

Caracterização de Atributos do Solo em Trilhas de Uso Público no Litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina (RJ)

Characterization of Soil Attributes in Trails for Public Use on the Coast of Serra da Bocaina National Park (RJ)

Guilherme Marques de Limaⁱ

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Brasil

Luana de Almeida Rangelⁱⁱ

Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Brasil

Antônio José Teixeira Guerraⁱⁱⁱ

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: A erosão hídrica promove a perda de solo, especialmente em áreas tropicais úmidas. Seus atributos permitem inferir áreas que estão degradadas. A utilização de trilhas, especialmente em Unidades de Conservação, pode manter a conservação ambiental ou provocar sua degradação. Portanto, seu uso de forma intensiva e desordenada, sem planejamento e manejo, compromete o equilíbrio ecossistêmico e desencadeia processos erosivos. Logo, esta pesquisa analisou os efeitos do pisoteio em trilhas de uso público no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB), no município de Paraty (RJ), através da coleta e da análise de atributos físico-químicos do solo. Constatou-se que os atributos apresentaram relação direta com o pisoteio ocasionado pela visita turística, como a porosidade, a densidade do solo, a textura e os teores de matéria orgânica. Por fim, destacou-se a necessidade de intervenções nestes atributos para reduzir ou controlar a degradação do solo, como a compactação e os processos erosivos.

Palavras-chave: Processos Erosivos; Degradação do Solo; Unidades de Conservação.

Abstract: Water erosion promotes soil loss, especially in humid tropical areas. Its attributes allow inferring areas that are degraded. The use of trails, especially in Conservation Units, can maintain environmental conservation or cause degradation. Therefore, its in-

ⁱ Doutorando em Geografia-PPGG. guilhermem.lima@ufrj.br. <https://orcid.org/0000-0002-0261-1249>.

ⁱⁱ Professora; Dra. em Geografia-PPGG/UFRJ. luarangel24@gmail.com.
<https://orcid.org/0000-0002-5664-568X>.

ⁱⁱⁱ PhD. Professor Titular de Geografia. antoniotguerra@gmail.com.
<https://orcid.org/0000-0003-2562-316X>.

tensive and disorderly use, without planning and management, compromises the ecosystem balance and triggers erosive processes. Therefore, this research analyzed the effects of trampling public use trails on the coast of Serra da Bocaina National Park (PNSB), in the municipality of Paraty (RJ), through the collection and analysis of physical-chemical attributes of the soil. It was found that the attributes were directly related to trampling caused by tourist visits, such as porosity, soil density, texture and organic matter contents. Finally, the need for interventions in these attributes to reduce or control soil degradation, such as compaction and erosion processes, was highlighted.

Keywords: Erosive Processes; Soil Degradation; Conservation Units.

Introdução

O solo forma uma fina camada de materiais orgânicos e inorgânicos na superfície da Terra, sendo um componente limitado e finito de seu sistema físico que é de extrema importância para a manutenção da vida neste planeta. Sua degradação, que corresponde ao declínio de sua produtividade e qualidade devido a processos naturais, induzidos ou catalisados pela ação humana que, por sua vez, alteram suas características físicas, químicas e biológicas, é um dos maiores desafios ambientais que a sociedade humana enfrenta nos dias atuais (POESEN, 2018; BOARDMAN et al., 2021; PRĂVĂLIE, 2021; FERREIRA et al., 2022).

A erosão hídrica, que consiste na desagregação, transporte e deposição do solo pela ação da água, é um processo de degradação ambiental que vem se intensificando globalmente devido às mudanças climáticas e às atividades antrópicas, causando uma série de efeitos em cascata dentro do ecossistema socioambiental, como a perda de nutrientes, da biodiversidade, da qualidade dos recursos hídricos, do armazenamento de carbono, aumento da insegurança alimentar, da desigualdade social, da emissão de gases poluentes e etc. (POESEN, 2018; BORRELLI et al., 2020; PRĂVĂLIE, 2021; FERREIRA et al., 2022; GOLUBOVIĆ, 2022).

O uso e o pisoteio de pessoas em trilhas acentuam a ocorrência destes processos, pois alteram as características físico-químicas e biológicas do solo e, por sua vez, a dinâmica hídrica no sistema solo que, conseqüentemente, controla os processos erosivos (ROMEO et al., 2021; PEREIRA et al., 2022; LIMA; GUERRA, 2023; SPERNBAUER et al., 2023).

Neste sentido, a alta demanda para uso público em trilhas de áreas protegidas, que dão acesso a inúmeros espaços de lazer e beleza cênica, tornam estas áreas palco recorrente destes processos (MARION et al., 2016; LEUNG et al., 2018; BHAMMAR et al., 2021; ZHANG et al., 2022). No Brasil, a elevada demanda de uso público nas Unidades de Conservação (UC's) (BREVES et al., 2020; ICMBIO, 2021), associada à falta de recursos financeiros e humanos (SILVA et al., 2021; THOMAZ et al., 2020; FOLHARINI et al., 2021), favorece processos de degradação ambiental em suas trilhas (RANGEL et al., 2019; MOREIRA et al., 2020; FIGUEIREDO; MARTINS, 2021; LIMA et al., 2023), acentuando a necessidade de pesquisas e ações que conciliem o uso público e a conservação do patrimônio ambiental destes territórios.

Portanto, estas trilhas permitem a aproximação dos visitantes com o ambiente natural e a sua respectiva condução aos atrativos geoturísticos das UC's, tornando necessário

não apenas o planejamento de seus traçados em consonância com o equilíbrio e a beleza cênica, mas também a realização de estudos sobre a qualidade de seus solos, pois quando manejadas inadequadamente e utilizadas intensivamente, se tornam propícias à degradação ambiental, como a perda da qualidade do solo e ao desencadeamento de erosões (ALMEIDA et al., 2019; FONSECA FILHO et al., 2019; FIGUEIREDO; MARTINS, 2021; LIMA et al., 2023).

Considerando os aspectos apresentados, esta pesquisa teve como objetivo analisar os efeitos do pisoteio do solo em duas trilhas de uso público, no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB), através da avaliação espacial da qualidade do solo, isto é, do levantamento de características físicas e químicas do solo, podendo, assim, auxiliar e subsidiar a gestão e o planejamento ambiental desta UC em ações para recuperar áreas degradadas e ordenar a atividade turística nestas trilhas que, por sua vez, são uma das mais visitadas do litoral desta área protegida.

Materiais e Métodos

Área de estudo

Inseridas no litoral do PNSB (UC de Proteção Integral), as duas trilhas de uso público estudadas são: a trilha que dá acesso à Cachoeira da Pedra que Engole (vermelho); e a Trilha que dá acesso à Piscina Natural do Caixa D’Aço (laranja) (Figura 1).

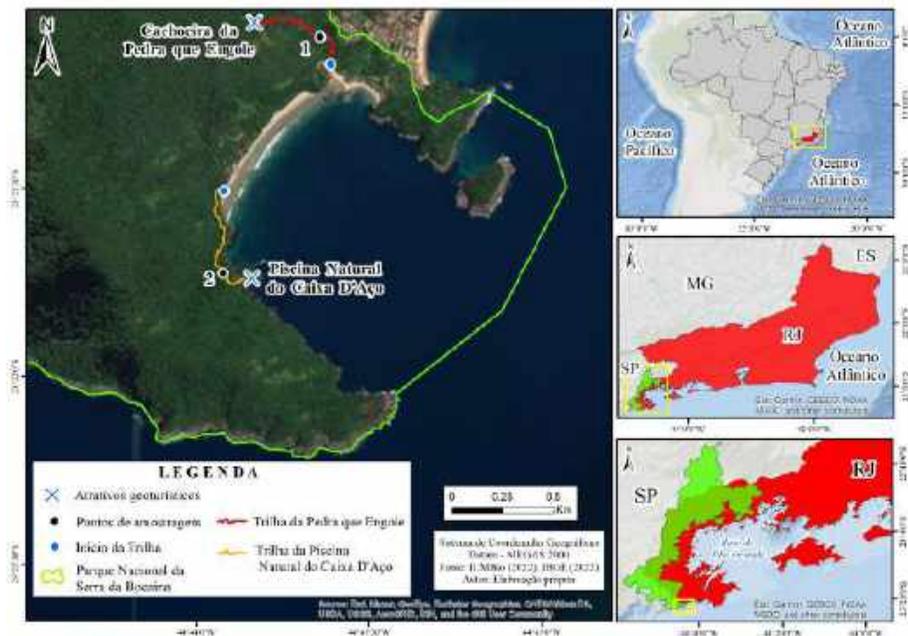


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo no Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB). Elaborado pelos autores.

Criada em 1971, esta UC protege as últimas áreas de Mata Atlântica e ecossistemas marinhos do litoral sul-fluminense, contemplando em seus limites territoriais espécies endêmicas, refúgios ecológicos, espécies ameaçadas de extinção e um dos mais significativos remanescentes deste bioma (LEUZINGER et al., 2020; MARQUES; GRELE, 2021).

A classificação climática da região do PNSB é do tipo tropical úmido, com um regime chuvoso sazonal influenciado pelo efeito orográfico da Serra do Mar, cujas origens se associam ao rompimento do Gondwana ocidental, à abertura do Oceano Atlântico Sul, à reativação de zonas de cisalhamento (Proterozoico) e soerguimentos (Cenozoico) (KAMINO et al., 2019; LEUZINGER et al., 2020). A região montanhosa e as áreas mais elevadas do PNSB apresentam uma classificação climática do tipo tropical de altitude, com característica super-úmida, temperaturas médias mais frias e precipitações intensas, com os maiores índices chuvosos na porção litorânea do PNSB (MMA, 2002; SOARES et al., 2014; LEUZINGER et al., 2020).

Geologicamente, O PNSB ocorre sobre granitos e gnaisses do Complexo Gnáissico Granitóide, xistos da Sequência Metavulcânica-Sedimentar, charnoquitos (Proterozoico), rochas miloníticas, cataclásticas, sedimentos continentais e marinhos (Cenozoico) associadas ou não a falhas e zonas de cisalhamento (MMA, 2002; ICMBIO, 2004; HEILBRON et al., 2016). Já sua porção litorânea é constituída por rochas ortoderivadas do Arco Magmático Rio Negro (Ortognaisses), rochas ígneas da Suíte Granítica Parati-Mirim (Granitos), sedimentos continentais, marinhos e mistos (MMA, 2002; GUERRA et al., 2013; HEILBRON et al., 2016).

O PNSB situa-se no Planalto da Bocaina (1.100 a 2.000 m) que, por sua vez, integra a faixa costeira do Planalto Atlântico na região sudeste do Brasil, sendo considerado um dos segmentos mais elevados da Serra do Mar, com elevadas altitudes e amplitudes topográficas (0 a 2.095 m) (HIRUMA et al., 2010; SOUZA et al., 2021; GIRÃO et al., 2022).

As trilhas estudadas ocorrem em relevo de Montanhas e Morros, sob solos de alteração, residuais superficiais e com diversos afloramentos rochosos de Granito Paraty-Mirim e sedimentos colúvio-aluvionares. Em geral, possuem baixa saturação por bases (distrófico), elevada acidez e altos teores de alumínio. Conforme Carvalho Filho et al. (2003), nas trilhas predominam Cambissolos Háplicos Distróficos. Estas classes e os Neossolos Litólicos também ocorrem na região montanhosa, nas escarpas e na faixa costeira entre a escarpa da Serra do Mar e as planícies, enquanto a classe dos Latossolos ocorre predominantemente nos topos e nas encostas mais suaves do relevo (MMA, 2002; GUERRA et al., 2013; RANGEL, 2018).

As trilhas apresentam cerca de 600 metros cada uma. Entretanto, apesar da Trilha da Pedra que Engole apresentar trechos mais íngremes, com uma declividade média de 12,4% e uma altitude que varia entre 0 e 46 metros, a Trilha da Piscina Natural do Caixa D'Áço apresenta uma declividade média de 14,3% e uma amplitude altimétrica de 0 a 36 metros, sendo tal comportamento resultado do trecho inicial da primeira trilha ser mais plano (Figura 2).

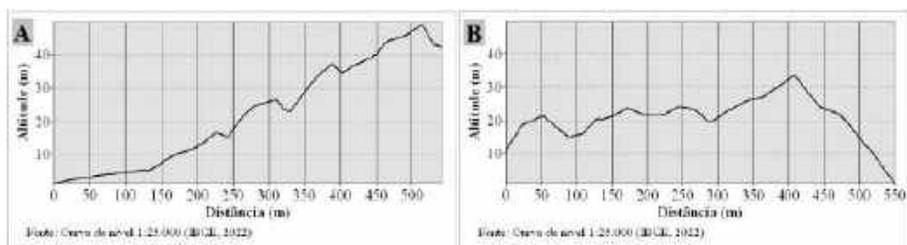


Figura 2 – Perfis topográficos das trilhas no litoral do PNSB, município de Paraty (RJ): Trilha da Pedra que Engole (A) e Trilha da Piscina Natural do Caixa D’Aço (B).

Em relação à vegetação, as trilhas estão inseridas no domínio florístico da Zona Neotropical, com formações de Floresta Ombrófila Densa (Submontana, Montanha e Alto Montanha) primária, secundária e em estágio médio avançado de recuperação (MMA, 2002; RANGEL, 2018; LEUZINGER et al., 2020).

Ainda, a Vila de Trindade, em Paraty (RJ) e nas margens do PNSB onde estão localizadas estas trilhas, é um destino turístico na área de inserção desta UC. Seus atrativos geoturísticos, como a Cachoeira da Pedra que Engole e a Piscina Natural do Caixa D’Aço (Figura 3), atraem inúmeros visitantes que, conseqüentemente, geram diversos impactos ambientais negativos devido ao uso público desordenado e intensivo nestes atrativos, especialmente durante o verão, feriados e no período de férias escolares (CONTI; IRVING, 2014; ICMBIO, 2014; RANGEL; GUERRA, 2018; RANGEL et al., 2019; ROMA et al., 2020).



Figura 3 – Atrativos nas trilhas no litoral do PNSB, município de Paraty (RJ): Pedra que Engole (A) e Piscina Natural do Caixa D’Aço (B).

Fotos: Autores (2022).

Metodologia

As propriedades do solo determinadas para inferir na sua qualidade (granulometria, porosidade, densidade do solo, pH e teor de matéria orgânica) foram escolhidas por

apresentarem relação com a erodibilidade e com o uso e manejo do solo, sendo esta última influenciada e/ou modificada pelo pisoteio intenso do solo, ocasionada pelo fluxo constante de turistas a que as trilhas estudadas nesta pesquisa são submetidas.

As amostras de solos foram coletadas em profundidades entre 0 e 20 cm, e em pontos estratégicos nas trilhas que dão acesso à Piscina Natural do Caixa D’Aço e à Pedra que Engole (Figura 4), sendo a escolha destas trilhas definidas pelo fato destas darem acesso aos principais atrativos geoturísticos da porção do litoral desta UC. Já as profundidades se justificam por serem estes limites aqueles que mais sofrem o impacto do pisoteio ocasionado pelo intenso fluxo de turistas aos atrativos geoturísticos.



Figura 4 – Pontos de coleta de solo na Trilha da Pedra que Engole (A) e na trilha da Piscina Natural do Caixa D’Aço (B).

Fotos: Autores (2022).

Para avaliar o impacto do pisoteio das pessoas e comparar a qualidade do solo, foram coletadas amostras de solo na área da trilha que sofre pisoteio e na área de borda, onde não há passagem de visitantes. As amostras indeformadas foram coletadas para determinar a densidade do solo e a porosidade, enquanto as amostras deformadas foram coletadas para determinar o pH, a granulometria (textura) e o teor de matéria orgânica.

Todas as análises dos parâmetros físico-químicos dos solos, associados à sua qualidade, foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia Maria Regina Mousinho de Meis, do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Todos os parâmetros físico-químicos foram obtidos conforme os métodos de Teixeira et al. (2017), ou seja, a textura pela dispersão total das partículas individuais do solo (método da pipeta); o teor de matéria orgânica pelo método indireto (oxidação); a densidade

do solo pela coleta de amostras indeformadas num cilindro de volume conhecido; a densidade dos minerais via balão volumétrico e álcool etílico; a porosidade pela sua relação com os valores de densidade; e o pH através de um medidor de pH digital.

A determinação da textura (granulometria) se deu com o destorroamento, peneiramento e mistura das amostras de solo com hidróxido de sódio e água destilada (TEIXERA et al., 2017), enquanto a classificação se baseou no triângulo textural do *United States Department of Agriculture* (USDA, 2022). A matéria orgânica via úmida foi obtida com a mistura das amostras de solo com dicromato de potássio, sulfato de prata, ácido ortofosfórico, difenilamina e sulfato ferroso amoniacal (TEIXEIRA et al., 2017). Já a densidade do solo foi obtida com a coleta em um cilindro com volume conhecido (100 cm³), enquanto densidade de partículas se deu com a mistura das amostras com álcool etílico (TEIXERA et al., 2017). Por fim, a porosidade foi determinada através da razão entre a densidade de partículas (g/cm³) e a densidade do solo (g/cm³), enquanto o pH foi obtido com a dissolução do solo em água destilada e a sua respectiva leitura após a calibração do equipamento (TEIXEIRA et al., 2017).

Cada parâmetro físico-químico foi realizado em triplicata, isto é, em cada ponto estudado nas trilhas foram realizadas três repetições de coleta, sendo, então, os resultados apresentados referentes às médias destas triplicatas. Além destas médias, também foram calculados os valores do desvio padrão e do coeficiente de variação, a fim de obter inferência das variações estatísticas de cada resultado, através do *software* Microsoft Excel.

Resultados

Analisando os valores dos atributos físicos e químicos do solo, é possível identificar que os valores de porosidade total (%) e matéria orgânica (%) foram menores no leito da trilha, ante aqueles obtidos nas bordas, já que o valor médio destes parâmetros foi, respectivamente, de 36% e 0,9% no leito, e de 54% e 1,4% nas bordas (Tabela 1).

| Trilha | Posição na trilha | Arranjo dos poros | | Granulometria (%) | | | | | Análises químicas | |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|--|-------------------|--------------|-------|--------|------------------------|-------------------|----------------------|
| | | Porosidade total (%) | Densidade do solo (g/cm ³) | Areia fina | Areia Grossa | Silte | Argila | Classificação textural | pH | Matéria Orgânica (%) |
| Pedra que Engole | Leito | 39 | 1,6 | 8 | 52 | 16 | 24 | Franco-argilo-arenoso | 4,8 | 0,6 |
| | Borda | 51 | 1,2 | 8 | 60 | 19 | 14 | Franco-arenoso | 4,5 | 1,2 |
| Piscina Natural do Caixa d'áço | Leito | 33 | 1,8 | 14 | 41 | 16 | 29 | Franco-argilo-arenosa | 5,6 | 1,2 |
| | Borda | 56 | 1,1 | 9 | 30 | 26 | 36 | Franco-argilosa | 5,4 | 1,5 |
| Média | Leito | 36 | 1,7 | 11 | 46 | 16 | 27 | - | 5,2 | 0,9 |
| | Borda | 54 | 1,2 | 8 | 45 | 22 | 25 | - | 5,0 | 1,4 |
| Desvio Padrão | Leito | 4 | 0,1 | 5 | 8 | 0 | 3 | - | 0,6 | 0,4 |
| | Borda | 4 | 0,1 | 1 | 21 | 5 | 16 | - | 0,6 | 0,2 |

Tabela 1 – Valores dos atributos físico-químicos do solo obtidos nas trilhas estudadas.

Por outro lado, os valores médios de densidade do solo (g/cm^3) e de pH foram menores nas bordas e maiores no leito das trilhas, com uma média de densidade do solo e pH, respectivamente, de $1,7 \text{ g/cm}^3$ e 5,2 nos leitões e de $1,2 \text{ g/cm}^3$ e 5,0 nas bordas (Tabela 1). Já os valores de granulometria permitem identificar, em geral, porcentagens médias menores de areia fina, areia grossa e argila (8%, 45% e 25%, respectivamente) nas bordas, e uma porcentagem média menor das frações de silte (16%) no leito das trilhas (Tabela 1).

A porosidade total no leito da trilha da Pedra que Engole, por exemplo, apresentou valor médio de 39% e de 33% na trilha da Piscina Natural do Caixa d'Áço, enquanto na borda destas trilhas, a porosidade total foi de 51% na primeira e de 56% na segunda (Tabela 1). Sobre a densidade do solo, o valor no leito da trilha Pedra que Engole foi de $1,6 \text{ g/cm}^3$ e de $1,8 \text{ g/cm}^3$ no leito da trilha da Piscina Natural do Caixa d'Áço. Por outro lado, os valores foram de $1,2 \text{ g/cm}^3$ e $1,1 \text{ g/cm}^3$ na borda destas duas trilhas, respectivamente (Tabela 1).

Os valores de pH no leito da trilha da Pedra que Engole e no leito da Piscina Natural do Caixa d'Áço foram, respectivamente, 4,8 e 5,6, enquanto na borda da trilha da Pedra que Engole o valor do pH foi 4,5 e 5,4 na borda da trilha da Piscina Natural do Caixa d'Áço (Tabela 1). Já os valores de matéria orgânica foram de 0,6 % no leito da Pedra que Engole e de 1,2 % no leito da trilha da Piscina Natural do Caixa d'Áço, enquanto nas bordas destas trilhas estes valores foram, respectivamente, 1,2% e 1,5% (Tabela 1).

Já os dados de granulometria no leito da trilha da Pedra que Engole indicam uma constituição predominante de areia grossa (52%) e argila (24%), e menores porcentagens de silte (16%) e areia fina (8%), permitindo, assim, uma classificação textural franco-argilo-arenosa (Tabela 1). Na borda desta trilha, por sua vez, a maior porcentagem é areia grossa (60%), seguida pela fração de silte (19%), argila (14%) e areia fina (8%), permitindo, assim, uma classificação textural fraco-arenosa (Tabela 1).

No leito da trilha da Piscina Natural do Caixa d'Áço, as frações predominantes são de areia grossa (41%) e argila (29%), enquanto as menores frações são as de areia fina (14%) e silte (16%), permitindo, assim, uma classificação textural franco-argilo-arenosa (Tabela 1). Já na borda desta trilha, a maior fração granulométrica em porcentagem é a de argila (36%), seguida pela fração de areia grossa (30%), de silte (26%) e de areia fina (9%) que, por sua vez, permitem uma classificação textural franco-argilosa (Tabela 1).

Discussão

O predomínio dos maiores valores de porosidade total (51 e 56%) e matéria orgânica (1,2 e 1,5%) nas bordas das trilhas ante os valores obtidos no leito pode estar associado à ação da cobertura vegetal e ao baixo pisoteio neste local da trilha que, por sua vez, se concentra na porção central do leito da trilha pela visitação e pelo fluxo intenso de turistas que utilizam estes espaços para acessar os atrativos geoturísticos do PNSB.

A adição de matéria orgânica pela cobertura vegetal, por exemplo, tende a aumentar a porosidade do solo, pois a ação mecânica das raízes, devido ao seu crescimento e retração, favorece o aumento de espaços vazios no interior do solo, isto é, aumentam a quantidade de espaços preenchidos por ar e água (GIWETA, 2020; PRESCOTT; VESTERDAL, 2021; SAYER et al., 2022). Ainda, como a matéria orgânica é composta por

resíduos vegetais e animais, favorece a disposição de nutrientes para a fauna endopodônica que, auxiliada pelos agentes ligantes orgânicos secretados pelas raízes, aumentam a atividade microbiana e a porosidade do solo (IGWE et al., 2017; GMACH et al., 2020; SAYER et al., 2022).

Diferentemente das bordas, o leito das trilhas raramente apresenta cobertura vegetal e/ou matéria orgânica, tornando os valores de porosidade e matéria orgânica no solo mínimos ante as bordas que, ao contrário, apresentam valores máximos (Tabela 1). Como no leito das trilhas circulam centenas de pessoas diariamente, de forma intensa e desordenada rumo aos atrativos geoturísticos do PNSB, os valores destes parâmetros tendem a serem menores ante aqueles das bordas, especialmente a porosidade do solo (MARION et al., 2016; ALAOUI et al., 2018; RANGEL et al., 2019; PEREIRA et al., 2022; LIMA; GUERRA, 2023).

Solos mais porosos possuem menor densidade ante solos mais compactados e menos porosos, isto é, a porosidade é inversamente proporcional à densidade, pois, ao aumentar a densidade a porosidade diminui (JORGE, 2021; FERRAZ-ALMEIDA, 2022). Logo, o pisoteio gerado pelos turistas no leito das trilhas reduz a porosidade, e, conseqüentemente, aumenta os valores de densidade, explicando os menores valores de porosidade no leito ante os das bordas, e os maiores de densidade no leito e os menores nas bordas (Tabela 1). Ainda, a densidade do solo, que indica seu grau de compactação, aumenta com a redução da matéria orgânica, o pisoteio de pessoas e o selamento do solo pelo impacto das gotas da chuva no leito das trilhas (MARION et al., 2016; GUERRA et al., 2017; ALAOUI et al., 2018; D'ACQUI et al., 2020).

Logo, não só o pisoteio, mas também a ausência de cobertura vegetal e matéria orgânica (serrapilheira) no solo para interceptar, reduzir o impacto da energia cinética das gotas de chuva e a compactação do solo, explicam as altas densidades do solo no leito e os menores valores nas bordas das trilhas (Tabela 1).

Sobre o pH, apesar de todos valores terem apresentado caráter ácido ($\text{pH} < 7$), os maiores foram obtidos no leito das trilhas e os menores, por sua vez, nas bordas destas. Como as bordas possuem maior teor de matéria orgânica, é provável que as substâncias excretadas, tanto pelas raízes como pela decomposição da matéria vegetal e animal, tenham contribuído para essa maior acidificação e para redução do pH em valores mínimos, enquanto que no leito das trilhas, ao contrário, a ausência da cobertura vegetal e de materiais para serem decompostos favoreceram a ocorrência de valores máximos (Tabela 1).

Desta maneira, estes solos ácidos apresentam complexos coloidais deficientes em elementos químicos que lhe conferem estabilidade, como o cálcio (Ca^{2+}) que, por sua vez, tende a reduzir a erodibilidade e aumentar a resistência ao cisalhamento das partículas do solo pois, além de auxiliar na retenção de carbono, que favorece a formação, a cimentação e a estabilidade dos agregados, se combina ao húmus da matéria orgânica, aumentando esta estabilidade (TOTSCHKE et al., 2017; MATSUMOTO et al., 2018; SCHLATTER et al., 2020).

Logo, apesar dos solos das bordas e do leito das trilhas serem ácidos, infere-se que os primeiros, mesmo apresentando valores de pH menores, tendem a ser menos suscetíveis à erosão, pois, além de serem mais porosos e sofrerem menos com o impacto do

pisoteio da atividade turística, isto é, apresentarem densidade do solo maiores e serem menos compactados, possuem maiores teores de matéria orgânica que, ao produzir e liberar húmus ao solo, favorece maior estabilidade dos agregados ante aqueles do leito das trilhas que, por sua vez, são mais densos, pouco porosos e pobres em matéria orgânica (Tabela 1).

Sobre a granulometria e a classificação textural do solo, as frações granulométricas do solo do leito das trilhas indicam uma textura média argilosa (franco-argilo-arenosa), isto é, onde predominam frações argila e areia.

O predomínio de frações de areia grossa (2-0,2 mm), com baixa erodibilidade devido ao tamanho do seu diâmetro, peso de sua massa física e rápida velocidade de decantação que, por sua vez, dificulta sua remoção e transporte pela ação da água (NGUYEN et al., 2016), assim como das frações granulométricas de argila (< 0,002mm), que também apresentam baixa erodibilidade pela sua elevada capacidade de agregação, força de coesão dos colóides e superfície específica, isto é, alta força de coesão e adesão das frações deste tamanho (KER et al., 2015), tendem a nos induzir e a inferir que os solos dos leitos apresentam menor erodibilidade ante o solo das bordas.

Porém, frações de silte (0,002 – 0,050mm) e areia fina (0,2 – 0,05 mm), especialmente a quantidade da primeira no leito da trilha da Pedra que Engole e da segunda na trilha da Piscina Natural de Caixa d’Aço (Tabela 1), favorecem a formação de processos erosivos, pois essas frações são removidas facilmente por não possuírem coesão e peso suficiente para dificultar o desprendimento e o transporte pela água, isto é, são grandes o bastante para se manterem unidas entre si e pequenas o suficiente para resistirem ao *runoff*. Logo, aumentam a formação de crostas e o volume do *runoff* pela redução da infiltração da água (NGUYEN et al., 2016; MARION et al., 2016; GUERRA et al., 2017; RANGEL et al., 2019; PEREIRA et al., 2022).

Ainda, os solos do leito das trilhas apresentam não só baixa porosidade e alta densidade, seja pelo pisoteio de pessoas ou pela ausência de cobertura vegetal, mas também baixos teores de matéria orgânica ante os solos das bordas (Tabela 1). Esta matéria afeta a integridade estrutural do solo, a formação de agregados estáveis, a aeração, a atividade microbiana e a permeabilidade que, por sua vez, tende a reduzir a formação de crostas na camada superficial do solo, aumentar a infiltração da água e a resistência do solo à erosão por *splash*. Logo, o solo do leito das trilhas é mais propenso a processos erosivos não apenas pelos seus valores de porosidade, densidade, granulometria e pH, mas também pelos seus teores de matéria orgânica (MARION et al., 2016; GUERRA et al., 2017; RANGEL et al., 2019; FIGUEIREDO; MARTINS, 2021; PEREIRA et al., 2022; LIMA; GUERRA, 2023).

Ainda, como o solo do leito das trilhas possui baixo teor de matéria orgânica e suas partículas sólidas são menos suscetíveis a formarem agregados, a densidade do solo tende a ser maior do que em solos de textura fina, como no solo de textura franco-argilosa na borda da Piscina Natural do Caixa d’Aço, que apresentou a maior porosidade e a menor densidade ante os demais solos (Tabela 1). Estes solos de textura média no leito das trilhas, apesar de conterem teores elevados de argila, que tendem a diminuir a densidade do solo pela organização dentro e entre seus grânulos porosos, contêm porcentagens elevadas de areia que, por sua vez, aumentam a densidade do solo pelo tamanho de seus

poros e dificultam a formação de agregados estáveis (KER et al., 2015; NGUYEN et al., 2016; GUERRA et al., 2017; JORGE, 2021).

Por outro lado, apesar de o solo das bordas apresentar, em geral, texturas com maiores teores de argila e silte, isto é, granulometrias mais susceptíveis à compactação ante solos formados por partículas maiores, como os solos arenosos. Estes solos mais argilosos, além de não estarem sujeitos ao pisoteio gerado pela visitação de turistas, também cont m os maiores valores de matéria orgânica, que aumenta a porosidade, reduz a compacta o e a densidade do solo (KER et al., 2015; GUERRA et al., 2017; IGWE et al., 2017; JORGE, 2021; SAYER et al., 2022).

Desta maneira, a ausência de pisoteio, que tende a aumentar a densidade do solo, associada ao fato destes solos apresentarem os maiores teores de matéria orgânica e maior porosidade, faz com que eles sejam menos susceptíveis   ocorrência de processos erosivos, em compara o com o solo do leito das trilhas que, por sua vez, mesmo apresentando os maiores valores de pH, são constantemente compactados pela visita o turística, isto  , apresentam os valores mais elevados de densidade do solo, além das maiores porcentagens de fra o de areia, de teores de matéria orgânica e dos valores de porosidade.

Conclusão

Considerando os aspectos apresentados ao longo desta pesquisa, conclui-se que o turismo de massa que está sendo desenvolvido no litoral do PNSB, associado aos atributos da qualidade do solo, pode favorecer a degrada o do solo através de sua compacta o e da forma o de processos erosivos. Neste sentido, destaca-se a necessidade de se buscar uma alternativa a este turismo de massa, assim como a elabora o e a prática de a oes estratégicas para manejar as trilhas e melhorar os atributos físico-químicos do solo nas trilhas.

Entre os fatores que geram a necessidade destas interven oes, que condicionam a degrada o do solo através da perda de sua qualidade e podem ser apontados como catalizadores dos processos erosivos nas trilhas, destaca-se o intenso pisoteio devido ao fluxo de pessoas e a ausência de cobertura vegetal.

A constru o de degraus, por exemplo,   um manejo indicado para promover o gerenciamento da dinâmica do fluxo superficial da água que, por sua vez,   um dos principais causadores dos processos erosivos hídricos. Ainda, esta organiza o da drenagem superficial através dos degraus, em consonância com o incremento de matéria orgânica no solo, tende a reduzir o volume e a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, aumentar a infiltra o da água no solo e reduzir a evolu o de processos erosivos no leito das trilhas.

Neste sentido, os baixos valores de matéria orgânica no leito das trilhas, por exemplo, podem subsidiar a interven o e manejo na trilha em a oes para minimizar e controlar a degrada o do solo, pois, além de afetar a estabilidade dos agregados, este atributo influencia a forma o de crostas na camada superficial e o volume do *runoff*. Ainda, a incorpora o de matéria orgânica no leito das trilhas pode favorecer o aumento da porosidade do solo e reduzir a ocorrência de processos erosivos, pois, com o aumento

da porosidade, da percolação e da infiltração da água, e com o suprimento de alimentos e nutrientes para a fauna endopodônica, há um aumento na permeabilidade, na aeração e na densidade, que reduz a perda de solo pelo escoamento superficial.

Enquanto os valores de pH se mostraram pouco influentes na diminuição ou no aumento da probabilidade de ocorrência dos processos erosivos, pois seus valores estiveram associados principalmente com a cobertura vegetal e a matéria orgânica do solo, a textura do solo também pode ser apontada como um atributo de grande influência nestes processos, já que o predomínio das frações de areia no leito das trilhas tende a favorecer a erodibilidade do solo, enquanto que, nas bordas, os valores das porcentagens das frações de argila e de silte, associados aos maiores valores de matéria orgânica, porosidade e aos menores de densidade do solo, reduzem esta erodibilidade.

Por fim, foi possível concluir que o levantamento e o monitoramento de atributos estudados é fundamental para nortear e subsidiar ações voltadas ao planejamento e à gestão de trilhas de uso público em Unidades de Conservação, em especial aquelas com intenso fluxo de turistas, pois, através da análise de seus valores, é possível identificar fragilidades ou potencialidades que possam vir a aumentar ou atenuar a degradação do solo, através, por exemplo, de sua compactação e da ocorrência de processos erosivos.

Porém, deve ser reforçado que estas ações não podem considerar ações isoladas a respeito do resultados destes atributos, isto é, deve-se também estabelecer ações que controlem o fluxo de turistas que visitam os atrativos turísticos destas UC's, que consideram a capacidade de carga das trilhas de uso público, assim como a realização de intervenções e manejos conservacionistas, quando necessárias, que provoquem o mínimo impacto ambiental, especialmente em pontos estratégicos que apresentem graus elevados de vulnerabilidade e/ou susceptibilidade a processos de degradação.

Referências Bibliográficas

ALAOUI, A.; ROGGER, M.; PETH, S.; BLÖSCHL, G. Does soil compaction increase floods? A review. *Journal of Hydrology*, v. 557, p. 631-642, 2018.

ALMEIDA, M. P.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; BONTEMPO, G. C. Characterization and degradation state of the trails in Caparaó National Park. *Floresta*, v. 49, n. 4, p. 709-716, 2019.

BHAMMAR, H.; LI, W.; MOLINA, C. M. M.; HICKEY, V.; PENDRY, J.; NARAIN, U. Framework for Sustainable Recovery of Tourism in Protected Areas. *Sustainability*, v. 13, n. 5, p. 2798-2808, 2021.

BOARDMAN, J.; POESEN, J.; EVANS, M. Slopes: soil erosion. *Geological Society, London, Memoirs*, v. 58, p. 1-15, 2021.

BORRELLI, P.; ROBINSON, D. A.; PANAGOS, P.; LUGATO, E.; YANG, J. E.; ALEWELL, C.; WUEPPER, D.; MONTANARELLA, L.; BALLABIO, C. Land use and climate change im-

pacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of The National Academy of Sciences*, v. 117, n. 36, p. 21994-22001, 2020.

BREVES, G. S. S.; BARBOSA, E. F. P.; GARDA, A. B.; SOUZA, T. V. S. *Monitoramento da visitação em Unidades de Conservação Federais: Resultados de 2019 e Breve Panorama Histórico*. Brasília: ICMBio, 2020.

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J. F.; WITTERN, K. P.; LEMOS, A. L.; SANTOS, R. D.; CALDERANO FILHO, B.; OLIVEIRA, R. P.; AGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; MOTHCI, E. P.; LARACH, J. O. I.; CONCEIÇÃO, M.; TAVARES, N. P.; SANTOS, H. G.; GOMES, J. B. V.; CALDERANO, S. B.; GONCALVES, A. O.; MARTORANO, L. G.; BARRETO, W. O.; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L.; SOUZA, J. L. R.; LIMA, T. C.; ANTONELLO, L. L.; LIMA, P. C. *Mapa de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro*. Escala 1:250.000. 2003.

CONTI, B. R.; IRVING, M. A. Desafios para o ecoturismo no Parque Nacional da Serra da Bocaina: o caso da Vila de Trindade (Paraty, RJ). *Revista Brasileira de Ecoturismo (Rbecotur)*, v. 7, n. 3, p. 517-538, 2014.

D'ACQUI, L. P.; CERTINI, G.; CAMBI, M.; MARCHI, E. Machinery's impact on forest soil porosity. *Journal Of Terramechanics*, v. 91, p. 65-71, 2020.

FERRAZ-ALMEIDA, R. How does organic carbon operate in the pore distribution of fine-textured soils? *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 10, p. 743-746, 2022.

FERREIRA, C. S. S.; SEIFOLLAHI-AGHMIUNI, S.; DESTOUNI, G.; GHAJARNIA, N.; KALANTARI, Z. Soil degradation in the European Mediterranean region: processes, status and consequences. *Science of The Total Environment*, v. 805, p. 150106-150123, 2022.

FIGUEIREDO, M. A.; MARTINS, J. V. A. Erosão em trilhas e sua relação com o turismo em áreas protegidas: uma breve discussão. In: SUTIL, T.; LADWIG, N. I.; SILVA, J. G. S. (Orgs.). *Turismo em áreas protegidas*. Criciúma: UNESC, 2021. p. 173-195.

FOLHARINI, S. O.; MELO, S. N.; CAMERON, S. R. Effect of protected areas on forest crimes in Brazil. *Journal of Environmental Planning And Management*, v. 65, n. 2, p. 272-287, 2021.

FONSECA FILHO, R. E.; VARAJÃO, A. C.; CASTRO, P. A. Compactação e erosão de trilhas geoturísticas de Parques do Quadrilátero Ferrífero e da Serra do Espinhaço meridional. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 4, p. 825-839, 2019.

GIRÃO, R. S.; VICENS, R. S.; ALMEIDA, J. C. H.; FERNANDES, P. J. F. Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 1, p. 155-174, 2022.

GIWETA, M. Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: a review. *Journal of Ecology and Environment*, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2020.

GMACH, M. R.; CHERUBIN, R.; KAISER, K.; CERRI, C. E. P. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review. *Scientia Agricola*, v. 77, n. 3, p. 1-10, 2020.

GOLUBOVIĆ, T. D. Environmental Consequences of Soil Erosion. In: MILUTINOVIĆ, S.; ŽIVKOVIĆ, S. *Advances in Environmental Engineering and Green Technologies*. [S.L.]: IGI Global, 2022. p. 112-131.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O.; FULLEN, M. A. The geomorphology of Angra dos Reis and Paraty municipalities, southern Rio de Janeiro State. *Revista Geonorte*, v. 8, n. 1, p. 1-21, 2013.

_____; FULLEN, A.; JORGE, M. C. O.; BEZERRA, J. F. R.; SHOKR, M. S. Slope processes, mass movements and soil erosion: a review. *Pedosphere*, v. 27, p. 27-41, 2017.

HEILBRON, M.; EIRADO, L. G.; ALMEIDA, J. *Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro*. Escala 1:400.000. 2016.

HIRUMA, S. T.; RICCOMINI, C.; MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; HACKSPACHER, P. C.; HADLER NETO, J. C.; FRANCO-MAGALHÃES, A. O. B. Denudation history of the Bocaina Plateau, Serra do Mar, southeastern Brazil: relationships to gondwana breakup and passive margin development. *Gondwana Research*, v. 18, n. 4, p. 674-687, 2010.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). *Plano de Manejo da APA de Cairuçu*. 2004. Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/1559_20140806_150818.pdf. Acesso em: 23 abr. 2023.

_____. *Piscina natural terá limite de visitantes em Parque Nacional*. 2014. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/destaques/122-operacao-carnaval-2014.html>. Acesso em: 08 jan. 2023.

_____. *Painel Dinâmico*. 2021. Disponível em: http://qv.icmbio.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc2.htm?document=painel_corporativo_6476.qvw&host=Local&anonymous=true. Acesso em: 19 set. 2022.

IGWE, P. U.; EZEUKWU, J. C.; EDOKA, N. E.; EJIE, O. C.; IFI, G. I. A Review of Vegetation Cover as a Natural Factor to Soil Erosion. *International Journal of Rural Development, Environment and Health Research*, v. 1, n. 4, p.21-28, 2017.

JORGE, M. C. O. *Solos: conhecendo sua história*. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

KAMINO, L. H. Y.; REZENDE, E. A.; SANTOS, L. J. C.; FELIPPE, M. F.; ASSIS, W. L. Atlantic Tropical Brazil. In: SALGADO, A. A. R.; SANTOS L. J. C.; PAISANI, J. C. *The Physical Geography of Brazil: environment, Vegetation and Landscape*. [s.l.]: Springer, 2019. p. 41-74.

KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. *Pedologia: Fundamentos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

LEUNG, Y. F.; SPENCELEY, A.; HVENEGAARD, G.; BUCKLEY, R. *Tourism and visitor management in protected areas: guidelines for sustainability*. Gland: IUCN, 2018.

LEUZINGER, M. D.; SANTANA, P. C.; SOUZA, L. R. *Parques nacionais do Brasil: pesquisa e preservação*. Brasília: CEUB, 2020.

LIMA, G. M.; GUERRA, A. J. T. Áreas degradadas por processos erosivos hídricos na Trilha do Morro Dois Irmãos, no município do Rio de Janeiro (RJ). *Revista Ciência Geográfica*, v. 27, n. 1, p. 376-395, 2023.

_____; RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. Monitoramento da microtopografia do solo em trilhas de uso público no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 24, n. 1, p. 1-17, 2023.

MARION, J. L.; LEUNG, Y. F.; EAGLESTON, H.; BURROUGHS, K. A Review and Synthesis of Recreation Ecology Research Findings on Visitor Impacts to Wilderness and Protected Natural Areas. *Journal of Forestry*, v. 114, n. 3, p. 352-362, 2016.

MARQUES, M. C. M.; GRELLE, C. E. V. *The Atlantic Forest*. Cham: Springer, 2021.

MATSUMOTO, S.; OGATA, S.; SHIMADA, H.; SASAOKA, T.; HAMANAKA, A.; KUSUMA, G. J. Effects of pH-Induced Changes in Soil Physical Characteristics on the Development of Soil Water Erosion. *Geosciences*, v. 8, n. 4, p.134-147, 2018.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Bocaina*. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente. Diretoria de Ecossistemas/Departamento de Unidades de Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/extras/62-plano-de-manejo-e-monitorias.html>. Acesso em: 8 abr. 2023.

MOREIRA, L. P.; SOUZA, T. R.; GUIMARÃES, L. L.; BARRELLA, W.; SADAUSKAS-HENRIQUE, H.; RAMIRES, M. Impact of tourism on two trails in the Sustainable Development Reserve of Barra do Una, Peruíbe City, State of São Paulo, Brazil. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. 1-22, 2020.

NGUYEN, V. B.; NGUYEN, Q. B.; ZHANG, Y. W.; LIM, C. Y. H.; KHOO, B. C. Effect of particle size on erosion characteristics. *Wear*, v. 348-349, p.126-137, 2016.

Guilherme Marques de Lima, Luana de Almeida Rangel e Antônio José Teixeira Guerra

PEREIRA, L. S.; RODRIGUES, A. M.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; BOOTH, C. A.; FULLEN, M. A. Detrimental effects of tourist trails on soil system dynamics in Ubatuba Municipality, São Paulo State, Brazil. *Catena*, v. 216, p. 1-15, 2022.

POESEN, J. Soil erosion in the Anthropocene: research needs. *Earth Surface Processes And Landforms*, v. 43, n. 1, p. 64-84, 2018.

PRĂVĂLIE, R. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet. *Earth-Science Reviews*, v. 220, p. 1-33, 2021.

PRESCOTT, C. E.; VESTERDAL, L. Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils. *Forest Ecology and Management*, v. 498, p. 1-14, 2021.

RANGEL, L. A. *Geoturismo em Unidades de Conservação: a utilização de trilhas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina – Paraty (RJ)*. 2018. 224 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

_____; GUERRA, A. J. T. Microtopografia e compactação do solo em trilhas geoturísticas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina – Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 2, p. 391-405, 2018.

_____; JORGE, M. C.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Soil Erosion and Land Degradation on Trail Systems in Mountainous Areas: Two Case Studies from South-East Brazil. *Soil Systems*, v. 3, n. 3, p. 56-70, 2019.

ROMA, T. N.; MOREIRA, L. A.; RIONDET-COSTA, D. R. T.; GILIOLI, L. A. Diálogos de educação ambiental não formal: relato de experiência de um mutirão de limpeza em um parque nacional. *Educação Ambiental em Ação*, v. XVIII, n. 70, p. 1-7, 2020.

ROMEO R.; RUSSO, L.; PARISI F.; NOTARIANNI M.; MANUELLI S.; CARVAO S. *Mountain tourism – towards a more sustainable path*. Roma: UNWTO, 2021.

SAYER, E. J.; RODTASSANA, C.; SHELDRAKE, M.; BRÉCHET, L. M.; ASHFORD, O. S.; LOPEZ-SANGIL, L.; KERDRAON-BYRNE, D.; CASTRO, B.; TURNER, B. L.; WRIGHT, S. J. Revisiting nutrient cycling by litterfall – Insights from 15 years of litter manipulation in old-growth lowland tropical forest. In: HOLZER, J. M.; BAIRD, J.; HICKEY, G. M. (Orgs.). *Advances In Ecological Research*. [S.L.]: Elsevier, 2022. p. 173-223

SCHLATTER, D. C.; KAHL, K.; CARLSON, B.; HUGGINS, D. R.; PAULITZ, T. Soil acidification modifies soil depth-microbiome relationships in a no-till wheat cropping system. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 149, p. 1-9, 2020.

SILVA, J. M. C. ; DIAS, T. C. A. C.; CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A. Funding deficits of protected areas in Brazil. *Land Use Policy*, v. 100, p. 1- 6, 2021.

SOARES, F. S.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A. Distribuição espaço-temporal da precipitação na Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande-RJ. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n. 1, p. 125-138, 2014.

SOUZA, D. H.; HACKSPACHER, P. C.; SILVA, B. V.; SIQUEIRA-RIBEIRO, M. C.; HIRUMA, S. T. Temporal and spatial denudation trends in the continental margin of southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 105, p. 102931-102952, 2021.

SPERNBAUER, B. S.; MONZ, C.; D'ANTONIO, A.; SMITH, J. W. Factors influencing informal trail conditions: implications for management and research in urban-proximate parks and protected areas. *Landscape and Urban Planning*, v. 231, p. 1-25, 2023.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

THOMAZ, S. M.; BARBOSA, L. G.; DUARTE, M. C. S.; PANOSSO, R. Opinion: the future of nature conservation in Brazil. *Inland Waters*, v. 10, n. 2, p. 295-303, 2020.

TOTSCHKE, K. U.; AMELUNG, W.; GERZABEK, M. H.; GUGGENBERGER, G.; KLUMPP, E.; KNIEF, C.; LEHNDORFF, E.; MIKUTTA, R.; PETH, S.; PRECHTEL, A.; RAY, N.; KOGEL-KNABNER, I. Microaggregates in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 181, n. 1, p.104-136, 2017.

USDA (United States Department of Agriculture). Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167. Acesso em: 08 dez. 2022.

ZHANG, X.; ZHONG, L.; YU, H. Sustainability assessment of tourism in protected areas: a relational perspective. *Global Ecology and Conservation*, v. 35, p. 1-14, 2022.

Agradecimentos

Os autores desta pesquisa agradecem à CAPES e à FAPERJ pelo apoio financeiro necessário para a elaboração dos trabalhos de campo, e ao Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) pela autorização necessária para poder realizar a coleta e a análise das amostras de solo.

Recebido em: 21/11/2022. Aceito em: 26/04/2023.