



# Influência dos segmentos de vertente nos atributos físicos do solo em duas topossequências em áreas de brejo de altitude, Areia, PB

Influence of slope segments on soil physical attributes in two toposequences in areas of highland swamp, Areia, PB

J. B. Silva<sup>1\*</sup>; M. C. C Campos<sup>1</sup>; E. G. B. Filho<sup>1</sup>; E. C. Cavalcante<sup>1</sup>; F. P. Oliveira<sup>1</sup>; A. F. M. Júnior<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba, 58397000, Areia-Paraíba, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife-Pernambuco, Brasil

\*joalisonbrito2018@gmail.com

(Recebido em 21 de fevereiro de 2022; aceito em 29 de junho de 2022)

Com a intensificação das atividades antrópicas em decorrência da demanda global por insumos oriundos da produção agrícola, os recursos naturais vêm sofrendo sérios impactos refletindo, sobretudo, na degradação da cobertura vegetal primária. Assim, muitos estudos têm buscado avaliar esses impactos nos atributos físicos do solo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos segmentos de vertente nos atributos físicos do solo em duas topossequências em áreas de brejo de altitude, Areia, PB. Foram selecionadas duas topossequências sob fragmento florestal e pastagem, estabelecendo um caminamento a partir do “espigão” no sentido do caimento mais suave do relevo, esses segmentos foram determinados com base na “quebra” de declive do terreno. Foram abertas minitrincheiras na camada de 0,00-0,20 m, coletadas amostras nos diferentes segmentos de vertentes: topo, meia encosta e sopé de deposição. Em seguida, foram coletados 30 anéis volumétricos de 5,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro interno e 30 amostras preservadas em forma de torrão. Foram realizadas análises texturais, densidade do solo, macro, micro, porosidade total, agregados, condutividade hidráulica e umidade gravimétrica. Foram realizadas análises de estatística descritiva e análise de variância sendo comparado pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Houve predominância dos teores da fração areia em todos os segmentos de vertente estudados, com leve incremento dos teores de argila na área de pastagem em relação a de floresta, fato provavelmente associado ao material de origem gnaiss e não as pedoformas. Os atributos físicos-hídricos apresentaram resultados semelhantes com poucas exceções.

Palavra-chave: atributos do solo, pastagem, floresta.

With the intensification of human activities as a result of the global demand for inputs from agricultural production, natural resources have been suffering serious impacts, mainly reflecting the degradation of primary vegetation cover. Thus, many studies have sought to evaluate these impacts on the physical attributes of the soil. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of slope segments on soil physical attributes in two toposequences in highland swamp areas, Areia, PB. Two toposequences were selected under forest fragment and pasture, establishing a path from the “spike” towards the smoothest slope of the relief, these segments were determined based on the “break” of slope of the terrain. Mini trenches were opened in the 0.00-0.20 m layer, samples were collected in the different slope segments: top, mid-slope and deposition foothills. Then, 30 volumetric rings of 5.0 cm in height and 5.0 cm in internal diameter were collected and 30 samples preserved in the form of a clod. Texture analysis, soil density, macro, micro, total porosity, aggregates, hydraulic conductivity and gravimetric moisture were performed. Descriptive statistical analyzes and analysis of variance were performed, being compared by the Tukey test at the 5% probability level. There was a predominance of sand fraction contents in all slope segments studied, with a slight increase in clay contents in the pasture area in relation to the forest area, a fact probably associated with the material of gneiss origin and not the pedoforms. The physical-hydric attributes showed similar results with few exceptions.

Keywords: soil attributes, pasture, forest.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é produto das combinações dos fatores de formação e processos pedogenéticos dominantes segundo [1]. Por outro lado, os segmentos de vertente expressos pelas formas do relevo, provocam variações nos atributos do solo em magnitudes diferenciadas, dependentes de um local específico da paisagem segundo estudos de Campos et al. (2012) [2]. Deve-se considerar ainda que aspectos hidrológicos e litológicos e as condições climáticas também são responsáveis pela variabilidade dos atributos do solo conforme Campos et al. (2012) [3].

Vários estudos têm destacado o papel decisivo das formas do relevo na variação das propriedades químicas e físicas do solo de uma região ou área [4]. Portanto, avaliar o solo no contexto solo-paisagem é importante para melhor destinar os ambientes naturais quanto ao uso, aptidões e limitações, reduzindo os impactos negativos impostos pela conversão das áreas naturais para atividades antrópicas. Além do mais, as modificações provocadas em função das diferentes posições suscitam a importância do levantamento pedológico dos solos no entendimento das variações da paisagem, no que abordam Ferreira et al. (2018) [5].

Portanto, alguns atributos físicos são mais sensíveis as variações dos segmentos de vertente que outros, influenciando nas práticas agropecuárias sem a observância de critérios relacionadas a saúde do solo, levando-o ao esgotamento da capacidade produtiva ao decorrer do tempo [6]. Dessa forma, reconhecer e estudar atributos do solo como, estrutura, estabilidade dos agregados, porosidade, macro, micro e porosidade total, densidade do solo, resistência do solo a penetração e compactação, segundo Frozzi et al. (2020) [7], é fundamental para entender o solo, bem como seu comportamento.

Por outro lado, o reconhecimento de mudanças no solo impostas por alterações no uso e manejo geralmente não é uma tarefa fácil [8]. Apesar disso, é fundamental o reconhecimento dessas características, identificando aquelas que são indicadores da dinâmica do ecossistema, bem como aquelas associadas ao material de origem e relevo condizente ao que é proposto por Oliveira et al. (2020) [9]. Assim, é preciso ter conhecimento das propriedades do solo a ser utilizado, sendo necessário para compreender suas aptidões, limitações, dinâmicas, dentre outros dilemas importantes que auxiliam no desenvolvimento de pesquisas relacionadas a modificações de ambientes [10].

Considerando a importância do solo em diferentes posições topográficas para conhecimento da dinâmica no ecossistema e de estudos em ambientes naturais, o objetivo deste trabalho foi avaliar as influências dos segmentos de vertente nos atributos físicos do solo em duas toposequências em áreas de brejo de altitude, Areia, PB.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 O meio físico

O estudo foi realizado nas imediações do sítio Furnas (6°98'35,63''S; 35°73'17,57''W), às margens da rodovia PB 07, sentido Remígio, município de Areia, PB (Figura 1). O relevo da região é caracterizado como plano, suave ondulado ou forte ondulado (8-45%), em quase toda a sua extensão há predomínio de relevo plano a suave ondulado, contrastando com superfície com desnivelamentos pequenos e algumas colinas e/ou outeiros, com declives suaves entre 0 a 8%, com altitude média de 620 m [11].

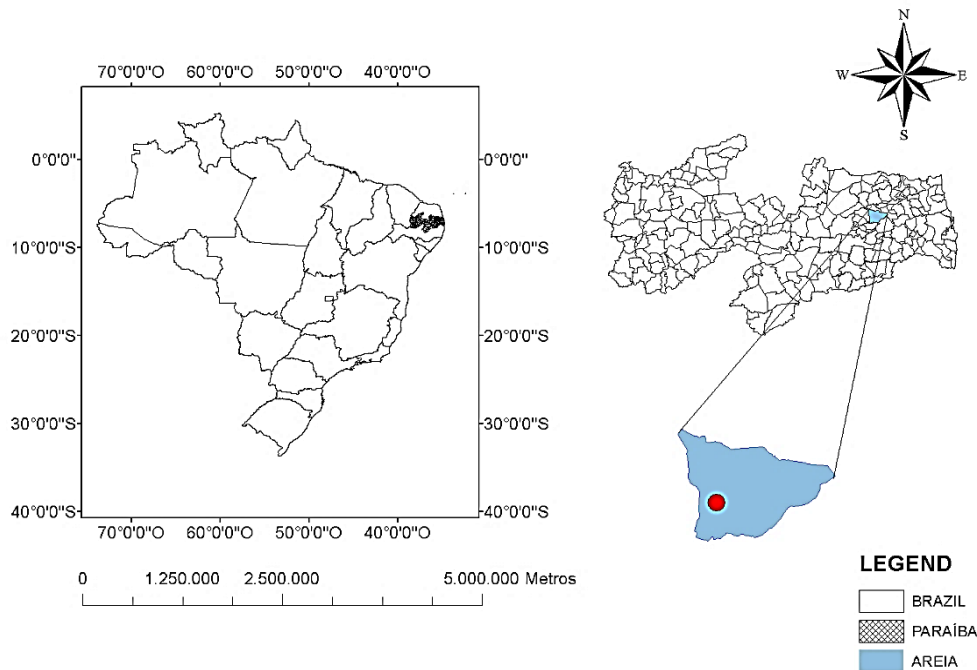


Figura 1. Mapa de localização das áreas de estudo em Areia, PB.

Com relação à geologia, a área de estudo foi localizada sobre o complexo São Caetano, que apresenta como rocha dominante o gnaiss, tendo domínio mineralógico muscovita-biotita sob gnaiss, de granulação média a fina e gradações para biotita gnaiss homogêneo [12]. De acordo com Andrade e Machado (2018) [13], os solos presentes na região são os Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Amarelos Distróficos, Planossolos Nátricos e Neossolos Regolíticos. A vegetação característica desta região é a floresta ombrófila aberta, uma formação típica da faixa litorânea, mas também encontrada nos brejos de altitude, em cotas da ordem de 600 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, atualizado por Alvares et al. (2013) [14], possui clima do tipo “As” (tropical com chuvas de inverno), com precipitação média variando, aproximadamente, entre 1300 a 1600 mm/ano e temperatura variável entre 22°C e 30°C [14]. Características climáticas que beneficiam a área com aptidão produtiva [15].

## 2.2 Metodologia de campo

Foram selecionadas duas topossequências em áreas de brejo de altitude em Areia, Paraíba, uma sob um fragmento florestal nativo e outra sob pastagem, em seguida foi estabelecido um caminhamento, seguindo o “espigão” da vertente no sentido do caimento mais suave do declive, partindo-se do topo até a área de sopé. Ao longo do caminhamento foram realizadas mensurações das altitudes para a confecção do perfil altimétrico. Com base no modelo de Dalrymple et al. (1968) [16], foram identificados os segmentos da vertente, com base, principalmente, na variação da declividade do terreno (Figura 2).

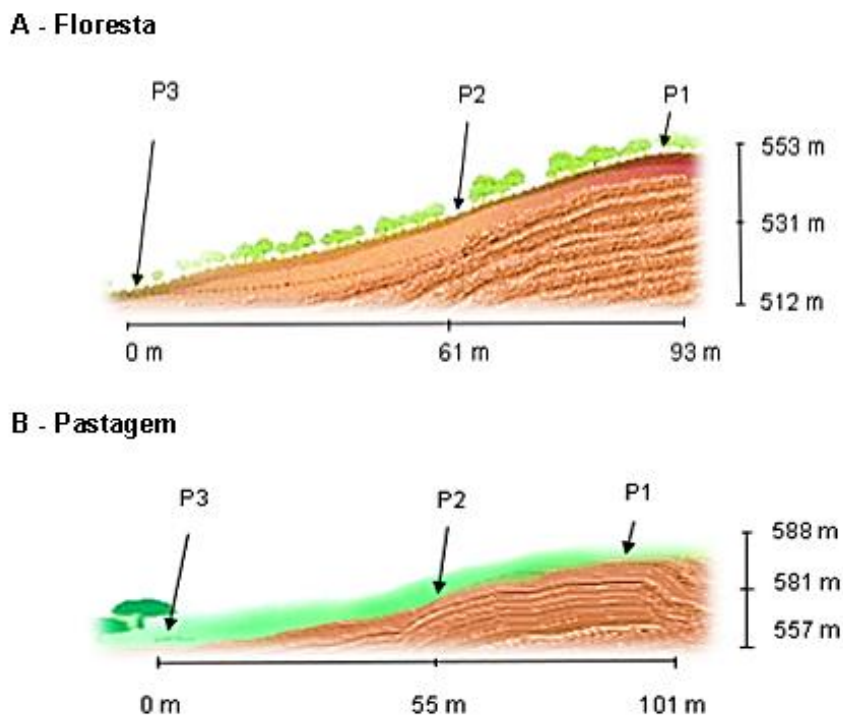


Figura 2. Perfil esquemático mostrando os pontos amostrais nos ambientes de floresta e pastagem (A e B) e os segmentos de vertente, distâncias do topo e dados topográficos das duas topossequências estudadas na região de brejo de altitude, Areia, PB. P1: topo; P2: meia encosta; P3: sopé de deposição. Fonte: A – Floresta: Adaptado de Marcos Gervásio Pereira et al (2019); B – Pastagem: Adaptado de Hélio do Prado (2007) [17, 18].

Foram abertas cinco (05) minitrincheiras na camada de 0,00-0,20 m, e coletadas amostras nos diferentes segmentos de vertentes identificados como: topo, meia encosta e sopé de deposição, nas topossequências sob floresta e sob pastagem, perfazendo um total de trinta (30) amostras. Em cada ponto amostral, foram coletados anéis volumétricos de 5,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro interno e amostras com estrutura preservada em forma de torrão para determinação dos atributos físicos. As amostras foram secas à sombra, obtendo assim, a terra fina seca ao ar (TFSA) e levemente destorroadas, de forma manual, passando as mesmas em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha, separando-se o material retido na peneira de 4,76 mm para as análises relativas à estabilidade de agregados. Já as amostras retidas na peneira de 2,00 mm foram utilizadas para análise de textura do solo.

A análise de textura foi realizada pelo método da pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 min, seguindo metodologia proposta por Teixeira et al. (2017) [19]. A fração argila foi separada por sedimentação, a areia por tamisação e o silte foi calculado pela diferença [19].

Para obter as determinações da densidade do solo (Ds), macroporosidade (MaP), microporosidade (MiP), porosidade total (PT) e umidade volumétrica (Uv), as amostras coletadas em anéis volumétricos foram saturadas por meio da elevação gradual, até dois terços da altura do anel, de uma lâmina de água numa bandeja plástica. Após a saturação, as amostras foram pesadas e levadas à mesa de tensão para determinação da MiP do solo, sendo submetidas a uma tensão de -0,006 MPa. Após atingirem o equilíbrio em um potencial matricial de -0,006 MPa, as amostras foram novamente pesadas. Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa a 105 °C para a determinação da Uv, Ds e PT, pelo método do anel volumétrico, já a MaP foi determinada pela diferença entre PT e MiP [19].

A determinação da estabilidade dos agregados do solo foi realizada pelo método de peneiramento úmido. A separação e estabilidade dos agregados foram determinados segundo Kemper e Chepil (1965) [20], com modificações nas seguintes classes de diâmetro:

4,76-2,0 mm; 2,0-1,0 mm; 1,0-0,50 mm; 0,50-0,25 mm; 0,25-0,125 mm; 0,125-0,063 mm. Os agregados provenientes da peneira de 4,76 mm foram colocados em contato com a água sobre a peneira de 2,0 mm e submetidos à agitação vertical em aparelho Yoder (modelo SOLOTEST) por 15 min e com 32 oscilações por minuto. O material retido em cada classe das peneiras foi colocado em estufa a 105 °C por um período de 24 horas, em seguida, foram mensuradas as respectivas massas em balança digital semi-analítica. Os resultados foram expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada uma das classes das peneiras para > 2 mm, 2-1 mm e < 1 mm, e posteriormente foram calculados os valores de diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade de agregados (IEA) da classe < 0,25 mm, ambos por meio da fórmula proposta por Castro Filho et al. (1998) [21].

A condutividade hidráulica saturada do solo ( $K\theta$ ) foi determinada conforme metodologia de Teixeira et al. (2017) [19]. Assim, utilizou-se amostras de solo com estrutura indeformada coletadas em anéis volumétricos com volume de 102,09 cm<sup>3</sup>, previamente saturadas em água destilada por um intervalo de no mínimo 48 horas. Após a saturação, as amostras foram introduzidas no permeâmetro de carga constante até atingir o equilíbrio na taxa de percolação da água. Em seguida, foi realizado o cálculo da condutividade utilizando a equação:

$$K\theta = \frac{Q \times L}{A \times H \times T}$$

Em que:

- $K\theta$  é a condutividade hidráulica saturada (cm h<sup>-1</sup>);
- $Q$  é o conteúdo de água percolado e coletado em proveta (mL<sup>-1</sup>);
- $A$  é a área do cilindro (cm<sup>2</sup>);
- $H$  é a altura do bloco de solo + lâmina de água (cm);
- $T$  é o tempo de coleta do percolado (horas).

Após quantificação dos atributos físicos do solo, foram aplicados estatística descritiva, a qual consistiu de: média, variância, máximo, mínimo, desvio padrão e o coeficiente de variação e teste de normalidade Shapiro Wilk. De modo que o coeficiente de variação (CV%) foi avaliado conforme classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980) [22], que classifica variáveis do solo como: CV < 12%, 12 > CV < 60%, e CV > 60% para baixa, média e alta variabilidade, respectivamente. Posteriormente, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e, seguidamente, comparou-se as médias dos atributos, testado com método de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software estatístico Sisvar.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva e a análise de variância foram aplicadas para todos os atributos físicos avaliados nos diferentes segmentos de vertente nas duas topossequências (floresta e pastagem), foram conduzidas na profundidade de 0,00-0,20 m e estão apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, sequencialmente.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das frações texturais na topossequência sob floresta. Verifica-se dominância nos teores da fração areia em todos os segmentos de vertente estudados e, quando comparados, observou-se maiores teores quantitativos dessa fração no sopé de deposição, de modo similar ao que foi verificado para os teores da fração silte, por outro lado, a fração argila apresentou maiores concentrações na meia encosta evidenciando a influência do material de origem gnáissico interferindo nesse comportamento [23].

Observou-se que as maiores variâncias, desvio padrão e coeficiente de variação foram encontrados no segmento de meia encosta na topossequência de floresta (Tabela 1), indicando maior variabilidade dos atributos estudados nessa área.

Tabela 1. Atributos texturais dos solos em diferentes segmentos de vertente sob floresta em área de brejo de altitude em Areia, PB.

Estatística Descritiva	Areia	Silte	Argila
	g.kg <sup>-1</sup>		
<b>Topo</b>			
Média	785,6ab	69,9b	144,8b
Variância	2418,3	538,9	2975,7
Dp	49,17	23,2	54,55
CV(%)	6,25	33,21	37,7
Max	861,0	104,5	220,2
Min	725,0	51,1	83,4
Assimetria	0,47	0,69	0,36
Curtose	2,45	1,81	1,73
SW	0,71	0,14	0,73
<b>Meia Encosta</b>			
Média	553,4b	175,4a	271,1a
Variância	4827,3	3639	2791
Dp	69,47	60,17	52,83
CV(%)	12,55	34,38	19,49
Max	618,0	281,5	363,2
Min	465,0	137,7	229,3
Assimetria	-0,30	1,37	1,30
Curtose	1,38	3,07	3,01
SW	0,29	0,01	0,04
<b>Sopé de Deposição</b>			
Média	825,8a	68,4b	105,9b
Variância	1003,7	406,2	321,8
Dp	31,6	20,15	17,9
CV(%)	3,84	29,4	16,9
Max	876,0	95,6	130,6
Min	791,0	41,4	82,9
Assimetria	0,69	0,050	0,09
Curtose	2,44	2,06	2,00
SW	0,54	0,94	0,95

Dp: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); SW: teste de normalidade de Shapiro Wilk. \* Significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados das frações texturais na topossequência sob pastagem estão apresentados na Tabela 2, na qual se observou dominância da fração areia em todos os segmentos de vertente estudados nas posições topográficas mais rebaixadas, resultado provavelmente associado ao material de origem gnaisse e não condicionado a posição da paisagem. Não houve diferenciação entre os teores de silte nos três segmentos de vertente estudados. Por outro lado, quando se observou os teores de argila, verificou-se que dentre os três segmentos de vertente avaliados, os maiores teores desta fração estão contidos na posição de meia encosta, indicando provável migração da argila do segmento do topo para o segmento de meia encosta. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por Campos et al. (2012) [2], os quais afirmam que as posições do relevo são capazes de imprimir modificações nos atributos do solo.

A fração areia exibiu resultados com dados mais uniformes na área de pastagem com valores médios oscilando de 704,2 a 761,8 g.kg<sup>-1</sup>, enquanto no ambiente de floresta houve variação entre 553,4 a 825,8 g.kg<sup>-1</sup>, apresentando maior variabilidade dessa fração. Em relação à fração argila, observou-se valores médios variando de 129,9 a 183 g.kg<sup>-1</sup> na área sob pastagem, enquanto na área de floresta variaram de 105,9 a 271,1 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 2. Atributos texturais do solo da areia em diferentes segmentos de vertente sob pastagem em área de brejo de altitude em Areia, PB.

Estatística Descritiva	Areia (g.kg <sup>-1</sup> )	Silte (g.kg <sup>-1</sup> )	Argila (g.kg <sup>-1</sup> )
<b>Topo</b>			
<b>Média</b>	704,2a	112,1ab	183ab
<b>Variância</b>	571,7	93,10	904,65
<b>Dp</b>	23,9	9,64	31,99
<b>CV(%)</b>	3,39	8,60	16,41
<b>Max</b>	742,0	121,16	212,6
<b>Min</b>	681,0	98,21	141,6
<b>Assimetria</b>	0,79	-0,55	-0,32
<b>Curtose</b>	2,26	1,73	1,67
<b>SW</b>	0,46	0,43	0,54
<b>Meia Encosta</b>			
<b>Média</b>	732,4a	125,9ab	141,5b
<b>Variância</b>	2129,8	2539,9	674,3
<b>Dp</b>	46,15	50,39	25,9
<b>CV(%)</b>	6,30	40,0	18,35
<b>Max</b>	789,0	197,9	187,3
<b>Min</b>	670,0	75,3	123,4
<b>Assimetria</b>	-0,09	0,50	1,39
<b>Curtose</b>	1,83	1,72	3,11
<b>SW</b>	0,77	0,54	0,01
<b>Sopé de Deposição</b>			
<b>Média</b>	761,8a	111,5ab	129,9b
<b>Variância</b>	21943,2	2991,3	9735,7
<b>Dp</b>	148,1	54,69	98,66
<b>CV(%)</b>	19,44	49,05	44,12
<b>Max</b>	928,0	168,8	253,24
<b>Min</b>	578,0	54,19	18,06
<b>Assimetria</b>	0,04	-0,10	0,13
<b>Curtose</b>	1,48	1,26	1,51
<b>SW</b>	0,50	0,20	0,72

Dp: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); SW: teste de normalidade de Shapiro Wilk. \* Significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Observando os teores de silte nos segmentos estudados nas duas topossequências, verificou-se que esta fração variou de 111,5 a 125,9 g.kg<sup>-1</sup> na topossequência sob pastagem, enquanto que sob floresta os teores de silte variaram entre 68,4 e 175,4 g.kg<sup>-1</sup>, evidenciando assim que a tipologia da cobertura vegetal poderá provocar diferenças nos conteúdos dessas frações.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados dos atributos físicos do solo na topossequência sob floresta, nela verifica-se que não houve variação para os valores médios da densidade do solo (Ds) e microporosidade (Mip) do solo entre os três segmentos de vertente estudados. Por outro lado, observou-se uma leve tendência de aumento da macroporosidade (Map) do solo, o que minimiza o potencial de restringir a condução de água e nutrientes minerais através das aberturas da zona radicular, não comprometendo a drenagem e a difusão de oxigênio sob a importância das raízes nos efeitos da produtividade agrícola e construção do perfil do solo. A porosidade total (Pt) apresentou maiores índices nos segmentos de sopé de deposição e meia encosta em relação ao topo, respectivamente, considerando que esse atributo possui maior influência em proximidade com a superfície do solo onde são, comumente, encontrados em áreas sob floresta nativa [24, 25], fato esse provavelmente associado a maior estabilidade desta forma do relevo, no que corrobora com os resultados obtidos por Vasconcelos et al. (2014) [26] que estudou áreas com Latossolos Amarelos sob cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros.

Tabela 3. Atributos físicos em diferentes segmentos de vertente sob floresta em área de brejo de altitude em Areia, PB.

<b>Estatística Descritiva</b>	<b>Ds</b> g.cm <sup>-3</sup>	<b>Map</b>	<b>Mip</b> ----m <sup>3</sup> . m <sup>-3</sup> ----	<b>Pt</b>	<b>DMP</b> mm	<b>IEA</b> ----%----	<b>Uv</b>	<b>Ko</b> mm.h <sup>-1</sup>
<b>Topo</b>								
<b>Média</b>	1,15a	0,19a	0,23a	0,42a	2,37a	78,7bc	0,13a	252,3a
<b>Variância</b>	0,002	0,002	0,001	0,001	0,099	63128,6	0,0002	170,0
<b>Dp</b>	0,045	0,051	0,027	0,041	0,31	251,2	0,017	180,9
<b>CV(%)</b>	3,89	27,83	11,55	9,96	13,35	319,0	13,28	67,37
<b>Max</b>	1,23	0,23	0,26	0,46	2,75	287,9	0,14	437,0
<b>Min</b>	1,11	0,10	0,19	0,35	2,06	-340,9	0,10	58,1
<b>Assimetria</b>	0,91	-1,02	-0,89	-1,03	0,15	-1,04	-0,73	-0,15
<b>Curtose</b>	2,62	2,60	2,50	2,72	1,34	2,66	2,13	1,31
<b>SW</b>	0,31	0,23	0,42	0,25	0,31	0,15	0,31	0,39
<b>Meia Encosta</b>								
<b>Média</b>	1,19a	0,17a	0,32a	0,49a	2,83a	1244,3a	0,24a	225,1a
<b>Variância</b>	0,005	0,0002	0,001	0,001	0,16	17988,0	0,001	6697,4
<b>Dp</b>	0,075	0,015	0,031	0,027	0,40	424,1	0,04	81,83
<b>CV(%)</b>	6,37	9,30	9,66	5,28	14,4	34,08	16,41	36,36
<b>Max</b>	1,32	0,19	0,37	0,52	3,34	1859	0,29	350,3
<b>Min</b>	1,13	0,15	0,29	0,46	2,27	762	0,20	145,5
<b>Assimetria</b>	1,12	-0,001	0,40	-0,10	-0,15	0,34	-0,08	0,59
<b>Curtose</b>	2,69	1,70	2,00	1,54	1,93	0,52	1,32	2,12
<b>SW</b>	0,13	0,96	0,60	0,42	0,92	0,81	0,42	0,51
<b>Sopé de Deposição</b>								
<b>Média</b>	1,17a	0,24a	0,28a	0,53a	2,99a	793,0ab	0,18a	380,1a
<b>Variância</b>	0,005	0,0001	0,001	0,002	0,30	29227,0	0,002	76975,0
<b>Dp</b>	0,07	0,012	0,03	0,048	0,54	540,6	0,04	277,4
<b>CV(%)</b>	6,54	5,10	13,54	9,15	18,4	68,17	22,93	72,98
<b>Max</b>	1,25	0,26	0,33	0,60	3,96	1589,6	0,24	652,8
<b>Min</b>	1,08	0,23	0,25	0,49	2,63	113,9	0,13	1,00
<b>Assimetria</b>	0,12	0,91	0,30	0,57	1,43	0,32	0,11	-0,39
<b>Curtose</b>	1,37	2,50	1,22	1,70	3,16	2,26	1,86	1,59
<b>SW</b>	0,23	0,14	0,09	0,23	0,01	0,93	0,82	0,51

Dp: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); SW: teste de normalidade de Shapiro Wilk. \* Significativo a 5% de probabilidade; Ds: densidade do solo; MaP: macroporosidade; MiP: microporosidade; Pt: porosidade total; DMP: diâmetro médio ponderado; IEA: Índice de Estabilidade de Agregados; Uv: umidade volumétrica; Ko: Condutividade hidráulica. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O diâmetro médio ponderado (DMP) apresentou valores médios semelhante nos três segmentos de vertentes estudados na topossequência sob floresta, apesar disso, foi possível observar maior média de DMP no segmento de sopé de deposição (Tabela 3). Em relação a estabilidade dos agregados (IEA), verificou-se maiores valores médios na meia encosta e sopé de deposição, diferindo estatisticamente do segmento de topo nessa sequência avaliada, indicando maior favorecimento da estabilidade dos agregados nas superfícies mais rebaixadas da floresta.

A umidade volumétrica (Uv) e condutividade hidráulica do solo saturado (Ko) apresentaram comportamento não variante em todos os segmentos de vertente estudados (Tabela 3). Ainda assim, cabe destacar que os valores médios mais proeminentes da Ko foram mais elevados no segmento de sopé de deposição, aquele que tende a apresentar-se com maior acúmulo de água em função de sua posição na paisagem e também da proximidade do lençol freático, concordando com resultados encontrados por Romero et al. (2014) [27] em estudos de solos compactados.



Em relação a distribuição dos dados, observa-se similaridades da variância da maioria das variáveis, com poucas exceções distribuídas ao longo da topossequência estudada, o mesmo foi observado para o desvio padrão, o coeficiente de variação apresentou variabilidade entre baixa e média. Ademais, os valores de assimetria apresentaram desempenho próximos a zero, todos os valores da curtose foram positivos e o teste de normalidade de Shapiro Wilk não apresentaram anomalias.

Os resultados dos atributos físicos do solo na topossequência sob pastagem são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que os atributos, Ds, Map, Mip e Pt, uma vez que a Ds ocasiona redução na MaP [28, 29], apresentaram valores médios semelhantes em todos os segmentos de vertente (topo, meia encosta e sopé), não havendo diferença estatística entre eles. Especula-se que estes resultados estejam associados a cobertura vegetal e ao sistema radicular das gramíneas deste ambiente [30], cuja regeneração natural das características físico-hídricas do solo são as primeiras a se recuperarem.

Tabela 4. Atributos físicos em diferentes segmentos de vertente sob pastagem em área de Brejo de Altitude em Areia, PB.

Estatística Descritiva	Ds	Map	Mip	Pt	DMP	IEA	Uv	Ko
	g.cm <sup>-3</sup>		----m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ----		mm	----%----		mm.h <sup>-1</sup>
<b>Topo</b>								
Média	1,42a	0,17a	0,26a	0,42a	2,84a	1029,1a	0,17a	371,8a
Variância	0,009	0,001	0,0012	0,001	0,18	214326,0	0,0006,2	51307,0
Dp	0,095	0,031	0,037	0,023	0,42	462,9	0,024	226,9
CV (%)	6,75	18,13	13,54	5,43	14,93	44,99	13,84	60,93
Max	1,52	0,22	0,29	0,46	3,20	1704,9	0,20	599,9
Min	1,27	0,15	0,20	0,40	2,24	423,8	0,14	1,00
Assimetria	-0,61	0,97	-0,99	0,69	-0,57	0,24	-0,40	-0,89
Curtose	2,16	2,33	2,64	2,28	1,59	2,33	1,76	2,59
SW	0,67	0,03	0,21	0,68	0,16	0,88	0,78	0,39
<b>Meia Encosta</b>								
Média	1,29a	0,19a	0,44a	0,60a	2,87a	305,1b	0,34a	203,2a
Variância	0,21	0,001	0,19	0,19	0,16	117568	0,20	34243
Dp	0,458	0,007	0,43	0,43	0,40	342,88	0,44	185,0
CV (%)	35,40	3,72	100,56	70,05	14,23	112,38	131,6	91,07
Max	1,60	0,20	1,22	1,41	3,35	804,5	1,14	479,7
Min	0,50	0,18	0,22	0,41	2,40	-164,4	0,12	1,00
Assimetria	-1,29	-0,00	1,49	1,49	-0,01	0,14	1,49	0,54
Curtose	2,94	2,50	3,24	3,24	1,40	2,50	3,24	2,04
SW	0,02	0,32	0,0003	0,0003	0,62	0,35	0,0003	0,71
<b>Sopé de Deposição</b>								
Média	1,37a	0,18a	0,25a	0,43a	3,10a	168,6c	0,22a	229,7a
Variância	0,004	0,01	0,01	0,01	0,15	102454,3	0,01	67892,4
Dp	0,06	0,08	0,09	0,085	0,39	1012,2	0,08	260,6
CV (%)	4,80	47,5	37,2	19,8	12,58	27,8	39,2	113,4
Max	1,45	0,29	0,36	0,55	3,68	986	0,29	626,1
Min	1,30	0,09	0,14	0,31	2,60	-196,3	0,12	1,00
Assimetria	-0,14	0,33	-0,21	-0,07	0,27	-0,35	-0,30	0,69
Curtose	1,35	1,43	1,39	2,42	2,33	1,21	1,21	1,97
SW	0,48	0,39	0,45	0,73	0,76	0,07	0,08	0,36

Dp: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); SW: teste de normalidade de Shapiro Wilk. \* Significativo a 5% de probabilidade; Ds: densidade do solo; MaP: macroporosidade; MiP: microporosidade; Pt: porosidade total; DMP: diâmetro médio ponderado; IEA: Índice de Estabilidade de Agregados; Uv: umidade volumétrica; Ko: Condutividade hidráulica. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

O DMP apresentou comportamento idêntico nos três segmentos de vertente estudados (Tabela 4). Entretanto, verifica-se uma tendência de aumento dos valores médios no sentido do sopé de deposição. Já o IEA (Tabela 4), exibiu valores médios diferentes estatisticamente nos três segmentos de vertente na topossequência, sendo o topo com maior índice seguindo da meia encosta e sopé de deposição, indicando o primeiro segmento com maior estabilidade dos agregados, seguido pelos demais na vertente.

Ao analisar a  $U_v$ , constatou-se uniformidade dos dados, pois não houve diferença significativa entre os segmentos de vertente estudados, embora a meia encosta apresente os maiores valores médios de umidade volumétrica. Já a  $K_o$ , que segundo Hara et al. (2019) [31] é um fator relevante na manutenção e preservação do ambiente, o qual possui relações diretas com outras variáveis, influenciando a permeabilidade intrínseca, que é função somente das propriedades do material poroso e não do líquido que permeia. Obteve-se valores médios de  $K_o$  semelhantes entre os segmentos de vertente estudados (Tabela 4), com valores mais expressivos no segmento de topo da paisagem, provavelmente associado a geometria e continuidade dos poros preenchidos com água.

Os valores da variância e desvio padrão mostraram comportamentos dentro do esperado. O coeficiente de variação (%) apresentou padrão de distribuição variando entre baixo e médio, contendo poucas exceções em toda distribuição ao longo da topossequência sob pastagem. O coeficiente de assimetria abrangeu valores próximos a zero, todos os valores do coeficiente de curtose foram apresentados com natureza positiva e o teste de normalidade de Shapiro Wilk procedeu sem qualquer anomalia.

Vale ressaltar que todos os atributos apresentaram valores positivos de curtose, caracterizando a distribuição normal dos dados em uma curva platicúrtica e a maioria apresentaram coeficientes de assimetria com valores próximos à zero, indicando maior normalidade dos dados [32]. Os resultados do teste de Shapiro Wilk indicaram normalidade para todos os atributos avaliados no estudo. Também foi possível afirmar com base nos valores de (CV%) encontrados, que os atributos estudados apresentaram de baixa à média variabilidade, com poucas exceções, para todas as áreas dos ambientes estudados.

#### 4. CONCLUSÃO

Houve predominância dos teores da fração areia em todos os segmentos de vertente estudados nas duas topossequências (floresta e pastagem), com pequeno incremento dos teores de argila na topossequência sob pastagem em relação a topossequência sob floresta, provavelmente associada ao material de origem gnaisse e não as pedoformas.

Os atributos físicos-hídricos das duas topossequências (floresta e pastagem) estudadas apresentaram resultados semelhantes, com exceção para o IEA e o silte, que variaram entre os segmentos de vertente.

De modo geral, a topossequência sob floresta apresentou as melhores condições na distribuição dos atributos físicos do solo quando comparado a topossequência sob pastagem.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fonseca JS, Campos MCC, Brito Filho EG, Mantovanelli BC, Silva LS, Lima AFL, et al. Soil-landscape relationship in a sandstone-gneiss topolithosequence in the State of Amazonas, Brazil. *Environm Earth Sci.* 2021 Nov;80(21):1-15. doi: 10.5194/se-2019-131
2. Campos MCC, Ribeiro MR, Souza Júnior VS, Ribeiro Filho MR, Almeida MC. Topossequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazônica, Manaus.* 2012 Sep;42(3):387-98. doi:10.1590/S0044-59672012000300011
3. Campos MCC, Ribeiro MR, Souza Júnior VS, Ribeiro Filho MR, Almeida MC. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na Região de Humaitá (AM). *Rev Bras Ciênc Solo.* 2012 Apr;36(2):325-36. doi: 10.1590/S0100-06832012000200002
4. Momoli RS, Cooper M. Erosão hídrica em solos cultivados e sob mata ciliar. *Pesq Agropec Bras.* 2016 Sep;51(9):1295-1305. doi: 10.1590/S0100-204X2016000900029

5. Ferreira ABR, Rocha LC, Ramos RC, Pereira G, Cardozo FS, Santos PR. Análise pedológica em toposseqüências de vertente na sub-bacia do Córrego do Riacho-Coronel Xavier Chaves, Minas Gerais, Brasil. *Cad Geogr.* 2018 Apr-Jun;28(53):428-42. doi: 10.5752/p.2318-2962.2018v28n53p428
6. Souza FG, Campos MCC, Pinheiro EN, Lima AFL, Brito Filho EG, Cunha JM, et al. Aggregate stability and carbon stocks in Forest conversion to different cropping systems in Southern Amazonas, Brazil. *Carbon Manage.* 2020 11(1):81-96. doi: 10.1080/17583004.2019.1694355
7. Frozzi JC, Cunha JM, Campos MCC, Bergamin AC, Brito WBM, Fraciscon U, et al. Physical attributes and organic carbon in soils under natural and anthropogenic environments in the South Amazon region. *Environm Earth Sci.* 2020 May;79(11):251-66. doi: 10.1007/s12665-020-08948-x
8. Oliveira IA, Campos MCC, Freitas L, Soares MDR. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Acta Amazônica.* 2015 Jan-Mar;45(1):1-12. doi: 10.1590/1809-4392201400555
9. Oliveira IA, Campos MCC, Siqueira DS, Freitas L, Aquino RE, Oliveira FP. Pedoenvironmental indicators of soil in Western Amazônia, Brazil. *Environm Monit Assess.* 2020 Dec;192(12):768-74. doi: 10.1007/s10661-020-08757-6
10. Dias R. *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade.* 3. ed. São Paulo: Atlas; 2017.
11. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA; 1979. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1).
12. Rodrigues SWO, Medeiros VC. *Geologia e recursos minerais da Folha de Campina Grande, SB.25-Y-C-I, escala 1:100.000, estados da Paraíba e Pernambuco.* Recife (PE): CPRM; 2015.
13. Andrade LA, Machado CCC, coordenadores. Diagnóstico geoambiental integrado do município de Areia, Paraíba, como subsídio para o planejamento e gestão ambiental. Produto I: Geologia, relevo, geodiversidade e pedologia do município de areia - Paraíba (Relatório técnico) [Internet]. Areia (PB): UFPB; 2018 [citado em 22 fev 2022]. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1ADTeJNG8ZQtwU086v3JzOtmWZVjABtgo/view?usp=sharing>
14. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z.* 2013 Dec;22(6):711-28. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
15. Portela JC, Cogo NP, Amaral AJ, Gilles L, Chagas JP, Portz GÂ. Hidrogramas e sedimentogramas associados à erosão hídrica em solo cultivado com diferentes seqüências culturais, com diferentes condições físicas na superfície. *Rev Bras Ciênc Solo.* 2011 Fev;35(1):225-40. doi: 10.1590/S0100-06832011000100021
16. Dalrymple JB, Blong RJ, Conacher AJ. A hypothetical nine-unit landsurface model. *Geomorphology.* 1968;12(1):60-76.
17. Pereira MG, dos Anjos LHC, Pinheiro Junior CR, Pinto LASR, da Silva Neto EC, Fontana A. Formação e caracterização de solos. In: Tulio L, organizador. *Formação, classificação e cartografia dos solos.* Ponta Grossa (PR): Atena Editora; 2019. p. 1-20. doi: 10.22533/at.ed.3481923091
18. do Prado H, de Carvalho JP. Solos-Paisagens. *Pedologia fácil* [Internet]; 2007 [citado em 22 fev 2022]. Disponível em: <https://www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>
19. Teixeira PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG, editores técnicos. *Manual de métodos de análise de solo.* 3. ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro (RJ) – Brasília (DF): Embrapa; 2017.
20. Kemper WD, Chepil WS. Size distribution of aggregates. In: Black CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE, editors. *Methods of soil analysis – Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* Madison (US): American Society of Agronomy; 1965. p. 499-510. (Agronomy Series, 9).
21. Castro Filho C, Muzilli O, Podanoschi AL. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Rev Bras Ciênc Solo.* 1998 Sep;22(3):527-38. doi: 10.1590/S0100-06831998000300019
22. Warrick AW, Nielsen DR. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel D, editor. *Applications of soil physics.* New York (US): Academic Press; 1980. p. 319-44. doi: 10.1016/B978-0-12-348580-9.50018-3
23. Figueiredo MA, Varajão AFDC, Fabris JD, Loutfi IS, Carvalho AP. Alteração superficial e pedogeomorfologia no sul do Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero (MG). *Rev Bras Ciênc Solo.* 2004 Ago;28(4):713-29. doi: 10.1590/S0100-06832004000400012
24. Luciano RV, Bertol I, Barbosa FT, Kurtz C, Fayad JA. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. *Rev Ciênc Agrov.* 2010 Jan-Jun;9(1):9-19.

25. Martinkoski L, Vogel GF, Jadoski SO, Watzlawick LF. Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária floresta e ambiente. *Floresta e Ambient.* 2017;24:1-9. doi: 10.1590/2179-8087.028216
26. Vasconcelos RFB, Souza ER, Cantalice JRB, Silva LS. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. *Rev Bras de Eng Agrícola e Ambient.* 2014 Apr;18(4):381-86. doi: 10.1590/S1415-43662014000400004
27. Romero EM, Ruiz HA, Fernandes RBA, Costa LM. Condutividade hidráulica, porosidade, resistência mecânica e intervalo hídrico ótimo em Latossolos artificialmente compactados. *Rev Bras de Eng Agrícola e Ambient.* 2014 Oct;18(10):1003-9. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1003-1009
28. Chioderoli CA, de Mello LMM, Noronha RHF, Pariz CM, Lima RC. Spatial and linear correlations between soil and corn. *Rev Bras Ciênc Solo.* 2012 Jun;36(3):765-74. doi: 10.1590/S0100-06832012000300008
29. Cardoso EJBN, Vasconcelos RLF, Bini D, Miyauchi MYH, Santos CA, Alves PRL, et al. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *Sci Agrícola.* 2013 Aug;70(4):274-89. doi: 10.1590/S0103-90162013000400009
30. Mantoani MC, Torezan JMD. Regeneration response of Brazilian Atlantic Forest woody species to four years of *Megathyrus maximus* removal. *For Ecol Manage.* 2016;359(1):141-6. doi: 10.1016/j.foreco.2015.10.004
31. Hara AT, Gonçalves ACA, Maller A, de Oliveira JM, Rezende R. Produtividade do feijoeiro e a relação com a condutividade hidráulica. *Rev Eng Agric.* 2019 Sep-Oct;27(5):462-71. doi: 10.13083/reveng.v27i5.973
32. Alho LC, Campos MCC, Mantovanelli BC, Silva DMP, Souza ZM, Cunha JM, et al. Physical and geospatial attributes of inceptisols and ultisols under native vegetation in Humaitá, AM, Brazil. *Biosci J.* 2016 Mar-Apr;32(2):422-30. doi: 10.14393/BJ-v32n2a2016-32656