

Artigo de Pesquisa

Análise do potencial erosivo em áreas de acesso a geomorfossítios no médio curso do rio Araguari, estado do Amapá

Analysis of erosive potential in areas of access to geomorphosites in the middle Araguari river course, Amapá

Celina Marques do Espírito Santo¹, Antonio José Teixeira Guerra², Claudio Fabian Szlafsztein³ e Jucilene Amorim Costa¹

¹ Universidade Federal do Amapá, Departamento de Filosofia e Ciências Humanas, Macapá, Brasil.

E-mail: celina.marques@unifap.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1413-4910>

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail: antoniotguerra@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2562-316X>

³ Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente, Belém, Brasil. E-mail: ioselesz@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2855-2056>

¹ Universidade Federal do Amapá, Departamento de Filosofia e Ciências Humanas, Macapá, Brasil.

E-mail: jucilene22@bol.com.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5020-7240>

Recebido: 10/03/2019 ; Aceito: 29/03/2021 ; Publicado: 01/07/2021.

Resumo: Os geomorfossítios são importantes paisagens geomorfológicas, com valores científico, didático e notável beleza cênica, que proporcionam conhecimento sobre os processos evolutivos da Terra e dispõem de potencial ao geoturismo. No Brasil, as áreas de acesso a esses locais apresentam infraestrutura precária, intensificada pela supressão vegetal e excedente pluviométrico, gerando solos vulneráveis à degradação. A erosão é um dos principais tipos de degradação dos solos, cujos maiores índices encontram-se em países subdesenvolvidos. Este artigo objetivou analisar o potencial erosivo em três áreas de acesso a geomorfossítios localizadas no médio curso do rio Araguari, estado do Amapá. Em cada área definiu-se dois pontos para a coleta de solo, totalizando 36 amostras, deformadas e indeformadas, submetidas à análise granulométrica, densidade aparente, e porosidade. As áreas de acesso apresentaram diferentes valores de textura, densidade aparente e porosidade. A concentração de silte na orla fluvial reflete a formação de crostas e está relacionada ao maior valor de densidade aparente e menor porosidade. Assim, a predominância da textura arenosa implica na perda de solos, dada a elevada capacidade de drenagem. Portanto, o potencial erosivo é elevado, pois predominam solos arenosos e siltosos, sugerindo o uso para finalidades residenciais, comerciais e turísticas.

Palavras-chave: erosão; degradação dos solos; geoconservação.

Abstract: The geomorphosites are important geomorphological landscapes, with scientific and didactic values, and notable scenic beauty, which provide knowledge regarding the Earth evolutionary processes and have geotourism potential. In Brazil,

the areas with access to these sites present precarious infrastructure, enhanced by vegetation clearance and rainfall surplus, generating soils vulnerable to degradation. Erosion is one of the main types of soil degradation, where the highest rates are found in underdeveloped countries. This paper aims at analysing the erosive potential of three areas of access to geomorphosites, situated in Araguari river, in Amapá State. In each area, two sites were selected to collect disturbed and undisturbed soil samples, to analyse soil texture, bulk density and porosity. The areas of access have shown different values for soil texture, bulk density and porosity. The concentration of silt on the river bank, shows that crust formation is related to the highest values of bulk density and lower porosity. Therefore, the predominance of sandy texture implies on soil loss, due to the high drainage capacity. As a matter of fact, the erosive potential is high, due to sandy and silty soils, suggesting the use to residential, commercial and tourist goals.

Key words: erosion; soils degradation; geoconservation

1. Introdução

A diversidade de formas de relevo com notável beleza cênica e a aceleração de processos erosivos na região amazônica têm como um importante agente ativo o excedente pluviométrico e sua interação com as diferentes litologias existentes. Isso proporciona a esculturação do relevo por meio do intemperismo químico. O potencial que as formas de relevo apresentam para o aproveitamento econômico, por exemplo, pode intensificar a sua degradação, assim como de áreas adjacentes.

Os geomorfossítios são excepcionais formas de relevo que imprimem na paisagem a herança da evolução geomorfológica de uma área, por isso compõem parte da geodiversidade existente na Terra conforme apontaram (COMANESCU; NEDELEA; STANOIU, 2017; OZER; DUSAR, 2018; SILVA; POCIDÔNIO, 2018). Trata-se de um termo conceituado inicialmente por Panizza (2001), para o qual a funcionalidade dessas formas associa-se a valores econômicos, científicos, didáticos e turísticos.

Considerando estes usos, existe circulação de pessoas, animais e veículos em estradas, rodovias, trilhas e ramais não pavimentados, que apresentam diferentes estágios de erosão dos solos. Os estudos de Sena et al. (2014), Jorge et al. (2014), Jorge (2017), Rangel e Guerra (2018), Rangel (2018), Espírito Santo (2018) e Guerra et al. (2020) corroboram a degradação dos solos em trilhas e áreas de acesso a geoformas com elevado potencial para o desenvolvimento do geoturismo e geoconservação. A pressão decorrente de atividades turísticas em uma geoforma e nas suas áreas de acesso expõe solos à erosão, em particular pela retirada da vegetação sem planejamento e manejo adequado.

Embora seja um importante recurso para a sociedade, os dados sobre a situação dos solos são alarmantes. O relatório *"Status of the world's soil resources"* informa que 33% dos solos do mundo estão degradados, em função da ação de processos de erosão, salinização, compactação, acidificação e contaminação. A erosão, indicada como um dos principais problemas encontrados no Brasil, é responsável pela remoção global de 25 a 40 milhões de toneladas de solo por ano (FAO, 2015).

A erosão dos solos é um processo geomorfológico de subtração e translocação das partículas e agregados do solo, dos fragmentos de rocha, e da matéria orgânica do seu local de origem, através de processos físicos e biológicos, muitas vezes induzidos pela ação humana (POESEN, 2017). Trata-se de uma forma de degradação dos solos recorrente em zonas com excedente hídrico, assim como com elevado volume e frequência de precipitação (intensidade, massa, velocidade e energia cinética) (GUERRA et al., 2017). Além da chuva, outros fatores podem influenciar na perda de solos por erosão como as características das encostas, propriedades dos solos, cobertura vegetal e formas inadequadas de uso e manejo dos solos (GUERRA, 2005; BERTONI; NETO, 2010; MARTORANO et al., 2017).

No médio curso do rio Araguari, localizado na região centro-sul do estado do Amapá (Brasil), as formas de apropriação e uso dos solos para diferentes atividades econômicas, comerciais e residenciais, sem o manejo adequado, intensificam os processos erosivos dos solos (MEDEIROS; NETO, 2016; MOURA et al., 2016; SILVA; COSTA, 2016; SILVA, 2017).

As características do suporte físico da paisagem decorrente das interações entre aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos e pedológicos determinam as condições morfológicas e os processos fluviais (IBGE, 2004a, 2004b, 2004c; CPRM, 2013, 2016).

Nesta área desenvolvem-se atividades associadas à mineração de produtos para a construção civil, à produção de energia (três usinas hidrelétricas), ao uso balneário das cachoeiras e corredeiras e ao uso do potencial educativo dos afloramentos, formas e estruturas geológicas.

Considerando essa problemática, o presente artigo analisa o potencial erosivo dos solos em três áreas de acesso a geomorfossítios no médio curso do rio Araguari, no estado do Amapá.

A avaliação da degradação dos solos em áreas de acesso aos geomorfossítios é relevante visto que essas áreas ilustram variados processos e formas, o que lhe atribuem valor didático para o aprendizado. Além disso, as condições precárias de infraestrutura comprometem a qualidade dos solos, o que implica na necessidade de construir informações que poderão contribuir a gestão e planejamento do uso dessas paisagens.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de Estudo

O trecho do médio curso do rio Araguari (área de 424,8 km²), localiza-se entre as sedes municipais de Ferreira Gomes e Porto Grande, região Centro-Sul do estado do Amapá (Figura 1).

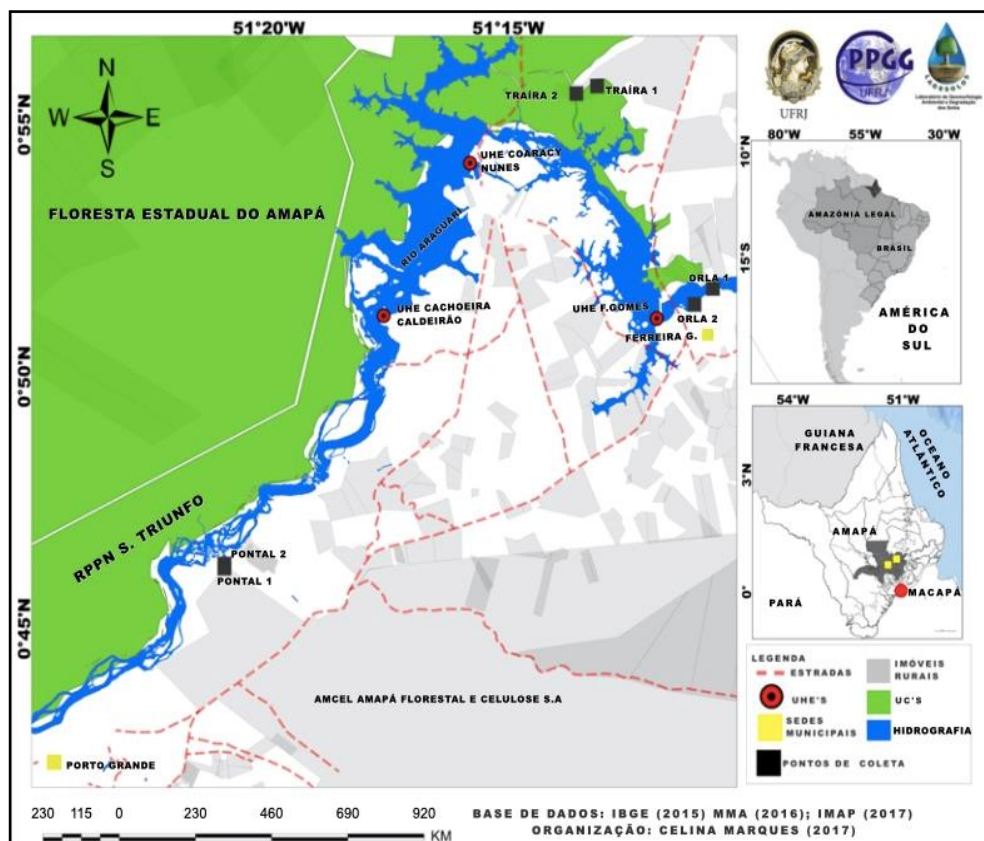


Figura 1: Localização da área de estudo no médio curso do rio Araguari – AP. Os pontos de coleta de solos estão representados com quadrados na cor preta no mapa. De sudoeste para nordeste, receberam as denominações: Pontal 1; Pontal 2; Traíra 1; Traíra 2; Orla 1; e Orla 2.

No presente trabalho, as unidades de análise são três geomorfossítios localizados no médio Araguari, denominados Pontal das Pedras, Cachoeira do Traíra e Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari, na orla fluvial do município de Ferreira Gomes.

Os locais foram a princípio definidos de geomorfossítios por Espírito Santo (2018). Embora não exista o registro desses geomorfossítios nas plataformas oficiais da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) e do Cadastro de Sítios Geológicos (GEOSSIT), ligadas ao Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), tratam-se de paisagens com valores científico, educacional, cultural e econômico de relevância

regional. Esse cenário justifica uma primeira inserção desses geomorfossítios no contexto das discussões sobre a conservação do patrimônio natural do meio abiótico no estado do Amapá.

A escolha desses geomorfossítios ocorreu por conta da facilidade de acesso e diferentes usos que ocorrem nas proximidades, como por exemplo, para o aproveitamento turístico, residencial, comercial, e de geração de energia hidroelétrica. Cabe também informar que nos geomorfossítios Pontal das Pedras e Cachoeira do Traíra o acesso é feito por ramais, por sua vez o acesso ao geomorfossítio Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari é feito, primeiramente por vias terrestres e depois fluvial, e o ponto principal de visualização é a orla urbana do município de Ferreira Gomes.

Cada ramal possui aproximadamente 4 km de extensão, desde a estrada BR-156 até a localização das geoformas. A orla fluvial apresenta 1,2 km de extensão e está disposta paralelamente as feições que se formam na margem direita do rio Araguari e perpendicularmente, às corredeiras no leito do referido rio. Sendo que para o presente trabalho considerou-se o trecho do ramal que dá acesso exclusivamente aos geomorfossítios. Portanto, os trechos dos ramais considerados possuem, aproximadamente, 700 m e 1,3 km de extensão. Esses ramais apresentam vários pontos de confluência com outros, com trilhas e com ruas que dão acesso a demais localidades. Assim, a partir da última bifurcação até os afloramentos, todas as pessoas e veículos têm um único destino. Por isso a partir desses pontos foram feitas as coletas e análises o que permitiu avaliar o potencial a erosão e associar ao principal uso atribuído as geoformas.

Os levantamentos de potencial de recursos naturais existentes no Projeto RADAM em Brasil (1974) indicaram que a área de estudo se insere em uma zona de contato entre terrenos do Complexo Guianense, basicamente granitos e gnaisses, e da Formação Barreiras, representada por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos (LIMA; BEZERRA; ARAÚJO, 1991; IBGE, 2004a; CPRM, 2013).

A precipitação e a temperatura apresentam médias anuais de 2.962 mm e 30° C, respectivamente. O clima, segundo a classificação de Köppen, é Equatorial Úmido com três meses de estiagem (setembro, outubro e novembro), e três meses de excedente pluviométrico (março, abril e maio) (IBGE, 2017). Os demais meses são de transição, no entanto, dezembro, janeiro e fevereiro são chuvosos e junho, julho e agosto, com reduzido índice de pluviosidade.

Boaventura e Narita (1974), IBGE (2004b) e CPRM (2013) descrevem duas unidades morfoesculturais: as “Colinas do Amapá” (vertentes dissecadas, com topos tabulares, fraco aprofundamento das incisões e afloramentos rochosos no topo das colinas e no leito do rio), e os “Tabuleiros Costeiros” (feições de topos convexos esculpidas em rochas cristalinas, mas também sedimentares, e apresentam vales poucos profundos e vertentes com baixo valor de declividade).

Em estudos feitos por Ecotumucumaque (2010) identificou-se um trecho nas margens do rio Araguari no qual existe uma zona de contato entre rochas cristalinas e sedimentares, com relevo de topo convexo, presença de sulcos e baixa declividade. Em trabalhos de campo, verificou-se que nas margens do rio Araguari ocorrem os terraços fluviais, que é uma subunidade dentro dos tabuleiros.

As duas principais classes de solos descritas na área são os Argissolos Vermelho-Amarelo, predominantes nos terraços fluviais e nas bordas dos tabuleiros, e os Latossolos Vermelho-Amarelo, associados aos topos das colinas, que constituem solos bem desenvolvidos e recobertos por uma camada de concreções lateríticas (PERES; SERRUYA; VIEIRA, 1974; SILVA, 2017).

As características topográficas locais associadas à declividade e aos controles estruturais resultam em um conjunto de afloramentos rochosos nas margens e no leito do rio Araguari e dos seus afluentes.

Os geomorfossítios do médio Araguari refletem as ações geológicas que resultam no afloramento de granitos, gnaisses e arenitos. A atuação de processos fluviais, característicos dos cursos médios das drenagens, como o transporte de partículas e a sedimentação em zonas de menor energia, levam a formação de sedimentos aluvionares ou praias fluviais.

2.2. Coletas de amostras de solo

Coletas de amostras de solos foram feitas nas profundidades até 10 cm, através dos trabalhos de campo realizados em cada local de acesso aos geomorfossítios considerados. Coletou-se 36 amostras deformadas e indeformadas de dois pontos em cada local de acesso, abertos em mini trincheiras às margens dos ramais (Pontal 1, Pontal 2, Traíra 1 e Traíra 2) e em terraços fluviais às margens do rio Araguari (Orla 1 e Orla 2) (Figura 2).

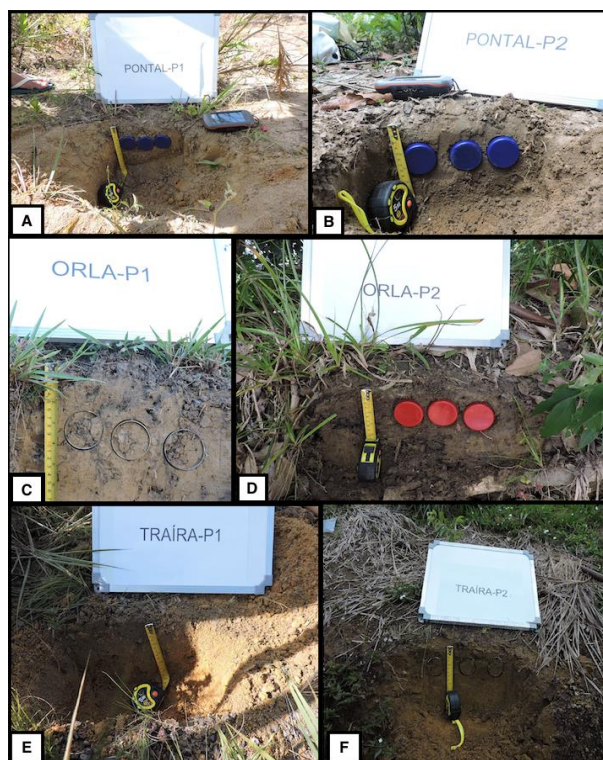


Figura 2: Pontos de coleta das amostras de solos deformadas e indeformadas nas áreas de acesso aos geomorfossítios. A) Pontal 1; B) Pontal 2; C) Orla 1; D) Orla 2; E) Traíra 1; F) Traíra 2.

2.3. Análise de laboratório

A determinação da densidade aparente e textura foram realizadas utilizando procedimentos operacionais padrão, definidos no Manual de Métodos de Análises de Solo (EMBRAPA, 1997).

2.3.1. Densidade aparente e porosidade

Essa propriedade física foi determinada através do método de análise “Anel Volumétrico”, que consiste em coletar amostras de solo com estrutura indeformada, de através de anéis de aço (anel de Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de 100 cm³.

Os dados de densidade do solo permitiram analisar a densidade aparente e a porosidade total do solo, através da relação entre a massa sólida e o volume total, com a determinação dos volumes total e poroso das amostras. Valores elevados de densidade aparente significam a perda da estrutura do solo, dada a baixa porosidade e alta capacidade de compactação do solo, o que compromete a circulação do ar, da água no solo, da vegetação e da microfauna, reduzindo a infiltração e possibilitando o aumento do escoamento superficial, e assim, a degradação da estrutura do solo, conforme observou-se em (GUERRA, 2005).

Para alcançar o valor da densidade aparente, após os procedimentos de laboratório, que incluem a determinação do volume do anel volumétrico e a secagem das amostras em estufa, mensurou-se o valor da densidade real através da fórmula:

$$Dp = a/50 - b \quad (1)$$

Onde,

Dp = Densidade Real (g/cm³)

a = massa da amostra seca a 105°C (g)

b = volume de álcool gasto (ml)

A partir dos dados de Densidade Real, calculou-se a Densidade Aparente, através da fórmula:

$$Ds = a/b \quad (2)$$

Onde,

Ds = Densidade Aparente (g/cm³)

a = peso da amostra seca (g)

b = volume do anel

A porosidade foi calculada por meio da fórmula:

$$Pt = 100 (Dp - Ds) / Dp \quad (3)$$

Onde,

Pt = Porosidade total

Dp = Densidade real

Ds = Densidade aparente

2.3.2. Análise Granulométrica

As amostras de solos deformadas, após secarem em temperatura ambiente, foram destorroadas e peneiradas em malha com abertura < 2,0 mm, uma alíquota de cada amostra foi utilizada para quantificar as frações areia grossa, areia fina, silte e argila utilizando o "método internacional da pipeta", que se baseia na velocidade do deslocamento vertical das partículas do solo em água e solução dispersante de hidróxido de sódio. A análise granulométrica foi realizada no laboratório da Embrapa/Amapá, seguindo os procedimentos contidos em (EMBRAPA, 1997).

Os dados de granulometria permitiram analisar e determinar a textura do solo, utilizando o "Método da Pipeta", que se baseia na velocidade do deslocamento vertical das partículas do solo em água e dispersante químico. Segundo Morgan (2005), percentuais elevados de frações de silte e areia podem indicar maior susceptibilidade aos processos erosivos, uma vez que ambos apresentam baixa capacidade de agregação, em contrapartida a presença de argila estabiliza os agregados.

3. Resultados e discussão

3.1. Atuação dos fatores controladores da erosão nos geomorfossítios

Além da erodibilidade, fatores como a declividade, forma da encosta e uso influenciam nos distintos valores das propriedades físicas do solo, como a textura e a densidade aparente.

Com relação a textura, os elementos geológicos, climáticos e geomorfológicos são importantes fatores para a formação do solo. Sobre a densidade aparente deve-se associar sempre a pressão exercida no solo pela circulação de animais, pessoas e veículos, além das influências texturais.

Palmieri e Larach (2004) definiram que quando o material de origem de um local é não consolidado e/ou proveniente do intemperismo da rocha mãe, pode ou não estar relacionado com o embasamento local. Já Lepsch (2010) afirma que os materiais originados de sedimentos consolidados, como arenitos, siltitos e argilitos, formam-se pela deposição e solidificação dos sedimentos que derivam da fragmentação de rochas ígneas ou metamórficas.

A partir de estudos feitos por Lima et al. (1974), Ecotumucumaque (2010) e CPRM (2013) pôde-se identificar que na área onde se localizam os geomorfossítios, assim como nos acessos, há uma transição entre tipos de rochas ígneas e sedimentares, com a ocorrência de aluviões holocênicos nas margens do rio Araguari (Figura 3). Guerra (1994) mostrou que há uma zona de contato entre o embasamento cristalino e a faixa sedimentar, decorrente de origem tectônica. Em trabalhos de campo foi possível observar essa transição de embasamentos, não perfeitamente definida na cartografia, por ausência de dados em escalas maiores.

O mesmo problema de escala para o embasamento geológico ocorre na representação cartográfica da geomorfologia. Como é possível observar, os geomorfossítios e áreas contíguas encontram-se em uma mesma unidade geomorfológica, os Tabuleiros Costeiros, provenientes das rochas sedimentares do grupo Barreiras (Figura 4). No entanto, em campo foi possível examinar formas associadas a colinas, com o predomínio de rochas

ígneas, derivadas do embasamento cristalino do Escudo das Guianas. Observou-se também outros aspectos, como os terraços fluviais. A identificação dos terraços por meio dos dados disponíveis em materiais secundários, e das bases cartográficas existentes para a área de estudo, é difícil, uma vez que a representação do relevo ocorre na escala de 1:1.000.000 (Tabela 1).

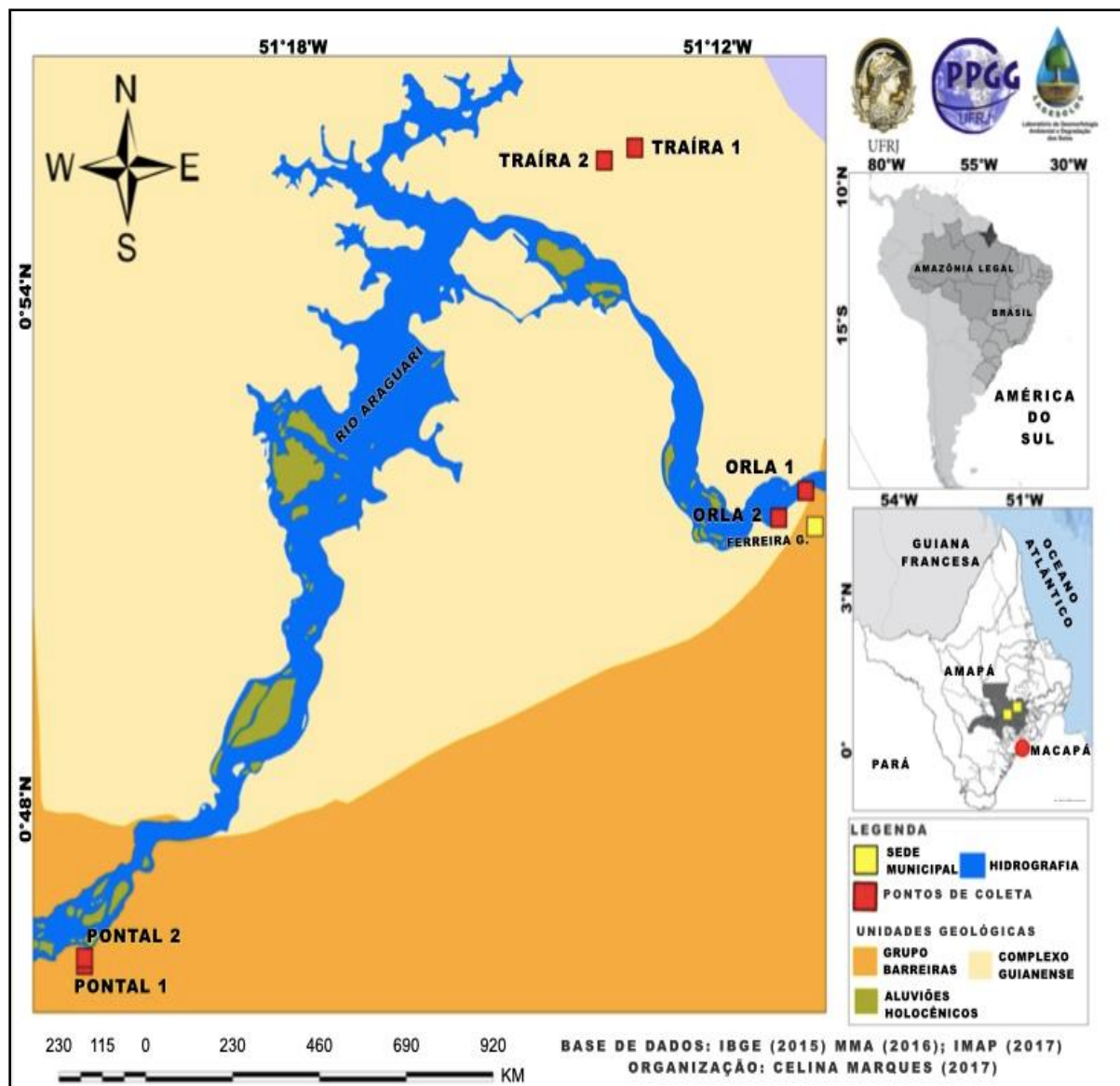


Figura 3: Mapa de Unidades Geológicas no médio curso do rio Araguari, estado do Amapá.

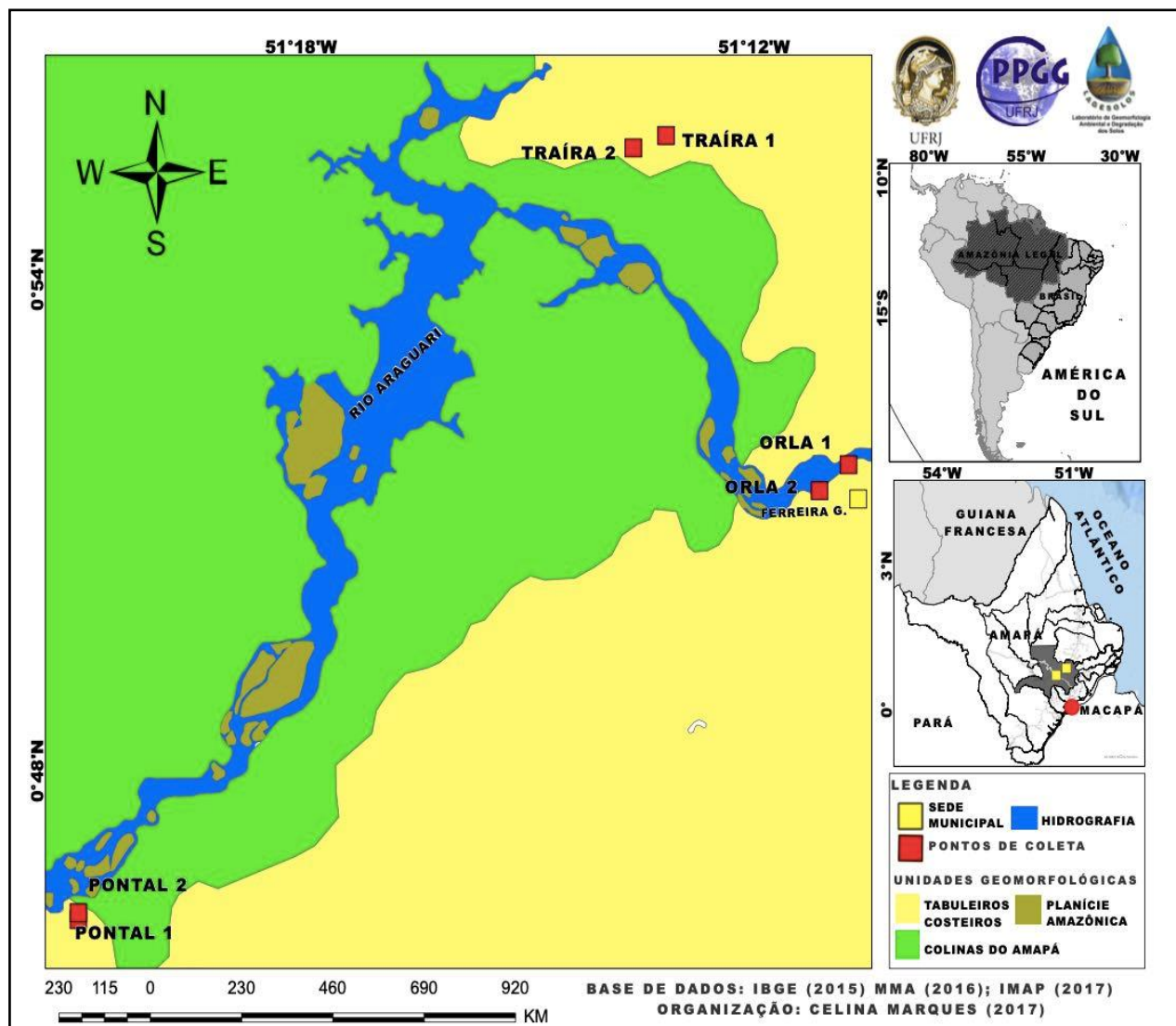


Tabela 1: Caracterização dos geomorfossítios no médio curso do rio Araguari.

Geomorfossítio	Pontos de coleta	Localização	Geologia	Geomorfologia	Características	Ilustração
Pontal das Pedras	Pontal 1	0°46'11" N 51°20'57" W	Complexo Guianense	Colinas do Amapá	Área Inundada pela construção, a jusante, da UHE Cachoeira Caldeirão; . Afloramentos rochosos no leito, também nas margens, do rio Araguari; . Formação de ilhas rochosas com aspectos e tamanhos variados, típicas de embasamento cristalino	
	Pontal 2	0°46'16" N 51°20'57" W				
Cachoeira do Traíra	Traíra 1	0°55'45" N 51°13'10" W	Grupo Barreiras	Tabuleiros Costeiros	Área adjacente à cachoeira do Traíra; . Forma de topo tabular, colonizada por vegetação de Cerrado; . Afloramentos rochosos; . Vertentes com média declividade	
	Traíra 2	0°55'36" N 51°13'36" W				
Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari	Orla 1	0°51'44" N 51°10'45" W	Grupo Barreiras; Aluviões Holocênicos	Tabuleiros Costeiros	Área de orla e corredeiras na margem direita do rio Araguari; . Afloramentos rochosos e formação de piscinas naturais no leito do rio; . Colonização de vegetação, denotando forte relação entre a biodiversidade e o embasamento (geodiversidade)	
	Orla 2	0°51'25" N 51°11'08" W				

Estudos relacionados ao clima em Oliveira et al. (2010), aos processos erosivos em Silva (2017) e à geodiversidade em Espírito Santo (2017) ressaltam também a importância de fatores climáticos, que atuam diretamente na modelagem do relevo, na diversidade de formas e, conseqüentemente, na erosão, através da remoção e deposição de partículas dos solos (Figura 5). Os elevados índices pluviométricos, temperatura, umidade e a sua atuação em diferentes litologias influenciam no intemperismo químico e físico das rochas.



Figura 5: A geologia nos três geomorfossítios. A) Afloramento de granito na margem direita do rio Araguari, pertencentes a rochas ígneas no geomorfossítio “Pontal das Pedras”; B) Coberturas inconsolidadas compostas de arenitos, siltitos e argilitos, pertencentes às rochas sedimentares, no geomorfossítio “Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari”; C) Afloramento de granito no leito do igarapé do Traíra, afluente da margem esquerda do rio Araguari, pertencentes as rochas ígneas no geomorfossítio “Cachoeira do Traíra”.

No geomorfossítio “Pontal das Pedras”, a altitude registrada foi de 79 m no primeiro ponto de coleta dos solos e 73 m no segundo, ambos distantes entre si aproximadamente 700 metros. A forma da encosta é retilínea, com posição no terço inferior do relevo, que converge para uma Área de Preservação Permanente (APP) nas

margens do rio, onde afloram rochas graníticas (Figuras 6a e 6b). A topografia local e regional é suavemente ondulada com valores de declividade que variam de 3 % a 8 %. Ao longo do ramal registrou-se a presença de ravinas com vegetação inclusa em seu interior, o que indica a regeneração do solo (Figura 6c).

Esta área foi utilizada para fins recreativos até março de 2016, e, quando inundada devido ao preenchimento do lago da barragem da Usina Hidroelétrica “Cachoeira-Caldeirão” perdeu tal funcionalidade, reduzindo o pisoteio pelas pessoas que acessavam o local. Por outro lado, a via principal bifurca com outras vias de acesso a áreas de exploração mineral como brita e seixo, e cujo maquinário para extração e transporte gera impactos relacionados a compactação do solo.

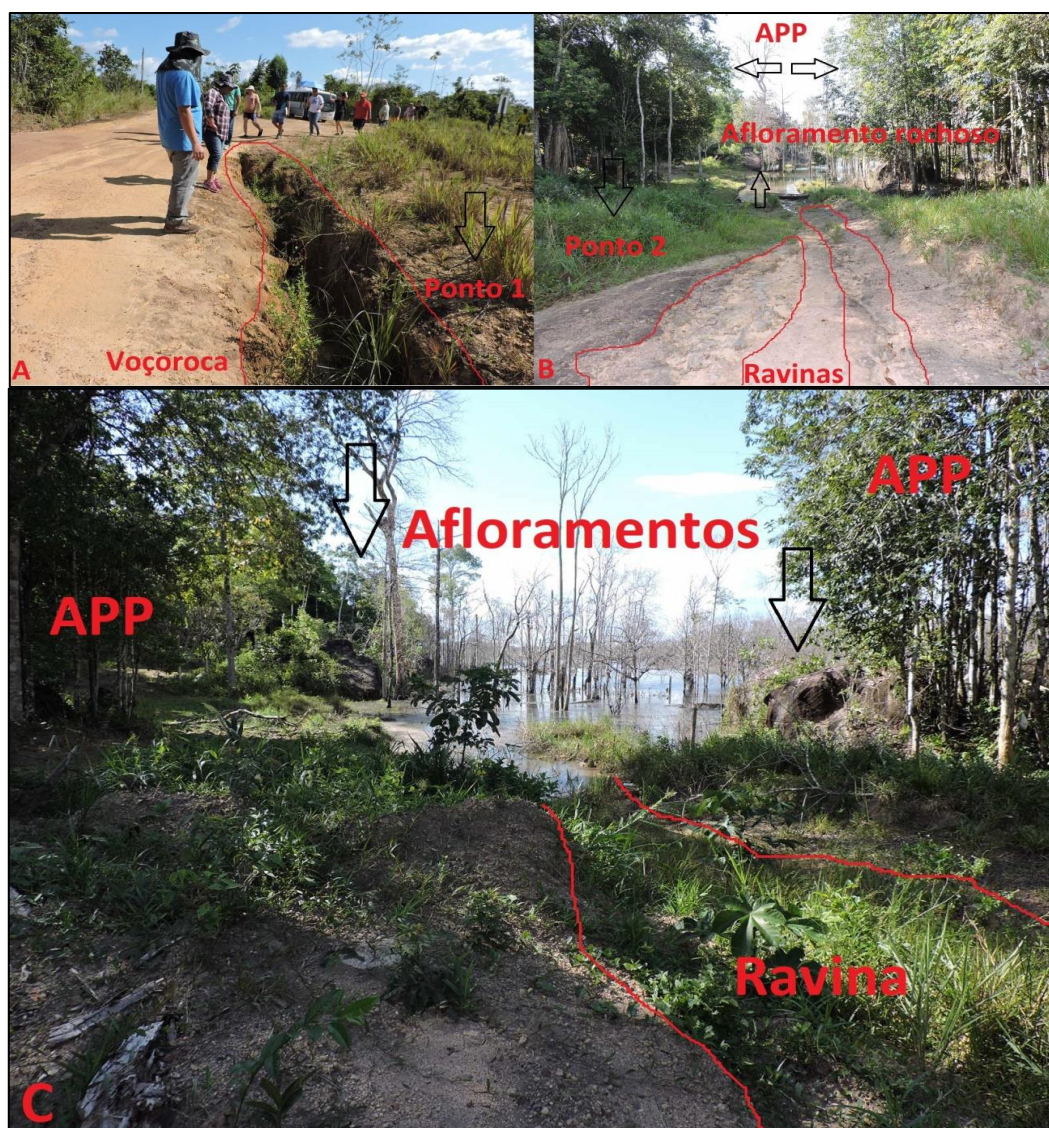


Figura 6: Geomorfossítio “Pontal das Pedras”, localização no relevo, com forma da encosta e processos atuantes, como presença de voçoroca e ravinas. A) Ponto 1 de coleta de solos, na área no ramal de acesso aos afloramentos rochosos; B) Ponto 2 de coleta de solos, ilustrando a APP e o afloramento rochoso ao fundo; C) Local próximo ao ponto 2, ilustrando a regeneração de uma ravina. O intervalo de tempo entre as fotos B e C foi de 1 ano, período de desativação do uso recreativo do balneário “Pontal das Pedras”

Na área de acesso ao geomorfossítio “Cachoeira do Traíra” (Figura 7), a altitude é de 58 m no primeiro ponto e 33 m no segundo. A forma da encosta é convexo-retilínea, com posição nos terços superior e inferior do relevo, respectivamente. Na parte superior encontra-se o início do ramal e na parte inferior o ramal finaliza diretamente na cachoeira. A topografia local e regional é ondulada a forte ondulada, com presença de morrotes, cuja

declividade varia de 13 % a 18 %. Nessa área a presença de afloramentos rochosos é recorrente e no primeiro ponto, onde a vegetação é de cerrado, há a presença de uma camada laterítica dispersa em superfície, com diâmetro de 2 cm a 5 cm, medido em trabalho de campo.



Figura 7: Geomorfossítio “Cachoeira do Traíá”. A) Ponto 1 de coleta no geomorfossítio, no terço superior do relevo, ilustrando a vegetação de cerrado e o relevo misto ao fundo representado pelos Tabuleiros Costeiros antecededidos pelas Colinas, na parte frontal; B) Ponto 2 de coleta no geomorfossítio; e C) Ilustração da geomorfologia regional, vegetação e processos. Formas tabulares colonizadas por vegetação de cerrado, nas áreas dissecadas com formação de drenagem entre as formas tabulares, encontra-se a floresta densa.

No geomorfossítio “Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras de Ferreira Gomes” (Figura 8), margem direita do rio Araguari, o embasamento sedimentar possui unidade associada aos tabuleiros costeiros, representados pelos terraços fluviais. A altitude no primeiro ponto é de 11 m e no segundo é 5 m. A forma da encosta é predominantemente retilínea. No entanto, ao se traçar um perfil transversal, a forma torna-se convexa-côncava. A área está na base das colinas do Amapá em transição com os Tabuleiros Costeiros, o que resulta, respectivamente, na presença de afloramentos graníticos na margem e no leito do rio e de formação de praias fluviais pela erosão provocada nos terraços fluviais.

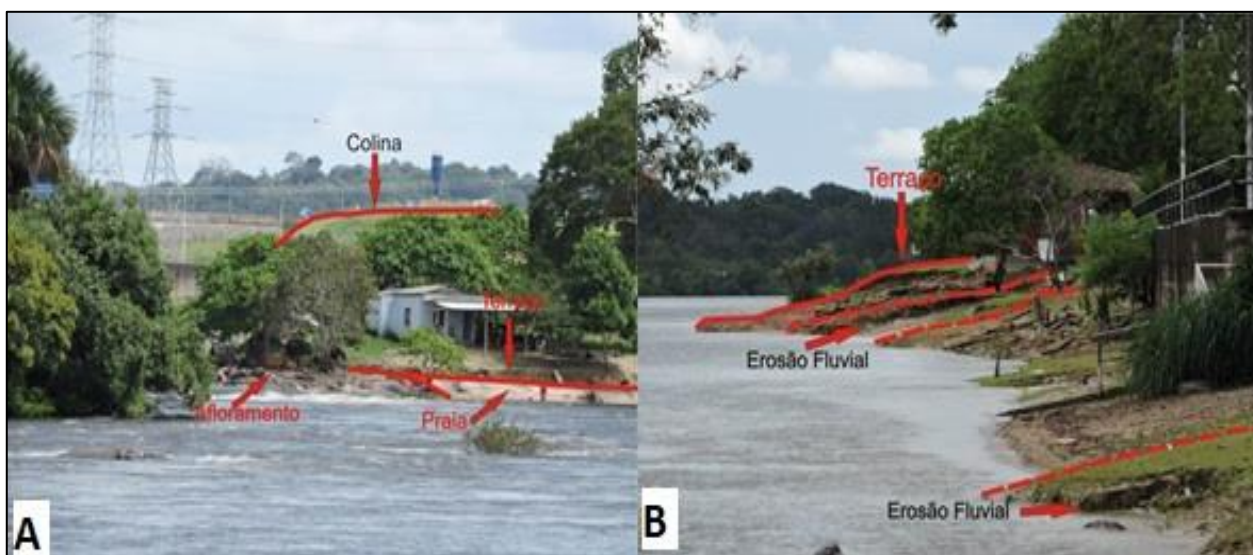


Figura 8: Geomorfossítio “Orla e Corredeiras de Ferreira Gomes”. A) Ilha rochosa que forma corredeiras no leito do rio Araguari, com a representação das principais formas características do trecho, como uma colina, na parte de trás, na frente há pequenos afloramentos, terraço e formação de depósitos aluviais “praia fluvial”; B) Orla de Ferreira Gomes na margem direita do rio Araguari, com representação dos terraços e atuação da erosão fluvial e formação de depósitos aluviais nas margens convexas do rio, as “praias fluviais”.

Um aspecto importante constatado nos três geomorfossítios é que a posição dos solos na encosta atribuiu ao relevo um importante fator de determinação da textura e densidade aparente. Para Guerra (2005), as características inerentes a declividade, comprimento e forma das encostas atuam em conjunto e associadas a outros fatores, causando maior ou menor resistência a erosão. Brady e Weil (2013) afirmam que encostas íngremes inibem a formação dos solos, pois, as taxas de remoção são maiores do que as de formação. Santos e Guerra (2021) chamam a atenção para as características do relevo enquanto agente de aceleração de processos geomorfológicos.

3.2. Textura

A análise da textura permitiu utilizar o percentual correspondente aos teores de argila, silte e areia do solo, para identificar as áreas de acesso aos geomorfossítios com maior e menor potencial a processos erosivos. Segundo Guerra (2005) tratam-se de propriedades importantes para o prognóstico da erosão, uma vez que as frações granulométricas que formam o solo têm diferentes resistências a remoção.

Segundo Tomé Jr. (1997), solos com textura arenosa são constituídos predominantemente por quartzo e possuem elevada susceptibilidade a erosão, dada sua drenagem excessiva que favorece a lixiviação. Onde há predominância de silte existe maiores possibilidades de formação de crostas no topo do solo, o que reduz a capacidade de infiltração da água, potencializa o escoamento superficial e aumenta a erodibilidade. Por sua vez, solos com maiores teores de argila podem apresentar menores possibilidades de erodir, o que para Guerra (2005) ocorre, principalmente, pela maior possibilidade de formar agregados.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que os solos analisados apresentam as seguintes classes texturais: Franco-Arenosa, Franco-Siltosa, Franco e Franco-Argilo-Arenosa. Isto significa afirmar que as frações

granulométricas em cada ponto apresentam diferentes teores de argila, silte e areia, logo, susceptibilidade distinta a processos erosivos (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação textural e composição das frações granulométricas com base em Tomé Junior (1997) e IBGE (2015)

Grupamento	Subgrupamento	Classe textural	Quantificação das frações (g.kg ⁻¹)	Susceptibilidade a erosão
Média	Média-siltosa	Franco-Arenosa	Argila (0-200)	Drenagem excessiva com baixos valores de retenção de água e alta taxa de infiltração, o que favorece a lixiviação e eleva a susceptibilidade à erosão
			Silte (0-500)	
			Areia (425-850)	
Siltosa	Siltosa	Franco-Siltosa	Argila (50-275)	Maior tendência à formação de uma camada endurecida nos primeiros centímetros do solo, reduzindo a infiltração e aumentando a susceptibilidade a erosão
			Silte (575-875)	
			Areia (0-150)	
Média	Média-siltosa	Franco	Argila (75-275)	Valores de retenção de água médios e baixos, com susceptibilidade a erosão baixa a moderada
			Silte (275-500)	
			Areia (225-525)	
Média	Média-argilosa	Franco-Arenosa	Argila (200-350)	Drenagem boa e acentuada, boa capacidade de retenção de água, em áreas de baixa declividade o solo é menos susceptível a erosão
			Silte (0-275)	
			Areia (450-800)	

Na área de acesso ao geomorfossítio “Pontal das Pedras”, cuja análise do potencial erosivo foi feita a partir dos pontos de coleta “Pontal 1” e “Pontal 2”, há predominância de solos de textura média, com composição superior a 60%. Sendo que, no primeiro ponto, 49% é composto de areia fina, enquanto que no segundo sobreleva a areia grossa, aproximadamente 39%. Foram também encontrados percentuais baixos de silte e argila em comparação com os demais pontos contidos em outras áreas de acesso. Os menores valores de argila (aproximadamente 13 %) foram obtidos do ponto “Pontal 1”, onde o de silte foi de 15 % (Figura 9).

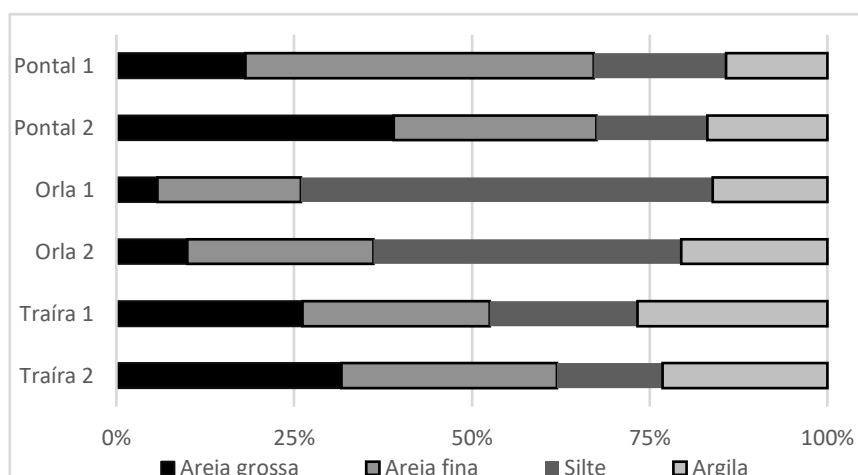


Figura 9: Valores de textura nos geomorfossítios “Pontal das Pedras”, “Orla e Corredeiras do rio Araguari” e “Cachoeira do Traíra”.

Na área de acesso ao geomorfossítio “Cachoeira do Traíra”, onde analisou-se as amostras retiradas dos pontos “Traíra 1” e “Traíra 2”, constatou-se os percentuais com maior equilíbrio na distribuição das frações granulométricas. Ainda assim, ocorre o predomínio do percentual da composição de textura arenosa nos pontos 1 (51 %) e 2 (61 %). As concentrações de argila ocupam o primeiro e segundo lugar das amostras coletadas nos seis pontos considerados, representando 26 %, no ponto “Traíra 1” e 23 %, no “Traíra 2”.

Na área de acesso ao geomorfossítio “Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari”, representado pelos pontos “Orla 1” e “Orla 2”, foram encontrados os menores teores de areia fina e grossa (Figura 9). No primeiro ponto registrou-se a maior concentração de silte, aproximadamente 54% e a segunda menor de argila (18%), entre as médias obtidas de todos os pontos de coleta e análise.

3.3. Densidade aparente e porosidade

A análise da densidade aparente e porosidade total permitiu avaliar as alterações no volume das partículas solo, que estão diretamente relacionadas com as modificações causadas por sua compactação. Segundo Reichert, Suzuki e Reinert (2007), a compactação do solo está relacionada com algumas de suas propriedades físicas e mecânicas, uma vez que pode reduzir seu espaço poroso, comprometendo assim a circulação de sólidos, líquidos e gases.

Destaca-se que além da relação direta que a densidade tem com a porosidade, esta associa-se ainda com a textura e a umidade. A este respeito, Guerra (2005) mencionou que as argilas dificultam a infiltração e, embora apresentem maior porosidade total, para Brady e Weil (2013), a sua capacidade de formar agregados, promove a retenção de água no solo, já que apresenta maior quantidade de microporos. Na contramão das propriedades inerentes aos microporos, os macroporos proporcionam a circulação de ar, da fauna do solo e a drenagem da água (SILVA, 2005; REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007).

A maior concentração de microporos reduz a competência do solo de infiltração. Se estes estiverem em camadas superficiais o solo satura e promove o escoamento superficial, já em subsuperfície a água movimenta-se por capilaridade, de forma mais lenta. O predomínio de macroporos relaciona-se a capacidade de movimento de ar e água, logo, favorece a infiltração, reduzindo, assim, o escoamento ao longo das vertentes e, consequentemente, a perda de solos.

A relação que existe entre a compactação do solo, a porosidade e as alterações provocadas pela pressão exercida sobre o mesmo, por meio do desenvolvimento de diversas atividades, permitiu associar esta variação, em cada ponto, com o uso e ocupação. Pesquisa semelhante foi feita por Mota et al. (2017), que avaliaram os impactos do uso e manejo na variabilidade e qualidade dos atributos físicos do solo, e concluíram que o aumento da porosidade gera condições adequadas, por exemplo, para o desenvolvimento de diferentes cultivos. Pereira et al. (2016) destacaram também que condições apropriadas de porosidade e densidade são muito importantes para o bom desempenho do ciclo hidrológico. Considera-se que nestas condições apresentadas, torna-se satisfatória a

penetração das raízes, a circulação de ar e da microfauna e a percolação, o que aumenta a qualidade dos solos e reduz os processos erosivos.

Os pontos com maior (Orla 1) e menor (Orla 2) densidade aparente encontram-se na área de acesso ao geomorfossítio “Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari”, $1,72 \text{ g/cm}^3$ e $1,40 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. A variação de $0,32 \text{ g/cm}^3$ foi a maior dos três pesquisados. Onde ocorreu o maior valor de densidade aparente registrou-se a menor porosidade, 48,99 % (Figura 10). Este tipo de relação inversa entre densidade e porosidade foi estudado em áreas com diferentes usos e cultivos, sob distintas formas de proteção, cobertura vegetal e tipos de solo (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007; RANGEL; GUERRA, 2013; JORGE et al., 2014; RODRIGUES et al., 2015a; RODRIGUES et al., 2015b; JORGE, 2017).

Nos pontos da área de acesso ao geomorfossítio “Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari”, existe uma maior frequência de fluxo de pessoas e pisoteio em comparação aos demais, devido a um maior adensamento populacional (FERREIRA GOMES, 2013). Além disso, segundo Medeiros e Neto (2016), a orla é o principal espaço livre público da cidade. As formas de uso desenvolvidas foram identificadas por Silva (2017), que destacou os usos residencial, bar/restaurante, hotelaria, comércio e serviços, etc. Logo, a circulação de pedestres, bicicletas, motos e carros pode ser fator que influenciam nos valores mais elevados de densidade, o que representa elevada compactação (ex. “Ponto 1”). Já o “Ponto 2”, é mais restrito, pois é cercado numa propriedade privada, explicando o valor de densidade mais baixo entre todos os pontos analisados.

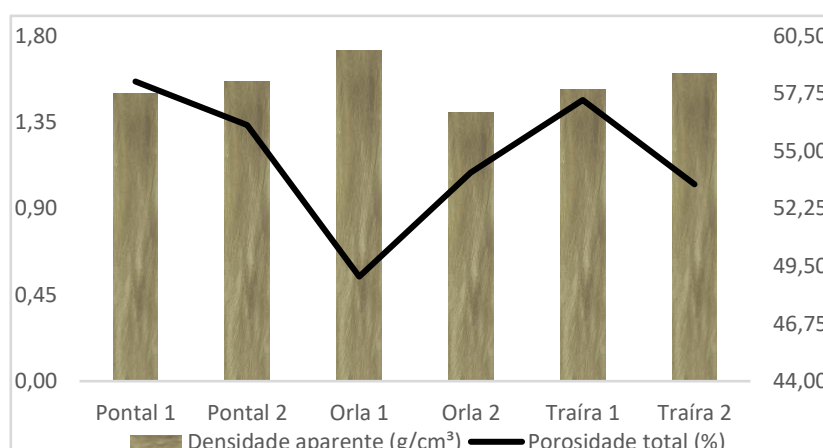


Figura 10: Densidade aparente e porosidade total em pontos nas áreas de acesso aos geomorfossítios “Pontal das Pedras”, “Orla de Ferreira Gomes e Corredeiras do rio Araguari” e “Cachoeira do Traíra”.

Na área de acesso ao geomorfossítio “Pontal das Pedras” ocorreu uma menor variação entre os valores de densidade nos dois pontos coletados, em comparação com o anterior, que foi de $0,06 \text{ g/cm}^3$. Sendo que o seu segundo ponto apresentou o terceiro maior valor de densidade entre os seis analisados, que foi $1,56 \text{ g/cm}^3$. São necessárias algumas reflexões:

1 – Trata-se de uma área distante a aproximadamente 24 km da área urbana dos municípios de Ferreira Gomes e 8 km de Porto Grande;

2 – Até março de 2016 o local funcionava como balneário e possuía, inclusive, infraestrutura de restaurante e quartos para pernoite. Esta situação mudou com o início de funcionamento da Usina Hidrelétrica Cachoeira Caldeirão, que inundou parte da margem direita do rio Araguari na área de estudo;

3 – Entre março de 2016 e agosto de 2017, após a inativação da função como uso balneário, pode-se observar a regeneração de ravinas no meio do ramal. A regeneração foi percebida por meio da colonização da mesma por vegetação, além da área ao redor ser de vegetação antropizada, com presença de focos de incêndio. Então, o valor de densidade refletiu o uso anterior da área que permitia o pisoteio, além da circulação de veículos, mas por outro lado, embora a compactação seja de difícil recuperação, alguns processos abriram espaço para a regeneração, pois se acentuavam conforme o uso intenso do local; e

4 – Atualmente, da entrada do ramal principal que dá acesso ao que compõe o geomorfossítio, até aproximadamente três quilômetros, há uma plantação de eucalipto, além de vários pontos de bifurcação com ramais menores que dão acesso a áreas de exploração de mineral de segunda classe, brita e seixo.

Na área de acesso ao geomorfossítio “Cachoeira do Traíra”, a variação entre os valores de densidade foi de 0,02 g/cm³, a menor com relação aos demais. O “Ponto 2” registrou o maior valor de densidade aparente, o que implica na maior compactação em relação aos outros. Em estudos desenvolvidos por Rodrigues et al. (2015a), os locais que apresentaram maior densidade encontravam-se sob maior impacto de pisoteio. Na área de estudo, além do pisoteio é uma área onde a atividade turística é intensa e funciona como estacionamento de veículos de passeio, caminhonetes e ônibus de excursão. É permitido, então, relacionar a influência dos tipos de uso mencionados ao indicativo de mais densidade em comparação com as outras áreas de acesso.

A variação nos valores de densidade pode estar relacionada com a distância entre os pontos para cada geomorfossítio, mas também com os diferentes usos. Mesmo que sejam pontos relativamente próximos ou localizados em uma mesma área, há uma ligeira modificação dos pontos mais distantes aos mais próximos dos locais onde há o uso balneário. Todos os pontos mais próximos à área utilizada como balneário, os pontos 2 das áreas de acesso aos geomorfossítios “Pontal das Pedras” e “Cachoeira do Traíra”, e o ponto 1 do “Orla de Ferreira Gomes e corredeiras do rio Araguari”, apresentaram valores mais altos de densidade aparente.

4. Conclusões

A interação entre os elementos da paisagem resulta na diversidade no meio abiótico, representados pela rica geodiversidade que apresenta valores diversos, entre eles o econômico, explorado para o desenvolvimento das mais variadas atividades existentes na área de estudo.

A apropriação e uso do potencial que o suporte físico da paisagem apresenta a torna vulnerável e susceptível a degradação, uma vez que, a velocidade com a qual ocorrem as interferências é superior ao tempo de formação dos recursos. Assim, os processos que levariam centenas a milhares de anos para desenvolver podem acontecer em alguns anos ou dezenas de anos e seus efeitos destrutivos podem ser irreversíveis.

O uso das áreas para o lazer e turismo podem estar associadas a aceleração dos processos erosivos, visto que o pisoteio e a pressão exercida por veículos promovem a remoção e compactação das partículas do solo. Isto pode ser comprovado, por exemplo, ao se observar a regeneração de ravinas localizadas no ramal de acesso ao geomorfossítio Pontal das Pedras, que deixou de ser o acesso a áreas de uso balneário.

O uso balneário é a atividade em comum nas três áreas consideradas neste artigo, e tem na precariedade da infraestrutura de acesso aos geomorfossítios o principal problema agravante da erosão. Este fato faz com que a mensuração dos fatores relacionados aos processos erosivos seja um importante indicador a ser considerado nos instrumentos de geoconservação. Aprecia-se que as áreas de acesso a todo e qualquer elemento do suporte abiótico podem sofrer diferentes níveis de degradação, caso não apresentem condições favoráveis para o trânsito de pessoas que buscam desenvolver atividades, tais como as turísticas e pedagógicas.

Contribuição dos autores: C.M.E.S participou de todas as etapas de construção do presente artigo, pois os resultados nele contidos são parte de sua tese de doutorado. A.J.T.G. participou da construção da concepção teórica e metodológica do artigo, bem como, da escrita, correções e tradução do resumo para a língua inglesa; C.F.S participou da construção da concepção teórica e metodológica do artigo, bem como, da escrita e correções. J.A.C. participou da construção da concepção teórica e metodológica do artigo, das etapas de coleta em campo e tratamento das amostras de solo em laboratório, análises estatísticas, escrita, correções e formatação. Todos os autores fizeram a leitura e concordam com a versão publicada do artigo.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), que através do Programa Novo Prodoutoral, portaria nº 140, de 02 de outubro de 2013, concedeu bolsa de doutorado e auxílio moradia durante o período de novembro de 2017 a janeiro de 2018 à primeira autora deste artigo, que cursou doutorado no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao pesquisador Dr. Nagib Jorge Melem Júnior e aos analistas Dr. Daniel Marcos de Freitas Araújo e Msc. Leandro Fernandes Damasceno, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Amapá, pelo empréstimo dos anéis volumétricos, pela permissão de uso do laboratório e realização das análises físicas dos solos. À Danusa da Silveira Machado pela confecção dos mapas.

Conflitos de Interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. BERTONI, J.; NETO, F. **Conservação do solo**. 7a Ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355p.
2. BOAVENTURA, F.; NARITA, C. Geomorfologia da folha NA/NB.22 - Macapá. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAM: levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: DNPM, v.6, 1974. 467p. Disponível em : <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24023.pdf>>. Acessado em: 25 de out de 2018.
3. BRADY, N.; WEIL, R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.
4. COMANESCU, L.; NEDELEA, A.; STANOIU, G. Geomorphosites and geotourism in bucharest city center (Romania). **Quaestiones Geographicae**, v. 36, nº 3, p. 51 – 61, 2017. DOI 10.1515/quageo-2017-0029.
5. CPRM. **Mapa geodiversidade do estado do Amapá. Escala 1:800.000**. 2013. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/13678?show=full>>. Acessado em: 11 de out de 2018.
6. _____. **Geodiversidade do estado do Amapá. Programa geologia do Brasil, levantamento da geodiversidade**. JOÃO, X. e TEIXEIRA, S. (Orgs.). Belém, CPRM, 2016. 140p. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17171>>. Acessado em: 28 de set de 2018.
7. ECOTUMUCUMAQUE. **Diagnóstico do meio físico. Estudo de Impacto Ambiental da usina hidrelétrica de Ferreira Gomes, no rio Araguari, estado do Amapá**. 2010. 608 p.
8. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ª Ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.
9. ESPIRITO SANTO, C. **Geoconservação no estado do Amapá: uma contribuição metodológica do “Valor de Conservação do Solo” para a avaliação da geodiversidade no médio curso do rio Araguari**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. 202 p.
10. ESPIRITO SANTO, C.; GUERRA, A.; SZLAFSZTEIN, C. **Geodiversidade no médio curso do rio Araguari, município de Ferreira Gomes - estado do Amapá**. Workshop Arte & Ciência (2017): 26 Out. 2017. 13p. Disponível em: <<https://conferencias.ufrj.br/index.php/wac/wap2017/paper/view/1662>>. Acessado em: 28 de out de 2017.
11. FERREIRA GOMES, **Plano Diretor Participativo** – Município de Ferreira Gomes. Prefeitura Municipal de Ferreira Gomes – AP. Ferreira Gomes, 2013. 298p. Disponível em: <<https://ferreiragomesenergia.com.br/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/2013.06.03-Plano-Diretor-Ferreira-Gomes.pdf>>. Acessado em: 02 de set de 2017.
12. FAO. **Status of the world's soil resources - Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 2015. 648p. Disponível em : <<http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>>. Acessado em: ago de 2018.
13. GUERRA, A. Contribuição ao estudo da geologia do Território Federal do Amapá. In: GUERRA, A. (Org.). **Coletânea de textos geográficos de Antônio Teixeira Guerra**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 273-311.
14. _____. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.; CUNHA, S. (Orgs.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. - 6ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.149 - 209.
15. GUERRA, A.; FULLEN, M. A.; JORGE, M.; BEZERRA, J.; SHOKR, M. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. **Pedosphere**, v. 27, 2017. p.27 - 41. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60294-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60294-7). Acessado em: 14 de agosto de 2018.
16. GUERRA, A.; JORGE, M.; RANGEL, L.; BEZERRA, J.; LOUREIRO, H.; GARRITANO, F. Erosão dos solos, diferentes abordagens e técnicas aplicadas em voçorocas e erosão em trilhas. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, julho de 2020. p. 75-117. Disponível em :< <https://willianmorrisdavis.uvanet.br>>. Acessado em: 20 de fev de 2021.
17. IBGE. **Mapa de geologia do Estado do Amapá**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004a. 1 Mapa. Escala 1: 750.000. Disponível em:<https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/mapas/unidades_da_federacao/ap_geologia.pdf>. Acessado em: 16 de out de 2018.
18. _____. **Mapa de Geomorfologia do estado do Amapá**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004b. Mapa: Escala 1:750.000. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/unidades_da_federacao/ap_geomorfologia.pdf>. Acessado em: 16 de out de 2018.
19. _____. **Mapa de pedologia do Estado do Amapá**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004c. 1 Mapa. Escala 1: 750.000. Disponível em:<https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/unidades_da_federacao/ap_pedologia.pdf>. Acessado em: 16 de out de 2018.

20. _____. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acessado em: 16 de out de 2018.
21. _____. **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>>. Acessado em: 16 de out de 2018.
22. _____. **Produção Agrícola Municipal 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017a. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=766>>. Acessado em: 16 de out de 2018.
23. _____. **População**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/ferreira-gomes/panorama>>. Acesso em: 25 de setembro de 2017b. Acessado em: 16 de out de 2018.
24. _____. **População**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/porto-grande/panorama>>. Acesso em: 25 de setembro de 2017c. Acessado em: 16 de out de 2018.
25. IEPA. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: Primeira Aproximação do ZEE**. Macapá: IEPA, 2008. 142p. Disponível em: <<http://www.iepa.ap.gov.br/arquivopdf/macrodiagnostico.pdf>>. Acessado em: 10 de set de 2017.
26. JORGE, M. **Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba – SP**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017. 223p.
27. JORGE, M.; PEREIRA, L.; GUERRA, A.; MOREIRA, R. Potencial geoturístico em Unidades de Conservação: um estudo da trilha Cachoeira da Água Branca situada no Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba – AP. **Revista Geonorte**. Edição especial 4, v. 10, n. 1, 2014. p. 645-651. Disponível em: <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1781>>. Acessado em: 5 de out de 2018.
28. LEPSCH, I. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2ª edição, 2010. 216 p.
29. LIMA, M.; MONTALVÃO, R.; ISSLER, R.; OLIVEIRA, A.; BASEI, M.; ARAÚJO, J. F.; SILVA, G. Geologia da folha NA/NB.22 - Macapá. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAM: levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: DNPM, v.6, 1974. 467p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24023.pdf>>. Acessado em: 16 de out de 2017.
30. LIMA, M.; BEZERRA, P.; ARAÚJO, T. Sistematização da geologia do estado do Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Belém. **Anais...** SBG-Núcleo Norte, 1991. p. 322-335. Disponível em: <<https://www.worldcat.org/title/anais-do-iii-simposio-de-geologia-da-amazonia-belem-para-2911-a-08-de-dezembro1991/oclc/30739757>>. Acessado em: 6 de mar de 2018.
31. MARTORANO, L.; LISBOA, L.; VILLA, P.; MORAES, J. Fragilidade das terras pelo processo erosivo das chuvas em áreas antrópicas e declivosas na Amazônia Legal. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Belém. **Anais...** 30 de julho a 1 de agosto de 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319650712_FRAGILIDADE_DAS_TERRAS_PEL_O_PROCESSO_EROSIVO_D_AS_CHUVAS_EM_AREAS_ANTROPICAS_E_DECLIVOSAS_NA_AMAZONIA_LEGAL>. Acesso em: 16 de out de 2017.
32. MEDEIROS, J.; NETO, J. Transformações urbanas em rios com empreendimentos hidrelétricos: novo cenário urbanístico para a orla da cidade de Ferreira Gomes, Amapá. In: 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Maceió – Al. **Anais...** 05 a 07 de outubro de 2016. Disponível em: <<http://www.fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%201%20%20Ambiente%20e%20Energia/Paper1390.pdf>>. Acesso em: 23 de setembro de 2017.
33. MORGAN, R. **Soil erosion and conservation**. 3rd Ed. Oxford, Blackwell Publishing, 2005. 316p.
34. MOTA, J.; FREIRE, A.; ALVES, C.; ALENCAR, T. Impactos de uso e manejo do solo na variabilidade e qualidade dos atributos físicos de Cambissolos. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 11, n. 4, 2017. p. 277 – 289. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4040>
35. MOURA, H.; SILVA, E.; COSTA, J.; ESPIRITO SANTO, C.; OLIVEIRA, M. Resistividade elétrica aplicada aos estudos de erosão da orla municipal de Ferreira Gomes (AP): resultados preliminares. In: XI Simpósio Brasileiro de Geomorfologia. Maringá – PR. **Anais...** 15 a 21 de setembro de 2016. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-441-1697.html>>. Acesso em: 01 de outubro de 2017.
36. OLIVEIRA, L.; CUNHA, A.; JESUS, E.; BARRETO, N. Características Hidroclimáticas da Bacia do Rio Araguari (AP). In: CUNHA, A.; SOUZA, E.; CUNHA, H. (Coords.). **Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**.— Macapá: IEPA, 2010. p. 83 – 96. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305347579_Caracteristicas_Hidroclimaticas_da_Bacia_do_Rio_Araguari_AP>. Acessado em: 10 de out de 2017.

37. OZER, A.; DUSAR, M. Geomorphosites: Function and Geoheritage Preservation in Belgium. In: Demoulin A. (Ed). **Landscapes and Landforms of Belgium and Luxembourg**. World Geomorphological Landscapes. Springer, Cham, 2018. p. 411 – 424. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-58239-9_24.
38. PALMIERI, F.; LARACH, J. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A.; CUNHA, S. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. - 5ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 59 – 122.
39. PEREIRA, L.; RODRIGUES, A.; JORGE, M.; GUERRA, A.; FULLEN, M. Processos hidro-erosivos em solos degradados em relevo de baixa declividade. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, nº 2, 2016. p. 299 – 316. DOI: 10.20502/rbg.v17i2.877.
40. PERES, R.; SERRUYA, N.; VIEIRA, L. Levantamento exploratório de solos da folha NA/NB.22 - Macapá. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAM: levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: DNPM, v.6, 1974. 467p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24023.pdf>>. Acessado em: 10 de out de 2018.
41. POESEN, J. Soil erosion in the Anthropocene: research needs. **Earth Surface Processes and Landforms**. 2017. DOI: 10.1002/esp.4250.
42. PORTO GRANDE, **Plano Diretor Participativo** – Município de Porto Grande. Prefeitura Municipal de Porto Grande – AP. Porto Grande, 2013. 348p. Disponível em: <<https://ferreiragomesenergia.com.br/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/2013.06.03-Plano-Diretor-Porto-Grande.pdf>>. Acessado em: 11 de out de 2018.
43. RANGEL, L. A. **Geoturismo em Unidades de Conservação: a utilização de trilhas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina Paraty (RJ)**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. 223p.
44. RANGEL, L.; GUERRA, A. Avaliação das propriedades físicas do solo nas trilhas da praia do sono em Paraty – Rio de Janeiro – RJ. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 06, 2013. p. 1539 – 1551. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-2295.20130046>.
45. _____. Microtopografia e compactação do solo em trilhas geoturísticas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina – Estado do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Geomorfol.** (Online), São Paulo, v.19, n.2, (Abr-Jun), 2018. p.391-405. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i2.1309>
46. REICHERT, J.; SUZUKI, L.; REINERT, D. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: Tópicos em ciência do solo. – Vol. 1 – Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.49 – 134. Disponível em: <http://fiscadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/2007_Topicos.pdf>. Acessado em: 17 de out de 2018.
47. RODRIGUES, A.; PEREIRA, L.; JORGE, M.; GUERRA, A. Análises físico-químicas de solo de taludes degradados na bacia hidrográfica do rio Maranduba, Ubatuba/SP. In: XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina/PI, **Anais....** 28 de junho a 4 de julho de 2015a. Disponível em: <<https://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/download/3643/2119>>. Acessado em: 17 de out de 2018.
48. RODRIGUES, A.; RANGEL, L.; PEREIRA, L.; JORGE, M.; GUERRA, A.; FILHO, R. Qualidade do solo em Unidades de Conservação: Parque Estadual da Serra do Mar e Parque Nacional da Serra da Bocaina. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Natal/RN, **Anais....** 2 a 7 de agosto de 2015b. Disponível em: <<https://www.eventosolos.org.br/cbcs2015/anais/>>. Acessado em: 17 de out de 2018.
49. SANTOS, R.; GUERRA, A. Avaliação da erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio Pequeno, Paraty - RJ. **Geosaberes, Fortaleza**, v. 12, 2021. p. 23 - 43. DOI: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v12i01060>.
50. SENA, Í.; TEIXEIRA, H.; FIGUEIREDO, M.; ROCHA, L. Degradação dos solos ao longo de uma trilha de destino a atrativos do monumento geoturístico Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais, Brasil. **Geonomos**, v. 22, nº 2, 2014. p. 70 – 76. DOI: 10.18285/geonomos.v22i2.319.
51. SILVA, A. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A.; SILVA, A.; BOTELHO, R. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos**. – 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 101 – 163.
52. SILVA, E. **Dinâmica dos processos erosivos na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes – Amapá**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá. 2017. 149p.
53. SILVA, E.; COSTA, J. Dinâmica de processos erosivos na orla urbana de Ferreira Gomes/Amapá – Resultados preliminares. In: XI Simpósio Brasileiro de Geomorfologia. Maringá – PR, **Anais...** 15 a 21 de setembro de 2016. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-389-1542.html>>. Acesso em: 01 de out de 2017.

54. SILVA, T.; POCIDÔNIO, E. Abordagem geográfica e aplicação dos conceitos de geoforma e geomorfossítio. **Revista de Geografia**, v. 35, nº 2, 2018. p. 35 – 53. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.230685>
55. TOMÉ JÚNIOR, J. **Manual para interpretação de análise do solo**. 1ª Ed. Guaíba: Agropecuária. 1997. 247p.