

**UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

DISSERTAÇÃO

**Impactos Ambientais na Bacia-Hidrográfica do Rio Roncador
provocados por alteração do uso e cobertura do solo**

Raquel de Oliveira Santos

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA-HIDROGRÁFICA DO RIO
RONCADOR PROVOCADOS POR ALTERAÇÃO DO USO E
COBERTURA DO SOLO**

RAQUEL DE OLIVEIRA SANTOS

Sob a Orientação do Professor
Rafael Coll Delgado

e Co-orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237i Santos, Raquel de Oliveira , 1987-
Impactos Ambientais na Bacia-Hidrográfica do Rio
Roncador provocado por alteração do uso e cobertura do
Solo / Raquel de Oliveira Santos. - 2017.
65 f.: il.

Orientador: Rafael Coll Delgado .
Coorientador: Marcos Gervásio Pereira.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais , 2017.

1. Impactos Ambientais . 2. Bacia-Hidrográfica .
3. Uso e Cobertura do Solo . 4. Geotecnologias . 5.
Dinâmica da Paisagem. I. Delgado , Rafael Coll, 1978-,
orient. II. Pereira, Marcos Gervásio, 1965-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais . IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

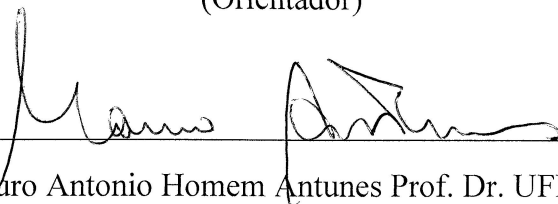
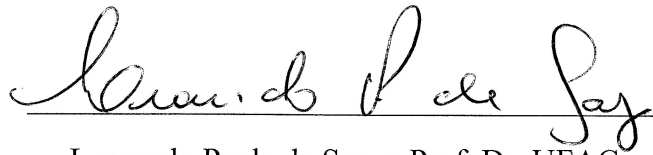
RAQUEL DE OLIVEIRA SANTOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15/02/2017.


Rafael Coll Delgado Prof. Dr. UFRRJ

(Orientador)


Mauro Antonio Homem Antunes Prof. Dr. UFRRJ
Leonardo Paula de Souza Prof. Dr. UFAC

*Aos meus amados pais, Jayme e Tânia por serem meu espelho e a total razão da minha
inspiração e sonhos, amo vocês incondicionalmente.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da existência, pela vida eterna que nele posso encontrar.

Aos meus amados pais Tânia e Jayme por ser o reflexo do amor incondicional. Ao meu Pai, sou grata por cada e-mail de inspiração que me mandou e me deu forças nesses longos dias de conclusão da dissertação, onde sei expressou seu amor e apoio, te amo, muito obrigada, com a única certeza do que não se vê, mas sente; e a minha mãe por todas as vezes que a vi chorar intercedendo para Deus me fortalecer, por que não se pode medir esse amor que tenho por você.

As minhas irmãs Priscila e Damaris ao que se remete o amor mais sincero de amizade, todas as dificuldades desses dois anos, nos uniu muito. Sou feliz de compartilhar com vocês minha vida.

A todos da minha família, vocês são presentes de Deus, em especial a tia Solange, obrigada por sempre me escutar e amar.

Aos meus avôs, em especial em memória de Jayme Furtado e Nair Amaral.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ser o berço de minha formação profissional.

Aos meus orientadores, Professor Rafael Coll Delgado obrigado por toda amizade, atenção, incentivo, paciência e conselhos extremamente valiosos, por acreditar primeiramente no potencial da pesquisa e não me deixar desistir, você tem um coração enorme, sou eternamente grata e Marcos Gervásio por contribuir com ideias importantes ao longo desse processo.

Ao Professor Giovanni, pelo aceite em participar da banca, pela atenção, pelas conversas e pelo auxílio nas questões relacionadas à estatística, você se tornou um amigo.

Ao Professor Mauro Homem, pelo aceite em participar da banca e pelas contribuições no presente trabalho desde a defesa do projeto.

Ao Professor Leonardo, por ter aceitado participar da banca e pelas sugestões na confecção do primeiro artigo relacionado a essa pesquisa.

Aos colegas do LSRACA, pela oportunidade de trabalharmos juntos e trocarmos informações importantes para o desenvolvimento desse trabalho. Em especial não poderia deixar de agradecer imensamente a minha irmã gêmea Camila Caetano, juntas desde o início do mestrado, compartilhamos muitas coisas que aqui não teria linhas suficientes para descrever, você foi fundamental e sempre será na minha vida, agradeço a Deus por me apresentar mais uma irmã, idêntica em muitos gostos, amo você.

Aos amigos que participaram mais de perto do processo aguentando meu estresse, com sabor de mel, rs, Dani, Fernanda, Pablo, Marcelly, Lud, Aline Paula (SEMPDEC), Andinho (SEMPDEC), Celso(SEMPDEC); Regis a ideia da pesquisa saiu, porque você foi canal para o meu primeiro emprego em Magé; Gabi, Bia, Nat, Layssa, e aos que mesmo distantes em alguns momentos, estiveram presentes em pensamentos e palavras de incentivo

A minha amada igreja El Shadai e todos que oram e torcem por mim, representando o que é a igreja, o corpo de Cristo feito de pessoas.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ter me acolhido e, se transformado em minha segunda casa desde o dia 17 de Setembro de 2007, quando ingressei no curso do Engenharia Florestal.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada!

*Não atentando nós nas coisas que se vêem, mas nas que se não vêem; porque as que se vêem
são temporais, e as que se não vêem são eternas.(II Co 4:14)*

BIOGRAFIA

Raquel de Oliveira Santos nasceu no dia 7 de Julho de 1987, na cidade de São Gonçalo, Rio de Janeiro, filha do Doutor Jayme Célio Furtado dos Santos e Tânia Regina Amaral de Oliveira Santos. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em Setembro de 2007, no curso de Engenharia Florestal, sendo graduada Engenheira Florestal em Maio de 2014. Participou do Intercambio Interacional na Espanha na Universidade Santiago de Compostela, Lugo, entre Setembro de 2012 a Setembro de 2013. Em março de 2015 ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Conservação da Natureza.

RESUMO GERAL

SANTOS, Raquel Oliveira dos. **Impactos Ambientais na Bacia-Hidrográfica do Rio Roncador provocados por alteração do uso da terra e cobertura do solo.** 2016. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

A presente pesquisa teve como objetivo principal avaliar o uso efetivo e operacional do LANDSAT por intermédio da utilização e da geração do Índice de Vegetação para o monitoramento sistemático e contínuo da cobertura vegetal e do uso e ocupação do solo, no bioma mata Atlântica, mais especificamente na Bacia Hidrográfica do rio Roncador – RJ. A pesquisa foi desenvolvida seguindo os seguintes passos: aquisição das imagens e processamento seguindo o algoritmo Surface Energy Balance Algorithm for Land; geração dos Índices de Vegetação; aquisição do Modelo Digital de Elevação e caracterização dos parâmetros físicos; aplicação do método de classificação K-MEANS E MAXVER para elaboração dos mapas de uso do solo. O índice de vegetação de diferença normalizada também foi correlacionado com as variáveis meteorológicas (chuva, temperatura média do ar, radiação solar global, umidade relativa do ar e evapotranspiração). Os resultados indicam que a bacia hidrográfica possui uma área de drenagem equivalente a 186,21 km², perímetro de 101,78 km, índice de circularidade igual a 0,22, fator forma de 0,26 e índice de compactidade de 2,09. Estes resultados indicam que a bacia hidrográfica não é propícia à enchente, devido principalmente a sua forma alongada. Foi possível verificar que no intervalo de 24 anos ocorreu degradação na região além da mudança na cobertura do solo da bacia hidrográfica. Os resultados obtidos indicaram uma tendência de redução nas áreas de preservação permanente de -13,4% da bacia hidrográfica. Verificou-se que ações antropogênicas foram capazes de alterar a cobertura superficial do solo e que por sinal podem ter influenciado a dinâmica hídrica. O resultado representativo da classificação geral da imagem teve um valor muito bom, indicando um índice Kappa com uma acurácia global de ano 2005 e 2010, respectivamente, 68% e 74%, ou seja, foi representativo para a região. O classificador MAXVER se apresentou melhor para classificar as imagens de uso do solo, que o classificador K-MEANS. A análise estatística evidenciou que a chuva e temperatura do ar foram às únicas que apresentaram sigma significativos, respectivamente, (0.04) e (0.021). O modelo apresentou um R² (0.47), que significa que 47% das variações do “índice de vegetação” são explicados pelas variáveis ambientais. Conclui-se assim, que a paisagem da bacia hidrográfica do rio Roncador está muito comprometida em sua integridade ecológica, pois não apresenta um bom grau de preservação da vegetação nativa, principalmente em suas APP's, fator que tem afetado a estabilidade física da bacia hidrográfica. Logo, medidas de mitigação e planejamento do solo devem ser tomadas por parte dos órgãos fiscalizadores.

Palavras-chave: Geotecnologias, Dinâmica da paisagem, Diagnóstico ambiental, Física de Bacia.

GENERAL ABSTRACT

SANTOS, Raquel de Oliveira. (**Environmental Impacts in the Roncador River Watershed caused by land use change and vegetation cover**). 2017. 76 p. Dissertation (Master in Forest and Environmental Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The main objective of this research was to evaluate the effective and operational use of LANDSAT through the use and generation of the Vegetation Index for the systematic and continuous monitoring of vegetation cover and land use and occupation in the Mata Atlântica biome, specifically In the Rio Rocardor River Basin - RJ. The research was developed following the following steps: image acquisition and processing following the algorithm Surface Energy Balance Algorithm for Land; Generation of vegetation indices; Acquisition of the Digital Elevation Model and characterization of the physical parameters of the Roncador River basin; Application of the K-MEANS and MAXVER classification method for the elaboration of land use maps. The normalized difference vegetation index was also correlated with the meteorological variables (rain, mean air temperature, global solar radiation, relative humidity and evapotranspiration). The results indicate that the river basin has a drainage area equivalent to 186.21 km², perimeter of 101.78 km, circularity index equal to 0.22, form factor of 0.26 and a compares index of 2.09. These results indicate that the watershed is not conducive to flooding, mainly due to its elongated shape. It was possible to verify that in the interval of 24 years degradation occurred in the region beyond the change in the coverage of the soil of the hydrographic basin. The results indicated a tendency of reduction in the areas of permanent preservation of -13.4% of the river basin. It was verified that anthropogenic actions were able to alter the surface cover of the soil and that, by the way, may have influenced the water dynamics of the watershed. The overall image rank was very good, indicating a Kappa index with an overall accuracy of 2005 and 2010, respectively, 68% and 74%, that is, it was representative for the region. The MAXVER classifier presented better to classify the images of use of the soil, than the classifier K-MEANS. Statistical analysis showed that rainfall and air temperature were the only ones that presented significant sigma, respectively, (0.04) and (0.021). The model presented a R² (0.47), which means that 47% of the variations of the "vegetation index" are explained by the environmental variables. To improve the R² of the model it would be necessary to add more explanatory variables to the equation. It is concluded that the landscape of the river basin of the Roncador river is very compromised in its ecological integrity, since it does not present a good degree of preservation of the native vegetation, mainly in its APPs, factor that has greatly affected the physical stability of the hydrographic basin. Therefore, mitigation and soil planning measures must be taken by the supervisory bodies.

Key-words: Geotechnology, Landscape dynamics, Environmental diagnosis, Basin Physics.

ÍNDICE DE SIGLAS

- APP- Áreas de Preservação Permanente
- BHRR- Bacia Hidrográfica do Rio Roncador
- CEPERJ-Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro
- CEMADEN-Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
- COMPERJ- Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
- CF- Código Florestal
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil
- CDB- Convenção sobre Diversidade Biológica
- CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente
- ESDEC- Escola de Defesa Civil
- SEPLAG Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão
- IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change
- PNRH- Plano Nacional de Recursos Hídricos
- [IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística](#)
- IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- UNISDR- Organização supervisão do desenvolvimento da política de redução de desastres.
- NDVI- Índice de Vegetação Normalizado

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo Digital Elevation (MDE) da Bacia Hidrográfica do Rio Roncador.....	13
Figura 2: Fluxograma de todas as etapas desenvolvidas.....	16
Figura 3: Classificação da imagem NDVI para o ano de 1986 (a) e 2010 (b) da BHRR.	20
Figura 4: Localização geográfica da órbita e ponto e a série temporal utilizada do sensor Thematic Mapper para a Bacia Hidrográfica do Rio Roncador.	29
Figura 5: Todas as etapas desenvolvidas.....	33
Figura 6: Etapas desenvolvidas para obtenção dos dados climatológicos e NDVI médio.	34
Figura 7: Classes de uso e ocupação do solo para os anos de 1985 (a), 1990 (b), 1995 (c) e 2000 (d) pelo método K-Means na bacia hidrográfica do Rio Roncador.	39
Figura 8: Classes de uso e cobertura do solo para os anos de 2005 (a) e 2010 (b) pelo método de máxima verossimilhança na bacia do Rio Roncardor.	43
Figura 9: Uso e Ocupação da Terra na BHRR, 1985 a 2010, Magé, RJ.....	45
Figura 10: Valores médios do Índice de Vegetação da diferença normalizada (NDVI), para Bacia Hidrográfica do Rio Roncador (BHRR).....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Falecimentos Registrados pelos municípios entre 1991/2012 ocasionados por Desastres Ambientais. Fonte: Atlas de desastres ambientais, 2012.	5
Tabela 2: Características da bacia hidrográfica do Rio Roncador.....	17
Tabela 3: Quantificação das classes de cobertura do solo para os anos de 1986 e 2010 na BHRR.....	19
Tabela 4: Classes definidas para a área de estudo.	32
Tabela 5: Nível de exatidão de uma classificação, conforme o valor de índice Kappa (LANDIS; KOCH, 1977).	32
Tabela 6:Valores de VIF	36
Tabela 7: Estatística das áreas de uso e cobertura do solo para os anos de 1985 a 2010.	37
Tabela 8: Matriz de erros da imagem Landsat 5 ano 2005 classificada pelo algoritmo da máxima verossimilhança.	40
Tabela 9: Matriz de erros da imagem Landsat 5 ano 2010 classificada pelo algoritmo da máxima verossimilhança.	41
Tabela 10: Resultados do índice Kappa da imagem Landsat 5 classificada pelo algoritmo da máxima verossimilhança.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A influência das Mudanças climáticas na dinâmica hídrica de bacias hidrográficas	3
2.2 Importância das Áreas de Preservação Permanente (APP) no controle dos desastres naturais em bacias hidrográficas.	4
CAPITULO I.....	8
ATRIBUTOS FÍSICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RONCADOR ASSOCIADOS À MUDANÇA DA PAISAGEM	
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E METODOS	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÃO	22
CAPÍTULO II	23
IMPLICAÇÕES DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RONCADOR NA MUDANÇA DO USO E COBERTURA DO SOLO E SUA CORRELAÇÃO COM VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 Etapas do processamento de Imagens Landsat 5	29
2.1.1 Área de Estudo	29
2.1.2 Processamento das Imagens do Mapeamento Temático	29
2.1.3 Determinação do Índice de Vegetação	31
2.2 Mapeamentos Temáticos	31
2.2.1. Elaboração do Mapeamento	31
2.3 Análises Estatísticas	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.1 Uso e cobertura vegetal a partir de dados do Landsat	37
3.2 Variações espaço-temporal do índice de vegetação NDVI	44
4 CONCLUSÕES	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO GERAL

O município de Magé foi criado em 2 de outubro de 1857, inicialmente era uma sesmária voltada para a exploração agrícola, devido à alta fertilidade do solo na região. O município passou por duas grandes transformações, primeiramente, foi construída a primeira estrada de ferro da América do Sul, inaugurada no dia 30 de abril de 1854 (IBGE, 2016); a segunda foi à instalação, recente, da instalação de gasodutos na região, do COMPERJ (Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro), o que acarretou em um rápido processo de urbanização do município. Em 2015 houve um crescimento médio de 7 mil habitantes de 2010 (227.322mil habitantes) comparado com 2010 (227.322mil habitantes). Ações intensas como essa na paisagem territorial de Magé, levaram consequentemente ao aumento no número de desastres naturais na região (ROBERTO 2009 et al., 2010)

O fato recorrente de desastres naturais não está limitado a apenas uma região do planeta, o mundo todo vem, há décadas, sofrendo com aumento de eventos extremos, causados principalmente pelas mudanças climáticas e por processos de ações antrópicas em lugares irregulares causando alteração nos aspectos físicos, químicos e biológicos do meio-ambiente (MARENGO et al., 2010). Essa intensa exploração tem levado a sinais de destruição do meio-ambiente, como o aumento de eventos extremos nas duas últimas décadas (EM- DAT, 2015). Em 2015, a América Latina, teve 44% de perda econômica, por consequência dos desastres naturais (EM- DAT, 2015).

Desastres naturais, são eventos severos que sofrem influência de características dos locais onde ocorrem, tais como: relevo, condições meteorológicas, cobertura vegetal, solo, em virtude do manejo inapropriado do ecossistema e falta de práticas sustentáveis que visem a proteção desse recurso a longo prazo (CASTRO et al., 2003, SILVA et al., 2016); cabe destacar que para ser caracterizado como desastre é necessário que ocorram prejuízos a seres humanos (MONTEIRO et al., 2012, GOERL et al., 2013).

As causas dos principais desastres são de origem hidrometeorológicas (VESTENA et al., 2008, IPCC 2014). Durante os últimos vinte anos, aproximadamente (90%) dos desastres tem sido causado por inundações, tormentas, ondas de calor e outros eventos relacionados com o clima, que vem sendo acelerado pelo intenso processo de aquecimento global (VESTENA et al., 2008, MARENGO et AL., 2010), em virtude principalmente do desmatamento florestal(COUTINHO, et al.,2013).

A retirada da cobertura vegetal ocorre principalmente nas imediações das bacias hidrográficas, pois, o ser humano sempre procurou se fixar em locais planos e perto de rios, para utilizá-los como meio de locomoção, e consumo próprio (FREDERICO et al., 2010, COUTINHO et al., 2013).

Essa vegetação que abrange o entorno dos rios recebe o nome de matas ciliares, são áreas de preservação permanente, que desempenham uma importante função ambiental na prevenção de inundações e enxurradas, à medida que, controla os processos de assoreamento ou erosão na calha do rio, infiltração de água no solo, e diminui o escoamento superficial (COUTINHO et al., 2013, MMA, 2012).

Por esse motivo, torna-se cada vez mais importante, nos dias atuais, estudos sobre dinâmica das paisagens, uso e cobertura do solo, conhecimento sobre a morfometria de bacias, tudo isso para auxiliar a tomada de decisão no melhor planejamento territorial das regiões hídricas.

Nessas situações, o uso de geotecnologias permite a obtenção de dados com alta confiabilidade nas escalas espaciais e temporais, pois disponibilizam informações de diversas partes do mundo, sendo esses atualizados periodicamente (FREITAS et al., 2012, GOULART et al., 2015).

Uma dessas fontes é os dados de radares, que consistem na utilização da informação de relevo, fornecendo dados de MDE, MNT, que são obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, do projeto SRTM - Shuttle Radar Topography Mission (GOERGEN et al., 2012, SILVA et al., 2014, BRASILEIRO et al., 2016). O Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM é distribuído gratuitamente pelo governo norte-americano (USGS, 2016).

Neste âmbito, o presente trabalho como objetivo geral compreender e analisar os principais problemas provocados na Bacia Hidrográfica do Rio Roncador por ações antrópicas e quais as suas implicações no meio-ambiente e local. Essa avaliação auxilia na tomada de decisões de políticas públicas em relação ao manejo do espaço urbano e meio-ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A influência das Mudanças climáticas na dinâmica hídrica de bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica é considerada uma unidade territorial, integrada por diferentes zonas no seu espaço, como áreas urbanas, florestas nativas, relevo, culturas agrícolas, rios, mares (CARDOSO et al., 2006, TUCCI et al., 2009, RODRIGUEZ e SILVA 2013, PEREIRA et al., 2015). A administração política territorial dessas unidades, depende do conhecimento prévio de suas características morfométricas (SANTOS et al., 2014, NETO et al., 2016), uma vez que os parâmetros físicos de bacias servem de sinalização sobre a vazão da bacia (SILVA et al., 2014), dependente do ciclo da água, que ocorre com a troca continua na hidrosfera.

Esse conhecimento do regime hídrico é de vital importância para o planejamento do território brasileiro, uma vez que fornece dados para construção de obras de drenagens, obtenção de dados pluviométricos. Essas informações são utilizadas, por diversos órgãos, como a defesa civil municipal, que atua na prevenção e mitigação de desastres ambientais (TUCCI, 2009, COUTINHO et al., 2013). Não obstante, estamos enfrentando graves problemas por conta da alteração deste ciclo. Diversas pesquisas vêm apontando variações no regime hidrológico mundial em virtude das mudanças climáticas (OLIVEIRA et al., 2012, BINGUAN LI et al., 2015 e HUANG, et al., 2016).

Diferentes pesquisas apontam que um dos motivos da intensificação das mudanças no clima ocorrem por conta das alterações antrópicas na superfície terrestre (NOBRE et al., 2014, SILVA al., 2016), ou seja, existe uma forte correlação entre a mudança do uso e ocupação do solo em bacias com as mudanças climáticas, a exemplo, na bacia amazônica acontece um crescente aumento nas mudanças de uso e ocupação do solo ao longo dos anos e, suas prováveis consequências são alterações no clima regional e global (MARENGO, 2010, IPCC 2015).

O último relatório do IPCC aponta que as grandes mudanças do clima são causadas por interferência antrópicas perigosa, ou seja, 95% do aquecimento global. O documento conta de três partes um informe que sintetiza todas as informações respectivamente sobre, impactos e adaptação, vulnerabilidade globais e regionais, mitigações do câmbio climático.

Em síntese o documento aponta que na America Central e do sul se intensificou a perda dos ecossistemas terrestres e houve um aumento dos desastres ambientais ligados às questões hídricas.

Os desastres hidrometeorológicos estão aumentando por causa da pressão antrópica sobre os sistemas naturais que tem alterado a sua paisagem influenciando no clima do planeta (COUTINHO et al., 2014). O aumento da produção agrícola na parte sudeste da América do Sul influenciou influência nas alterações climáticas no mundo, ou seja, a alteração do uso da terra e cobertura vegetal na America causa a alteração do clima, evidenciando a necessidade rápida de estudos nessa região do globo terrestre para mitigação desses (IPCC, 2014).

Estudos de longo-prazo sobre mudanças climáticas na América Latina acabam sendo escassos devido à falta de dados climáticos (MARENGO et al., 2009). Porém, na última década a geotecnologia tem sido melhorada, por conta do aumento da tecnologia computacional, houve um aprimoramento de softwares para se trabalhar as imagens de satélite; possibilitando assim, um maior acervo de informações de sensores e radares sobre a superfície terrestre, como o projeto com Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA), que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle) disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores, que possibilita a obtenção de dados sobre altitude e relevo (VALERIANO 2009, INPE, 2016).

Outras fontes, também foram disponibilizados com dados climáticos para subsidiar estudos de mudanças climáticas, em pesquisa recente (XAVIER et al., 2013), disponibilizou dados para América do Sul. O aumento da tecnologia e as novas fontes de informação têm influenciado em novas pesquisas sobre bacias hidrográficas e a influência que a mudança do clima causa nas bacias hidrográficas.

Para avaliar, então com precisão as influências que as mudanças climáticas vêm trazendo para as bacias hidrográficas e quem são os agentes diretos nessa mudança, é necessário no cenário brasileiro atual, um maior investimento em pesquisas voltadas para bacias hidrográficas, para podermos definir qual o melhor manejo a ser realizado nelas.

2.2 Importância das Áreas de Preservação Permanente (APP) no controle dos desastres naturais em bacias hidrográficas.

Desastres são eventos adversos que causam danos e prejuízos na sociedade (KOBIYAMA et al., 2012). Os desastres naturais são correlacionados a um fenômeno natural, que são intensos ou não, mediante as atividades ligadas a ações antrópicas (TOKARINO et al., 2011).

O desastre causa a interrupção das atividades da sociedade, sendo que essa não tem capacidade de gerenciar sozinha esse fenômeno adverso e retornar ao estágio normal de estabilidade (UNDHA, 2009, IRWIN et al., 2016). O período transcorrido até que tudo volte à normalidade é atribuído à comunidade como seu grau de resiliência (UNISDR, 2009).

Os desastres naturais são classificados de forma diferentes, de acordo com as variáveis climáticas, que os influenciam. O número de desastres geofísicos praticamente permaneceu constante, já o número de desastres hidrometeorológicos (causados pela água e pelo clima) aumentou (KOBIYAMA et al., 2012, MUNICH RE, 2014), em virtude do desmatamento desenfreado das coberturas florestais que são substituídas por pastagens e áreas agrícolas. Sendo transformadas em grandes desertos, uma vez que a vegetação é o principal sistema captador, repositório, e controlador da água e clima.

A maior fatalidade de um desastre natural não são as perdas materiais, mas, as perdas humanas, essas não voltam. Na última década houve um aumento do número de desastres naturais no mundo, na década de 1990, mais de 90% das vítimas de desastres naturais morreram em eventos hidrometeorológicos (CRED NETWORK, 2009). Só no estado do Rio de Janeiro com relação a danos humanos causados por desastres foram afetados mais de 4 milhões de fluminenses (CEPED, 2013). Além disso, foram registrados 1680 mortes (Tabela 1).

Tabela 1: Falecimentos Registrados pelos municípios entre 1991/2012 ocasionados por Desastres Ambientais.
Fonte: (Adaptado Atlas de desastres ambientais, 2012).

Município	Mesorregião	Mortos
Nova Friburgo	Centro Fluminense	440
Teresópolis	Metropolitana do Rio de Janeiro	412
Niterói	Metropolitana do Rio de Janeiro	334
Petrópolis	Metropolitana do Rio de Janeiro	209
Angra dos Reis	Sul Fluminense	87
Rio de Janeiro	Metropolitana do Rio de Janeiro	63
São Gonçalo	Metropolitana do Rio de Janeiro	27
Sapucaia	Centro Fluminense	23
Duque de Caxias	Metropolitana do Rio de Janeiro	12
Magé	Metropolitana do Rio de Janeiro	7

A cada ano os desastres aumentam no território Brasileiro, causando mais impactos. Em 2013, foram oficialmente reportados 493 desastres naturais, os quais causaram 183 óbitos e afetaram 18.557.233 pessoas (FUNDAÇÃO OSVALDO CRUZ, 2015).

No Brasil, os desastres mais comuns estão associados aos aumentos de chuvas, movimento de massas ou reduções da mesma, como as secas, incêndios florestais (CAULA et al., 2015; KOBİYAMA et al., 2010). No Brasil entre 1900 a 2006, segundo SEDEC (Secretaria de Estado de Defesa Civi), mais de 60% dos casos registrados desses desastres naturais ocorreram nas regiões do Brasil Sul e Sudeste do Brasil.

O fator mais preocupante para a realidade brasileira sobre os números crescentes de desastres, reside na questão sociocultural. Quando a humanidade parou de ser nômade e passou a ser fixar em pontos estratégicos do território, a primeira ação tomada pela espécie humana foi o desmatar e aterrar as planícies de inundações perto dos rios, respectivamente, para a produção agrícola e a construção de suas moradias (SILVA et al., 2009). Modelos adotados pela sociedade medieval, que perduram até os dias atuais, são as grandes causas da geração dos problemas socioambientais relacionados às inundações nas imediações de bacias hidrográficas brasileiras (COUTINHO et al., 2012).

Diversas pesquisas têm sido realizadas mostrando a contribuição da cobertura vegetal no controle de desastres naturais nas imediações das bacias (KOBİYAMA et al., 2012, FERREIRA et al., 2017). As florestas são de ampla importância para o balanceamento do ciclo hidrológico (RODRIGUES et al., 2015), pois realizam distintas funções eco-hidrológicas, como citado respectivamente, o controle da vazão hídrica dos diferentes canais de água na bacia, regularização dos processos naturais de erosão e assoreamento, logo isso tudo acaba por influenciar no escoamento superficial da bacia (LIMA et al., 2013).

A vegetação influencia no controle hídrico da bacia hidrográfica, exercendo controle no escoamento superficial da água nesse sistema, sendo a cobertura florestal o principal agente para mitigar de desastres naturais. Ou seja, a sua presença ou ausência na posição do

relevo que ocupam, em particular se elas se encontram no topo de morro, nas encostas, ao longo dos cursos dos rios.

Estudos apontam que em São Paulo o assoreamento dos corpos d'água em alguns locais já são sentidos a quilômetros de distância em bacias hidrográficas (LEAL et al., 2015), reservatórios d'água, ou nos intervalos (FALKENMARK et al., 1999), a presença ou não de vegetação definem a intensidade da catástrofe ambiental (SANTOS et al., 2012).

A partir do momento que as florestas exercem a função de controle de desastres naturais, em um cenário de aumento dos seus efeitos devastadores para a humanidade (MARENGO et al., 2010); entra em discussão cada vez mais a necessidade de mecanismos mais eficazes de fiscalização e planejamento para sua proteção, principalmente, nas áreas de imediações de bacias, encostas, que já são áreas de preservação permanente protegidas por lei (Lei 12.651, de 2012).

Com a recente mudança do Código Florestal (Lei 4771, de 1965) revogada pelo Novo Código (Lei 12.651, de 2012) ocorreu a diminuição das áreas de APP's (COUTINHO et al., 2013)

As APP's se encontram em áreas que são de vital importância a sua preservação, pois são áreas onde a cobertura vegetal funciona como mitigadora de desastres naturais, urge no cenário atual a necessidade de delimitação das áreas protegidas vistas as mudanças que ocorreram no código florestal(BONAMIGO et al., 2017).

Pesquisadores já encontravam dificuldades para a delimitação de áreas protegidas, pela complexidade legal que esta já envolvia, bem como a vasta extensão territorial do Brasil, com suas diferenças topográficas físicas, e biomas (RIBEIRO et al., 2006). Metodologias aplicadas de geoprocessamento e sensoriamento remoto têm se tornado um grande auxílio para a diminuição dos problemas de mapeamento de áreas protegidas(GONÇALVES, 2012).

As geotecnologias estão sendo utilizadas cada vez mais para o mapeamento do uso e cobertura do solo em áreas protegidas, principalmente em APPs, que abrangem as categorias de vegetação encontradas em áreas topográficas e ao longo dos recursos hídricos, que são classes de difícil delimitação (OLIVEIRA et al., 2002, NASCIMENTO et al., 2005, LUPPI et al., 2015).

O uso de geotecnologias possibilita diferentes aplicações para análise dessas regiões com essas diferentes delimitações naturais e antrópicas, com intensas mudanças no solo ao longo do tempo, devido a disponibilidade de imagens orbitais, no conhecimento dos espectros das propriedades dos alvos e inferências ambientais do dossel florestal com base em dados de Índices de Vegetação (IV) (PONZONI et al., 2002, LIMA et al., 2007, DAMM et al., 2015).

Na última década têm sido crescente os estudos para delimitação de áreas protegidas (SERIGGATO et al., 2006). O avanço da tecnologia da informação trás cada vez mais instrumentos que permitem análises eficazes e rápidas no monitoramento do uso do solo. Comprovada pela diversidade de pesquisas relacionadas a esse tema (EUGENIO et al., 2011).

Em estudos realizados por RIBEIRO et al.,2002, OLIVEIRA et al.,2008, LIMA et al., 2012, os pesquisadores utilizaram geotecnologias para delimitação de áreas protegidas, APP, mostrando como o uso das técnicas de sensoriamento remoto (SR) tem sido uma opção factível em estudos para mapeamento na área protegida e classificação do uso e cobertura do solo (BATISTELLA et al., 2005, DELGADO et al., 2010).

Com o advento da alteração do código florestal os estudos para mapeamento do solo baseado na classificação do código florestal sofreram algumas alterações, principalmente, para estudos relacionados a topo de morros. Em seu trabalho NERY et al. (2013) utilizou dados de sensoriamento remoto e o novo código florestal para classificar as áreas protegidas, os mapas foram elaborados com o software ArcGis 10, e depois realizou a

classificação com o antigo código florestal, encontrando resultados sobre a diminuição das áreas protegidas em topos de Morros.

Esse resultado demonstra a necessidade de pesquisas utilizando o novo código florestal para identificação das áreas protegidas dentro da nova classificação e análise do uso e ocupação do solo, pois se com o Novo Código ocorreu uma diminuição de áreas preservadas, isso pode contribuir para o aumento, num futuro próximo, de questões relacionadas aos desastres naturais, já que as áreas de preservação permanente são de vital importância para o controle de eventos extremos(COUTINHO et al.,2013).

A prevenção contra desastres ambientais também está Prevista na Lei 9.433/1997 sobre recursos hídricos, que prevê a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento para gestão ambiental, tratando sobre eventos críticos, em um dos seus objetivos: “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”. Destacando o cuidado que deve ser tomado para preservar a mata ciliar ao longo dos rios ou qualquer curso de água, pois tem a função ambiental de evitar o assoreamento dos rios e absorver parte da água na hipótese de enchentes(AMADO, 2014).

Assim, as ações preventivas contra desastres dependem da fiscalização das APP's, pois em parte os desastres estão associados ao não cumprimento de regras previsto desde o antigo código até ao atual. Discussões por parte dos órgãos públicos não tem se mostrado tão efetivas, a medida que têm gerado poucos resultados, enquanto, crescentemente são os casos de calamidade pública recorrente a desastres naturais pelo manejo não adequado do solo (COUTINHO et al., 2013). A medida mais efetiva será o investimento em capacitação de profissionais e geotecnologias aprimoradas voltadas para estudos florestais, à medida que a fiscalização das áreas verdes são a grande possibilidade de controle sobre desastres.

CAPITULO I

ATRIBUTOS FÍSICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RONCADOR ASSOCIADOS À MUDANÇA DA PAISAGEM

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise temporal de atributos biofísicos da bacia hidrográfica do Rio Roncador, localizado no município de Magé, Rio de Janeiro. Utilizaram-se dados do SRTM para a determinação da morfometria da bacia hidrográfica e duas imagens da plataforma orbital Landsat5 sensor TM (28/01/1986 e 15/02/2010) aplicado o algoritmo SEBAL para caracterizar a dinâmica da paisagem nesse período. Os resultados indicam que a bacia hidrográfica possui uma área de drenagem equivalente a 186,21 km², perímetro de 101,78 km, índice de circularidade igual a 0,22, fator forma de 0,26 e índice de compacidade de 2,09. Estes resultados indicam que a bacia hidrográfica não é propícia à enchente, devido principalmente a sua forma alongada. Foi possível verificar que no intervalo de 24 anos ocorreu desmatamento na região além da mudança na cobertura do solo da bacia hidrográfica. Os resultados obtidos indicaram uma tendência de redução nas áreas de preservação permanente de -13,4% da bacia hidrográfica. Conclui-se que ações antropogênicas foram capazes de alterar a cobertura superficial do solo e que por sinal podem ter influenciado a dinâmica hídrica da bacia hidrográfica.

PALAVRAS-CHAVE: mudança da paisagem, disponibilidade hídrica, desastres ambientais, processamento de imagens.

ABSTRACT

The objective of this study was to conduct a temporal analysis of biophysical attributes of the river basin of Rio Roncador, located in the municipality of Magé, Rio de Janeiro. SRTM data were used for the determination of the river basin morphometry and two images of the orbital platform Landsat5 TM sensor (01/28/1986 and 02/15/2010) applied the SEBAL algorithm to characterize the landscape dynamics in this period. The results indicate that The river basin has a drainage area equivalent to 186.21 km², perimeter 101.78 km, circularity index equal to 0.22, form factor 0.26 and compars index 2.09. These results indicate that the river basin is not prone to flooding, mainly due to its elongated form. It was possible to verify that in the interval of 24 years, deforestation occurred in the region beyond the change in the coverage of the soil of the river basin. The results indicated a tendency of reduction in the areas of permanent preservation -13.4% of the river basin. It is concluded that anthropogenic actions were able to alter the surface cover of the soil and that, by the way, may have influenced the water dynamics of the river basin.

Key-Words: landscape change, water availability, environmental disasters, image processing.

1. INTRODUÇÃO

O cenário atual brasileiro vem enfrentando diversas crises de ordem ambientais, cita-se como fonte principal as questões hídricas, grande parte destes problemas surge do manejo inadequado do solo nas imediações das bacias hidrográficas (COUTINHO et al., 2013; ALVES et al., 2015), com a retirada da cobertura vegetal, ocorre a substituição da floresta por áreas urbanas e pastagens, essas modificações da paisagem, sem planejamento, geram os problemas hidrológicos e de drenagem nas regiões hidrográficas (BORGES et al., 2011), que são agravados em virtude da falta de informações consistentes e confiáveis sobre a morfometria das bacias hidrográficas (SILVA et al., 2015).

Têm sido observados desastres ambientais em bacias hidrográficas por fatores ligados aos recursos hídricos. Devido a esses problemas associados a eventos extremos, tem ocorrido um aumento no número de vítimas fatais, sendo os principais devido a inundações (59% dos registros) e os escorregamentos (14%). Esses desastres devem-se principalmente aos índices extremos de precipitação pluviométrica (COUTINHO et al., 2013). Por esses motivos, estudos têm sido realizados considerando os atributos físicos das bacias hidrográficas (SANTOS et al., 2014) e sua relação com características ecossistêmicas no seu entorno, em particular a cobertura vegetal.

Os estudos de Pereira et al. (2014), apontam que a manutenção da cobertura vegetal influencia na conservação do solo, microclima local, precipitação pluviométrica, albedo, variáveis essas que podem ser utilizados para uma melhor compreensão a dinâmica do ciclo hidrológico (CARDOSO et al., 2006), no sentido de propor ações mitigadoras, para os problemas encontrados nas bacias hidrográficas, principalmente na região Sul e Sudeste, as quais são submetidas as maiores adversidades atmosféricas (CEPED, 2012).

De modo geral, para a tomada de decisões para o planejamento agrícola e setor florestal dos municípios são necessárias a obtenção de informações que sirvam de mecanismos para os gestores municipais, entretanto esses, não possuem acervos de informações detalhadas como mapas e cartas planialtimétricas, que possam auxiliar nos estudos de caracterização física das bacias hidrográficas em suas respectivas regiões e conseqüentemente para o planejamento urbano e rural.

Existem opções gratuitas fornecidas pelo projeto Topodata(VALERIANO et al., 2014), que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores (EHSANI et al., 2010; CECILIO et al., 2013). Estudos recentes têm utilizado essa fonte para estudos de bacias hidrográficas (SILVA et al., 2014 e FRAGA et al., 2014), para melhor inferência sobre o manejo e no processamento de delimitação automática destas (MENDONÇA et al., 2007).

O uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento servem como ferramentas tecnológicas primordiais para utilização dos dados de MDE e de parâmetros ambientais (ALMEIDA et al., 2014; BEZERRA et al., 2014; SANTOS et al., 2014; SILVA et al., 2014 e SILVA et al., 2015).

A rápida transformação na estrutura e fisionomia urbana, no município de Magé/RJ, ocorrida na última década, em função das obras do gasoduto da Petrobrás, tem levado a intensas mudanças ambientais na Bacia do Rio Roncador, sendo um fenômeno observado pelo município e registros encontrados na secretária municipal e proteção de Defesa Civil de Magé, que apontam um aumento de desastres naturais.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica da paisagem no intervalo de 24 anos e a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Roncador, localizado no

município Magé, no Rio de Janeiro, utilizando dados do SRTM do programa TOPODATA e Landsat 5 TM.

2. MATERIAL E METODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Rio Roncador (BHRR), inserida no município de Magé/RJ (Figura 1), é limitada ao norte pela Serra dos Órgãos, onde se encontra sua principal nascente a montante; ao sul pela Baía da Guanabara e a Bacia do Rio Iriri. A BHRR está localizada entre as coordenadas 22°39'10" de latitude Sul e 43°02'26" de longitude Oeste, apresenta vegetação de Floresta Ombrófila Densa Submontana, cujos remanescentes se encontram em diferentes estágios sucessionais (IBGE, 1994).

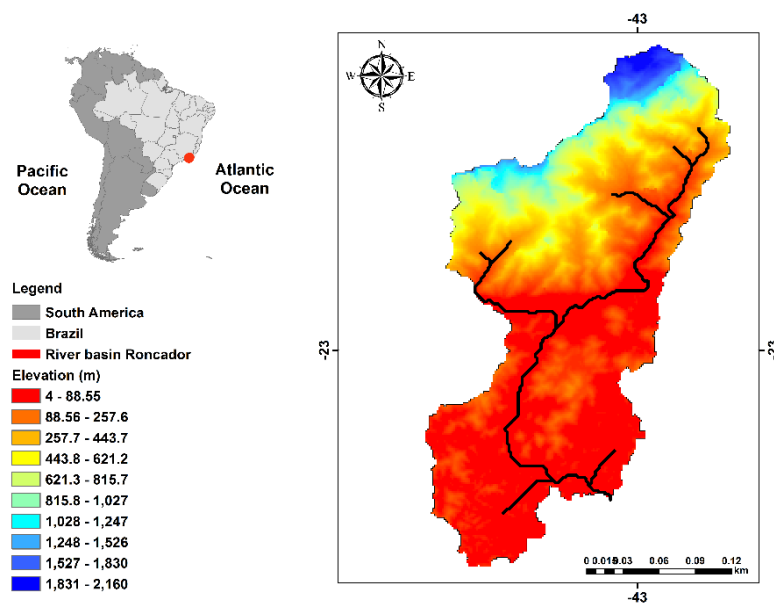


Figura 1: Modelo Digital Elevação (MDE) da Bacia Hidrográfica do Rio Roncador.

A região hidrográfica da Baía de Guanabara, a qual está inserida a BHRR, possui um microclima típico de região litorânea tropical, influenciada por fatores como latitude e longitude, proximidade do mar, topografia, natureza da cobertura vegetal e, sobretudo, as ações das circulações atmosféricas de larga escala, como frentes frias e brisas marítimas (ROBERTO et al., 2009).

A área de estudo está compreendida na porção climática intertropical, apresentando clima quente e chuvoso. De acordo com ROBERTO et al. (2009), na região do município de Magé, a pluviosidade varia entre 1000 mm e 2200 mm e o clima da área pode ser caracterizado de acordo com Köppen como quente e úmido, com temperatura média anual de 20°C. Quanto à geologia a área situa-se sobre o embasamento cristalino, que se estende do Norte do Estado do Rio de Janeiro (Serra do Mar) até ao Cabo de Santa Catarina (AMADOR, 1996).

Quanto aos solos, predominam os Argissolos Vermelhos e Vermelhos Amarelos, Neossolos Litólicos e Regolíticos, Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos (SANTOS et al., 2013) característicos da Baixada da Guanabara (MENDONÇA et al., 2007). No fundo da baía, a leste da foz do Rio Estrela e a oeste da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, situam-se as praias.

O MDE foi obtido, a partir de imagens do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 30 x 30 m (Figura 2). A altitude foi obtida na seguinte pela carta 22S435. O software utilizado para interpretação das imagens SRTM foi o ArcGis 10.2®.

O método utilizado para a confecção do MDE subdividiu-se em duas etapas, a primeira etapa para obtenção da morfometria física da bacia a partir do MDE e a segunda etapa, após a delimitação da área da bacia, para calcular a área e o perímetro, em seguida utilizando planilha eletrônica e as equações descritas por CARDOSO et al., 2006; SILVA et al., 2014 e FARIA et al., 2014, para determinar as distintas características da bacia.

O coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (F), índice de circularidade (IC) e a densidade de drenagem (Dd) foram calculados pelas Equações 1; 2; 3 e 4, respectivamente (CARDOSO et al. 2006),

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

em que:

Kc - coeficiente de compacidade, (adimensional)

P - perímetro da bacia hidrográfica, m

A - área de drenagem da bacia hidrográfica, m²

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

em que:

F - fator de forma, (adimensional)

A - área de drenagem da bacia hidrográfica, m²

L - comprimento do eixo da bacia hidrográfica, m

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad (3)$$

em que:

IC - índice de circularidade (idem)

A - área de drenagem da bacia hidrográfica, m²

P - perímetro da bacia hidrográfica, m

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (4)$$

em que:

Dd -densidade de drenagem, km km⁻¹

Lt - comprimento total de todos os canais, km

A - área de drenagem da bacia hidrográfica, km²

Aplicando-se as Equações 5 e 6 descritas por Fraga et al. (2014), tem-se:

em que:

$$C_m = \frac{1}{D_d} * 1000 \quad (5)$$

Cm - coeficiente de manutenção, m² m⁻¹

Dd - densidade de drenagem, m m⁻²

Aplicando a Equação 6 descritas por Faria et al. (2014), tem-se:

$$D_r = \frac{N}{A} \quad (6)$$

em que:

Dr – Densidade de Rios, Km²

N - Número de Rios

A - área de drenagem da bacia hidrográfica, Km²

O Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) foi utilizado como entrada para a geração da altitude no *software ArcGis 10.2*.

Delimitada a BHRR, iniciou-se os processamentos das imagens orbitais oriundas do sensor TM. Foram selecionadas 2 imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat 5 (28/01/1986 e 15/02/2010), órbita 217 e ponto 76 da série histórica disponibilizada no Catálogo de Imagens no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>) de forma a obter-se concomitantemente imagens com menor cobertura de nuvens.

As imagens foram processadas no software ERDAS IMAGINE 2015, utilizando a plataforma ModelMaker. Utilizou-se como padrão o algoritmo SEBAL (Surface Energy

Balance Algorithm for Land) proposto por BASTIAANSSEN et al. (1998). No software ERDAS IMAGINE 2015 calculou-se a união das bandas do satélite, a calibração radiométrica (MARKHAM&BAKER, 1987; CHANDER et al., 2009), refletividade (ALLEN et al., 2002) e o índice de vegetação Normalized Vegetation Index (NDVI) proposto por ROUSE et al. (1973 e 1974).

“O NDVI de 1986 e 2010 foi transformado em arquivos “txt” para interpretação e quantificação das classes de cobertura do solo para o período estudado de acordo com o método proposto por SANTOS et al. (2008).

Todos os procedimentos adotados na determinação da delimitação da bacia hidrográfica e sua caracterização física, bem como a utilização do algoritmo SEBAL, são representados na Figura 2.

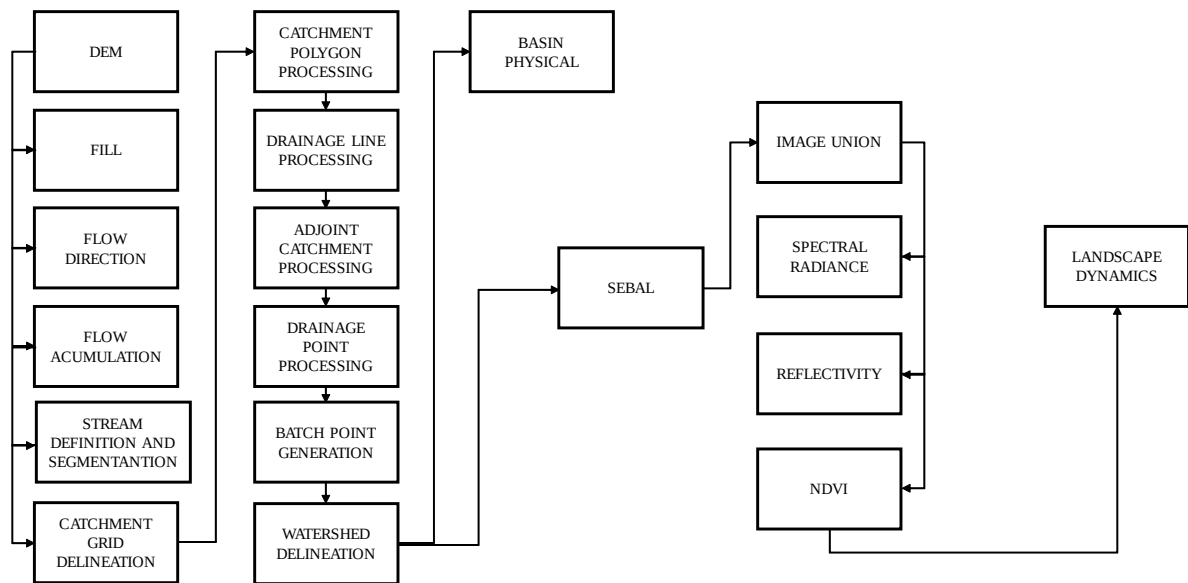


Figura 2: Fluxograma de todas as etapas desenvolvidas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características morfométricas da BHRR são apresentadas na Tabela 2. De acordo com os resultados obtidos, a BHRR apresenta uma área de drenagem de 186,21 km², perímetro equivalente a 101,78 km e comprimento axial de 26,79 km. Para CECILIO et al. (2013) a área da bacia serve de indicador do seu potencial hidrológico, já que, quanto maior a área, menor a tendência de acontecer enchentes, pois maior será o tempo para que todas as redes hidrográficas contribuam de uma só vez na bacia.

Tabela 2: Características da bacia hidrográfica do Rio Roncador

Características Geométricas	Valores
Área de drenagem (A)	186,21 km ²
Perímetro	101,78 km
Comprimento axial da Bacia	26,79 km
Largura média	7,06 km
Coeficiente de compacidade (KC)	2,09
Fator de forma (F)	0,26
Índice de circularidade (IC)	0,22
Características do Relevo	Valores
Altitude maior (m)	2160
Altitude menor (m)	4
Altitude média (m)	362,33
Amplitude altimétrica	2156
Características da Rede de Drenagem	Valores
Comprimento total de todos os Canais	0,049 (km)
Comprimento do Rio principal	28,56 (km)
Densidade de Drenagem (Dd)	0,00027(km)
Densidade de Rios	0,042 km ²
Coeficiente de manutenção	3770,50 m ² m ⁻¹
Número de drenos	8

Os índices Kc, IC e F indicam a geometria da BHRR e como é seu padrão em relação a problemas decorrentes de enchentes, ou se a bacia é pouco suscetível a enchentes. O Kc foi de 2,08 indicando uma bacia hidrográfica com característica irregular, quanto mais esse valor se distancia da unidade 1 e indica que a vazão da bacia é bem distribuída ao longo do canal principal, sendo, portanto, uma bacia pouco suscetível a enchentes acentuadas em condições normais de chuva (SANTOS et al., 2014). O F é outro indicativo de tendências para

inundações de bacias, quanto mais próximo da unidade 1, maiores serão os picos rápidos de cheia. A BHRR apresentou o valor F de 0,26 confirmando o mesmo padrão observado para o coeficiente de compacidade, indicando pequena probabilidade de ser submetida a enchentes. Pelo IC que é de 0,22, constata-se que a BHRR apresenta formato alongado demonstrando ser susceptível ao escoamento lento.

Segundo VILLELA & MATTOS et al. (1975), as bacias hidrográficas com formatos alongados possuem menor concentração de escoamento superficial. Considerando essa característica, pode-se inferir que a BHRR apresenta menor risco de inundações em condições normais de chuva. Dessa forma, a calha principal do rio Roncador não irá receber simultaneamente contribuição de todos os canais, reduzindo dessa forma o risco de transbordamento.

A bacia hidrográfica está inserida em uma região que apresenta um elevado contraste altimétrico cuja nascente ocorre na Serra dos Órgãos com altitude máxima de 2160 m na sua cabeceira e o exutório na Baía da Guanabara, cuja variação de altitude está entre 4 m e 2156m. A amplitude altimétrica da área é de 2156 m. Segundo DUARTE et al. (2007), a variação da amplitude altimétrica de uma bacia hidrográfica tem grande relação com a temperatura e a chuva, gerando diferenças significativas na sua temperatura média, que consequentemente, pode promover variações na evapotranspiração e chuva anual (SANTOS et al., 2014). Portanto, em função da alta variação da elevação, a bacia é sujeita a variações ambientais extremas.

Nas partes mais altas, onde a declividade é maior, ocorrem solos como Argissolos, Cambissolos e Neossolos (ECOLOGUS – AGRAR, 2005), que em função dos seus atributos físicos, como a presença de um Bt nos Argissolos e a pequena espessura de Cambissolos e Neossolos, limita o fluxo interno de água favorecendo o escoamento superficial e consequentemente o processo erosivo e deslizamentos.

Em estudo realizado por SILVA et al. (2016), na Bacia do Rio Munique, MG, os autores verificaram uma elevada amplitude altimétrica na bacia e com predomínio de declividade acentuada, possuindo um alto potencial para ocorrência de enchentes, visto que se trata de uma bacia de alta energia; apresentando um alto índice de rugosidade em consonância com a declividade.

Diante dos resultados obtidos, infere-se que a BHRR apresenta característica semelhante à de amplitude altimétrica, em comparação ao estudo de SILVA et al. (2014), o que promove um fenômeno característico na região conhecido como enxurradas, a primeira causa de maiores desastres naturais na região (ROBERTO et al., 2009). Esse padrão é distinto do observado nas áreas mais baixas de bacias. Nessas áreas, ocorre uma maior taxa de infiltração e menor velocidade de escoamento (TONELLO et al., 2006), diminuindo o potencial para inundação, mesmo com a grande diferença da amplitude altimétrica.

Porém, de forma distinta, tal situação não é observada, a baixada é influenciada pelas marés, que ocorrem durante as chuvas intensas, causando inundação das áreas planas, afetadas por pequenos canais conectados ao rio Roncador (SACHETO, 2012).

O cálculo de densidade de rios é importante por que representa o comportamento hidrográfico de determinada área. Quanto menor o valor encontrado, menor será a capacidade da bacia hidrográfica de gerar novos cursos de água (CHIRISTOFOLETTI, 1969). O índice encontrado para densidade dos rios para bacia do Rio Roncador foi de 0,043 km² indicando que a bacia não tem capacidade de gerar novos cursos de água em relação a área da bacia. Em seu estudo LIRA et al., 2012, encontrou resultado semelhante indicando que no Igarapé Amaro esta bacia está bastante antropizada. Assim, evidencia-se que a bacia do rio Roncador vem sofrendo um processo antrópico ao longo do tempo, fator que afeta a sua integridade ecológica, acarretando sérios problemas hídricos.

Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), demonstram o rápido crescimento da área urbana no município de Magé nas últimas décadas e a intensa transformação das áreas verdes por pastagem e área agrícola. Essa intensa transformação do uso e ocupação do solo tem agravado os problemas de escoamento superficial na bacia e acarretado desastres como movimentos de massa.

A partir de imagens do sensor TM e posteriormente quantificação das classes de cobertura do solo existentes na área de estudo, verificou-se que para o ano de 1986 havia 49,61 km² de cobertura vegetal densa e no ano de 2010 a mesma classe apresentou o valor 24,72 km². Portanto, no período de 24 anos ocorreu uma redução média de -13,36% da cobertura vegetal na área da bacia hidrográfica. O que significa decréscimo nas áreas classificadas como vegetação muito densa (Tabela 3). As áreas classificadas como água e sombra, áreas não vegetadas e vegetação bastante esparsa também apresentaram reduções, mas com valores inferiores a 1%. A vegetação esparsa e densa foram áreas em que apresentaram crescimento significativo de 1,19% e 13,21%, respectivamente.

Tabela 3: Quantificação das classes de cobertura do solo para os anos de 1986 e 2010 na BHRR.

Classes	1986		2010		Diferença
	km ²	%	km ²	%	%
Água e sombra	1,05	0,56	0,01	0,00	-0,56
Áreas não vegetadas	1,27	0,68	1,08	0,58	-0,10
Vegetação bastante esparsa	0,85	0,46	0,15	0,08	-0,38
Vegetação esparsa	9,40	5,05	11,62	6,24	1,19
Vegetação densa	124,00	66,60	148,58	79,82	13,21
Vegetação muito densa	49,61	26,64	24,72	13,28	-13,36
Área total	186	100	186	100	

De acordo com ALMEIDA et al. (2014) as mudanças na paisagem estão associadas aos tipos de atividades como agricultura, agropecuária, mineração e práticas de irrigação.

No Município de Magé/RJ, vários são os fatores que causam a não infiltração da água na bacia hidrográfica, como falta de cobertura vegetal, substituído por intenso processo de urbanização na planície de inundação que deveria estar protegida por APP (Áreas de Preservação Permanente).

Os menores valores de NDVI estão situados nas porções leste e sul das imagens (1986 e 2010), representadas pelas classes áreas não vegetadas, vegetação bastante esparsa e vegetação esparsa (Figura 3). Estas áreas localizadas a leste e sul das imagens são as regiões onde a elevação é mínima, sendo áreas ocupadas por pastagens e urbanização. Verifica-se na imagem de 2010 (direita), que as áreas classificadas com menores valores de vegetação aumentam em todas as direções da área de estudo.

Os maiores valores são observados nas porções noroeste e norte. Estas regiões por apresentarem maiores elevações ou maiores percentuais de declividades e apresentam um menor percentual de urbanização.

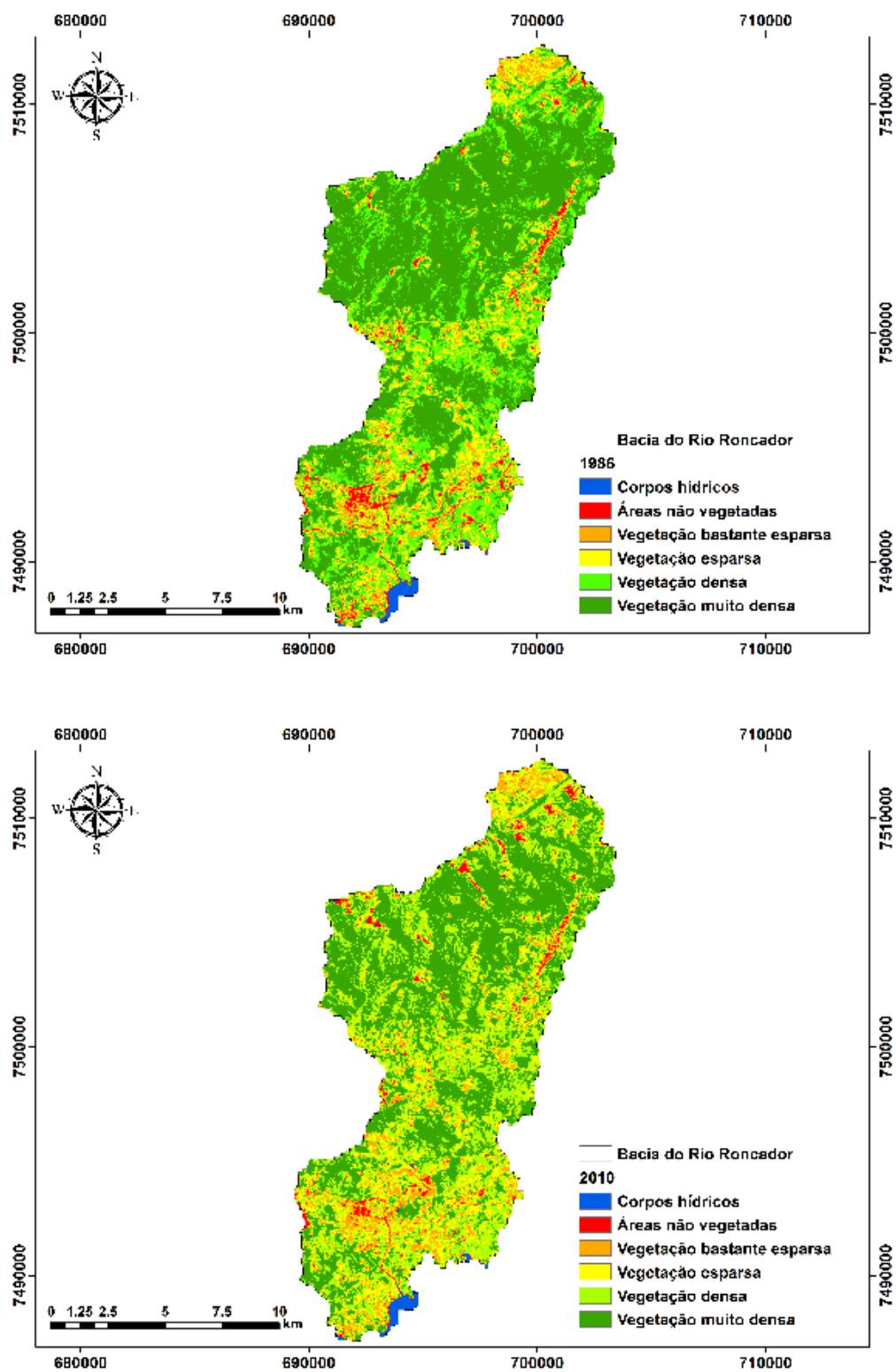


Figura 3: Classificação da imagem NDVI para o ano de 1986 (a) e 2010 (b) da BHRR.

Valores de NDVI superiores a 0,44 - 0,75 (vegetação densa) e 0,75 – 1,00 (vegetação muito densa) podem contribuir de forma favorável para a manutenção da umidade do solo, atenuando o aquecimento e detendo a perda de calor sensível pela superfície do solo.

Segundo SANTOS et al. (2015) quando a vegetação é removida o solo é, conseqüentemente, exposto a uma maior incidência de radiação solar, proporcionando uma maior perda de água por evaporação, o que fica evidente neste trabalho, já que em 2010, os valores de NDVI decaem progressivamente, além do solo reter menor radiação, estas áreas com menores vegetações implicam em uma menor interceptação de água da chuva, o que acelera o escoamento superficial da bacia em períodos de enchentes.

4. CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica não possui na sua morfometria física tendência para processos característicos de eventos ligados a desastres hidrológicos. Porém, alterações ambientais ocorridas ao longo dos últimos anos influenciam para que a bacia apresente sérios problemas no seu padrão hidrológico, o que indica a necessidade de um manejo criterioso nas suas mediações.

As técnicas de sensoriamento remoto aplicadas a softwares de programação em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, como ferramenta de análise para caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, apresentam-se como um meio eficaz para fornecer dados para o manejo das imediações das regiões hídricas.

CAPÍTULO II

IMPLICAÇÕES DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RONCADOR NA MUDANÇA DO USO E COBERTURA DO SOLO E SUA CORRELAÇÃO COM VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Este capítulo baseia-se na análise detalhada sobre os efeitos (impactos) que a mudança da paisagem provocada por fatores antrópicos esta gerando na Bacia hidrográfica do Rio Roncador e nas suas mediações.

RESUMO

As mudanças no uso e cobertura do solo, provocadas pelas ações antrópicas, têm gerado grandes impactos nas paisagens. Esses impactos podem ser amenizados através do uso de geotecnologias utilizando-se informações espaço-temporais das modificações ocorridas no ecossistema. Este trabalho apresenta uma análise espaço temporal detalhada da dinâmica do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Roncador, localizada no município de Magé no Estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 1985 a 2010. As cenas foram classificadas por dois métodos, para ambos foram utilizados os produtos do sensor Thematic Mapper, a classificação não-supervisionada empregou-se o K-médias para as imagens 1985 a 2000; para a classificação supervisionada empregou-se o algoritmo Máxima Verossimilhança (MAXVER) 2005 e 2010. Para a aferição como verdade de campo utilizou-se o Google Earth, onde foram coletadas diferentes classes de uso e cobertura do solo. As classes selecionadas em campo foram: área urbana, área agrícola, pastagem, solo exposto, floresta nativa, vegetação secundária, manguezal, campo de altitude, água. Foi feita uma regressão linear múltipla, correlacionando o NDVI médio (variável dependente) com as variáveis climáticas independentes (radiação solar global, temperatura média do ar, umidade relativa do ar, evapotranspiração, e chuva) para uma série espaço temporal de 25 anos (1985 a 2010). O resultado representativo da classificação geral da imagem teve um valor muito bom para os anos de 2005 e 2010 (68% e 74%), respectivamente. O índice Kappa, quando observado por classes para o ano de 2005, apresentou valores baixos para as áreas de solo exposto e campo de altitude (14% e 30%) , e para o ano de 2010, apresentou valores baixos para classe área urbana (25%), esses valores baixos refletem que a amostragem foi inadequada para classificação da resposta espectral destas feições. As classes área urbana e área agrícola (53% e 48%) para o ano de 2005 apresentaram valores medianos de Kappa para as suas feições em relação a amostragem para a classificação de sua resposta espectral, respectivamente. As classes Pastagem e área agrícola (48% e 43%) para o ano de 2010 apresentaram valores medianos de Kappa. No entanto, a classe floresta nativa e mata secundária em ambas mostraram valores representativos, respectivamente para o 2005 e 2010, (76% e 80%; 100% e 79%) de acordo com o índice Kappa. Concatena-se com os resultados do Kappa Global, que durante o período estudado de 25 anos para as classes de uso e ocupação do solo na BHRR passaram por uma grande transformação, com a redução média de (-49%) das áreas de vegetação nativa por aumento de áreas como urbana (25%) e agricultura (31%). Isso gerou a transformação da paisagem, a vegetação predominante foi sendo substituída por uma cobertura florestal cada vez mais degradada e com perda da biodiversidade, reduzindo as áreas de APPS Manguezal e Campos de Altitude, respectivamente, 11% e 10%, dando lugar a uma vegetação secundária totalmente fragmentada com crescimento de 12%. Verificou-se essa alteração do uso da terra e cobertura vegetal tem relação possível com os desastres ambientais de origem hidrometeorológicos na região (Alagamentos e Enxurradas). A análise estatística evidenciou que a chuva e temperatura do ar foram as únicas que apresentaramu sigma significativo, respectivamente, (0.04) e (0.021), o R^2 (0.47), que significa que 47% das variações do “índice de vegetação” são explicados pelas variáveis ambientais. Para melhorar o R^2 do modelo seria necessário ser acrescentada mais variável explicativa a equação. Conclui-se assim, que a paisagem da bacia hidrográfica do rio Roncador está muito comprometida em sua integridade ecológica, pois não apresenta um bom grau de preservação da vegetação

nativa, principalmente em suas APPs, fator que tem afetado grandemente a estabilidade física da bacia hidrográfica.

Palavra-chave: Dinâmica da Vegetação, Classificação de Imagens, Danos Ambientais.

ABSTRACT

The changes in land use and cover caused by anthropic actions have generated great impacts on the landscape. These impacts can be mitigated through the use of geotechnologies using spatiotemporal information of the changes occurring in the ecosystem. This work presents a detailed temporal analysis of the soil use and occupation dynamics of the Rio Roncador river basin, located in the municipality of Magé in the State of Rio de Janeiro, between 1985 and 2010. The scenes were classified by two methods, for both the Thematic Mapper sensor products were used, the non-supervised classification was used the K-means for the images 1985 to 2000; For the supervised classification, the Maxima Likelihood (MAXVER) algorithm 2005 and 2010 was used. To verify as field truth, we used Google Earth, where different classes of land use and cover were collected. The classes selected in the field were: urban area, agricultural area, pasture, exposed soil, native forest, secondary vegetation, mangrove, altitude field, water. A linear multivariate regression was performed, correlating mean NDVI (dependent variable) with independent climatic variables (global solar radiation, mean air temperature, relative air humidity, evapotranspiration, and rainfall) for a 25-year time series (1985 To 2010). The results of the general image classification had a very good value for the years 2005 and 2010 (68% and 74%), respectively. The Kappa index, when observed by classes for 2005, presented low values for the (14% and 30%), and for the year 2010 presented low values for urban area class (25%), these low values reflect that the sampling was inadequate to classify the spectral response of these Features. The urban and agricultural area classes (53% and 48%) for the year 2005 presented median Kappa values for their features in relation to sampling for the classification of their spectral response, respectively. The classes Pasture and agricultural area (48% and 43%) for the year 2010 presented median values of Kappa. However, the native forest class and secondary forest in both showed representative values, respectively for 2005 and 2010, (76% and 80%, 100% and 79%) according to the Kappa index. It is concatenated with the results of the Kappa Global, that during the studied period of 25 years for the classes of land use and occupation in the BHRR underwent a major transformation, with the average reduction of (-49%) in native vegetation areas due to the increase of areas as urban (25%) and agriculture (31%). This generated the transformation of the landscape, the predominant vegetation was replaced by an increasingly dense forest cover with loss of biodiversity, reducing APPS Manguezal and Altitude Fields, respectively, by 11% and 10%, giving rise to a Completely fragmented secondary vegetation with growth of 12%. This alteration of land use and vegetation cover has been related to possible environmental disasters of hydro-meteorological origin in the region (Storms). Statistical analysis showed that rainfall and air temperature were the only ones that presented significant sigma, respectively (0.04) and (0.021), R^2 (0.47), which means that 47% of the variations of the "vegetation index" are explained By environmental variables. To improve the R^2 of the model it would be necessary to add more explanatory variable to the equation. It is concluded that the landscape of the river basin of the Roncador river is very compromised in its ecological integrity, since it does not present a good degree of preservation of the native vegetation, mainly in its APPs, factor that has greatly affected the physical stability of the hydrographic basin.

Keywords: Vegetation dynamics, Image Classification, Environmental Damage.

1. INTRODUÇÃO

É amplamente conhecido que a percepção humana vem mudando em relação à noção dos recursos naturais e que estes são uma fonte não renovável, escasso em um futuro próximo se não for preservado, podendo comprometer a sobrevivência de futuras gerações.

Um exemplo constante da ação degradadora da espécie humana foi a quase a destruição total do bioma Mata Atlântica só restando apenas 7% do seu bioma original (MMA, 2016). A Mata Atlântica vem sofrendo inúmeras alterações em seu ecossistema, as causas principais dessas transformações foram do uso e ocupação da terra, que constantemente ameaça ainda nos dias atuais o pouco que resta do bioma original (GASPARINI et al., 2013 e SANTANA et al., 2016).

A mudança na cobertura vegetal da Mata Atlântica é resultado de atividades de grandes impactos sobre a floresta, tais como retirada das áreas de preservação permanente nas imediações das bacias hidrográficas (COUTINHO et al., 2013) aumento das áreas urbanas sem planejamento.

A geração de impactos negativos por causa do manejo não apropriado do uso da terra e cobertura vegetal em bacias hidrográficas tem acarretado a alteração do clima. Os desastres ambientais estão diretamente correlacionados com as mudanças climáticas (COUTINHO et al., 2013). Por isso, é necessário o monitoramento desses impactos, que depende de métodos avançados de tecnologia, sendo realizado por meio de técnicas utilizando imagens de satélite. Muitos autores têm empregado diversas técnicas de mapeamento de detecção de mudanças no uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas (SILVA et al., 2014; RIBEIRO et al., 2016 e BRASILEIRO et al., 2016).

A vegetação é um elemento diagnóstico para as transformações que ocorrem no uso e ocupação do solo por causa da sua reação rápida às variações ambientais (LAURENTINO et al., 2011 e ALVES REGO et al., 2016). Seu estudo possibilita gerar informações sobre a natureza do território, como serve de ferramenta para o planejamento territorial de bacias hidrográficas na mitigação de impactos ambientais causados por ações antropicos provocando as mudanças climáticas (FREITAS et al., 2012 e IPCC, 2015,).

Além destes conhecimentos da vegetação, ferramentas de geotecnologias têm sido utilizadas principalmente para o entendimento do comportamento espectral da vegetação que responde aos fatores climáticos como, por exemplo, a chuva, a temperatura do ar, dentre outras (DELGADO et al., 2012; GOULART et al., 2015; NUNES et al., 2015). A perda da biodiversidade por causas antrópicas, seguido de grandes episódios de incêndios florestais, queimadas e secas extremas implicam em consequências devastadoras aos sistemas florestais na escala regional e global (CAULA et al., 2015).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo principal em avaliar a evolução espaço-temporal das diferentes classes de uso do solo e sua relação com o clima, na Bacia Hidrográfica do Rio Roncador de Magé, RJ.

Foram definidos como objetivos específicos do trabalho:

1. Inferir e caracterizar sobre as mudanças na paisagem na Bacia hidrográfica do Rio Roncador, utilizando imagens multitemporais obtida pelo sensor Thematic Mapper;
2. Avaliar estatisticamente a relação do Índice de Vegetação NDVI e as variáveis climáticas analisadas;
3. Confeccionar mapas de uso e cobertura do solo, a partir de imagens orbitais do sensor Thematic Mapper;;

4. Analisar, quantificar e avaliar os efeitos de diferentes usos e ocupação do solo no grau de preservação florestal da Bacia hidrográfica do Rio Roncador;
5. Caracterizar os impactos ambientais na bacia hidrográfica do Rio Roncador verificando sua relação com as mudanças da paisagem e dados climatológicos

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Etapas do processamento de Imagens Landsat 5

2.1.1 Área de Estudo

Foram selecionadas sistematicamente 25 imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat 5 (Figura 4), órbita 217 e ponto 76 da série histórica disponibilizada no Catálogo de Imagens no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>) de forma a obter-se concomitantemente imagens com menor cobertura de nuvens. O ano de 2002 na região de estudo estava totalmente coberto por nuvens, o que impossibilitou a análise para este ano.

Para este estudo foram selecionadas seis cenas da série de 25 anos (Figura 4) do satélite Landsat-5, para um cenário histórico com intervalo de cinco anos, ficando os períodos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, e 2010.

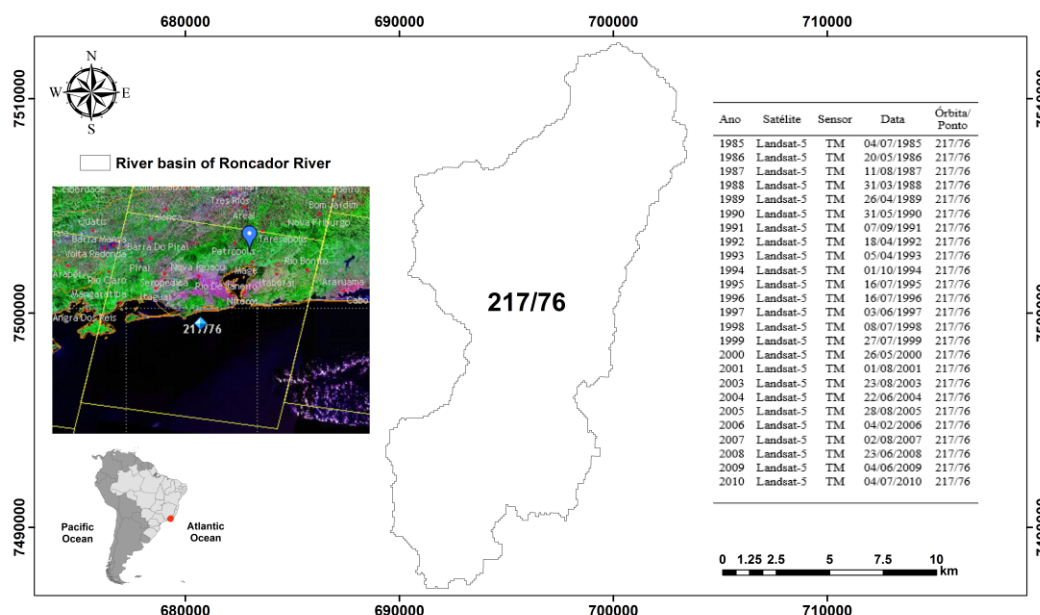


Figura 4: Localização geográfica da órbita e ponto e a série temporal utilizada do sensor Thematic Mapper para a Bacia Hidrográfica do Rio Roncador.

2.1.2 Processamento das Imagens do Mapeamento Temático

As imagens foram processadas no software ERDAS IMAGINE 2015, utilizando a plataforma Model Maker. Utilizou-se como padrão o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) proposto por Bastiaanssen et al., (1998), Allen et al., 2002. No software ERDAS IMAGINE 2015 a união das bandas do satélite, a calibração radiométrica, refletividade, índices de vegetação, O software ArcGIS versão 10.2 foi utilizado para confecção de dados vetoriais, banco de dados e mapas.

Para unir as bandas espectrais separadas (1 a 7), de cada uma das 5 imagens utilizadas neste estudo, adotou-se a ferramenta Layer Stack do software ERDAS IMAGINE 2015, obtendo-se imagens multiespectrais.

Para o cálculo da Radiância Espectral de cada banda ($L_{\lambda i}$), em que o Número Digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática, representando a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat 5 (aproximadamente 705 km de altura), para as bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7; para banda 6, essa radiância representa a energia emitida por cada pixel e pode ser obtida pela equação proposta por MARRKHAM e BAKER (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \times ND \quad (7)$$

em que:

$L_{\lambda i}$ = Radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$);

a e b = são as radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$);

ND = intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255);

i = são as bandas (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) do satélite Landsat 5.

A Reflectância Monocromática de cada banda ($\rho_{\lambda i}$), definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar incidente, foi obtida segundo a equação (BASTIAANSSEN et al., 1998; Allen et al., 2002; Silva et al., 2005):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{E_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (8)$$

em que:

$\rho_{\lambda i}$ = Reflectância monocromática;

$L_{\lambda i}$ = Radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$);

$E_{\lambda i}$ = Irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$).

Z = Ângulo zenital solar (obtido no cabeçalho das imagens adquiridas, e depende da órbita, ponto e época do ano);

d_r = Dia astronômico do ano (U.A), de acordo com Inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol, dada por (Iqbal, 1983), (ALLEN et al., 2002), (ALLEN et al., 2007);

i = São as bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7) do satélite TM - Landsat 5.

Para cada imagem realizou-se a união da refletividade, com a ferramenta Layer Stack do software ERDAS IMAGINE 2015, com exceção da banda 6, por ser uma banda termal não refletiva.

2.1.3 Determinação do Índice de Vegetação

O Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (*NormalizedDifferenceVegetation Index* - NDVI) foi obtido por meio da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V) e a soma das mesmas, foi obtido segundo a equação (ROUSE et al., 1973 e 1974):

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (9)$$

em que:

Infravermelho próximo (ρ_{IV}) e;

Banda do vermelho (ρ_V).

2.2 Mapeamentos Temáticos

2.2.1. Elaboração do Mapeamento

Devido a região da Bacia-hidrográfica encontrar-se em uma área com grande amplitude altimétrica (os topos de Morros causam o processo de sombreamento da imagem, causando uma confusão no algoritmo não-supervisionado K-means). Foram feitos testes para as seis imagens dos cenários estudados, as sombras das montanhas causaram uma confusão no algoritmo, classificando as regiões sombreadas como área urbana, não podendo ser essa classificação adotada, já que a região de maior altitude da bacia é cercada por Floresta Montana estando dentro do parque da serra dos órgãos (MMA, 2017).

A priori ao se constatar tal situação foi realizada a classificação supervisionada, que garantiu melhor acurácia para as imagens estudadas, entretanto, a dificuldade de acesso em alguns pontos da região da Bacia hidrográfica e a resolução de imagens boas do Google Earth somente para o ano de 2005, não pode ser empregada à classificação supervisionada para todas as cenas. Justifica-se assim, porque se optou por realizar a classificação supervisionada para as datas disponíveis no cenário (2005 e 2010), à medida que a mesma exibe uma maior riqueza de detalhes e menor confusão entre as diferentes classes de uso e cobertura do solo, quando se usa o algoritmo máxima verossimilhança, o que possibilitou a melhor representatividade para a localidade, para as outras datas (1985 a 200) adequou-se a utilização do método não-supervisionado (FREITAS et al., 2012).

A primeira etapa do trabalho consistiu na coleta de amostras a partir de imagens de alta resolução (Google Earth), referentes às classes de estudo na bacia hidrográfica do Rio Roncador no município de Magé tais como: (Vegetação Secundária, manguezal, campo de altitude, floresta primária, área urbana, área agrícola, solo exposto, pastagem e água) (Tabela 4).

Tabela 4: Classes definidas para a área de estudo.

Classe	Nº de amostras	Descrição
Área Urbana	50	Área compreendida dentro do perímetro urbano
Solo Exposto	50	Área exposta por retirada de Saibro e estrada de chão
Área Agrícola	50	Cultura anual de cocos/banana/milho
Pastagem	50	Gramíneas
Floresta primária	50	Vegetação Nativa em estado Clímax
Floresta secundária	50	Vegetação Secundária
Campo Altitude	50	Região de rochas descobertas.
Manguezal	50	Vegetação Típica de Manguezal arbóreo
Água	50	Corpos hídricos

Em que: As classificações seguiram o Manual do IBGE sobre Classe de Uso e Ocupação do Solo 2016.

A segunda etapa e a terceira foram realizadas no software Erdas Imagine 2015 (Figura 5), respectivamente, foi realizada a classificação supervisionada para as imagens 2005/2010; em seguida foi feita a avaliação da concordância entre a verdade de campo e o mapa temático gerado utilizando o índice Kappa (Equação 10) (MOREIRA, 2001). Os valores de Kappa variam de 0 a 1 (Tabela 5), onde valores próximos a 1 sugerem um processo de classificação altamente eficiente (LANDIS & KOCH, 1977).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})} \quad (10)$$

em que,

K = índice de exatidão Kappa;

r = número de linhas da matriz;

X_{ii} = número de observações na linha i e coluna i;

X_{i+} e X_{+i} = totais marginais da linha i e coluna i, respectivamente;

N = número total de observações.

Tabela 5: Nível de exatidão de uma classificação, conforme o valor de índice Kappa (LANDIS; KOCH, 1977).

Índice Kappa	(K) Qualidade
< 0	Péssimo
0 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Moderado a Bom
0,60 - 0,80	Muito Bom
0,80 - 1,00	Excelente

Para as cenas de (1985/2000) foi utilizado a metodologia adotada por FREITAS et al. (2012) foi utilizada a classificação não supervisionada, visando mapear o uso e ocupação da terra do município de Rio de Janeiro com o classificador “K-MEANS”, adotou-se o número de 15 classes e 30 processos iterativos. Realizou-se a reclassificação das classes em comum, agrupando-as em 9 classes distintas de uso e ocupação (Figura 5).

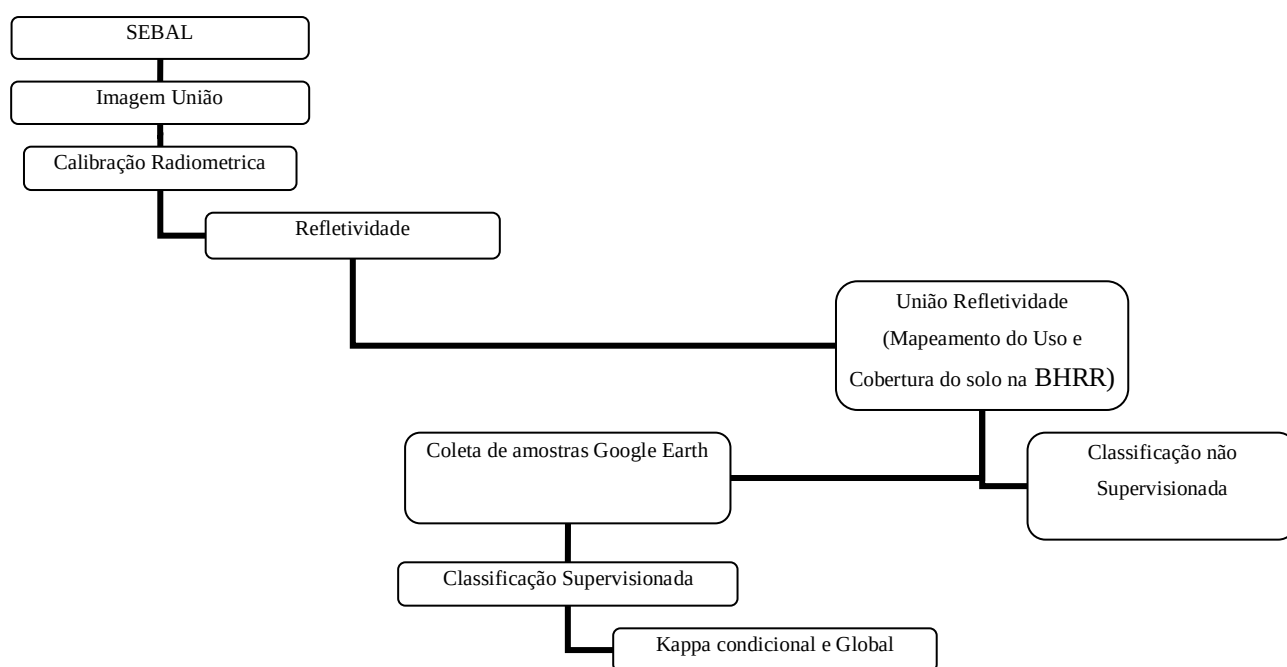


Figura 5: Todas as etapas desenvolvidas.

2.3 Análises Estatísticas

2.3.1 Dados meteorológicos e vegetação

A avaliação de dados meteorológicos é essencial para a estimativa de impactos ambientais em ecossistemas (XAVIER, et al., 2016), por isso objetivou-se analisar nesse estudo sobre as possíveis influências, que as variáveis meteorológicas (temperatura média do

ar, radiação solar global, chuva, umidade relativa do ar e evapotranspiração) possam estar causando na dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica do rio Roncador.

Os dados climáticos diários foram baixados para o mesmo período temporal de imagens do Thematic Mapper em questão (1985 a 2010) do seguinte site: <http://careyking.com/data-downloads/>, que contém uma série de 1980–2013 para o Brasil com boa resolução espacial ($0,25^\circ \times 0,25^\circ$).

Os arquivos estão no formato (NetCDF), o banco de dados foi disponibilizado pelo autor Alexandre C. Xavier (XAVIER et al., 2016), que interpolou os dados climáticos para todo o Brasil, as informações em seus estudos foram coletadas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agência Nacional de Águas (ANA) e o departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo.

A série temporal de imagens do NDVI engloba o mesmo período de 25 anos. O procedimento para gerar a série temporal foi realizado no software ArcGIS 10.2, que permite a visualização através de histogramas dos valores médios das imagens do NDVI (Figura 6).

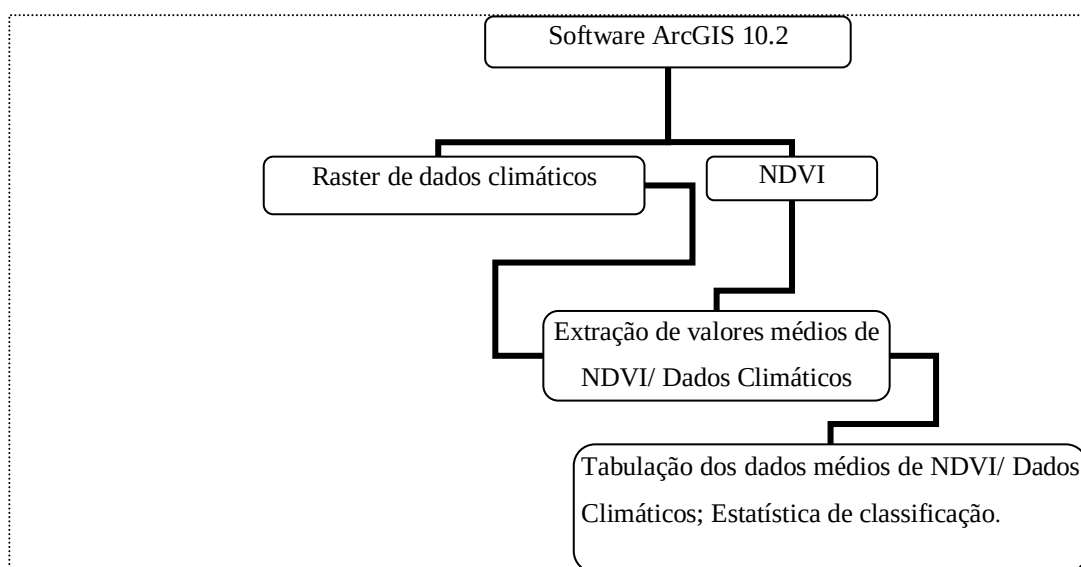


Figura 6: Etapas desenvolvidas para obtenção dos dados climatológicos e NDVI médio.

Os valores médios do NDVI foram encontrados a partir do histograma de cada imagem, o arquivo disponibilizado se encontra no formato NetCDF; o raster dos dados climáticos correspondem a 1 km^2 , como a área de estudo é muito pequena, o programa ArcGIS 10.2 só permite a extração das informações dos dados climáticos a partir de um certo tamanho, que depende da extensão de cada área de estudo, para a área da BHRR foi necessário a criação de um mosaico dos quatros municípios adjacentes a área, sendo possível então extrair as informações das médias das variáveis climáticas para os 25 anos de estudo. Os dados foram tabulados em uma planilha no programa Excel com o intuito de visualizar o comportamento do NDVI para a série temporal de 25 anos.

2.4 Análises estatísticas

A regressão linear múltipla é um procedimento analítico de dados baseado no critério dos mínimos quadrados, que determina as relações lineares entre um conjunto de variáveis explicativas e um único variável desfecho e determina qual a melhor combinação do conjunto de variáveis explicativas para prever essa variável resposta singular (FERREIRA et al., 2012, COSTA et al., 2012).

A análise da regressão linear múltipla tem como resultado uma equação matemática que descreve essa relação.

O modelo de regressão múltipla é representado pela equação 11:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p + e \quad (11)$$

Em que α e β_i , são os coeficientes do modelo, isto é, os parâmetros a serem estimados.

Os valores de β_i , coeficientes angulares da reta, são chamados de coeficientes de regressão e indicam em termos absolutos a importância ou o peso que a variável independente X_i tem como explicativa de Y

O objetivo desta análise de pesquisa é entender e estabelecer o grau de correlação entre variáveis do espaço (o índice de vegetação (NDVI) e variáveis climáticas) e especificar um modelo matemático que expresse esta relação, sendo assim, justifica-se a escolha do estudo ser baseado em análises de regressão múltipla.

Foi calculado um modelo de regressão múltipla geral, a partir do método Enter, em que todas as variáveis entram ao mesmo tempo e é informado um R^2 para a qualidade do modelo gerado.

A análise de regressão foi estimada através de R^2 e os pesos dos coeficientes, determinando as relações lineares entre o conjunto de variáveis explicativas e a variável resposta. Assim, os testes realizados na regressão múltipla para determinar quais variáveis influenciam na dinâmica da paisagem da bacia, foram os seguintes: Teste de significância da reta de regressão múltipla, teste de significância dos parâmetros de regressão, teste de normalidade, Shapiro-Wilk, Teste de Durbin-Watson, teste de multicolinearidade.

A estatística Durbin-Watson determina se a correlação entre os termos de erro adjacentes é zero, usado para testar a presença de autocorrelação em resíduos. Quando o valor do teste está perto de 2 significa que o teste não é significativo e que os erros são independentes. Os valores da estatística **D** de *Durbin-Watson* são interpretados da seguinte forma:

- $D \approx 0 \rightarrow$ resíduos positivamente autocorrelacionados;
- $D \approx 2 \rightarrow$ resíduos não são autocorrelacionados;
- $D \approx 4 \rightarrow$ resíduos negativamente autocorrelacionados.

O teste de multicolineariedade analisa a relação linear entre as variáveis independentes. Avalia-se essa relação através do fator de inflação de variância (VIF). O VIF calcula o quanto a variância dos coeficientes de regressão estimados está correlacionada em comparação ao seu estado quando as variáveis explicativas não estão relacionadas linearmente, considerando assim o impacto de colinearidade entre as variáveis em um modelo de regressão.

Os valores podem ser interpretados da seguinte maneira, valores de $VIF > 10$, indicam uma alta correlação entre as variáveis (Tabela 6).

Tabela 6: Valores de VIF

VIF	Status dos preditores
VIF = 1	Não correlacionados
$1 < \text{VIF} < 5$	Moderadamente correlacionados
VIF > 5 a 10	Altamente correlacionados

Fonte: Adaptado de Bisquerra et al., 2007.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso e cobertura vegetal a partir de dados do Landsat

A partir da classificação não supervisionada através das imagens do sensor TM e posteriormente quantificação das classes de cobertura do solo existentes na área de estudo (Tabela 7 e Figura 7), verificou-se que para o ano de 1985 havia 12147,03 ha de cobertura vegetal nativa e no ano de 2010 a mesma classe apresentou o valor 7247,61 ha. Portanto, no período de 25 anos ocorreu uma redução média de 49% da cobertura vegetal nativa na área da bacia hidrográfica. O que representou crescimento significativo nas áreas urbanas e agrícolas de 31% e 25%. As áreas de preservação permanente, campos de altitude e manguezal também apresentaram reduções de 9,5% e 10%, respectivamente. A classe Pastagem de pastagem também decresceu 1,6%. As áreas classificadas como solo exposto, também apresentaram aumento, mas com valores inferiores a 1%.

Tabela 7: Estatística das áreas de uso e cobertura do solo para os anos de 1985 a 2010.

Classes	1985	1990	1995	2000	2005	2010	Diferença
Manguezal	1261,35	394,11	1483,47	568,26	373,5	190,53	-10,71%
Campo de altitude	1579,32	326,25	1024,02	623,43	1252,35	625,86	-9,53%
Vegetação Secundária	2335,77	2384,55	3052,26	2348,19	2310,03	3538,89	12,03%
Floresta Primária	12147,03	11986,02	10397,52	9350,01	9129,96	7247,61	-48,99%
Área agrícola	6,21	937,08	633,24	576,27	1154,43	3071,7	31%
Pastagem	20,52	0,45	5,85	1235,61	609,3	182,25	1,62%
Solo exposto	23,76	0,27	420,93	631,62	899,37	45,54	0,22%
Área urbana	1125,54	557,64	1514,79	3046,23	2796,75	3649,32	25%
Água	116,1	2029,23	83,52	235,98	89,91	63,9	-0,52%
Total	18615,6	18615,6	18615,6	18615,6	18615,6	18615,6	

Em um estudo realizado em São Paulo na implantação do rodo anel em Guarulhos, os autores MOLEDO et al. (2016) também destacam a importância da vegetação na manutenção do equilíbrio da bacia hidrográfica do Tanque Grande, em que a crescente urbanização na região metropolitana de São Paulo contribuir com a supressão da vegetação nativa, degradação do solo e até mesmo o aumento da poluição atmosférica. Os autores concluem em seu estudo que as obras deste trecho devem ser revistas, já que os impactos ambientais são eminentes.

Na avaliação dos impactos ambientais no córrego Estiva em Betim, Minas Gerais, os autores SOARES et al. (2016) comentam que os impactos ambientais mais significativos e que estão contribuindo para a deterioração da qualidade ambiental daquela área foram

identificados, são eles: degradação e/ou remoção da mata ciliar, lançamento de esgoto doméstico, moradia irregular, disposição inadequada de resíduos sólidos, queimadas e outros.

A transformação da paisagem e os impactos ambientais recorrentes na unidade hidrográfica deste estudo estão diretamente ligados ao uso antrópico inadequado nas imediações da bacia hidrográfica, o que é facilmente visualizado nos cenários de uso e ocupação do solo de 1985, 1990, 1995 e 2000 (Figura 7).

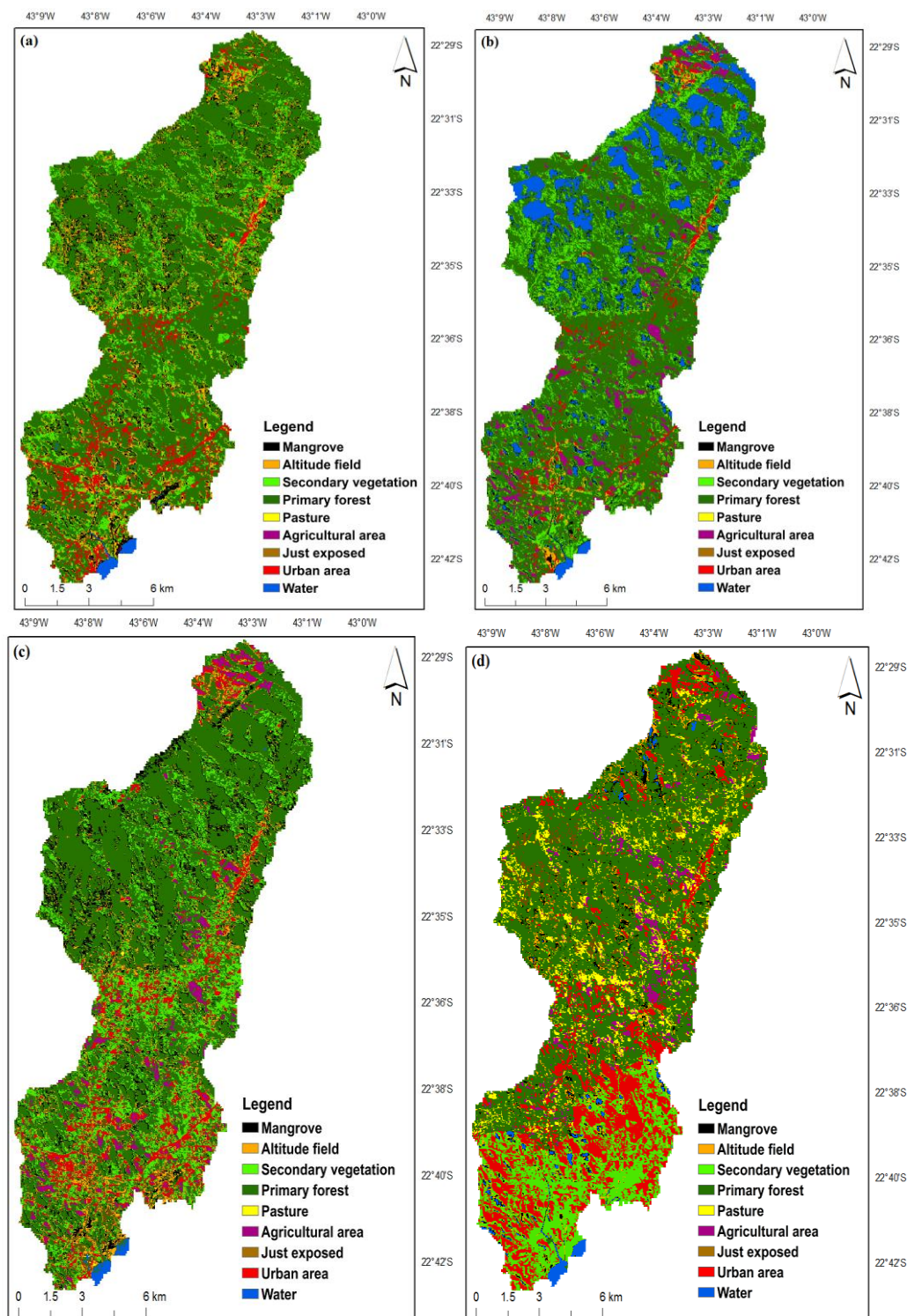


Figura 7: Classes de uso e ocupação do solo para os anos de 1985 (a), 1990 (b), 1995 (c) e 2000 (d) pelo método K-Means na bacia hidrográfica do Rio Roncador.

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os resultados da matriz de erros da imagem classificada pelo método da máxima verossimilhança (classificação supervisionada). A classe pastagem e solo exposto para o ano de 2005 obtiveram o menor índice da matriz de erros, 44% e 33%, respectivamente (Tabela 8). No ano de 2010 o menor erro encontrado foi para a

classe área agrícola 50% (Tabela 9). Estes resultados revelam que o ano de 2010 teve a melhor acurácia global de 77%, enquanto que o ano de 2005 o valor foi de apenas 68%.

Entretanto, a coleta de um maior número de amostras pode levar o algoritmo a alocar pixels em classes mais adequadas, como a classe de pastagem e área agrícola, que se confundem facilmente no início de crescimento das culturas, podendo assim, aumentar a precisão da classificação.

Tabela 8: Matriz de erros da imagem Landsat 5 ano 2005 classificada pelo algoritmo da máxima verossimilhança.

Classes	Referência	Classificação	Número	Acurácia	Acurácia
	Total	Total	Correto	Produtor	Usuário
Floresta Primária	12	11	9	75.00%	81.82%
Vegetação	9	6	5	55.56%	83.33%
Secundária					
Manguezal	2	4	2	100%	50%
Campo de altitude	2	4	1	50.00%	25.00%
Pastagem	9	4	4	44.44%	100%
Área agrícola	2	4	2	100.00%	50.00%
Solo exposto	3	4	1	33.33%	25.00%
Área urbana	5	7	4	80%	57.14%
Água	6	6	6	100.00%	100%
Total	50	50	34		
Acurácia Geral da Classificação = 68%					

Tabela 9: Matriz de erros da imagem Landsat 5 ano 2010 classificada pelo algoritmo da máxima verossimilhança.

Classes	Referência	Classificação	Número	Acurácia	Acurácia
	Total	Total	Correto	Produtor	Usuário
Floresta Primária	8	8	8	100%	100%
Vegetação Secundária	9	6	5	55.56%	83.33%
Manguezal	7	5	5	71.43%	100%
Campo de altitude	6	5	5	83.33%	100%
Pastagem	2	4	2	100%	50%
Área agrícola	6	6	3	50%	50%
Solo exposto	2	2	2	100%	100%
Área urbana	2	7	2	100%	28.57%
Água	6	5	5	83.33%	100%
Total	48	48	37		

Acurácia Geral da Classificação: 77%

O índice Kappa (Tabela 10) estimado para a imagem classificada utilizando o algoritmo da máxima verossimilhança apresentou um acerto de 63% para o ano de 2005 e 74% para o ano de 2010, sendo muito bom, segundo a metodologia proposta por LANDIS e KOCK et al. (1977).

O índice Kappa, quando observado por classe para o ano de 2005, apresentou valores baixos para áreas de solo exposto e campo de altitude (20% e 21.88%). Estes resultados encontrados podem estar associados à predominância de rochas graníticas e magmáticas, paralelamente, o relevo acidentado origina solos rasos e forma um mosaico de micro-habitats (MOCONOCHINSK e SCHEER, 2008). As classes área urbana e manguezal (53% e 48%). As classes floresta (Primária e Secundária) apresentaram valores representativos de acordo com o índice Kappa (76% e 79%). No entanto, as classes de Pastagem e água apresentaram valores excelentes de acordo com o índice Kappa (100% e 100%).

Para o ano de 2010, apresentou valores baixos para área urbana (25%), as classes área agrícola e pastagem (48% e 43%), floresta (Primária e Secundária) apresentou valores representativos (100% e 79%). No entanto, as classes de solo exposto, água, manguezal, campo de altitude, apresentaram valores excelentes de 100%.

Ao se comparar as duas cenas (2005 e 2010), pode se observar que as classificações das feições pelo algoritmo variam bastante entre um ano e outro para as classes de solo exposto, campo de altitude, pastagem e área agrícola (Tabela 10 e Figura 8). Entretanto, mantém um ótimo padrão para classificar a floresta primária e vegetação secundária. Resultados semelhantes foram encontrados por BRASILEIRO et al. (2016), onde ao estudar a eficiência do classificador máxima verossimilhança para o mapeamento do uso e cobertura do solo no município de Quixeramobim, Ceará, o algoritmo foi mais eficiente na classificação de

vegetação da caatinga em relação as outras feições como pastagem e solo exposto que tiveram baixas respostas espectrais.

Tabela 10: Resultados do índice Kappa da imagem Landsat 5 classificada pelo algoritmo da máxima verossimilhança.

Classes	Kappa 2005	Kappa 2010
Floresta Primária	0.76	1.00
Vegetação Secundária	0.80	0.79
Manguezal	0.48	1.00
Campo de altitude	0.22	1.00
Pastagem	1.00	0.48
Área agrícola	0.48	0.43
Solo exposto	0.20	1.00
Área urbana	0.52	0.25
Água	1.00	1.00
Kappa Global	0.63	0.74

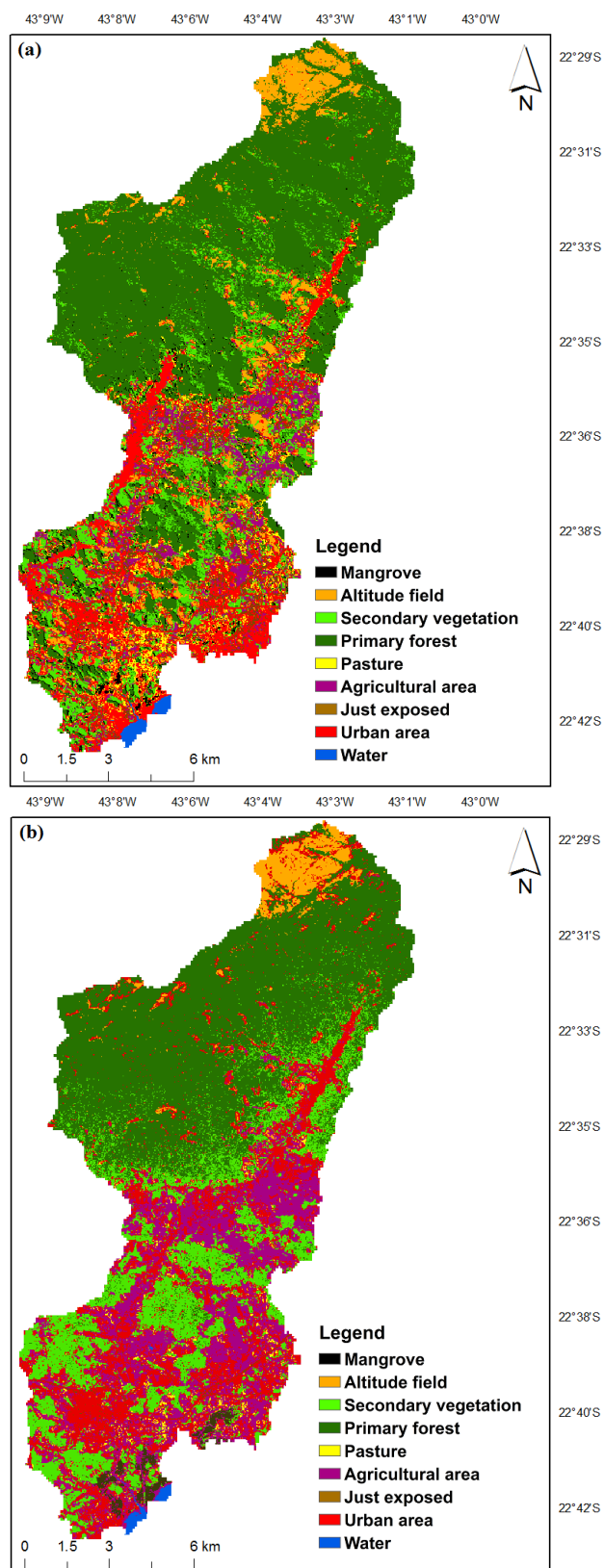


Figura 8: Classes de uso e cobertura do solo para os anos de 2005 (a) e 2010 (b) pelo método de máxima verossimilhança na bacia do Rio Roncardor

3.2 Variações espaço-temporal do índice de vegetação NDVI

Na análise estatística entre as variáveis ambientais e o índice de vegetação NDVI, o teste da ANOVA apresentou de p-valor de 0,029, ou seja, esse valor é menor que 5% de significância, o que implica que a variável “NDVI” é influenciada pelas variáveis incluídas no modelo. O valor obtido do R^2 foi de 0,47, ou seja, 47% das variações do “índice de vegetação” são explicados pelas variáveis ambientais.

Dentre as variáveis analisadas pode-se perceber que os coeficientes que tiveram maior peso nas equações foram a chuva com crescimento de 0,023 e a temperatura do ar com decréscimo de 0.008, as outras variáveis não exercem influências significativas no NDVI, conforme demonstrado na equação 12.

Equação geral da regressão multiplica:

$$Y = 0.628 + 0.023 X_1 - 0.008X_2 + 0.001X_3 - 0.015X_4 + 0.023X_5 + e \quad (12)$$

Em um estudo temporal com imagens também do Thematic Mapper no município do Rio de Janeiro, o NDVI em 60% dos anos estudados, foi o índice que obteve a maior correlação com a chuva em comparação com demais índices de vegetação. Outros autores também detectaram crescimento de culturas agrícolas, florestal natural e da Caatinga associando o aumento da cobertura arbórea com a chuva e índices de vegetação (DELGADO et al., 2012 e FRANCISCO et al., 2015).

Esse resultado corrobora com PONZONI et al. (2012), porque ao se avaliar a dinâmica da floresta, consideramos os elementos essenciais que sustentam seu desenvolvimento. Pois, uma grande disponibilidade de água para vegetação na atmosfera, torna a folha da planta mais apta a absorver radiação eletromagnética, resultando em uma alta correlação com essa variável climática.

Essa água que circula, precipita e fica reservada em bacias hidrográficas exerce influência na sua dinâmica e passa por vários níveis de sistemas: copas das árvores, raízes de diferentes formações vegetais; diversas superfícies e horizontes pedológicos; rochas; superfícies das encostas e suas depressões; e calhas fluviais e planícies de inundação (ALMEIDA, 2015). A análise espacial das imagens TM do Landsat 5 para o cenário de 25 anos, demonstrou a forte influência da ação antropogênica no município (Figura 9). A alteração de uso e ocupação influencia na drenagem de bacias hidrográficas (SILVA et al., 2014).

Os impactos ambientais na BHRR provocados por alteração na fisionomia da paisagem de forma intensa estão modificando todo o sistema de recarga e armazenamento do ciclo hidrológico; e considerando que a variável precipitação e temperatura são as que exercem influência no sistema da bacia, a mesma está apresentando um panorama crítico nas suas imediações.

O cenário que pode ser percebido na bacia hidrográfica do Rio Roncador de impactos negativos encontrados, principalmente a partir da década de 90 na BHRR, ocorre em virtude da crescente ocupação de forma desordenada do espaço geográfico, que conseqüentemente está levando a alteração do território físico da bacia sem nenhum planejamento urbano. Outros autores também detectaram o aumento dos impactos de desastres hidrológicos nas bacias hidrográficas associado ao aumento demográfico (DELGADO et al., 2012, SANTOS et al., 2014).

As classes de vegetação encontradas neste ecossistema, principalmente as áreas protegidas, estão sendo substituída por formações de pastagens, agricultura, área urbana, resultado de atividades antrópicas (Figura 9). Em duas décadas, houve duplicação no índice demográfico da região (IBGE, 2016), bem como um aumento significativo e nos desastres ambientais, principalmente os de ordem hidrometeorológicas. Segundo COSTA et al. (2016) são estes, os alagamentos e enxurradas.

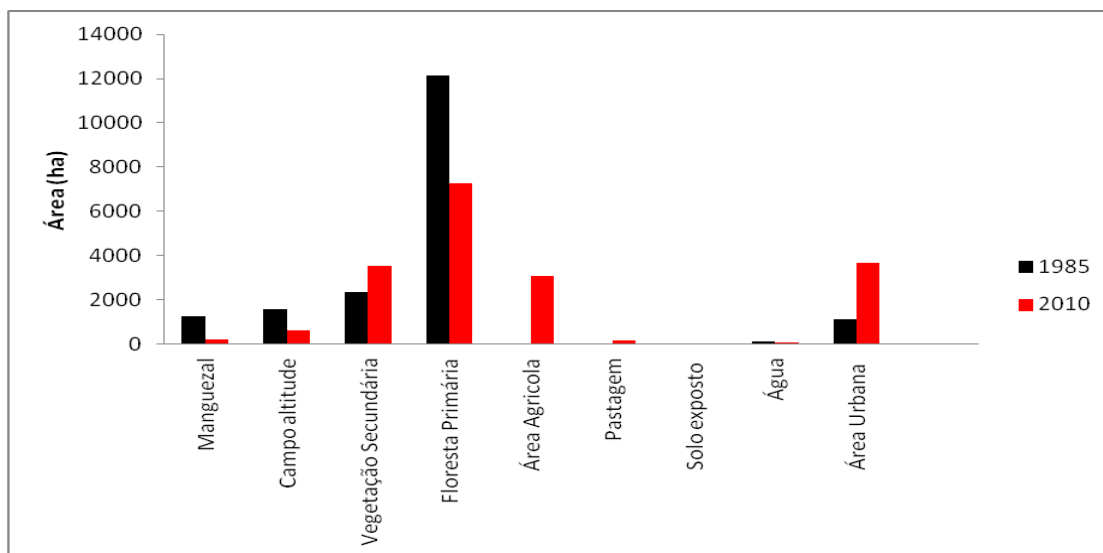


Figura 9: Uso e Ocupação da Terra na BHRR, 1985 a 2010, Magé, RJ

Na Bacia do Rio Roncador, o equilíbrio entre os elementos solo-água-vegetação é de vital importância para garantir a diminuição dos impactos negativos na bacia, que são constantes como: processo de estiagem falta de água em períodos secos, grandes enxurradas e cabeças d'água no verão. Isso não está restrito somente à região do estado do RJ, desde meados da década de 1970, o período chuvoso tem iniciado precocemente e durado mais, no Sudeste do Brasil (MINUZZI et al., 2007).

A bacia apresenta em relação aos desastres hidrometeorológicos uma particularidade grande, principalmente por suas características físicas, as principais nascentes encontradas na parte da planície de inundação apresentam um alto grau de degradação e as mais preservadas encontram-se nas partes com maiores altitudes. A parte baixa da bacia teve a maior parte de seus canais fluviais retificados (IBGE, 2016), nessa região localiza-se o distrito de Magé e Suruí, que passam por processo de falta de água constantemente, que leva a população às ruas em protestos constantes e as áreas com grande altitude vêm sofrendo com a constante retirada da cobertura vegetal que aumenta os processos de intensidade de cabeças d'água e movimento de massa (ESDEC, 2016). A manutenção da cobertura vegetal dos mananciais hídricos já que é fornecedora de água, garante a melhora na produtividade de água para toda região e o controle dos desastres, pois as raízes são fixadoras estruturais naturais da estabilidade dos solos.

O impacto antropogênico causado na Bacia Hidrográfica do rio Roncador, não trás somente como consequência os impactos negativos citados acima, este estudo forneceu uma análise confiável que a bacia hidrográfica através da modificação do seu espaço está influenciando nas variáveis climáticas regional na BHRR; Nota-se pela oscilação do índice de vegetação para a série temporal na bacia, possivelmente provocado a cada aumento na

unidade de temperatura da bacia (Figura 10), isso sugere que esta bacia do rio Roncador é sensível às mudanças climáticas, ou seja, sofre e contribui para alterações do clima. O último relatório do IPCC, ressaltou que mais de 95% da alteração do clima mundial é consequências e dos processos antropogênicos causados em regiões do mundo todo.

Para os anos de 2000 e 2010 o NDVI apresentou valores médios altos 0,58 e 0,59 respectivamente. No ano de 1985 se encontra um valor significativamente baixo 0,45 tendo, porém, um acréscimo expressivo deste valor no ano, 1990, com 0,56 (Figura 10).

Para o ano de 2005 apresenta valores menores que 2000, com 0,51 e aumenta novamente em 2010. Essa alteração do NDVI durante o período de estudo pode estar associado a fatores fisiológicos da planta, stress hídrico, radiação solar, precipitação, clima. Sendo que a precipitação (DELGADO et al.,2012a) e a radiação solar (PONZANI et al.,2002) são fundamentais para seu crescimento. Os anos com maior índice de vegetação apresentaram no dia da imagem maiores volumes de precipitação, em seu estudo DELGADO et al. 2012a, 2012b) encontrou valores mínimos de NDVI para o dia de baixa chuva acumulada (inverno), ao passo que, no final da estação chuvosa, os resultados apresentaram altos valores para plantação de cana-de-açúcar.

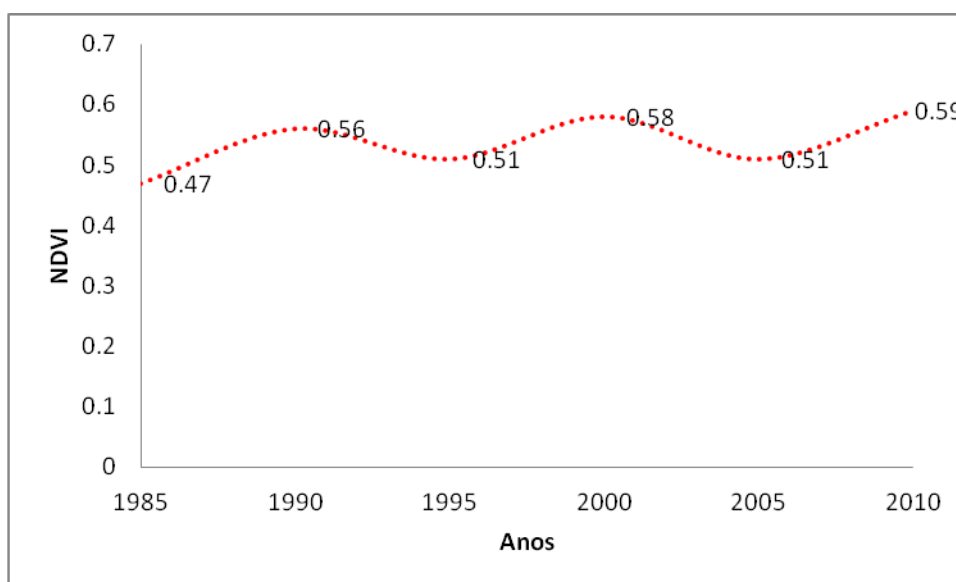


Figura 10: Valores médios do Índice de Vegetação da diferença normalizada (NDVI), para Bacia Hidrográfica do Rio Roncador (BHRR).

4 CONCLUSÕES

- As classes de vegetação encontrada neste ecossistema, principalmente às áreas protegidas, estão sendo substituída por formações agrícolas, área urbana e vegetação secundária;
- As variáveis ambientais precipitação e temperatura estão influenciando na Bacia Hidrográfica do Rio Roncador;
- A Bacia hidrográfica do Rio Roncador devido a ações antropicas intensas no seu uso e cobertura do solo na última década sofreu um aumento dos desastres hidrometeorológicos;
- O classificador MAXVER se apresentou melhor para classificar as imagens de uso do solo, que o classificador K-MEANS. O resultado representativo da classificação geral da imagem teve um valor muito bom, indicando um índice Kappa com uma acurácia global de ano 2005 e 2010, respectivamente, 68% e 74%, ou seja, foi representativo para a região;
- A pesquisa realizada vai servir de fonte de informação para as SMPDEC E SEMA na tomada de decisão para o planejamento do uso e ocupação do município de Magé, já que informações aqui disponibilizadas são originais, não contando até o presente momento da defesa da pesquisa nenhuma outra fonte na literatura sobre cenários de uso da terra e cobertura do solo para o município.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento dos impactos, mormente nas instâncias socioambientais, citados na percepção e análise feita na BHRR deve vir respaldado de propostas que possam minimamente diminuir os efeitos a médio e longo prazo que os mesmos estão causando para a população e o meio ambiente local, de forma que se possa diminuir esse cenário atual.

Assim, a estrutura para a concepção de um plano de gestão deve ter um caráter holístico e perspectivo para responder aos diferentes problemas encontrados, considerando-se a necessidade e expectativas da população local, já que a mesma é o palco central para que o plano de ação criado funcione (RODRIGUEZ et al., 2013).

Uma análise detalhada da dinâmica espacial e temporal da paisagem fornece subsídios importantes para um projeto de uso adequado do solo, assim como para o uso consciente dos bens naturais (DELGADO et al., 2012). A seguinte avaliação do uso da terra e cobertura vegetal da BHRR foi realizada nesta pesquisa podendo servir de subsídios à implantação política públicas na região.

De acordo com os impactos avaliados propõe-se medidas que podem ser tomadas por parte dos órgãos municipais, principalmente a SEMPDEC (secretaria municipal de proteção e defesa civil de Magé), SEMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente) para mitigar os impactos antropocológicos; as informações também servem como material original e adicional para o comitê de Bacia da Baía de Guanabara, Instituições em geral não sendo encontrado em outras fontes da literatura até o presente momento.

As medidas indicadas para BHRR têm como foco garantir uma melhor disponibilidade dos recursos naturais e hídricos preservados que proporcione qualidade de vida às pessoas, para garantir à atual e às futuras gerações, disponibilidade de água, em condições apropriadas:

Como a questão dos desastres ambientais tornou-se um assunto de preocupação mundial, é necessário resaltar o impacto ambiental causado a partir da descaracterização da cobertura vegetal nativa. Com relação à Bacia do Rio Roncador, nota-se que são poucas as áreas ocupadas por vegetação primária, essas se encontram principalmente nas partes de maiores altitudes, ao passo que grande parte da área teve a vegetação substituída por agricultura e pecuária. Por isso, é de extrema relevância a fiscalização das áreas ainda cobertas por vegetação nativa e o reflorestamento das áreas de preservação permanente, principalmente as matas ciliares (vegetação que se encontra ao longo do Rio) e as nascentes que são as produtoras de água, devendo-se ter atenção redobrada com as nascentes dos topos de morro, o mapeamento mostrou o avanço da área urbana nessa região, principalmente nos distritos de Santo Aleixo;

Os resultados alcançados com relação à elaboração dos Mapas de Uso e Cobertura do solo podem auxiliar na tomada de decisão quanto ao planejamento municipal, servindo de medida para fiscalização, principalmente para secretaria de proteção e defesa civil, de áreas que são impróprias para ocupação humana;

O mapeamento da bacia serve para programas de educação ambiental com a comunidade, servindo de ilustração sobre a importância da cobertura vegetal em bacias hidrográficas no controle de desastres ambientais. Sendo importante para o NUDEC (Núcleo Comunitário de Defesa Civil) que trabalham com comunidades que vivem em áreas de risco. Essas são ações de reconhecimento do problema e a medida mais eficaz para diminuição do avanço do crescimento urbano desordenado em áreas não apropriadas para ocupação humana; e evita assim maiores prejuízos ligados a eventos extremos de desastres ambientais.

A área da bacia hidrográfica possui um potencial agrícola muito grande. Recomenda-se que seja feito o acompanhamento da vazão hídrica do Rio Roncador. Para projetos de

irrigação, à medida que a agricultura serve como fonte de renda para o município, sendo fundamental o acompanhamento da produção de água.

Para pesquisadoras que pretendam realizar futuros estudos de caso na BHRR sugere-se realizar o mapeamento das áreas de preservação permanente do município já que estas são as principais contenedoras dos impactos ambientais negativos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; BASTIAANSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), Idaho implementation – Advanced training and user’s manual**. Idaho, 2002. 97p.
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- ALVES RÊGO, S. C.; SOUZA DE LIMA, P. P.; SILVA LIMA, M. N.; RODRIGUES MONTEIRO, T. R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 1217-1229, 2016.
- ALMEIDA, J. B.; MOREIRA, A. A.; FERNANDES, F. H. S.; DE ALMEIDA, R. P.; NERY, C. V. M. O Sensoriamento Remoto aplicado ao Estudo da Desertificação na Região Semiárida do Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 2, n. 2, p. 41-49, 2014.
- ALMEIDA, D. E. F.; GEFFER, E.; VESTENA, L. R.. Distribuição Espacial e Temporal dos Alagamentos na Cidade de Guarapuava-PR, No Período De 2005 a 2011. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 15., 2013, Vitória. Anais.Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013. 1 CD-ROM
- ALMEIDA, A. Q. ; RIBEIRO, A. ; DELGADO, R. C. ; RODY, Y. P. ; OLIVEIRA, A. S. ; LEITE, F. P. . Índice de Área Foliar de Eucalyptus Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM - Landsat 5. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 368-376, 2015.
- AMADOR, E.S. **Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: Homem e Natureza**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 539f. 1996. Tese de Doutorado.
- ALVES, R. E.; PAULINO, H. B.; DE OLIVEIRA, R. M.; DE SOUZA, L. F. Transformações da paisagem da bacia hidrográfica do Ribeirão da Picada, Jataí (GO): Uma análise tempo-espacial. **Acta Geográfica**, v.19, n. 9, p.109-125, 2015.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. The surface energy balance algorithm for land (SEBAL): Part 1 formulation, **Journal of Hydrology**, v.212-213, p.198-212, 1998.
- BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, B. B.; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 73-84, 2014.
- BONAMIGO, A., SCHIMALSKI, M. B., SOARES, P. R. C., LIESENBERG, V., DE SOUZA, T. R., & BOESING, T. L. S. Variação nas áreas de preservação permanente em imóveis rurais do Planalto Sul Catarinense segundo as Leis nº 4.771 e 12.651. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. 1-6, 2017.
- BORGES, L.A.C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COLEHO Júnior, L. M.; Barros, D. A.; Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v. 41, n.7, p 46-56, 2011.
- BRASILEIRO, F. G.; OLIVEIRA, C. M. M.; RODRIGUES, R. A.; DELGADO, R. C. Classificação de Imagem orbital pelo método de Máxima Verossimilhança em Quixeramobim, Ceará, Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 1, p. 81-92, 2016.
- CAÚLA, R. H.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; LYRA, G. B.; DELGADO, R. C.; HEILBRON FILHO, P. F. L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n.2, p. 1497-1508, 2015.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CAÚLA, R. H. ; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. ; LYRA, G. B. ; Delgado, R. C. ; HEILBRON FILHO, P. F. L. . Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. *Environmental Earth Sciences (Print)* ^{JCR}, v. 74, p. 1497-1508, 2015

CASTRO, ALC. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p

CHANDER, G.; MARKHAM, B.; HELDER, D. “Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors”, **Remote Sensing of Environment**, v.113 p. 893-903, 2009.

CEPED. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010. Florianópolis, UFSC, 2012. 94p.

CECÍLIO, R.A. Delimitação de bacia hidrográfica em região montanhosa a partir de diferentes modelos digitais de elevação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n.5, p. 2007-2024, 2013.

COUTINHO, M. P. O Código Florestal Atual (Lei Federal nº 12.651/2012) e suas implicações na prevenção de desastres naturais. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n.2, p. 237-256, 2013.

CRED, O.F.D.A. EM-DAT: The OFDA/CRED. International Disaster Database. 2009. Acessado em: 18/08/2015

CRED-OFDA EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 2013. <http://www.cred.be/emdat>. Acessado em: 12/07/2015

COSTA, GG. Identificação de Municípios Homogêneos quanto a ameaças ambientais no estado do Rio de Janeiro por two step cluster. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 62-71, 2016.

COSTA, GG. Curso de Estatística Inferencial e Probrabilidades. **Atlas**. 2012.

CHIHRISTOFOLETTI, A., 1969. Análise morfométricas das bacias hidrográficas. **Notícia geomorfológica**, Campinas v.9,n.18,p.35-64.

DELGADO, R. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, M. H.; SOARES, V. P.; ANDRADE, R. G. Classificação espectral de área plantada com a cultura da cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, p. 369-380, 2012.

DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P.; SILVA, I. W. R.; Pessôa, C. S.; GOMES, F. A. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. *Enciclopédia Biosfera*, v.8, p.665-674, 2012.

DELGADO, R. C.; SEDIYAMA, G. C.; LIMA, E. P. Evolução espaço-temporal do café no estado de Minas Gerais por meio do classificador árvore de decisão. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 904-913, 2012a.

DELGADO, R.C. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 665-674, 2012.

DELGADO, R. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, M. H.; SOARES, V. P.; ANDRADE, R. G. Classificação espectral de área plantada com a cultura da cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 369-380, 2012b.

DUARTE, C. C.; GALVÍNCIO, J. D.; DE BARROS, C. A. C.; DE ARAÚJO, M. D. S. B. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do Rio Tapacurá-PE. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 2, p. 50-64, 2008.

ECOLOGUS –AGRAR. 2005. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro. 190p.

EHSANI, A. H.; QUIEL, F.; MALEKIAN, A. Effect of SRTM resolution on morphometric feature identification using neural network-self organizing map. **Revista Geoinformatica**, v. 14, n. 4, p. 405-424, 2010.

EM-DAT. The international disasters database. www.emdat.com.br. Acessado em: 15 de Nov 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. 83 p.

ESDEC. Mapa de Vulnerabilidade do Estado do Rio de Janeiro. <http://www.esdec.defesacivil.rj.gov.br/>. Acesso: 20 de Dez 2016.

FARIA, R. M; FARIA, A. L. L; SOUZA, P. R. L. A influência da geomorfologia no fluxo da drenagem da sub-bacia do ri Caparaó (MG), baseada no estudo morfométrico da bacia. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 20, p. 11-16, 2014.

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Desastres Naturais e Saúde no Brasil Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde 2. 2015

FRAGA, M. S; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; DA SILVA, D.P.; BARROS, F.M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização Morfométrica da bacia do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Revista Nativa**, v.2, n.4, p.214-218, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; BRITO CHAVES, I.; CHAVES, L. H. G.; de LIMA, E. R. V.; da SILVA, B. B. Análise espectral e avaliação de índices de vegetação para o mapeamento da caatinga. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 01-12, 2015.

FREITAS, D. M.; DELGADO, R. C.; ÁVILA RODRIGUES, R.; SOUZA, L. P. Variabilidade espaço-temporal na mudança da paisagem no município de Acrelândia, AC. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 935-946, 2012.

FREDERICO, A. Direito Ambiental.. p270-290, 2014.

FREITAS, André Victor Lucci. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as borboletas. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 53-58, 2010.

FERREIRA, PRISCILA V.N; DOS SANTOS RUIZ, M.V; AGUIAR, CAMILA M.A. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade ambiental do Córrego Lagoinha, em Uberlândia (MG). **Periódico Eletrônico**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 13, n. 1, 2017.

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. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 296-306, 2013.

GOULART, A. C.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; SANTOS, E. O. Relação espectro-temporal entre índices de vegetação e a chuva na cidade do Rio de Janeiro. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 1, p. 277-283, 2015.

GOERL, R.F; KOBAYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Ambiência**. V.9; n.1 2013.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

GONÇALVES, AB. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na sub-bacia hidrográfica do rio Camapuã/Brumado. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 759-766, 2012.

GONÇALVES, LFH; GUERRA, AJT. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**, v. 5, p. 189-252, 2001.

GOERL, R.F; KOBİYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Ambiência**. V.9; n.1 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE/ Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1, 1994.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Brasileiro. Available at: <<http://www.ibge.gov.br>>. Accessed on: May 22, 2016. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Groups. <http://www.ipcc.ch/working_groups/working_groups.shtml>. Acesso em janeiro de 2017.

IQBAL, M. An introduction to solar radiation. New York: Academic Press. 1983. 212p.

IRWIN, S.; SCHARDONG, A.; SIMONOVIC, S.P.; NIRUPAMA, N. ResilSim. A Decision Support Tool for Estimating Resilience of Urban Systems. **Water** **2016**, V.8, p 377.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014**. Acesso: 15 Maio de 2015

IPCC. CAMBIO CLIMÁTICO 2014 Mitigación del cambio climático Resumen para responsables de políticas. Acesso: 29 Dez de 2016

KOBİYAMA, M., MENDONÇA, M., MORENO, D. A., MARCELINO, I. P. V. O., MARCELINO, E. V., GONÇALVES, E. F., RUDORF, F. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba, 2006. 124p

KOBİYAMA, M.; MICHEL, G.P.; GOERL, R.F. Relação entre desastres naturais e floresta. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 10, p. 17-48, 2015.

LAURENTINO, M. L. S.; SILVA, H. A.; SILVA, J. C. B.; SANTANA, S. H. C.; MORAIS, Y. C. B.; GALVÍNCIO, J. D. **Aplicação dos índices de NDVI e EVI como análise da variação fisionômica da vegetação no Brejo de Altitude de Serra Negra-Bezerros/PE-Brasil**. In Anais.XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.3182.

LEAL, MS.; TONELLO, KC. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Ipaneminha de baixo, SOROCABA/SP. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 439-446, 2017.

LIRA, M, E.; NASCIMENTO, F.I.C.D. Análise morfométricas da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro, Acre-Brasil. **Revista Geonorte**, v.3, n.6, p.606-616, 2012.

LIMA, JF; PEIXOTO, CP.; LEDO, CAS. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciências agrotecnica**, v. 31, n. 5, 2007.

LI, H.; LI, Y.; SHEN, W.; LI, Y.; LIN, J.; LU, X.; XU, X.; JIANG, J. Elevation-Dependent Vegetation Greening of the Yarlung Zangbo River Basin in the Southern Tibetan Plateau, 1999–2013. *Remote Sens*, 16672-16687, v.7, 2015.

LI, B.; ZHOU, W.; Zhao, Y.; Ju, Q.; Yu, Z.; LIANG, Z.; ACHARYA, K. Using the SPEI to Assess Recent Climate Change in the Yarlung Zangbo River Basin, South Tibet. *Water*. v.7, ISSN.5474-5486, 2015.

MARKHAM, B. L.; BAKER, J. L. “Landsat MSS and TM Post-Calibration Dynamix Ranges, Exoatmospheric Reflectances and At-Satellite Temperatures”. **Landsat Technical Notes**, n. 1, p. 3-5, 1987.

MARKHAM, B. L., BARKER, J. L. Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, p.517-523, 1987.

MARENGO, JA. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. MMA, Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MMA, Ministério do Meio-Ambiente. **Dados Unidades de Conservação**. Acesso: 17 janeiro 2017 < <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao>>.

MENDONÇA-SANTOS, M. de L.; SANTOS, H. G. dos; DART, R. de O.; PARES, J. G. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2007. <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/339472/mapeamento-digital-de-classes-de-solos-no-estado-do-rio-de-janeiro>.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G.C.; BARBOSA, E.D.M.; Melo Júnior, J.C.F.D.. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n.22,v.3, p338-344,2007.

MOCOCHINSKI, A. Y.; SCHEER, M. B. Campos de altitude na serra do mar paranaense: aspectos florísticos. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 625-640, 2008.

MONTEIRO, J.B; PINHEIRO, D.R.C. O desastre natural como fenômeno induzido pela sociedade: abordagens teóricas e metodologias operacionais para identificação/mitigação de desastres naturais. **Revista de Geografia da IFJP**, v. 2, p. 1-9, 2012.

MOLEDO, J. C.; ABIBE, C. H.; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B. Impactos ambientais relativos à implantação do Rodoanel, trecho Norte, na bacia hidrográfica do tanque grande, município de Guarulhos, São Paulo. **Revista Geociências-UnG**, v. 14, n. 1, p. 49-70, 2016.

MUNICH Re (2014). Topics 2000: Natural Catastrophes— The Current Position. Disponível: <http://www.munichre.com>. Acesso: 10/08/15

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 na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.2,2005.

NETO, M.; CIRICIO, P. Análise Areal Como Subsidio aos Estudos Integrados na Bacia Hidrográfica do Rio Serido(RN/PB). **Revista equador**, v5,n.4,p.250-261,2016.

NERY, C. V. M., BRAGA, F. L., MOREIRA, A. A., & FERNANDES, F. H. S. Aplicação do Novo Código Florestal na Avaliação das Áreas de Preservação Permanente em Topo de Morro na Sub-Bacia do Rio Canoas no Município de Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, p. 1673-1688, 2014.

NUNES, M. T. O.; SOUSA, G. M.; TOMZHINSKI, G. W.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; FERNANDES, M. C. Variáveis Condicionantes na Susceptibilidade de Queimadas e Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia. **Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso)** v. 38, n. 1, p. 54-62, 2015.

OLIVEIRA, L.M.M. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1209-1217, 2012.

PEREIRA, B. W.; MACIEL, M. D. N. M.; DE ASSIS O, F.; SILVA, H. A. S.; BRAGA, T. G. M.; FIGUEREIDO, D. B. Estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi com base na fragmentação da vegetação. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.58, n.2, p.159-167, 2015.

RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; MOREIRA, E. B. Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. **Geosul**, v. 31, n. 62, p. 59-92, 2016.

ROBERTO, M. D.; ECOLOGUS-AGRAR. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região da Baía de Guanabara. Relatório Final- Síntese. Rio de Janeiro, 2009. Available at:<<http://www.icmbio.gov.br>>. Accessed on: February 9, 2016.

RODRIGUES, R. M., LIMA, J. J. F., Ponte, J. X., LEÃO, M. B. M. S., LOPES, R. S. N., & Barros, N. S. (2013). APP's urbanas e intervenções públicas em áreas de Baixadas em Belém (PA): implicações das intervenções públicas nas margens de cursos d'água. **Anais: Seminário de Áreas de Preservação Permanente Urbanas**, n. 2, 2013.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Third ERTS Symposium**, NASA SP-351, v.01, NASA, Washington, p.309-317, 1973.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Final Report, RSC 1978-4, Texas A & M University, College Station, Texas, 1974.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS Symposium, **NASA SP-351 I**, pp. 309–317, 1973.

SACHETTO, J. R. **Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, no município de Magé/RJ**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, UERJ, 84f. 2012. Dissertação.

SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para identificação da cobertura fitogeográfica da bacia hidrográfica do rio Goiana--PE. **II Simpósio de Geografia Física do Nordeste**, 2008.

SANTANA, M. F.; DELGADO, R. C.; JÚNIOR, J. F. O.; DE GOIS, G.; TEODORO, P. E. Variabilidade da Mata Atlântica baseado no índice EVI e variáveis climáticas em Cunha-SP, Brasil. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, p. 37-44, 2016.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

SANTOS, J.S; LINGNAU, C. Monitoramento em área de catástrofe ambiental através de técnica de detecção de mudanças. 2013.

SANTOS, S.; SCCOTI, A. V.; DA SILVA, K.; DE SOUZA, R, E. Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. **Revista Geonorte**, v. 5, n.20, p. 176-180, 2014.

SANTOS, É. G.; SANTOS, C. A. C.; BEZERRA, B. G.; NASCIMENTO, F. D. C. A. Análise de Parâmetros Ambientais no Núcleo de Desertificação de Irauçuba-CE Usando Imagens de Satélite (Analysis of Environmental Parameters in the Core of Desertification Irauçuba-CE Using Satellite Images). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 915-926, 2015.

SILVA, E. R.; DELGADO, R. C.; DE SOUZA, L. P.; DA SILVA, I. S. Caracterização física em duas bacias hidrográficas do Alto Juruá, Acre. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, n.7, p.714-719,2014.

SILVA, C. R. P.; DEMARQUI, E. N.; DE ALMEIDA, F. T.; MINGOTI, R.; DE SOUZA, A. P. Diferentes modelos digitais de elevação na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Nandico, MT, Brasil. **Scientia Plena**, v.11, n.5, p. 10-19,2015.

SILVA, A.; MARQUES, C.; MARQUES, C.; MAGALHÃES, J.R.A.; Caracterização morfométrica da bacia do Rio Maquiné-Borda leste do quadrilátero ferrífero/MG. **Revista Geonorte**, v.5, n.20, p.217-221,2016.

SILVA, E. R.; DELGADO, R. C.; DE SOUZA, L. P.; DA SILVA, I. S. Caracterização física em duas bacias hidrográficas do Alto Juruá, Acre. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, n.7, p. 714-719, 2014.

SILVA, CRP.; DEMARQUI, EN.; DE ALMEIDA, F. T.; MINGOTI, R.; DE SOUZA, A. P. Diferentes modelos digitais de elevação na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Nandico, MT, Brasil. **Scientia Plena**, v.11, n.5, p. 10-19,2015.

SILVA, A.; MARQUES, C.; MARQUES, C.; MAGALHÃES, J.R.A.; Caracterização morfométrica da bacia do Rio Maquiné-Borda leste do quadrilátero ferrífero/MG. **Revista Geonorte**, v.5, n.20, p.217-221,2016.

SILVA, D.E.M; COSTA, D.F.S. A Caracterização do uso e ocupação do solo de um sistema fluvio-lagunar no litoral semiárido potiguar: uso da classificação supervisionada MAXVER. **Revista do CERES**, v. 1, n. 2, p. 196-200, 2016.

SOARES, T. S.; CÔRTEZ, M. A. S.; FREITAS, A. D.; CARLA, F.; VASCONCELOS, W. Avaliação dos impactos ambientais na área de influência direta do córrego da Estiva, município de Betim, MG, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 2, p. 620-636, 2016.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. D.; RIBEIRO, C. A. A; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. **Revista Árvore**, v. 30, n.5, p. 849-857, 2006.

TUNDISI, JG; TUNDISI, TM. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP. Tucci, CEM (org.), 2009.

UNDHA. United Nations Department of Humanitarian Affairs: Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management://www.unisdr.org/unisdr/glossaire.htm. Acessado: 17 Abr de 2015.

UNISDR. Disaster risk reduction for resilience and sustainable development in the Arab region: issues brief. Acessado: 21 de Jun de 2015.

USGS. <https://www.usgs.gov/>. Acesso: 15 dez 2016

VESTENA, L.R. 2008. A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava: v.4, nº1, p.151-162, 2008

VILLELA, S. M.; MATTOS, A.; **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, p. 2644–2659, 2016.