



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE GEOGRAFIA**

**USO DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DE PERDA DE**  
**VEGETAÇÃO SOBRE O AQUÍFERO GUARATIBA/RJ APLICANDO**  
**NDVI**

Discente

***DIEGO GALDINO REZENDE***

Dezembro de 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GEOGRAFIA

**USO DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DE PERDA DE  
VEGETAÇÃO SOBRE O AQUÍFERO GUARATIBA/RJ APLICANDO  
NDVI**

*DIEGO GALDINO REZENDE*

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Bacharel em Geografia, como requisito para a graduação.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa

Seropédica  
Dezembro/ 2016

## **Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa  
(Instituto de Agronomia – UFRRJ)  
Orientador

---

Prof. Dr. Fernando Machado de Mello

---

Prof. MSc. Pedro Henrique Ferreira Coura

Seropédica/RJ

2016

## Agradecimentos

Agradeço a Deus por me conceder o dom da vida e a capacidade de concluir esta graduação, suas bênçãos me deram forças para superar todos os momentos difíceis que passei durante a caminhada.

Aos meus pais Elena e Donizete agradeço imensamente, pois se não fosse por eles eu não realizaria esse sonho. Não mediram esforços para me verem formado, sempre ajudando com o possível.

À minha namorada Olívia, pelo amor, carinho, companheirismo e paciência que teve comigo durante a graduação, sempre apoiando e ajudando a tomar as melhores decisões.

Aos familiares por todo apoio e incentivo que me deram para entrar na universidade e nunca desistir dos meus objetivos.

Ao meu orientador professor doutor Gustavo Mota de Sousa, por, primeiramente, ter aceito me orientar, contribuindo sempre com os seus conhecimentos e sabedoria para que este trabalho viesse a se realizar.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, querida Rural, por ter aberto suas portas e me recebido da melhor forma possível, ao acesso a uma educação de qualidade, e uma vivência universitária ímpar onde adquiri conhecimento e experiência de vida.

Agradeço a Petrobrás por financiar as pesquisas na bolsa de iniciação científica que veio a resultar neste trabalho.

À professora Maria Geralda, coordenadora do projeto de iniciação científica da UFRRJ com a Petrobras.

Ao pesquisador e amigo José Dias que contribuiu com as pesquisas na bolsa de iniciação científica e nas atividades extra curriculares.

Aos amigos da UFRRJ, em especial aos que se tornaram a minha segunda família no alojamento M5 quarto 514.

Aos amigos Francisco Romário e Carla Cristina, pela paciência e dedicação em me ensinar as disciplinas que tive dificuldades na graduação, muito obrigado.

Ao projeto do Reuni, do governo federal, que ampliou as vagas nas universidades públicas que possibilitou a minha entrada e permanência na universidade.

Agradeço também a todo corpo docente do Departamento de Geociências da UFRRJ que sempre se empenharam em ensinar e lutar por melhorias no curso.

“Não podemos buscar realização para nós mesmos e esquecer do progresso e prosperidade para nossa comunidade.

Nossas ambições precisam ser amplas o suficiente para incluir as aspirações e necessidades dos outros, pelo bem deles e pelo nosso próprio”.

**Cesar Chavez**

## RESUMO

O sensoriamento remoto apresenta um conjunto de tecnologias essenciais para o planejamento e monitoramento de áreas naturais e antrópicas que são identificadas através de fotografias aéreas e sensores orbitais. O Aquífero Guaratiba situa-se na Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro – Brasil, inserida no ecossistema do bioma Mata Atlântica, área de manguezais que possui significativo potencial hídrico, sendo responsável por abastecer grande parte da população da região, fortemente afetada pelos problemas que passam a surgir com a expansão populacional resultante da ocupação de regiões sem planejamento, causando significativos impactos ambientais e sociais. Através do cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI, executado nos canais Vermelho e Infravermelho em imagens dos satélites da série Landsat, foi possível a identificação da dinâmica das áreas de vegetação ocorridas nos últimos 30 anos, entre 1985 e 2015, sobre a área do aquífero. Analisando o NDVI junto ao mapa atual de uso e ocupação do solo do local é possível evidenciar que a expansão urbana está diretamente relacionada com as perdas de vegetação identificadas sobre o aquífero. A vegetação é responsável por proteger e garantir a permanência de água no solo, além de conter a erosão, quanto maior presença de cobertura vegetal, mais tempo a água permanece no solo, diminuindo-se a evaporação e aumentando a quantidade da infiltração para o lençol freático, além de contribuir com a recarga e garantir a qualidade da água. Entretanto, com a sua retirada, o solo fica mais vulnerável à contaminação, comprometendo tanto a qualidade como a recarga de água no aquífero. Os resultados da sobreposição dessas informações são analisados em conjunto com o software QGIS que possibilita o uso de tecnologias livres que auxiliam a disseminação dessa metodologia, além de dar suporte à gestão pública e ao direcionamento de tomadas de decisão importantes para a reorganização das áreas urbanas e de áreas naturais protegidas.

**Palavras Chaves:** Sensoriamento Remoto, planejamento, NDVI, aquífero, vegetação, expansão urbana.

## ABSTRACT

Remote Sensing techniques presents a group of essential technologies for planning purposes besides an application for monitoring natural and anthropized regions that are identified by aerial photographs and orbital sensors. The Guaratiba Aquifer is located in the West Zone of Rio de Janeiro city, Brazil, which belongs to the Atlantic Coast and Forest biomes, showing the presence of mangroves and with tropical forests high hydric potential. This zone is responsible for considerable amount of local population, highly impacted by problems that emerge with the urban frontier expansion resulted from the unplanned occupation of new areas, causing serious social and environmental damages. Using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) performed in the Red and Infrared channels in Landsat series data is possible to improve the knowledge of the dynamics of vegetated cover in the past 30 years, between 1985 and 2015, over aquifer area. Analyzing the NDVI besides the Land Use Chart was possible to stress that the recent city expansion is directly related with losses of identified vegetated areas above the Guaratiba Aquifer. Vegetation is responsible for the protection and the permanence of the water contents in the ground, prevents the soil loss by erosion and in the better vegetated area, longer is the time that water expends to flow, diminishing the evaporation, increasing the quantity from that water that will infiltrate and reach the water table, contributing with the recharge of good-quality water. Vegetation losses directs exposes soils to weather conditions, mainly heavy rainfalls in this tropical area of the planet, promoting extensive landslides, human induced pollution, compromising the quality and the necessary renewing of water resources. Results of the superposing plans of information are analyzed with the aid of free software QGIS, promoting the dissemination of this popular technology, could be an important tool to assess the community manager in his decisions, by directing the main actions for the reorganization of urban expansion and improving the monitoring of natural protected areas.

**Keywords:** Remote Sensing, Urban Planning, Guaratiba Aquifer, Devegetation, Urban Frontier Expansion.

## **Sumário**

<b>CAPITULO I – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Justificativa .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Aquífero .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Geotecnologias.....</b>	<b>155</b>
<b>2.2.1 Geoprocessamento e Sistema de Informações Geográficas.....</b>	<b>155</b>
<b>2.2.2 Sensoriamento remoto .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.3 Índice de vegetação.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO III - ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO IV- METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Materiais .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Métodos.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>266</b>
<b>CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Comportamento espectral dos alvos conforme o comprimento de onda.....	18
Figura 2: Mapa de localização do Aquífero Guaratiba.....	20
Figura 3: Fluxograma metodológico.....	22
Figura 4: Complemento do software Quantum Gis utilizado para fazer as correções atmosféricas.....	24
Figura 5: Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada dos anos de 1985 e 2015.....	26
Figura 6: Mapas de perda de vegetação (esquerda) e mapa de uso e cobertura do solo sobre o Aquífero Guaratiba – RJ.....	27
Figura 7: Polígonos de perda de vegetação sobrepostos ao mapa de uso e cobertura do solo.....	28

## **Capítulo I – Introdução**

O homem é integrante do ecossistema e, com o passar do tempo e da evolução da técnica, aprendeu a utilizar-se dos elementos da natureza, transformando a paisagem para melhorar atender as suas necessidades. No entanto, as ambições da sociedade humana se sobrepuseram as suas reais necessidades, o aumento cada vez maior da exploração dos elementos naturais e a expansão urbana sobre áreas frágeis de ocupação gerou impactos que podem causar desequilíbrios ambientais e comprometer o uso dos recursos naturais.

A cidade do Rio de Janeiro é uma área de grande interesse econômico do país, onde ocorreram grandes transformações no uso do solo, resultante de uma intensa concentração populacional, em que a ocupação urbana ocorreu sem o devido planejamento em áreas que antes eram de vegetação nativa, considerando que o município era em sua totalidade coberto pelo bioma da Mata Atlântica. Segundo o censo demográfico do IBGE (2010) a cidade sofreu um aumento populacional de aproximadamente 840.000 pessoas entre os anos de 1991 e 2010, um acréscimo de 15% para este mesmo período, apresentando tendências à continuidade de crescimento para os próximos anos.

O objeto de estudo deste trabalho é o Aquífero Guaratiba, que está situado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, onde ocorreu uma acelerada expansão urbana, especificamente pelo desenvolvimento da Barra da Tijuca com a implantação de estruturas como a construção do Túnel da Grota Funda e da via Expressa Transoeste (PIZZOLATO, 2013; CONSEMAC, 2015) que facilitam o acesso ao local. Por se tratar de uma área com potencial hídrico, que dispõe de grandes quantidades de águas subterrâneas armazenadas em rochas, abastece atualmente grande parte da população que ali reside, verificado em pesquisas de campo com os moradores locais. O problema identificado é que o crescimento demográfico vem ocorrendo de forma não planejada, somando a falta de infraestrutura e saneamento básico, acaba por causar pressões ambientais que podem comprometer a recarga e a qualidade das águas do Aquífero Guaratiba.

A vegetação é responsável por proteger e garantir a permanência de água no solo, além de conter a erosão, quanto maior presença de cobertura vegetal, mais tempo a água

permanece no solo, diminuindo-se a evaporação e aumentando a quantidade daquela que irá infiltrar-se e atingir o lençol freático contribuindo com a recarga e garantindo a qualidade da água do aquífero. Porém com a sua retirada, o solo fica mais vulnerável à contaminação, poluentes oriundos da urbanização, que é resultado da supressão da vegetação que existia anteriormente, infiltram-se facilmente no solo e comprometem tanto a qualidade como a recarga de água no aquífero.

Muitas técnicas estão sendo empregadas em pesquisas de monitoramento e comportamento da vegetação, buscando cada vez mais atrelar as melhorias na obtenção dos dados à precisão dos resultados. As ferramentas de geoprocessamento ganham maior destaque neste trabalho pois possibilitam visualizar e quantificar as alterações no espaço. Para os estudos geográficos é importante o relacionamento com o geoprocessamento e análise ambiental, que propiciam os estudos de diversos fenômenos ambientais que são especializados.

O mapeamento da cobertura do solo por imagens orbitais é uma das principais aplicações do sensoriamento remoto que torna possível o monitoramento contínuo da superfície terrestre. Shimabukuro *et al.* (2009) considera que o sensoriamento remoto tem contribuído com informações importantes sobre a localização, tipo e condições da cobertura vegetal.

Deste modo, entende-se que o uso de sensoriamento remoto, geoprocessamento e sistemas de informações geográficas constituem-se em importantes ferramentas para análise em uma perspectiva sistêmica, a qual só pode concretizar-se mediante as categorias de análise da Geografia.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é fazer uma análise temporal da perda da cobertura vegetal sobre o Aquífero Guaratiba entre os anos de 1985 à 2015 através da aplicação de NDVI.

## **1.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos temos:

- Verificar a eficiência da técnica de NDVI na análise ambiental;
- Mensurar a perda de vegetação durante o período de estudo;
- Identificar, através da análise dos resultados quais os fenômenos que causaram ou contribuem com a perda de vegetação no local;
- Contribuir com o banco de dados para o estudo do Aquífero Guaratiba.

#### **1.4 Justificativa**

O estudo do Aquífero Guaratiba iniciou através do Projeto de Fomento à formação de recursos humanos em Gestão Integrada do Uso das Águas Subterrâneas em Aquíferos Porosos e Fraturados – Aquífero Guaratiba, por meio da criação do PRH-PB 239, financiado pela Petrobras em parceria com a UFRRJ, do qual eu participei como bolsista de iniciação científica de 2013 à 2016. Meu trabalho foi realizar uma análise ambiental através das técnicas de sensoriamento remoto para identificar as áreas desmatadas e de risco de contaminação. Foi identificado que a expansão urbana sobre a área do aquífero ocorre de forma acelerada e sem planejamento, causando impactos ambientais e sociais. A realização deste trabalho se faz necessária uma vez que a área estudada carece de dados e informações pertinentes a questões ambientais, de acordo com os moradores, a região conta com um abastecimento obsoleto que leva a utilização das águas do aquífero pela população local. Diante disso, é necessário entender a localidade espacialmente para visualização das áreas de expansão propiciando uma discussão sobre os impactos causados para contribuir na tomada de decisões, onde os órgãos competentes possam recuperar o ambiente e trazer melhorias a população.

## **Capítulo II - Fundamentação Teórica**

### **2.1 Aquífero**

Um aquífero ocorre quando há o armazenamento e transmissão de água, de acordo com CPRM (2016) trata-se de uma *“formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior em condições naturais que é composto por formações permeáveis, tais como os arenitos e areias.”*.

No caso do Aquífero Guaratiba, existe esse armazenamento e transmissão que fazem com que sejam descartados os conceitos de aquíclode (armazena e não transmite a água) e aquítarde (que não armazena, nem transmite a água). O Guaratiba é um aquífero intergranular; ou seja, um aquífero formado por rochas sedimentares do quaternário que o caracterizam como um aquífero poroso.

O aquífero estudado de acordo com Carvalho *et al.* (2009) *“é constituído por intercalações de materiais arenosos e argilosos, depositados nas baixadas, ocupando espaços entre as elevações, que ocorrem nas Regiões Administrativas de Campo Grande e Guaratiba com água subterrânea armazenada a pouca profundidade.”*.

A infiltração de um aquífero depende basicamente do tipo e da condição do material terrestre. Considerando o tipo de material terrestre, podemos salientar os exógenos como a ocupação do solo e a cobertura vegetal existente.

Ao falar dos tipos de usos exógenos, o estudo de Teixeira *et al.* (2009) expõe que *“o avanço da urbanização e a devastação da vegetação tem influenciado significativamente a quantidade de água infiltrada em adensamentos populacionais e zonas de intenso uso agropecuário”*.

### **2.2. Geotecnologias**

#### **2.2.1 Geoprocessamento e Sistema de Informações Geográficas**

Rodrigues (1990) define o Geoprocessamento como o conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento. As áreas que se utilizam das tecnologias do Geoprocessamento têm, em comum, o interesse por entes de expressão espacial, sua localização ou distribuição. Para Câmara *et al* (2000), o termo Geoprocessamento está relacionado a disciplina do conhecimento que, através de técnicas

matemáticas e computacionais, vêm influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicação, Energia, Planejamento Urbano e Regional. Segundo Silva & Zaidan (2009), geoprocessamento é definido como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que, operando com informações georreferenciadas, utilizando computação eletrônica, auxilia nas análises e sínteses dos eventos e entidades, elaborando informação relevante para apoio à tomada de decisão quanto aos recursos ambientais. Para Silva & Zaidan (2009), no geoprocessamento são alistados e registrados, em um banco de dados, uma enorme quantidade de dados ambientais, que podem ser utilizados de forma imediata. Assim, é possível medir e localizar alguns fenômenos, bem como sua locomoção e distribuição no espaço. Sabendo que as imagens de satélite são utilizadas para gerar informações da superfície da Terra, tais como mapas com a distribuição da vegetação ou com classes de uso e cobertura, utilizando o geoprocessamento podemos elaborar, por exemplo, um banco de dados com feições de perda de vegetação sobre o Aquífero Guaratiba. Para Piroli (2010), geoprocessamento pode ser definido de uma forma mais detalhada como sendo um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG), computadores, dados diversos e profissionais especializados. Sistema de Informação Geográfica é definido por Aronoff (1989) como sendo um conjunto de processos e métodos utilizados para o armazenamento e manipulação de dados georeferenciados. Já os autores Burrough & McDonnell (1998) definem SIG como sendo um poderoso conjunto de ferramentas utilizadas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e apresentar dados espaciais do mundo real. Em termos mais abrangentes, Olaya (2012) define SIG ou GIS (*Geographic Information System*) como ferramentas computacionais capazes de analisar, apresentar e interpretar dados referentes a algo que acontece na superfície da terra.

Devido ao baixo custo e a disponibilidade de softwares livres atualmente, como por exemplo o Quantum GIS, utilizado na realização deste trabalho, os SIGs são bastante utilizados, pois possibilitam trabalhar com espacialização de dados terrestres, facilitando, por exemplo, na localização das áreas de supressão da vegetação.

Para os estudos geográficos diversos, os SIGs, são uma boa alternativa para auxiliar no entendimento espacial do ambiente, pois eles retratam ou representam de forma mais fidedigna os problemas relacionados ao espaço, e desta forma ser mais pontual nas análises, podendo, no mais, construir uma diversidade de materiais cartográficos (CERQUEIRA, 2006).

### **2.2.2 Sensoriamento Remoto**

O sensoriamento remoto refere-se a um conjunto de técnicas destinadas à obtenção de informações sobre objetos, através da análise de dados obtidos por um sensor, sem que haja contato físico entre eles (MORAES, 2002). Para que se compreenda melhor esta definição, faz-se necessário identificar os quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto: a radiação eletromagnética, que é o elemento de ligação entre os demais elementos; a fonte de energia eletromagnética, que é o Sol, para o caso da aplicação do sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais; o sensor, que é o instrumento que coleta e registra a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelo objeto, este último que representa o elemento do qual se pretende extrair a informação. Shimabukuro *et al.* (2009) consideram que o sensoriamento remoto tem contribuído com informações importantes sobre a localização, tipo e condições da cobertura vegetal.

A Radiação Eletromagnética (REM) é o elemento fundamental das técnicas de sensoriamento remoto, que no vácuo propaga-se à velocidade da luz e sua interação com o objeto pode ser explicada, sob uma perspectiva quântica, como o resultado da emissão de pequenos pulsos de energia, enquanto sob uma perspectiva ondulatória, esta radiação propaga-se na forma de ondas formadas pela oscilação dos campos elétrico e magnético. O conhecimento das interações da REM com a vegetação é de importância fundamental para que seja possível entender os fatores que afetam a refletividade deste alvo tais como disponibilidade de água, temperatura, idade de um povoamento, porcentagem de cobertura do solo, etc. Segundo Ponzoni (2002), tal conhecimento permite identificar os diversos padrões de resposta adotados pela vegetação em cada tipo de produto do sensoriamento remoto.

Cada alvo da superfície terrestre tem um padrão de resposta espectral que permite o seu monitoramento utilizando dados de sensoriamento remoto (Figura 1).

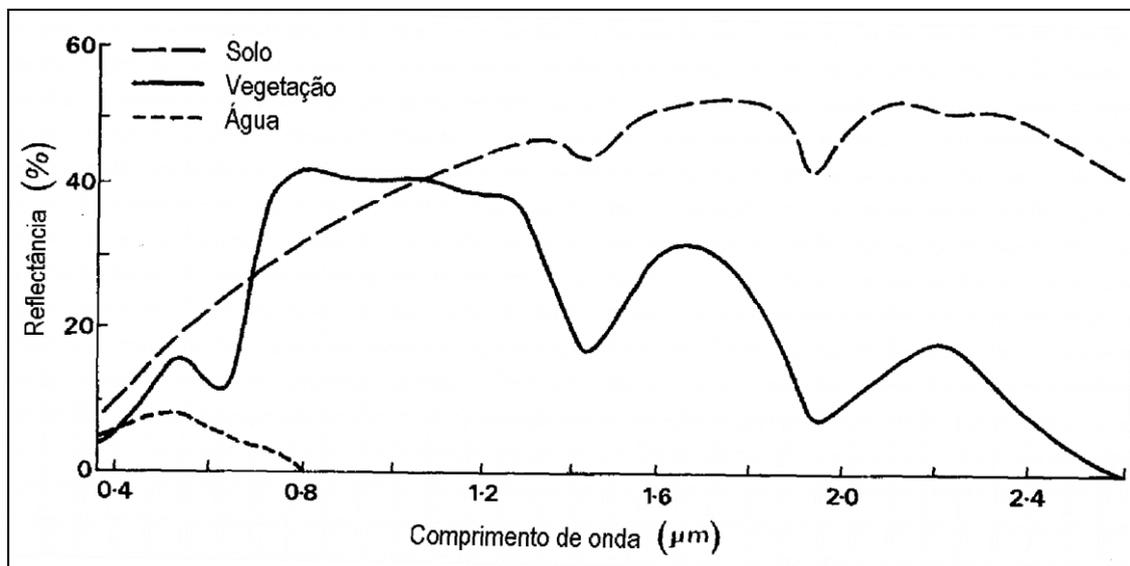


Figura 1 – Comportamento espectral dos alvos conforme o comprimento de onda.

Fonte: Chuvieco, 1995

Conforme ilustrado no gráfico de comprimento de onda a vegetação tem, na região do visível 0,4 μm à 0,6 μm, um pico de absorção decorrente de forte absorção dos pigmentos do grupo da clorofila. Existem duas bandas de absorção distintas. Uma delas situada próximo a 0,48 μm devido a presença de carotenos. A outra próxima a 0,68 μm, relacionada ao processo da fotossíntese. Entre estes dois pontos de absorção existe um pico de reflectância em torno de 0,5 μm, correspondente à região da cor verde do espectro visível, o que explica a coloração verde das plantas. Outra característica marcante do comportamento espectral da vegetação é a existência de uma região de alta reflectância na região entre 0,7 μm a 1,3 μm correspondente ao infravermelho, que está associada à estrutura celular interna da folha. Esta característica decorre do comportamento natural da vegetação, visando manter o equilíbrio no balanço de energia no interior da planta, evitando um superaquecimento e a conseqüente destruição da clorofila. Dois outros picos

de absorção ocorrem nas regiões próximas a 1,4  $\mu\text{m}$  e 1,9  $\mu\text{m}$  devido a presença de água na folha.

As curvas espectrais dos solos sem vegetação apresentam, no intervalo espectral correspondente ao azul, valores de reflexão baixos, os quais aumentam continuamente em direção da luz vermelha, do infravermelho próximo e médio.

O comportamento espectral da água é função das propriedades óticas da água pura e de outras substâncias nela dissolvidas e em suspensão, sendo em geral, a maior reflectância deste alvo observada na faixa espectral do visível, 0,4 a 0,6  $\mu\text{m}$ , decrescendo gradualmente na direção do infravermelho.

### **2.2.3 Índice de Vegetação**

Desde a década de 60, cientistas vêm extraíndo e modelando muitos parâmetros biofísicos da vegetação com o uso do Sensoriamento Remoto, e grande parte desse esforço envolve a utilização de índices de vegetação, os quais se configuram como medidas radiométricas adimensionais, que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, radiação fotossinteticamente ativa absorvida, entre outros (JENSEN, 2009).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, ou NDVI, foi proposto por Rouse et al. (1973), a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 a +1. Consiste numa relação entre as medidas espectrais (reflectância -  $\rho$ ) de duas bandas, a do infravermelho próximo ( $\rho_{\text{ivp}}$ ) e a do vermelho ( $\rho_{\text{v}}$ ).

Segundo Jensen (2000), os valores do NDVI oscilam de -1 a +1. Os mais próximos de 1, indicam que a vegetação apresenta-se em seu estágio denso, úmida e bem desenvolvida. Já a água tem reflectância em V maior do que em IVP, o que faz com que no NDVI apresente valores negativos, próximos a -1. As nuvens refletem de forma semelhante no visível e no infravermelho próximo, portanto, espera-se que o valor do pixel seja bem próximo de zero. O solo nu e sem vegetação, ou com vegetação rala e esparsa, apresenta valores positivos, mas não muito elevados.

### Capítulo III - Área de Estudo

O Aquífero Guaratiba se localiza na Zona Oeste cidade do Rio de Janeiro – RJ, na região administrativa dos bairros de Campo Grande e Guaratiba, região sudeste do Brasil, pertencente a um clima tropical inserido no ecossistema do bioma de Mata Atlântica. Possui 8.246 hectares, onde os limites são definidos ao norte pela Serra do Mendanha, ao Sul pelo Oceano Atlântico, a leste pela porção oeste do Maciço da Pedra Branca, uma unidade de conservação, e a Oeste pelas Serra de Inhoaíba abrangendo os bairros de Guaratiba e Campo Grande, ambos situados na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro - RJ, apresentado na Figura 2

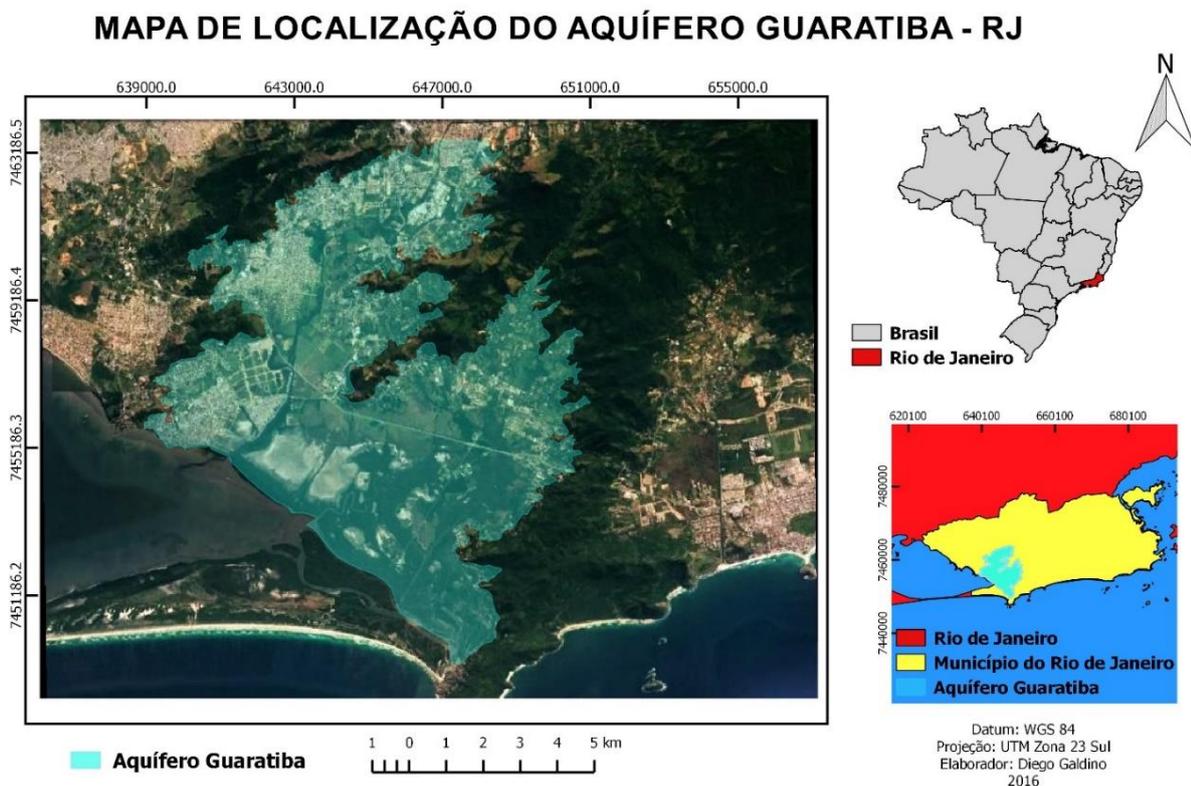


Figura 2. Mapa de localização do Aquífero Guaratiba, imagem Google Earth

A área apresenta desenvolvimento urbano no início da década 60 com o desenvolvimento industrial da Zona Oeste, em especial o bairro de Campo Grande,

Paciência e Santa Cruz com a implantação dos distritos industriais. A escolha da Zona Oeste para conter os distritos industriais está relacionada ao baixo preço das terras, áreas amplas e de baixa ocupação populacional. O que transformou a paisagem nos anos subsequentes com a criação de novas infraestruturas (DAMAS, 2008).

Essas infraestruturas trouxeram o desenvolvimento para a região de Guaratiba com a inserção de áreas com usos residenciais, agrícolas e industriais. A recente ocupação urbana da Região do aquífero se dá com a implantação de estruturas como a construção do Túnel da Grota Funda (2012) e a via Expressa Transoeste. A partir de 2012 com as construções de estruturas como vias de ligação com outros bairros do Rio de Janeiro, como também o Parque Shopping, dá-se uma expressiva expansão imobiliária na região.

## Capítulo IV- Metodologia

A realização deste trabalho seguiu os procedimentos apresentados no fluxograma metodológico da Figura 3:

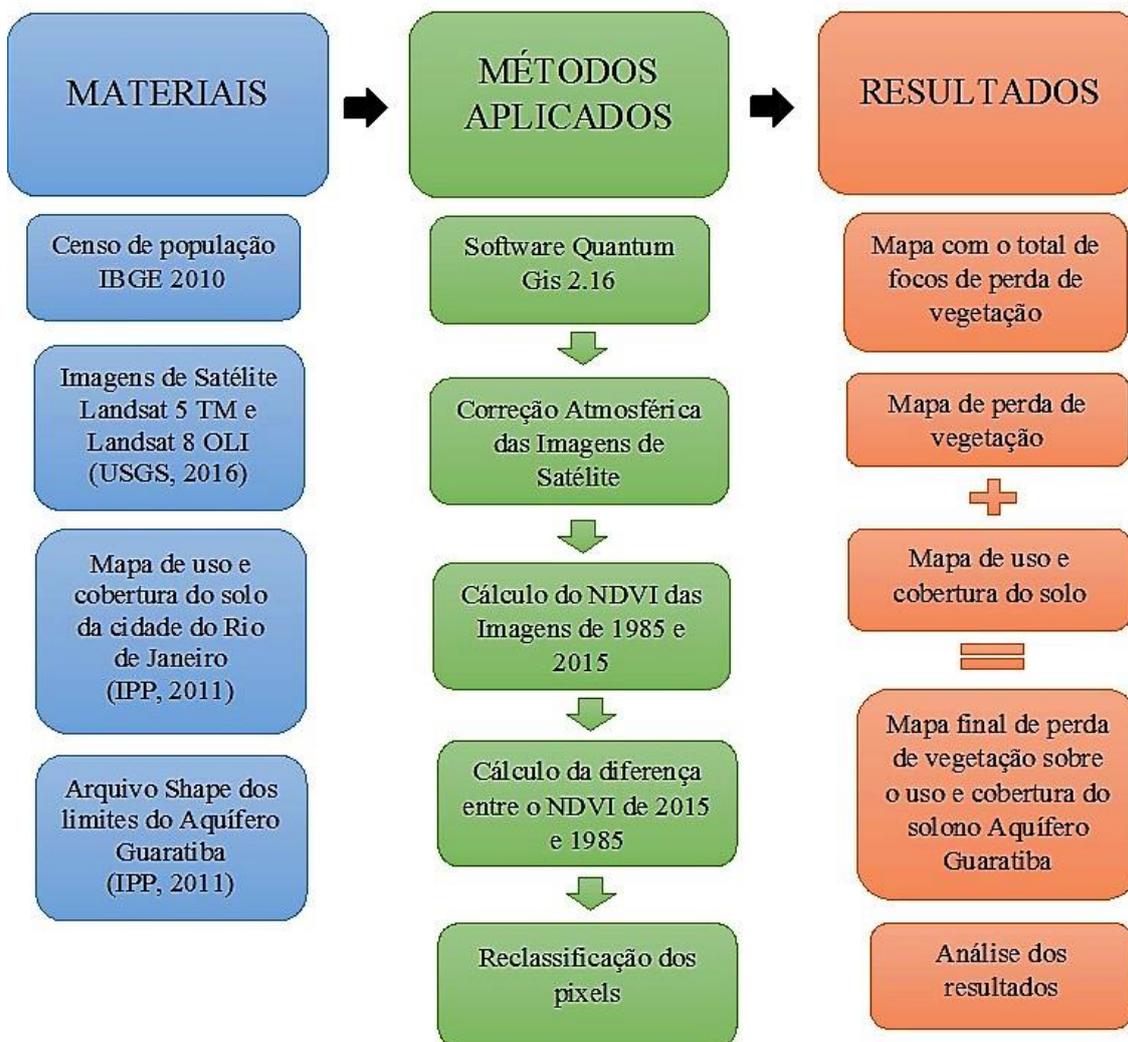


Figura 3. Fluxograma metodológico

### 4.1 Materiais

Para destacar a expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro foram utilizados dados do censo de população do ano de 2010 realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Para realizar o cálculo do NDVI foram utilizadas as imagens do

sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, de janeiro de 1985, e do sensor Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8, de janeiro de 2015, obtidas no catálogo de imagens do USGS Earth Explorer. Para analisar as mudanças na cobertura do solo foi utilizado o mapa de uso e cobertura do solo, realizado pelo Instituto Pereira Passos da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, do ano de 2011 que também disponibilizou o arquivo *Shape* dos limites do Aquífero Guaratiba, realizado no ano de 2011.

## 4.2 Métodos

Para o processamento dos dados foi utilizado o software livre Quantum GIS 2.16. As imagens adquiridas já são ortorretificadas pela USGS porém é necessário que se faça as correções atmosféricas, para isso as imagens foram pré-processadas utilizando o método de pixel escuro, também conhecido como DOS (*Dark Object Subtraction*), proposto por Chavez (1989):

*“No método DOS assume-se que há uma grande probabilidade de existir alvos (pixels) escuros nas imagens, como sombras ocasionadas pela topografia ou por nuvens, os quais deveriam apresentar um ND muito baixo na imagem, equivalente a cerca de 1% de reflectância”.*

O software Quantum Gis possui um complemento *Semi – Automatic Classification Plugin* que faz as correções atmosféricas utilizando o método *DOS*, basta carregar a pasta que contém as imagens e o arquivo com os *Metadados*, automaticamente os valores necessários para a correção, como radiância, reflectância, distância do sol, entre outros, são carregados conforme suas respectivas bandas (Figura 4). A partir disso são criadas novas bandas com as correções atmosféricas.

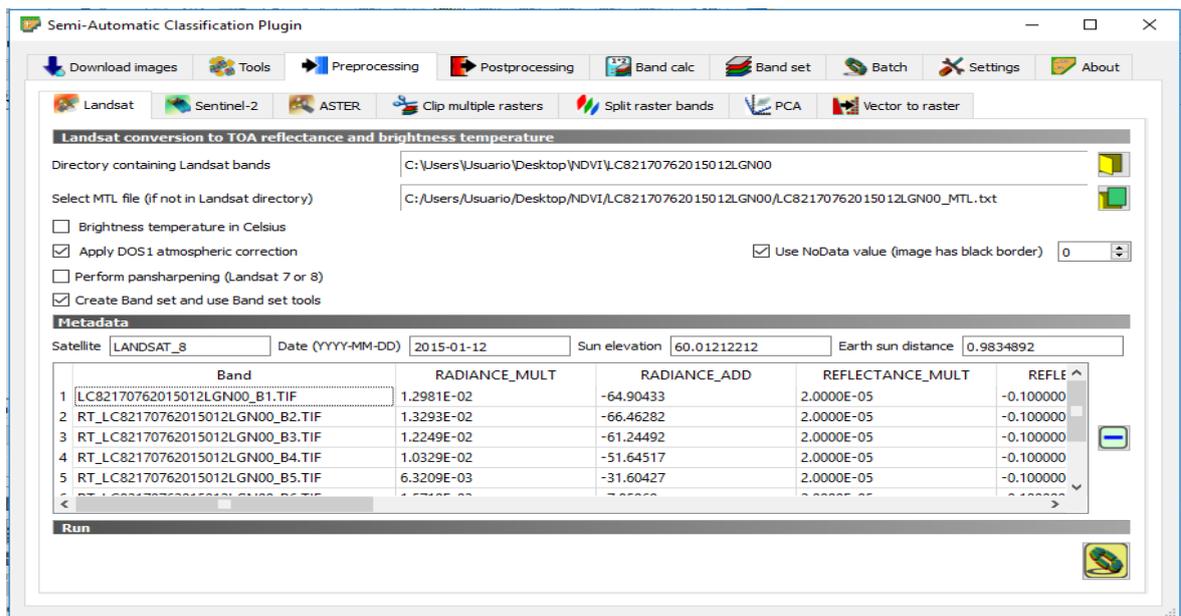


Figura 4. Complemento do software Quantum Gis utilizado para fazer as correções atmosféricas.

O NDVI foi gerado através da inserção das bandas do vermelho e infravermelho próximo em fórmula proposta por Rouse *et al.* (1973), apresentada na Equação 1:

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$$

Onde, IVP: banda no Infravermelho próximo e V: banda no vermelho.

A partir dos mapas de NDVI de 1985 e 2015 foi realizado o cálculo da diferença entre eles, para isso foi utilizado a ferramenta de *Calculadora Raster* onde foi calculado, Equação 2:

$$NDVI\ 2015 - NDVI\ 1985$$

Após o cálculo da diferença do NDVI de 1985 e 2015 realizou-se a reclassificação dos valores dos pixels para preparar os dados para conversão em formato vetorial e quantificação da área de vegetação suprimida entre esses anos. Depois de obtidos e interpretados, os intervalos dos valores de pixels foram caracterizados e transformados em polígonos, em seguida reclassificados em números e agrupados em categorias, que expressam as condições da vegetação, cujo valor correspondente à perda de vegetação está abaixo do equivalente à média subtraída do desvio padrão.

## Capítulo V - Resultados e Discussões

Os resultados obtidos, com a aplicação da metodologia sugerida, resultou nos mapas de Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de 1985 e 2015, onde é visível uma diferença considerável entre os dois índices (Figura 5) :

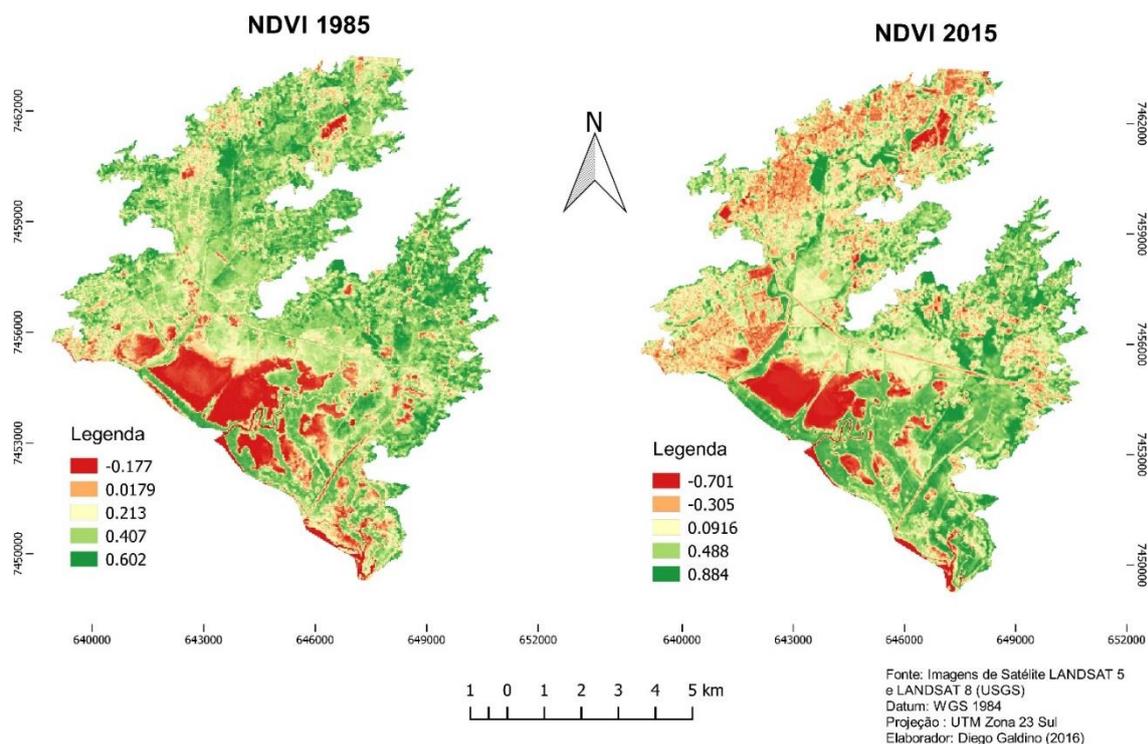


Figura 5. Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada dos anos de 1985 e 2015

Analisando o mapa de NDVI do ano de 1985 percebemos que embora tenham grandes áreas que representam a ausência de vegetação, em vermelho, elas não apresentam pressões ao aquífero, pois se tratam, na maioria, de áreas de depósitos arenosos e solo exposto, validados por meio de levantamentos de campo, localizadas na parte centro-oeste do aquífero, que se caracterizam pela pouca presença de ocupação humana, responsável por potencializar a poluição e aumentar o desmatamento, além de serem locais protegidos por órgãos públicos, de pesquisa e militar, que contém a expansão urbana no local. As áreas que demonstram a presença de vegetação, em verde, ainda

predominam no mapa, representando em grande parte por vegetações de mangue, muito presente na área do aquífero, e vegetações nativas da Mata Atlântica, certificando que a área se mantém parcialmente preservada e, conseqüentemente, a proteção e recarga do aquífero não estão comprometidos. No mapa de NDVI do ano de 2015 registrou-se a diminuição das áreas em vermelho, localizadas na parte centro-oeste do mapa, isso se explica por essas áreas pertencem às instituições públicas de pesquisa e militar que além de impedirem a expansão urbana no local, permitem que a vegetação se recupere naturalmente. As transformações ocorridas durante esses 30 anos são percebidas a norte, noroeste e oeste do mapa pela presença das cores avermelhadas, que representam ausência de vegetação, que é apresentado, em seguida, no mapa de uso e ocupação, como sendo áreas residências e edificadas.

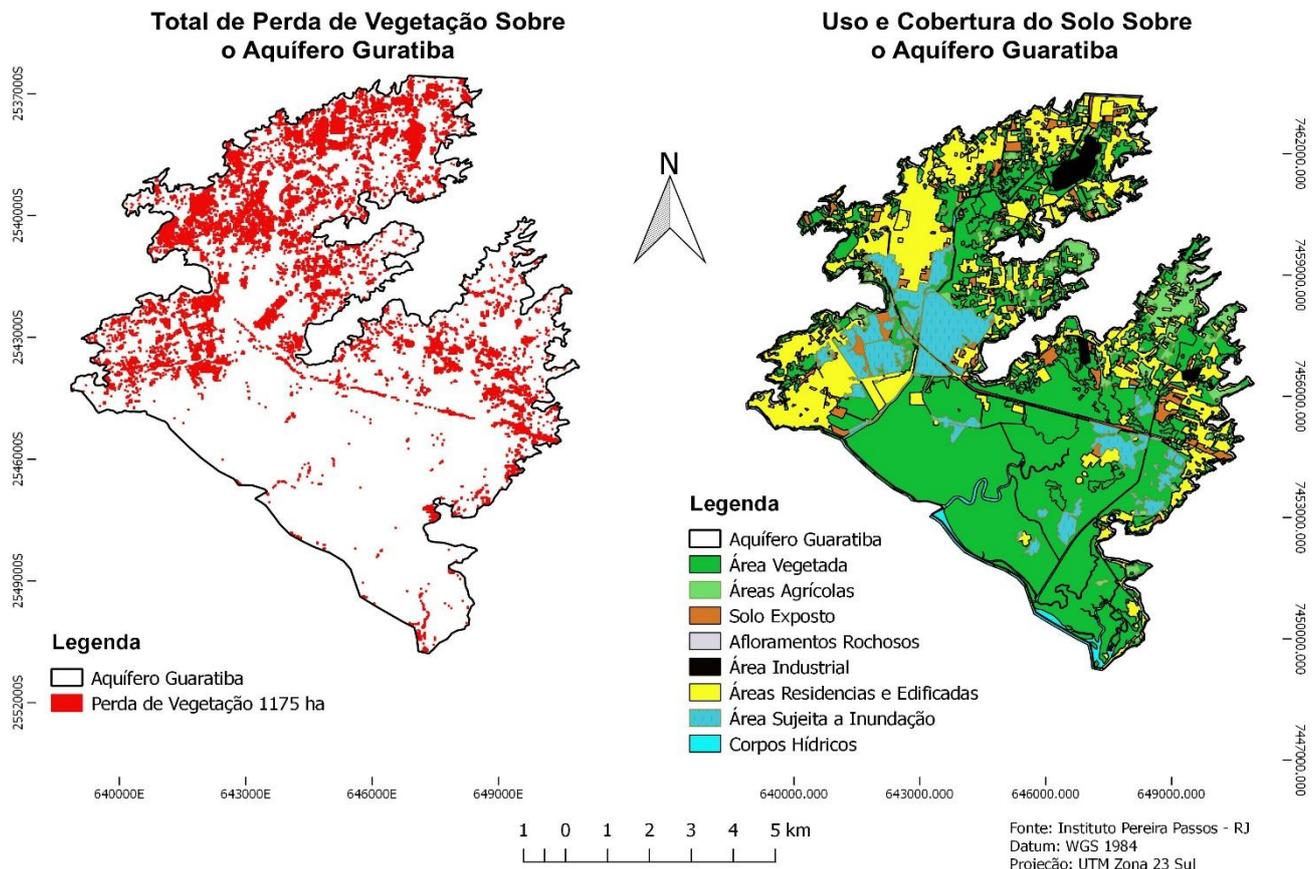


Figura 6 – Mapas de perda de vegetação (esquerda) e mapa de uso e cobertura do solo sobre o Aquífero Guaratiba - RJ.

Os focos de perda de vegetação sofridos durante os 30 anos estudados, apresentados na Figura 4, resultam em 1175 hectares de supressão de área vegetada, aproximadamente mil campos de futebol. Os focos estão espalhados por todo o Aquífero porém, se concentram em grande parte nas áreas equivalentes à edificações e residências, representadas pela cor amarela no mapa de uso e cobertura do solo.

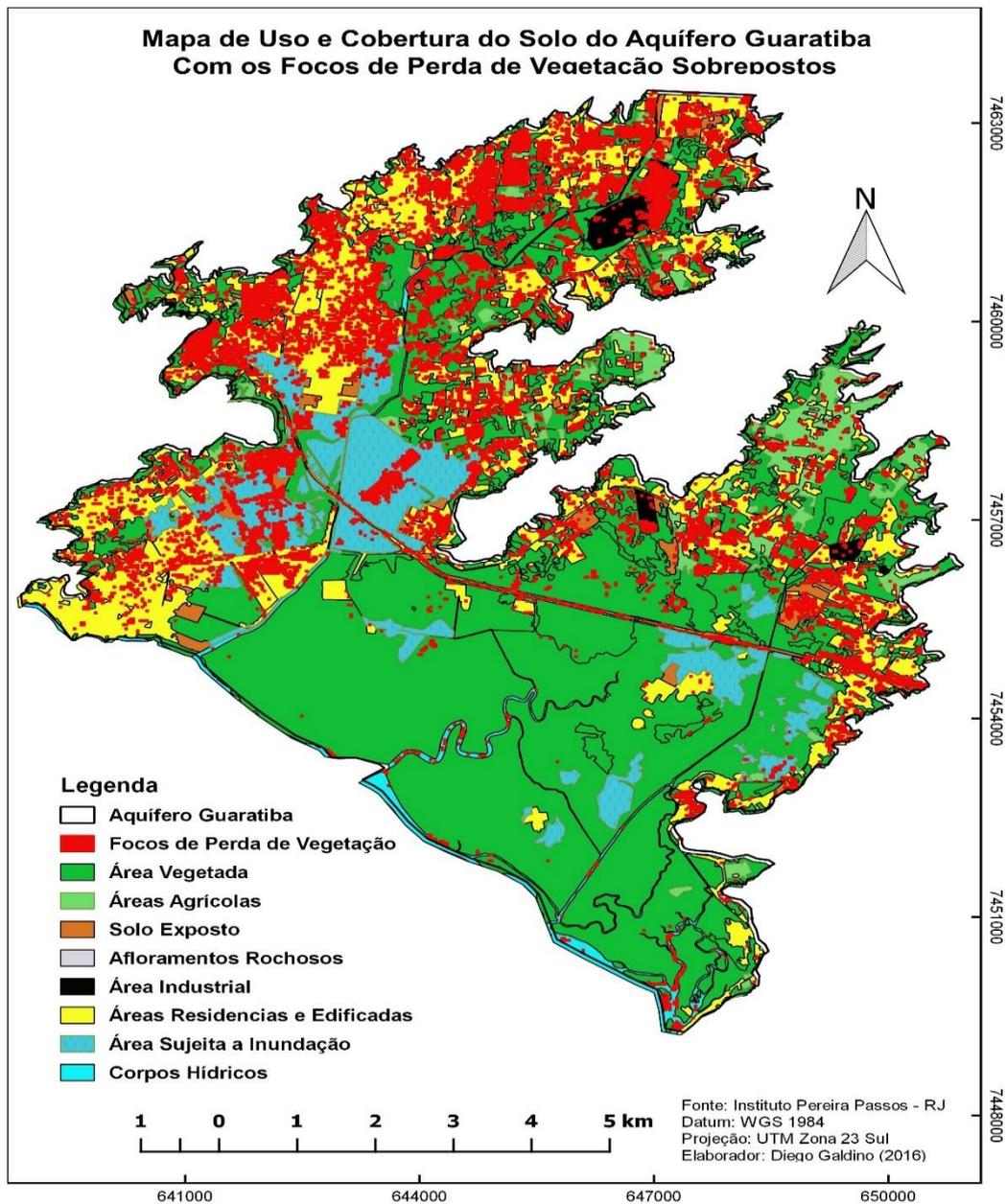


Figura 7 – Polígonos de perda de vegetação sobrepostos ao mapa de uso e cobertura do solo

Analisando os focos de perda de vegetação sobrepostos ao mapa de uso e cobertura identificamos uma concentração nas proximidades da Estrada do Magarça, uma infraestrutura que possibilita a locomoção e ocupação das áreas adjacentes a ela, como também mais ao norte onde se encontra o Parque Shopping, uma construção que valorizou o local contribuindo com mais investimentos e atraindo ocupações de comércio e residenciais. É possível analisar que os focos de perda de vegetação presentes à oeste é referente ao adensamento urbano do Bairro de Pedra de Guaratiba, o bairro com maior população da Região Administrativa de Guaratiba, segundo o censo 2010. Ao centro leste do mapa podem-se constatar duas áreas de urbanização. Estas se localizam na Estrada da Ilha, estrada esta que faz ligação com a Avenida das Américas. As outras duas vertentes de urbanização encontram-se a Leste e desenvolvem-se no entorno da Estrada do Mato Alto e Estrada da Cachamorra. Essas ocupações se expandem graças às obras de infraestrutura que possibilitam o acesso em áreas que antes não eram habitadas e tinham sua vegetação preservada.

O maior problema encontrado é que ocupação antrópica gera modificações na qualidade da água, como também na recarga do aquífero. Os principais poluentes que causam modificações são relacionados à falta de serviços de coleta e tratamento de esgoto. As atividades antrópicas além de suprimirem a vegetação que protege o aquífero produz muitos poluentes que causam impactos no meio ambiente e comprometem a qualidade do aquífero, como esgoto, lixo, aterros sanitários precários, tanques de combustível, entre outros, atividades potencialmente poluentes.

Além dos impactos ambientais existem também os problemas sociais pois a utilização das águas do Aquífero Guaratiba é uma alternativa de muitas famílias para superar o péssimo serviço de distribuição de água na região e ao entrevistar alguns usuários, foram relatados que em regiões mais adensadas, os poços de cacimba (poços rasos), que utilizam as águas do Aquífero Guaratiba, em sua maioria, foram poluídos pela infiltração da rede de água e esgoto.

## Capítulo VI - Conclusões

A metodologia aplicada se mostrou eficaz na identificação de perda de vegetação sobre o Aquífero Guaratiba, além de especializar as perdas foi possível, através das análises dos resultados, comprovar que a expansão urbana é o maior causador do desmatamento no Aquífero Guaratiba.

A perda de vegetação apresentada no mapa, somados aos demais agravantes da ação humana degradam o ambiente e colocam em risco as condições mínimas adequadas de ocupação humana. O desmatamento e a poluição do ambiente comprometem a qualidade das águas do aquífero levando a necessidade de intervenções, tais como atuação do setor público, em ações de fiscalização, ordenamento, educação ambiental junto aos moradores, nas escolas, no trabalho e nas ruas que conscientize a população da importância em se preservar a cobertura vegetal além de instruir na utilização correta dos recursos hídricos para mitigar os problemas ambientais existentes e prevenir problemas futuros

Os resultados obtidos neste trabalho são importantes para alertar os órgãos públicos e ambientais sobre os impactos causados pela expansão urbana desordenada sobre o aquífero e mostrar o quanto as geotecnologias, somados a uma análise geosistêmica, podem contribuir na tomada de decisões para evitar maiores danos no Aquífero Guaratiba, garantindo o uso consciente e preservando o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução ao Geoprocessamento. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V; PAIVA, J. A.; D'ALGE, J. C. L. (Orgs.) Geoprocessamento: teoria e aplicações. 2000.

CARVALHO, Maria Geralda; VICENTE, Jenesca Florencio; BARBOSA, Giselle Ramalho. XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas Avaliação hidrogeológica das regiões administrativas de Campo Grande e Guaratiba / Rio de Janeiro. 2009;

Censo demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristica\\_da\\_populacao/resultados\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristica_da_populacao/resultados_do_universo.pdf) . Acesso em: junho 2016.

CHAVEZ Jr., P.S. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper multispectral images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 55, Pág. 1285-1294, 1989;

CONSEMAC. Conselho Municipal de Meio Ambiente. Parecer Técnico aprovado 2015 Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4845095/4145340/parecer>

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html>> . Acesso em Novembro 2016;

DAMAS, Eduardo Tavares. Distritos Industriais da Cidade do Rio De Janeiro: Gênese e Desenvolvimento no Bojo do Espaço Industrial Carioca. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2008;

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment-an Earth resource perspective**. New Jersey, Prentice Hall, 2000. 544p.

JENSEN, Jonh R., 1949- Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres/ JonhR. Jensen; tradução José Carlos Neves Epiphanyo(coordenador)... [et al. ]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. Pág. 235;

MORAES, E.C. Capítulo 1: **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. INPE, São José dos Campos, 2002.

PIROLI, E. L. Introdução ao geoprocessamento - Ourinhos: UNESP/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

PIZZOLATO, Nelio Domingues e MENEZES, Rafael. Localização de Escolas Públicas em Guaratiba, Rio de Janeiro, Usando critérios de acessibilidade. Rio de Janeiro, v.5, n.1, 2013. Pág. 71-83;

PONZONI, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos. Parêntese, 2009. 136p.

RIZZI, R.; FONSECA, E.L.da **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. 2004. 212 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 2004.

RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, I, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica/USP. p.1-26.

Remoto (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais XV** São José dos Campos: INPE, p. 7564-7571. On-line. Disponível em : <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/> Acesso em: junho 2016

ROUSE, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. **Proceedings...** Whashington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973

SANCHES, I. D.; Andrade, R. G.; Quartaroli, C. F.; Rodrigues, C. A. G. Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5 – TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento

SHIMABUKURO, Y E.; Maeda, E. E.; Formaggio, A. R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agronômicos e florestais. 2009, **Ceres**. 56(4): 399-409. Disponível em: [http://www.ceres.ufv.br/CERES/revistas/V56N004\\_00409.pdf](http://www.ceres.ufv.br/CERES/revistas/V56N004_00409.pdf) / Acesso em: junho 2016

SHIMABUKURO, Y E.; MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agronômicos e florestais. **Ceres**. 56(4): 399-409, 2009. Disponível em: [http://www.ceres.ufv.br/CERES/revistas/V56N004\\_00409.pdf](http://www.ceres.ufv.br/CERES/revistas/V56N004_00409.pdf). Acesso em: Junho 2016.

SILVA, Jorge Xavier da; Zaidan, Ricardo Tavares (org). Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações. 3ª edição, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2009. Pág.19;

SILVA, M.R.; RIBEIRO, M.G.; CENTENO, J.A.S. Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis, SC, **Anais...** Florianópolis, SC: [s.n], 2007. tecnicoCTBDBS2015\_formatoconsemac\_20052015.pdf, Acesso em Junho de 2016;

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M.C.; TAIOLI, F. ed. Decifrando a Terra (capítulo 9). São Paulo, Oficina de Textos. 2009 Pág. 192. ;

USGS (United States Geological Survey).Disponível em [http://Landsat.usgs.gov/about\\_project\\_description.php](http://Landsat.usgs.gov/about_project_description.php). Acesso Outubro 2016;