

## DIAGNÓSTICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE USO MÚLTIPLO NO NORDESTE DO BRASIL

Emanuella Almeida Figueiredo<sup>1</sup>; Marcela Rafaela de Freitas Silva<sup>2</sup>; Juliana Argélia Garcia de Almeida<sup>3</sup>; Jamille Freire Amorim<sup>4</sup>

*Universidade Federal da Paraíba - emanuella.afigueiredo@gmail.com<sup>1</sup>, marcela.rafaela@gmail.com<sup>2</sup>, jamille.fa@gmail.com<sup>4</sup>; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba- juliana.garciah@gmail.com<sup>3</sup>.*

**Resumo:** O uso de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto na determinação do uso e ocupação de áreas susceptíveis a impactos ambientais permite uma análise realista da situação encontrada, além de um monitoramento das mudanças que possam vir a ocorrer, comprometendo a funcionalidade do sistema. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo apresentar o diagnóstico do uso e ocupação do solo das áreas de contribuição de cinco reservatórios localizados na região das Bacias Metropolitanas, na porção nordeste do Estado do Ceará, sendo eles: Aracoiaba, Catucinzenta, Gavião, Malcozinhado e Maranguapinho. Esses reservatórios foram escolhidos por serem responsáveis pelo abastecimento humano de vários municípios cearenses e se localizarem em regiões estratégicas para atividades econômicas, como agricultura e pecuária. A classificação das imagens foi realizada através de *software* de geoprocessamento de domínio público, a partir do método não supervisionado do tipo *IsoCluster*. Foram utilizadas imagens multiespectrais, dos sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*) do satélite LANDSAT 8, distribuídas pela *U.S Geological Survey* (USGS), com resolução espacial de 30 m. Como resultado, foi possível identificar sete classes: afloramento rochoso, água, área urbana, cultura agrícola, pastagem, solo exposto e vegetação. Ficou evidente que a vegetação é a classe predominante na bacia de contribuição de todos os reservatórios estudados. Em seguida tem-se as classes de pastagem, que se caracteriza como uma das principais atividades econômicas da região, e de solo exposto. A alta frequência de ocorrência de solo exposto nas bacias estudadas está relacionada com o constante abandono de pastos e áreas agrícolas. Essa situação foi agravada devido à crise hídrica que atualmente afeta a região e a realização de uma agricultura itinerante, sem um manejo ou conhecimento dos solos. O diagnóstico do uso e ocupação das bacias de contribuição dos reservatórios mencionados gerou resultados que são úteis para a elaboração de planos de manejo e atividades que visem uma maior conservação do território.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, uso e ocupação, impactos ambientais.

### Introdução

Com o passar dos anos, o uso de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto vêm se destacando como fundamentais para uma correta caracterização de paisagens e localidades. O registro de variáveis geográficas através dessas ferramentas, além de permitir um maior detalhamento das áreas de interesse, antes impossível de ser alcançado apenas pelo uso de mapas impressos ou trabalhos de campo, contribui para uma melhor interpretação do território, tornando possível a realização de uma caracterização completa, inclusive em zonas de difícil acesso (como as grandes altitudes) (PONTES *et al.*, 2012).

O uso dessas geotecnologias na determinação do uso e ocupação do solo permite cada vez mais uma análise realista e a percepção de como o espaço está sendo ocupado e explorado pelo

homem. Isso favorece ao monitoramento das mudanças que possam vir a ocorrer e que podem ocasionar sérios impactos na dinâmica ambiental, como a crescente substituição da vegetação nativa para suprir as necessidades antrópicas (sejam produtivas ou de expansão urbana) de exploração dos recursos naturais, o que compromete a funcionalidade do ambiente (FERREIRA *et al.*, 2005).

No Brasil, especificamente na região semiárida, a exploração e o aproveitamento dos recursos naturais acontece de maneira intensiva. Esse fato, aliado a falta de planejamento, vêm ocasionando sérios impactos ambientais, como assoreamento, erosão e desmatamento, que devido as características de clima e solo locais, têm sua abrangência potencializada (VANZELA *et al.*, 2010). As consequências dessa degradação ambiental não apenas prejudicam as atividades produtivas locais, como a pecuária e agricultura, como também ameaçam a qualidade e disponibilidade hídrica dos mananciais usados para abastecimento humano, que já sofrem com a falta de chuvas (COELHO *et al.*, 2013).

Portanto, é fundamental no processo de mitigação desses problemas, o estímulo ao desenvolvimento de políticas públicas e fomento a pesquisas e trabalhos acadêmicos que utilizem o diagnóstico do uso e da ocupação do solo como uma ferramenta chave para uma gestão sustentável dos recursos. Consequentemente, cria-se condições para um manejo mais eficiente, facilitando também a implementação de ações que visem à conservação e monitoramento dos ecossistemas naturais (BRASIL, 2003).

O presente artigo apresenta a metodologia empregada e, como resultado, o diagnóstico do uso e ocupação do solo das áreas de contribuição de cinco reservatórios localizados na região das Bacias Metropolitanas, no estado do Ceará. Esses reservatórios foram escolhidos por serem responsáveis pelo abastecimento humano de vários municípios cearenses e se localizarem em regiões estratégicas para atividades econômicas, como agricultura e pecuária. Logo, o correto registro dos usos e ocupações dessas áreas pode colaborar para a delimitação de medidas que visem à correta proteção dos recursos hídricos locais.

## **Metodologia**

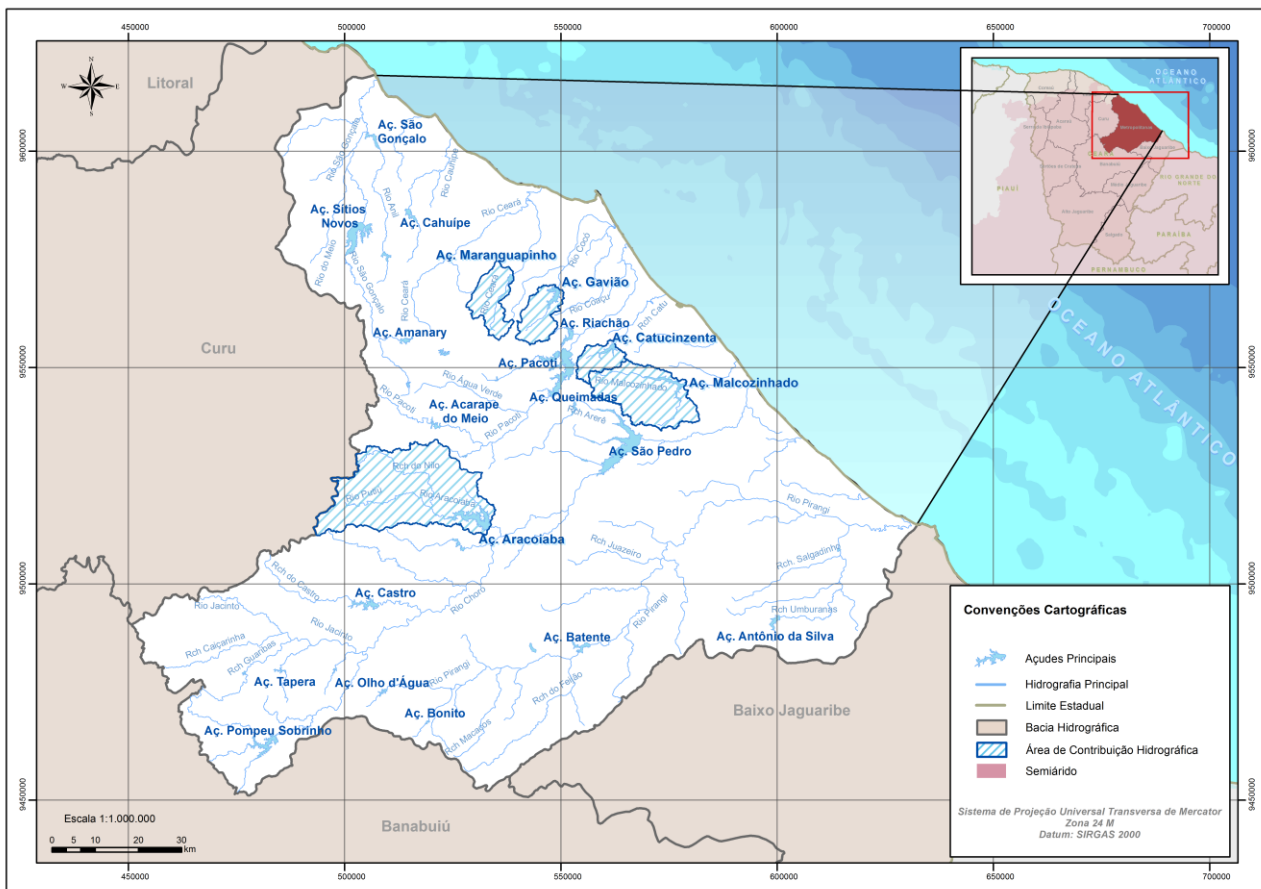
As Bacias Hidrográficas Metropolitanas (Figura 1) localizam-se na porção nordeste do Estado do Ceará e abrangem uma área de 15.085 km<sup>2</sup> (cerca de 10,14% da área do Estado), sendo limitada ao sul pela Bacia Hidrográfica do Banabuiú, ao norte pelo Oceano atlântico, à oeste pela Bacia Hidrográfica do Curu e ao leste pela Bacia Hidrográfica do Jaguaribe. Nas bacias estão inseridos 40 municípios, sendo 23 totalmente contidos e 17 parcialmente (COGERH, 2000).

O território das Bacias Metropolitanas é ocupado predominantemente por substrato cristalino, com exceção da faixa litorânea (cobertura sedimentar e dunas) e das regiões aluvionares rentes aos cursos d'água. A precipitação pluviométrica e o regime de chuvas é considerado bastante irregular, com anos marcados por grandes chuvas e outros por secas, caracterizadas por uma pluviosidade bem abaixo da média. Os índices pluviométricos estão sujeitos a variações sazonais, com chuvas concentradas majoritariamente no primeiro semestre. Dependendo da proximidade com o litoral e do relevo, como se observa no Maciço de Baturité, a pluviometria média pode chegar a 1.400mm (CPRM, 1998).

O clima da região, no geral, apresenta-se homogêneo e intimamente ligado ao regime pluviométrico, e com exceção de localidades como a Serra de Guaramiranga e Baturité, é considerado quente e estável, com elevadas taxas de evaporação e insolação. Segundo a classificação de Koppen, os climas encontrados são o tropical chuvoso (Aw'), tropical chuvoso de monção (Amw') e quente e semi-árido (BSw'h').

A região em questão abrange as bacias de contribuição hidrográfica dos reservatórios Aracoiaba (UTM, Zona 24S, 9533400 N e 534940 E, e 9510787 N e 499076 E), Catucinzenta (UTM, Zona 24S, 9555990 N e 564950 E, e 9547962 N e 553499 E), Gavião (UTM, Zona 24S, 9568879 N e 550600 E, e 9554523 N e 540006 E), Malcozinhado, (UTM, Zona 24S, 9551871 N e 581529 E, e 9535354 N e 553521 E) e Maranguapinho (UTM, Zona 24S, 9574925 N e 539123 E, e 9554496 N e 528065 E), conforme pode ser observado na Figura 1.

**Figura 1.** Mapa de localização das Bacias Metropolitanas contendo as cinco bacias de contribuição hidrográfica dos reservatórios objeto de estudo



Fonte: dados da pesquisa (2017).

Para o mapeamento do uso e ocupação do solo das áreas de contribuição dos cinco reservatórios de interesse, contidos na região das Bacias Metropolitanas, utilizou-se arquivos da base de dados digital da Agencia Nacional de Águas (ANA), da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Adicionalmente, um software de geoprocessamento de domínio público foi usado para trabalhar os dados citados, inclusive na geração do *shapefile* da bacia de contribuição do reservatório Maranguapinho, informação essa ausente nas fontes mencionadas.

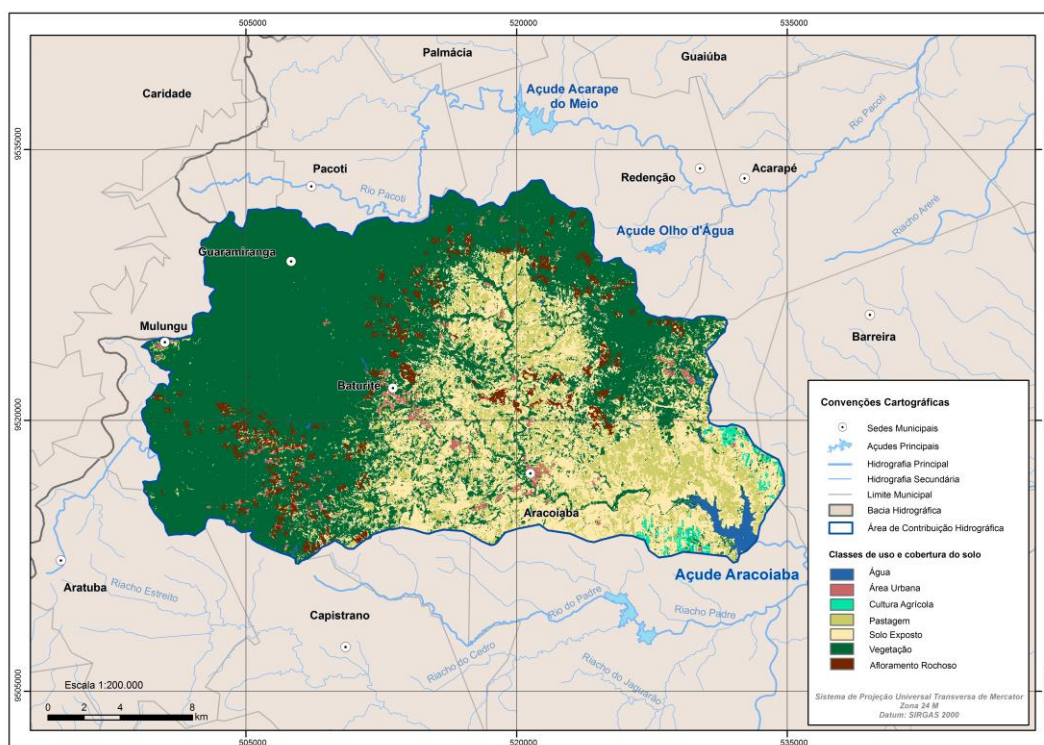
Inicialmente foram utilizadas imagens multiespectrais, dos sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*) do satélite LANDSAT 8, distribuídas pela U.S Geological Survey (USGS), com resolução espacial de 30 m, para as quais foi atribuída composição colorida RGB nas bandas 6, 5 e 4, respectivamente.

O processo de classificação das imagens se deu utilizando-se o método não supervisionado do tipo *IsoCluster* da ferramenta de classificação de imagens. Uma vez gerada a classificação, para melhor adequá-la à realidade apresentada na imagem de satélite, fez-se necessário realizar uma pós-classificação, a fim de identificar e corrigir alguns pixels que tiveram suas classes determinadas com imprecisão durante o processo.

## Resultados e discussão

As Figuras 2 a 6 apresentam os resultados obtidos para o mapeamento de uso e ocupação do solo de cada reservatório, onde foi possível identificar 7 classes: afloramento rochoso, água, área urbana, cultura agrícola, pastagem, solo exposto e vegetação.

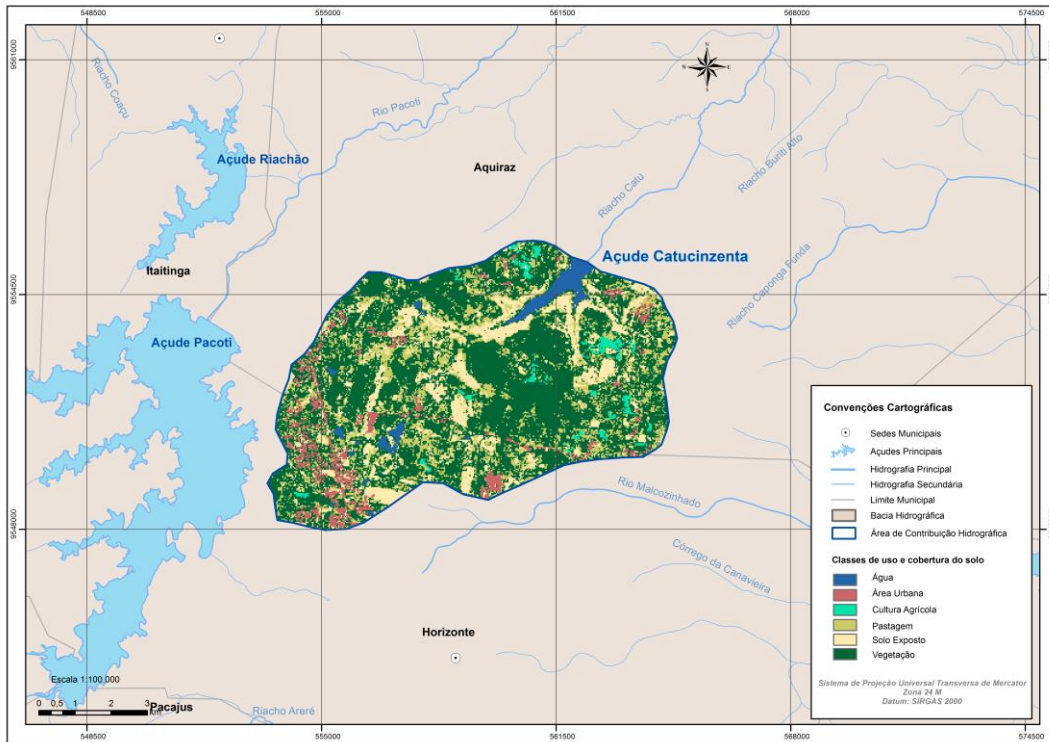
**Figura 2.** Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição hidrográfica do reservatório Aracoíaba



Fonte: dados da pesquisa (2017).

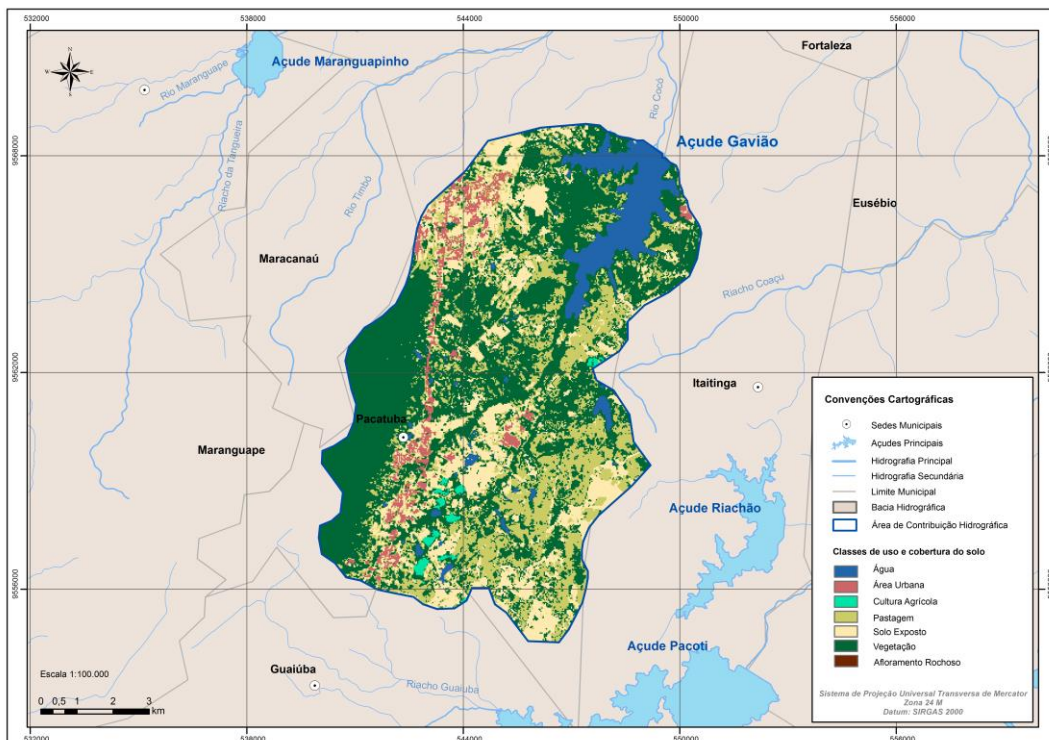


**Figura 3.** Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição hidrográfica do reservatório Catucinzenta



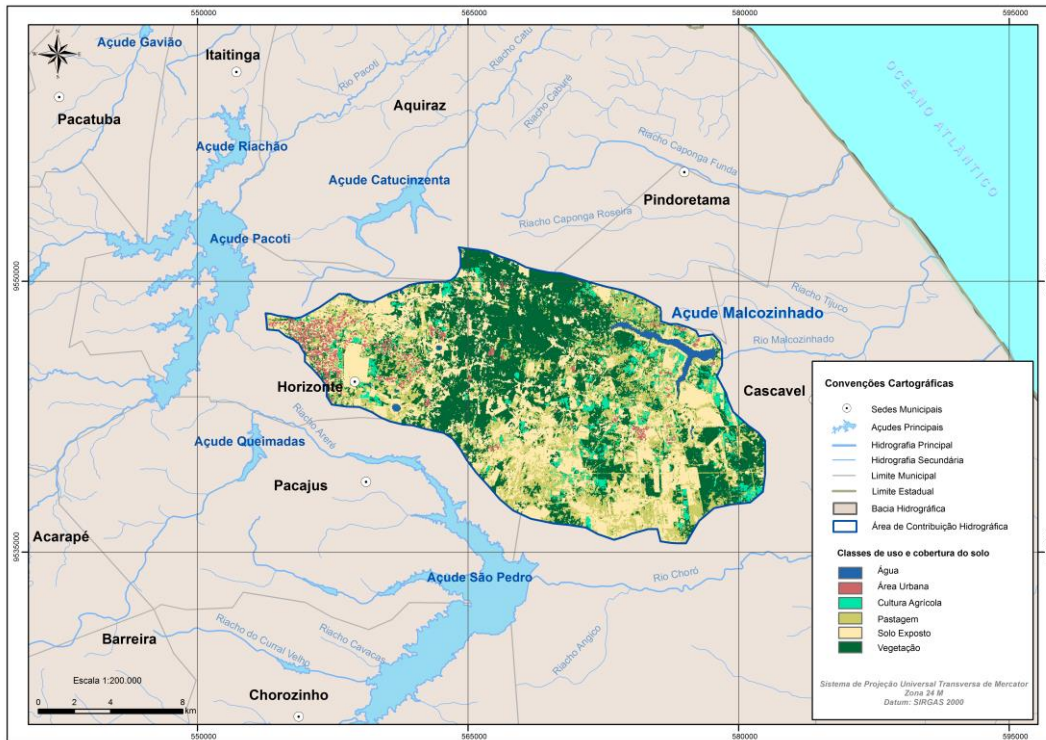
Fonte: dados da pesquisa (2017).

**Figura 4.** Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição hidrográfica do reservatório Gavião



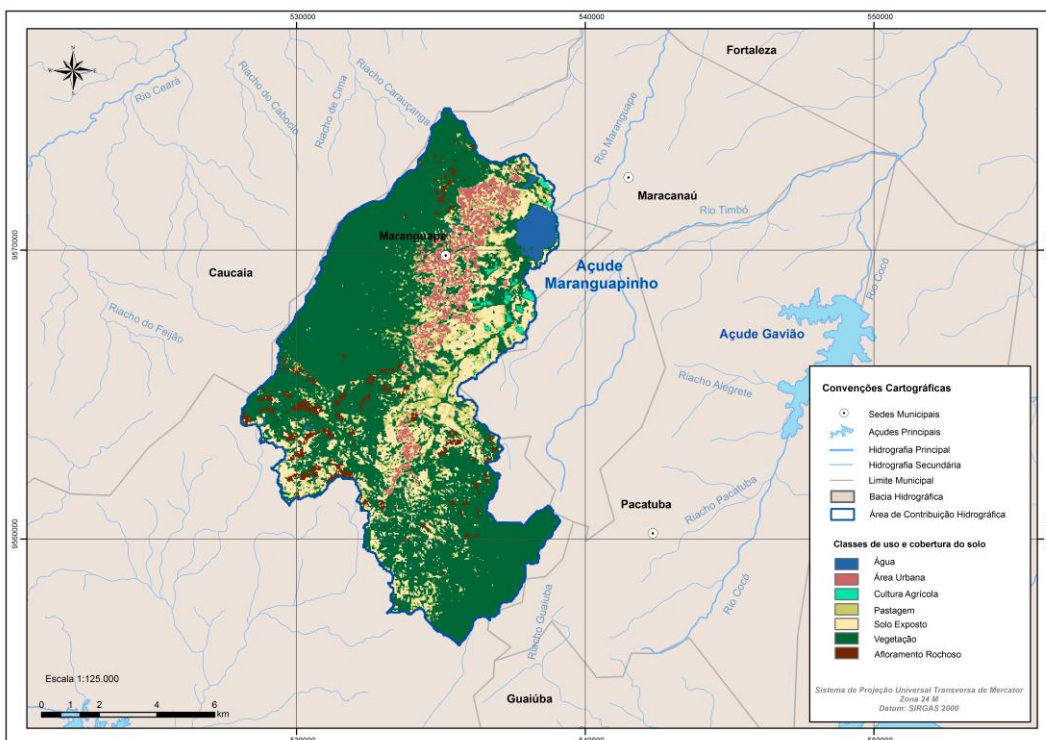
Fonte: dados da pesquisa (2017).

**Figura 5.** Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição hidrográfica do reservatório Malcozinhado



Fonte: dados da pesquisa (2017).

**Figura 6.** Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição hidrográfica do reservatório Maranguapinho



Fonte: dados da pesquisa (2017).

A representatividade de cada classe pode ser melhor visualizada na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1.** Áreas das classes de uso e ocupação do solo para as bacias de contribuição dos reservatórios em questão

Classes	Aracoiaba		Catucinzenta		Gavião		Malcozinhado		Maranguapinho	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
<b>Água</b>	4,61	0,86	1,61	2,57	6,59	6,79	2,88	1,12	2,18	2,00
<b>Vegetação</b>	314,89	59,10	33,75	53,86	46,74	48,13	92,07	35,86	71,01	65,26
<b>Afloramento rochoso</b>	20,06	3,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,19	2,93
<b>Pastagem</b>	68,86	12,92	13,41	21,40	23,08	23,77	61,70	24,03	8,08	7,43
<b>Cultura agrícola</b>	3,82	0,72	1,12	1,79	0,59	0,61	13,10	5,10	0,67	0,61
<b>Área urbana</b>	5,89	1,11	3,43	5,48	3,45	3,55	6,22	2,42	5,89	5,41
<b>Solo exposto</b>	114,72	21,53	9,34	14,91	16,66	17,15	80,80	31,47	17,80	16,35
<b>Total</b>	532,84	100,00	62,67	100,00	97,11	100,00	256,76	100,00	108,82	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2017).

A maior parcela da área das bacias de contribuição estudadas é compreendida por vegetação, sendo Maranguapinho (65,26%) e Aracoiaba (59,10%) os açudes que possuem maior área ocupada por essa classe. Na bacia do reservatório Maranguapinho, as áreas vegetadas se concentram nas partes noroeste e sudeste da bacia, onde se encontram as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) de Maranguape (SEMACE, 2010a) e Aratanha (SEMACE, 2010b), respectivamente. Em Aracoiaba, a área vegetada se concentra na parte noroeste da bacia, onde se localiza a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Baturité (SEMACE, 2010c). Essas áreas são responsáveis pela proteção e conservação do que ainda resta de vegetação nativa dessas localidades.

O reservatório que possui bacia hidrográfica mais antropizada é o Catucinzenta (5,48%), seguido do Maranguapinho (5,41%). No reservatório Catucinzenta, a maior parte da área antropizada se concentra na parte sudoeste da bacia, embora sejam encontrados agrupamentos urbanos em várias regiões, inclusive no entorno do reservatório. Em Maranguapinho, há uma maior prevalência da classe na parte urbana do município de Caucaia, onde se tem um padrão vertical de expansão urbana.

A atividade de pastagem é vista com mais frequência nas bacias hidrográficas dos reservatórios Malcozinhado (24,03%) e Gavião (23,77%). Na bacia de contribuição do reservatório Malcozinhado, as áreas de pasto encontram-se distribuídas por toda a extensão da bacia, sendo até mesmo observadas no entorno do reservatório e próximo a outros corpos d'água. Na bacia de contribuição do Gavião, tem-se um maior predomínio da classe na região do entorno do açude e nas ramificações dos cursos d'água de menor ordem. Este fato se justifica pela necessidade constante de



uso da água na atividade, tanto para a dessedentação do gado quanto para a irrigação do pasto (FREITAS, 2005).

Áreas extensas com solo exposto são observadas nas bacias de contribuição dos reservatórios Aracoiaba (31,47%) e Malcozinhado (21,53%). Em ambas as bacias de contribuição dos reservatórios, as regiões que apresentam solo exposto localizam-se na vizinhança das áreas de pasto, uma vez que devido à crise hídrica que assola a região, a maioria dos espaços destinados a pastagem encontram-se abandonados e improdutivos, o que favorece a exposição do solo.

Em relação às culturas agrícolas, destaca-se a bacia de contribuição do reservatório Malcozinhado, em que a agricultura apresenta um percentual de 5,10% da área da bacia. Nas regiões próximas ao açude e aos barreiros localizados dentro da bacia, a água muitas vezes é retirada e utilizada na irrigação de culturas. Em áreas onde o acesso à água é mais difícil, é comum a presença de poços amazonas ou tubulares, para a extração da água a ser usada na irrigação. Nessa região, as culturas agrícolas mais comuns são: feijão, milho e capim (CEARÁ, 2010).

No que se refere à classe de afloramento rochoso, apenas nas áreas das bacias hidrográficas dos reservatórios Aracoiaba (3,76%) e Maranguapinho (2,93%) tem-se um valor diferente de zero.

## **Conclusões**

O mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia de contribuição dos cinco reservatórios em questão permite observar que as maiores áreas de vegetação nativa estão localizadas nas regiões protegidas por Unidades de Conservação do tipo APA, que limitam as atividades produtivas nessas áreas. Além disso, verifica-se que as áreas de contribuição hidrográfica mais antropizadas encontram-se nas proximidades da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), o que justifica a maior concentração populacional nessas áreas.

Outro ponto evidenciado, é a tendência comumente observada em regiões semiáridas, onde as atividades produtivas locais, realizadas sem a aplicação de técnicas adequadas, favorecem o aumento da classe de solo exposto. Isso se deve ao constante abandono dos pastos e áreas agrícolas pela realização de uma agricultura itinerante, sem um manejo ou conhecimento de solos adequado. Tais práticas levam ao abandono de áreas quando essas atingem o esgotamento produtivo, seja por exaustão do potencial edáfico, seja pela limitação do suprimento hídrico agravado pela atual crise por que passa a região.

O uso de geotecnologias é um importante aliado na busca de novas e mais precisas interpretações do território. Nesse sentido, a utilização de imagens de satélite para obtenção de

mapas de uso e ocupação do solo contribui para a produção de resultados dotados de maior grau de realismo, tanto na dimensão espacial como temporal. Dessa forma, o diagnóstico do uso e ocupação das bacias de contribuição dos reservatórios Aracoiaba, Catucinzenta, Gavião, Malcozinhado e Maranguapinho, gera resultados úteis para a elaboração de planos de manejo e atividades que visem uma maior conservação do território.

## Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade da CAATINGA: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Org.: José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica Tavares da Fonseca, Livia Vanucci Lins. Brasília: Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos. **Prática Inovadoras de Controle Edáfico e Hidroambiental para o Semiárido do Ceará: Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido**. Elaboração: João Bosco de Oliveira. Fortaleza: Secretaria de Recursos Hídricos, 2010.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, R.V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v.18, n. 1, p. 64-72, 2014.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas**, 2000.

CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará**. Org.: Fernando Feitosa. Fortaleza, 1998.

FERREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. **Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. Anais... [S.l.: s.n.], 2005. p. 2997-3004.

FREITAS, P. L. **Contribuição do uso da terra e do manejo do solo para a recarga de aquíferos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G.F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na microbacia do Córrego Banguelo – Contagem. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.7, n. 3, p. 183-194, 2012.

SEMACE. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Área de Proteção Ambiental da Serra de Maranguape**. 2010a. Disponível em: < <http://www.semace.ce.gov.br/2010/12/area-de-protecao-ambiental-da-serra-de-maranguape/> >. Acesso em: 12 jul. 2017.

SEMACE. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Área de Proteção Ambiental da Serra de Aratanha**. 2010b. Disponível em: < <http://www.semace.ce.gov.br/2010/12/area-de-protecao-ambiental-da-serra-de-aratanha/> >. Acesso em: 16 jul. 2017.

SEMACE. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité**. 2010c. Disponível em: < <http://www.semace.ce.gov.br/2010/12/area-de-protecao-ambiental-da-serra-de-baturite/> >. Acesso em: 14 jul. 2017.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v.14, n. 1, p. 55-64, 2009.