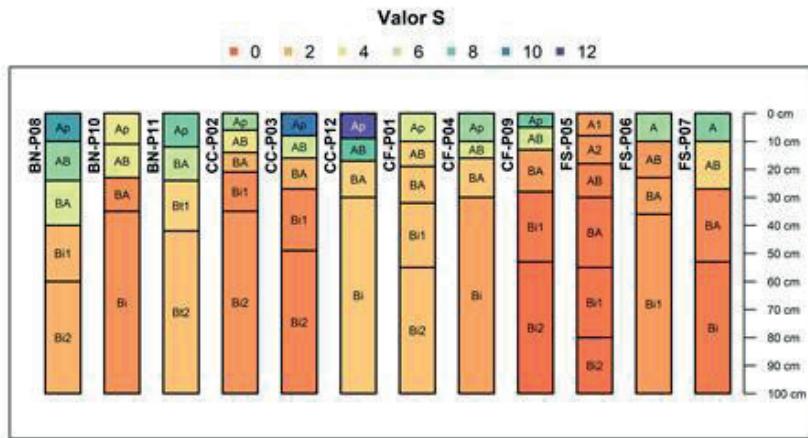
Os valores de soma de bases (Valor S) e saturação por bases (Valor V) variaram de 0 a 11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 6,0 a 90,0% (Figura 4b e 4c). Os maiores valores de soma de bases foram verificados no horizonte Ap dos perfis das áreas de BN (9,57 a 10,66 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), sendo os menores valores nos horizontes subsuperficiais: no horizonte Bi2 do perfil da área de CF (0,26 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); e sob cobertura florestal, nos horizontes Bi1 e Bi2 de FS-P05 (0,41 a 0,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) (Figura 4b).

Nos primeiros 20 cm de profundidade das áreas de BN, CC e CF foram verificados os maiores valores de soma de bases (Figura 4b). Nos perfis das áreas de FS os valores mais elevados foram constatados nos primeiros 10 cm de profundidade, reflexo da ciclagem de nutrientes. Nos horizontes subsuperficiais de todos os perfis observou-se redução significativa dos valores de soma de bases (Figura 4b). Todos os íons constituintes do complexo sortivo do solo decresceram em profundidade (Figura 3).

(a)



(b)



(c)

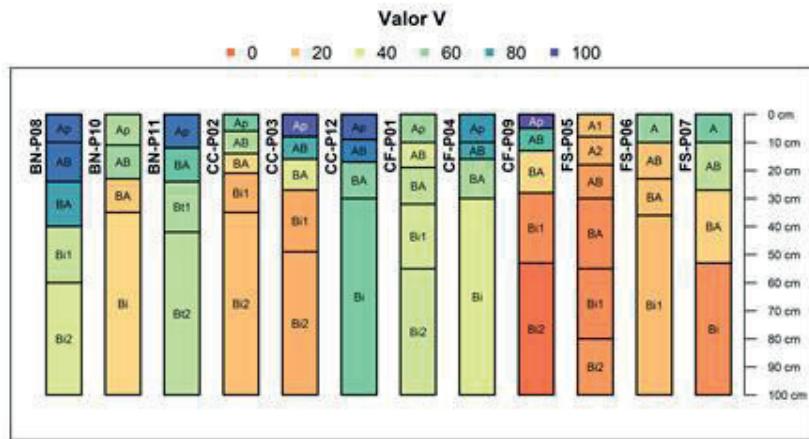


Figura 4. Valores de fósforo disponível ( $P$ ,  $\text{mg dm}^{-3}$ ), soma de bases (Valor  $S$ ,  $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ ) e saturação por bases (Valor  $V$ , %) e nos horizontes dos perfis nas áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil. P (a); Valor  $S$  (b); e Valor  $V$  (c). BN: Área de cultivo de banana; CC: Área de cultivo de cacau; CF: Área de cultivo de café; e FS: Área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica.

Nos horizontes superficiais dos perfis das áreas de FS foram quantificados valores de saturação por bases de 23% (FS-P05), 54% (FS-P06) e 60% (FS-P07). Em superfície, os valores de saturação por bases das áreas cultivadas ficaram acima de 50%, com máximo de 90% (Ap de CF-P09; Figura 4c), o que contribuiu para os altos valores de pH verificados nessas áreas (Figura 2a). Valores de saturação por bases entre 13 a 23% foram constatados nos horizontes subsuperficiais dos perfis das áreas de FS, e inferiores a 50% na mesma classe de horizontes das áreas de BN, CC e CF. Com exceção de Bt1 em BN-P11 (51%) e Bi em CC-P12 (60%) (Figura 4c).

## Classificação dos solos e aptidão agrícola

O horizonte superficial é de constituição mineral (horizonte A) em todos os perfis (Tabela 3), pois apresenta teores de  $\text{COT} < 80,0 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 2c). Nos perfis das áreas cultivadas, o horizonte A recebeu o sufixo "p" para indicar modificações da camada superficial resultantes de ações antrópicas. No geral, a espessura do horizonte superficial nos perfis (A e Ap) variou de 0 a 12 cm de profundidade (Tabela 3). O que não atende ao primeiro critério para que esse seja enquadrado como chernozêmico, húmico ou proeminente. Adicionalmente, os atributos diagnósticos cor e estrutura do solo (Tabela 3) e os teores de  $\text{COT} \geq 6,0 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 2c) não

atendem para classificá-lo como A fraco (Santos *et al.*, 2018). Em função de não poder ser classificado como nenhum outro horizonte diagnóstico superficial, todos foram identificados como A moderado (Tabela 4).

O horizonte B de quase todos os perfis recebeu o sufixo “i” para designar o incipiente desenvolvimento do mesmo (Tabela 3). Ou seja, alterações físicas e químicas em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou unidades estruturais ocorrendo numa seção  $\geq 10$  cm de espessura (Santos *et al.*, 2018). Esse horizonte não apresenta expressão de processos pedogenéticos específicos, sendo classificado como horizonte diagnóstico B incipiente. Os perfis que apresentaram esse horizonte diagnóstico foram identificados no primeiro nível categórico (ordem) como Cambissolos, pois não atenderam aos critérios estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos ou Organossolos.

No segundo nível categórico (subordem), os perfis CF-P01, CC-P02, CC-P03, CF-P04, FS-P05, FS-P06, FS-P07, BN-P08, CF-P09, BN-P10 e CC-P12 foram classificados como Háplicos (Tabela 4). Visto que não se enquadram nas classes dos Hísticos, Húmicos ou Flúvicos da ordem dos Cambissolos (Santos *et al.*, 2018).

Tabela 4. Classificação dos perfis de solo das áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil

Área	Perfil	Horizonte superficial	Horizonte subsuperficial	Ordem e Subordem	3º e 4º nível categórico
CF	P01	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico latossólico
CC	P02	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico típico
CC	P03	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico típico
CF	P04	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico latossólico
FS	P05	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico latossólico
FS	P06	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico típico
FS	P07	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico típico
BN	P08	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico típico
CF	P09	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico latossólico
BN	P10	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Distrófico latossólico

BN	P11	A moderado	B textural	Argissolo Amarelo	Distrófico cambissólico
CC	P12	A moderado	B incipiente	Cambissolo Háplico	Tb Eutrófico típico

BN: Área de cultivo de banana; CC: Área de cultivo de cacau; CF: Área de cultivo de café; e FS: Área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica.

O perfil BN-P11 apresenta um horizonte B que recebeu o sufixo “t” para indicar o acúmulo de argila em subsuperfície (Figura 2b). Nesse perfil, o horizonte diagnóstico subsuperficial foi classificado como B textural, por apresentar grande aumento de argila do horizonte superficial para o subsuperficial, caracterizado por mudança textural abrupta e espessura  $\geq 15$  cm. Foi identificado ao nível de ordem como Argissolo (Tabela 4), pois apresenta horizonte B textural com argila de atividade baixa (Tb,  $< 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila). Reflexo da combinação de material originário mais ácido e clima chuvoso na região do estudo (Tabela 2), desfavorecendo a formação de minerais de argila de alta atividade. Esse perfil também não apresentou os requisitos para ser enquadrado nas classes dos Luvissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (Santos et al., 2018). Ao nível de subordem, o perfil BN-P11 foi classificado como Amarelo, por apresentar cores com matriz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA (Tabela 3). A maioria dos perfis foi identificada como Distrófico no terceiro nível categórico (grande grupo). Ou seja, saturação por bases  $< 50\%$  na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, incluindo BA. Excetuando o perfil CC-P12 classificado como Eutrófico (Tabela 4), com valor de saturação por bases de 60% no horizonte Bi (Figura 4c). No geral, onze dos doze perfis do estudo foram identificados como distrônicos, uma vez que a composição mineralógica do material de origem não contribui para a formação de solos com alta saturação por bases.

No quarto nível categórico (subgrupo) foram verificadas classificações, como: latossólicos, solos que apresentam um horizonte diagnóstico com características similares às do B latossólico, porém com critérios que não atendem aos requisitos para classificá-lo como tal; cambissólicos, solos com 4% ou mais de minerais alteráveis visíveis e/ou 5% ou mais de fragmentos de rocha no horizonte B (exclusive BC ou B/C); típicos, solos que não apresentaram características que permitam enquadrá-los nas classes mais específicas (Santos et al., 2018).

Logo, os perfis CF-P01, CF-P04, FS-P05, CF-P09, BN-P10 correspondem à classe dos Cambissolos Háplicos Tb Distrófico latossólico (CXbd latossólico); CC-P02, CC-P03, FS-P06, FS-P07 e BN-P08 à classe dos Cambissolos Háplicos Tb Distrófico típicos (CXbd típico); CC-P12 à classe dos Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos típicos (CXbe típico); e BN-P11 à classe dos Argissolos Amarelos Distróficos cambissólicos (PAd cambissólico) (Tabela 4).

Quanto à avaliação da aptidão agrícola das terras, essa foi avaliada quanto aos seguintes fatores, a saber deficiências: de fertilidade, oxigênio e água; suscetibilidade à erosão, e impedimentos à mecanização ou cultivo. No caso específico desse estudo só será considerado o nível tecnológico ou de manejo B. Segundo Ramalho e Beeck (1995), o nível tecnológico B é aquele

*Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas neste nível de manejo incluem calagem e adubação com NPK, tratamentos fitossanitários simples, mecanização com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.*

Tabela 5. Classificação da aptidão agrícola das terras com base nos perfis de solo das áreas com diferentes coberturas vegetais, sudeste do Brasil

Área	Perfil	Ordem e Subordem	Classe de aptidão*	Principais limitações
CF	P01	Cambissolo Háplico	3(a)	Impedimentos à mecanização e deficiência de fertilidade
CC	P02	Cambissolo Háplico	3(ab)	Impedimentos à mecanização e deficiência de fertilidade
CC	P03	Cambissolo Háplico	3(ab)	Impedimentos à mecanização e deficiência de fertilidade
CF	P04	Cambissolo Háplico	3(a)	Impedimentos à mecanização
FS	P05	Cambissolo Háplico	6	Impedimentos à mecanização e deficiência de fertilidade
FS	P06	Cambissolo Háplico	6	Impedimentos à mecanização e deficiência de fertilidade
FS	P07	Cambissolo Háplico	6	Impedimentos à mecanização e deficiência de fertilidade
BN	P08	Cambissolo Háplico	3(ab)	Impedimentos à mecanização
CF	P09	Cambissolo Háplico	3(a)	Impedimentos à mecanização e deficiência de fertilidade
BN	P10	Cambissolo Háplico	3(ab)	Impedimentos à mecanização
BN	P11	Argissolo Amarelo	3(ab)	Impedimentos à mecanização e suscetibilidade à erosão
CC	P12	Cambissolo Háplico	3(ab)	Impedimentos à mecanização

\*Segundo Ramalho Filho e Beeck (1995) para os níveis de manejo B. BN: Área de cultivo de banana; CC: Área de cultivo de cacau; CF: Área de cultivo de café; e FS: Área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica.

Para todos os perfis verificou-se limitações quanto à fertilidade natural, grande parte dos perfis foi distrófico com aumento dos teores de Al em profundidade (Figura 3b) associado à redução dos valores de soma de bases (Figura 4b) e saturação por bases (Figura 4c). Adicionalmente aos valores de P disponíveis estiveram abaixo de 10,0 mg dm<sup>-3</sup> na maior parte dos perfis (Figura 4a). Para a fertilidade dos perfis

estudados, o grau dessa limitação variou de ligeiro (L) a forte (F). Para a melhoria dessas limitações recomenda-se a realização da adubação na área de projeção da copa das culturas, devido à declividade observada na área (Tabela 2), o emprego de tração motorizada ou até mesmo animal se torna limitada.

Em todos os perfis não foram observadas limitações quanto à deficiência de oxigênio, sendo esta classificada como nula (N), já que quase todos os perfis foram classificados como bem drenados. Quanto à deficiência de água verifica-se que essa pode ser classificada como variando de nula (N) a nula/ligeira (N/L). O clima da região é classificado como Aw, sendo verificado um pequeno déficit hídrico no período do inverno. O plantio adensado das variedades adaptadas à região e que cobrem o solo de maneira efetiva, associado ao emprego de culturas anuais, cobertura morta e/ou plantas de cobertura nas entrelinhas das culturas pode minimizar a perda de água no período mais seco do ano.

Quanto à suscetibilidade à erosão, em função da declividade das áreas (Tabela 2), essa foi classificada nos graus de ligeiro (L) declividade, variando na faixa de 3 a 8% a moderado (M), valores de declive entre 8 a 13%. Esse problema pode ser intensificado no perfil BN-P11, em função da mudança textural abrupta que potencializa o processo erosivo. Para minimizar os problemas decorrentes da susceptibilidade à erosão recomenda-se o cultivo adensado em faixas, plantio de culturas anuais e/ou plantas de cobertura nas entrelinhas, e implantação de sistemas agroflorestais (SAFs), que podem ser implantados nas áreas de café, cacau e banana, fornecendo diversidade na produção e reduzindo os processos erosivos.

Os impedimentos à mecanização ou ao cultivo foram as principais limitações observadas nas áreas de estudo, a elevada declividade, por vezes associada à presença de pedras e/ou rochas fizeram que essa limitação fosse classificada nos graus moderado (M) ou forte (F). Essa limitação fortalece a indicação do emprego de culturas perenes associadas a práticas conservacionistas para a diminuição dos processos de degradação.

## CONCLUSÕES

Foi verificado pouca variabilidade de classes de solos na área do estudo, com ampla expressão de Cambissolos Háplicos Distróficos (latossólicos e típicos) na propriedade. Os fatores mais preponderantes para a formação dos solos foram o relevo mais acentuado contribuindo para o maior escoamento superficial; o clima chuvoso favorecendo intensa perda de nutrientes em superfície; e o material de origem com sua natureza mais ácida, resultando em solos de baixa fertilidade natural e fragmentos de rochas expostos à superfície do solo.

Não foram observadas grandes diferenças entre os perfis das áreas cultivadas com o emprego da análise dos atributos morfológicos, físicos e químicos. Exceto para um perfil da ordem dos Argissolos localizado na área de banana, caracterizado por apresentar principalmente acúmulo de argila em subsuperfície e, consequentemente, ser mais suscetível à erosão.

Em grande parte das áreas do estudo, as maiores limitações de utilização foram a baixa fertilidade natural, a suscetibilidade à erosão e os impedimentos à mecanização ou cultivo, decorrentes da declividade e também da pedregosidade e rochosidade observadas. Recomenda-se a utilização da área com culturas perenes associadas a práticas conservacionistas que garantam uma maior sustentabilidade ambiental associada à produção agrícola.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da CAPES, CNPq, PPGA-CS/UFRJ e à Propriedade Agrícola Sítio Zandoná.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22,711-728. 2014.
- ASSIS, R. L.; ANTÔNIO, G. J. Y.; AQUINO, A. M. Ambientes de montaña: experiencia de desarrollo endógeno y agricultura en la Región Serrana de Distrito de Río de Janeiro (Brasil). *Cultura Científica*, n. 17, p. 10-17, 2019.
- BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:565-573, 2006.
- DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DE MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, Campinas, v. 74, n. 2, p.224-233, 2015.
- FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Dia Internacional da Montanha**. FAO, 2018. <http://www.fao.org/3/CA2244ES/ca2244es.pdf>
- FREIRE, L. R. et al. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013.
- GARBIN, M. L.; SAITER, F. Z.; CARRIJO, T. T.; PEIXOTO, A. L. Breve histórico e classificação da vegetação capixaba. *Rodriguésia*, 68, 1883-1894. 2017.

GRADIM, C.; RONCATO, J.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CORDANI, U.; DUSSIN, I.; ALKMIM, F. F.; QUEIROGA, G.; JACOBSON, T.; SILVA, L. C.; BABINSKI, M. The hot back-arc zone of the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. *Braz J Geol*, 44(1):155-180. 2014.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928.

LÓPEZ-NETTO, A. **Políticas públicas para o desenvolvimento rural sustentável em ambientes de montanha no Brasil e na Argentina**. Tese. 167 f. (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária) PPGCTIA - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 2013.

MARTINELLI, G. Mountain biodiversity in Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, V. 30, n. 4, p. 587-597, out/dez 2007. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/rbb/v30n4/04.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbb/v30n4/04.pdf). Acesso em 22 de agosto de 2025.

ONU - Organização das Nações Unidas. Desarrollo sostenible de las regiones montañosas. Anónimo. 2018. Disponível em: [www.yachaywasi-ngo.org/SG\\_MTN11s.pdf](http://www.yachaywasi-ngo.org/SG_MTN11s.pdf). Acesso em: 22 de julho de 2018.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EmbrapaCNPS, 1995. 65 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; 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. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 356 p., 2018.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: SBCS, 2015. 100 p.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274. 2007.

STEINHOEFEL, G.; BREUER, J.; VON BLANCKENBURG, F.; HORN, I.; KACZOREK, D.; SOMMER, M. Micrometer silicon isotope diagnostics of soils by UV femtosecond laser ablation. *Chemical Geology*, 286(3-4), 280-289, 2011.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Embrapa, Livro técnico (INFOTECA-E), 3. ed. rev. e ampl., 2017. 573 p.

TEIXEIRA, P. C.; MISRA, R. K. Erosion and sediment characteristics of cultivated forest soils as affected by the mechanical stability of aggregates. *Catena*, v. 30, p. 134-199, 1997.

WANG, Y.; ZHANG, J. H.; ZHANG, Z. H.; JIA, L. Z. Impact of tillage erosion on water erosion in a hilly landscape. **Science of the Total Environment**, Volume 551-552, p. 11. 2016. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.045

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, 19:1467-1476, New York, 1988.