



## MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À EROSÃO LAMINAR NO ALTO CURSO DO RIO BANABUIÚ-CE

## MAPPING OF AREAS SUSCEPTIBLE TO EROSION LAMINAR IN THE UPPER COURSE OF THE RIVER BABABUIÚ-CE

**Ícaro Breno da Silva**

Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (PROPGEO/UECE)

[icarobrenos@hotmail.com](mailto:icarobrenos@hotmail.com)

**Lúcia Maria Silveira Mendes**

Professora Doutora pela Universidade Estadual do Ceará (UECE)

[lucia.mendes@uece.br](mailto:lucia.mendes@uece.br)

### RESUMO

A erosão laminar é um dos principais processos erosivos, porém, são eventos dificilmente perceptíveis. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi mapear a susceptibilidade à erosão laminar no alto curso do Rio Banabuiú-CE, com o uso de técnicas de geoprocessamento, subsidiando um melhor gerenciamento dos recursos naturais da área. Foram utilizados o software QGIS 2.8.6, imagens de radar ALOS PALSAR com resolução espacial de 12,5 m e uma base pedológica na escala de 1:100.000. A metodologia adotada utiliza dados sobre erodibilidade dos solos e a declividade para a geração de mapeamentos de áreas susceptíveis a erosão laminar. O cruzamento das camadas de erodibilidade e declividade resultou nos dados de susceptibilidade a erosão. A área de estudo apresenta a maior parte dos solos na classe III de erodibilidade, predominando áreas moderadamente susceptíveis à erosão laminar. Os resultados mostraram com fidelidade as diferentes classes de susceptibilidade à erosão laminar, fato confirmado pelas observações de campo. Assim, o mapeamento gerado servirá como subsídio ao planejamento ambiental da área, objetivando a conservação dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Erodibilidade; Declividade; Geoprocessamento.

### ABSTRACT

Laminar erosion is one of the main erosive processes, however, these events are hardly noticeable. In this way, the objective of this work was to map the susceptibility to laminar erosion in the upper reaches of the Banabuiú River-CE, by using geoprocessing techniques, subsidizing a better management of the area's natural resources. In this study were used: the software QGIS 2.8.6, ALOS PALSAR radar images with spatial resolution of 12.5m and a pedological base in the scale of 1:100,000. The methodology adopted uses data on soil erodibility and land declivity in order to generate mappings of areas susceptible to laminar erosion. The crossing of erodibility and declivity layers resulted in data on the erosion susceptibility. The study area presents a class III level on soil erodibility, predominating areas that are moderately susceptible to laminar erosion. The results showed with fidelity the different classes of susceptibility to laminar erosion, fact confirmed on field observations. Thus, the mapping generated will serve as a subsidy to the environmental planning of the area, aiming at the conservation of natural resources.

**Keywords:** Erodibility; Declivity; Geoprocessing.



## **INTRODUÇÃO**

A perda dos solos por processos erosivos apresenta-se como um dos grandes problemas ambientais do século XX, contribuindo para a deterioração de grandes áreas ao redor do planeta (BIGARELLA, 2003). Entre os vários tipos de erosão que atuam no desgaste dos solos, pode-se destacar erosão laminar provocada pelo escoamento difuso da ação das águas da chuva.

Este tipo de erosão é considerado por diversos autores, entre eles, Bertoni & Lombardi Neto (2010) como sendo um dos principais processos relacionados à perda de solo no mundo. Segundo Guerra (1999), a dinâmica do processo erosivo causado pela água é resumida da seguinte forma: salpicamento das gotas de chuva (*splash*), formação de poças (*ponds*), escoamento laminar (*sheetflow*) e, posteriormente, escoamento linear (*flowline*).

Desta forma, havendo condições favoráveis para o escoamento superficial, este vai ocorrer, em princípio, de maneira difusa ou laminar. A erosão laminar é um dos principais processos erosivos, porém, são eventos dificilmente perceptíveis (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005). Este estágio do processo erosivo é responsável pela remoção progressiva de películas subsuperficiais do solo, afetando principalmente as partículas mais finas (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985). Tal processo está relacionado, segundo Nunes (2015), ao empobrecimento das áreas afetadas, pois as partículas finas – geralmente matéria orgânica e argilas – são levadas junto aos fluxos hídricos.

Neste contexto, diversos estudos que mapearam e analisaram a susceptibilidade à erosão dos solos aliado às técnicas de geoprocessamento, a saber: Hermuche *et al.* (2009), Mesquita *et al.* (2014), Pereira; Cestaro (2015), Prus *et al.* (2016), mostraram-se importantes instrumentos contributivos ao planejamento ambiental.

Diante do exposto, o trabalho objetiva mapear a susceptibilidade à erosão laminar no alto curso do Rio Banabuiú – CE, possibilitando um melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais da área em questão.

O clima predominante, segundo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2016), é o Tropical Quente Semiárido, tendo como principal sistema atmosférico a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Tal sistema, segundo Ayoade (2010), é o principal responsável pela geração de chuvas em todo o Nordeste setentrional.

Os aspectos geológicos locais apresentam grande variedade litológica, apresentando um domínio do embasamento de idade arqueano-paleoproterozóica. Na área, o Complexo Cruzeta é a maior unidade que compõe a área de estudo e representa terrenos envolvidos na



colagem orogênica Paleoproterozóica (DELGADO *et al.*, 2003). É composto essencialmente por gnaisses bandados ortoderivados de composições diversas, variando entre tonalítica e granítica (ARTHAUD, 2007). Em relação aos aspectos geomorfológicos, refletidos pela litologia local, predominam as unidades das depressões sertanejas e dos maciços residuais, bem como a planície fluvial do curso principal do Rio Banabuiú.

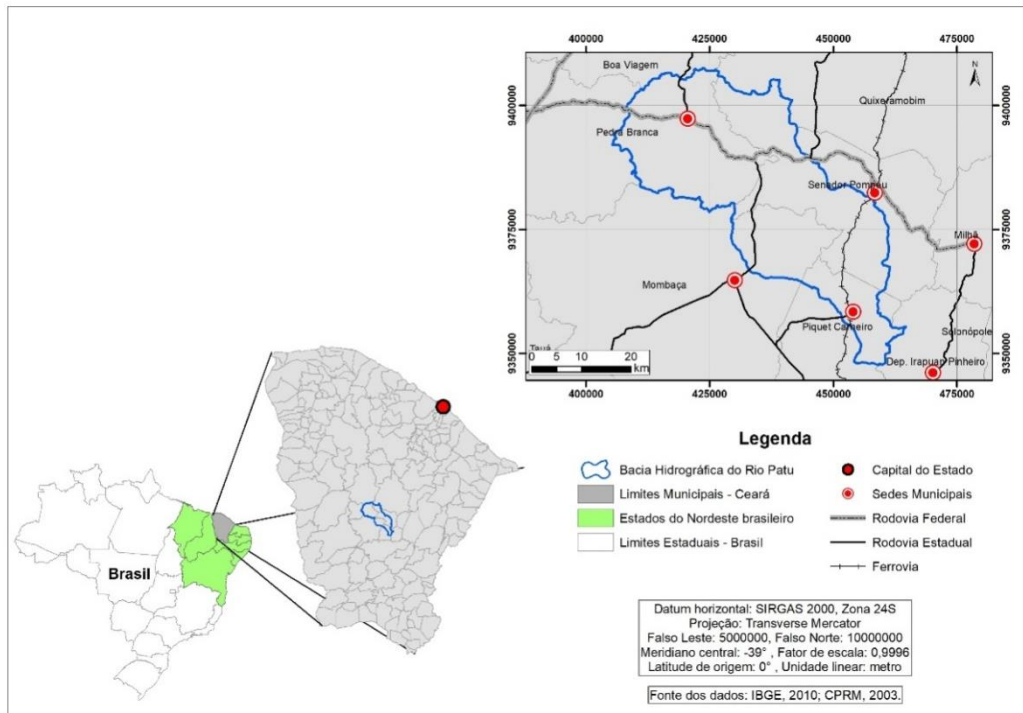
As unidades pedológicas presentes também apresentam grande diversidade. Segundo Souza (2000), os solos do estado do Ceará têm um mosaico bastante complexo, oriundo dos mais diferenciados tipos de combinações entre os seus fatores de formação. Estudos voltados para a região, como em Aquino *et al.* (2015), destacam a presença das seguintes unidades pedológicas, a saber: Cambissolo Háplico, Chernossolo Ebânico e Argilúvico, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo, Neossolo Regolítico, Litólico e Flúvico, Planossolo Háplico, Luvissole Crômico e Vertissolo Háplico.

Já a vegetação local, retratada por Bertrand (1972) como sendo a síntese dos demais elementos formadores da paisagem, é composta pela caatinga arbustiva densa e aberta, floresta caducifólia espinhosa e floresta subcaducifólia tropical pluvial (IPECE, 2016).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

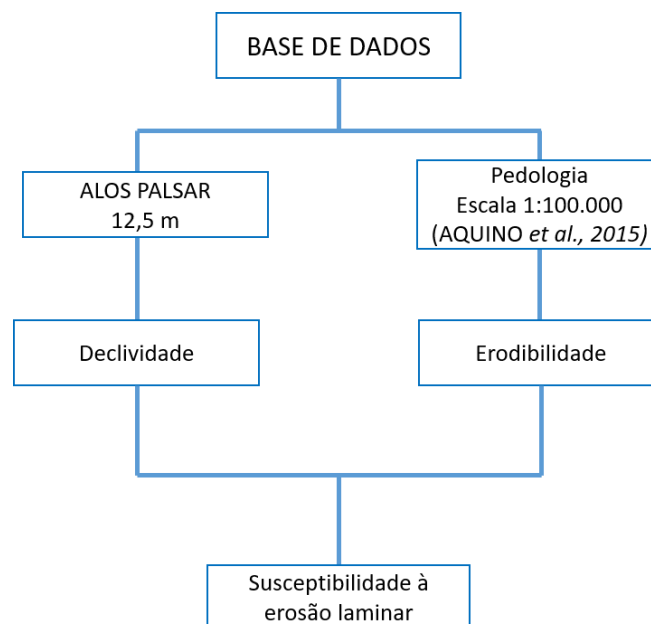
A área de estudo tem uma extensão total de 1.477,34 km<sup>2</sup>, localiza-se no sertão central do estado do Ceará e compreende parte das sub-bacias dos rios Patu, Miguel Rodrigues, Bonsucesso e do Meio, inserida na bacia hidrográfica do Banabuiú. Estas abrangem parte dos seguintes municípios: Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça e Piquet Carneiro (Figura 1).

Em relação a metodologia utilizada, a mesma será fundamentada nos ensinamentos de Salomão (1999) e nos critérios do IPT (1990), objetivando o mapeamento das áreas susceptíveis à erosão laminar na Bacia Hidrográfica do Alto Banabuiú. Esta metodologia consiste na utilização dos dados de declividade da área e do grau de erodibilidade dos solos. Este último está relacionado as diferentes vulnerabilidades de cada solo frente ao processo erosivo, o qual dependem diretamente de características relacionados ao seu caráter físico, químico e mineralógico (MAFRA, 1999).



**Figura 1:** Localização geográfica do Alto Curso do Rio Banabuiú-CE.

Desta forma, a partir da combinação dos mapas de declividade e de erodibilidade é gerado um mapa de susceptibilidade a erosão laminar. A estruturação da metodologia para o mapeamento de áreas susceptíveis à erosão está representada pela Figura 2.



**Figura 2:** Fluxograma metodológico para o mapeamento das áreas susceptíveis à erosão laminar.



Para a obtenção dos dados de erodibilidade, foi utilizado a base pedológica de Aquino *et al.* (2015), onde foi realizado um levantamento pedológico de reconhecimento de alta intensidade na escala de 1:100.000. As notas atribuídas a cada unidade pedológica tiveram como base os trabalhos de Salomão (1999) e Cabral *et al.* (2016), levando em consideração suas diferentes associações. Assim, enquadrou-se cada tipo de solo em sua respectiva classe de erodibilidade, como pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1: Classes de erodibilidade associadas às unidades pedológicas

| Classes de Erodibilidade | Índice Relativos de Erodibilidade | Unidades Pedológicas*                  |
|--------------------------|-----------------------------------|--|
| I                        | 10,0 a 8,1                        | RL1; RL2; RL4; RL5; RL6; ME1           |
| II                       | 8,0 a 6,1                         | CX1; CX2; RL3; RL7; RR1; SX1; SX2; TC1 |
| III                      | 6,0 a 4,1                         | MT1; MT2; PA1; PV2; PV3; PV4; PV6; VX1 |
| IV                       | 4,0 a 2,1                         | PV1; PV5; PV7; PVA1; PVA2              |
| V                        | 2,1 a 0                           | RU1; RU2                               |

\***CX1**: Ass. de CambissoloHáplico e PlanossoloHáplico; **CX2**: Ass. de CambissoloHáplico e NeossoloLitólico; **ME1**: Grupamento indiscriminado de ChernossoloEbânico e CambissoloFlúvico; **MT1**: Ass. de ChernossoloArgilúvicovertissólico e ChernossoloHáplico; **MT2**: Ass. de ChernossoloArgilúvicosaprolítico e ChernossoloHáplico; **PA1**: Ass. de Argissolo Amarelo, Vermelho Amarelo, ChernossoloArgilúvico e CambissoloHáplico; **PV1**: Argissolo Vermelho; **PV2**: Ass. de Argissolo Vermelho e NeossoloLitólico; **PV3**: Complexo de Argissolo Vermelho, PlanossoloHáplico, Nátrico e NeossoloLitólico; **PV4**: Ass. de Argissolo Vermelho e NeossoloRegolítico; **PV5**: Argissolo Vermelho nitossólico; **PV6**: Ass. de Argissolo Vermelho, PlanossoloHáplico e NeossoloLitólico; **PV7**: Ass. de Argissolo Vermelho e NeossoloFlúvico; **PVA1**: Argissolo Vermelho Amarelo e Vermelho; **PVA2**: Ass. de Argissolo Vermelho Amarelo e ChernossoloArgilúvico e Háplico; **RR1**: NeossoloRegolítico; **RL1**: NeossoloLitólicoeutrófico; **RL2**: NeossolosLitólicos indiscriminados e afloramento de rocha; **RL3**: Ass. de NeossoloLitólicoeutrófico e distrófico e NeossoloRegolítico distrófico; **RL4**: Complexo de NeossoloLitólico, CambissoloHáplico e Argissolo Vermelho; **RL5**: Complexo de NeossoloLitólico e CambissoloHáplico; **RL6**: Complexo de NeossoloLitólico, NeossoloRegolítico e CambissoloHáplico; **RL7**: Ass. de NeossoloLitólicoeutrófico e distrófico e NeossoloRegolítico distrófico e eutrófico; **RU1**: Ass. de NeossoloFlúvicoeutrotrófico e NeossoloFlúvico sálico; **RU2**: NeossoloFlúvicoeutrotrófico; **SX1**: Ass. de PlanossoloHáplico e Luvisso Crômico; **SX2**: Ass. de PlanossoloHáplico e Argissolo Vermelho Amarelo; **TC1**: Complexo de Luvisso Crômico e NeossoloLitólico; **VX1**: Ass. de VertissoloHáplico e Luvisso Crômico.



Para a obtenção dos dados de declividade, foram adquiridas duas cenas do ALOS PALSAR, imagem de radar com resolução espacial de 12,5 m. A cena foi baixada gratuitamente no site da NASA “*Alaska Satellite Facility (ASF)*”. As imagens apresentam data de aquisição em 23 de dezembro de 2010 e órbita de número 39. As imagens foram trabalhadas no programa *QGIS 2.8.6*, onde, a partir da ferramenta de análise MDE (Modelo Digital de Elevação), extraiu-se a declividade da área em porcentagem.

Segundo a metodologia adotada, agrupa-se a declividade em quatro classes, obedecendo os seguintes intervalos: Classe I: > 20%; Classe II: 12 a 20%; Classe III: 6 a 12%; e Classe IV: < 6%. Assim, ainda no *QGIS 2.8.6*, por meio de álgebra de mapas, realizou-se o cruzamento das cinco classes de erodibilidade com as quatro classes de declividade, obtendo-se o mapa de susceptibilidade à erosão laminar, dividido em cinco classes conforme Quadro 2. No cruzamento dos dados são excluídos os perímetros urbanos e os espelhos d’água. Por fim, na etapa de campo, foram percorridas diversas áreas com diferentes níveis de susceptibilidade à erosão, a fim de validar os dados gerados.

**Quadro 2: Classes de susceptibilidade à erosão laminar**

|                      | Declividade (%) |               |               |            | Classes de Susceptibilidade à Erosão Laminar |                                 |
|----------------------|-----------------|---------------|---------------|------------|--|---------------------------------|
|                      | I (>20%)        | II (12 a 20%) | III (6 a 12%) | IV (<6%)   |  |                                 |
| <b>Erodibilidade</b> | 1               | I             | I             | II         | II   | I - Extremamente susceptível    |
|                      | 2               | I             | II            | II         | III  | II - Muito susceptível          |
|                      | 3               | II            | III           | III        | IV   | III - Moderadamente susceptível |
|                      | 4               | II            | IV            | IV         | V  | IV - Pouco susceptível          |
|                      | 5               | Não existe    | Não existe    | Não existe | V  | V - Pouco a não susceptível     |

As classes acima são descritas por Salomão (1999), da seguinte forma:

Classe I: extremamente susceptível: apresentam problemas complexos de conservação. São áreas, geralmente, muito declivosas, erodidas e que devem ser usadas com extremo cuidado;

Classe II: muito susceptível: apresentam problemas complexos de conservação, parcialmente favoráveis à ocupação por pastagens, sendo mais apropriados para reflorestamento;





Classe III: moderadamente susceptível: apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicadas a pastagem e culturas permanentes que favoreçam a proteção do solo;

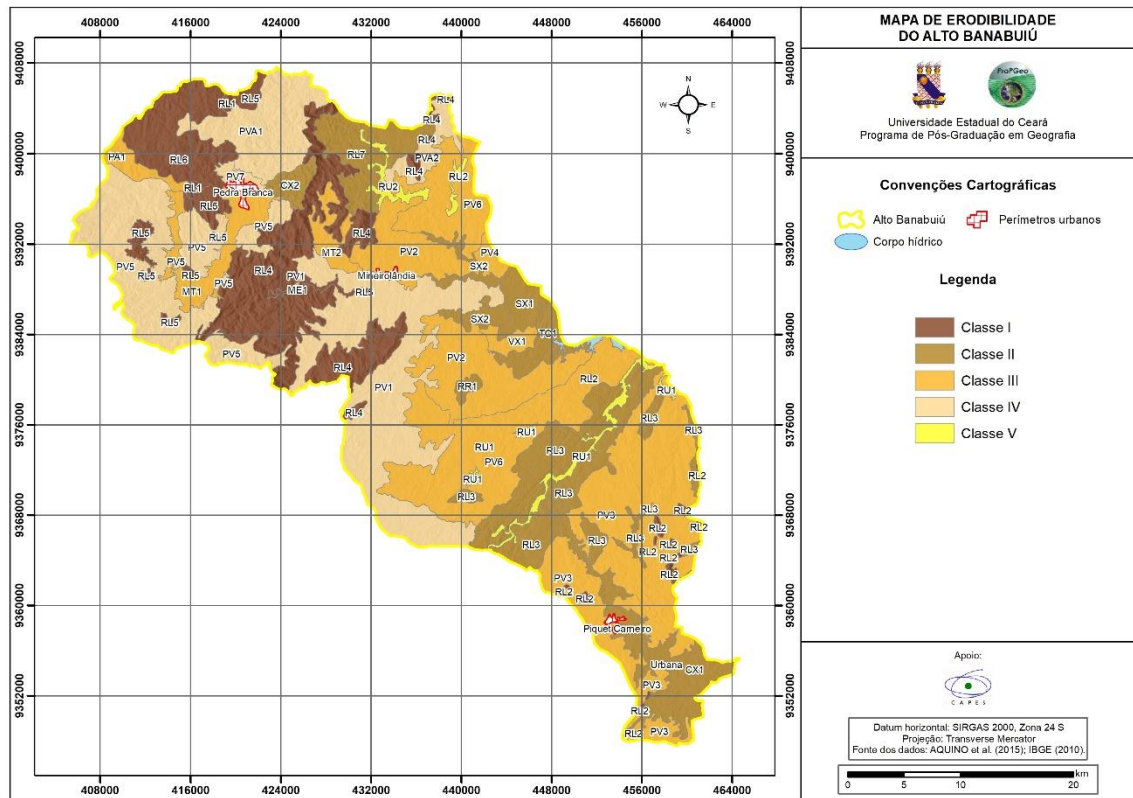
Classe IV: pouco susceptível: apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicadas a pastagem e culturas permanentes e, eventualmente, a culturas anuais. Porém estas áreas exigem práticas intensivas mecanizadas de controle da erosão.

Classe V: pouco a não susceptível: apresentam problemas simples de conservação podendo também ser utilizados com qualquer tipo de cultura, porém exigindo práticas não mecanizadas de controle da erosão ou exigindo técnicas especiais de cultivos, quando localizado em solos encharcados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para os dados de erodibilidade, todas as cinco classes foram encontradas na área de estudo. A classe I corresponde aos solos cujas características relacionadas ao seu caráter físico, químico e mineralógico favorecem a uma maior erodibilidade dos mesmos. Esta classe é representada por 16,5% da área analisada, estando associadas as diversas associações de Neossolo Litólico. A classe II tem representatividade de 18,67% e está associada as diversas associações de Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico, Planossolo Háplico e Luvisolo Crômico. Já a classe III é a que possui maior representação ao longo da área (36,81%), estando presentes nessa classe as seguintes unidades pedológicas: associações de Chernossolo Argilúvico, Argissolo Vermelho, Argissolo Amarelo e Vermelho-Amarelo e associação de Vertissolo Háplico com Luvisolo Crômico. A classe IV, segunda maior em área, com 25,9%, está vinculada as associações de Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho. A última classe de erodibilidade, representada pela classe V, é caracterizada pelos solos hidromórficos em relevo plano (1,54%). Estão nesta classe as associações de Neossolo Flúvico, situadas ao longo das principais áreas de drenagem, entre elas, o Rio Banabuiú.

As demais áreas estudadas são representadas pelos espelhos d'água e pelos perímetros urbanos de Pedra Branca, Mineirolândia e Piquet Carneiro, cujas poligonais não são atribuídas classes de erodibilidade. As classes de erodibilidade das unidades pedológicas são representadas na Figura 3. Já a área de cada classe de erodibilidade pode ser visualizada no Quadro 3.



**Figura 3:** Mapa com as classes de erodibilidade dos solos.

**Quadro 3: Representatividade das classes de erodibilidade**

| CLASSE | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | %     |
|--------|-------------------------|-------|
| 1      | 243,64                  | 16,5  |
| 2      | 276,03                  | 18,67 |
| 3      | 544,03                  | 36,81 |
| 4      | 382,85                  | 25,9  |
| 5      | 22,8                    | 1,54  |

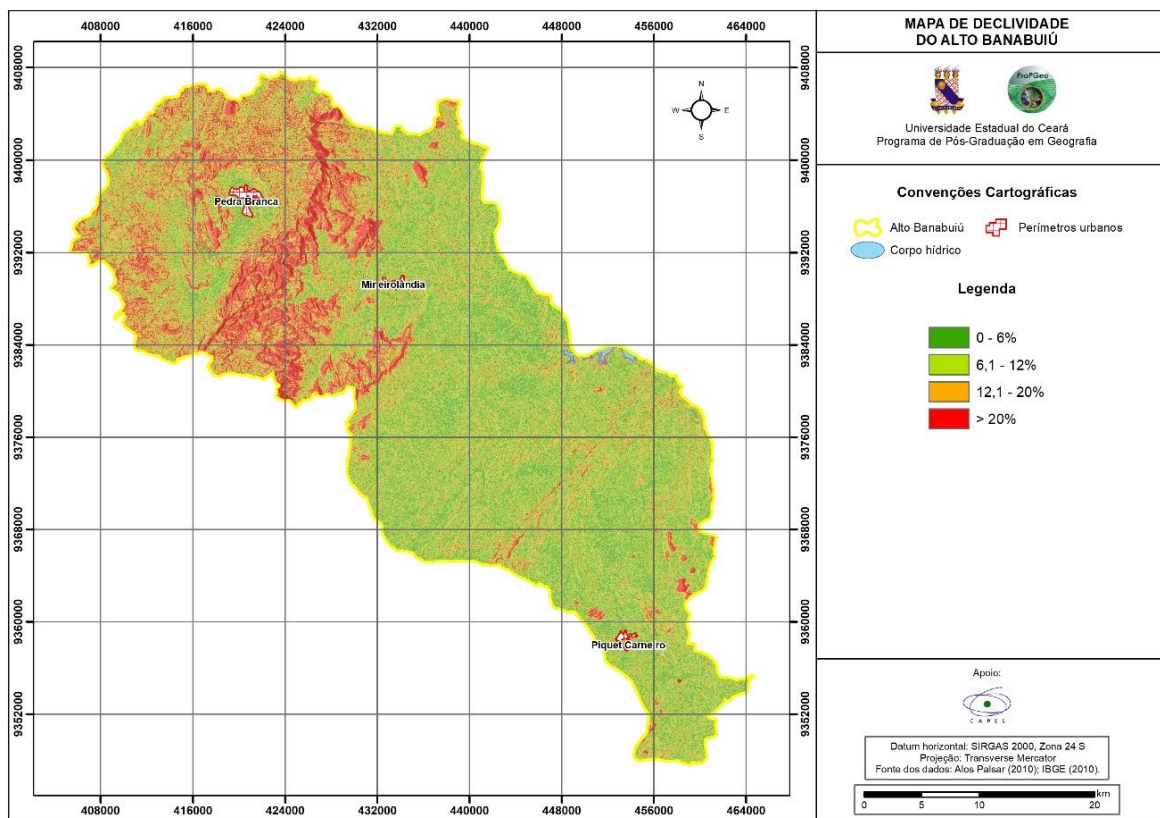
Em relação aos aspectos de declividade, considerando os quatro intervalos adotados, tem-se que as classes mais representativas são as III (6% a 12%) e IV (< 6%). As duas representam 63,6% da área total, ou seja, mais da metade da área está representada entre as classes de relevo plano, suave ondulado e ondulado, o que é típico de áreas inseridas em planície fluvial e na depressão sertaneja. Esta última, por sua vez, tem seu o relevo monótono interrompido por maciços residuais e *inselbergs*. E é justamente nestes dois últimos onde se encontram a maior concentração das classes I (>20%) e II (12 a 20%) de declividade, as duas juntas tem uma representação de 36,4% da área total. O mapa de declividade da área (Figura 4) e a porcentagem de cada classe (Quadro 4) são mostradas a seguir.





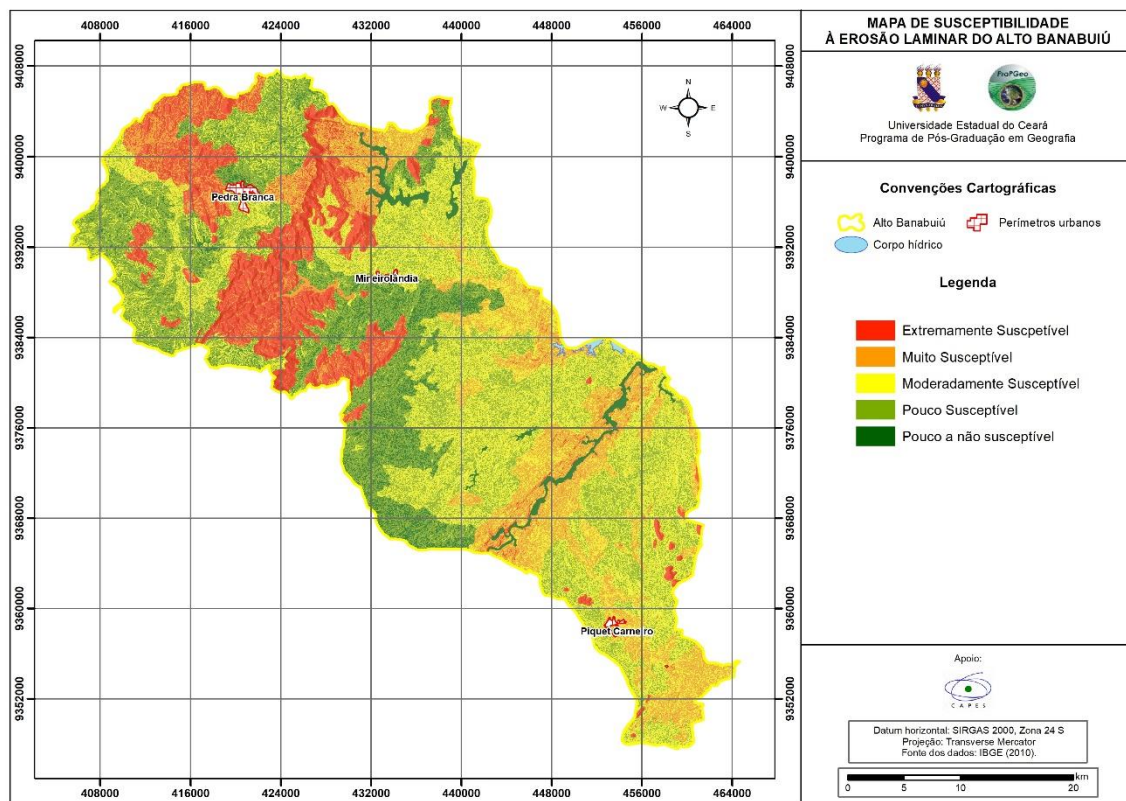
**Quadro 4: Representatividade das classes de declividade**

| CLASSE       | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | %     |
|--------------|-------------------------|-------|
| 1 (>20%)     | 207,75                  | 14,07 |
| 2 (12 a 20%) | 329,95                  | 22,33 |
| 3 (6 a 12%)  | 515,56                  | 34,9  |
| 4 (<6%)      | 424,01                  | 28,7  |



**Figura 4:** Mapa de declividade.

Assim, por meio de álgebra de mapas, utilizando os operadores condicionais da tabela de atributos “E” (*AND*) e “OU” (*OR*), foi realizada a combinação entre as classes dos mapas de declividade e de erodibilidade dos solos, originando um mapa de suscetibilidade à erosão. Este tem como objetivo indicar as áreas que são naturalmente susceptíveis à erosão, ou seja, sem considerar as atividades antrópicas como um fator que potencializa o processo erosivo. Desta forma, o Figura 5 a seguir representa as cinco classes de suscetibilidade encontradas na área de estudo.



**Figura 5:** Mapa de susceptibilidade à erosão laminar do Alto Banabuiú.

O resultado do mapeamento apontou como dominantes na área as classes moderadamente susceptíveis (32,24%) e pouco susceptíveis (30,28%). As duas predominam no domínio da depressão sertaneja, com declividades pouco expressivas. Na classe moderadamente susceptível (Figura 6) predominam as associações de Argissolo Vermelho com Neossolo Litólico e Regolítico (PV2, PV3, PV4 e PV6), associação de Chernossolo Argilúvico (MT2) e a associação de Vertissolo Háptico com Luvisso Crômico (VX1). O predomínio de associações com solos incipientes e rasos, como o Neossolo Litólico e a presença de Chernossolos e Luvissois com elevado gradiente textural entre o horizonte A e o horizonte B subjacente (solo imperfeitamente drenado), justificam o enquadramento dessas áreas na classe moderadamente susceptível. Em menor expressão, também pode-se encontrar esta classe em um setor mais aplainado da Serra de Pedra Branca, onde também é possível encontrar outras associações de Chernossolo Argilúvico (MT1) e de Argissolo Amarelo com Vermelho-Amarelo (PA1).



**Figura 6:** Área com níveis moderados de susceptibilidade à erosão laminar.

A classe de pouca susceptibilidade a erosão está presente ao longo da depressão sertaneja e no maciço residual. As classes predominantes na unidade dos sertões são o Argissolo Vermelho (PV1) e a associação do Argissolo Vermelho-Amarelo com o Chernossolo Argilúvico e Háplico (PVA2). Já no maciço, as classes existentes são as associações de Argissolo Vermelho (PV5), Argissolo Vermelho com Neossolo Flúvico (PV7) e Argissolo Vermelho-Amarelo e Vermelho (PVA1). Tal classe é justificada pela baixa erodibilidade dos solos aqui citados (profundos e bem drenados), aliado ao fato de estarem presentes em áreas que não ultrapassam a declividade de 20%.

Já as classes muito susceptível e extremamente susceptível aos processos de erosão laminar somam quase 30% da área total. A primeira é composta pelas associações de Cambissolo Háplico (CX1 e CX2), grupamento indiscriminado de Chernossolo Ebânico e Cambissolo Flúvico (ME1), Neossolo Regolítico (RR1), associações de Neossolo Litólico com Neossolo Regolítico (RL3 e RL7), associações de Planossolo Háplico (SX1 e SX2) e complexo de Luvissolo Crômico e Neossolo Litólico (TC1). Todas estas unidades encontram-se nas regiões mais planas da depressão sertaneja, exceto por uma pequena porção de Cambissolo presente no maciço residual.

Desta forma, a elevada susceptibilidade à erosão destas áreas está mais associada aos altos índices de erodibilidade dos solos, tendo em vista as pequenas declividades ao longo dos





terrenos onde os mesmos se encontram (Figura 7). Entre os fatores que favorecem a alta erodibilidade dos solos desta classe, temos: solos incipientes ou pouco desenvolvidos, rasos, pedregosos, de baixa permeabilidade e de elevada diferença textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais.



**Figura 7:** Área de Neossolo Litólico, considerada muito susceptível à erosão laminar.

As classes extremamente susceptíveis, por sua vez, também estão associadas aos altos índices de erodibilidade dos solos, aliado ao fator declividade, que, na área de estudo, pode chegar a mais de 20%, considerado um relevo forte ondulado ou montanhoso (Figura 8). Desta forma, esta classe encontra-se espacialmente distribuída, principalmente, ao longo das vertentes da Serra de Pedra Branca e dos seus setores mais dissecados, bem como nos *inselbergs* presentes na depressão sertaneja.

Os solos aqui presentes são os Neossolos Litólicos e os complexos de Neossolo Litólico, Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho e Neossolo Regolítico (RL1, RL2, RL4, RL5 e RL6). Estes são caracterizados pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos, são rasos e pedregosos, apresentam frequência de afloramentos rochosos e um horizonte A diretamente sobre a rocha ou horizonte C.



**Figura 8:** Área de extrema susceptibilidade à erosão laminar.

Por fim, a que apresenta menor representatividade (7,56%) é a classe V, sendo considerada de pouco a não susceptível. Estas são representadas pelos solos que apresentam baixo índice de erodibilidade e encontra-se em relevos de pequenos gradientes de declive. Estas áreas são compostas pelas associações de Neossolo Flúvico (RU1 e RU2) e ocorrem ao longo dos pequenos riachos que drenam a área, bem como o canal principal do Rio Banabuiú (Figura 9), onde predominam os processos de agradação. Além disso, porções de Argissolo Vermelho (PV1) em áreas de declividade menor que 6%, no setor oeste da área estudada, também foram incluídas na classe V. As classes de erodibilidade com suas respectivas áreas podem ser visualizadas no Quadro 5.

**Quadro 5: Representatividade das classes de susceptibilidade à erosão laminar**

| CLASSE | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | %     |
|--------|-------------------------|-------|
| 1      | 206,25                  | 13,96 |
| 2      | 227,32                  | 15,38 |
| 3      | 476,36                  | 32,24 |
| 4      | 447,37                  | 30,28 |
| 5      | 111,74                  | 7,56  |



**Figura 9:** Canal principal do Rio Banabuiú, considerado de pouco a não susceptível.

## CONCLUSÕES

Levando em consideração os dados obtidos para a área de estudo, constatou-se que ela apresenta, em sua maior parte, áreas moderadamente susceptíveis à erosão laminar. Na depressão sertaneja, predominam áreas de menores susceptibilidades, enquanto nos maciços e *inselbergs* encontramos os locais de maiores susceptibilidades, tendo em vista os elevados gradientes de declividade e maiores índices de erodibilidade dos solos.

Em relação as propriedades físicas dos solos, o que contribui para uma maior ou menor erodibilidade, constatou-se que nas áreas de menor susceptibilidade predominam as unidades pedológicas com alta atuação dos processos pedogenéticos, bem drenados e profundos. Já nas áreas mais críticas, os solos apresentavam certas limitações, a saber: pouco profundos a rasos, pedregosos, de baixa permeabilidade e de elevado gradiente textural entre os horizontes A e B.

Desta forma, deve-se priorizar a conservação e o reflorestamento dos setores extremamente e muito susceptíveis, já que são terrenos que apresentam problemas complexos de conservação. As áreas moderadamente e pouco susceptíveis são mais indicadas as pastagens, plantio de culturas perenes e, eventualmente, culturas anuais, porém, com práticas de controle da erosão, como o plantio em curvas de nível. Tal procedimento contribui para um melhor escoamento da água da chuva, facilitando a infiltração no solo. Já os setores





classificados como pouco a não susceptíveis são representados pelos locais sem problemas especiais de conservação, devendo-se adotar técnicas simples de conservação em áreas de solos encharcados.

Por fim, a metodologia utilizada mostrou-se eficiente, já que retratou com fidelidade as diferentes classes de susceptibilidade à erosão laminar, fato confirmado pelas observações de campo. O mapeamento destas áreas servirá como subsídio ao planejamento ambiental, visando um melhor aproveitamento e conservação dos recursos naturais locais.

No entanto, estudos futuros deverão detalhar melhor as diversas formas de uso e ocupação do solo ao longo da área, já que áreas com um mesmo nível de susceptibilidade, ocupadas de maneiras diferentes, podem apresentar diferentes potencialidades ao desenvolvimento dos processos erosivos.

## **REFERÊNCIAS**

AQUINO, R. P.; VALLADARES, G. S.; COELHO, R. M.; GOMES, J. F. V. L.; ASSIS, A. C.; CABRAL, L. J. R. S. Levantamento Pedológico de Reconhecimento de Alta Intensidade em Área no Sertão Central do Ceará. In: FAÇANHA, A. C.; AQUINO, C. M. S. de; CARDOSO, J. A.; SILVA, S. S. (Organizadores.). **Geografia: o regional e o geoambiente em debate**. Teresina: EDUFPI, 2015. p.123-141.

ARTHAUD, M. H. **Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE BRASIL): da sedimentação à colisão continental Brasileira**. Brasília, 2007. 170 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7 ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355p.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: Instituto de Geografia – USP, 1972. (Caderno de Ciências da Terra).

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. 1436p.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada do controle da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3., 1985, Maringá. **Anais...** Maringá: ADEA, ABGE, 1985. p.315-329.

CABRAL, L. J. R. S.; VALLADARES, G. S.; AQUINO, R. P. de. Susceptibilidade à erosão das terras do alto curso do Rio Banabuiú, no sertão central do Ceará, usando lógica nebulosa. **ACTA Geográfica**, Edição Especial, p.103-113, 2016.



DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D.; SILVA, L. C.; SILVEIRA FILHO, N. C.; SANTOS, R. A.; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; PERROTA, M. M.; HEINECK, C. A. Geotectônica do Escudo Atlântico: Província Borborema. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Organizadores.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & SIG**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. cap. 5, p.227-334.

GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Organizadores.) **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1999. cap. 1, p.17-55.

HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, G. M. A.; CASTRO, S. S. Análise dos compartimentos morfopedológicos como subsídio ao planejamento do uso do solo em Jataí – GO. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, n. 26, p.113-131, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal**. Fortaleza: IPECE, 2016. 18p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Orientação para combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande. v. 3, (Relatório, 28: 184). 1990.

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Organizadores.) **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1999. cap. 9, p.301-322.

MESQUITA, E. A.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. Áreas susceptíveis à erosão na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Sangue, Estado do Ceará: elementos contributivos ao planejamento ambiental. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p.188-191, 2014.

NUNES, E. D. **Modelagem de processos erosivos hídricos lineares no município de mineiros - GO**. Goiânia, 2015. 242 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás.

PEREIRA, V. H. C.; CESTARO, L. A. Mapeamento de áreas potenciais à erosão laminar no município de Tibau do Sul/RN, Brasil. **Revista Geoambiente**, n. 24, p.61-77, 2015.

PRUS, B.; SALATA, T.; GAWROŃSKI, K. The method of determining surface water erosion influence on agricultural valorization of soils with usage of geoprocessing techniques and spatial information systems. **Annals of Warsaw University of Life Sciences**, v. 48, n. 4, p.313-328, 2016.

SALOMÃO, F. X. T; Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A S. da.; BOTELHO, R G. M. (Organizadores.) **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1999. cap. 7, p.229-267.



SOUZA, M.J.N. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. *In*: LIMA, L. C. (Organizador). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Funece, 2000.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57/3. p.235-244. 2005.