

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DE ASSOREAMENTO E EROSÃO FLUVIAL EM RESERVATÓRIOS: ESTUDO DE CASO DOS RESERVATÓRIOS GRAMAME-MAMUABA – PB

GEOPROCESSMENT APPLIED TO THE ANALYSIS OF LANDING AND FLUVIAL EROSION IN RESERVOIRS: CASE STUDY OF RESERVATORY GRAMAME - MAMUABA - PB

Silvânia Henrique Araújo¹, Max Furrier¹, Gabriel Da Nóbrega Monteiro¹

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil

Correspondência para: Silvânia Henrique Araújo (silvania1995@gmail.com)

doi: 10.12957/geouerj.2016.22180

Recebido em: 25 mar. 2016 | Aceito em: 2 ago. 2016



RESUMO

A utilização de imagens de satélite para planejamento e gerenciamento de atividades antrópicas está sendo cada vez mais difundida entre as diversas áreas de pesquisa ao redor do mundo. As obras de engenharia de grandes impactos ambientais são as principais áreas de estudo que aplicam as técnicas de sensoriamento remoto. Além da obtenção de mapas, imagens e dados faz-se necessário a interpretação destas informações para análise da área a ser estudada. Neste sentido, este artigo tem como objetivo apontar e entender as principais consequências geomorfológicas resultantes da construção e funcionamento da barragem Gramame-Mamuaba no município do Conde-PB. Observou-se que as imagens de satélite e as cartas temáticas, geradas a partir da folha Conde 1:25.000, são ferramentas imprescindíveis para a caracterização e análise da área de estudo, pois forneceram dados qualitativos e quantitativos essenciais para esta análise.

Palavras-chave: Imagens orbitais; Obra de engenharia; Geomorfologia antropogênica; Cartas temáticas; João Pessoa.

ABSTRACT

Satellite images are being more used in many areas of study to plan and manage human activities all over the world. are the main objects of study remote sensing techniques are more applied in engineering construction that caused significant impacts. The interpretation of images, maps and information is necessary to analyze the study area. Given this context, the aim of this work is point and understand the main geomorphologic consequences resultant of the construction and operation of Gramame-Mamuaba dam in Conde-PB. Observations indicated that satellite images and thematic leaves, generated from Conde leaf 1:25.000, are important apparatus to characterize and analyze the area of research, because they provide qualitative and quantitative details needed for this analysis.

Keywords: Orbital images; Engineering construction; Anthropogenic geomorphology; Thematic maps; João Pessoa..

INTRODUÇÃO

Sendo a água um dos elementos mais importantes para a sobrevivência humana, é imprescindível assegurar seu estoque, e assim, garantir qualidade de vida para a população. A etimologia da palavra barragem explica que essa palavra de origem latina e francesa significa “travessa, tranca de porta”. As barragens são obras da engenharia com um longo histórico; segundo o Comitê Brasileiro de

Barragens (CBDB, 2016), têm-se registros arqueológicos de que essas barreiras artificiais eram construídas há mais de cinco mil anos, inicialmente responsáveis pelo abastecimento de água. Atualmente, as barragens são construídas com a finalidade de múltiplos usos, garantindo a regularização de vazões ou perenização de cursos d'água intermitentes (ARAÚJO, 2014, p.9).

As construções de barragens em determinados trechos de rios proporcionam o armazenamento de água para irrigação, navegação, abastecimento de água, recreação e geração de energia elétrica. Entretanto, esses reservatórios também causam desequilíbrio no curso do rio, levando a uma série de notáveis danos ambientais, em alguns casos, irreparáveis.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014, p. 12), o Brasil possui 14.966 barragens cadastradas. Em decorrência das intervenções humanas, é seguro dizer que todos os rios onde estão localizadas estas barragens apresentam impactos, não somente na área de inundação do reservatório, mas como também à montante e à jusante; vale ressaltar que como os sistemas terrestres são abertos e dinâmicos, as mudanças que ocorrem no rio afetam os ecossistemas de água doce e, também, suas imediações. (MERRITS et al. 2014, p. 6).

Os rios podem ter suas formas alteradas normalmente, em decorrência da erosão que ocorre em suas margens. As barragens e as mudanças que ocorrem provenientes de sua construção aceleram esse efeito. O resultado do aumento da erosão fluvial pode ser mais notado à jusante da barragem em razão das descargas resultantes da operação da mesma (COELHO, 2008, p.32).

Essas modificações, no curso natural de um rio, também provocam alterações na geomorfologia da área, que, por sua vez, torna-se cada vez mais diferente da forma original – antes da barragem. Essas novas formações geomorfológicas impostas pelas atividades humanas resultam em uma série de impactos que influenciam os processos naturais do meio, como alterações na biota, microclima etc. A descrição destes eventos é objeto de estudo da geomorfologia antropogênica, principalmente no que tange a formação de um lago artificial, como a própria estrutura da barragem (SZABÓ, 2010, p. 5).

Assim, nessa perspectiva, torna-se imprescindível investigar as mudanças que ocorrem na geomorfologia fluvial de um rio impactado por uma barragem, utilizando meios tecnológicos para o tratamento das informações geográficas com bases matemáticas e computacionais, ou seja, utilizando técnicas de geoprocessamento. Essa disciplina do conhecimento está sendo cada vez mais utilizada para estudos cartográficos em diferentes áreas de aplicação.

Utilizando técnicas de geoprocessamento, este artigo tem como objetivo entender e situar os processos de erosão e assoreamento que ocorrem nos reservatórios Gramame e Mamuaba, localizados no município do Conde-PB, que formam o principal sistema para o abastecimento de água de toda a região metropolitana de João Pessoa.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A carta topográfica do Conde 1:25.000 (SUDENE, 1972) abrange a área entre as longitudes 35°00'00" e 34° 52'30" W e latitudes 7° 15'00" e 7° 22'30" S, ao sul do estado da Paraíba, na mesorregião Mata Paraibana e microrregião Litoral Sul. A bacia hidrográfica do rio Gramame tem como rio principal o rio homônimo e um de seus principais afluentes encontra-se à margem esquerda, que é o rio Mamuaba. Grande parte desta bacia hidrográfica está localizada na carta Conde (Figura 1).

A barragem Gramame-Mamuaba, construída dezoito anos após a elaboração da carta Conde, situa-se no médio curso do rio Gramame e baixo curso do Mamuaba em uma região úmida, com chuvas abundantes e médias anuais por volta de 1.800 mm (AESAs, 2004) (Figura 2). A barragem está sob a responsabilidade da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e tem capacidade máxima de 56.937.000 m³ de água. Além disso, é responsável por mais da metade do sistema de abastecimento de água da chamada Grande João Pessoa, que abrange além de João Pessoa, mais cinco municípios.

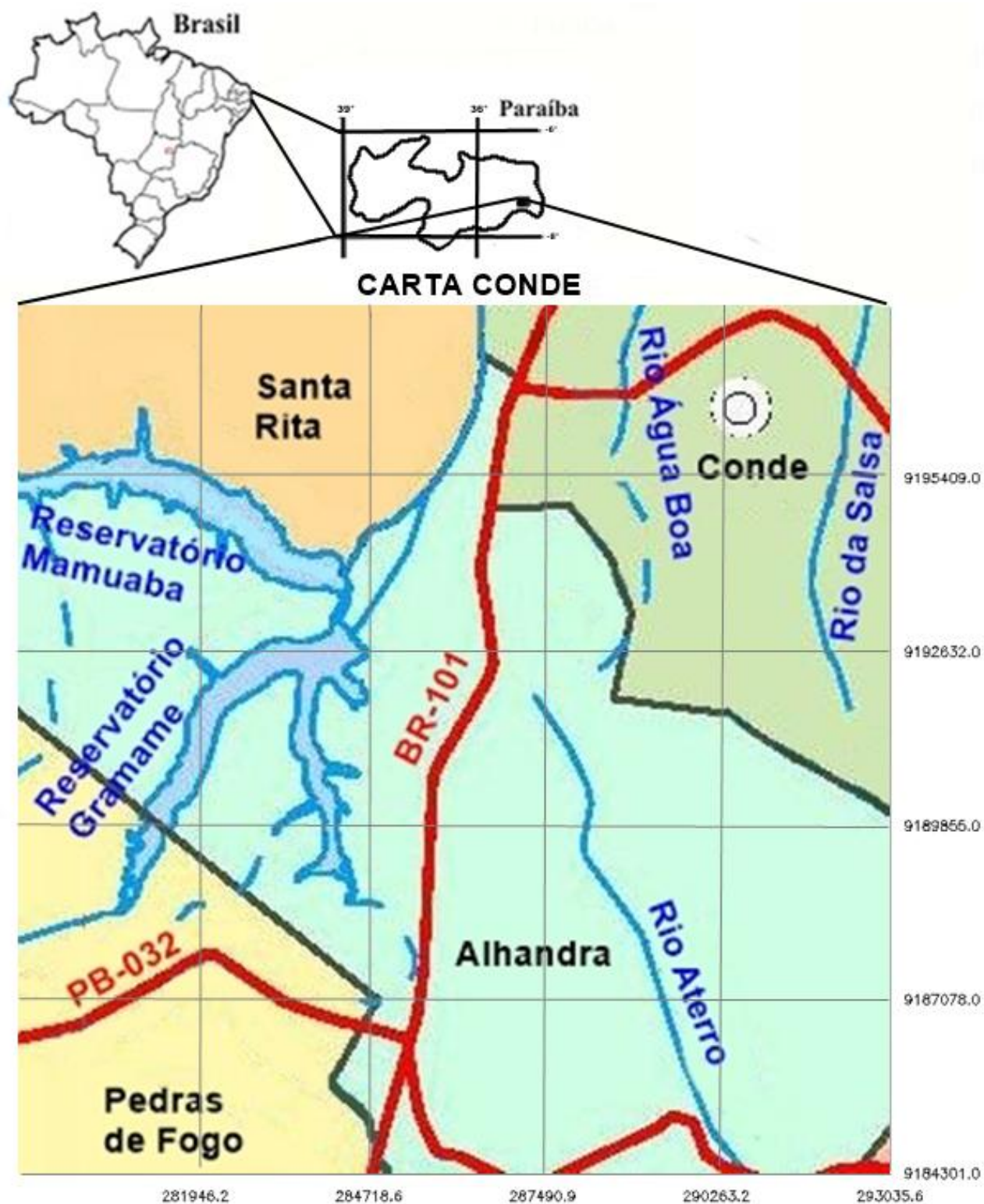


Figura 1. Localização da área de estudo (Adaptado de IBGE, 2015).

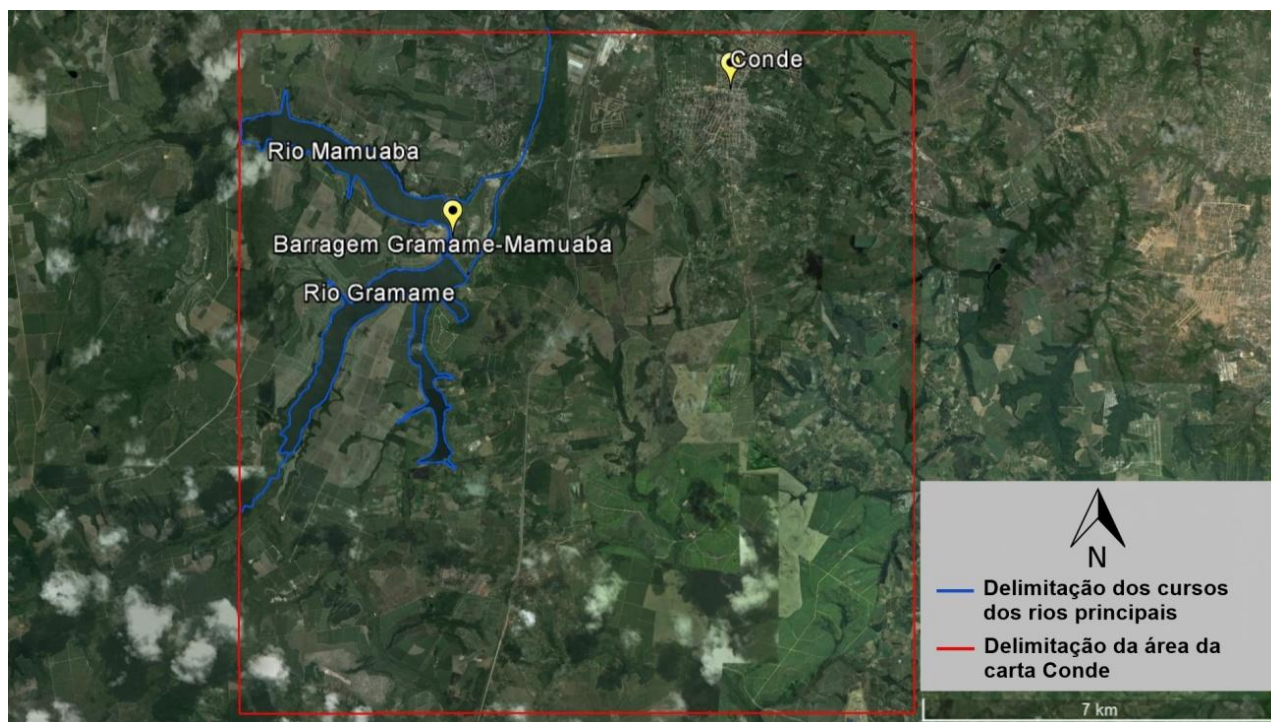


Figura 2. Imagem de satélite do software Google Earth PRO de 31/03/2015 com a delimitação da carta Conde e destaque para os rios Gramame e Mamuaba.

A geomorfologia da área caracteriza-se por tabuleiros costeiros, esculpidos sobre a Formação Barreiras, nos quais, o transporte e deposição de sedimentos, por meio da influência fluvial, é o principal responsável pelos processos erosivos (PEREIRA, et al. 2012, p. 391). A bacia hidrográfica do rio Gramame, inclusive a área do reservatório, situa-se no domínio dos Baixos Planaltos Costeiros, que são sustentados pela Formação Barreiras (MANOEL NETO, 2014, p. 81). A Formação Barreiras, datada do Mioceno, é composta por uma sequência de sedimentos detríticos, siliciclásticos, mal consolidados e mal selecionados (NUNES, 2011, p. 15), de constituição areno-argilosa e de granulação predominantemente fina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para apoio teórico foram utilizados alguns artigos e dissertações relacionados às pesquisas hidrogeomorfológicas, ainda não muito aplicadas no Nordeste do Brasil. Também foram utilizados dados de agências governamentais como a AESA, Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

(CAGEPA) e ANA e não governamentais, Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) e Comitê Internacional de Grandes Barragens (ICOLD) para entender a situação das barragens em nível mundial e nacional. Para estudo da área foi utilizada a carta topográfica Conde 1:25.000 (SB.25-Y-III-3-NO) elaborada pela SUDENE (1972) através de aerotriangulação com apoio de equipe em terra realizados em 1970. A carta topográfica Conde 1:25.00 possui equidistância das curvas de nível de 10 m, o que confere uma excelente precisão, superando os modelos gerados através do SRTM com resolução de 30 m. A carta abrange toda a área dos reservatórios e alguns quilômetros do rio Gramame em seu curso normal. No ano em que esta carta foi produzida a barragem ainda não estava construída, assim, pode-se observar o encontro natural dos rios Gramame e Mamuaba e a planície fluvial que foi inundada pelas águas represadas por esta barragem. Para observar os reservatórios formados em seu estado atual foram utilizadas imagens de satélite do software Google Earth PRO.

De acordo com Viana (2003, p. 72), a complexidade do tema das barragens não se restringe apenas aos seus “múltiplos benefícios”. Outra questão relacionada a esses empreendimentos diz respeito a sua dimensão. Considerando isso, para melhor compreensão da área de estudo, a metodologia utilizada foi a digitalização total da carta Conde e, em seguida, sua vetorização manual no software Spring 5.3. Tal processo exigiu bastante tempo de uso e atenção do operador, mas ao mesmo tempo, forneceu informações detalhadas das curvas de nível da área inundada. Foram gerados os produtos vetoriais que guardam as informações espaciais da carta, gerando o Modelo Numérico do Terreno (MNT) e possibilitando a obtenção de cartas temáticas que mais adequadamente caracterizam a área.

Foram elaboradas as cartas hipsométrica e clinográfica, além de um modelo digital em 3D do terreno, os quais foram utilizados para analisar a altitude e declividade do relevo da área de inundação da barragem, além de fornecer um panorama geral da morfologia das áreas adjacentes.

Na elaboração da carta de hipsometria foi possível classificar os intervalos de altimetria com o intuito de uma melhor visualização das redes de drenagem dos rios Mamuaba e Gramame e suas respectivas

planícies de inundação. Dessa forma, consideraram-se classes de 0 a 10 m, 10 a 20 m e, a partir desta, classes com intervalos de 20 m até a última classe de 160 m.

Após a elaboração da carta hipsométrica foi confeccionada a carta clinográfica. Um ponto importante para a elaboração desta carta foi à escolha das classes de declividade. Para estudos geomorfológicos se faz necessário conhecer as áreas pouco ou muito dissecadas e agradacionais a fim de identificar suas suscetibilidades à erosão ou ao assoreamento. As classes adotadas neste trabalho foram estabelecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006, p. 242) e foram delimitadas e especificadas da seguinte forma:

- Plano – superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos com declividade variáveis $\leq 3\%$.
- Suave ondulado – Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 m a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis $> 3\%$ a $\leq 8\%$.
- Ondulado – Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis $> 8\%$ a $\leq 20\%$.
- Forte ondulado – Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de $> 20\%$ a $\leq 45\%$.
- Montanhoso – Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de $> 45\%$ a $\leq 75\%$.
- Escarpado – áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escapamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

A construção de barragens rompe com a sequência natural dos rios em pelo menos três setores distintos: (1) montante do reservatório/barragem; (2) no reservatório e periferia; (3) a jusante do reservatório/barragem (COELHO, 2008, p.30). Neste trabalho foram considerados dois dos mais

evidentes impactos em rios causados por barragens: o assoreamento no reservatório e periferia e a erosão das margens a montante da barragem.

As classes de declividade são de fundamental importância no planejamento prévio de uma obra de engenharia assim como no seu monitoramento futuro, pois declividades elevadas, principalmente desenvolvidas sobre rochas brandas e mal consolidadas da Formação Barreiras são propícias a uma erosão acelerada, principalmente quando há uma utilização agrícola intensa.

O papel dos centros urbanos na rede de localidades centrais de Nova Friburgo

As feições de um rio são constantemente alteradas ao longo do tempo devido aos processos geológicos e geomorfológicos atuantes no sistema. As ações antrópicas têm a capacidade de mudar a morfologia fluvial mais rapidamente, acarretando em uma série de distúrbios, os quais a natureza nem sempre é capaz de reverter.

A barragem Gramame-Mamuaba é considerada um complexo por Araújo (2014, p.52), que descreve este barramento como a união de duas barragens de terra, sendo uma no rio Gramame, e outra no rio Mamuaba, e interligadas por um canal, cuja finalidade é manter o nível da água do Gramame estável através da sangria do Mamuaba para dentro deste. Como se pode observar na imagem de satélite (Figura 2), a estrutura desta barragem, ou complexo, foi construída para permitir, assim, a formação de dois reservatórios, tendo como principal intento garantir níveis mínimos de vazão para as estruturas de captação instaladas.

A localização do complexo Gramame-Mamuaba a oeste da carta Conde dá-se em razão da morfologia da área (Figura 3). A barragem Gramame tem altura de 23,0 m, comprimento de 790,0 m e área de inundação de 4,5 km², enquanto, a barragem Mamuaba apresenta altura de 26,0 m e comprimento de 815,0 m com área inundada de 4,86 km². Portanto, essas dimensões foram as possíveis, dentro do aspecto geomorfológico e hidrográfico da área, pois o relevo geral é constituído por altitudes modestas

de até 80 m, e as vazões dos dois rios monitorados pela AESA insuficientes para um reservatório maior.

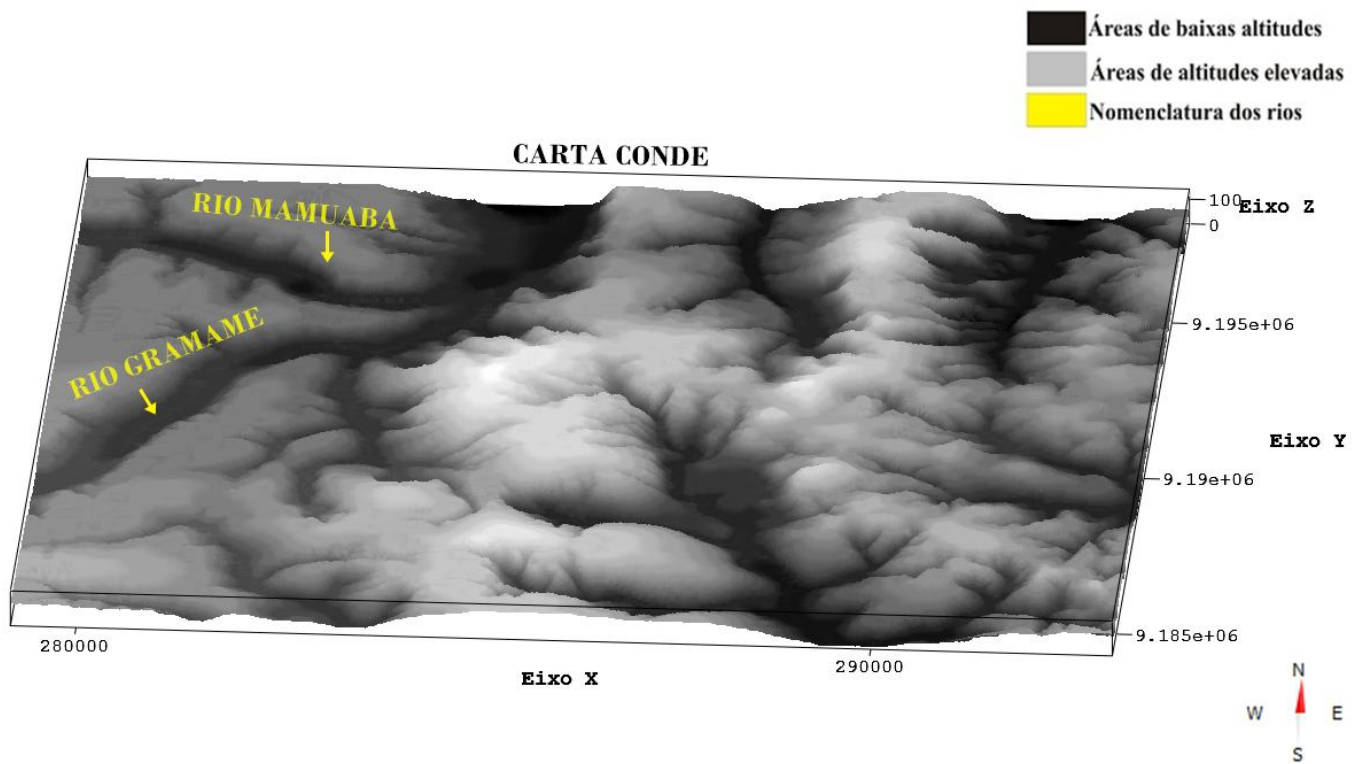


Figura 3. Visualização 3D da carta topográfica Conde 1:25.000. com destaque para os rios Gramame e Mamuaba

Com a obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE) da carta Conde, pôde-se gerar com o software Spring 5.3, as cartas hipsométrica e de declividade do terreno (Figura 4 e Figura 5). A declividade de um terreno é um fator influente no escoamento superficial em um corpo d'água, ou seja, quanto maior a declividade, mais rápido e mais volumoso será o escoamento superficial. Entretanto, a bacia hidrográfica do rio Gramame presente na carta Conde apresenta predominância de baixas declividades, e os reservatórios em estudo se encontram localizados no setor onde são visualizados os tabuleiros mais amplos presentes na respectiva carta. Essa morfologia de tabuleiros amplos e de baixas declividades favorece a infiltração, desfavorecendo o escoamento superficial, mas tal morfologia não implica dizer que não há escoamento superficial e consequentemente, processos erosivos.

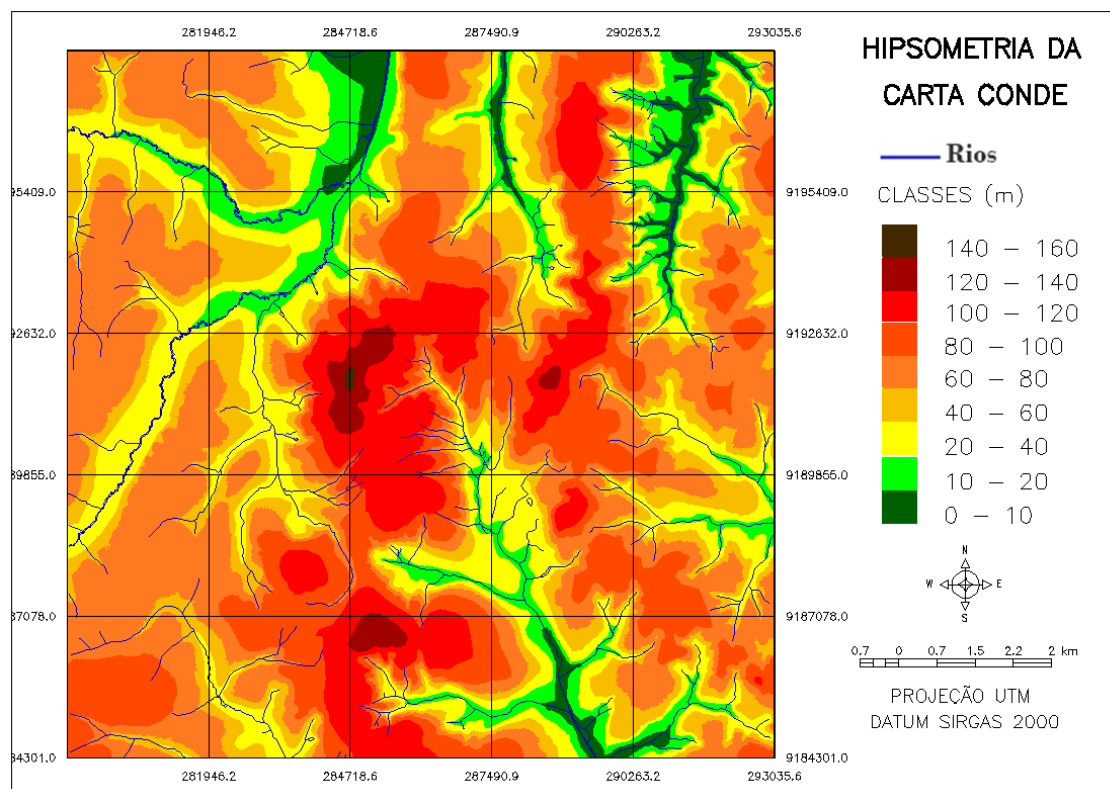


Figura 4. Carta hipsométrica da carta Conde.

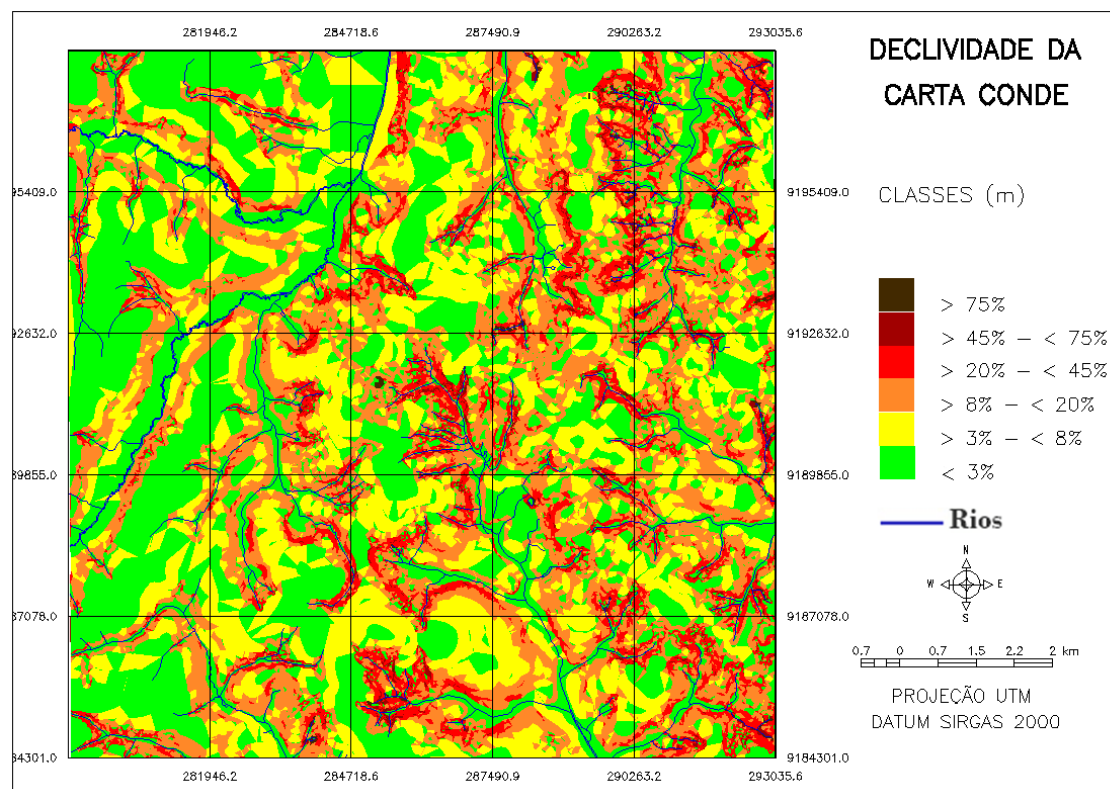


Figura 5. Carta de declividade da área de estudo e adjacências com classes definidas segundo EMBRAPA, 2006.

Analisando as cartas de declividade e hipsométrica pode-se verificar que o local onde o complexo Gramame-Mamuaba foi construído caracteriza-se por tabuleiros com altitudes entre 60 a 80 m e o relevo apresentando os mais amplos tabuleiros da área. É visível a elevada dissecação com vertentes atingindo intervalos de 45 a 75%, e entalhamento dos rios Gramame e Mamuaba nos tabuleiros, dessa forma, o complexo atende ao princípio de que as barragens devem ocupar o menor espaço, quanto ao seu corpo e acumular o maior volume possível em água (COSTA, 2001, p. 3).

As duas barragens são classificadas como barragens de terra e necessitam de grandes extensões de crista (parte mais superior de uma barragem), ao mesmo tempo em que a área dispõe abundantemente de material (SOUZA, 2013, p. 9). Por não serem estruturas rígidas, como as barragens de concreto, estas permitem serem dispostas em fundações mais deformáveis como é o caso da Formação Barreiras. O assoreamento do reservatório é uma realidade e isto ocorre devido à redução na velocidade das águas e a consequente deposição de sedimentos trazidos pelo rio e pela erosão de lençol promovida pela cultura de cana-de-açúcar que domina o perímetro do reservatório. Taxas de perda de solo devido ao cultivo de cana-de-açúcar podem variar para cada tipo de solo e relevo, mas no geral, apresentam sempre elevadas perdas como as encontradas por Bertoni e Lombardi Neto (1990, p.55) com valores ao redor de 14 ton/ha/ano. Além disso, a praticamente ausência de mata ciliar contribui para acelerar os processos erosivos e o consequente assoreamento dos reservatórios (Figura 6 e Figura 7).

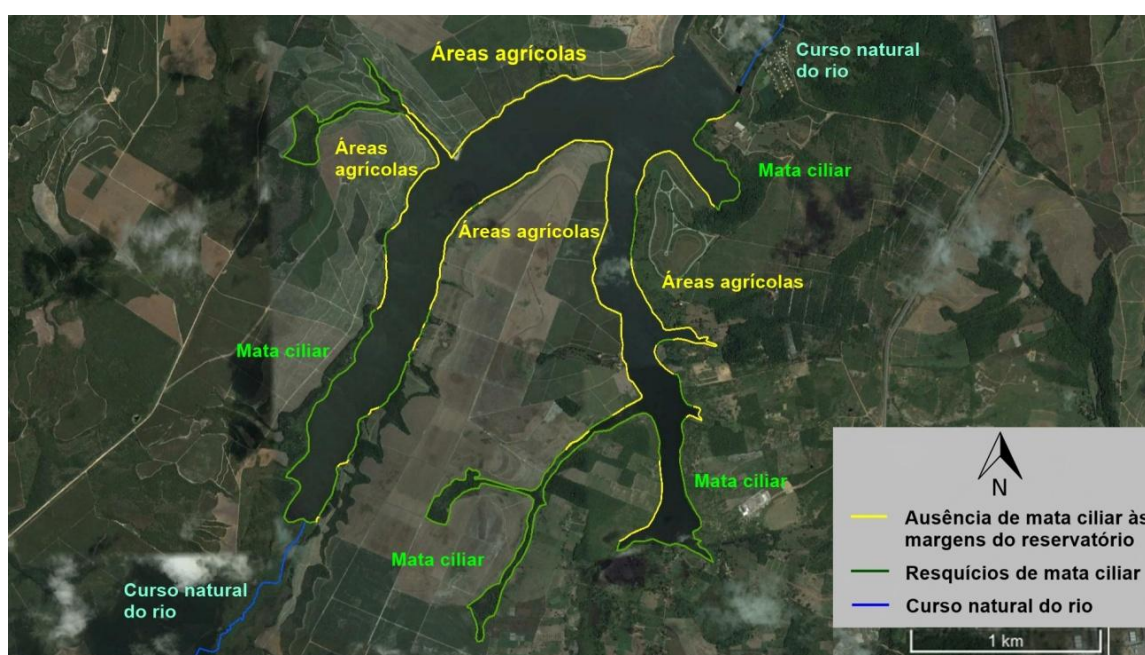


Figura 6. Área do reservatório do rio Gramame com destaque para as áreas que apresentam resquícios de mata ciliar e área agrícolas. Imagem extraída do Google Earth PRO datada de 31/03/2015.

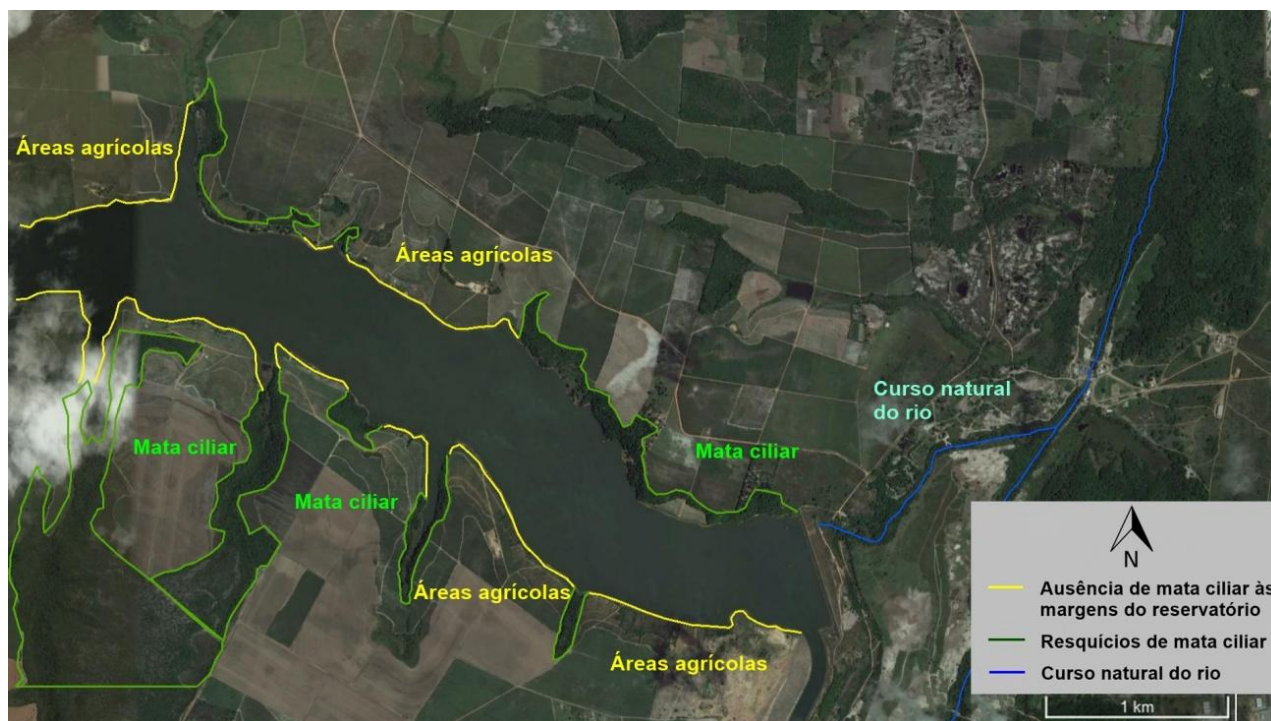


Figura 7. Área do reservatório do rio Mamuaba com destaque para as áreas que apresentam resquícios de mata ciliar e áreas agrícolas. Imagem extraída do Google Earth PRO datada de 31/03/2015.

Nota-se que a região entre os reservatórios mostrada nas Figuras 6 e Figura 7 está em total exposição à erosão do solo pelo intenso cultivo de cana-de-açúcar, podendo acelerar o assoreamento dos reservatórios; salvo áreas diminutas destacadas, onde se encontram pequenas incidências de mata ciliar nativa.

O cultivo de cana-de-açúcar sobre a Formação Barreiras somente é possível graças à intensa adubação artificial, pois os solos desenvolvidos sobre essa litologia são variados, porém sempre muito pobres ou desprovidos de elementos vitais ao desenvolvimento agrícola. Portanto, além do assoreamento ocasionado pela grande perda de solo anual, há também uma intensa lixiviação da adubação empregada no cultivo da cana-de-açúcar, o que pode prejudicar, de maneira conspícua, a qualidade da água.

Após o georreferenciamento da carta topográfica Conde no software Spring 5.3 e sua importação para o Google Earth PRO, pôde-se observar que as práticas agrícolas nessa região datam de um período anterior à elaboração da carta Conde, em 1972 (Figura 8 e Figura 9). Dessa forma, pode-se concluir que não houve um manejo do solo adequado bem como a proteção das áreas de Mata Atlântica e/ou ciliar indispensáveis à proteção contra a erosão do solo nas adjacências dos reservatórios. Constatase, claramente, nas imagens apresentadas, que o principal sistema de captação de água para abastecimento público da região metropolitana de João Pessoa está desprovido de exigências ambientais mínimas, como a preservação e/ou reflorestamento de suas margens, bem como a retirada ou o devido afastamento de uma cultura muito agressiva em termos de erosão e adubação artificial, como é o caso do cultivo de cana-de-açúcar.

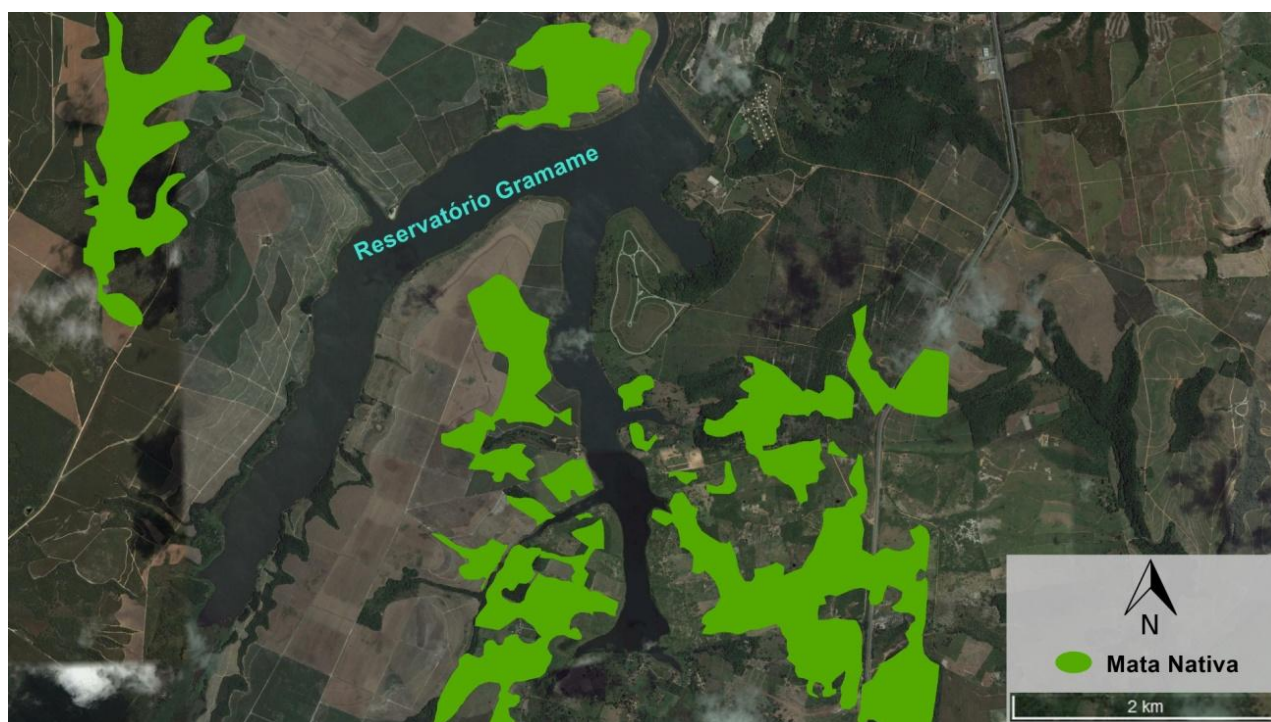


Figura 8. Área do reservatório Gramame no ano de 1972 com destaque para áreas de mata nativa. Imagem de satélite datada de 31/03/2015.

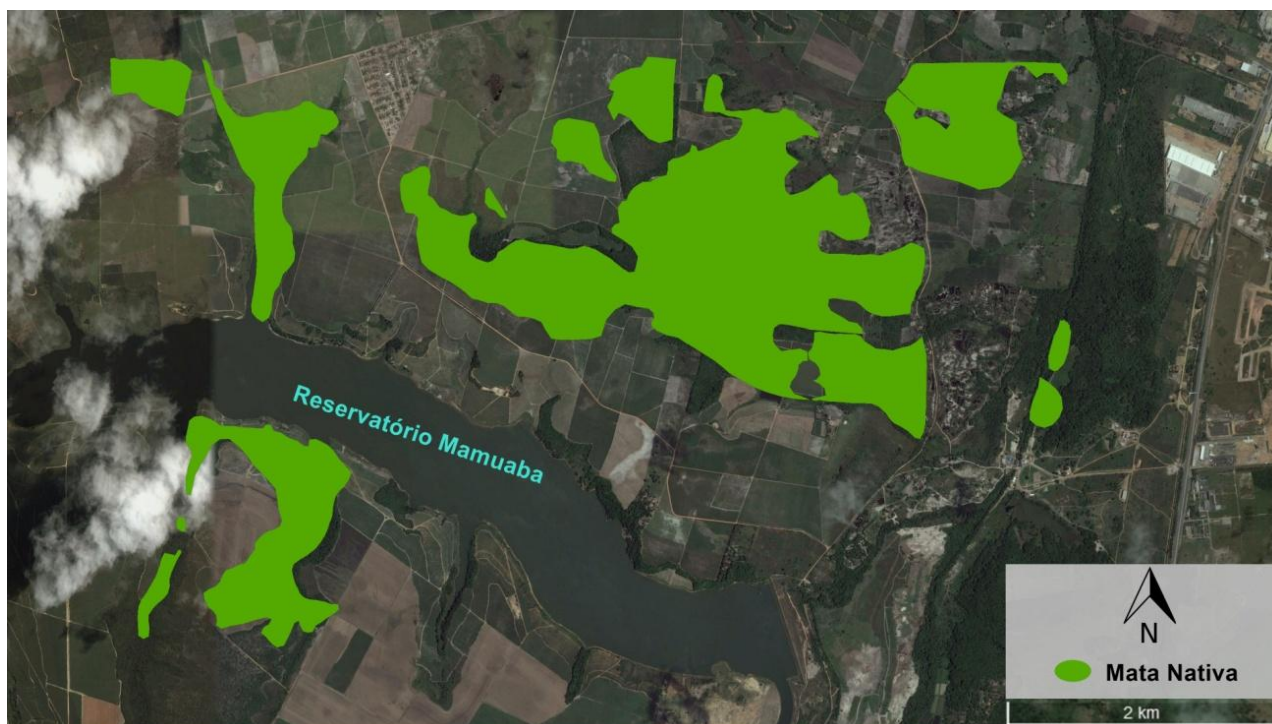


Figura 9. Área do reservatório Mamuaba no ano de 1972 com destaque para áreas de mata nativa. Imagem de satélite datada de 31/03/2015.



Figura 10. Área do reservatório Gramame no ano de 2015 com destaque para áreas de mata nativa. Imagem de satélite datada de 31/03/2015.



Figura 11. Área do reservatório Mamuaba no ano de 2015 com destaque para áreas de mata nativa. Imagem de satélite datada de 31/03/2015.

A partir de uma análise temporal entre a carta da SUDENE de 1972 e a imagem de satélite do Google Earth PRO, nota-se que as matas nativas presentes nos anos de 1970 nas áreas dos reservatórios foram diminuídas em razão da exploração agrícola na região. Em 1972, a área do reservatório Mamuaba apresentava 5,19 km² de mata nativa enquanto que em 2015, 4,91 km². A diferença entre os dados apresentados não é tão expressiva quanto era esperado, isso se deve ao fato de que em 1972 a área do reservatório já era explorada e desde daquele ano 0,28 km² de mata nativa foram devastados. Embora a diminuição da área de mata nativa tenha sido mínima, cabe ressaltar que não houve uma preocupação em impedir ou redirecionar o cultivo da cana-de-açúcar ao redor de uma área exclusiva para a captação de água para o abastecimento público.

Com relação à área do reservatório Gramame, nota-se um claro aumento nas áreas agrícolas devido ao desflorestamento das matas nativas, que em 1972 ocupava uma área de 7,22 km² e na década atual apresenta 5,3 km², configurando uma diferença de 1,99 km². Nas adjacências deste reservatório também há um predomínio do cultivo da cana-de-açúcar.

Ao acelerar o processo de erosão das margens dos rios, a agricultura influencia diretamente no assoreamento do reservatório e na qualidade da água devido ao aumento de partículas finas que permanecem em suspensão. A presença de mata ciliar ou um reflorestamento poderia de uma maneira simples, minimizar o assoreamento dos reservatórios e a erosão em suas margens, diminuindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, minimizando a erosão laminar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imagens de satélite e os produtos cartográficos obtidos através da vetorização da carta topográfica Conde 1:25.000 possibilitou caracterizar as particularidades geomorfológicas da área assim como as principais intervenções humanas e suas ações sobre relevo.

A vida útil de uma barragem, assim como a qualidade da água da mesma, podem ser otimizados com levantamentos de dados físicos e ambientais, assim como um mapeamento temático como o que foi produzido neste trabalho. A erosão e o assoreamento são conseqüências inevitáveis na construção de reservatórios, pois muda de maneira drástica todo o aspecto físico e ambiental prévios, entretanto, algumas atividades antrópicas, podem corroborar para minimizar esse impacto ou acelerá-lo.

Embora pareça óbvio que uma cultura altamente impactante e aceleradora de processos erosivos como é a cultura de cana-de-açúcar, deva ser cultivada longe de reservatórios, principalmente àqueles que se destinam única e exclusivamente ao abastecimento público, não é o que foi constatado na área. Há um total predomínio desta cultura nos perímetros dos dois reservatórios em total detrimento à mata ciliar.

Além disso, cabe ressaltar que os resultados aqui apresentados mostram uma realidade que deve ser sistematicamente monitorada e difundida à comunidade não-científica, pois os dados demonstram que houve um avanço na cultura de cana-de-açúcar e que não havendo uma intervenção por parte dos órgãos públicos, o fornecimento de água à região metropolitana de João Pessoa poderá, num futuro próximo, ser comprometida.

Também se pode notar que as intervenções humanas no sistema fluvial provocam modificações bruscas na geomorfologia, ou seja, o homem atua como agente modelador do relevo, assim, este trabalho também é uma pesquisa na área da geomorfologia antropogênica que necessita ser aprofundada no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AESA. **Proposta De Instituição Do Comitê Das Bacias Hidrográficas Do Litoral Sul, conforme resolução nº 1, de 31 de agosto de 2003**, do conselho estadual de recursos hídricos do estado da Paraíba. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/comites/litoral_sul/. Acesso em 29 fevereiro 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de segurança de barragens 2014**. Brasília: ANA, 2015. 150p.
- ARAÚJO, Carla Cavalcante. **Análise de riscos em barragens de abastecimento de água da grande João Pessoa-PB**. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, 2014.
- BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- COELHO, André Luiz Nascentes. **Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 9, n. 26, p. 16-32. jun/2008.
- COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **Apresentação das Barragens**. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20das%20Barragens>. Acesso em 02 março 2016.
- COSTA, Teixeira da; LANÇA, Rui. **Barragens**. Faro: Universidade do Algarve, 2001. 25 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.
- IBGE. **Mapa político dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba**. Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm?caminho=mapas_tematicos/politico/unidades_federacao/. Acesso em 06 maio 2016.
- MANOEL NETO; Firmino. **Potencial poluidor e risco ambiental dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba, Brasil**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, 2014.
- MERRITS, Dorothy; MENKING, Kirsten.; DEWET, Andrew. Dynamic Earth Systems. In: MERRITS, Dorothy.; MENKING, Kirsten.; DEWET, Andrew. **Environmental geology: An Earth Systems Approach**. 2ª ed. New York: W. H. Freeman, 2014. p. 3 – 32.
- NUNES, Fabio Carvalho; SILVA, Enio. Fraga da. **Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 31 p.
- PEREIRA, Vitor Hugo. Campelo; CESTARO, Luiz Antonio. A Unidade geoambiental tabuleiro costeiro e o planejamento municipal: o caso de Senador Georgino Avelino/RN. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p. 390-401, 2012.

SOUZA, Mariana Miranda de. **Estudo para o projeto geotécnico da barragem de Alto Irani, SC**. 139f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

SZABÓ, József. Anthropogenic Geomorphology: subject and system. In: SZABÓ, József; DÁVID, Lóránt; LÓCZY Dénes (eds). **Anthropogenic Geomorphology - A guide to man-made landforms**. 1 ed. New York: Springer, 2010. p. 3 – 11.

VIANA, Raquel de Mattos. **Grandes barragens, impactos e reparações: um estudo de caso sobre a barragem de Itá**. 191 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.