



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Centro de Ciências Agrárias

Departamento de Solos e Engenharia Rural

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO ATUAL DA TERRA NO MUNICÍPIO DE
AREIA – PB:
subsídios para o planejamento ambiental**

Felipy Rafael Marinho Pereira

AREIA - PB
FEVEREIRO - 2019

FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO ATUAL DA TERRA NO MUNICÍPIO DE
AREIA – PB: subsídios para o planejamento ambiental**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Ciência do Solo”. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Leonaldo Alves de Andrade, Dr.

Coorientadora: Célia Cristina Clemente Machado, Dr^a.

AREIA - PB
FEVEREIRO – 2019

**Catálogo na publicação Seção de
Catálogo e Classificação**

P436m Pereira, Felipy Rafael Marinho.

Mapeamento e análise do uso atual da terra no município de areia Pb: Subsídios para o planejamento ambiental / Felipy Rafael Marinho Pereira. - Areia, 2019.

68 f.

Orientação: Leonaldo Alves de Andrade.

Coorientação: Célia Cristina Clemente Machado.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Planejamento do uso da terra. 2. Conflito uso da terra. 3. Vulnerabilidade natural à perda de solo. I. Andrade, Leonaldo Alves de. II. Machado, Célia Cristina Clemente. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

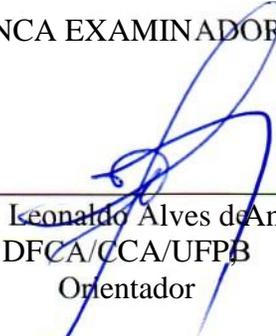
FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA

MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO ATUAL DA TERRA NO MUNICÍPIO DE
AREIA - PB: subsídios para o planejamento ambiental

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Ciência do Solo". Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2019

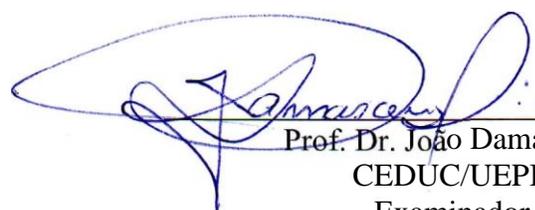
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Leonardo Alves de Andrade
DFCA/CCA/UFPB
Orientador



Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira
DSE/CCA/UFPB
Examinador



Prof. Dr. João Damasceno
CEDUC/UEPB
Examinador

DEDICATÓRIA

Às minhas meninas, Monique e Iolanda,
Aos meus pais, Maria das Graças e José Araújo,
Ao meu irmão Israel e meus sobrinhos Isaac e Miguel,
Com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Obrigado a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Leonaldo Alves de Andrade, pelas contribuições valiosas a esta pesquisa e pela confiança na orientação.

Agradeço de modo especial a minha coorientadora, Profa. Dra. Célia Cristina Clemente Machado, por ter sido o Norte no desenvolvimento deste trabalho, com suas valiosas observações sobre geoprocessamento, pela confiança e compreensão.

Agradeço aos meus pais, José Araújo e Maria das Graças, pelo amor incondicional e pelo incentivo aos estudos.

Agradeço aos meus sogros, Ubaldo e Maria José, pela paciência e apoio que sempre me deram neste período da minha vida, e aos cuidados com Iolanda, para que Monique e eu pudéssemos estudar.

Agradeço a minha esposa Monique e Filha Iolanda (minha cheirosinha), pelo apoio, segurança e amor que têm me dedicado sempre, pelos ensinamentos e dedicação nestes anos de convivência.

Obrigado aos amigos Ricardo Braga e Ailson Marques, pelas valiosas informações sobre geologia e geomorfologia.

Agradeço ao amigo Marco Aurélio pelas conversas, em nome do qual eu agradeço aos demais amigos.

Obrigado ao moto-taxista Dudinha, pela ajuda nos levantamentos de campo.

Agradeço à Prefeitura Municipal de Areia, na pessoa do Prefeito João Francisco, pela disponibilização das imagens de satélite de alta resolução.

Obrigado a todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela colaboração.

Obrigado a todas as pessoas que me deram carona nas minhas viagens de Campina Grande a Areia, e vice-versa, principalmente na pessoa da Profa. Dra. Rejane Mendonça.

Agradeço à Universidade Federal da Paraíba e à CAPES, que permitiram a realização desta etapa da minha vida.

A todos os meus colegas de Pós-Graduação, pela companhia nos momentos difíceis e pelas conversas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Uso e Ocupação da terra	3
2.2. Área de Preservação Permanente	5
2.3. Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo	7
2.4. Geotecnologias	8
2.4.2. Geoprocessamento	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
CAPÍTULO 1	16
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1 Aspectos físicos da área de estudo	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO II	38
VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE AREIA – PB	38
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1. Localização do Município de Areia	43
2.2. Metodologia de estudo	44
2.2.3 Geologia	45
2.2.4. Geomorfologia	46
2.2.5. Pedologia	46
2.2.6 Uso da terra	46
2.2.7 Clima	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4. CONCLUSÕES	55
5 REFERÊNCIAS	56

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1: Avaliação do mapeamento segundo o índice Kappa e Tau.....	26
Tabela 2: APPs do município de Areia, PB.....	26
Tabela 3: Classes de uso e cobertura da terra mapeadas no município de Areia, PB.....	28
Tabela 4: Quantificação das APPs mapeadas no Município de Areia, Paraíba, Brasil.....	31
Tabela 5: Quantificação da ocorrência de conflito de uso da terra nas APPs mapeadas no Município de Areia, Paraíba, Brasil.....	33

Capítulo II

Tabela 1: Avaliação da estabilidade/vulnerabilidade de acordo com a relação morfogênese/pedogênese.....	45
Tabela 2: Escala de vulnerabilidade à perda de solo.....	47
Tabela 3. Vulnerabilidade de acordo com a classe de vegetação e uso e ocupação da terra.....	49
Tabela 4. Valores de precipitação média anual, intensidade pluviométrica e valores de vulnerabilidade à perda de solo.....	51
Tabela 5. Classes e graus de vulnerabilidade.....	52
Tabela 6. Distribuição por área e porcentagem dos graus de vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Areia - PB.....	56

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1 Localização do município de Areia – Pb.....	21
Figura 2 Mapa de uso e cobertura da terra, município de Areia, Pb.	26
Figura 3 Categorias de APPs mapeadas no Município de Areia, Paraíba, Brasil.....	29
Figura 4 Mapa dos conflitos de uso e cobertura da terra nas APPs do município de Areia, PB.....	31

Capítulo II

Figura 1 Localização do município de Areia – Pb.....	46
Figura 2 Mapa de uso e cobertura da terra, município de Areia, Pb.	26
Figura 3 Categorias de APPs mapeadas no Município de Areia, Paraíba, Brasil.....	53

RESUMO

FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA. Mapeamento e análise do uso atual da terra no município de Areia -PB: subsídios para o planejamento ambiental. Areia - PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Fevereiro de 2019. 69 f. il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Dr. Leonaldo Alves de Andrade.

É importante que a dinâmica sobre as formas de cobertura e uso da terra seja conhecida, a partir da organização do espaço geográfico e da identificação das áreas mais vulneráveis à perda de solo em decorrência de distúrbio provocado pelas atividades humanas. Diante dessa perspectiva, este trabalho destaca o município de Areia, localizado no Agreste Paraibano, visando fornecer subsídios para o planejamento ambiental e econômico de seus gestores. Nesse sentido, os objetivos de pesquisa foram: I) diagnosticar, através do uso atual da terra, os tipos de uso e ocupação do município, bem como os conflitos existentes nas APP em função do Código Florestal; II) identificar e diagnosticar a vulnerabilidade natural à perda de solo no município. A base de dados para o desenvolvimento do trabalho compreendeu os dados do modelo digital de elevação (MDE) do satélite ALOS/PALSAR, para extração de declividade, e SRTM, para obtenção da densidade de drenagem e amplitude altimétrica. Além disso, foram utilizados os mapas geológicos das folhas SB-25-Y-A-IV e SB-25-Y-C-I e de solos da Paraíba, os dados pluviométricos do INMET e as imagens de alta resolução do satélite planetscope para elaboração do mapa de uso e ocupação da terra. A imagem permitiu identificar e mapear onze classes de uso e cobertura da terra com base na interpretação da imagem. Por meio da álgebra de mapas foi possível cruzar os mapas com o objetivo de integrar as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, pedológicas e de cobertura da terra para gerar o índice de vulnerabilidade à perda de solo e conflito de uso com a legislação ambiental. As classes de uso da terra com menores áreas mapeadas foram reflorestamento, cultivo de goiaba e cultivo de citros, com 0,05, 0,08 e 0,4 km², respectivamente. A área de pastagem é a classe de uso da terra que tem maior contribuição em área ocupada, com 161,2 km², correspondendo a 59,5% do município. Analisando-se os conflitos de uso e cobertura da terra nas APPs, foi possível notar que as classes de uso da terra como pastagem, cultivo de bananeira e de cana-de-açúcar estão localizadas em áreas que deveriam estar legalmente protegidas, apresentando-se como uso inadequado. A pastagem foi a classe de uso da terra (571,68 ha) que apresentou maior conflito em relação à legislação ambiental, correspondendo a 52,67% das APPs sendo ocupadas por essa classe. Foram identificadas onze classes de uso e cobertura da terra no município de Areia-PB, com destaque para a classe pastagem, com a maior representatividade. Considerando-se todo o município de Areia, foi classificada a vulnerabilidade natural à perda de solo em 78,7% como moderada, 19,8% como baixa e 1,5% com vulnerabilidade alta. Assim, constatou-se que grau de vulnerabilidade natural à perda de solo se concentrou na classe moderada, sendo possível observar que os temas uso da terra e pedologia foram os que mais tiveram influência nesse aspecto. O estudo da vulnerabilidade natural à perda de solo do município é de fundamental importância para o planejamento ambiental, pois permitiu analisar as potencialidades e as limitações do município quanto aos fatores ambientais trabalhados, além de identificar quais fatores ambientais mais concorrem para a degradação ambiental.

Palavras-chaves: Uso e ocupação da terra; Vulnerabilidade à perda de solo; Álgebra de mapas.

ABSTRACT

FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA. **Mapping and analysis of the current land data in the city of Areia -PB: subsidies for environmental planning.** Areia - PB, Agricultural Science

Center, UFPB, February 2019. 69f. il. Dissertation. Postgraduate Program of Soil Science. Advisor: Dr. Leonaldo Alves de Andrade.

It is important that the dynamics on the forms of land cover and land use be known, from the organization of the geographic space and from the identification of the most vulnerable areas to the loss of soil as a result of disturbance caused by human activities. Considering this perspective, this work highlights the county of Areia, located in Agreste Paraibano, aiming to provide subsidies for the environmental and economic planning of its managers. In this sense, the research objectives were: I) to diagnose, through the current use of land, the types of use and occupation of the county, as well as the conflicts existing in the APP according to the Forest Law; II) to identify and diagnose the natural vulnerability to soil loss in the county. The database for the development of the work included data from the digital elevation model (MDE) from satellite ALOS/PALSAR, for slope extraction, and SRTM, to obtain drainage density and altimetric amplitude. In addition, it was used the geological maps of leaves SB-25-YA-IV and SB-25-YCI and of soils of Paraíba, the pluviometric data of INMET and the high-resolution images of the satellite planetscope for elaboration of the map of land usage and land occupation. The image allowed to identify and to map eleven land use and land cover classes based on image interpretation. Through map algebra it was possible to cross the maps with the objective of integrating the geological, geomorphological, climatic, pedological and land cover characteristics to generate the vulnerability index to soil loss and conflict of use with the environmental legislation. The land usage classes with the smallest mapped areas were reforestation, guava cultivation and citrus cultivation, with 0.05, 0.08 and 0.4 km², respectively. The pasture area is the land use class that has the largest contribution in occupied area, with 161.2 km², corresponding to 59.5% of the county. Analyzing the land use and land cover conflicts in APPs, it was possible to note that land use classes such as pasture, banana and sugar cane cultivation are located in areas that should be legally protected, presenting as inappropriate use. The pasture was the land use class (571.68 ha) that presented the greatest conflict in relation to environmental legislation, corresponding to 52.67% of the APPs being occupied by this class. Eleven land use and land cover classes were identified in the county of Areia-PB, with emphasis on the pasture class, with the highest representativeness. Considering the entire county of Areia, the natural vulnerability to soil loss was classified as 78.7% as moderate, 19.8% as low and 1.5% with high vulnerability. Thus, it was verified that the degree of natural vulnerability to soil loss was concentrated in the moderate class, being possible to observe that the themes land use and pedology were the ones that had the most influence in this aspect. The study of the natural vulnerability to soil loss of the county is of fundamental importance for the environmental planning, since it allowed to analyze the potentialities and the limitations of the county regarding the environmental factors worked, in addition to identifying which environmental factors most contribute to the environmental degradation.

Keywords: Land use and land occupation; Vulnerability to soil loss; Algebra of maps.

INTRODUÇÃO

O uso desordenado dos recursos naturais, especialmente os não renováveis, aliado ao aumento da demanda por alimentos, matérias primas e fontes energéticas pela crescente população, provoca alterações nos processos e nas funções ambientais comprometendo o equilíbrio e a harmonia dos ecossistemas.

A falta de planejamento no uso e na ocupação da terra tem provocado impactos negativos ao meio ambiente, em alguns casos, em decorrência do nível de degradação estar em um nível bastante avançado, a recuperação desses ambientes se torna muitas vezes irreversíveis, além de provocarem perda da qualidade de vida.

Diante disso, a compreensão do uso e da ocupação da terra, conjuntamente com a gestão e o planejamento, visam fornecer dados e informações sobre os conflitos atrelados ao uso da terra, oferecendo subsídio para o entendimento da dinâmica da região e instituindo normas de ocupação que possam garantir qualidade de vida à população e manutenção dos recursos naturais (Moreira et al., 2013). Essa investigação sobre o uso atual dos recursos naturais constituindo-se uma importante etapa do planejamento e da gestão ambiental.

A aplicação da legislação ambiental auxiliado com o uso geotecnologias pode permitir obter informações importantes sobre o meio físico, auxiliando na definição dos limites quanto ao uso e ocupação da terra em áreas estratégicas para a conservação e a serem preservadas e/ou recuperadas em decorrência das ocupações desordenadas e da falta de implantação de práticas de manejo conservacionistas e o mau uso do solo.

O Código Florestal Brasileiro tem como princípio ordenar e controlar o uso desenfreado dos recursos naturais, principalmente quando diz respeito ao solo e água, pois busca estabelecer um equilíbrio entre as atividades produtivas e conservacionistas, permitindo o uso sustentável dos recursos naturais. Desta forma, áreas com grande importância para a manutenção dos processos biológicos e hidrológicos foram considerados como de extrema importância de serem preservadas, pois desempenham funções importantes para manutenção da vida, como a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, estabilidade geológica, favorecem o fluxo gênico da fauna e flora, além de proteger o solo e promover o bem-estar das populações. São consideradas como áreas de preservação permanentes (APP's) ambientes que apresentam extrema fragilidade quando sofrem impactos ambientais, como entorno de nascentes, margem de rios e cursos d'água, lagos naturais, topos de morros e encostas com declividade acima de 45⁰(BRASIL, 2012).

Segundo Freitas et al. (2013), mesmo que protegidas por lei as Áreas de preservação Permanentes- APPs tem sido suprimida para darem lugar a expansão das atividades agropecuárias. A falta de fiscalização pelos órgãos públicos são um dos principais motivos para APPs serem incorporadas as áreas de uso comum e serem ocupadas de forma irregulares e não serem recuperadas (Costa et al, 2013).

O uso de geotecnologias tem auxiliado os gestores ambientais na tomada de decisão, pois é possível obter informações de forma rápida, segura e de baixo custo em relação aos outros métodos de fiscalização, permitindo a compreensão das alterações provocadas pelo homem ao meio ambiente de maneira segura e eficiente. Para Coutinho et al. (2013), essas geotecnologias são uma importante ferramenta para o planejamento ambiental, pois permitem identificar as áreas que apresentam conflitos de uso da terra e a legislação, facilitando a fiscalização e o cumprimento da lei.

A disponibilidade de imagens obtidas por meio de satélites multiespectrais, tem gerado uma revolução na produção de mapas com rapidez, qualidade e precisão, assim como o emprego de técnicas mais robustas de classificação de uso da terra e cobertura vegetal, solos, mineras etc (Moreira, 2007; Fitz, 2008).

O presente trabalho tem como objetivo diagnosticar, através do mapeamento do uso atual da terra, os tipos de uso e ocupação e os conflitos existentes nas áreas de preservação permanente em função a legislação ambiental no município de Areia- PB e estimar os aspectos geoambientais que influenciam na vulnerabilidade natural a perda de solo.

1. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Uso e Ocupação da terra

A ocupação desordenada da terra, com rápidas mudanças decorrentes das políticas e dos inventivos governamentais, tem provocado impactos ambientais tem agravado o desequilíbrio ambiental dos ecossistemas. Dentre as principais atividades que mais causam degradação aos recursos naturais podem ser citadas as práticas agrícolas, pecuária, desmatamento, mineração e urbanização. Essas práticas têm provocado alterações na paisagem, deixando como rastro dessa exploração cicatrizes e, em alguns casos, levando espécies da fauna e da flora à extinção (Garcia, 2014).

A agricultura já é considerada como uma das maiores ameaças ambientais, pois a conversão das florestas e outras formas de vegetações naturais tem causado de perda de habitat, erosão do solo, poluição, assoreamento, estresse hídrico e emissão de gases de efeito estufa (Tayleur et al., 2017; Ramankutty et al. 2018). Embora que tenha proporcionado uma elevada produtividade, a intensificação da agricultura por meio de monoculturas, uso intensivo de fertilizantes, pesticidas e a mecanização intensa, tem provocado sérios impactos negativos sobre o solo, água, ar e a perda da biodiversidade, além de ser considerado o maior usuário de água doce da terra para irrigação (Landis, 2017; Ramankutty et al., 2018). Porém, na atualidade, os motivos que têm levado o homem a modificar o meio ambiente extrapolam as necessidades de fixação, sobrevivência ou de manter a sua própria existência.

Na dinâmica de desenvolvimento dos municípios, áreas antes ocupadas por florestas foram incorporadas a diferentes processos produtivos, como atividades agrosilvipastoris e expansão das cidades (Fink et al., 2005). Segundo Fink et al. (2005), quando se tem o objetivo de manter a capacidade produtiva, essas mudanças podem acarretar no agravamento de processos erosivos e de degradação dos recursos naturais caso as medidas de manejo sustentável não sejam adotadas.

Diante disso, o estudo do uso da terra e da ocupação do solo constitui-se na busca de informação acerca das formas de utilização humanas diretamente relacionadas com o tipo de cobertura do solo, seja florestal, agrícola, residencial e suas respectivas localizações (Rosa,

2009; IBGE,2013). Segundo Rosa (2009), a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem.

As formas de uso da terra e de ocupação dos solos são classificadas, de acordo com o seu tipo, pela intensidade de uso e pelas práticas de manejo adotadas, e essas informações não devem representar unicamente a situação atual, mas também devem fornecer informações de todo o histórico evolutivo do uso e da ocupação da área de estudo (Santos, 2004; Campos, 2014).

Conforme Carrega (2006), o uso da terra e a ocupação do solo pelo homem nunca aconteceram de forma planejada e ordenada. Com o objetivo de maximizar os seus lucros, a preocupação do homem em preservar os recursos naturais foi deixada de lado. Segundo a autora, a degradação dos recursos naturais, principalmente da água e do solo, tem sido crescente na região de Botucatu, São Paulo, sendo um reflexo dessa falta de planejamento e má utilização.

Uso e ocupação da terra é um tema básico para o planejamento ambiental, pois descreve as ações do homem que causam impactos ou pressões sobre os recursos naturais (Santos, 2004). Segundo Pollo (2013), o conhecimento sobre o uso da terra é importante para que haja o planejamento da proteção dos recursos naturais e de áreas agricultáveis. Desse modo, fornecendo informações para avaliar os danos a florestas, bacias hidrográficas e áreas urbanas, tornando possível o estabelecimento de planos de manejo adequados.

O mapeamento do uso da terra e da ocupação do solo tem se tornado uma importante ferramenta para o planejamento e orientação na tomada de decisões dos gestores públicos, sociedade civil e órgãos de fiscalização, pois contribui para a identificação de áreas exploradas de forma inadequada, auxiliando na elaboração e divulgação de dados e informações para o conhecimento a respeito dos processos de desmatamento, desertificação e urbanização (Santiago e Nepomuceno, 2013; Lopes et al., 2008). Além disso, fornece informações que podem dar subsídio a ações dos órgãos ambientais, pois se constitui como uma ferramenta indispensável para a investigação e o monitoramento ambiental, auxiliando no gerenciamento das mudanças que ocorrem na paisagem, em ações de fiscalização e educação ambiental (Nardini et al., 2013).

Portanto, são de primordial importância as atualizações constantes das informações dos registros acerca das mudanças do uso do solo, visto que são permanentes as alterações geradas pelas ações do homem ao meio ambiente (Galatti Filho, 2006).

2.2. Área de Preservação Permanente – APP's

O processo de concretização do território brasileiro baseou-se na exploração predatória dos recursos naturais, vastas extensões de florestas foram desmatadas ao longo dos séculos para dá espaços para a agricultura com cultivo da cana de açúcar no litoral, pecuária no interior do Nordeste e a mineração. A perda de produtividade agrícola devido as más práticas de manejo do solo e dos recursos naturais, provocou a conversão de mais e mais áreas de florestas para a produção agropecuária, deixando um rastro de degradação (Silva, 2008).

Segundo Wollmanne Bastos (2015), APP constitui uma modalidade do espaço territorial de fundamental importância para a conservação dos recursos naturais, sendo estes assegurados pelo artigo 225, parágrafo 1º, inciso III, da Constituição Federal. Conforme afirma Rosa (2012) as APPs são partes intocáveis da propriedade, sendo estabelecidos limites rígidos de uso, ou seja, não é permitida a exploração econômica de forma direta. Segundo o autor, mesmo existindo limite de uso, essas áreas, em especial as matas ciliares, são áreas que, por diversos motivos, provocam um grande desejo de exploração e uso, principalmente devido serem regiões mais planas, apresentarem solos com alta fertilidade e abundância de água.

As áreas de Preservação Permanente (APPs) desempenham várias funções ambientais de preservar a estabilização geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, os recursos hídricos, a paisagem, e de proteger o solo e assegurar o bem-estar da população humana (BRASIL, 2012). Essas áreas são bastante vulneráveis aos processos de mudança do uso da terra, pois correm risco de erosão, deslizamentos e enchentes, sendo consideradas áreas importantes e de grande relevância para o equilíbrio ecológico, a conservação e a preservação dos recursos naturais.

A existência das APPs é uma das medidas que mais contribuem para a redução de risco de deslizamento, pois a cobertura vegetal tem o poder de reduzir o transporte de terra, contendo o desmoronamento de solo ou rochas, evitando o assoreamento dos rios. Além disso, melhora a estrutura do solo e a sua permeabilidade, o que faz com que haja maior amortecimento do impacto da chuva, permitindo, por sua vez, a infiltração da água no solo, recarregando lentamente até o lençol freático (Maccarini e Silva, 2016).

São consideradas APPs aquelas situadas ao longo das margens de rios, nascentes, lagos, lagoas e reservatórios naturais, cursos d'água, encostas com elevada declividade e os topos de morros cobertas ou não por vegetação.

De acordo com a lei 12.651/2012, são estabelecidos dois tipos de APP. O primeiro tipo está previsto em seu Art. 4º, cujo conceito tem a ver com a situação das áreas e da vegetação à qual estão relacionadas. Já o segundo tipo de APP é previsto no art. 6º da referida lei, tendo a sua relação com a função que exercem.

São definidas as APPs, segundo o Art. 4º da lei n. 12.651, conforme a localização nas faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, desde a borda da calha do leito regular.

O segundo tipo de APP, previsto no Art.6º da lei 12.651/2012, são as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades: conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha; proteger as restingas ou veredas; proteger várzeas; abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção; proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico; formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; assegurar condições de bem-estar público; auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares; proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

Os resultados de diversos trabalhos realizados nas diferentes regiões do Brasil adotando o uso de geotecnologias, com o objetivo de mapear e delimitar as APPs, assim como, verificar a existência de conflitos de uso da terra, apontam para a viabilidade de se efetuar a delimitação automática das APPs com rapidez e confiabilidade, desta forma facilitando o diagnóstico de eventuais conflitos de uso da terra (Silva, 2008). Segundo Oliveira (2005), a adoção das geotecnologias permite eliminar a subjetividade do processo e promove economia de tempo de mão-de-obra, pois permite abrir espaço para o efetivo controle e fiscalização pelos órgãos ambientais.

No estudo de delimitação e uso da terra em APPs no Ribeirão do varadouro, município de Bom Sucesso, MG, os resultados demonstraram que 59,6% com a vegetação ciliar nativa e 40,4% estão ocupados com pastagem, o que demonstra que ainda existe áreas em conflito com a legislação florestal (Lourençoni et al. 2013).

Silva et al., (2014), usando geotecnologias para delimitação de Áreas de Preservação Permanente e análise das áreas de conflito de uso e ocupação do solo na zona urbana do município de Mãe do Rio – PA, identificou que 57,7% das APPs estavam sendo exploradas, precisando que atenção e ações concretas de proteção.

2.3. Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

O estudo da fragilidade ambiental tem se mostrado bastante relevantes para o planejamento ambiental e territorial, já que o aumento das ações antrópicas tem intensificado o uso dos recursos naturais e provocado a vulnerabilidade dos ambientes naturais, levando, desta forma, ao comprometimento do equilíbrio dos ecossistemas naturais (Mourão e Santos, 2014). Segundo Ross (1994), esses ecossistemas apresentavam-se em equilíbrio até quando o homem passou a interferir progressivamente e mais intensamente sobre os recursos naturais.

De acordo com Pinheiro (2015) as evidências dessa intensidade dos processos de degradação dos recursos naturais são dadas através da contaminação e poluição dos recursos hídricos, da redução da biodiversidade, do aumento da degradação dos solos por meio da severidade dos agentes erosivos etc. Conforme o mesmo autor, as áreas das ciências ambientais têm-se dedicado à busca de soluções para contornar esse panorama, tendo como propósito a conjugação entre o equilíbrio ecológico e a produção de bens de consumo.

O estudo da organização do espaço, por sua vez, é importante para a verificação do funcionamento da dinâmica natural, sendo possível a correção dos aspectos desfavoráveis, o que favorece o melhor aproveitamento dos recursos ecológicos que o meio ambiente nos oferece (Tricart, 1977).

Nesse contexto, com o intuito de subsidiar os trabalhos de zoneamento ecológico-econômico da Amazônia Legal e demais regiões do Brasil, Crepani et al. (2001) desenvolveram uma metodologia baseada no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977) e nas metodologias propostas anteriormente por Ross (1994), além da integração de imagens de satélite, a fim de promover o aprimoramento de uma metodologia que fosse possível gerar mapas de vulnerabilidade natural à perda de solo.

Ao adotar a metodologia, o operador deve realizar uma nova interpretação das informações temáticas disponíveis (mapas geológicos, mapas pedológicos, mapas de uso da terra e ocupação do solo, mapas de pluviometria, mapas de vegetação e mapas geomorfológicos), usando as imagens de satélite como "apoio", permitindo a geração de planos de informações temáticos georreferenciados, bem como montar e manipular o banco de dados gerado, permitindo uma visão sinótica, repetitiva e holística sobre a paisagem (Crepani et al., 2001). Diante disso, conforme afirmação de Mourão e Santos (2014) é fortalecida a ideia de que o meio ambiente se encontra em um equilíbrio natural do meio, e, por isso, em seus estudos, Crepani et al. (2001) adotam o conceito de Vulnerabilidade/Estabilidade dos

Processos Naturais à Erosão Ambiental a partir da análise das Unidades Territoriais Básicas (UTB).

Segundo Crepani et al. (2001), a classificação do grau de vulnerabilidade de cada UTB é fundamentada nos processos de morfogênese e pedogênese do solo. Conforme os autores, essa vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores de 1 a 3, totalizando 21 valores para cada unidade de paisagem. Isso permite elaborar mapas de vulnerabilidade natural à perda de solos a partir do banco de dados com as informações sobre o meio físico e o uso do solo de uma determinada região.

2.4. Geotecnologias

As geotecnologias compõem um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações geográficas (Rosa, 2009). Têm contribuído de forma substancial para os estudos ambientais por serem compostas por várias soluções em *hardware*, *software* e *peopleware*, que juntas constituem uma poderosa ferramenta que auxilia na tomada de decisão (Rosa, 2009; Pollo, 2013). A comunidade científica tem retratado o termo *geotecnologia* por meio de várias definições por esta ainda ser uma área recente, e, também, por trazer na sua essência conteúdos de várias áreas do conhecimento (Campos, 2015).

De acordo com Queiroz Júnior et al. (2012), os estudos ambientais podem ser facilmente avaliadas com o uso de técnicas de Geotecnologia, principalmente no mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação de impactos ambientais, ordenamento territorial e prognósticos ambientais. Sendo assim, técnicas de geotecnologia são importantes ferramentas para a avaliação e o planejamento do uso da terra.

Borém et al. (2015), utilizando o emprego de geotecnologias na análise e mapeamento de APPs na Serra da Mantiqueira de Minas Gerais, concluiu que o uso dessas ferramentas é de grande importância devido à possibilidade de se obter informações que permitem avaliar se as APPs estão sendo utilizadas de forma adequada, ou não. Nesse sentido, de maneira rápida e precisa, subsidiam-se os trabalhos de planejamento ambiental.

Além disso, as geotecnologias são empregadas nas mais diversas áreas do conhecimento, assim como nas mais amplas áreas das Ciências Agrárias como: hidrologia, pecuária, mudanças climáticas, agrometeorologia, ordenamento territorial e zoneamento, agricultura, silvicultura, adequação ambiental rural, modelagem ambiental, educação e transferência de tecnologias. Ainda, contribui com a agricultura promovendo a interação das diversas cadeias e segmentos produtivos.

2.4.1. Sensoriamento Remoto

O termo Sensoriamento Remoto (SR) foi designado para referir uma nova tecnologia de instrumentos capaz de obter imagens da superfície terrestre a distâncias remotas (Meneses e Almeida, 2012). Rosa (2009) define SR de maneira bem ampla, como a forma de obter informações de um determinado objeto ou alvo, sem a necessidade de contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto, utilizando a radiação eletromagnética gerada por fontes naturais ou por fontes artificiais.

Pode-se entender por “sensores” qualquer dispositivo capaz de captar a energia refletida ou emitida por qualquer superfície e registrar em formato digital (Menezes e Almeida, 2012). Segundo Campos (2015), os sensores podem ser classificados em duas tipologias, que são os portáteis e os orbitais. Os portáteis compreendem os que estão instalados em plataformas terrestres e aéreas; já os orbitais (satélites artificiais) são as câmeras de vídeo e os sistemas de varredura.

O uso do sensoriamento remoto tem se mostrado como uma ferramenta bastante viável nos estudos dos recursos naturais, pois propicia agilidade e dinâmica na obtenção de dados terrestres através de imagens de satélite (Ribeiro et al., 2007). Os levantamentos dos recursos naturais têm se constituído em trabalhos de grande relevância na orientação na utilização de um determinado recurso, pois permite subsidiar os estudos de mapeamento e gerenciamento ambiental, registrando, resgatando informações importantes para o desenvolvimento regional de forma rápida e precisa, gerados por adventos dos levantamentos (Ribeiro et al, 2007).

Segundo Borges et al., (2015), atualmente existem muitos sensores remotos em operação voltados para o estudo dos recursos naturais. Destacando-se principalmente os satélites multiespectrais, a ex. Landsat 8, SPOT 6, Rapideye, Ikonos 2, QuickBird etc. Conforme os mesmo autores, estes satélites tem possibilitado atualização de mapas e bases cartográficas em diferentes escalas, assim como, devido aos aspectos multiespectral e multitemporal tem favorecido diversos estudos ambientais (desmatamento, análise de bacias hidrográficas, degradação dos solos, etc) e de uso e ocupação da terra (expansão urbana, atualização cadastral, prevenção de riscos de deslizamento de encostas).

É incontestável a importância do sensoriamento remoto para atualização cartográfica devido à agilidade na obtenção de dados, assim como na redução de custos obtidos através da

utilização de imagens orbitais, pois essa tecnologia consegue unir qualidade e menor custo de aquisição de imagens em comparado à realização de novo levantamento aéreo (Rosa,2009).

2.4.2. Geoprocessamento

Geoprocessamento pode ser definido como um ramo do processamento de dados que atua na transformação das informações contidas em uma base de dados geocodificados, fazendo uso de recursos gráficos, analíticos e lógicos para a aquisição e apresentação das transformações desejadas (Silva, 1992).

Diante dessa definição, pode-se entender *geoprocessamento* como sendo a técnica que utiliza recursos computacionais e matemáticos para tratar dados de objetos ou fenômenos ou extrair informações desses objetos ou fenômenos, quando esses são observados por um sistema sensor (Moreira, 2007). Tal técnica pode ser empregada de maneira interdisciplinar nas diversas áreas do conhecimento, dentre as quais as áreas da geologia, geografia, economia, saúde, segurança, cartografia, agricultura e florestas e planejamento urbano e rural.

Segundo Saito (1995), o geoprocessamento tem se mostrado como uma ferramenta eficiente para planejamento urbano e rural, para tomada de decisões e aumento da eficácia das ações que envolvem o meio ambiente. De acordo com o autor, é necessário que o usuário dessa tecnologia tenha cautela e se planeje para utilizar essa ferramenta, tomando cuidado para desenvolver procedimentos de análise que explicitem o modo de pensar do pesquisador.

O uso do geoprocessamento permite a observação e o monitoramento de grandes extensões de terras de maneira sistemática, integrando diversas informações em uma base de dados (Matiello et al., 2017). Segundo Buffon et al., (2011), o emprego do geoprocessamento na delimitação e avaliação de extensas áreas também serve de subsídio para aplicação de políticas públicas voltadas ao meio ambiente.

Segundo Castro e Watrin (2013), o geoprocessamento é uma importante ferramenta na detecção de impactos ambientais, pois permite realizar análises complexas através do cruzamento de informações diversas, de fontes diferentes e de maneira integrada, permitindo observar a dinâmica dos elementos que constituem uma determinada área.

Segundo Veronese e Pereira (2014), o uso dos mecanismos que possibilitem acompanhar a dinâmica de crescimento dos espaços urbanos e utilização dos recursos naturais são indispensáveis, pois é possível realizar a localização de áreas que são mais em vulnerabilidade a perda de solo, erosão, deslizamento etc.

O uso de softwares de geoprocessamento apresenta-se como uma ótima ferramenta para a melhoria da gestão ambiental de áreas mais frágeis e de áreas que devem ser protegidas, pois permitem obter respostas sobre várias questões indispensáveis para a realização do planejamento ambiental e cooperando no planejamento das ações dos órgãos públicos e de empresas privadas (Chalier e Quintale Júnior, 2004)

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORÉM, R. A. T.; VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R.; BORÉM, F. M.; SILVA, L. D. O. (2015). Geotecnologias na análise e mapeamento de áreas de preservação permanente na Mantiqueira de Minas. In Embrapa Café-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 9., 2015, Curitiba. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BORGES, G. M.; PACHÊCO, A.P.; SANTOS, F. K. S. Sensoriamento remoto: Avanços e Perspectivas. Revista de Geografia (UFPE). V. 32 n. 2, 2015.

BUFFON, P.; FARINA, F. C.; SILVA, T. S.; AYUP-ZOUAIN, R. N. Aplicação de técnicas de geoprocessamento na delimitação e avaliação da qualidade ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no entorno do Campus do Vale da UFRGS. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR. 2011. Curitiba, PR. Anais... Curitiba, 2011. P.4640.

CACÍLIO, N. E. T. O. Período histórico do direito ambiental brasileiro anterior a nova Lei do código florestal –12.651/2012. In: **ETIC** - Encontro De Iniciação Científica. -ISSN 21-76-8498, v. 9, n. 9, 2015.

CAMPOS, M. Diagnóstico do conflito de uso do solo em áreas de preservação permanente do Ribeirão das Posses (Igarçu do Tietê-SP) visando a conservação dos recursos hídricos. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/126479>>.

CARREGA, E. F. B. Delimitação de unidades ambientais na bacia do rio Capivara, Botucatu(SP). 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2006.- Botucatu, SP: UNESP.

CASTRO, A. R. C.; WATRIN, O. S. Análise espacial de áreas com restrição legal de uso do solo em projeto de assentamento no sudeste paraense. Geografia Ensino & Pesquisa. v. 17, n. 2. 10 p.2013.

CHARLIER, F.; QUINTALE JUNIOR, C. O SIG como ferramenta para a gestão ambiental em uma ferrovia. ENGEVISTA. Ribeirão Preto. v. 6, n. 3. p. 25-35. 2004.

COSTA, T. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Conflitos de uso da terra na microbacia do São Bartolomeu – Viçosa, MG. Revista Floresta e Ambiente. V. 20, n. 3. p. 281-295, 2013.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; XAVIER, A. C. Usos da terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. *Revista Floresta e Ambiente*. V. 20, n. 4. p.425-434. 2013.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE, 2001.

FINK, J.; POELKING, E. L. CLAUDINO, A. E.; DALMOLIN, R. S. D. Uso da terra em função das classes de declividade no município de Itaara, RS. In: Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo. 2005, Vol. 12, pp. 16-21.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L. DE.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V. 17, n. 4. p. 443-449, 2013.

GALATTI FILHO, F. A. Geoprocessamento aplicado na distribuição espacial da capacidade do uso na microbacia do Córrego dos Rochas, Avaré (SP). 2006, 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/93783>>.

GARCIA, Y. M. Conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental. 126 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90704>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de uso da Terra. Rio de Janeiro. 3. Ed.;2013

LANDIS, D.A. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, 2017. Volume 18. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.07.005>

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não-supervisionada. In: ENGEVISTA, v. 10, n. 2, 2008.

LOURENÇONI, D.; CHAVES, M. E. D.; OLIVEIRA, T. C.; SOARES, J. F.; RAMIREZ, G. M. Uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) no Ribeirão Varadouro, município de Bom Sucesso, MG.. In: 4º Congresso Brasileiro de Geoprocessamento - CBG | 2º JGEOTEC Jornada de Geotecnologias, 2013, Rio de Janeiro. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Geoprocessamento - CBG | 2º JGEOTEC Jornada de Geotecnologias, 2013.

MACCARINI, T. B.; DA SILVA, A. A relação entre o código florestal brasileiro e os desastres naturais. In: *Revista Ordem Pública*, v. 9, n. 1, p. 223-233, 2016.

MATIELLO, S., CERRI, F., PAGANI, C.P., LIMA, J.S. O uso do geoprocessamento para delimitação e análise das Áreas de Preservação Permanente de um córrego em Nova Mutum Paraná-RO. Revista Presença Geográfica[online],2017.Disponível: <https://goo.gl/K5hPS8> Acesso: 10 de Fevereiro de 2019.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. In: Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E), 2012.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. UFV, 2007.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R. DOS; DALFI, R. L.; MAGALHÃES, I. A. L.; SANTOS, G. M. A. D. A. dos. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

MOURÃO, C.; SANTOS, C. A. Análise Geoambiental da Vulnerabilidade da Sub-Bacia Santa Rosa no Município de Porto Ferreira - SP como Subsídio ao Zoneamento Territorial. In: I Simpósio Mineiro de Geografia, 2014, Alfenas. Anais Do I Simpósio Mineiro De Geografia, 2014.

NARDINI, Rafael Calore. Diagnóstico socioambiental da bacia do Ribeirão Água-Fria, Município de Bofete - SP. 2013. 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/103471>>.

PINHEIRO, F. S. A. Vulnerabilidade à erosão e morfodinâmica na sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo, CE.2015. 170 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2015.

POLLO, R. A. Diagnóstico do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Paraíso no município de São Manuel (SP), por meio de geotecnologias. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu de Botucatu, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90437>>.

RAMANKUTTY, N.; MEHRABI, Z.; WAHA, K.; JARVIS, L.; KREMEN, C.; HERRERO, M.; H. RIESEBERG, L.H. Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. Annual Review of Plant Biology. V.69. 2018. 10.1146/annurev-arplant-042817-040256.

RIBEIRO, G.N.; TEOTIA, H.S.; MORAES NETO, J.M.; ARAÚJO, S.M. Estudo dos solos e uso atual da terra no agreste paraibano (região de Puxinanã), através de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007, INPE, p.4171-4178.

RIBEIRO, G. V. B. A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil. In: Revista Thema, v. 8, n. 1, 2011.

ROSA, M. D. A relevância ambiental das áreas de preservação permanente e sua fundamentação jurídica. In: Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas, n. 3, p. 83-95, 2012.

ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. 7ª ed. Uberlândia: Edufu, 2009.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n° 8, FFLCH/USP, p. 65-76, 1994.

SAITO, C. H. Geoprocessamento e pesquisa ambiental: da dependência tecnológica ao desafio metodológico. Sociedade e Natureza, 1995. 24 p.

SANTIAGO, B. E. C; NEPOMUCENO, M. Q. Uso e ocupação do solo no município de Riachão do Jucuípe-Bahia-Brasil. In: XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2013, Lima. Anais do XIV EGAL, 2013.

SANTOS, R., F. Planejamento Ambiental: Teoria e prática. São Paulo, Oficina de textos, 2004.

SILVA, J.R. Mapeamento e avaliação da cobertura e uso da terra no município de Manoel Urbano - Acre. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008. 56 f.:il

SILVA, M.S.; LEMOS, S. S.; MORAES, A. B. Uso de geotecnologias para delimitação de Áreas de Preservação Permanente e análise das áreas de conflito de uso e ocupação do solo na zona urbana do município de Mãe do Rio – PA.2014. Disponível em: < <http://anpur.org.br/app-urbana2014/anais/ARQUIVOS/GT3-72-33-20140518141544.pdf> >. Acesso: 10 de Fevereiro de 2019.

TAYLEUR, C., BALMFORD, A., BUCHANAN, GM, BUTCHART, SH, DUCHARME, H., VERDE, RE, MILDER, JC, SANDERSON, FJ, THOMAS, DH, VICKERY, J. E PHALAN, B. Global Coverage of Agricultural Sustainability Standards, and Their Role in Conserving Biodiversity. Conservation Letters,(2017). v.10: 610-618. doi: 10.1111 / conl.12314

TRICART, J. Mise en point: l'évolution des versants. Uinforma-tion géographique, (21):108-115, 1957. *Ecodinâmica*. Supren. Fund. IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

VERONEZE, O. M. S.; PEREIRA, J. G. Sistemas de informações socioambientais orientadas ao planejamento e gestão ambiental. 2014. 6 p. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão. Dourados, MS.

WOLLMANN, L.M.; BASTOS, L.C. Novo código florestal e reserva legal em propriedades rurais do município de Porto Alegre/RS. In: *Ciência Rural*, v. 45, n. 3, p. 412-417, 2015.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento e análise ambiental. In: *Revista Brasileira de Geografia*, v. 2, n. 4, p. 54, 1992.

CAPÍTULO 1

**USO E COBERTURA DA TERRA DO MUNICÍPIO DE AREIA-PB E SEUS
CONFLITOS COM O CÓDIGO FLORESTAL**

RESUMO

FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA. USO E COBERTURA DA TERRA DO MUNICÍPIO DE AREIA-PB E SEUS CONFLITOS COM O CÓDIGO FLORESTAL. Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2019. Cap. I. 20 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Dr. Leonaldo Alves de Andrade

A exploração dos recursos naturais de forma desordenada tem causado problemas ambientais frequentes. O objetivo deste trabalho foi diagnosticar, através do mapeamento do uso atual da terra, os tipos de uso e ocupação e os conflitos existentes nas áreas de preservação permanente em função a legislação ambiental no Município de Areia - PB. O mapeamento do uso e da cobertura da terra foi realizado através da interpretação de imagens do satélite PlanetScope. Para a delimitação das APPs foram utilizadas informações de relevo e rede hidrográfica. Os índices testados para verificação da acurácia Kappa e Tau foram de 0,79 e 0,82, respectivamente. A principal classe de uso e cobertura da terra diagnosticada foi a pastagem (59,5%). As duas classes de APPs identificadas, cursos d'água (98,1%) e no entorno das nascentes (1,87%), apresentaram conflitos de uso e cobertura da terra.

Palavras-chave: Área de preservação permanente, planejamento do uso do solo, conflito uso da terra

ABSTRACT

FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA. USE AND COVERAGE OF THE LAND OF THE MUNICIPALITY OF AREIA-PB AND ITS CONFLICTS WITH THE FOREST CODE. Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2019. Cap. I. 20 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Dr. Leonaldo Alves de Andrade

The exploitation of natural resources in a disorderly manner has caused frequent environmental problems. The objective of this work was to analyze the land uses and land cover, comparing the land use and land cover with the Permanent Preservation Areas (APP) of the city of Areia - PB in relation to the legislation. The mapping of the land use and land cover was performed through the interpretation of images from Planet Scope satellite. The delimitation of the APPs, was used information of relief and hydrographic network. The indexes tested for Kappa and Tau accuracy were 0.79 and 0.82, respectively. The main diagnosed class of land use and land cover was pasture (59.5%). The two classes of PPAs identified, watercourses (98.1%) and surround the sources (1.87%), presented conflicts of land use and land cover.

Key-words: Geotechnology; Permanent preservation area; planning of land use.

1. INTRODUÇÃO

A exploração desordenada dos recursos naturais tem causado problemas ambientais cada vez maiores, frequentes e irreversíveis. A perda da capacidade produtiva dos solos, a contaminação dos recursos hídricos, o assoreamento dos mananciais, as queimadas e o desmatamento têm comprometido a saúde do homem e dos animais, assim como a perda tanto da qualidade da água como a sua indisponibilidade e a diminuição da produção agropecuária, desta forma, comprometendo a economia global e a qualidade de vida da população (Torres et al., 2007; Moraes et al., 2016). Foi diante deste contexto que Alves et al. (2003) concluíram que é o risco de degradação dos recursos naturais a raiz da necessidade de realizar a avaliação e o planejamento do uso da terra.

O estudo para compreender a dinâmica dos padrões que atuam sobre as formas de cobertura e do uso da terra é de fundamental importância para entender como está sendo a organização do espaço geográfico (Rosa & Sano, 2014), que, de acordo com Von Ahnet al. (2016), tem por finalidade verificar e conferir se o uso e ocupação da terra, assim como a apropriação dos recursos naturais, estão ocorrendo conforme ou indiferentemente ao que determina a legislação, auxiliando assim as ações de planejamento.

O Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651 /12) é a legislação que estabelece sobre o ordenamento do uso da terra, regulamentando os seus usos, assim como institui sobre a utilização dos recursos florestais, pois garante e promove a manutenção da vegetação de determinadas áreas, que devem estar cobertas pela vegetação original (Brasil, 2012).

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são espaços territoriais protegidos pela Constituição Federal e pelo Código Florestal, exigidos em todos os imóveis rurais, pois se constituem como um instrumento balizador que permite o equilíbrio entre o desenvolvimento industrial e agropecuário e o respeito ao meio ambiente (Ferrari et al., 2015). Tendo como função primordial garantir a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico de fauna e flora, e a proteção do solo, essas áreas asseguram o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012). Segundo Luppi et al., (2015), as APPs estão submetidas a intensificação das pressões antrópicas que provocam degradação desses ambientes em grandes extensões, pois modificam a paisagem natural para outros tipos de usos e ocupação da terra, substituindo áreas anteriormente ocupadas por

florestas em pequenos fragmentos florestais e, em muitos casos, provocando a indisponibilidade de recursos naturais importantes para a manutenção da vida.

Apesar de possuímos uma legislação ambiental bastante rígida e avançada, a falta de fiscalização, a grande extensão territorial do nosso país, recursos materiais insuficientes, além da falta de informações, muitas vezes, são fatores que comprometem a realização das fiscalizações e a punição dos infratores (Gasparini et al., 2013). Uma das formas de contornar esses problemas, é a utilização de geotecnologias, pois essas permitem que o processamento dos dados sejam mais rápidos e eficientes na caracterização e no monitoramento das informações terrestres, principalmente quando se utilizam imagens de satélite de alta resolução espacial (Luppi et al., 2015; Ferrari et al., 2015).

O município de Areia situa-se na mesorregião Agreste, na região do Brejo Paraibano. A maioria dos rios que compõem as bacias hidrográficas dessa região, entre as quais a Bacia do Rio Mamanguape, teve seus cursos originais e tributários modificados pela ação antrópica. Entre as alterações, pode-se citar pastagem, cultivo de cana-de-açúcar, cultivo de banana, presença de áreas urbanas.

Este trabalho teve como objetivo diagnosticar, através do mapeamento do uso atual da terra, os tipos de uso e ocupação no município de Areia-PB e os conflitos existentes nas APP em função ao Código Florestal Brasileiro Lei Federal 12.651/2012 (Brasil, 2012).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aspectos físicos da área de estudo

O município de Areia se localiza na mesorregião do Agreste Paraibano, região do Brejo da Paraíba, entre as latitudes $6^{\circ} 51' 50,93''$ e $7^{\circ} 02' 03,37''$, a sul do Equador, e as longitudes $35^{\circ} 48' 29,05''$ e $35^{\circ} 34' 16,22''$, a oeste de Greenwich (Figura 1). Situa-se a 122,5 km da capital João Pessoa, e está implantado sobre o relevo escarpado da Serra da Borborema, a cerca de 600 metros de altitude.

O município de Areia limita-se geograficamente com os municípios de Alagoa Grande, Alagoa Nova, Alagoinha, Pilões, Remígio, Arara e Algodão de Jandaira, e ocupa uma área de aproximadamente 269 km² (IBGE, 2015). Encontra-se inserida na bacia hidrográfica do rio Mamanguape, sendo abastecida pelos rios Araçagi e Mamanguape (SUDENE, 1974).

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, atualizado por Alvares et al. (2013), O município de Areia possui clima do tipo As (tropical com chuvas de inverno), com

precipitação média anual de aproximadamente 1100 mm e temperatura variável entre 15°C e 30°C (Alvares et al., 2013).



Figura 1: Localização do município de Areia – PB.

O mapeamento do uso e da cobertura da terra foi realizado através da interpretação de imagens do satélite PlanetScope ortorretificadas (produto 3A), com resolução espacial de 3,125 m nas bandas espectrais do vermelho, verde, azul (visível) e infravermelho próximo (IVP), e resolução radiométrica de 12 bits, datadas de 13 de maio de 2017.

Foram adquiridas imagens da empresa Santiago e Cintra Consultoria, que forneceu 13 imagens com licença de uso em formato geotiff, no sistema de coordenadas UTM WGS-84, cobrindo a totalidade da área do município de Areia.

A classificação todas as bandas do visível e do IVP, tendo o número digital (ND) sido convertido para valores de reflectância ToA (ρ_{toa} – reflectância no topo da atmosfera), aumentando a capacidade de distinção entre alvos distintos pelo classificador. Uma vez que as imagens eram de horários de aquisição distintos, elas apresentavam coeficientes de reflectância diferentes e, portanto, a reflectância foi calculada independentemente para cada banda de cada imagem:

$$\rho_{toa} = ND * a \quad (1)$$

Sendo a o coeficiente de reflectância, distinto para cada banda, obtido do ficheiro de metadados fornecido pela Santiago e Cintra Consultoria.

Após o cálculo das reflectâncias, realizou-se o mosaico de todas as imagens, empilhando todas as bandas espectrais e a coleta de pontos de controle para aferição da verdade de campo. Após a conclusão do pré-processamento, foi realizada a coleta de assinatura para a realização da classificação supervisionada usando o método paramétrico da máxima verossimilhança (MAXVER), que se deu com a definição de um conjunto de amostras de treinamento para cada classe de cobertura presente na imagem

A exatidão de um mapeamento é aferida através da identificação de um conjunto de locais amostrais que são visitados *in loco* e um procedimento estatístico aplicado ao produto final da classificação da imagem digital. A classe de uso e cobertura da terra encontrada no campo foi então comparada com a que foi mapeada na imagem para os mesmos locais. Procedeu-se a definição de um conjunto de amostras de treinamento para cada classe de cobertura presente na imagem.

Após observação de campo, foram definidas 11 classes:

- 1. Vegetação de Porte Florestal:** floresta ombrófila aberta, uma formação típica da faixa litorânea, mas também encontrada nos brejos de altitude, em cotas da ordem de 600 m. Nestes, as condições climáticas bastante atípicas de umidade e temperatura favoreceram a interiorização e a expansão dessa fitofisionomia pelo interior, onde formaram-se ilhas de floresta úmida encravadas na região semiárida e envoltas pela vegetação da Caatinga, são os chamados Brejos de Altitude. A semelhança florística-estrutural com a floresta úmida litorânea justifica a sua classificação como disjunção de Floresta Ombrófila Aberta (IBGE, 1992; Rodal et al., 1998; Oliveira et al., 2006).
- 2. Vegetação de Porte Arbustivo:** vegetação de baixa densidade, com indivíduos de porte até 6 m, aproximadamente. Corresponde, principalmente, a vegetação de capoeira, uma vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração, composta por gramíneas e arbustos esparsos.
- 3. Reflorestamento:** plantios ou formações de maciços monoespecíficos, sejam eles compostos por espécies florestais nativas ou exóticas. No caso do município de Areia, observaram-se principalmente áreas de plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.).
- 4. Pastagem:** áreas com espécies de herbáceas e arbustos, quase sempre gramíneas com valor forrageiro.

5. **Solo Exposto:** corresponde a áreas sem vegetação, sem culturas agrícolas, ou com culturas em estágios iniciais de desenvolvimento, além de terras preparadas para plantio, subsolo exposto, aterros e áreas degradadas – excetuando-se os afloramentos de rocha.
6. **Corpo Hídrico:** cursos de água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos de água lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais).
7. **Área Construída:** zona urbana e outras áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies não agrícolas (IBGE, 2013).
8. **Culturas Agrícolas:** cultivo de bananeiras, cana-de-açúcar, citros e goiabeira.

A cultura do feijão é, de acordo com o IBGE (2016), uma das mais expressivas do município, com uma média de 995 ha de área plantada ou destinada à colheita. No entanto, trata-se de uma lavoura temporária de difícil mapeamento, pois é plantada no município como cultura de subsistência, ocupando pequenas áreas, dispersas das propriedades. Por esse motivo, o cultivo dessa cultura não foi mapeado.

Posteriormente, foi realizada a transformação da classificação do formato *raster* para o formato vetorial de forma, a fim de se calcular a área que cada classe ocupa dentro do corte de mapeamento.

As classes de culturas, bem como, do solo exposto foram conferidas e vetorizadas manualmente, com intuito de melhorar a precisão do mapeamento das classes em questão que na classificação supervisionada sofreram algum grau de confusão entre si.

Os dados de campo foram obtidos pelo registro de 523 pontos com aparelho GPS e análise do tipo de uso e cobertura vegetal presente no local, tendo em consideração a sua principal fitofisionomia. A plotagem dos pontos demonstrou que a amostragem foi ampla e representativa. Com a obtenção desses dados, foi possível chegar à classificação final do uso e ocupação da terra. Os índices Kappa e Tau foram utilizados com o objetivo de verificar a acurácia e a qualidade do mapeamento.

O índice Kappa é uma medida estatística que ajusta o efeito do acaso na proporção de concordância observada. Esse índice é largamente utilizado para avaliar a qualidade dos mapeamentos (Lobão et al., 2005; Sá et al., 2010; Matos e Leal, 2014; Nunes e Roig, 2015; Queiroz et al., 2017, Chelotti, 2017), por se tratar de uma metodologia mais robusta que o simples cálculo de percentagem de concordância. O índice Tau baseia-se na probabilidade a priori (Klecka, 1980), ou seja, a concordância esperada pode ser obtida antes de elaborar a

matriz de confusão. Para ambos, foi criada uma tabela de validação cruzada onde se registraram os acertos e os erros de omissão e comissão entre os dados obtidos em campo e os do mapeamento.

Os índices Kappa e Tau foram obtidos pelas seguintes equações:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + x_{+i})} \quad (2)$$

Onde: \hat{K} = Índice de concordância Kappa; r = número de linhas na matriz; x_{ii} = número de observações na linha [i] e coluna [i]; $x_{i+} + x_{+i}$ = totais marginais da linha [i] e coluna [i], respectivamente; e N = número total de observações.

O coeficiente Tau (T) pode ser calculado como segue:

$$T = \frac{P_0 - P_r}{1 - P_r} \quad (3)$$

Onde: P_0 = concordância real; P_r = concordância aleatória, expressos dessa forma:

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^c x_{ii}}{n} \quad (4)$$

e

$$P_r = \sum_{i=1}^c P_{i+} P_i = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i} \quad (5)$$

Sendo $P_{i+} = (x_{i+} / n)$ a distribuição marginal dos dados de referência, $P_i = (x_{+i} / n)$ as probabilidades a priori para cada classe.

Conforme Landis e Koch (1977), a qualidade do mapeamento a partir do índice de Kappa é baseada na Tabela 1. O mesmo é válido para o índice Tau (Figueiredo e Vieira, 2007).

Tabela 1: Avaliação do mapeamento segundo o índice Kappa e Tau.

Qualidade do mapeamento	K
Péssima	< 0,00
Ruim	0,00 - 0,20
Razoável	0,21 - 0,40
Moderada a boa	0,41 - 0,60
Muito boa	0,61 - 0,80
Excelente	0,81 - 1,00

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Na delimitação das APPs, foram utilizadas informações de relevo obtidas por meio do modelo digital de elevação (MDE) oriundo da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) de 1 segundo de arco, com resolução espacial de 30 m, produtos 07S36W_1arc_v3 e 08S36_1arc_v3 (Farret al., 2007), disponibilizados em <https://earthexplorer.usgs.gov/>, Os dados de hidrografia do município foram disponibilizados pela diretoria de serviço geográfico do exército em: www.geoportal.eb.mil.br/mediador/, na escala de 1:100.000. A partir destes, foram geradas as APPs relacionadas aos cursos d'água.

A delimitação das APPs seguiu segundo a recomendação da Lei 12.651 de maio de 2012 (Brasil, 2012), conforme a metodologia de Peluzio et al. (2010). Para as APPs relacionadas à rede hidrográfica, foram demarcadas as APPs de margem de rios e as de nascentes, utilizando-se da ferramenta Buffer do software ArcGis 10.2, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: APPs do município de Areia, PB.

Tipo de APP	Buffer (m)	Nome
Nascente	50	APP nascentes
Cursos d'água	30	APP cursos d'água menores que 10 metros de largura
Cursos d'água	50	APP cursos d'água 10 – 50 metros de largura

Para delimitação de APPs de encostas, utilizou-se a metodologia descrita por Peluzio et al. (2010), segundo a qual, através da ferramenta *slope* do software de geoprocessamento,

determinou-se a declividade do terreno. Segundo a Lei 12.651/12, no Artigo 4.º, no Parágrafo V as APPs de encostas ou partes destas, com declividade superior a 45° (Brasil, 2012).

As informações sobre o conflito de uso da terra em relação à legislação ambiental vigente no Brasil foram obtidas através da intersecção entre o vetor de uso da terra e o vetor das APPs usando a ferramenta de corte do software ArcGis 10.2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A imagem de satélite *PlanetScope*, nas bandas 2, 3 e 4, obtidas em Julho de 2017, e os levantamentos de campo, permitiram identificar e mapear onze classes de uso e cobertura da terra com base na interpretação da imagem (Figura 2). Os resultados demonstram que a imagem apresentou um ótimo resultado e permitiu diferenciar e identificar os diferentes uso e cobertura da terra existentes e que predominam no município de Areia-PB

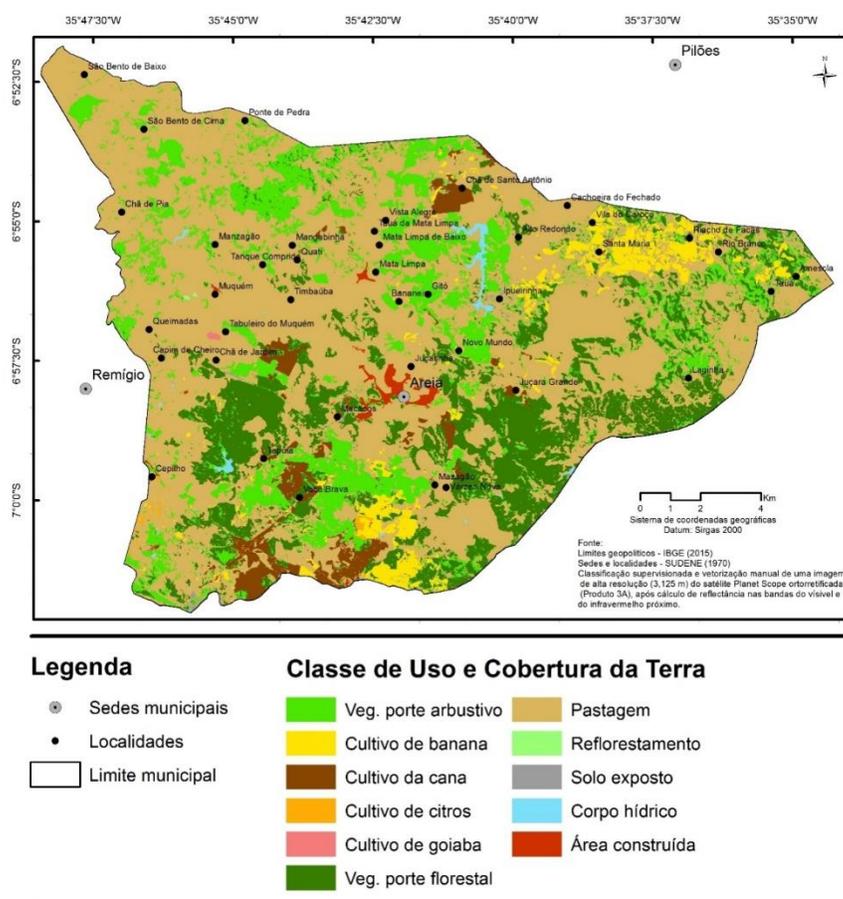


Figura 2: Mapa de uso e cobertura da terra, município de Areia, PB.

Os resultados obtidos com a utilização dos índices Kappa e Tau, utilizados para estimar os acertos para a classificação realizada, foram de 0,79 e 0,82, respectivamente. Ambos os resultados foram satisfatórios, uma vez que, de acordo com os valores de referência recomendados por Landis e Koch (1977), a qualidade deste mapeamento é classificada como de "muito boa" a "excelente" (Tabela 1). Espírito-Santo e Shimabukuro (2005) apresentaram um mapeamento de cobertura vegetal da região da Floresta Nacional do Tapajós (PA) com $K = 0,81$; Sá et al. (2010) obtiveram em seu mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra na região do Araripe pernambucano, $K = 0,78$; o mapeamento de Nunes e Roig (2017) do uso e cobertura do solo da Bacia do Alto Descoberto (DF) resultou em $K = 0,64$.

Com relação às classes mapeadas, nas análises da Tabela 3 são apresentadas as classes identificadas, com os dados das áreas de cada classe, assim como as porcentagens que essas classes ocupam em relação à área do município.

Tabela 3: Classes de uso e cobertura da terra mapeadas no município de Areia, PB.

Table 3: Classes of land use and land cover mapped in the municipality of Areia, PB.

Uso da terra	Área (Km ²)	(%)
Veg. porte arbustivo	42,7	15,8
Cultivo de bananeira	11	4,1
Cultivo de cana-de-açúcar	8,2	3
Cultivo de citros	0,4	0,1
Cultivo de goiabeira	0,08	0,03
Veg. porte florestal	43,5	16
Pastagem	161,2	59,5
Reflorestamento	0,05	0,019
Solo exposto	1,05	0,39
Corpo hídrico	1,1	0,41
Área construída	1,6	0,6

Ao analisar os resultados da tabela conjuntamente, é possível constatar que as classes de uso da terra com menores áreas mapeadas foram reflorestamento, cultivo de goiaba e cultivo de citros, com 0,05, 0,08 e 0,4 km², respectivamente. As áreas cultivadas com banana e cana-de-açúcar são as culturas agrícolas de maior significância econômica para o município,

totalizando 19,2 km², respondendo, juntas, por 7,1% da área total do município de Areia-PB. Com essas informações, podemos verificar que as atividades econômicas desenvolvidas no meio rural do município de Areia são muito pouco diversificadas, o que acarreta numa certa fragilidade, pois podem ser mais vulneráveis a imprevistos climáticos, produtivos, financeiros e econômicos.

As classes de uso da terra classificadas como solo exposto, corpo hídrico e área construída ocuparam uma área de 1,05 km², 1,1 km² e 1,6 km², correspondendo a 0,39%, 0,41% e 0,6%, respectivamente. O solo exposto pode estar diretamente relacionado às classes de uso da terra relacionadas ao uso agrícola, em que é adotado um período de repouso da área entre um ciclo e outro das culturas agrícolas, ou na formação e/ou renovação das áreas de pastagem.

A área de pastagem é a classe de uso da terra que tem maior contribuição em área ocupada no município, com 161,2 km², correspondendo a 59,5% do município. A área ocupada por vegetação de porte arbustivo e florestal corresponde a 42,7 km² (15,8%) e 43,5 km² (16,0%), respectivamente. A quantidade enorme de área ocupada com essas classes de uso da terra que compõem a paisagem do município é possível relacionar aos processos antrópicos intensos que a região tem sido submetida, mesmo com aproximadamente 32% de o município ser composto por cobertura vegetal nativa em processo de recuperação ou em estágio avançado de recuperação. Resultado semelhante foi observado por Santos et al. (2017), quando analisaram o conflito de uso da terra em APPs da bacia do rio Piauitinga, Estado de Sergipe.

Dentre todas as classes de uso e ocupação da terra identificadas e mapeadas, as classes de vegetação de porte florestal, vegetação de porte arbustivo e as pastagens foram as que apresentaram maiores ocorrências, com 16%, 15,8% e 59,5% da área total, respectivamente. A soma desses valores corresponde a 91,3% da área total do território do município. Dados semelhantes foram obtidos por Nascimento et al. (2005), quando realizaram mapeamento do uso e coberturas da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre, Estado do Espírito Santo. Segundo os autores, essa expressiva participação dessas classes na composição da paisagem demonstra que as pressões antrópicas a que o município tem sido submetido são intensas.

A delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente (APPs), tendo como referência o Código Florestal, possibilitou quantificar e identificar as categorias de APPs situadas nas nascentes e na sua área de contribuição e ao longo das margens dos cursos

d'água, conforme Figura 3. Vale ressaltar que as APPs em áreas de encosta com declividade superior a 45° não foram possíveis de identificar, pois devido à baixa resolução dos dados, inviabilizou-se a identificação dessas feições, apesar de ser visível em campo a ocorrência de tais declividades. Por isso, sugere-se a realização de um levantamento topográfico do município em uma escala pequena, para poder identificarem-se essas áreas e, assim, individualizá-las como áreas de APPs. Segundo Quintero et al. (2008), estudando a influência da escala do modelo digital de elevação – MDE, para delimitação das classes de declividade em MDEs em escalas diferentes – dados do IBGE (escala 1:50.000), SRTM (escala 1:100.000) e do mapeamento municipal (escala 1:5.000) –, os resultados mostraram-se satisfatórios apenas quando MDE utilizado foi na escala de 1:5.000, pois foi possível detectar as declividades acima de 45°.

A menor e a maior participação entre as categorias de APPs no município de Areia, correspondeu a APP – 1 e APP – 2, como pode ser observado na Tabela 4, correspondendo com 20,27 ha (1,87%) e 1059,8 ha (98,12%), respectivamente. Isso pode ser decorrente da falta de dados e de informações disponíveis mais precisos para que pudéssemos ter informações mais confiáveis.

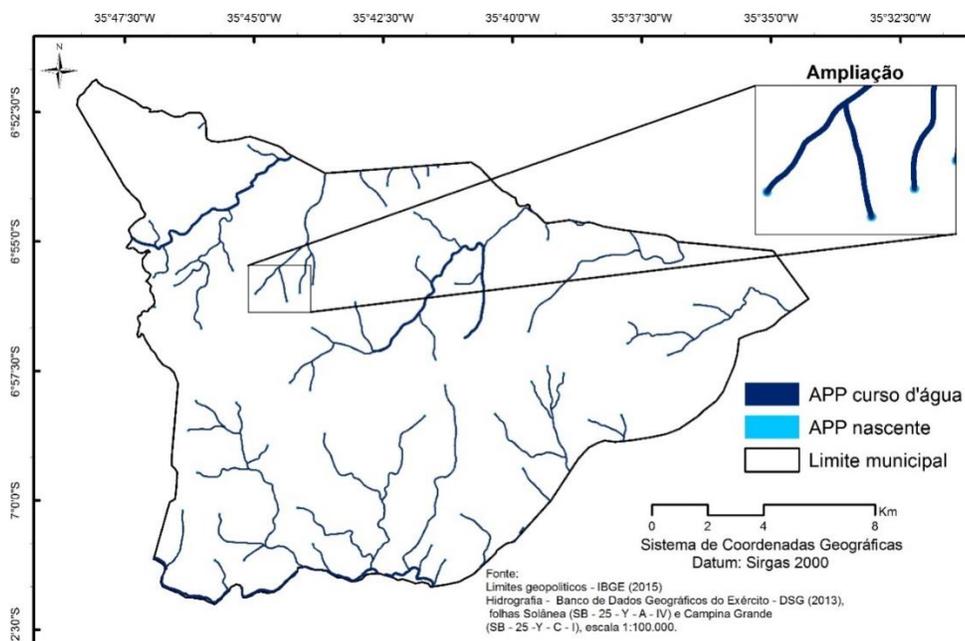
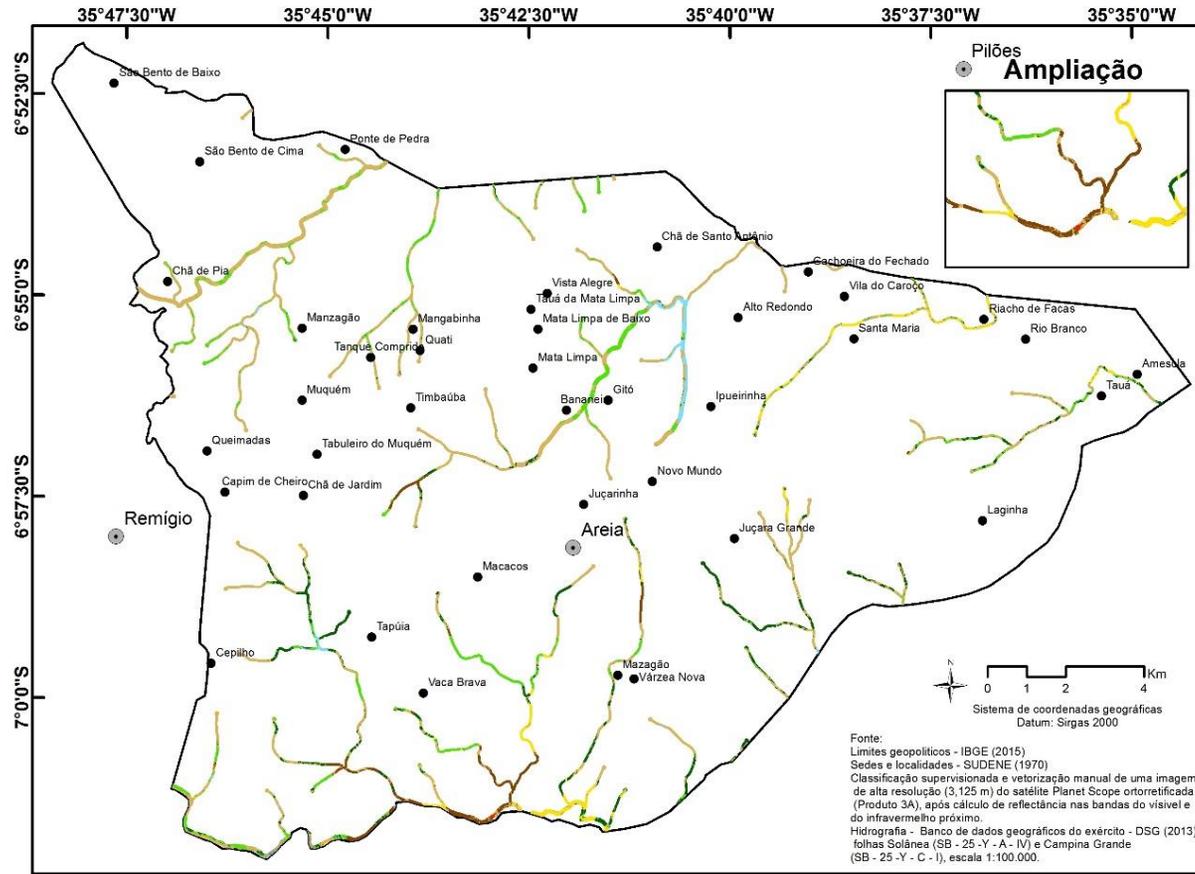


Figura 3: Categorias de APPs mapeadas no Município de Areia, Paraíba, Brasil.

Tabela 4: Quantificação das APPs mapeadas no Município de Areia, Paraíba, Brasil.

Descrição das categorias de APPs	Categorias de APPs	Área
		(ha)
Nascentes e sua área de contribuição	APP-1	20,268
Margens dos cursos d'água	APP-2	1059,8
Total		1080,1

A partir do cruzamento das informações das Figuras 2 e 3, referentes à distribuição das classes de uso e cobertura da terra e das APPs no município de Areia, respectivamente, foi possível obter-se o mapa temático apresentado na Figura 4, a seguir.



Legenda

- Sedes municipais
- Localidades
- Limite municipal

Conflito de uso e cobertura da terra com APPs

- | | |
|-------------|-------------------|
| ■ Arbustivo | ■ Pasto |
| ■ Bananeira | ■ Solo exposto |
| ■ Cana | ■ Água |
| ■ Citros | ■ Área construída |
| ■ Floresta | |

Figura 4: Mapa dos conflitos de uso e cobertura da terra nas APPs do município de Areia, PB.

Com a análise dos conflitos de uso e cobertura da terra nas APPs delimitadas (Figura 4; Tabela 5), pode-se notar que as classes de uso e cobertura da terra como cultivo de bananeira, cultivo de cana-de-açúcar, cultivo de citros, pastagem, solo exposto e áreas construídas estão localizadas parcialmente em áreas que deveriam estar legalmente protegidas, apresentando-se como uso inadequado. Além disso, é possível constatar que o principal conflito de uso e cobertura da terra ocorre na classe de pastagem (571,68 ha), correspondendo a 52,67% das APPs sendo ocupadas por essa classe. Eugenio et al. (2010), estudando o conflito do uso e cobertura da terra em APPs da bacia hidrográfica do Rio Alegre, no município de Alegre-ES, observou que aproximadamente 68% das APPs estavam ocupadas pela classe de pastagem, desta forma, esse resultado está muito próximo do que foi encontrado neste trabalho.

Tabela 5: Quantificação da ocorrência de conflito de uso da terra nas APPs mapeadas no Município de Areia, Paraíba, Brasil.

Uso da terra	Área (ha)	(%)
Veg. porte arbustivo	191,54	17,65
Cultivo de bananeira	75,04	6,91
Cultivo de cana-de-açúcar	64,32	5,92
Cultivo de citros	0,82	0,08
Veg. porte florestal	135,92	12,52
Pastagem	571,68	52,67
Solo exposto	8	0,74
Corpo hídrico	35,79	3,3
Área construída	2,39	0,22

As classes de uso da terra como cultivo de banana, cana e citros correspondem juntas a 12,91% dos conflitos de uso da terra em APPs do município de Areia, sendo o segundo maior percentual de conflito apresentado no município. Desta forma, pode-se constatar que apenas 30% das APPs estão sendo realmente de fato preservadas como cobertura vegetal nativa. Ou seja, aproximadamente 70% das APPs do município estão sendo usadas para fins econômicos e/ou ocupacional, portanto, estão ilegais e contrariando a legislação ambiental. Segundo Carvalho et al. (2012), a recarga do lençol freático é o verdadeiro responsável pela formação de nascentes e, conseqüentemente dos rios, sendo que a sobrevivência destes só é

possível quando o equilíbrio do ciclo hidrológico é mantido, bem como quando o solo é preservado para que favoreça a reposição da água do lençol freático. A remoção das matas ciliares presentes nas APPs pode causar problemas de desabastecimento de água para o consumo humano e animal, pois a vegetação tem função sobre os cursos d'água e o desequilíbrio ambiental em decorrência da retirada dessa vegetação pode comprometer o suprimento e provocar mudanças no volume de água fornecida pelos mesmos (Santos et al., 2017).

4. CONCLUSÕES

Foram identificadas onze classes de uso e cobertura da terra no município de Areia-PB, com destaque para a classe pastagem, com a maior representatividade. Esta atividade representou mais da metade da área do município, enquanto as áreas com formações vegetais naturais apresentaram reduzidas e fragmentadas, evidenciando a necessidade de adequação ambiental para que as mesmas se recuperem, evitando prejuízos como a perda de biodiversidade.

O município de Areia-PB apresenta 10,80 km² de áreas de APPs, conforme o código florestal (Lei nº 12.651/12), que corresponde a apenas 4,01% da área total do município. Apenas 3,28 km² da área é composta por florestas ou por vegetação arbustiva em fase de regeneração, demonstrando que somente 43,3% se encontram conforme a legislação ambiental recomenda, e 56,7% encontram-se irregularmente ocupadas com outros tipos de uso da terra não recomendados, isto é, em conflito.

A classe de APP-2 foi a mais representativa e a menos conservada entre as delimitadas, em contrapartida a APP-1 foi a menos representativa e a mais conservada, apresentando com o menor conflito no uso da terra entre as classes mapeadas.

As APPs do município não estão preservadas, especialmente os cursos d'água, sendo as pastagens responsáveis pela metade da ocupação irregular das APPs do município.

A maior parte das APPs encontradas no município de Areia apresentou conflito de uso da terra, demonstrando que mesmo com uma legislação florestal rígida, este não tem sido aplicado com eficácia nas APPs estudadas.

Os índices Kappa e Tau calculados com as áreas observadas, para a imagem utilizando o algoritmo da mínima distância, obteve bom desempenho, uma vez que a qualidade do mapeamento foi classificada como muito bom e excelente.

A utilização de geotecnologias demonstrou-se eficaz e rápida, o que pode auxiliar na gestão ambiental dos recursos naturais do município no que diz respeito ao cumprimento da legislação ambiental e como subsídio para tomada de decisão sobre as políticas públicas que devem ser desenvolvidas no que se diz respeito à otimização do uso e ocupação do solo municipal. Vale ressaltar que há a necessidade de se obterem dados mais consistentes sobre hidrografia, topografia, hidrometria e quantificação das nascentes e o seu estado de conservação. Isso permitirá alcançarem-se melhores resultados.

Recomendamos aos gestores públicos a realização de um levantamento de toda a hidrografia municipal, além da realização de estudos de hidrometria e do estado de conservação das nascentes e de suas zonas de recarga, a fim de se ter uma dimensão real desses recursos.

Uma forma do município de Areia realizar a adequação ambiental das APP é a criação de uma política pública que tenha como objetivo manter a qualidade dos mananciais e promover a adequação ambiental dos imóveis rurais a exemplo do projeto conservador de águas do Município de Extrema, Minas Gerais. Onde foi criado um instrumento econômico na linha do pagamento por serviços ambientais, onde tem se mostrado eficaz e efetivo. O projeto também tem estabelecido outras metas, como adoção de práticas de conservação do solo, saneamento ambiental rural, implantação e conservação de APPs e de Reserva legal, além do estímulo aos produtores rurais do município na criação de Reserva particular do Patrimônio Natural – RPPN.

5. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *MeteorologischeZeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ANTUNES, A.F.; LINGNAU, C. Uso de índices de acurácia para avaliação de mapas temáticos obtidos por meio de classificação digital. In: III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento.,1997, Curitiba. **Anais**1997.CD-ROM

ALVES, H.M.R; ALVARENGA, M.I.N.; LACERDA, M.P.C.; VIEIRA, T.G. C. Avaliação das terras e sua importância para o planejamento racional do uso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.24, n. 220, p82-93. 2003. Disponível em: <http://epamig.ufla.br/geosolos/publicacoes/2003/1.pdf>. Data de acesso: 18 de agosto de 2018.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa

dá outras providências [online]. 2012 [citado em 2012 nov. 7]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.html.

BRITES, R.S.; SOARES, V.P.; RIBEIRO, C.A.A.S. Comparação de desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificações de imagens orbitais. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.,1996, Salvador. **Anais:INPE.**,1996. p. 813-821.

CARVALHO, A.P.V.; BRUMATTI, D.V.; DIAS, H.C.T. Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v.2, n.2,p.148-156. 2012.

CHERLOTTI, G.B. Mapeamento de uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, no Distrito Federal, por meio de classificação orientada a objetos com base em imagem do satélite Landsat8 e softwares livres. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v.5, n.2, p. 172-185, 2017.

COHEN, J. A coefficientofagreement for nominal scales. **EducationalandPsychologicalMeasurement**, [s.l.], v.20, p. 37-46, 1960.

ESPÍTITO-SANTO, F.D.B.; SHIMABUKURO, Y.E. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso de imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, n.29, n.2, p. 227-239, 2005.

EUGENIO, F.C.; SANTOS, A.R.; LOUZADA, F.L.R.O.; MOULIN, J.V. Confronto do uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio alegre no município de Alegre, Espírito Santo. **Revista Engenharia Ambiental**, Espirito Santo do Pinhal, v.7, n.2,p. 110-126, abr./jun.2010.

FARR, T.G.; ROSEN, P.A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M .; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D.The Shuttle Radar Topography Mission. **Review of Geophysics**.[s.l.]; v.45, p.1-43.2007.

FERRARI, J.L.; DOS SANTOS, A.R.; GARCIA, R.F.; DO AMARAL, A.A.; PEREIRA, L.R. Análise de Conflito de Uso e Cobertura da Terra em Áreas de Preservação Permanente do Ifes – Campus de Alegre, Município de Alegre, Espírito Santo. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro; v.22, n.3, p. 307-321. 2015.

FIGUEIREDO, G.C.; VIEIRA, C.A.O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. Florianópolis. Anais. Florianópolis: INPE.,2007.p. 5755-5762.

GASPARINI, K.A.C .; LYRA, G. B.; FRANCELINO, M. R.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F.; FACCO, A.G. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.20, n.3, p.296-306. 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MALHA MUNICIPAL DIGITAL 2015. IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. PAM – Produção Agrícola Municipal. IBGE, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 10 jul. 2018.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometria**. [s.l.], v.33, n.1, p.154-174. 1977.

LOBÃO, J.S.B.; FRANÇA-ROCHA, W.J.S.; SILVA, A.B. Aplicação dos índices Kappa & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais**. Goiânia: INPE.,2005, p. 1207-1214.

LUPPI, A.S.L.; DOS SANTOS, A.R.; EUGENIO, F. C.; FEITOSA, L. S. Utilização de geotecnologia para o mapeamento de áreas de preservação permanente no município de João Neiva, ES. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.13-22. 2015;

MA, Z.; REDMOND, R.L. Tau coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. [s.l.], v.61, n.4, p. 435-439. 1995.

MATOS, N.M.; LEAL, F.A. Mapeamento temporal e validação de áreas queimadas por meio do produto MODIS MCD45A1 para o BIOMA Pantanal. In 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2014, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: 2014. p. 476-484.

MORAES, C.G.; VILLELA, A.A.C.; PEREIRA, E.D. Conflitos entre a área de recarga e o uso e ocupação do solo na porção superior na bacia do rio Paciência - MA. In: XVIII Encontro Nacional de Geógrafos 2016., São Luís. **Anais**. São Luís: http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1468249546_ARQUIVO_TrabalhoEN G.pdf

NASCIMENTO, M.C.; SOARES, V.P.; RIBEIRO, C.A.A.S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220. 2005.

NUNES, J.F.; ROIG, H.L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n.1, p.25-36.2015;

PELUZIO, T.M.O.; SANTOS, A.R.; FIELDLER, N.C. Mapeamento de áreas de preservação permanente no ARCGIS 9.3. Alegre: CAUFES; 2010. 58 p.

PEREIRA, P.H.; CORTEZ, B.A.; OMURA, P.A.C.; ARANTES, L. G. C. Projeto conservador das águas. Prefeitura municipal de Extrema, MG. 2016. Disponível

em:<https://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/Projeto-Conservador-das-aguas-versao-fevereiro-de-2016.pdf>. Data de acesso: 11 de fevereiro de 2019

QUEIROZ, T.B.; SOUSA, R.S.; BALDIN, T.; BATISTA, F.J.; MARCHESAN, J.; PEDRALI, L. D.; PEREIRA, R. S. Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Geociências**, Rio Claro, v.36, n.3, p. 569-578. 2017:

QUINTERO, E.I.; PEREIRA, M.; FRANCELINO, M. Enuncia da Escala do MDE na Delimitação da Classes de Declividade. In: **Anais do XVII Encontro Brasileiro de Manejo e Conservação do Solo e da Água 2008**; Rio de Janeiro. 2008

ROSA, R.; SANO, E.E. Uso da terra e cobertura vegetal na bacia do rio Paranaíba. *Revista de geografia agrária*, Brasília, v. 9, n.19, p.32-56. 2014.

SÁ, I. I. S.; GALVÍNIO, J. D.; MOURA, M. S. B. DE; SA, I. B. Cobertura vegetal e uso da terra na região Araripe Pernambucana. *Revista Mercator*, Fortaleza, v. 9, n.19, p.143-163. 2010.

SANTOS, W.A.; CRUZ, J. F.; ALMEIDA, A.Q.; MELLO, A. A.; SANTOS, R.B.; LOUREIRO, D. C. Conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente da bacia do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. *Revista Ciências Agraria, Amazonas*, v.60, n.1, p.19-24. 2017.

SUDENE, Superintendência de desenvolvimento do Nordeste. Folha Santa Rita SB. 25-Y-C-III-1-SO. Recife, 1974. Carta Topográfica. Escala 1: 25.000.

TORRES, J.L.R.; BARRETO, A.C.; PAULA, J.C. Capacidade de uso das terras como subsídio para o planejamento da microbacia do córrego lanhoso, em Uberaba (MG). *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v.8, n.24, p. 22-32. 2007.

VON AHN, M.M.; SANTOS, F.C.A.; SIMON, A.L.H. Uso da terra, conflitos ambientais e a importância das relações entre geodiversidade e biodiversidade para a conservação da natureza. *Revista Geografia*, Londrina, v.41, n.1, p. 131-146. 2016.

KLECKA, WR. *Discriminant Analysis*. Beverly Hills, California: SAGE Publications, Inc. 71 p. 1980.

CAPÍTULO II

VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE AREIA
– Pb

RESUMO

FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA. **Vulnerabilidade Natural à Perda do Solo do Município de Areia – Pb.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2019. Cap. II. 20 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Dr. Leonaldo Alves de Andrade

A vulnerabilidade natural à perda de solo é uma importante metodologia para auxiliar os gestores públicos no planejamento ambiental. O objetivo deste estudo foi identificar a vulnerabilidade natural à perda de solo, visando fornecer subsídios para o planejamento ambiental do município de Areia, PB. Dessa forma, foram coletados dados referentes às variáveis (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Uso da terra e Clima), para posterior interação dos dados por meio da aplicação de álgebra de mapas, cujos resultados obtidos foram três classes de graus de vulnerabilidades do solo, essas classes foram Baixa, Moderada e Alta. Assim, pode-se observar que 78,7% do município de Areia -PB se encontra dentro da classe moderada de risco, 19,8% na classe baixa e 1,5% do município apresenta alto risco de vulnerabilidade para a perda de solo. Esse resultado pode ter sido em decorrência principalmente aos temas geologia, geomorfologia e uso da terra.

Palavras-chave: Álgebra de mapas, vulnerabilidade, planejamento ambiental.

ABSTRACT

FELIPY RAFAEL MARINHO PEREIRA. **Natural Vulnerability to the Loss of the Soil of the Municipality of Areia - Pb.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2019. Cap. II. 20 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Dr. Leonaldo Alves de Andrade

Natural vulnerability to soil loss is an important tool to assist public service managers. The objective of this study is the natural vulnerability to the loss of the soil, which is the desert subsidies for the environmental conservation for the municipal of Areia, PB. In this way, the data concerning the variables (Geology, Geomorphology, Pedology, Land use and Climate) were distributed, for later interaction of the data through the application of map algebra, whose results were found in three classes of degrees of vulnerability of the soil, these classes were low, moderate and high. Thus, it can be observed that 78.7% of the city of Areia -PB is within the moderate risk class, 19.8% and 1% of the municipality presents a high risk of vulnerability to a loss of soil. This topic originated in previous themes to the topics geology, geomorphology and land use. In addition, it was possible to identify geotechnologies in the analysis of a large amount of information and research results on the areas with the highest risk of soil loss.

Key-words: Map algebra, geoprocessing, vulnerability, environmentalplanning.

1.INTRODUÇÃO

A agropecuária e a exploração florestal juntas são responsáveis por mais de um terço das alterações que ocorrem na superfície terrestre (Rosa, 2009). O aumento dessas atividades, em resposta à crescente população humana globalizada e consumista, tem impactado fortemente os recursos naturais, acarretando sérios problemas. Essa intensa exploração econômica dos recursos naturais pode comprometer o equilíbrio do meio ambiente e dos seres vivos que dele dependem.

O planejamento ambiental surgiu na década de 80, no formato de projeto de orientação das atividades humanas, para que estas não ultrapassem a capacidade de suporte dos ecossistemas (Honda et al., 2015). Segundo Eduardo et al (2017), o planejamento ambiental leva em consideração fatores físico-naturais e socioeconômicos para avaliação das possibilidades de uso do território e de seus recursos naturais. Para manter a integridade do meio ambiente, o ser humano deve enquadrar suas atividades dentro das linhas orientadoras do planejamento, de modo a permitir uma maior preservação e sustentabilidade ambiental, essencial para a manutenção dos ecossistemas que compõem o meio ambiente e, em consequência, da vida humana. Assim, o planejamento torna-se um instrumento da gestão ambiental que visa promover a conscientização dos diversos atores sociais, a fim de incentivar a adoção de práticas de produção compatíveis com a proteção do meio ambiente (Säynäjokiet al., 2014; Santos, 2007).

O planejamento ambiental é constituído por um conjunto de regras que orientam ações e procedimentos para cumprimento da legislação e alocação correta de recursos humanos e financeiros para ordenar as atividades humanas, de forma a minimizar seus impactos e, dessa forma, preservar a integridade do meio ambiente (Eduardo et al.; 2017). Por meio do diagnóstico ambiental é possível identificar as potencialidades e vulnerabilidades, pois permite realizar a elaboração de zoneamentos ambientais e socioeconômicos de forma integradora.

Durante a década de 1990, foram desenvolvidos diferentes instrumentos de pesquisa que permitissem analisar os componentes ambientais e sociais de maneira integradora e servi de base para a elaboração do Zoneamento ecológico econômico (Rovani et al., 2015; Medeiros, 1999). Tais instrumentos ajudam no planejamento estratégico multiescala e na

definição das diretrizes e ações a serem implementadas em diversos níveis e escalas político-administrativas, assegurando maior eficiência nas intervenções a empreender, pois configuram-se como processos dinâmicos, que permitem ser revistos e atualizados (Madeiros, 1999; Carelli e Lopes, 2011).

A metodologia desenvolvida para a geração de carta de vulnerabilidade natural à perda de solo foi criada para subsidiar a elaboração da primeira fase do ZEE (Crepani et al., 2010). Segundo Crepani et al. (2001), essa metodologia foi elaborada a partir do conceito de ecodinâmica de Tricart e do uso integrado de imagens de satélite, pois permitem uma visão holística, sinótica e repetitiva da paisagem. O conceito de ecodinâmica de Tricart leva em consideração a relação entre morfogênese/pedogênese, quando há o domínio de processos erosivos que irão modificar o relevo, gerando modificações na paisagem e, como consequência, a vulnerabilidade natural à erosão nestas regiões será maior. Então pode-se afirmar quem predominou foi a morfogênese (Costa Neto, 2010). De outra forma, quando há o predomínio da pedogênese, a formação do solo é dominante, podendo considerar que a paisagem é estável (Costa Neto, 2010).

A vulnerabilidade natural à perda de solo pode ser compreendida como a incapacidade de uma unidade espacial resistir e de se recuperar-se após sofrer algum distúrbio decorrente das atividades humanas. Desta forma, justifica-se a necessidade de realizar estudos que avaliem a paisagem sob uma visão integrada, que permita priorizar a dinâmica da paisagem e seja possível integrar os aspectos naturais e sociais, que orientem os tomadores de decisão municipais (Rovani et al., 2015).

Diante dessa perspectiva, destaca-se o município de Areia, localizado na mesorregião do Agreste Paraibano, região do Brejo da Paraíba, uma área importante para o desenvolvimento social e ambiental, pois parte da formação florestal do município é que possui uma parte significativa composta de floresta ombrófila aberta com alto grau de endemismo, elevada riqueza e diversidade de espécies. Segundo Barbosa et al., (2004), são enclaves de áreas mais úmidas que as áreas circunvizinhas, devido os efeitos orográficos favorecem o aumento das precipitações e diminuição da temperatura.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi identificar e diagnosticar a vulnerabilidade natural à perda de solo, visando fornecer subsídios para o planejamento ambiental e econômico, em bases sustentáveis para o município de Areia, PB.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização do Município de Areia

O Município de Areia se localiza na Mesorregião do Agreste Paraibano e na Microrregião no Brejo, entre as Latitudes de $6^{\circ} 51' 50,93''$ e $7^{\circ} 02' 03,37''$ Sul e as Longitudes de $35^{\circ} 48' 29,05''$ e $35^{\circ} 34' 16,22''$ a oeste de Greenwich (Figura 1). Situa-se a 122 km da capital, João Pessoa e está implantado sobre a serra da Borborema, apresentando, em algumas partes, relevo escarpado e altitude que ultrapassa os 600 metros. Limita-se geograficamente com os municípios de Alagoa Grande, Alagoa Nova, Alagoinha, Pilões, Esperança, Remígio, Algodão de Jandaira e Arara e ocupa uma área de aproximadamente 269 km² (IBGE, 2015). Encontra-se inserido na bacia hidrográfica do rio Mamanguape, abastecida pelos rios Araçagi e Mamanguape (SUDENE, 1974). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, atualizado por Alvares et al. (2013). Possui clima do tipo As (tropical com chuvas de inverno), com precipitação média anual de aproximadamente 1100 mm e temperatura variável entre 15°C e 30°C (Alvares et al., 2013).



Figura 1 Mapa de localização da área de estudo.

O município possui área total de 269 km² e 23.829 habitantes, destes, 14.725,42 residem na zona urbana e 9.103,57 na zona rural (IBGE, 2015).

2.2. Metodologia de estudo

A metodologia adotada para a realização deste estudo foi desenvolvida pelo INPE com objetivo de auxiliar técnicos dos estados da Amazônia Legal na elaboração do Zoneamento ecológico econômico – ZEE desta região, por meio da criação de mapas de vulnerabilidade natural à perda de solo (Crepani et al., 2001).

Conforme a metodologia foi utilizada uma base cartográfica do município com dados vetoriais disponíveis sobre a geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação da terra, além da geração da intensidade pluviométrica para o município para a definição dos planos de informação temáticos (PI geologia, PI geomorfologia, PI Pedologia, PI Uso e ocupação da terra e PI intensidade pluviométrica). Para cada uma dessas classes de PI mencionados foram atribuídos valores de vulnerabilidade à perda do solo (Crepani et al., 2001), que delimita unidades territoriais básicas (UTBs) da área de estudo com base no cruzamento com imagens de satélite.

Tal metodologia foi proposta para identificar o grau da vulnerabilidade ou a estabilidade do solo em resistir aos processos erosivos, segundo as relações entre morfogênese/pedogênese, pois quando há o domínio de processos erosivos, esses irão modificar o relevo, gerando modificações na paisagem, então se diz que a morfogênese predominou nesse processo. Caso contrário quando há formação do solo, a pedogênese quem prevalece (Costa Neto, 2010)

A vulnerabilidade natural à perda de solo é expressa pela atribuição de valores na escala de 1 a 3 para cada unidade de paisagem, conforme tabela 1.

Tabela 1. Avaliação da estabilidade/vulnerabilidade de acordo com a relação morfogênese/pedogênese.

Unidade	Relação pedogênese / morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e a morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

Essa avaliação da estabilidade ou vulnerabilidade de ocorrer a perda de solo foi aplicado para cada um dos temas (Geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do

solo e Clima) que compõe cada UTB, que por meio da média aritmética dos valores individuais segundo a equação 1, recebe o valor final, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solo:

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5} \quad (1)$$

Sendo,

V = Vulnerabilidade; G = vulnerabilidade para o tema Geologia; R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia; S = vulnerabilidade para o tema Solos; Vg = vulnerabilidade para o tema a Uso da terra; C = vulnerabilidade para o tema o Clima

Tabela 2. Escala de vulnerabilidade à perda de solo.

VALOR DE VULNERABILIDADE			GRAU DE VULNERABILIDADE
↑	3,0		MUITA ALTA
	2,9		
	2,8		
V U L N E R A B I L I D A D E	2,7	E S T A B I L I D A D E	ALTA
	2,6		
	2,5		
	2,4		
	2,3		
	2,2		MODERADA
	2,1		
	2,0		
	1,9		
	1,8		
D A D E	1,7		BAIXA
	1,6		
	1,5		
	1,4		
	1,3		
↓	1,2		MUITO BAIXA
	1,1		
	1,0		

Adaptado de Crepani et al. (2001) e modificado por Silva (2012).

2.2.3 Geologia

O tema geologia tem uma grande importância, pois contribui na definição e na análise da morfodinâmica da paisagem devido ao registro de informações relativas ao grau de coesão

das rochas que a compõem, pois, uma rocha que apresenta baixo grau de coesão irá prevalecer os processos erosivos que alteram o relevo (morfogênese), por outro lado as rochas que apresentam alto grau de coesão haverá o predomínio do intemperismo levando a formação de solo (pedogênese) (CREPANI et al., 2001).

Os dados geológicos do município foram obtidos a partir do banco de dados GEOBANK do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), folhas Solânea (SB-25-Y-A-IV) e Campina Grande (SB-25-Y-C-I), escala 1:100.000.

2.2.4. Geomorfologia

Os valores da escala de vulnerabilidade para a geomorfologia foram analisados os seguintes índices morfométricos do terreno: dissecação do relevo, amplitude altimétrica e declividade (Crepani et al.,2001).

A dissecação do relevo foi inferida pela densidade de drenagem. As informações sobre a densidade de drenagem e amplitude altimétrica máxima, por microbacias do município, foram obtidas conforme os dados de Andrade et al (2018a no prelo), e a declividade foi extraída do a partir dos dados do MDE do satélite ALOS/PALSAR, obtidos no site Alaska satellitefacility - ASF.

2.2.5. Pedologia

O mapeamento dos solos tomou por base: 1) os dados vetorizados do mapa de solos do Estado da Paraíba (PERH-PB, 2006), disponibilizado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), tendo este sido obtido por digitalização do mapa do levantamento exploratório na escala de 1:500.000 (BRASIL, 1972); 2) o levantamento de campo onde foi analisado o solo em alguns pontos aleatórios do município para confirmação e adequação dos vetores das classes de solo.

2.2.6 Uso da terra

O mapeamento do uso e da cobertura da terra foi realizado através da interpretação de imagens do satélite PlanetScope ortorectificadas (produto 3A), com resolução espacial de 3,125 m nas bandas espectrais do vermelho, verde, azul (visível) e infravermelho próximo (IVP), e resolução radiométrica de 12 bits, datadas de 13 de maio de 2017.

As classes de uso da terra utilizadas na pesquisa foram adaptadas conforme dados obtidos de Andrade, LA et al. (2018b no prelo) que realizou a caracterização do uso e cobertura da terra do município de Areia - PB. A escala do mapa elaborado foi de 1:15.000 utilizando-se a projeção cartográfica UTM (Universal Transverso de Mercator) tendo como datum geodésico o SIRGAS 2000.

As alterações na vegetação em decorrência do uso antrópico foram mapeadas com a cobertura da terra recebendo valores de vulnerabilidade acima de 2,0 conforme a metodologia de Silva (2012) conforme a tabela 3.

Tabela 3. Vulnerabilidade de acordo com a classe de vegetação e uso e ocupação da terra

Classe de vegetação e Uso da terra	Grau de Vulnerabilidade
Pastagem	2,0
Solo exposto	3,0
Veg. Porte Arbustivo	1,5
Veg. Porte Floresta	1,0
Água	1,0
Cana-de-açúcar	2,6
Bananeira	2,0
Área construída	1,0
Citrus	2,3
Reflorestamento	1,2
Cultivo de goiaba	2,3

Fonte: Adaptado de Crepaniet al. (2001), modificada por Silva (2012)

2.2.7 Clima

O clima controla o intemperismo diretamente, através da variação da temperatura e da precipitação pluviométrica de uma região, e de forma indireta através do tipo de vegetação que pode cobrir a paisagem (Crepani et al., 2001). Segundo os autores o clima é a principal causa da denudação, pois a ação da chuva age inicialmente sobre a rocha provocando o intemperismo, e mais tarde sobre o solo removendo-o através da erosão.

Os dados pluviométricos diários utilizados neste trabalho foram coletados de 8 estações nas proximidades da área de estudo e obtidos junto a AESA. Os dados de precipitação diária correspondem a um período de 20 anos (entre 1996 – 2017). A tabela 6

mostra os valores de precipitação média anual (P.M.A), intensidade pluviométrica e os valores de vulnerabilidade de acordo com Crepani et al. (2001). Os valores de precipitação média anual e intensidade pluviométrica foram tratados no editor da planilha do Microsoft EXCEL. Para as estações pluviométricas que não tinham “mês” ou “dia” sem coleta foi feita uma média entre os valores coletados em períodos equivalentes para que esse vazio fosse preenchido. Com a planilha calcularam-se os valores médios de precipitação mensal e, posteriormente, a precipitação média anual. O cálculo do valor da intensidade pluviométrica para cada estação foi feito a partir da seguinte equação (equação 2).

$$\text{Intensidade}_{\text{ pluviométrica}} = \frac{PMA}{(ND/30^*)} \quad (2)$$

Sendo:

PMA= Precipitação média anual; ND= número de dias com chuva

*número de dias com chuva é transformado em meses dividindo-se seu total por 30.

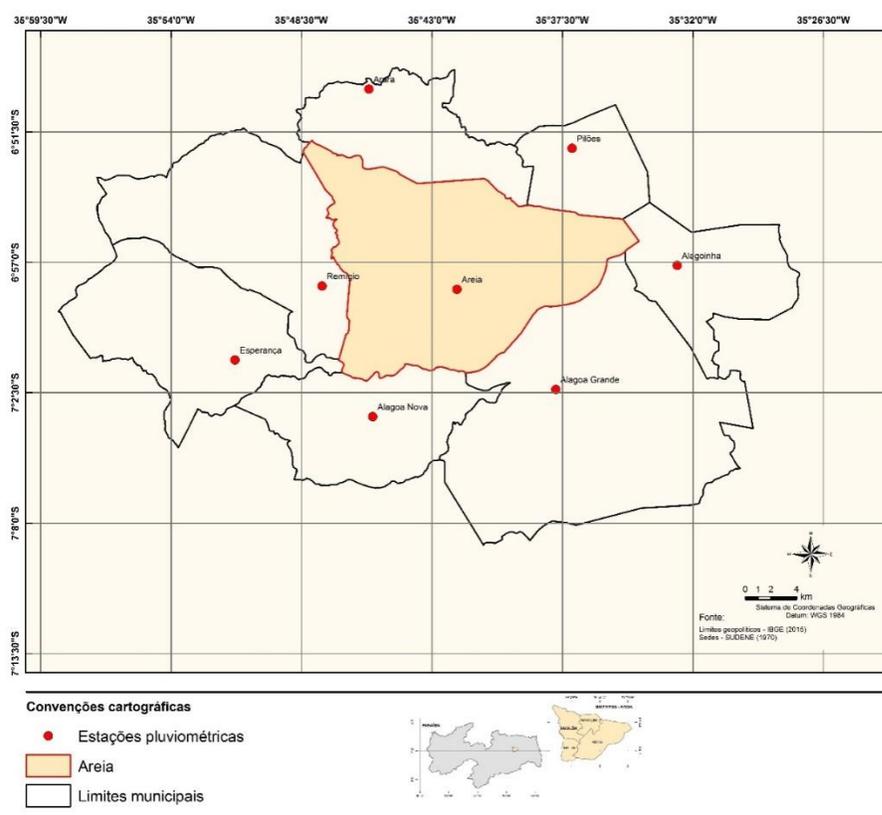


Figura 2 Localização e identificação das estações pluviométricas no entorno do município de Areia - PB.

Foram atribuídas coordenadas geográficas para definir a posição das estações pluviométricas, desta forma foi possível a espacialização dos dados pluviométricos das estações. A cada valor de intensidade pluviométrica foi atribuído um valor de vulnerabilidade à perda de solo (Crepani et al., 2001). Tabela 4, sendo possível, através do uso de interpolador, criar um shapefile de vulnerabilidade de acordo com os valores de intensidade pluviométrica. O interpolador utilizado foi a Ponderação do Inverso das Distâncias (IDW), que é um interpolador exato (Kebloutiet al; 2012). Segundo Keblouti et al. (2012) o uso de interpolador que prevê que os dados sejam iguais aos valores medidos em um local amostrado é considerado como um interpolador exato. Segundo os mesmos autores, adotando diferentes interpoladores com o objetivo de comparar e avaliar os métodos de interpolação espacial da precipitação anual em Annaba-Argélia, chegaram a conclusão que o IDW foi o melhor interpolador para caracterizar a distribuição de chuvas, com erro médio de 6,9% (54,65 mm).

Tabela 4. Valores de precipitação média anual, intensidade pluviométrica e valores de vulnerabilidade à perda de solo, de acordo com Crepaniet al. (2001), calculados para cada estação pluviométrica

Posto de coleta	P.M.A (mm)	NDC (dias)	I.P (mm/mês)	Vulnerabilidade
Alagoa Nova	958,96	105,9	259,57	1,9
Alagoa Grande	921,28	91,25	292,04	2,0
Pilões	1193,11	138,1	264,3	1,9
Alagoinha	1040,55	107,8	281,8	2,0
Arara	598,71	81,2	221,9	1,7
Remígio	893,94	94,3	285,8	2,0
Esperança	712,78	104,2	206,7	1,7
Areia	1352,97	189,1	211,4	1,7

* P.M.A. = Precipitação Média Anual (mm); ** N.D.C. = Número de dias com chuva/30 (mês); *** I.P. = Intensidade Pluviométrica (mm/mês)

Dentro do ambiente SIG foram preestabelecidos valores de vulnerabilidade para cada classe de cada mapa temático. Logo após, procedeu-se por meio da álgebra de mapas, utilizando software ArcGis 10.2, com a interligação dos atributos de cada mapa, e, no final, resultou em um produto que mostra em síntese as áreas do município de Areia-PB mais propensas à ocorrência de perda de solo.

A definição dos valores dos pesos de vulnerabilidade para os temas como foi demonstrado nos procedimentos técnicos seguiu as metodologias de Crepani et al (2001), Costa et al (2006) e Silva JMO (2012), adaptados conforme com a escala de trabalho.

Com os resultados da presente pesquisa pode-se destacar os mapas de geologia, geomorfologia, pedologia, intensidade pluviométrica e uso e ocupação da terra que, a partir dos seus cruzamentos, por meio da álgebra de mapas, foi possível realizar a modelagem dos graus de vulnerabilidade e gerar um mapa síntese da vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Areia-PB. Entretanto, esses foram incorporados em cinco classes distribuídas entre as condições onde havia o predomínio dos processos de pedogênese, passando por condições intermediárias e finalmente para condições onde iriam ocorrer predominantemente os processos de morfogênese (CREPANI et al. 2001)

A tabela a seguir apresenta as classes de vulnerabilidade natural à perda de solos adotadas para a realização deste trabalho.

Tabela 5. Classes e graus de vulnerabilidade

Classes de Vulnerabilidade	Graus de Vulnerabilidade
Muito baixa	1,0-1,3
Baixa	1,4-1,7
Moderada	1,8-2,2
Alta	2,3-2,6
Muito Alta	2,7-3,0

Fonte: Crepaniet al. (2001) adaptado por Silva JMO (2012)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando todo o município de Areia, a vulnerabilidade natural à perda de solo se concentrou com 78,7% como moderada, 19,8% como baixa e 1,5% com vulnerabilidade alta como pode ser observado na tabela 6. Uma das possíveis explicações para a vulnerabilidade se apresentar como moderada e que grande parte do solo se encontra com algum tipo de cobertura vegetal, como pastagem, vegetação de porte florestal e de porte arbórea.

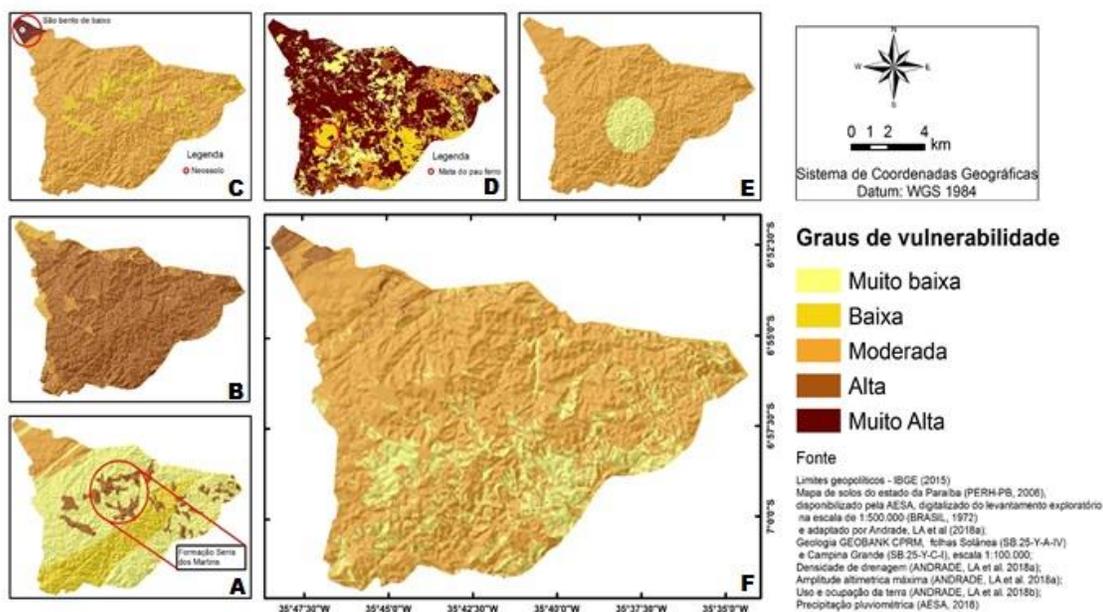


Figura 3 Vulnerabilidade para o tema Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Uso e Ocupação do solo, Intensidade pluviométrica. A: Geologia; B: Geomorfologia; C: Pedologia; D: Uso e ocupação da terra; E: Intensidade pluviométrica; F Mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Areia - PB.

As unidades geológicas principais presentes no Município de Areia é constituído pelo Complexo São Caetano (37,57%), Corpo Plúton Esperança - Puxinanã (21,43%), Suíte intrusiva Metagranitóides Cariris Velhos (19,65%) e pela Formação Serra dos Martins-FSM, distribuído em várias pequenas “ilhas” por toda a parte central do município (10,07%).

Observando a Figura 3A, pode-se notar que a maior parte da área do município de Areia, apresenta grau de vulnerabilidade baixa para o tema geologia, isso pode ser explicado devido ao tipo de unidade geológica Suíte intrusiva Metagranitóides Cariris Velhos, pois o mesmo possui característica é de uma biotita augen ortognaisse, isso pode explicar a motivo da vulnerabilidade ser considerada como baixa. Do total da área do município, 21,9% apresenta grau de vulnerabilidade de muito baixo, 58,6% como baixo, 9,5% como moderado e 10% como alta vulnerabilidade. As áreas com alta vulnerabilidade são as áreas onde se encontra a Formação Serra dos Martins que apresenta menor estabilidade, enquanto geologia, pois é constituído por arenito conglomerado formado por areia silicificada.

Considerando a relação entre os graus de vulnerabilidade atribuídos e a resistência das rochas à denudação e o grau de coesão das partículas com constituintes das mesmas, pode-se afirmar que a suíte intrusiva Metagranitóides Cariris Velhos é menos vulnerável a perda de

solo (índice 1,39), ficando a Formação Serra dos Martins com valor de índice de 2,43, ou seja, mais susceptível a perda de solo.

Observando a Figura 3B, percebe-se que o grau de vulnerabilidade foi alta, apresentando índice de 2,5 para a vulnerabilidade natural à perda de solo para o fator geomorfologia. Do total do município, 0,28% apresentam grau de vulnerabilidade muito baixa, 1,4% como baixa, 13,6% como moderado, 84,4% como alta e 0,28% como muito alta.

Como mais de 80% do município apresenta índices de vulnerabilidade de 2,5 e grau de vulnerabilidade alta quanto a fragilidade a perda de solo, o que é indesejável, pois, ao considerarmos os dados morfométricos utilizados que estão relacionados ao relevo da unidade da paisagem, pode-se concluir que a energia potencial para o escoamento superficial é alta, ou seja, prevalecem os processos morfogênicos (CREPANI, et al., 2001).

A figura 3C pode-se observar a distribuição dos graus de vulnerabilidade atribuídos ao tema pedologia. Em Conformidade as classes de solo de ocorrência no município, o grau de vulnerabilidade apresentou grau de vulnerabilidade baixa para os Latossolos, moderada para a classe dos Argissolos e Planossolos e muito alta para os Neossolos.

A definição dos graus de vulnerabilidade para o tema pedologia, a principal característica considerada pela metodologia é a maturidade dos solos. Essa maturidade é compreendida como o produto direto do balanço entre a morfogênese e a pedogênese indicando nitidamente quando prevaleceram os processos erosivos da morfogênese ou se prevaleceram os processos de pedogênese, dando origem a solos mais desenvolvidos (CREPANI et al., 2001).

Nota-se que o maior índice de vulnerabilidade a perda de solo ocorreu na parte noroeste do município de Areia, na localização da comunidade de São Bento de Baixo, é possível observar a área com grau de vulnerabilidade muito alto, área onde a classe de solos é de Neossolos, pois são solos jovens, mais instáveis, apresentando perfil do solo pouco evoluído, pois ainda estão se desenvolvendo a partir do material de origem depositados ou em lugares com a declividade elevada (Silva, 2012). Ceconi et al (2018), ressalta para a importância da necessidade de realizar um planejamento de uso da terra que leve em consideração a capacidade de uso, pois as maiores produções de sedimentos são provenientes da erosão do solo. Os sistemas de adequados, manutenção da cobertura do solo e o menor revolvimento do solo são exemplos de práticas que permitem a diminuição nas taxas de produção de sedimentos (Miguel et al., 2014).

A manutenção da cobertura vegetal proporciona uma maior proteção do solo aos processos erosivos, pois a interceptação das gotas das chuvas pela copa das árvores impede que o impacto seja direto sobre o solo, desta forma evitando a desagregação das partículas do solo e o escoamento superficial. Segundo Silva (2012), as áreas com cobertura vegetal mais densas são mais estáveis e com menos densidade são mais instáveis.

Na figura 3D apresenta a distribuição dos graus de vulnerabilidade para o tema Cobertura vegetal do município. Pode-se notar que maiores graus de vulnerabilidade conferido às classes de uso da terra, que são consideradas intensas, como pastagem, cultivo de cana-de-açúcar e o cultivo de bananeira. Já os menores graus de vulnerabilidade foram atribuídos para as classes de vegetação de porte florestal e vegetação de porte arbustivo.

É possível observar que nas áreas onde existe a ocorrência de vegetação de porte florestal área da mata do pau ferro, a mesma ofereceu uma maior proteção e apresentou grau de vulnerabilidade baixa. Segundo Andrade et al., (2018b no prelo), Vegetação de Porte Florestal e Arbustivo são as classes mais representativas, depois da Pastagem, com cerca de 16% de cobertura cada uma para o município de Areia. A Vegetação de Porte Florestal encontra-se concentrada no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, próximo à localidade Tapuia, cobrindo praticamente toda a área de captação da Represa de Vaca-Brava. É possível observar na imagem nas áreas onde há ocorrência de Pastagem, Cultivo de banana, Cultivo de Cana-de-açúcar, Cultivo de citrus o grau de vulnerabilidade é muito alta. A pastagem é o uso da terra predominante cobrindo 60% do município de Areia (Andrade et al.,2018b no prelo).

Analisando a figura 3E, uma pequena região central do município de área apresenta grau de vulnerabilidade baixa (9,5%), o restante o município apresentou grau de vulnerabilidade moderado (90,5%), mas que não causa grande preocupação, pois as chuvas são bem distribuídas ao longo do período chuvoso.

Segundo Crepani et al., (2001), as principais características físicas da chuva envolvidas nos processos erosivos são a pluviosidade total, intensidade pluviométrica e distribuição sazonal. A intensidade pluviométrica é que a mesma representa uma relação entre as outras duas características físicas da chuva, resultado que determina, em última análise, a quantidade de energia potencial para transforma-se em energia cinética.

A importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que numa região de elevada pluviosidade anual, mas bem distribuída ao longo do período chuvoso, apresenta um poder erosivo muito menos do que em regiões cuja a precipitação

anual é reduzida, mas apresenta chuvas torrenciais num determinado período do ano, situação responsável pela extensiva denudação das regiões semiáridas (Crepani et al., 2001).

A figura 3 F e na tabela 6 apresenta a vulnerabilidade natural à perda de solos do município de área, após o cruzamento dos graus de vulnerabilidade de todos os temas. A geração do mapa final de vulnerabilidade visa mostrar a intensidade, distribuição e a susceptibilidade dos solos do município a perda de solos através dos processos morfogenético ou pedogenético.

Tabela 6. Distribuição por área e porcentagem dos graus de vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Areia - PB.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²)	%
BAIXA	53,1	19,8
MODERADA	211,0	78,7
ALTA	4,0	1,5

Naquelas áreas onde o solo fica boa parte do ano descoberta e sem nenhum tipo de cobertura como pode ser observado na figura 3 F, a parte noroeste do município apresenta grau de vulnerabilidade alta, pois são áreas agrícolas e que ocorrem com chuvas torrenciais de com solos susceptíveis aos processos erosivos, dessa forma aumentando assim o grau de vulnerabilidade dessas áreas.

Pode-se notar que o grau de vulnerabilidade natural à perda de solo se concentrou na classe moderada, sendo possível observar que os temas uso da terra e pedologia foram os que mais tiveram influência na vulnerabilidade a perda de solo para o município de Areia, resultado esse que vem de encontro com outros estudos que usaram a mesma metodologia (Mello & Valladares.2009; Lopes & Saldanha, 2016; Santos et al., 2018; Ceconi et al., 2018).

Com base dos dados obtidos a partir do mapeamento foi possível verificar quais as áreas mais vulneráveis a perda natural de solo para os fatores ambientais analisados. O uso das geotecnologias permitiu maior rapidez, eficiência, além de permitir a atualização das informações. Essas características das geotecnologias favorece a obtenção de subsídios para o poder executivo municipal, para elaboração de políticas públicas, projetos e programas para o planejamento rural e urbano.

Uma boa base de dados dá condições para a continuidade dos estudos de planejamento ambiental de uso e ocupação da terra, com ordenamento e reordenamento de atividades na zona urbana e rural (Arruda et al., 2007).

Ceconi et al., (2018), afirma que as áreas que apresentam conflito de uso da terra, são as principais fontes potenciais de erosão e contribuição para o assoreamento dos reservatórios e rios. Segundo os autores, devido a esse motivo é necessário que essas áreas necessitam de práticas de conservação do solo e restringir de uso visando a melhoria da qualidade da água. Dessa forma, a recomposição da vegetação nativas, nas Áreas de preservação permanente contribui com a produção qualiquantitativa de água.

3. CONCLUSÕES

O estudo da vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Areia é uma importante metodologia eficiente para o planejamento ambiental, pois permitiu analisar as potencialidades e as limitações do município aos fatores ambientais trabalhados, além de proporcionar o entendimento de que quais fatores ambientais mais corroboram para a degradação ambiental, permitindo delimitar quais as regiões mais propicias e menos propicias a ocupação.

O município de Areia é considerado como uma área de elevado interesse ambiental devido abrigar um dos poucos fragmentos de floresta ombrófila aberta do interior do Nordeste e ter sido considerado com um dos núcleos da reserva da biosfera pela Unesco.

A partir de da elaboração do banco de dados sólido, foi possível analisar as questões ambientais de maneira espacializada e, a partir disso, avaliar, concluir e otimizar procedimentos e ações, que estão muitas vezes internalizados em planos setoriais. Dessa forma, conclui-se que o planejamento ambiental é uma importante ferramenta para auxiliar o gerenciamento dos recursos naturais no âmbito municipal. Sua função primordial é concretizar e subsidiar informações para a criação de uma Política Municipal de Meio Ambiente, que busque garantir qualidade de vida à população em um meio ambiente equilibrado.

4. REFERÊNCIAS

- AESA. Precipitação pluviométrica mensal (mm), Janeiro de 1996 a Dezembro de 2017 para o município de Areia, PB. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.
- ANDRADE, L.A.; MACHADO, C.C.C.; BEIRIGO, R.M.; PEREIRA, F.R.M.; BRANDÃO, V.F. Caracterização Hidrológica e Morfométrica das Microbacias dos Rios Mamanguape e Araçagi Inseridas no Município de Areia-PB. Areia -PB: Universidade Federal da Paraíba, 2018. (Relatório técnico-científico – a No prelo)
- ANDRADE, L.A.; MACHADO, C.C.C.; PEREIRA, F.R.M. Caracterização do Uso e Cobertura da Terra no Município de Areia-PB. Areia -PB: Universidade Federal da Paraíba, 2018. (Relatório técnico-científico -b No prelo)
- ARRUDA, W.C.; DIAS, R.; PEREIRA, E. Análise da Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo do Município de Fátima–TO. *Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto*. v. 13: p. 5083–5089, 2007.
- BARBOSA, M.R.V.; AGRA, M.F.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CUNHA, J.P.; ANDRADE, L.A. Diversidade florística da Mata de Pau Ferro, Areia, Paraíba. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 111-122. (Série Biodiversidade, 9).
- BECKER, B.K.; EGLER, C.A.G. Metodologia detalhada para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal. Brasília: MMA, SAE, 1997.
- CARELLI, L.; LOPES, P.P. Caracterização fisiográfica da Bacia Olhos D'Água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento aplicado à análise ambiental. *Boletim Goiano de Geografia*, 31(2): 43-54, 2011.
- CECONI, D.E.; PICCILLI, D.G.A.; BERNARDI, F.; FENSTERSEIFER, P. Análise de vulnerabilidade visando o planejamento ambiental em bacia de captação para abastecimento público. *Revista Ambiente & Sociedade*, Vol. 21, 2018.
- COSTA NETO, J.F. Elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao zoneamento ambiental em bacias hidrográficas com o uso de geoprocessamento. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v.1, n.1: 52-60, 2010.
- CPRM-RE. Geologia e recursos minerais da Folha Campina Grande SB.25-Y-C-I - estados da Paraíba e Pernambuco. Recife: CPRM, 2015, 80p.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE, 2001.

DIAS, R.R.; MATTOS, J.T. Zoneamento ecológico-econômico no Tocantins: Comparação de resultados usando um mesmo método em diferentes datas. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.61, n.4, 2009;

EDUARDO, A.S.; MALDONADO, A.D.R.M.; RIBEIRO, J.S. Valoração econômica ambiental como instrumento do planejamento ambiental. *Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)* 2017; 1(1). Disponível em: <<http://seer.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/4289>>. Acesso em: 18 Jan. 2019.

HONDA, S.C.A.L.; VIEIRA, M.C.; ALBANO, M.P.; MARIA, Y.R. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). *Revista Brasileira Gestão Urbana* [online]; 7(1): 62-73, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha Municipal Digital 2015. IBGE, 2015. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso em: 10 março. 2018.

KEBLOUTI, M.; OUERDACHI, L.; BOUTAGHANE, H. Spatial Interpolation of Annual Precipitation in Annaba, Algeria – Comparison and Evaluation of Methods. *Energy Procedia*, n.18, n.1: 468-475, 2012.

LOPES, M.S.; SALDANHA, D.L. Análise de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao planejamento ambiental do oeste da bacia hidrográfica do Camaquã- RS. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.68, n.9: 1689-1708, 2016.

MEDEIROS, J.S. Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo; 1999.

MELLO, P.; VALLADARES, G.S. Mapeamento da vulnerabilidade natural à perda de solos no Pólo da Transamazônica no Estado do Pará. *Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto*: p. 4069-4076, 2009.

MORAGAS, W.M. Análise dos Sistemas Ambientais do Alto Rio Claro – Sudoeste de Goiás: Contribuição ao Planejamento e Gestão. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP; 2005.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. v.1. 210p.

ROVANI, F.F.M.; CASSOL, R.; WOLLMANN, C.A.; SIMIONI, J.P.D. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Barão de Cotegipe, RS. *Revista do Departamento de Geografia – USP*: v.29: 262-278, 2015.

SANTOS, V.S. Análise ambiental integrada do componente solo como subsídio para avaliação da sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara - Mato Grosso - Brasil. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos; 2007.

SANTOS, A.M.; SCHOTT, E.F.C.S.; SOARES, D.O. Vulnerabilidade natural à perda de solos na Flona bom futuro e seu entorno próximos, Estado de Rondônia. Revista Geonorte, v.9, n.32: p.24-44, 2018.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; DOS ANJOS, L.H.C.; DE OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; DE ALMEIDA, J.A.; FILHO, J.C.A.; DE OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SAYNAJOKI, E.; HEINONEN, J.; JUNNILA, S. The Power of Urban Planning on Environmental Sustainability: A Focus Group Study in Finland. Sustainability; v.6: 6622–6643, 2014.

SILVA, J.M.O. Análise integrada na bacia hidrográfica do Rio Pirangi-ce: subsídios para o planejamento ambiental. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará; 271, 2012.

SUDENE, Superintendência de desenvolvimento do Nordeste. Folha Santa Rita SB. 25-Y-C-III-1-SO. Recife, 1974. Carta Topográfica. Escala 1: 100.000.