

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BARRA NOVA E SUAS RELAÇÕES COM A SUSCETIBILIDADE EROSIVA

GEOMORPHOLOGICAL MAPPING OF THE BARRA NOVA RIVER HYDROGRAPHIC BASIN AND ITS RELATIONSHIPS WITH EROSION SUSCEPTIBILITY

Saulo Roberto de Oliveira Vital

Doutor em Geociências. Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba.

E-mail: saulo.vital@academico.ufpb.br

 <https://orcid.org/0000-0002-2028-0033>

José Yure Gomes dos Santos

Doutor em Engenharia Civil. Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

E-mail: jose.yure.santos@ufrn.br

 <https://orcid.org/0000-0001-9840-8132>

Thiago Douglas Silva de Medeiros

Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

E-mail: thiagodsmedeiros@outlook.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6005-3348>

RESUMO

Atualmente a erosão dos solos constitui-se um problema ambiental que afeta diferentes regiões em todo o globo. O uso desordenado da terra em bacias hidrográficas pode potencializá-lo, desencadeando diversos problemas, dentre eles, o assoreamento de reservatórios. Assim, é importante realizar análises de implicações nas alterações do uso da terra que venham a gerar sedimentos e perdas de solo. A presente pesquisa objetiva analisar as relações entre o uso da terra e a dinâmica geomorfológica, na Bacia do Rio Barra Nova, para observar como se desenvolvem o uso da terra nos diferentes compartimentos do relevo, e elucidar o nível de suscetibilidade à erosão. Para tanto, foram utilizadas imagens de sensores orbitais, além de dados de precipitação e solo. Para a estimativa de perda de solo foi utilizada a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE). O mapeamento do uso da terra identificou onze classes de uso que foram verificadas em campo, com destaque para a Pastagem, representando 53,15% de área, seguida das classes Caatinga Degradada, Cultivo Temporário Diversificado, Caatinga Arbustiva, Reservatórios Artificiais, Cidades, Uso não Identificado, Caatinga

Arbórea, Vilas, Extração de Minerais não Metálicos e Outras áreas Urbanizadas. O mapeamento geomorfológico utilizou a metodologia proposta por Ross (1992), através do qual foram identificados nove modelados, com um índice de dissecação variando entre moderado e muito forte. No geral, a bacia apresentou uma de perda de solo moderada, mas já demonstra sinais da necessidade de um olhar mais cuidadoso quanto aos usos da terra existentes, para uma melhor gestão de seus recursos naturais e na mitigação da suscetibilidade a erosão. Além disso, outros fatores como a existência de mais de mil e duzentos barramentos clandestinos à montante do Açude Itans, lança um alerta no tocante à sua influência sobre a escassez hídrica apresentada no referido reservatório.

Palavras-chaves: Mapeamento Geomorfológico, Suscetibilidade Erosiva, Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova.

ABSTRACT

Currently, soil erosion is an environmental problem that affects different regions across the globe. The disordered use of the land in hydrographic basins can potentiate it, triggering several problems, among them, the silting up of reservoirs. Thus, it is important to carry out analyzes of implications for changes in land use that may generate sediments and soil losses. This research aims to analyze the relationships between land use and geomorphological dynamics, in the Barra Nova River Basin, to observe how land use develops in different relief compartments, and to elucidate the level of susceptibility to erosion. For this purpose, images from orbital sensors were used, in addition to precipitation and soil data. To estimate soil loss, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was used. The mapping of land use identified eleven classes of use that were verified in the field, with emphasis on Pasture, representing 53.15% of the area, followed by classes Degraded Caatinga, Diversified Temporary Cultivation, Shrub Caatinga, Artificial Reservoirs, Cities, Use Unidentified, Arboreal Caatinga, Villages, Extraction of Non-metallic Minerals and Other Urbanized Areas. The geomorphological mapping used the methodology proposed by Ross (1992), through which nine models were identified, with a dissection index varying between moderate and very strong. Overall, the basin showed moderate soil loss, but it already shows signs of the need for a more careful look at existing land uses, for better management of its natural resources and mitigation of erosion susceptibility. In addition, other factors such as the existence of more than 1,200 clandestine dams upstream of the Itans Dam, raise an alert regarding their influence on the water scarcity presented in that reservoir.

Keywords: Geomorphological Mapping, Erosive Susceptibility, Barra Nova River Basin.

1. INTRODUÇÃO

A erosão é um fenômeno natural que tem sido intensificado pela ação social. Nesse ínterim, a análise do uso da terra e sua relação com a dinâmica geomorfológica tem papel fundamental para a compreensão desse processo. Isso porque, o relevo comporta as atividades econômicas que, historicamente, configuram esses diferentes tipos de usos, influenciando e sendo influenciado por elas. Em outras palavras, o desenvolvimento dessas atividades ocupa toposequências favoráveis a seu desenvolvimento e, conseqüentemente, promove a degradação da estrutura superficial da paisagem nesses compartimentos morfológicos, alterando a morfodinâmica.

Como afirmam Vital e Girão (2015), uma região semiárida se caracteriza particularmente por seus agentes físico-naturais bastante peculiares, onde se verifica a predominância das ações do intemperismo físico, que, aliado as variações de tempo e espaço das precipitações, contribui substancialmente para o balanço morfogenético positivo, dando origem a uma pedogênese de baixo grau. Assim, percebe-se que estudos de análise da dinâmica geomorfológica podem auxiliar na compreensão das modificações da paisagem. Logo, é imprescindível elaborar representações cartográficas do relevo para conseguir visualizar seus possíveis funcionamentos e realizar boas interpretações durante análises.

Inicialmente, é pertinente uma sucinta descrição do pensamento da geomorfologia. Ela parte de uma das linhas epistemológicas da ciência geográfica e, atualmente, está em muitos dos trabalhos de estudos ambientais ou urbanos, pois já não se vê a análise geomorfológica dissociada desse tipo desse de estudo. Enquanto ciência, representa etimologicamente o estudo das formas da Terra, mas vai além, quando analisa os mecanismos responsáveis pela gênese e evolução desse relevo.

Outro ponto importante é sua grande abrangência de áreas de estudo. Numa visão geral, seria o relevo terrestre e a partir disso, muitas ramificações surgiram: como a geomorfologia climática, a geomorfologia fluvial, a geomorfologia urbana, entre várias outras. Essas ramificações vêm para associar os estudos geomorfológicos a outros desenhos voltados a sociedade (RIBEIRO *et al.*, 2010).

A evolução dos estudos geomorfológicos mostra que o relevo é produto de forças internas e externas do planeta, ou seja, processos exógenos e endógenos e a interações dessas forças, de forma que não é mais possível dissociar esses elementos, onde haja uma geomorfologia puramente climática ou tão puramente estrutural. Óbvio que, devido as especialidades, há momentos em que existem estudos de cunho mais processuais ou estruturais, mas não se recomenda uma abordagem tão simplesmente fechada.

Dessa forma, também é importante tratar das ações antrópicas através do uso da terra, como agentes modificadores da paisagem. O entendimento relativo à ocupação de determinado espaço,

permite compreender as relações entre homem e meio, além de apresentar como se encontra o ecossistema desse meio.

No entanto, estudos que apontam a relação entre a geomorfologia e o uso da terra ainda são poucos, de modo que é importante conduzi-los, para que haja uma melhor compreensão da degradação do meio natural, que tem sido crescente ao longo dos últimos anos devido a atividades como a agropecuária intensiva e processos de urbanização (VITAL; GIRÃO, 2015).

Neste sentido, este estudo objetiva analisar as relações entre o uso da terra e a dinâmica geomorfológica, na Bacia do Rio Barra Nova, para observar como se desenvolvem o uso da terra nos diferentes compartimentos do relevo, e elucidar o nível de suscetibilidade à erosão.

1.1. Localização da área estudada

A Bacia do Rio Barra Nova (Figura 1) se encontra no limite dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. No estado da Paraíba, adentra total ou parcialmente nos municípios de Junco do Seridó, Santa Luzia, São José do Sabugi e Várzea. No Rio Grande do Norte, por sua vez, abrange total ou parcialmente os municípios de Caicó, Santana do Seridó, Jardim do Seridó e Ouro Brando. A referida bacia possui uma extensão de 1.373,14 km², e altitudes que variam de 150 a 850 metros, estando situada entre as coordenadas da Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) 9260000 e 9180000 de latitude sul, e 6910000 e 6860000 de longitude oeste.

Suas principais cabeceiras de drenagem estão localizadas sob o Planalto da Borborema, com elevações acima de 600 metros. Essa parte da bacia situa-se nos municípios Junco do Seridó e Santa Luzia – PB, área também que se destaca com a presença das declividades mais acentuadas no território. Os demais municípios que a compõe, caracterizam-se com a predominância de elevações menores que 350 metros. E seu exutório, está no município de Caicó – RN, desaguardo no Rio Seridó, outra importante bacia hidrográfica da região do Seridó Potiguar.

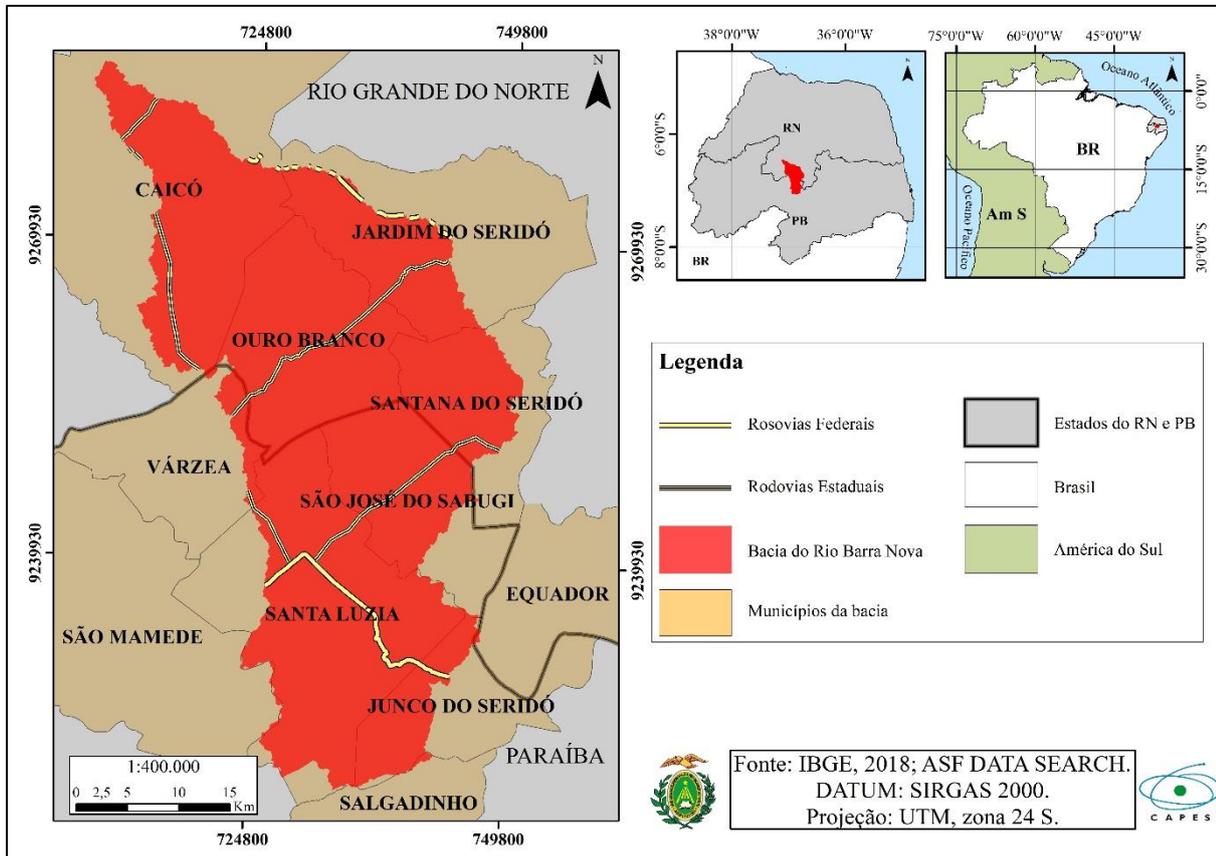
2. MATERIAIS E MÉTODO

A área onde está inserida a bacia hidrográfica já se apresentou de forma fragmentada em outros estudos de mapeamento geomorfológico. Diniz *et al.* (2017), Vasconcelos *et al.* (2019), e Santos e Vital (2020). São trabalhos basilares, tanto para os procedimentos metodológicos quanto para as classificações taxonômicas que vieram a serem realizadas após o mapeamento (Figura 1).

Para confecção do mapa geomorfológico, foram utilizadas informações advindas do Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente do ALOS/PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros.

Além disso, foram utilizadas imagens do PAN10/CBERS 4, com resolução espacial de 10 metros. Essas imagens estão disponíveis no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e foram necessárias para auxiliar na caracterização e classificação das formas de relevo da área.

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova.



Fonte: Organizado pelos autores.

Após esse procedimento, foi realizado o processo de delimitação da bacia a partir da extração de sua drenagem e determinação do ponto de exutório. Assim, por meio de informações de direção e concentração de fluxo, foi possível delimitar a extensão da bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova.

Através do limite da bacia, foi possível criar uma máscara para recorte das informações altimétricas da área, por meio das quais foi possível elaborar mapas de altitude e de declividade. As classes de declividade foram definidas com base na proposta do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (2018). Em relação ao mapa altimétrico, foram criadas 12 classes com 60 metros de intervalo.

Toda a base cartográfica para o mapeamento de classificação taxonômica do relevo, foi preparado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) com Datum SIRGAS 2000 e

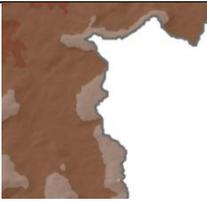
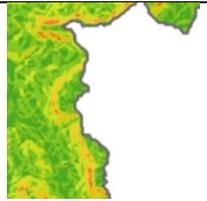
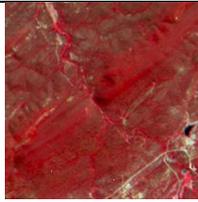
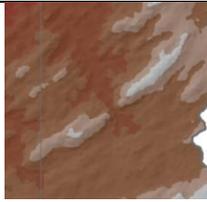
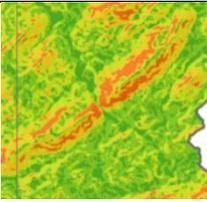
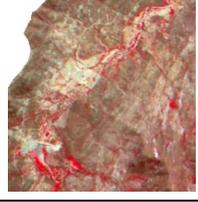
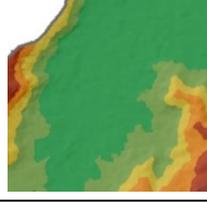
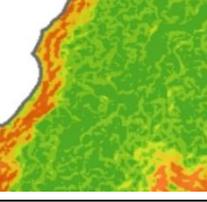
projeção UTM zona 24 sul. Também, a escala compatível com a resolução das informações foi de 1:50.000, mas a escala de plotagem final dos mapas, alcançou 1:130.000.

O mapeamento de uso da terra foi realizado a partir de vetorização em tela, obedecendo chaves de interpretação visual, seguindo a proposta do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013). Essa proposição traz uma classificação em agrupamentos de tipos de uso, o que facilita a distinção das classes. Algumas unidades mapeadas utilizaram o mesmo nome do manual e outras precisaram de adaptações por não se encaixarem nas taxonomias propostas no manual.

A caatinga foi dividida em Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva e Caatinga Degradada. Outro ponto importante para essa classificação foi a aplicação do método de chave de interpretação (FLORENZANO, 2011; BERNARDINO, 2019), utilizando a interpretação da altimetria, composição RGB e a declividade, para distinguir as três classes de caatinga (Figura 2).

As áreas de pastagem foram classificadas de forma generalizada como Pastagem para Animais. A resolução da imagem não permitia uma nítida imagem dos tipos de cultivos desenvolvidos na bacia hidrográfica, assim essas áreas foram intituladas de Cultivo Temporário Diversificado. E os açudes presentes dentro da área da bacia foram nomeados de Reservatórios Artificiais, pois não interessava se era continental ou litorâneo como especificado no manual do IBGE, mas sim mapeá-los.

Figura 2 - Chaves de interpretação utilizadas para a classificação dos tipos de vegetação.

Unidades de uso da terra	Composição Multiespectral CBERS 4 (PAN 10) (30/06 e 26/07 de 2018)	Hipsometria	Declividade
Caatinga Arbórea			
Caatinga Arbustiva			
Caatinga Degradada			

Fonte: Organizado pelos autores.

No tocante ao mapa geomorfológico, foi adotada a classificação taxonômica proposta por Ross (1992), onde são propostos seis níveis taxonômicos, representados pelas morfoestruturas, morfoesculturas, padrões de formas semelhantes, formas de relevos individualizadas, vertentes e formas produzidas pelos processos atuais.

O produto construído nesta pesquisa, alcançou o quarto táxon. Quanto à nomenclatura das unidades mapeadas, buscou-se adaptações com base em propostas de Diniz *et al.* (2017) e Vasconcelos *et al.* (2019), já que suas classificações taxonômicas compreendem parte da área que está sendo mapeada neste estudo. Para o quarto táxon, além das obras já citadas, também foi utilizada a nomenclatura presentes em Brasil (2009), sobretudo no tocante aos modelados de aplainamento.

Para a elaboração do mapa geomorfológico, também foi importante a obtenção do Índice de Dissecção do Relevo (IDR). Esse índice possui várias finalidades, como contribuir para entender de maneira mais clara a distribuição espacial das unidades de relevo, através dos distintos padrões de rugosidade (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

A metodologia para o IDR parte da proposta original de taxonomia do relevo, mas sua operacionalização seguiu a proposta de Guimarães *et al.* (2017), que obedece a uma rotina automatizada em ambiente SIG. Esse tipo de análise indica a relação entre dimensão interfluvial média dos vales e o seu grau de entalhamento.

Por fim, para a validação do produto cartográfico, foram relacionados dados da imagem e as idas a campo, onde foram coletados diversos pontos de verificação, sobretudo nas áreas onde houve maiores dúvidas no tocante á delimitação das unidades geomorfológicas.

As perdas de solo na Bacia do Rio Barra Nova foram estimadas, em ambiente SIG, por meio da USLE, equação proposta por Wischmeier e Smith (1978):

$$A = R . K . LS . C . P \quad (1)$$

Onde A é perda de solo por unidade de área ao longo do tempo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$); R é o índice de erosão causado pela chuva ($MJ.mm.ha^{-1}.hr^{-1}.ano^{-1}$); K é o fator de erodibilidade do solo ($t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$); LS é o fator topográfico, ou seja, a relação de perdas de solo entre uma declividade e um comprimento de rampa para o mesmo solo e grau de declividade (adimensional); C é o fator de cobertura e manejo do solo (adimensional); P é o fator de práticas conservacionistas (adimensional).

O fator R representa a capacidade da chuva de causar erosão no solo. Para determiná-lo foram obtidos dados pluviométricos disponibilizados na Agência Nacional de Águas (ANA) e no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com a série histórica de 1995 à 2018, sendo está a série possível tendo em vista ser a que possuía dados para as estações pluviométricas utilizadas.

A equação utilizada foi a proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1985):

$$\sum_{i=1}^{12} 89,823 \cdot \left(\frac{pm^2}{pa} \right)^{0,759} \quad (2)$$

Em que R é a erosividade da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$); pm é a precipitação média mensal (mm); e pa é a precipitação total anual (mm).

O fator K corresponde a suscetibilidade de um solo à erosão podendo ser obtido através da equação proposta por Williams (1975), que leva em consideração as frações de areia grossa, areia fina, silte, argila e carbono orgânico presentes no solo:

$$K = fareiag \cdot far - si \cdot fCorg \cdot fareiaf \quad (3)$$

Onde $fareiag$ é a fração de areia grossa; $far-si$ é a fração de argila e silte; $fCorg$ é a fração de carbono orgânico e $fareiaf$ é a fração de areia fina.

Em que:

$$fareiag = \{ 0,2 + 0,3 e^{[0,256\alpha \cdot (1 - \frac{ms}{100})]} \} \quad (4)$$

$$far - si = \left(\frac{ms}{ms + marg} \right)^{0,3} \quad (5)$$

$$fCorg = 1 - \frac{0,25 \cdot Corg}{Corg + e^{(3,72 - 2,95 \cdot Corg)}} \quad (6)$$

$$fareiaf = 1 - \frac{0,7 \cdot (1 - \frac{m\alpha}{100})}{\left(1 - \frac{m\alpha}{100}\right) + e^{[-5,51 + 22,9 \cdot (1 - \frac{m\alpha}{100})]}} \quad (7)$$

Onde, ma representa a fração de areia da amostra de solo que representa granulometria de 0,05 – 2 mm; ms é a fração de silte da amostra de solo que representa granulometria de 0,002 – 0,05 mm; $marg$ é a fração de argila da amostra de solo que representa granulometria menor que 0,002 mm; e $Corg$ é o percentual de carbono orgânico no solo.

As informações físicas de cada tipo de solo foram obtidas na plataforma Pronasolos para mapeamento de escala 1: 250.000 (CPRM, 2018), e dados granulométricos coletados a partir do

Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte (1971); campos: 14, 50, 54 e 66. Sendo esses campos referentes aos pontos de amostragem de solo que foram coletados para a elaboração do material supracitada. A partir deles foram adquiridos os dados granulométricos de pontos dentro e do entorno da bacia necessários para o desenvolvimento do fator K da USLE.

O fator *LS* indica a capacidade que o comprimento e a declividade das encostas têm de influenciar na taxa de erosão causada pelas águas da chuva. Ou seja, quanto maior o comprimento da rampa e maior a sua declividade, maior será a erosão. Assim, a obtenção desse fator foi por meio do processamento em ambiente SIG das imagens do satélite ALOS, sensor PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros. O cálculo do fator *LS* foi realizado a partir da extensão ArcMUSLE, desenvolvida por Zhang (2016), que se baseia na equação proposta por Moore e Bruch (1986):

$$LS = \left(\frac{V \cdot \Delta}{22,13} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (8)$$

Em que *V* significa o fluxo acumulado de cada célula; Δ o tamanho de cada célula da imagem dado em metros; θ o ângulo de declividade em graus.

O fator *C* representa a relação entre valores de perdas de solo em terreno cultivado em certas condições e as perdas correspondentes de um terreno que está descoberto e cultivado (CARVALHO, 2008). Para determiná-lo, há necessidade do conhecimento do uso da terra, o qual já foi identificado e os valores do fator *C* foram obtidos a partir da literatura em estudos de bacias com uso da terra semelhantes aos existentes na Bacia do Rio Barra Nova, conforme apresentado na Tabela 1.

O fator *P* reflete a utilização de práticas que proporcionam uma maior proteção ao solo quanto a sua perda em áreas ocupadas. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), este fator pode ser valorado entre 1 e 0,1 de acordo com a prática conservacionista utilizada, tais como: plantio morro abaixo; plantio em contorno; alternância de capinas mais plantio em contorno; cordões de vegetação permanente e terraços. Quanto mais eficiente for a prática adotada, menor será o valor do fator *P*.

Como não foi visível no mapeamento em tela, nem nos locais de coletas de dados, a presença de práticas conservacionistas aplicadas no território da bacia em questão, foi adotado o valor 1 para o fator *P*, assim como nas pesquisas de Irvem *et al.* (2007), Silva *et al.* (2012), Nascimento e Santos (2019), e Fistarol e Santos (2020).

Após expressar os parâmetros da USLE, fica claro que uma das principais vantagens do acoplamento de modelos hidrossedimentológicos auxiliado ao ambiente SIG é a possibilidade da análise espacial dos aspectos modelados, permitindo confecção de mapas temáticos com a

especialização dos fatores da equação, bem como das perdas de solo estimadas para a bacia, além da identificação das áreas mais suscetíveis a processos erosivos na bacia.

Tabela 1 – Fator C para cada unidade de Uso da Terra.

UNIDADES DE USO DA TERRA	FATOR C	REFERÊNCIA
Reservatórios Artificiais (água)	0	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Cidades (área urbana)	0,001	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Vilas (sem estrutura)	0,01	Thompson (2015)
Extração Mineral de Minerais não Metálicos (mineração)	0,25	Oliveira, (2018)
Cultura temporária (agricultura de sequeiro)	0,2	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Caatinga Arbórea (Caatinga Nativa)	0,0167	Dos Santos, J. C. N. et al. (2014)
Caatinga Arbustiva (Raleamento)	0,0067	Dos Santos, J. C. N. et al. (2014)
Caatinga degradada (Capim)	0,0084	Dos Santos, J. C. N. et al. (2014)
Pastagem	0,025	Cavalcante da Silva (2004)
Uso não identificado*	0,025	-

* Por se encontrar próximo a unidade e partindo de uma verificação em campo, a unidade foi associada a Pastagem para Animais para fins de estimativa de perda de solo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise qualitativa das perdas de solo na Bacia do Rio Barra Nova foi realizada a partir da classificação adotada por Irvem *et al.* (2007), como descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação das perdas de solo em bacias hidrográficas.

Perdas de solo (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Classificação
<5	Muito baixa
5 – 12	Baixa
12 – 50	Moderada
50 – 100	Severa
100 – 200	Muito Severa
>200	Extremamente Severa

Fonte: Elaborado pelo autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise do Uso da Terra

Através das informações de uso da terra foi possível identificar que as áreas elevadas, acima de 350 metros, apresentam uma maior presença da flora, pois nessa área se concentra a Caatinga Arbórea, a Caatinga Arbustiva e grande parte da Caatinga Degradada mapeada. As áreas de menor altitude, abaixo dos 350 metros, tanto por fácil acesso a todo o território, quanto por existir o

desenvolvimento de atividade pecuaristas, apresentam características de áreas para pastagem. A caatinga dessas áreas se apresenta esparsada com predomínio de gramíneas e arbustos.

Além disso, os canais fluviais, por possuírem maior predisposição para o desenvolvimento de atividades da agricultura, são utilizados exclusivamente para desenvolver culturas temporárias de subsistência, criação de reservatórios artificiais, entre outras atividades onde água e terras úmidas sejam pré-requisitos.

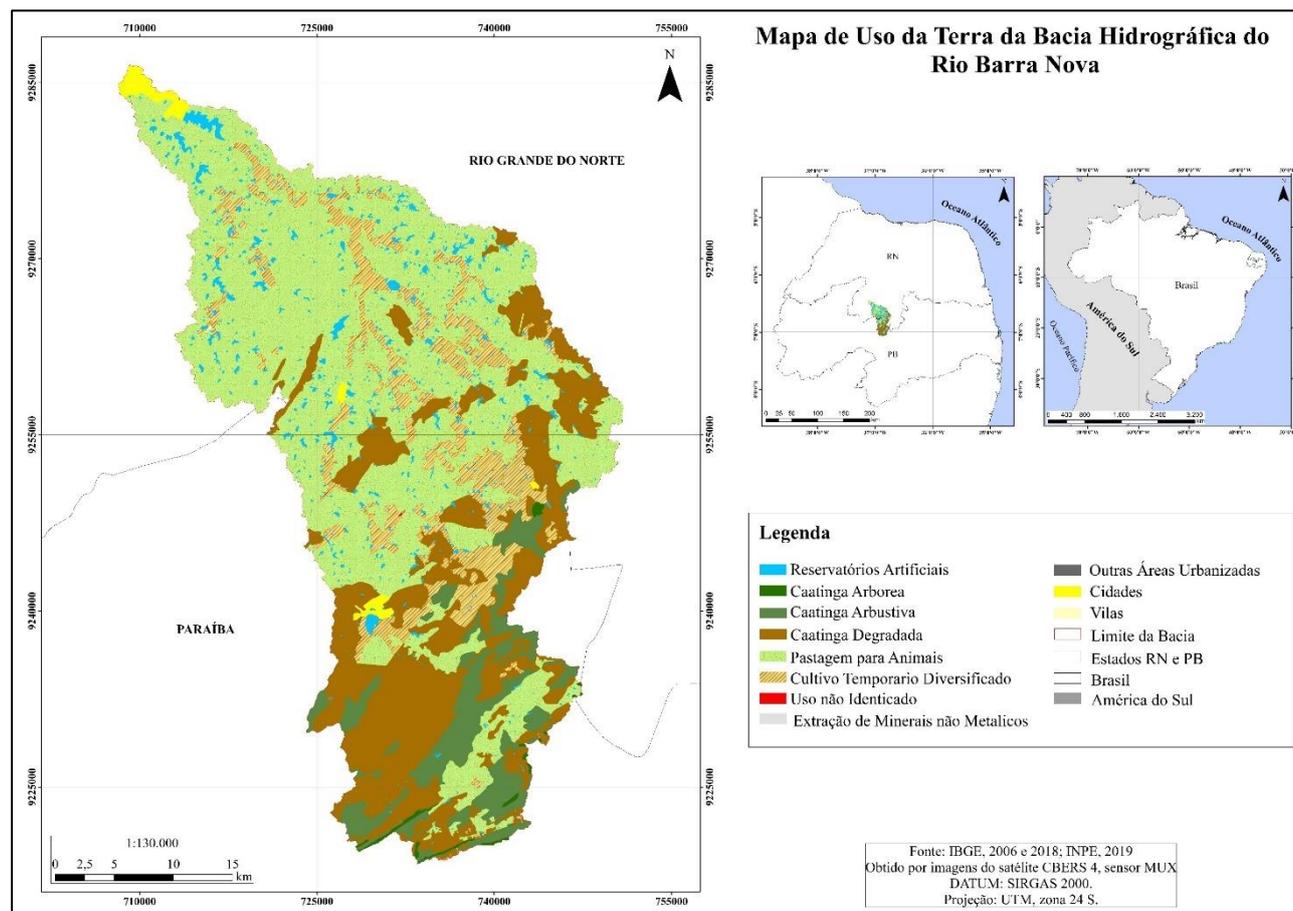
Discorrendo sobre cada unidade, percebe-se o destaque em extensão territorial da unidade Pastagem. Como já mencionado, ela se encontra sobre características topográficas ideais para o desenvolvimento de atividades pecuaristas, e essa condição topográfica, baixas altitude e pequenas variações de declividade, se estende na maior porção da bacia hidrográfica. Ademais, alguns dados devem ser acrescentados justificando essa abrangência, dados esse que apontam para o criatório de vários tipos de gados.

Primeiro que, ao se tratar de região semiárida, sabe-se do laço que a população tem com a cultura da pecuária; e segundo, a maior parte da bacia compreende espaços rurais. Autores que trabalham a formação do espaço semiárido, com destaque para a região do Seridó Potiguar, já trazem apontamentos a um laço cultural (MORAIS; ARAÚJO; NETA, 2009), ou um sentimento de lugar, pertencimento (MORAIS, 2016)

As unidades mapeadas demonstram a prevalência da unidade Pastagem para Animais, seguida da Caatinga Degradada, onde também carece de explicação, pois tanto a Caatinga Degradada pode ser utilizada como Pastagem para Animais, como algumas áreas de Pastagem para Animais podem apresentar características de Caatinga Degradada. Já as áreas de Caatinga Degradada, mesmo com traços de usos parecidos ao de Pastagem par Animais, se destaca por existir uma maior preservação da vegetação que a unidade anterior. Ademais, essa unidade se apresentou diferenciada das áreas de pastagem nas imagens utilizadas para realização do mapeamento (Figura 3).

Dessa forma, a unidade de Caatinga Degradada se caracteriza por apresentar extração da vegetação e queimadas controladas, e até mesmo o uso como pastagem para animais, mas se apresenta sempre com uma vegetação um pouco mais densa que as áreas de pastagem. Também deve-se voltar olhares para a unidade de Cultivo Temporário Diversificado, pois o temporário, aplicado na situação do semiárido, está intrinsecamente ligado ao período das chuvas. Ou seja, quando passa o período chuvoso essa mesma área torna-se pastagem para os animais, e, em seguida, se torna solo exposto. Isso acontece todo ano, paralelo ao período de chuva e estiagem, onde quanto maior o período de estiagem, maior o tempo de exposição do solo dessas áreas de cultivo, o que, frequentemente, associa-se a não presença de outras formas de vegetação a não ser as culturas desenvolvidas no período das chuvas.

Figura 3 - Mapa de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova.



Fonte: Elaboração própria.

3.2. Análise Geomorfológica

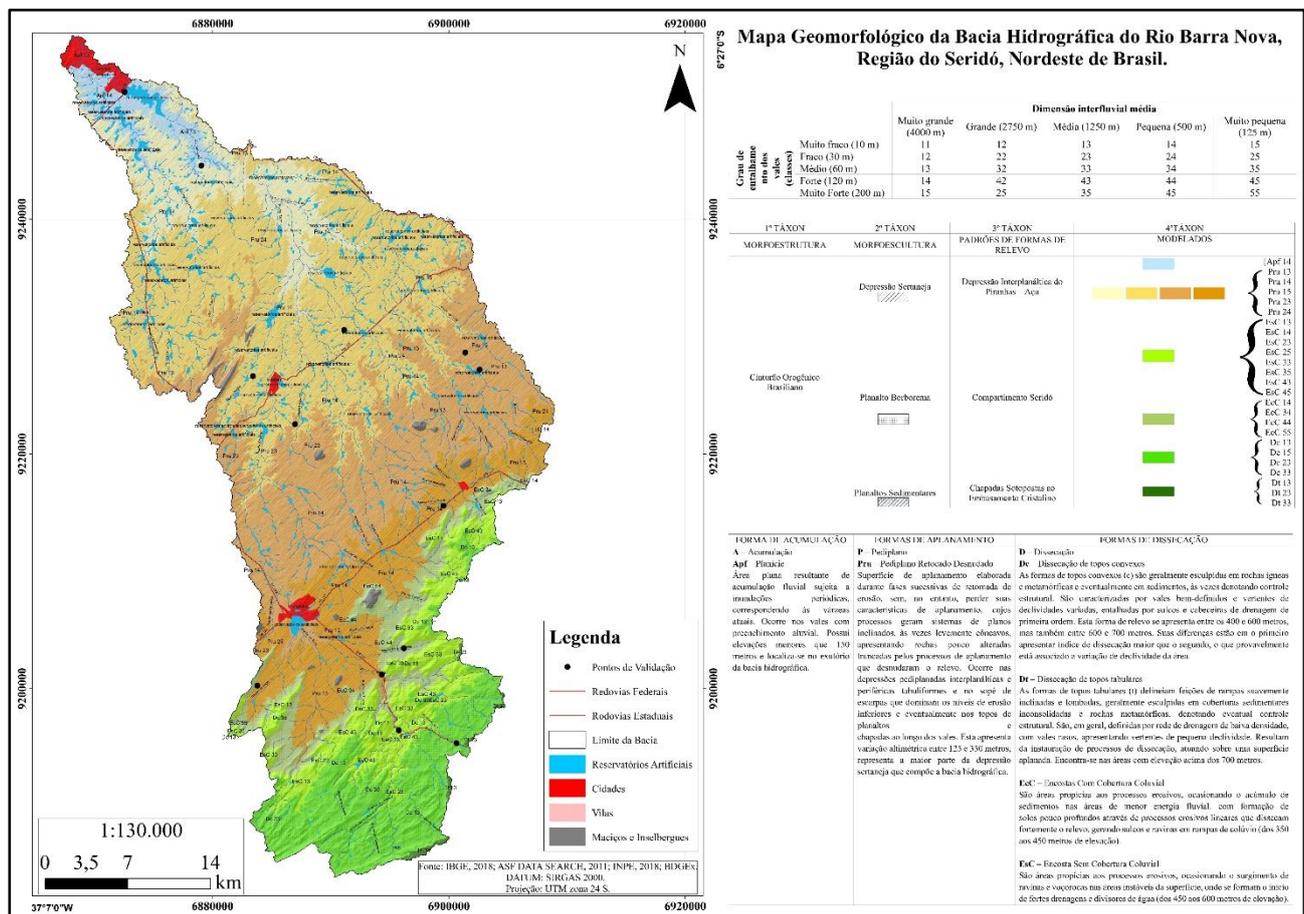
O mapeamento geomorfológico da bacia em questão permitiu identificar as formas de relevo e assim ter um conhecimento prévio das dinâmicas que à compreende. Como já supracitado, a metodologia adotada para delimitar as formas de relevo parte do trabalho de Ross (1992), e a taxonomia tem como obra basilar, IBGE (2009), mas também seguindo outros pesquisadores que já realizaram mapeamento geomorfológico em áreas próximas ou parte da bacia hidrográfica estudada; como Morais Neto *et al.* (2008), Diniz *et al.* (2017), Vasconcelos *et al.* (2019) e Santos e Vital (2020).

Diniz *et al.* (2017), afirmam que as unidades morfoestruturais, as unidades e subunidades morfoesculturais presentes hoje no território potiguar retratam três eventos tectônicos sequenciais, a saber, a Orogênese Brasileira, a Tectônica Cretácea de separação da Gondwana e as reativações tectônicas cenozoicas. Assim, a figura 4 apresenta as unidades, subunidades e modelados geomorfológicas mapeadas na Bacia do Rio Barra Nova, até o 4º táxon.

Foi possível identificar no 1º táxon, como morfoestrutura, a unidade Cinturão Orogênico Brasileiro. No 2º táxon, como morfoesculturas, percebe-se três unidades: o Planalto Borborema, a Depressão Sertaneja e os Planaltos Sedimentares. E para o 3º táxon, que são as subunidades morfoestruturais (os padrões de formas de relevo), foram mapeadas três, a saber, a subunidade Depressão Interplanáltica do Piranhas-Açu, Compartimento Seridó e Chapadas Sotopostas em Embasamento Cristalino.

No 4º táxon compreende os modelados: planície (até os 125 metros), Pediplano Retocado Desnudado (dos 125 aos 350 metros), Encostas com Cobertura Coluvial (350 aos 450 metros), Encostas sem Cobertura Coluvial (450 aos 600 metros), Dissecção de topos convexos (600 aos 700 metros) e Dissecção de topos tabulares (acima dos 700 metros).

Figura 4 - Mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova.



Fonte: Elaboração própria.

O Cinturão Orogênico Brasileiro consiste em dobramentos dos embasamentos relacionados a eventos poliorogênicos que posteriormente afetaram a província Borborema no Proterozóico, além

da reativação cretácea que resultou na separação do Megacontinente Gondwana (BRITO NEVES, 1999).

Grande parte desta unidade é marcada pela existência de superfícies de aplainamento, as demais partes apresentam maciços formados devido a processos de erosão diferencial e reativações tectônicas. Essas reativações ocorreram durante a fragmentação de Gondwana. E quanto ao índice de dissecação da bacia hidrográfica nesta unidade, o mesmo aparece, predominantemente, como moderado.

A porção que compreende ao Planalto da Borborema está ligada aos núcleos elevados da área estudada. Estes permaneceram na paisagem em função de sua resistência litológica, os quais, em suma, correspondem aos maciços e inselbergs compostos principalmente por rochas metamórficas. Está unidade se apresenta como uma área de relevo bastante movimentado, com superfícies onduladas e inclinadas, e com escarpas íngremes. As altitudes podem variar de 350 a 850 m de altitude. O topo do planalto caracteriza-se pela ocorrência de áreas aplainadas marcadas por um relevo. Essa unidade, quando dividida em subunidades morfoesculturais, apresentou o Compartimento Seridó - Modelados de Acumulação e Compartimento Seridó - Modelados de Denudação

Já a Depressão Sertaneja engloba às porções de terreno pediplanos, isso em função de sua baixa resistência, e também devido a processos tectônicos, os quais acentuaram o desnível entre as superfícies rebaixadas e as cimeiras. Além de predominar acentuados processos de dissecação, expressando um relevo que varia de plano à suavemente ondulado, com altitude. Aqui as subunidades morfoesculturais identificadas foram a Depressão Interplanáltica do Piranhas-Açu – Modelados de Acumulação e Depressão Interplanáltica do Piranhas-Açu – Modelados de Denudação.

A unidade Planaltos Sedimentares compreende Serras da Formação Martins que apresentam topos planos ou grandes chapadões sobre o Planalto da Borborema. As unidades mapeadas, localizadas no município de Junco do Seridó e Santa Luzia, apresentavam canga laterítica, apresentando uma diferenciação quanto aos outros pontos da bacia hidrográfica.

O índice de dissecação para a unidade do Planalto Borborema apresenta-se forte a muito forte nas áreas de Encosta com Cobertura Coluvial e moderada nas áreas de Topos Tabulares e Convexos. Já para as unidades na Depressão Sertaneja o índice só aparece muito forte ao sul da bacia, entre a cidade de Santa Luzia – PB e o Planalto da Borborema. O restante desta unidade varia, no sentido cabeceiras - exutório, de forte a moderado.

Os modelados são compreendidos entre as três subunidades morfoesculturais; Compartimento Seridó, Depressão Interplanáltica do Piranhas-Açu e Chapadas Sotopostas em Embasamento Cristalino, sendo elas, subdivididas em modelados de acumulação e denudação. Alguns autores já expressam na literatura o entendimento de cimeira como sendo a parte mais alta da área mapeada

(SANTOS *et al.*, 2006; DINIZ *et al.*, 2017, VASCONCELOS *et al.*, 2019; SILVA SANTOS e VITAL, 2020), ou nomeada pela classificação do IBGE (2009) como Dissecação de Topos Tabulares.

A mesma se configura a partir dos 700 metros de altitude na área estudada, com uma declividade que varia de 0 a 45 graus (Figura 6). Nesse modelado há desenvolvimento de atividades industriais (usinas de energia eólica e extração mineral), e caracteriza-se por apresentar topos planos e escarpas côncavas íngremes (VASCONCELOS *et al.*, 2019, p. 1194). O índice de dissecação para esse modelado se classifica como moderado.

Para áreas de topo ainda sob o Planalto da Borborema foram classificadas como Dissecação em Topos Convexos. Geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em sedimentos, algumas vezes denota controle estrutural. São caracterizadas por vales bem-definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem. Esta forma de relevo se apresenta entre os 600 e 700 metros (Figura 5).

Figura 5 - Área de dissecação de topos tabulares na Bacia do Rio Barra Nova.



Foto: Thiago Medeiros.

Em seguida vem o modelado Encosta sem Cobertura Coluvial. Esse modelado tem altimetria variando dos 450 aos 600 metros e presença considerável de declividade de 20 a > 45%, sendo áreas que possuem predisposição aos processos erosivos, o que ocasiona o surgimento de ravinas e voçorocas nas partes instáveis da superfície, formando início das drenagens (VASCONCELOS *et al.*, 2019, p. 1195), conhecido nas regiões semiáridas como cabeceiras por se tratar de rios intermitentes (Figura 6).

Figura 6 - Porção de alta encosta de elevada declividade, desprovida de vegetação.



Foto: Thiago Medeiros.

Outro modelado é Encosta com Cobertura Coluvial, onde aparece fortes sinais de intensa morfogênese e solos pouco profundos através dos processos erosivos lineares que dissecam fortemente o relevo, gerando sulcos e ravinas em rampas de colúvio, havendo, também, aparentes processos de movimentação de massa (VASCONCELOS *et al.*, 2019, p. 1196), tudo isso em uma variação altimétrica de 100 metros (entre 350 e 450 metros).

Os pediplanos retocados desnudados variam de 125 até 350 metros de altitude, a declividade predominante é de 0 a 13%, e sua superfície se encontra em fase de suavização. Nesse compartimento, os processos erosivos são pouco intensos, em virtude da topografia semiplana (FIGURA 18), predominando assim a erosão laminar e linear, e onde há uma maior quantidade de reservatórios artificiais. Além disso, são nessas condições há predominância das atividades urbanas e rurais, nos modelados.

O índice de dissecação para os modelados dos pediplanos retocados desnudados também apresentam variações. Em sua maioria estão classificados como fortes, mas apresentam variações pontuais para muito forte. Isso acontece entre a cidade de Santa Luzia – PB e o Planalto da Borborema, e próximo a BR427, já no município de Jardim do Seridó – RN.

Segundo Silva e Vital (2020), essas áreas pedimentares, passam a ser considerados relevos monótonos e de poucos contrastes, com exceção dos Inselbergs e Maciços Residuais (Figura 7). Ao se aproximar dos maciços percebe-se que se trata de um relevo originado por rochas metamórficas e com aparência de dobra rasgada (Figura 7).

Figura 7 - Maciço Serra Poção, município de Ouro Branco, PB.



Foto: Thiago Medeiros.

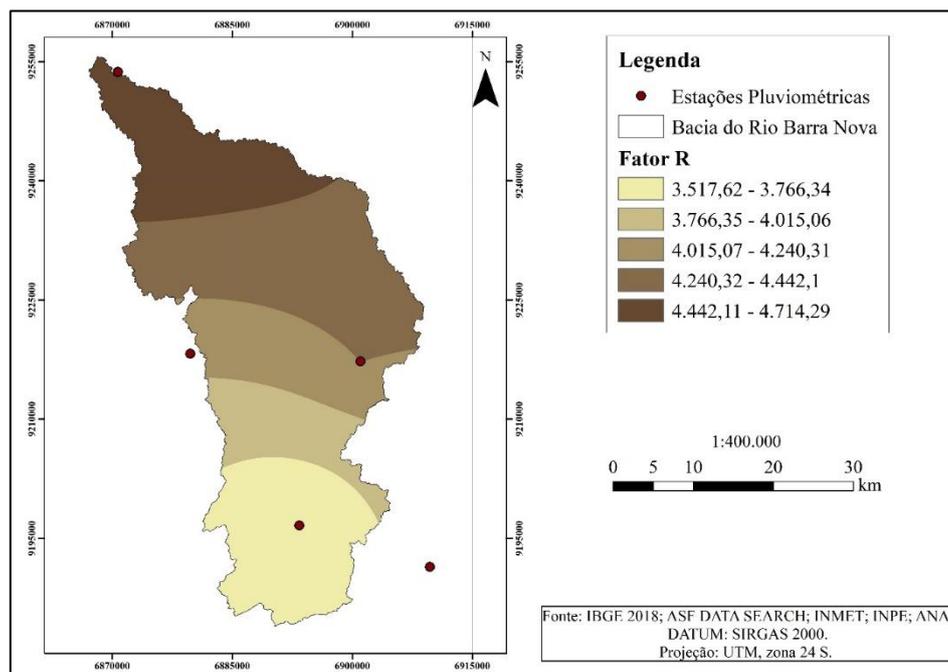
Por último o modelado Planície caracteriza-se pela forte presença de processos de deposição fluvial, sobretudo nos períodos de maior intensidade pluviométrica, período no qual as áreas semiáridas mais baixas são ocupadas pelas águas durante o escoamento superficial. Essas áreas estão fortemente ligadas às atividades agrícolas que, comumente ocupam as planícies de inundações, por possuírem características naturais favorecedoras dessas práticas, e também com ocupação indevida dessas áreas nos centros urbanos. Seu índice aponta para uma dissecação moderada.

Santos e Vital (2020), afirmam que no relevo do município de Caicó, há uma predominância de superfícies aplainadas. Nesse caso, tratando-se da parte do município que compreende a Bacia do Rio Barra Nova, destacando que tal área compreende o exutório da bacia, a Planície localiza-se exatamente dentro do centro urbano; cidade de Caicó/ RN (FIGURA 20). Se cruzados os dados de declividade e altimetria desta área, o modelado em questão está em uma área de elevação inferior a 125 metros e de 0 a 13 por cento de declive. A figura apresentada mostra construções civis na planície de inundação do rio e o uso da calha principal para plantio de alimentos para criação de gado bovino e/ou caprinos, ovinos, asininos, entre outros, indicando um gerenciamento errôneo do rio que corta a cidade de Caicó/RN.

3.3. Análise das Perdas de Solo

A Figura 8 apresenta a distribuição espacial do fator R na Bacia do Rio Barra Nova, onde pode-se verificar que o mesmo apresentou valores que variam $3.517,79 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{hr}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para $4.713,72 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{hr}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo considerado muito forte segundo a classificação da Eletrobrás (1988), citada por Carvalho (2008), o que significa um grande desprendimento de partículas do solo durante as chuvas nessa bacia.

Figura 8 – Distribuição do fator R na Bacia do Rio Barra Nova.

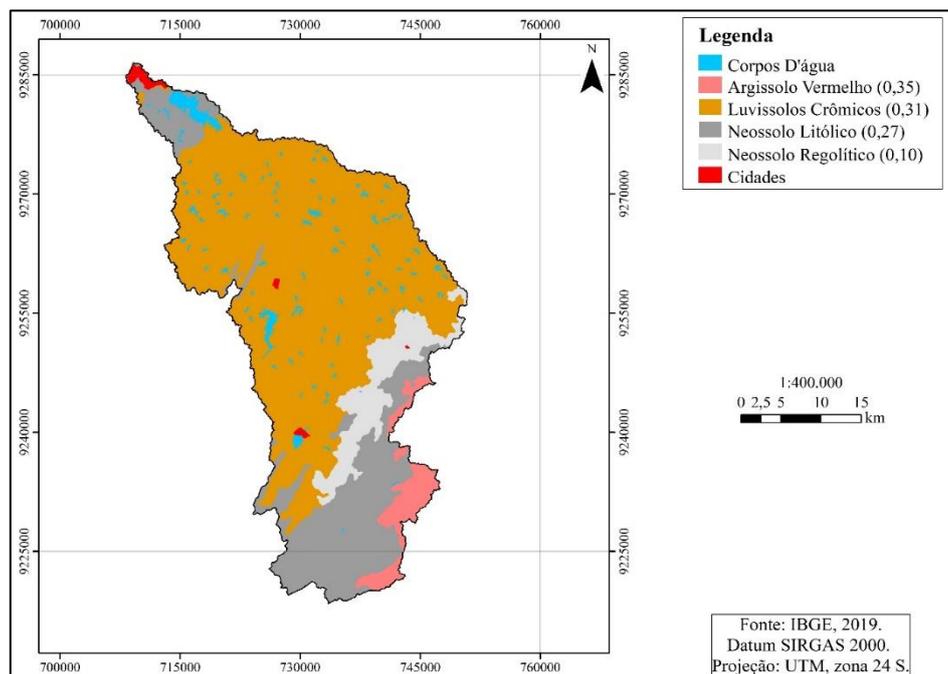


Fonte: Elaboração própria.

Já em relação ao fator K , que tem sua distribuição espacial apresentada na Figura 9, pode-se observar que o Argissolo se apresenta apenas na área sul da bacia, representando 4,15% da área total da bacia, seguido pelos Neossolo Regolítico que representa 7,22% do total da bacia e se localiza no sopé do Planalto da Borborema. O Neossolo Litólico que abrange 21,25% da área se encontra mais nas áreas de exposição rochosas do Planalto Borborema e próximo ao exutório tendo como característica comum os afloramentos rochosos e o Luvisolo que está presente em quase toda a área de Depressão Sertaneja representa 64,71 da área total da bacia.

A Tabela 3 apresenta as características granulométricas dos solos da Bacia do Rio Barra Nova e o valor do fator K .

Em relação ao fator topográfico, a Figura 10 apresenta a sua espacialização, em que seus valores variam de 0 a 40,48. A classe com maior significância foi a de 0 a 1,11 que ocorreu na maior porção da bacia destacando-se principalmente na área de Pediplano Retocado Desnudo.

Figura 9 – Distribuição do fator K na Bacia do Rio Barra Nova.

Fonte: Elaboração própria.

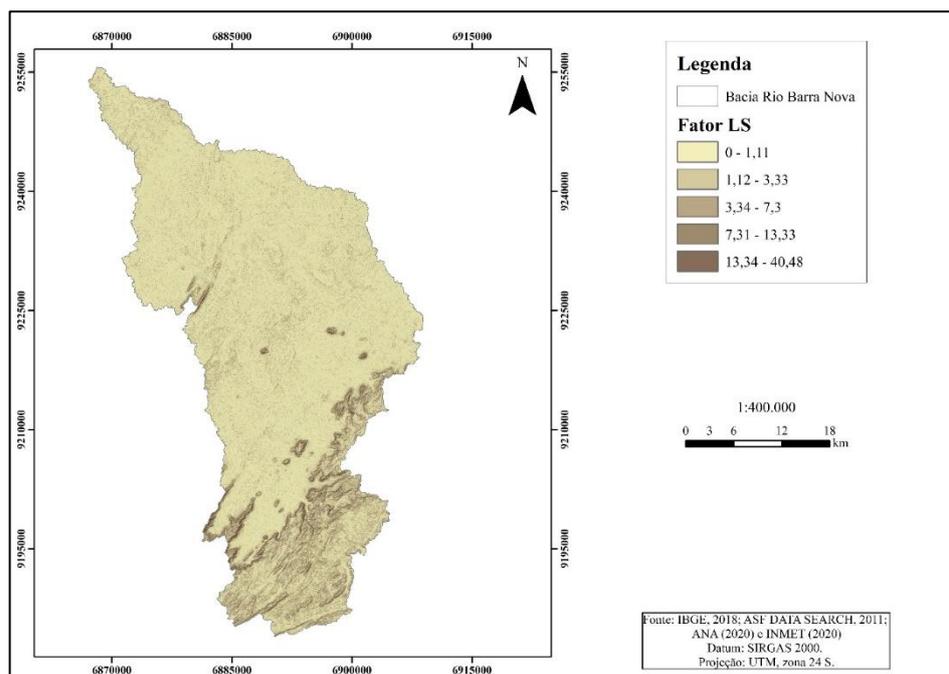
Tabela 3 – Características granulométricas dos solos da Bacia Rio Barra Nova e fator K .

Composição	Argissolo Vermelho	Neossolo Litólico	Neossolo Regolítico	Luvisolo Crômico
Areia Fina (%)	21	26	17	14
Areia grossa (%)	41	42	72	39
Argila (%)	16	7	1	10
Silte (%)	22	25	10	37
Carbono Orgânico (%)	10	11	10	8
Fator K	0,35	0,27	0,10	0,31

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em menor área na bacia, mas que merece atenção, estão as áreas classificadas na classe 13,34 a 40,48, pois as mesmas representam uma variação abrupta na altimetria, significando também um maior grau de declividade, o que indica serem áreas com grande potencial de perda de solo. Logo, tanto as bordas do Planalto da Borborema, quando dos maciços que se apresentam dentro dos limites da bacia hidrográfica demonstram maior predisposição para perda de solo.

Outro fator importante a ser considerar é que na maior extensão da bacia predominam as baixas declividades, de centro a norte. Isso possibilitou uma maior ocupação desta porção o desenvolvimento de atividades econômicas, como o uso da terra para agricultura e a criação de gado.

Figura 10 – Espacialização do fator *LS* na Bacia do Rio Barra Nova.

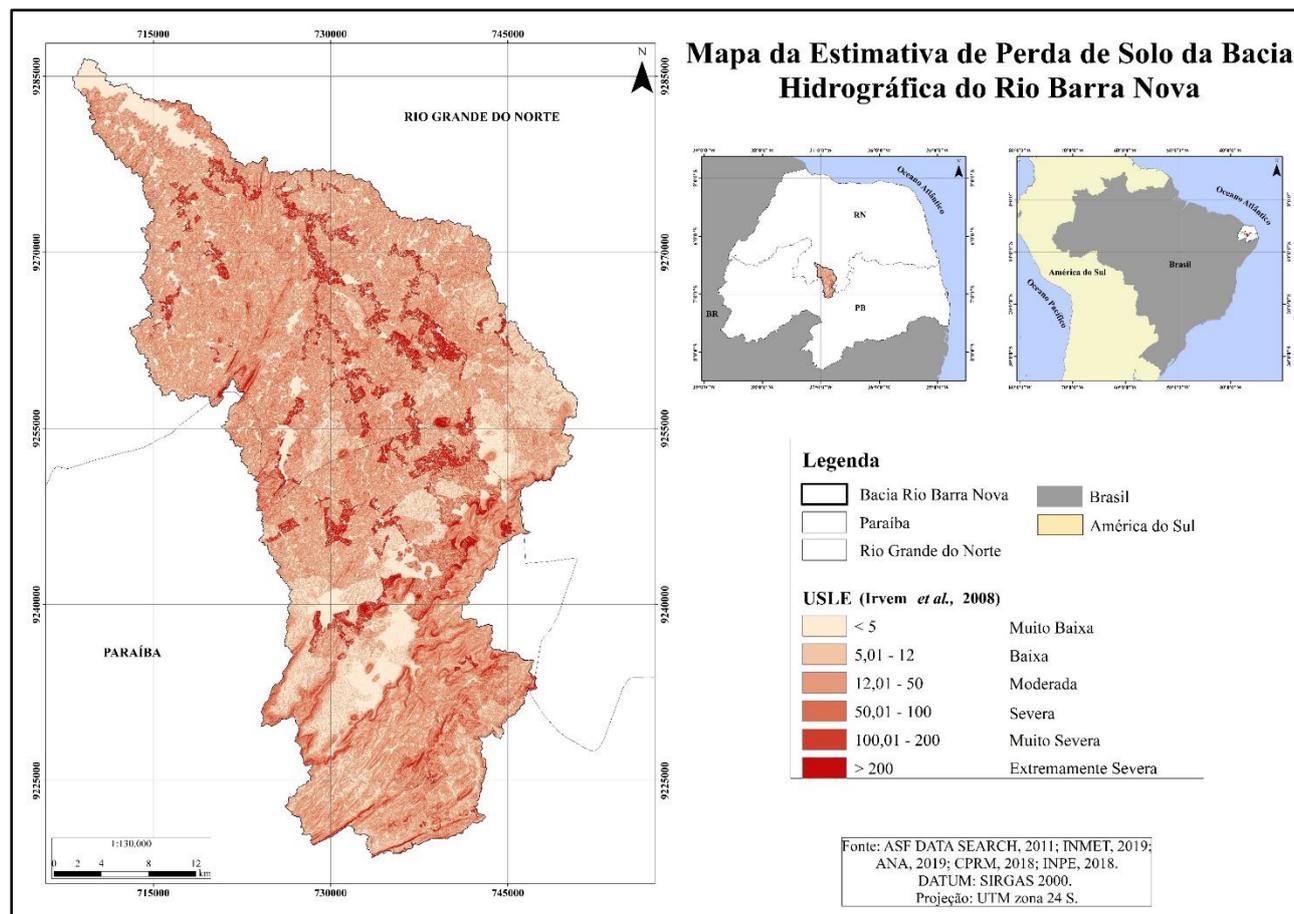
Fonte: Elaboração própria.

Relacionados todos os fatores apresentados anteriormente, foi estimado para a Bacia do Rio Barra Nova a distribuição espacial de perdas de solo apresentada na Figura 11. Essa estimativa apresentou uma perda de solo média de $29,90 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, podendo ser considerada como moderada de acordo com a classificação proposta por Irvem *et al.*, (2008).

Tendo em vista a classificação supracitada, a Tabela 4 apresenta a distribuição espacial para cada classe, sua extensão territorial em hectares e seu percentual representativo em toda a bacia. A classe Moderada a predominante ocupando 41,13% da bacia, seguida das classes Muito Baixa (23,62%), Baixa (16,31%), Severa (11,00%), Muito Severa (4,67%) e Extremamente Severa a de menor expressão representando 3,27%.

Uma atenção deve ser dada ao fato que a soma do percentual das classes Baixa e Muito Baixa não ultrapassam nem mesmo a classe Moderada, quiçá a somatória de Moderada, Severa, Muito Severa e Extremamente Severa. Isso significa que a bacia já apresenta uma tendência de estimativa para perdas de solo mais acentuadas.

Figura 11 - Estimativa de perda de solo da Bacia do Rio Barra Nova.



Fonte: Elaboração própria.

A classificação Muito Baixa se destaca nos tipos de uso da terra reservatórios, cidades, vilas e também nos canais de drenagem, onde, mesmo com características diferentes, convergem para a não perda ou menor perda de solo. Isso porque, para as cidades há a relação dimensão e impermeabilização, já os reservatórios estão associados mais ao assoreamento do que a perda de solo.

Tabela 4 - Distribuição qualitativa das perdas de solo para o cenário de 2018.

Perda de solo em t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	Classificação	Área (ha)	Área (%)
<5	Muito Baixa	32396,67	23,62
5-12	Baixa	22374,92	16,31
12-50	Moderada	56425,36	41,13
50-100	Severa	15084,53	11,00
100-200	Muito Severa	6406,36	4,67
>200	Extremamente Severa	4479,50	3,27

Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas com perdas de solo enquadradas como muito baixa somam 4,21% da área total da bacia. As cidades se justificam pela impermeabilização e por estarem em áreas de relevo com

declividade plana a suave ondulado. Os reservatórios artificiais se encontram nos canais de drenagem distribuídos em todo o território da bacia e são pontos de assoreamento. Logo, seus valores estão condicionados pelos demais fatores que compõem a USLE.

Em relação as perdas de solo por tipo de relevo, nesse caso os modelados mapeados, a Tabela 5 apresenta essa distribuição. Nessa análise a predominância da classe Moderada mais uma vez é explicitada, onde dos dez modelados, oito estão nessa classe e os outros dois estão como Severo e Muito Severo.

Tabela 5 – Perda de solo estimada por modelados da Bacia do Rio Barra Nova.

Modelados	Área (ha)	(%)	Perda de solo estimada t.ha-1.ano-1		Classificação
			Média	Desvio Padrão	
Planície	4601,84	3,35	19,20	53,13	Moderada
Pediaplano Retocado Desnudado 150	11742,67	8,56	48,00	93,16	Moderada
Pediaplano Retocado Desnudado 200	41404,50	30,18	35,87	78,32	Moderada
Pediaplano Retocado Desnudado 250	31311,23	22,83	34,18	75,23	Moderada
Pediaplano Retocado Desnudado 350	15620,81	11,39	19,33	59,95	Moderada
Encosta com Cobertura Coluvial	45,43	0,03	62,32	202,36	Severa
Encosta sem Cobertura Coluvial	10361,38	7,55	34,86	80,95	Moderada
Dissecação de Topos Convexos	14054,45	10,25	20,79	54,72	Moderada
Dissecação de Topos Tabulares	311,31	0,23	42,24	65,27	Moderada
Maçãos	755,36	0,55	101,56	155,27	Muito Severa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa análise também ficou clara a importância do fator *LS*, pois os maiores valores deste fator estão localizados exatamente nos dois modelados que tenderam a classes diferentes de moderada. Logo, a relação comprimento da rampa e declividade influenciaram para que os modelados Encosta com cobertura Coluvial e Maçãos apresentassem classe Severa e Muito severa respectivamente.

Quando realizada a análise com a geomorfologia, a partir das unidades morfoesculturais, também é destacada a predominância da classe Moderada para a perda de solo (Tabela 6). Mais uma vez a classe Moderada se sobressai confirmando que a bacia hidrográfica em questão tem perda de solo modera.

Tabela 6 – Estimativa de perda de solo para as morfoesculturas da Bacia do Rio Barra Nova.

Morfoescultura	Área (ha)	(%)	Perda de solo estimada t.ha-1.ano-1		Classificação
			Média	Desvio Padrão	
Depressão Sertaneja	105110,44	76,63	32,44	77,36	Moderada
Planalto Borborame	32263,70	23,52	35,31	115,65	Moderada
Planaltos Sedimentares	311,31	0,23	42,24	65,27	Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Deste modo, os tipos de uso da terra junto as características físiconaturais da Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova tendem a uma suscetibilidade a erosão, predominantemente, moderada, mas que já demonstra focos de um usos da terra que demonstram predisposição para perda de solo maiores.

4. CONCLUSÕES

Os dados levantados para mesurar a suscetibilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Barra Nova apontam para uma bacia com perda de solo em grau moderado. A classificação de perda de solo junto ao índice de dissecação e ao mapeamento de uso da terra, apresentam que em toda a bacia já é possível localizar pontos de perda de solo considerados muito e/ou extremamente severos, mas que por serem pequenas pontos ainda há possibilidade de diminuir essa suscetibilidade à erosão.

Na classificação da USLE, a unidade de uso Extração de Minerais Não Metálicos apresentou uma estimativa de perda de solo extremamente severa, onde o índice de dissecação para essa área já se apresenta moderado. Enquanto as áreas de Cultivo Temporário Diversificado, que trazem um índice de dissecação que varia de moderado a forte, apresentou uma estimativa de perda de solo muito severa.

Por essas áreas serem de um tipo de uso com técnicas arcaicas e culturais, a forma como são realizadas e os locais onde são desenvolvidas influenciam diretamente para uma perda de solo considerável. Vale ressaltar que essa unidade se estende principalmente pela depressão sertaneja, as margens dos canais fluviais, tanto pela necessidade de água quanto pela riqueza de nutrientes no solo.

As cidades apresentaram a menor estimativa de perda de solo, provavelmente, pelo reflexo de espaços cada vez mais impermeabilizados. Mas, historicamente, as cidades de região semiárida crescem as margens de rios e sua drenagem é concentrada para esses rios. Na medida que as cidades crescem, se sua canalização de drenagem não a acompanha, problemas de enchentes e inundações

tornam-se comuns. Logo, é verídico que as cidades quase não apresentam perda de solo, mas quais outros problemas são destacados a partir dessa impermeabilização?

Quanto a geomorfologia da bacia hidrográfica, a área do Planalto da Borborema e dos Planaltos Sedimentares apresentam variações de índice de dissecação de moderado a muito forte, enquanto a área de Depressão Sertaneja predomina a classificação moderado. Logo, a bacia em questão necessita de olhares mais atentos para as atividades desenvolvidas em seu território tendo em vista que as mesmas estão influenciando para uma elevada dissecação, principalmente nas Morfoesculturas Planalto da Borborema e Planaltos Sedimentares. Além disso, há muitos reservatórios distribuídos pela bacia, os quais, diferente das áreas dissecadas, são assoreados pelo transporte dos sedimentos dissecados das outras áreas.

A metodologia aplicada para entender a dinâmica geomorfológica, a perda de solo, o uso da terra e a suscetibilidade da bacia hidrográfica se mostrou eficaz no sentido de que desde o primeiro produto, após validação, fica clara a veracidade dos dados. Para além disso, os materiais basilares para a produção dos produtos cartográficos foram fundamentais para mostrar um bom resultado.

Um problema a ser levantado são os dados utilizados para a elaboração do fator K da USLE e, conseqüentemente, a própria USLE. Isso porque para a área estudada o único mapeamento oficial existente data de 1971, sendo reelaborado para 2018 em uma escala de 1:250.000, o que não demonstra riqueza de detalhes. Além disso, existem poucos campos para esse mapeamento realizado, que apresentem dados de perfis de solo. Logo, não só a área estudada como, também sua região do entorno, carecem de mapeamentos pedológicos atualizados e com mais detalhes de características físicas e químicas dos solos mapeados.

Por fim, o entendimento do uso da terra existente na área se mostrou importante para a compreensão das atividades que estão produzindo uma maior perda de solo e também poder pensar, a partir dos dados apresentados, alternativas para que esses usos da terra venham gerar uma menor perda de solo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro, 1971. p. 531. (Brasil. Ministério da Agricultura – DPP – DNPEA. Boletim Técnico. 21; DRN – SUDENE. Pedologia, 9).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. I. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. p. 670. (Brasil. Ministério da Agricultura – EPE – EPFS. Boletim Técnico. 15; DRN – SUDENE. Pedologia, 8).

CARVALHO, N. O. Erosão. In: CARVALHO, N. O. (org.). **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 2008. p. 33- 72.

CAVALCANTE DA SILVA, V. Estimativa da erosão atual da Bacia do Rio Paracatu (MG/ GO/ DF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, GO. v. 34, n. 3, p. 147 – 159, 2004.

DINIZ, M. T. M.; DE OLIVEIRA, G. P.; MAIA, R. P.; FERREIRA, B. Mapeamento geomorfológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v.18, n.4, out- dez, p.689-701, 2017.

DOS SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; NETO, J. R. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; RODRIGUES, R. N. **Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v. 18, n. 11, p. 1157 – 1164, 2014.

FARINASSO, M.; JÚNIOR, O. A. C.; GUIMARRÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; RAMOS, V. M. Avaliação Qualitativa do Potencial de Erosão Laminar em Grandes Áreas por Meio da EUPS Equação Universal de Perdas de Solos Utilizando Novas Metodologias em SIG para os Cálculos dos seus Fatores na Região do Alto Parnaíba PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Brasília, DF. v. 7, n. 2, p. 73 -85. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v7i2.80>.

FISTAROL, P. H. B.; SANTOS, J. Y. G. Implicações das Alterações no Uso e Ocupação do Solo nas Perdas de Solo da Bacia do Rio de Ondas, Estado da Bahia. **Revista OKARA: Geografia em debate**. João pessoa, PB. v. 14, n. 1, p. 81 – 103, 2020.

GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T.; CARVALHO, V. L. M.; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 18, n. 1, 2017.

IRVEM, A.; TOPALOGLU, F.; UYGUR, V. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. **Journal of Hidrology**, n. 336, v.1, 2007. p. 30 – 37.

MORAIS, I. R. D. **Seridó Norte-rio-grandense: uma geografia da resistência**. – 2ª ed. – Natal: EDUFRN, 2016.

MORAIS, I. R. D.; ARAÚJO, M. A. A.; NETA, O. M. M. Espaço e cultura: (carto) grafias seridoenses. **Revista de Humanidades**. v. 10. n. 25, jan-jun, 2009, semestral. p. 33- 55.

MORAIS NETO, J. M.; GREEN, Paul Frank; KARNER, G. D.; ALKMIM, F. F. Age of the Serra do Martins Formation, Borborema Plateau, northeastern Brazil: constraints from apatite and zircon fission track analysis. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 16, p. 23-52, 2008.

NASCIMENTO, R. Q.; SANTOS, J. Y. G. Análise qualitativa das perdas de solo na Bacia do Rio das Fêmeas – BA. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019, Fortaleza – CE. Anais [...]. Fortaleza, 2019.

OLIVEIRA, P. L. G. O. **Análise do Potencial de Erosão Laminar na Sub-Bacia Ribeirão Ponte Alta (DF) Utilizando a EUPS**. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2018.

PARANHAS FILHO, A. C.; FIORI, A. P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Avaliação multitemporal das perdas de solo na Bacia do Rio Taguarizinho - MS. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, PR. n. 52, p. 49 – 59. 2003. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/4200/3397>. Acessado em: 23 de nov. de 2020.

RIBEIRO, S. C.; MARÇAL, M. S.; CORREA, A. C. B. Geomorfologia de áreas semiáridas: uma contribuição ao estudo dos sertões nordestinos. **Revista de Geografia: Recife**, v. 27, n. 1, jan/mar. 2010. p. 120- 138.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. do Depto. Geografia**, v. 6, n. 1, p. 17-29, 1992.

SANTOS, A. D.; VITAL, S. R. O. Riscos Geomorfológicos no Município de Caicó-RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 434-448, 2020.

SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L., SANTOS, C. A. G.; Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case of study of Tapacurá catchment. **Natural Hazards**. v. 62, n. 3, p. 953 – 970, 2012.

THOPMSON, D; FIDALGO, E. C. C. **Vulnerabilidade dos solos à erosão: estimativa da perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio GuapiMacacu – RJ**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129097/1/BPD-237-Vulnerabilidade-Solos.pdf>. Acessado em: 20 de jan. de 2021.

VASCONCELOS, P. R. M.; DE OLIVEIRA VITAL, S. R.; DOS SANTOS, C. L.; DINIZ, M. T. M. Caracterização geomorfológica da carta de Jardim do Seridó (SB.24-Z.B-V), nordeste do Brasil. **Caderno de Geografia**, v.29, n.59, 2019.

VITAL, S. R. O.; GIRÃO, O. Análise Morfodinâmica da Bacia do Alto Curso do Rio Taperoá (PB). **Revista Okara: Geografia em debate**. João Pessoa, PB. v. 9, n. 1, p. 4 – 25, 2015.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1978). **Predicting rainfall erosion losses: Guide to Conservation Farming**. US Department of Agriculture Handbook – MD, 58p.