

**ORUNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

JASIARA DANUZA ULLMANN

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECAS NO PERÍODO
DE 1970-2015**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2015

JASIARA DANUZA ULLMANN

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECAS NO PERÍODO
DE 1970-2015**

Projeto referente ao Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da UTFPR, Campus Francisco Beltrão.

Orientador: Prof. Dr. Michelle Milanez França

FRANCISCO BELTRÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECAS NO PERÍODO DE 1970-2015**

por

JASIARA DANUZA ULLMANN

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 08 horas e 30 min., do dia 03 de dezembro de 2015, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Marcelo Bortoli
Coordenador do Curso de Engenharia
Ambiental

**Prof. Dra. Michelle Milanez
França**
Professor Orientador

Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni
Membro da Banca

**Prof. Dr. Fernando César
Manosso**
Professor Co-orientador

Prof. Dra. Denise Andréia Szymczak
Professora do TCC2

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho aos meus pais,
Luci Ullmann e Ernani, por todo
apoio, incentivo e carinho que deram
a mim em minha caminhada até
aqui, pois sem eles nada disso teria
se concretizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus o grande responsável por todas as oportunidades que tive ao longo dessa caminhada. Pela força e equilíbrio que me concedeu através de minha fé.

Aos meus pais, Luci e Ernani, por todo esforço, amor e incentivo que dedicaram a mim nesta caminhada, sem os quais não teria chegado até aqui.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Michelle Milanez França, por toda paciência, dedicação, ensinamentos e conselhos ao longo de toda orientação deste trabalho a mim oferecidos, o meu eterno agradecimento.

A UTFPR pela oportunidade de aprendizado e por sempre ser acessível quando preciso.

Aos meus colegas de sala, por sempre estarem presentes, ajudando em todos os momentos da graduação.

Enfim a todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte de importantes momentos de minha vida, seja com palavras de apoio, ou ensinamentos, aqui deixo minha eterna gratidão a todos.

RESUMO

ULLMANN, Jasiara D. **Análise multitemporal do uso e ocupação do solo e na Bacia Hidrográfica do rio Marrecas no período de 1970-2015.** 2015. 48. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal - Paraná. Francisco Beltrão, 2015.

O mapeamento das informações é um recurso muito utilizado para evidenciar os padrões de uso e ocupações dos espaços. A visualização de fatos no espaço melhora a compreensão das interações existentes. O objetivo deste trabalho é apresentar o mapa de uso e ocupação do solo da Bacia hidrográfica do Rio Marrecas, produzido para o ano de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010 por meio de uma classificação digital supervisionada (método de máxima verossimilhança) de imagens de satélite (Landsat). O conhecimento do uso e ocupação do solo de uma determinada área, é de fundamental importância em projetos de caracterização e monitoramentos ambientais, permitindo demarcar os diferentes usos do solo e vegetação, bem como subsidiar o planejamento e gestão ambientais.

Palavras-chave: Landsat. Mapeamento. Gestão ambientais.

ABSTRACT

ULLMANN, Jasiara D. **Multitemporal analysis of land use and occupation and Marrecas River Basin in the period 1970-2015**. 2015. 48. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental – Federal Technology University – Paraná. Francisco Beltrão, 2015.

The mapping information is a widely used resource to show the usage patterns and occupations of spaces. The photo viewing space improves understanding of existing interactions. The objective of this paper is to present the map of land use and occupation of the catchment area of the River Marrecas, produced for the years 1970, 1980, 1990, 2000 and 2010 by means of a digital supervised classification (method of maximum likelihood) of satellite images (Landsat). The knowledge of land use and occupation of a particular area is of fundamental importance in characterization projects and environmental monitoring, allowing demarcate the different uses of the land and vegetation as well as support the planning and environmental management.

Keywords: Landsat. Mapping. Environmental management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cobertura vegetal – Paraná – 1890	17
Figura 2 – Cobertura vegetal – Paraná – 1930	17
Figura 3 – Cobertura vegetal – Paraná – 1990	18
Figura 4 – Cobertura vegetal – Paraná – 1990	18
Figura 5 – Cobertura vegetal – Paraná – 1990	18
Figura 6– Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Marrecas.....	20
Figura 7 - Intensidade da luz visível e infravermelha refletidas.....	23
Figura 8 – Mapa com resultado NDVI / década de 1970.....	27
Figura 9 - Mapa com resultado NDVI / década de 1980	28
Figura 10 - Mapa com resultado NDVI / década de 1990	29
Figura 11 - Mapa com resultado NDVI / década de 2000	30
Figura 12 - Mapa com resultado NDVI / década de 2000	31
Figura 13 – Mapa de uso e ocupação do solo / 1970.....	33
Figura 14 - Mapa de uso e ocupação do solo / 1980	34
Figura 15 - Mapa de uso e ocupação do solo / 1990	35
Figura 16 - Mapa de uso e ocupação do solo / 2005	36
Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo / 2011	37
Figura 18 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 1970.....	38
Figura 19 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 1980.....	39
Figura 20 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 1990.....	39
Figura 21 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 2005.....	40
Figura 22 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 2011.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados das imagens do satélite Ladsat.....	21
Tabela 2 - Combinação RGB para cada ano estudado.....	21
Tabela 3 – Valores Kappa relacionados com a qualidade da classificação	22
Tabela 4 – Resultados do Índice Kappa.....	24
Tabela 5 – Resultados do Cálculo NDVI	25
Tabela 6 - Intervalo do cálculo NDVI	25
Tabela 7 - Dados do cálculo NDVI	26
Tabela 8 - Dados das classes de 1970	38
Tabela 9 - Dados das classes de 1980	38
Tabela 10 - Dados das classes de 1990	39
Tabela 11 - Dados das classes de 2005	40
Tabela 12 - Dados das classes de 2011	40

LISTA DE ABREVIATURAS

IBAMA	Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
RPPN	Reserva do Patrimônio Natural
SGI	Sistema Geográfico de Informações
UC	Unidades de Conservação
APA	Área de proteção ambiental
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
USGS	<i>United Service Geological Survey</i>
UTM	<i>Universal Transversal de Mercator</i>
WGS-84	<i>World Geographic System</i>
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
3 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 GEOPROCESSAMENTO	15
2.2 COBERTURA VEGETAL	16
2.2.1 Cobertura Vegetal no Estado do Paraná	17
3 MATERIAL E MÉTODO	18
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.2 IMAGENS DE SATÉLITE	21
3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS	21
3.4 INDICE KAPPA	22
3.5 INDICES DE VEGETAÇÃO	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 INDICE KAPPA	24
5.2 INDICE DE VEGETAÇÃO	24
5.3 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERENCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do homem na terra, os tipos de impactos ambientais foram se ampliando em extensão e intensidade frequentes. Pois logo no início do surgimento, o homem era nômade, ou seja, vivia em bandos e ajudavam uns aos outros; produziam armas, ferramentas de madeiras, osso, lascas de pedra, entre outros. Utilizando para a sua sobrevivência os recursos naturais, os quais sofriam grandes impactos (ALMEIDA et al., 2009).

Desta forma, ao longo dos últimos anos até a década atual a natureza tem sido bastante alterada, mediante uma sucessão de relações sociedade/ambiente geograficamente situadas, enfrentando desta forma, freqüência e magnitude crescentes de fragmentação dos habitats e perda da biodiversidade (GUERRA; COELHO, 2009).

Atualmente, os padrões de produção e consumo da sociedade vêm aumentando e colocam uma pressão ainda maior sobre o meio ambiente, muitas vezes desencadeando danos irreversíveis.

Esta sociedade vem sentindo os efeitos negativos provocados ao meio ambiente, pois apesar de todo o avanço tecnológico desenvolvido pelo homem ele ainda depende dos recursos naturais, sendo que é deste, que é retirado quase tudo o que o homem necessita para viver. Desta forma, o homem vem mostrando incessantes interesses práticos na utilização e proteção do meio ambiente.

Esta preocupação cada vez maior com os elementos naturais que são explorados pelo homem, está diretamente relacionada com o tema conservação da natureza, o qual passa a estar inserido nas ações práticas da sociedade, como no caso da criação das leis ambientais e a realização de estudos ambientais.

No caso das leis tem-se a Lei 9.985/00 (BRASIL, Lei Federal nº. 9985, 2000) que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), significando um avanço importante na construção de um sistema efetivo de áreas protegidas no Brasil (GUERRA; COELHO, 2009).

Já os estudos ambientais relacionados ao uso e ocupação do solo, apresentam conhecimento dos efeitos da estrutura da paisagem nos processos ecológicos, sendo que a supressão ou o aparecimento de novos arranjos espaciais na paisagem podem ter conseqüências ecológicas importantes, tais como mudanças

nos padrões e na diversidade de habitats, na distribuição espacial de espécies e no fluxo de organismos (YOUNG; CHOPPING, 1996).

O estabelecimento da questão referente a proteção do meio ambiente pela sociedade em geral, desenvolve-se também com o pleno exercício de cidadania que exige o estabelecimento de uma postura crítica diante dos fatos associados ao uso dos recursos naturais e ocupação dos espaços (SEBUSIANI; BETTINE, 2011).

Para a a elaboração integrada dos estudos relacionados aos recursos naturais e obtenção de dados mais precisos e de forma mais rápida, tem-se o uso de sistemas computacionais capazes de organizar em banco de dados as informações previamente georreferenciadas. Desse modo, o geoprocessamento traz um conjunto de ferramentas capazes de reunir a cartografia, o armazenamento de dados, permitindo que seja feito o tratamento e a análise dessas informações (SEBUSIANI; BETTINE, 2011).

A técnica de geoprocessamento torna-se uma ferramenta útil e indispensável no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação do solo ao nível de bacias hidrográficas, pelo fato de proporcionar maior freqüência na atualização de dados, agilidade no processamento e ser economicamente viável (RODRIGUES; ROCHA; FILHO, 2007).

Este trabalho visa estudar o uso e ocupação do solo, verificando desta forma o estado que a vegetação se encontra em cada década estudada, servindo como base para ações voltadas às políticas públicas relacionadas à ocupação de bacias hidrográficas.

A utilização do espaço geográfico como recurso de gestão ambiental, pode ser um importante fator da melhoria na relação sociedade/espço, desde que as pessoas, os grupos e, em especial, os tomadores de decisões sobre a ordenação territorial sejam conscientizadores para infruir decisivamente nesta melhoria (SEBUSIANI; BETTINE, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer a análise multitemporal do uso e ocupação do solo, ao longo das décadas de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar a classificação supervisionada das imagens pelo método de Máxima verossimilhança (MAXVER);
- Mapear o uso e ocupação do solo, a partir de imagens do satélite Landsat;

3 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa tem como propósito estudar o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do rio Marrecas, através de imagens do satélite Landsat. O estudo temporal possibilitará comparações do uso e ocupação do solo na área de estudo, podendo estar relacionada a estudos sobre impactos ambientais, os quais demonstram que algumas destas ocupações tornam-se mal planejadas contribuindo diretamente no assoreamento dos rios e aumentando o risco de enchentes, fazendo alusão especificamente as alterações da paisagem.

As transformações da paisagem na cidade, devido principalmente a expansão urbana e os fenômenos naturais ocorridos são demonstrados da interpretação de diversas paisagens urbanas, que podem ser verificadas em imagens fotográficas, reportagens em jornais, entre outros.

Necessita-se que medidas preventivas sejam executadas, para a diminuição ou não ocorrência destas alterações drásticas causadas na paisagem. Dentro destas medidas, pode-se citar o presente estudo que faz o uso de técnicas de geoprocessamento, viabilizando a identificação de áreas prioritárias para a conservação

2 REVISÃO DE LITERATURA

A base teórico-metodológica deste estudo esta fundamentada nos pressupostos da conservação e preservação florestal, sendo que a promoção eficiente destes baseia-se na análise da estrutura da paisagem. O entendimento das relações espaciais entre as mudanças estruturais de uma paisagem e suas interações tem sido objeto de estudo da Ecologia da Paisagem (VALENTE; VETTORAZZI, 2002).

Ecologia da paisagem em uma de suas abordagens mais antigas definiu-se como o uso econômico dos recursos naturais, tendo como objetivo reunir as mais diversas ciências que estudam a paisagem de forma integradora para maior compreensão dos aspectos ecológicos além dos limites dos ecossistemas (MARTINS; REATTO; CARVALHO; GUIMARÃES, 2004).

O uso das ferramentas, como o geoprocessamento, aliados a estudos do meio físico, biótico e humano, podem tornar real a utilização das bases da teoria da ecologia de paisagem no Brasil (MARTINS; REATTO; CARVALHO; GUIMARÃES, 2004).

Nesse contexto, foram utilizados os conceitos de geoprocessamento, unidades de conservação e cobertura vegetal, os quais são abordados na seqüência.

2.1 GEOPROCESSAMENTO

Como estratégia aplicada ao estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e dos fragmentos florestais da Bacia Hidrográfica do rio Marrecas, utiliza-se o geoprocessamento, ferramenta a qual vem tornando-se cada vez mais útil e indispensável no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação do solo, pelo fato de propiciar maior freqüência na atualização de dados, agilidade no processamento e ser economicamente viável (MEIRELLES; CAMARA; ALMEIDA, 2007).

O geoprocessamento tem como objetivo principal, a transformação de dados geograficamente referenciados em informações relevantes, baseando-se em estruturas de percepção de fenômenos ambientais. Uma destas estruturas é a visão sistêmica, na qual a realidade é percebida como composta por fenômenos físicos ou

virtuais, compondo sistemas identificáveis que se organizam, conforme diversos tipos de relacionamentos, entre os quais se ressaltam as relações de inserção (hierarquias), topologia (proximidade) e funcionalidade (causalidade). Segundo essa perspectiva, a realidade ambiental pode ser, portanto, percebida como um agregado de sistemas entre si (MEIRELLES; CAMARA; ALMEIDA, 2007).

Visto que os ambientes passam por sucessivas situações ambientais (situações de riscos, de potenciais de uso, de necessidades de proteção, de impacto, entre outras), a utilização do geoprocessamento permite caracterizar um ambiente de uma forma diretamente voltada para a utilização racional dos recursos físicos, bióticos e socioeconômicos nele disponíveis (MEIRELLES; CAMARA; ALMEIDA, 2007).

Aliado a facilitar o estudo e a utilização do geoprocessamento tem-se as imagens de satélite, um exemplo são as do Landsat 5, que podem estudar as variações da cobertura vegetal em diferentes escalas espaciais, além de poder proporcionar o monitoramento do uso e ocupação das terras. Se comparado com métodos tradicionais apresenta maior rapidez na aquisição de dados e menor custo (RODRIGUES; ROCHA; FILHO, 2007).

2.2 COBERTURA VEGETAL

Atualmente a cobertura vegetal, vem-se tornando cada vez mais escassa, apesar da mesma ser de suma importância para o solo, dentre suas capacidades estão à proteção contra os processos de erosão do solo, a ajuda para facilitar o caminho que a água percorrerá no solo, a proteção contra a compactação do solo, entre outros.

Apesar disso, a cobertura vegetal esta comumente sendo encontrada somente em espaços livres, como bosques ou em zonas rurais onde se encontram fragmentadas ou ainda em unidades de conservação.

Um exemplo bastante significativo de diminuição de cobertura vegetal é do bioma Mata Atlântica, a qual originalmente estendia-se por dezessete estados brasileiros (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí).

Atualmente restam somente 8,5 % de remanescentes florestais acima de 100 hectares do que existia originalmente. Somando-se todos os fragmentos de floresta nativa acima de 3 hectares, tem-se atualmente 12,5% (SOS MATA ATLÂNTICA, 2010).

A mata atlântica se tornou uma das áreas mais ricas em biodiversidade e mais ameaçadas do planeta; ou seja, um hotspot, sendo também decretada reserva da biosfera pela unesco e patrimônio nacional, na Constituição Federal de 1988. A composição original da mata atlântica é um mosaico de vegetações definidas como florestas ombrófilas densa, aberta e mista; florestas estacionais decidual e semidecidual; campos de altitude, mangues e restingas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2010).

2.2.1 Cobertura Vegetal no Estado do Paraná

Em apenas um século (1890 a 1990), o Estado do Paraná reduziu sua cobertura florestal de 83,41% do seu território para cerca de aproximadamente 5,20% do seu território (GUBERT, 1988).

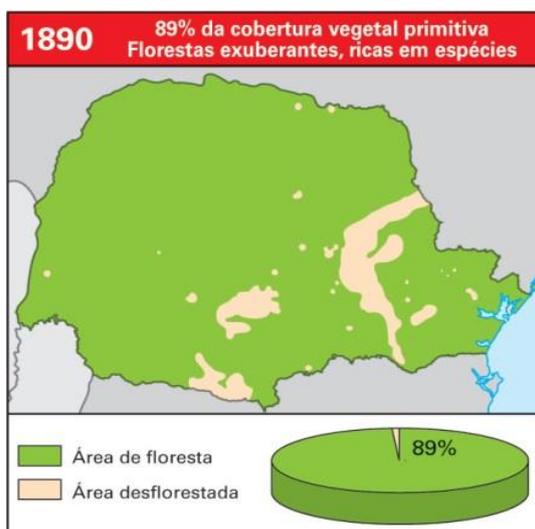


Figura 1 – Cobertura vegetal – Paraná – 1890
Fonte: Sanderlei Silveira – 2015.

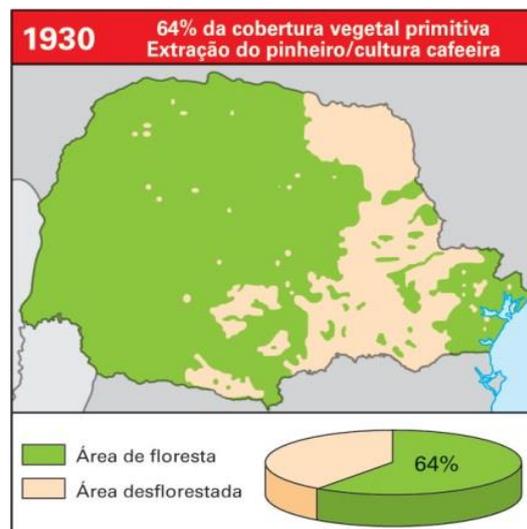


Figura 2 – Cobertura vegetal – Paraná – 1930
Fonte: Sanderlei Silveira – 2015.

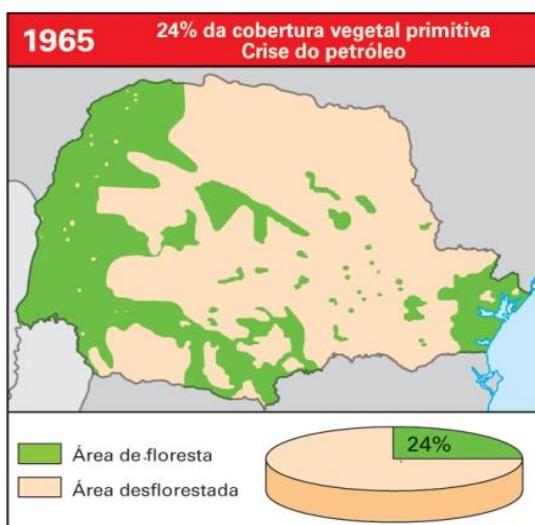


Figura 3 – Cobertura vegetal – Paraná – 1965
Fonte: Sanderlei Silveira – 2015.

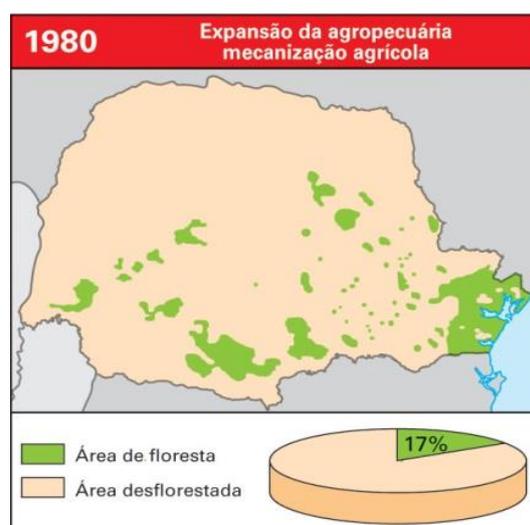


Figura 4 – Cobertura vegetal – Paraná - 1980
Fonte: Sanderlei Silveira – 2015.

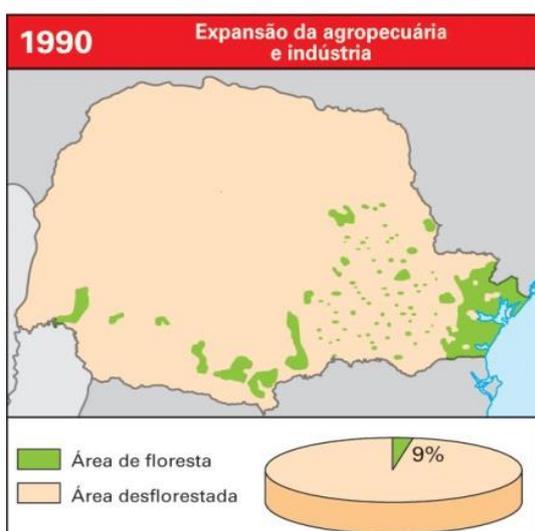


Figura 5 – Cobertura vegetal – Paraná – 1990
Fonte: Sanderlei Silveira – 2015.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à Bacia Hidrográfica do rio Marrecas, localizada na região Sudoeste do estado do Paraná, o qual drena uma área de 846 Km² (PAISANI et al., 2005). A nascente do rio localiza-se no município de Flor da Serra do Sul, passando por Francisco Beltrão, Marmeleiro e Verê, até desaguar na

foz, em Itapejara d'Oeste. O rio Marrecas é o maior afluente do rio Santana, localizado no município de Itapejara d'Oeste, o rio Santana, por sua vez, é tributário do rio Chopim que desemboca do rio Iguaçu (LUZ, 2011).

O rio Marrecas leva esta denominação a partir da junção dos rios Araçá e Verde. A bacia do rio Marrecas se caracteriza como uma bacia hidrográfica assimétrica, com mais desenvolvimento de tributários na margem esquerda. Análises topológicas e da disposição da rede de drenagem sugerem influência tectônica no desenvolvimento dessa assimetria (PAISANI et al., 2005).

A mesorregião Sudoeste está localizada, em toda sua extensão territorial, no Terceiro Planalto ou Planalto do Trapp do Paraná, o qual é constituído por derrames basálticos. A conformação de sua paisagem é determinada pelas formas de mesetas (pequenos planaltos) e patamares (planaltos pouco elevados, em geral arenosos). O trabalho erosivo dos rios determinou a formação de um relevo de altas declividades, entre 25% e 50%, em certos locais da região. O rio Iguaçu é o principal acidente geográfico da mesorregião, configurando o limite, ao norte, com a mesorregião Oeste Paranaense. A alteração das rochas basálticas, associada ao clima da região, deu origem aos solos do tipo terra roxa, nos quais os solos mais profundos ocupam áreas mais aplainadas e suavemente onduladas, enquanto as superfícies de maiores declividades são ocupadas por solos rasos, dentre os quais se ressaltam três tipos: latossolos bruno e roxo, muito ácidos e com baixa fertilidade; terra roxa estruturada, com solos profundos, argilosos, bem drenados e com elevada fertilidade natural; e litólicos, solos pouco profundos e muito suscetíveis à erosão (MAACK, 1968).

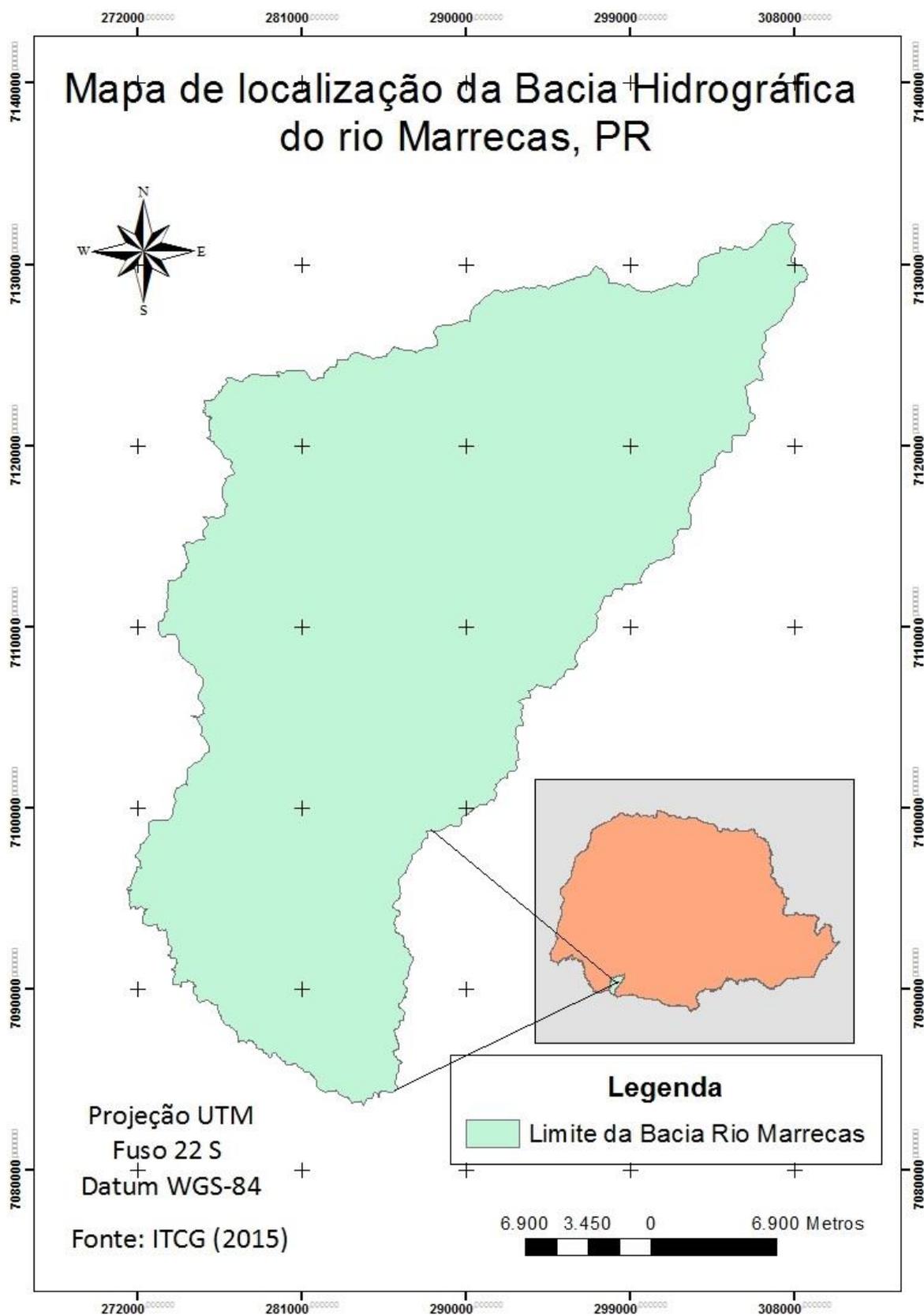


Figura 6– Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Marrecas.
Fonte: Própria.

3.2 IMAGENS DE SATÉLITE

Para a análise espaço temporal da cobertura vegetal foram obtidas imagens do satélite Landsat nos acervos digitais do USGS (*United Service Geological Survey*), correspondentes às décadas de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010.

As respectivas imagens foram georreferenciadas, no sistema de projeção UTM (*Universal Transversal de Mercator*) e datum WGS-84 (*World Geographic System*), a partir de cartas topográficas na escala 1: 25.000.

A seguir apresenta-se tabela 1, com os dados referentes a cada imagem:

Tabela 1 - Dados das imagens do satélite Landsat

Ano - imagem	Data - Imagem	Resolução geométrica	Satélite	Composição RGB
1970	18/12/1976	80 metros	Landsat 2	(3,2,4)
1980	08/05/1981	80 metros	Landsat 2	(3,2,4)
1990	23/09/1999	30 metros	Landsat 5	(3,4,5)
2005	22/08/2005	30 metros	Landsat 5	(3,4,5)
2011	16/03/2011	30 metros	Landsat 5	(3,4,5)

Fonte: Própria

3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

A classificação das imagens foi realizada utilizando-se a combinação das bandas dependendo da década de cada imagem, pois a combinação para a classificação muda, dependendo da década.

Tabela 2 - Combinação RGB para cada ano estudado

Ano - imagem	Composição RGB
1970	(3,2,4)
1980	(3,2,4)
1990	(3,4,5)
2005	(3,4,5)
2011	(3,4,5)

Fonte: Própria

Fez-se a classificação supervisionada e não supervisionada, optando-se pela supervisionada, pois pelas pesquisas realizadas esta se mostrou com maior eficácia e índice de exatidão.

Foi realizada como base a classificação supervisionada pelo método de Máxima verossimilhança (MAXVER), sendo que este método considera a ponderação das distâncias entre médias digitais das classes

Para a classificação supervisionada, foi necessário ser feita a coleta de amostras em cada uma das imagens, as amostras são representativas de cada classe temática identificada na imagem a partir do conhecimento prévio da área de estudo.

Para a classificação supervisionada, as amostras foram coletadas através de polígonos digitalizados em tela, estes polígonos foram coletados separadamente dependendo da área para que depois pudessem ser agrupados. As amostras são representativas de cada classe temática identificada na imagem a partir do conhecimento prévio da área de estudo.

Em classes identificadas foram separadas em água, vegetação, pastagem–lavoura, solo exposto–área urbana.

3.4 INDICE KAPPA

Após ser feita a classificação das imagens, foi utilizado o índice Kappa para testar a concordância entre os resultados observados e os classificados em uma tabela de contingência (matriz de confusão).

LANDIS & KOCH (1977) associam os valores obtidos de Kappa à qualidade da classificação de acordo com a tabela 1 abaixo:

Índice Kappa	Qualidade
0.00	Péssima
0.10 a 0.20	Ruim
0.21 a 0.40	Razoável
0.41 a 0.60	Boa
0.61 a 0.80	Muito Boa
0.81 a 1.00	Excelente

Fonte: The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data – (modificado de LANDIS & KOCH, 1977).

3.5 INDICES DE VEGETAÇÃO

Foram utilizados índices de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) de cada imagem para detectar mudanças da cobertura vegetal ao longo das décadas. O NDVI pode ser calculado através da seguinte equação:

$$\text{NDVI} = \frac{V - \text{IV}}{V + \text{IV}}, \text{ onde:}$$

V = banda correspondente ao comprimento de onda no intervalo vermelho;

IV = banda correspondente ao comprimento de onda no intervalo infravermelho.

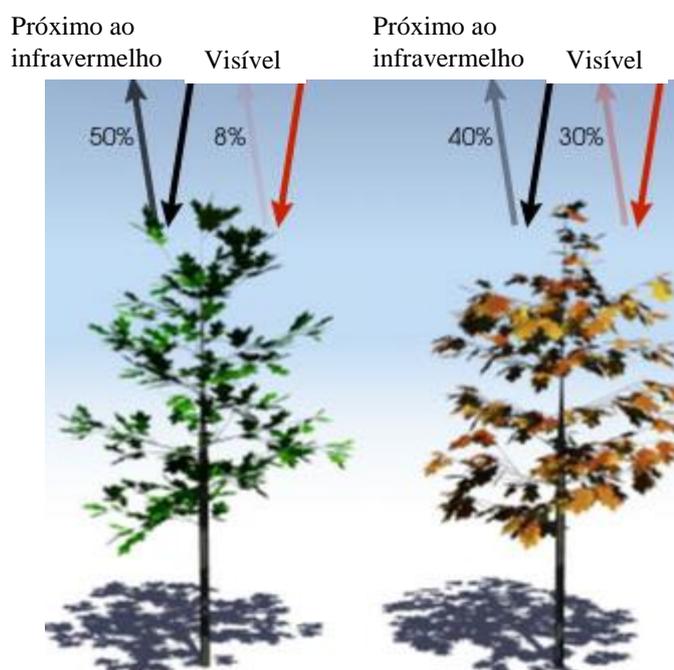


Figura 7 - Intensidade da luz visível e infravermelha refletidas.
Fonte: Measuring Vegetation (NASA) – (modificado de Robert Simmon)

O NDVI é calculado a partir da luz visível e infravermelha próximo refletida pela vegetação. Como pode ser observado na figura a vegetação saudável (esquerda) absorve a maior parte da luz visível que a atinge, e reflete uma grande parte da luz infravermelha próximo. A vegetação esparsa (à direita) reflete a luz mais visível e menos luz infravermelha próximo. Os números na figura acima são representativos dos valores reais, mas a vegetação real é muito mais variada (WEIER et al., 2000).

A distribuição do índice NDVI varia no intervalo -1 e +1 e está relacionada aos valores de 0 a 256 para imagens com resolução radiométrica de 8 bits, como a Landsat. Os resultados são interpretados da forma que quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através do processamento digital de imagens podem variar em função da área de estudo, da cena, da época que se deseja estudar, e dos métodos utilizados para extrair informações da imagem (LOBÃO; FRANÇA-ROCHA; SILVA, 2005).

Para que o uso e ocupação do solo seja analisado em um contexto de seus limites e aptidões, é necessário que a pesquisa se defina por visualizar as classe que foram consideradas mais importantes, como água, vegetação, pastagem-lavoura, solo exposto-área urbana, as quais são de importância para um estudo integrado desta área , tendo em vista que a partir destas, pode ser elaborado um planejamento futuro.

5.1 INDICE KAPPA

Para a obtenção dos valores do índice Kappa, construiu-se a matriz de confusão, na qual para a obtenção dos resultados não se incluem somente os elementos da diagonal principal, mas sim todos os elementos. Os resultados podem ser verificados na Tabela 2:

Tabela 4 – Resultados do Índice Kappa

Década	Índice Kappa	Índice Kappa (%)
1970	0,78	78
1980	0,79	79
1990	0,78	78
2005	0,80	80
2011	0,84	84

Fonte: Própria

Verifica-se que os resultados encontrados de índice Kappa, encontram-se dentro do esperado, estando à qualidade da classificação encontrada entre muito boa e excelente.

Os índices Kappa para a classificação sobre as imagens Ladsat de 1970 e 1990 foram relativamente os mais baixos, provavelmente devido a presença de sombras nas imagens.

O ano de 2011 foi o que se obteve o maior valor do índice Kappa, 84% o mesmo pode ser considerado como um valor excelente geral na comparação com os demais valores.

O valor de excelência geral, pode ser atribuído a menor ocorrência de nuvens, ou sombra na imagem, ou até mesmo ao satélite utilizado para a captação da imagem utilizada, que no caso do ano de 2011, foi o satélite Landsat 5, sendo este superior ao satélite de captação para os ano de 1970 e 1980 que foi utilizado o satélite Ladsat 2.

5.2 INDICE DE VEGETAÇÃO

O cálculo do NDVI, foi realizado no Software ArcGis 10.1 a partir das bandas correspondentes de cada imagem, com os valores obtidos pode-se fazer uma análise e interpretação da cobertura vegetal ao longo das cinco décadas, os valores obtidos para cada década encontram-se na tabela 3:

Tabela 5 – Resultados do Cálculo NDVI

Década	NDVI - Intervalo
1970	-1 ao 0,56
1980	-1 ao 0,41
1990	-0,58 ao 0,57
2005	-1 ao 0,79
2011	-0,48 ao 0,58

Fonte: Própria

Tabela 6 - Intervalo do cálculo NDVI

Década	1º Intervalo	2º Intervalo	3º Intervalo	4º Intervalo	5º Intervalo
1970	-1 – (-0,31)	-0,31 – (-0,22)	-0,22 – (-0,15)	-0,15 – (-0,08)	-0,08 – 0,56
1980	-1 – (-0,42)	-0,42 – (-0,34)	-0,34 – (-0,28)	-0,28 – (-0,20)	-0,20 – 0,41
1990	-0,58 – (-0,20)	-0,20 – (-0,11)	-0,11 – (-0,00)	-0,00 – 0,11	0,11 – 0,57
2005	-1 – (-0,99)	-0,99 – 0,35	0,35 – 0,39	0,39 – 0,42	0,42 – 0,79
2011	-0,48 – (-0,20)	-0,20 – (-0,02)	-0,02 - 0,12	0,12 – 0,29	0,29 – 0,58

Fonte: Própria

Tabela 7 - Dados do cálculo NDVI

Década	NDVI – Mínimo	NDVI - Máximo	NDVI - Médio	Std. Dev.
1970	-1	0,56	-0,16	0,07
1980	-1	0,41	-0,29	0,07
1990	-0,58	0,57	-0,08	0,13
2005	-1	0,79	0,39	0,03
2011	-0,48	0,58	0,02	0,20

Fonte: Própria

O Standard deviation apresentado na tabela 7 significa na estatística uma medida de dispersão de um grupo de medições com relação a média do grupo.

A seguir seguem os mapas com a divisão das cores obtidas pelo índice NDVI, as quais podem ser acompanhadas na legenda dos mapas. Sendo que os tons mais claros correspondem aos maiores valores e os tons mais escuros, aos valores mais baixos, ausentes de vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

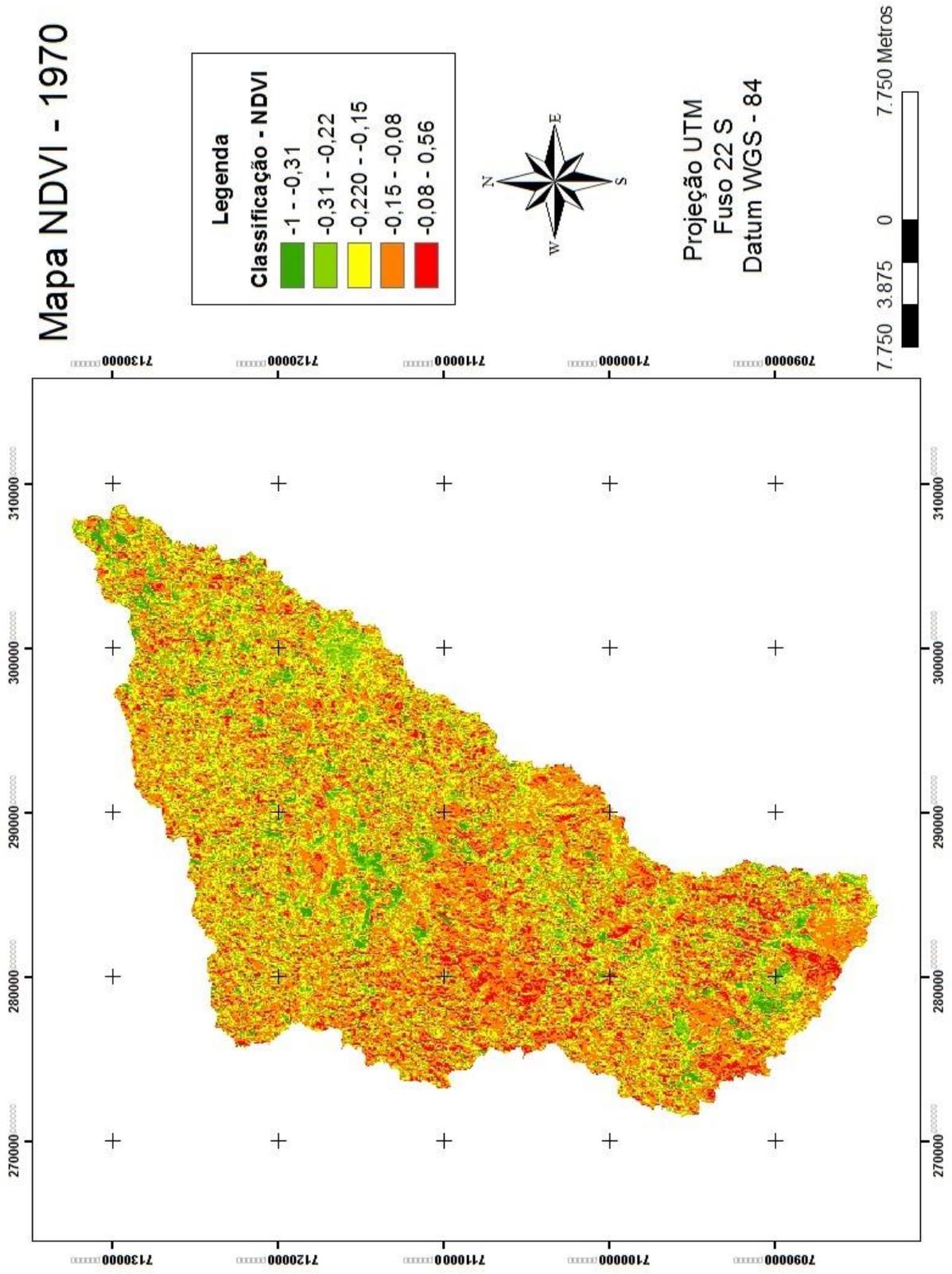


Figura 8 – Mapa com resultado NDVI / década de 1970
Fonte: Própria

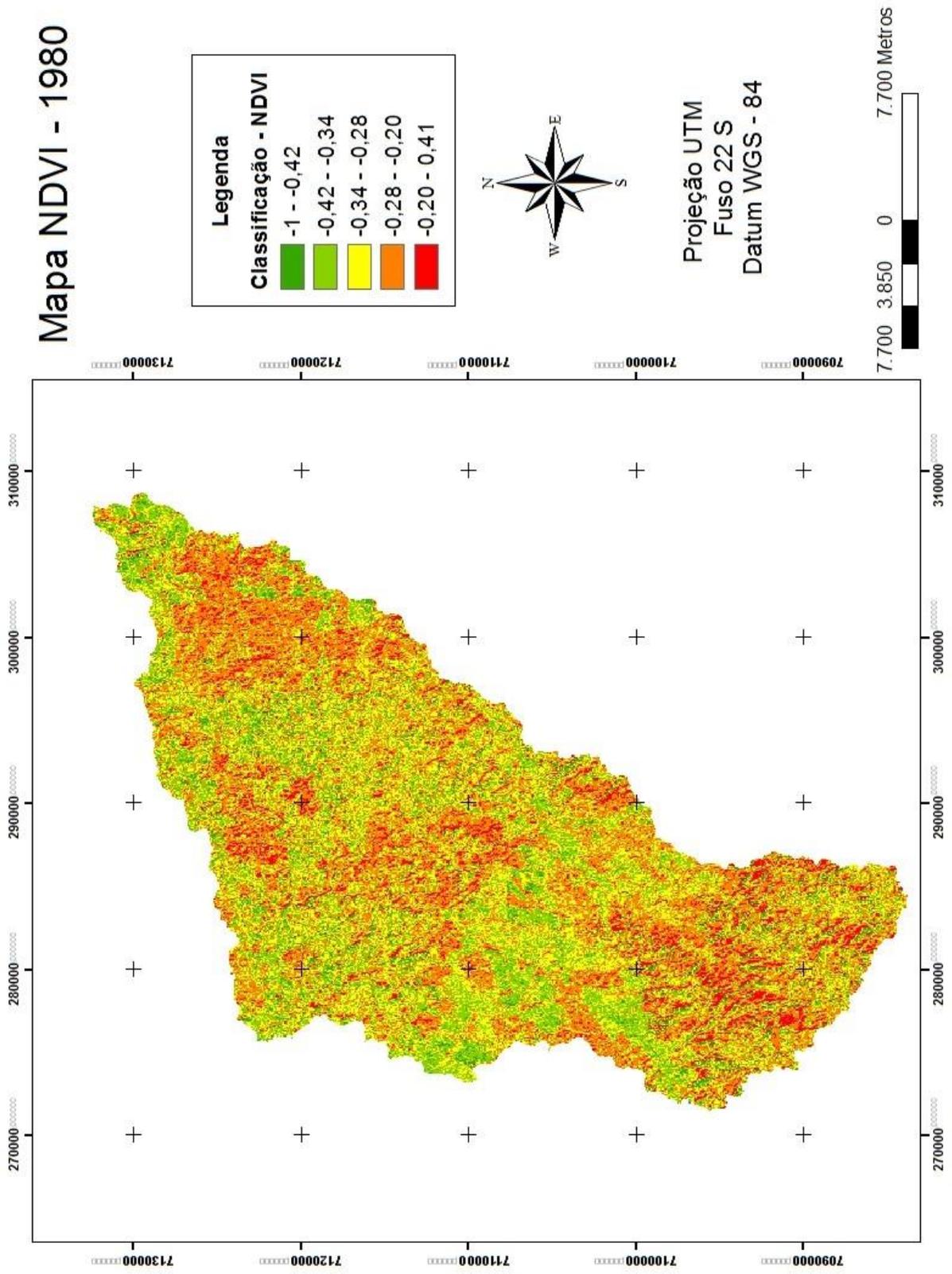


Figura 9 - Mapa com resultado NDVI / década de 1980
Fonte: Própria

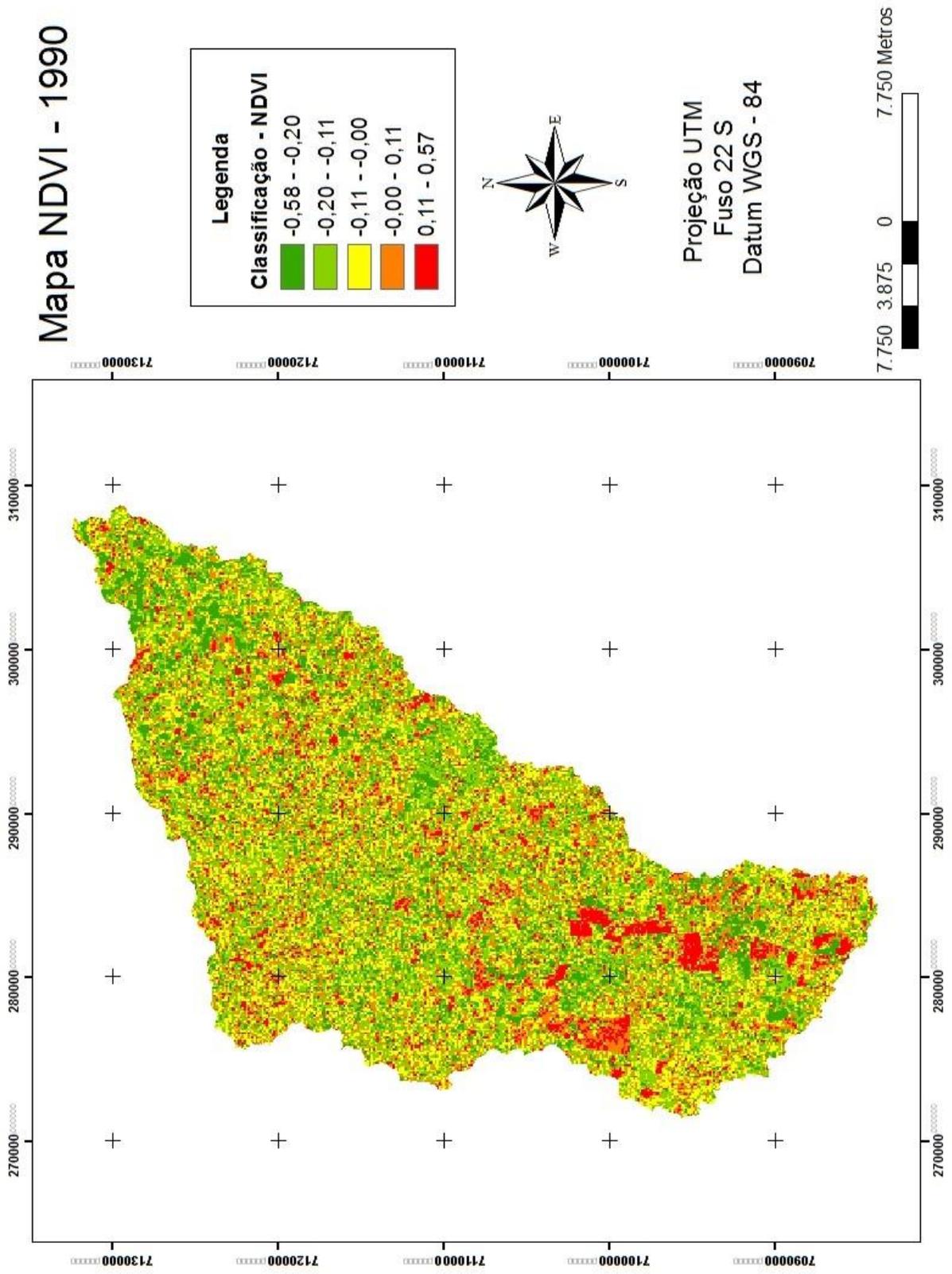


Figura 10 - Mapa com resultado NDVI / década de 1990
Fonte: Própria

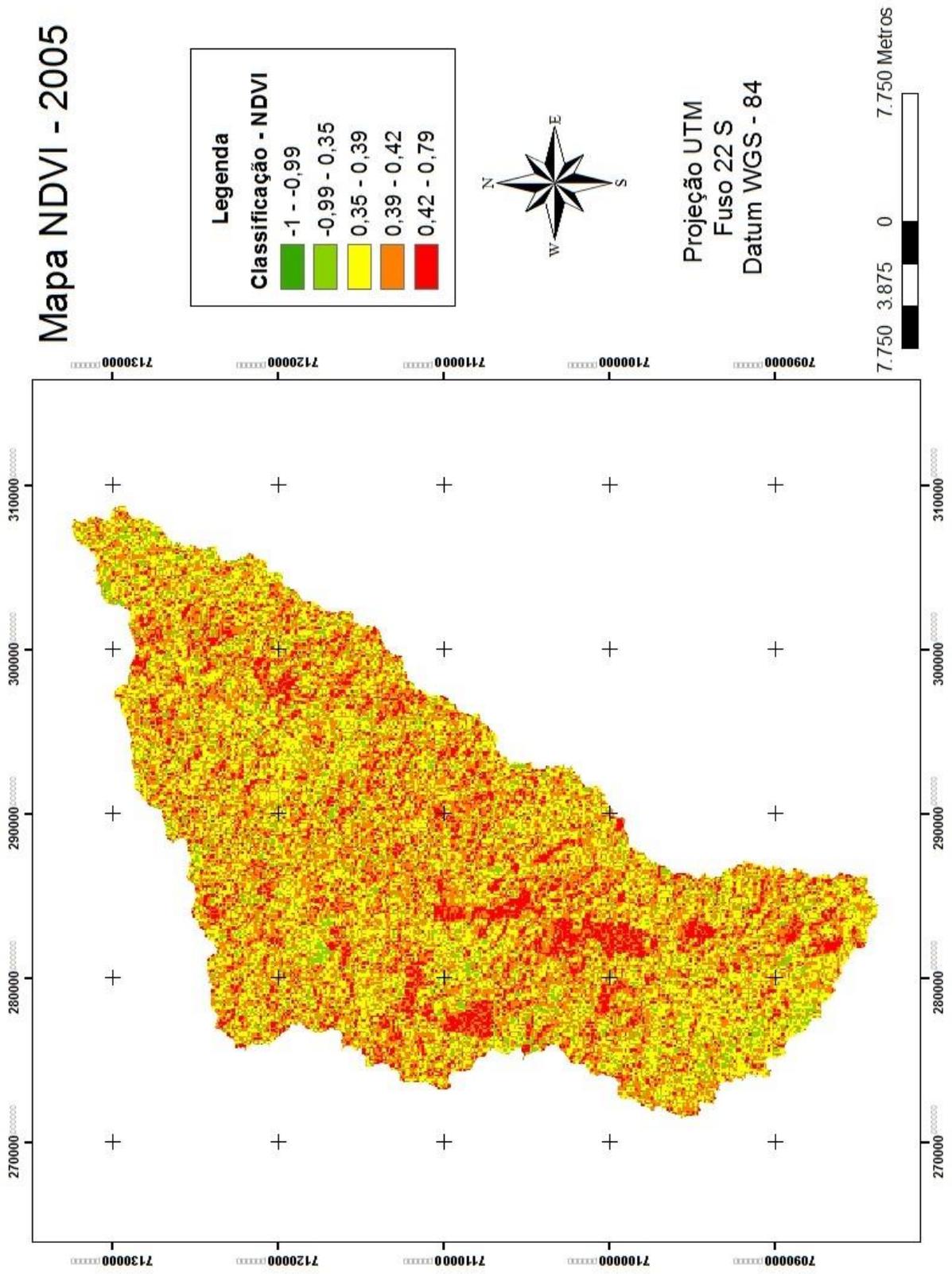


Figura 11 - Mapa com resultado NDVI / década de 2000
 Fonte: Própria

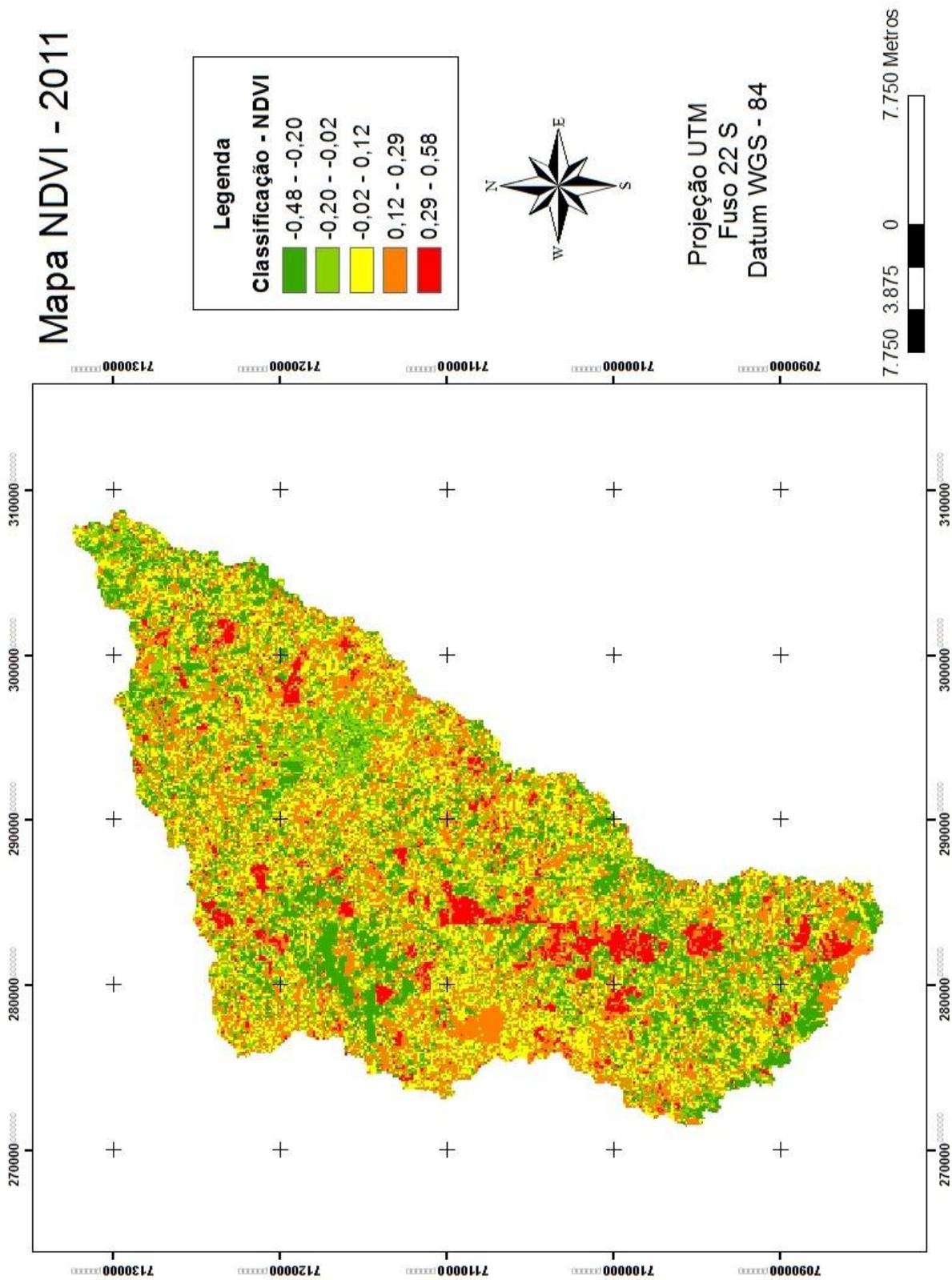


Figura 12 - Mapa com resultado NDVI / década de 2000
Fonte: Própria

Os valores apresentados para a densidade de cobertura vegetal analisados generalizadamente encontra-se razoavelmente altos, fato que pode ser explicado devido extração da madeira no estado do Paraná acontecer com maior intensidade a partir da década de 30.

Pois devido ao desenvolvimento do transporte, onde começou-se a ser feito por caminhões, onde até então eram feitos somente por trens ferroviários, liberou-se a indústria madeireira desta dependência exclusiva da estrada de ferro, abrangendo desta forma, cada vez mais o interior.

O estado do Paraná possuía muita disponibilidade de matéria-prima para ser explorada, inclusive o pinheiro paranaense, com isso, vieram as grandes indústrias madeireiras para se instalarem em diversas regiões do estado. Porém, a exploração da matéria-prima não foi acompanhada de reposição das áreas desmatadas, isso propiciou o rápido esgotamento das florestas. Desta forma por volta das décadas de 1930, a exploração de madeira era muito mais representativa no estado do Paraná.

5.3 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Como técnica aliada na contribuição aos estudos de impactos ambientais, tem-se o mapeamento das informações, sendo este um recurso bastante utilizado para tornar mais evidente os padrões de uso e ocupação do solo. A visualização dos fatos no espaço melhora a compreensão e aponta as ações necessárias (SEBUSIANI; BETTINE, 2011).

Com base na interpretação das imagens de satélite Landsat as classes de uso e cobertura vegetal dos solos foram identificadas, as quais encontram-se caracterizados a seguir. Os mapas contém a distribuição geográfica das diferentes classes e tipo de uso e cobertura do solo no Estado do Paraná.

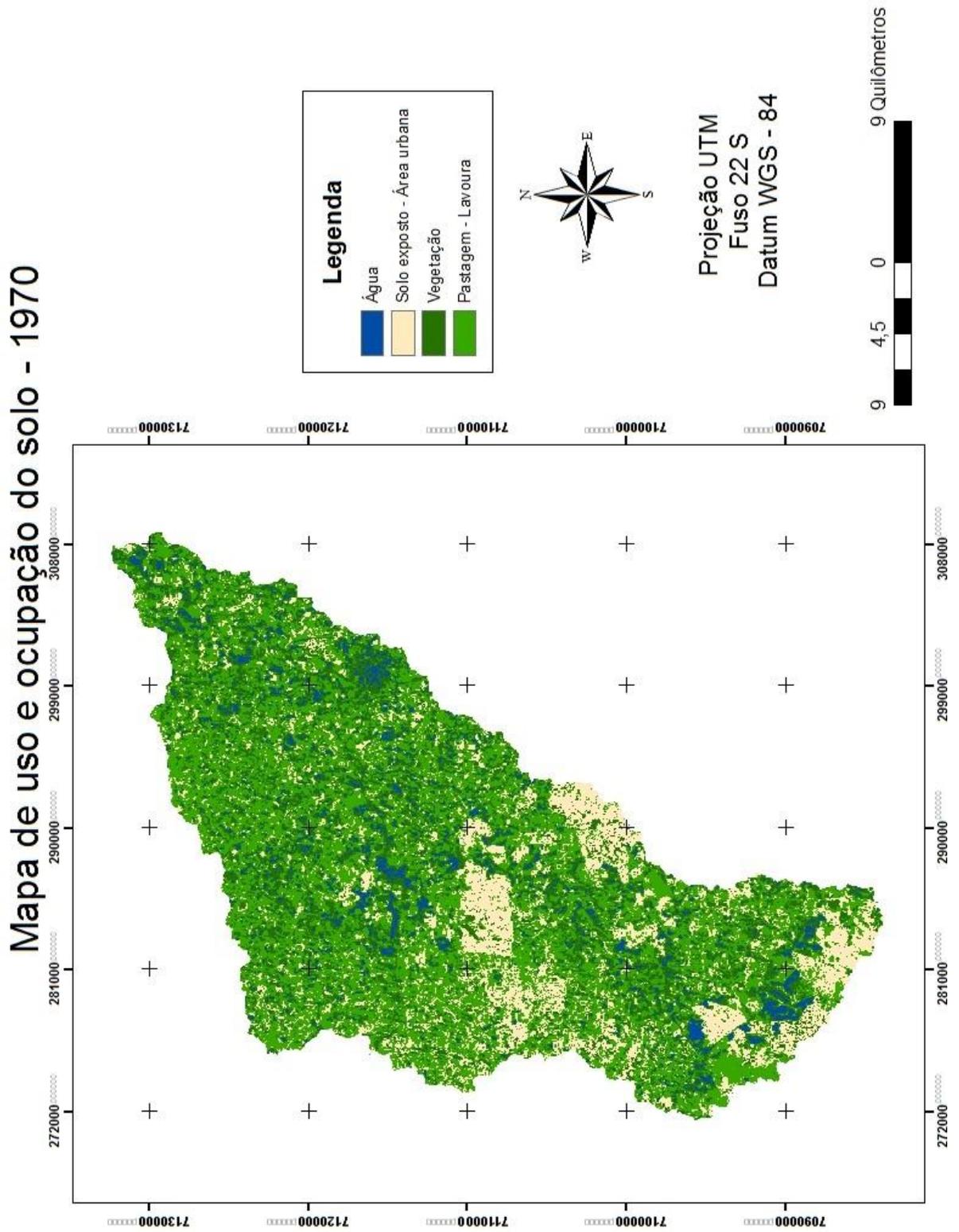


Figura 13 – Mapa de uso e ocupação do solo / 1970
Fonte – Própria

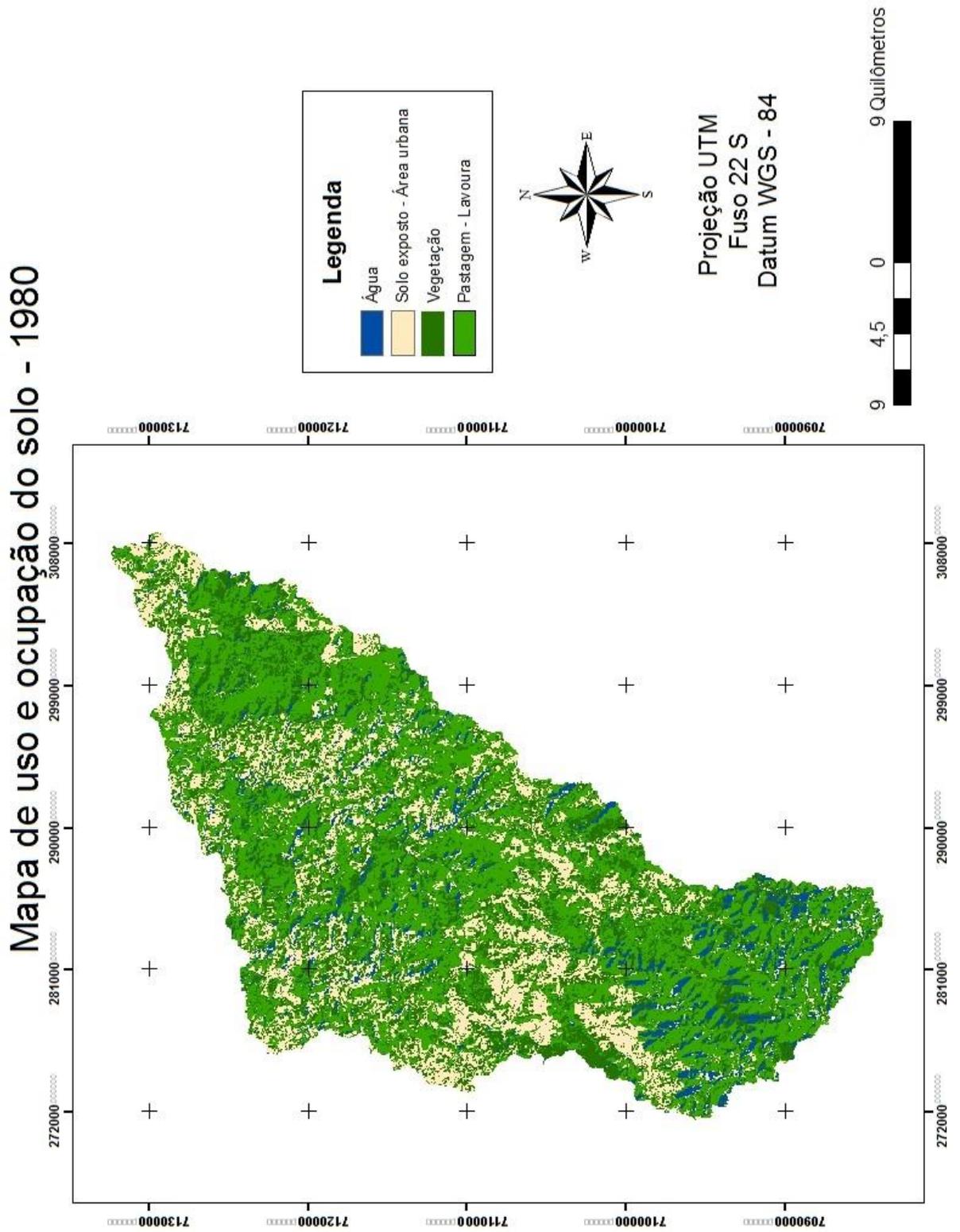


Figura 14 - Mapa de uso e ocupação do solo / 1980
Fonte – Própria

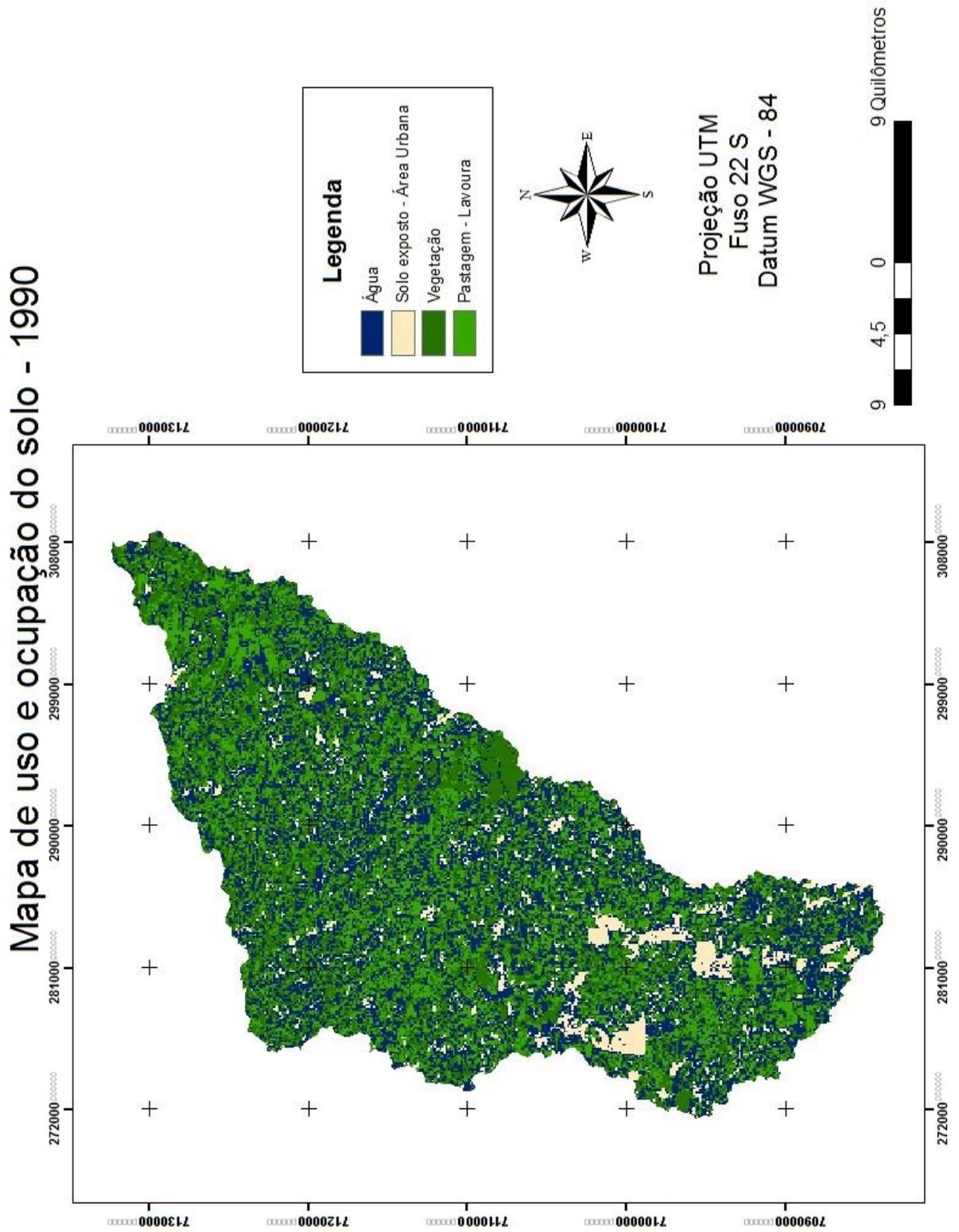


Figura 15 - Mapa de uso e ocupação do solo / 1990
Fonte - Própria

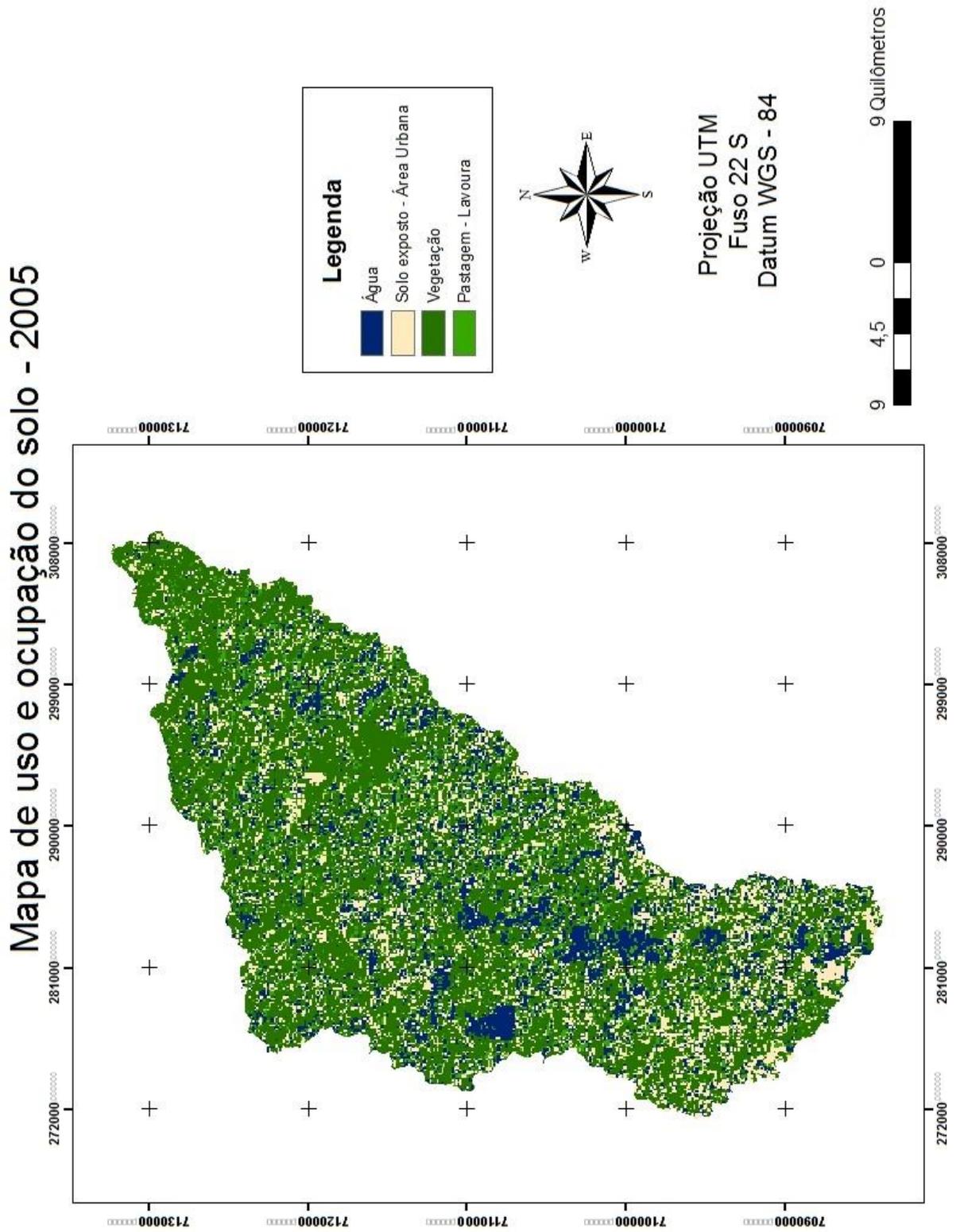


Figura 16 - Mapa de uso e ocupação do solo / 2005
Fonte - Própria

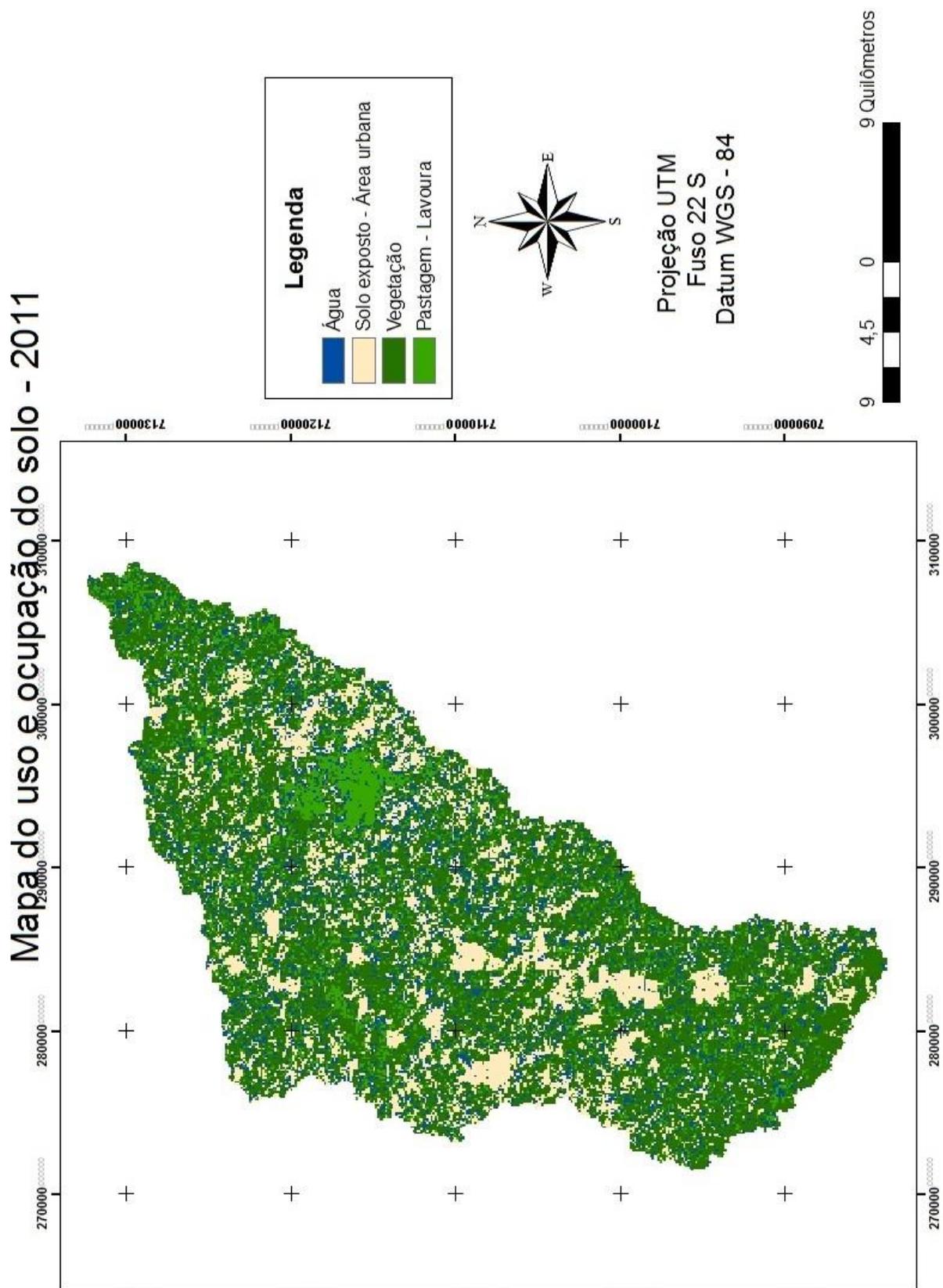


Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo / 2011
Fonte - Própria

A seguir, apresenta-se a porcentagem e o valor da área em cada década estudada:

Tabela 8 - Dados das classes de 1970

Ano - 1970		
Classe	Área - Km ²	Porcentagem - %
Água	100,6424	12%
Vegetação	160,8088	19%
Pastagem-lavoura	358,4984	42%
Solo exposto-área urbana	229,5704	27%
Total	849,52	100%

Figura 18 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 1970

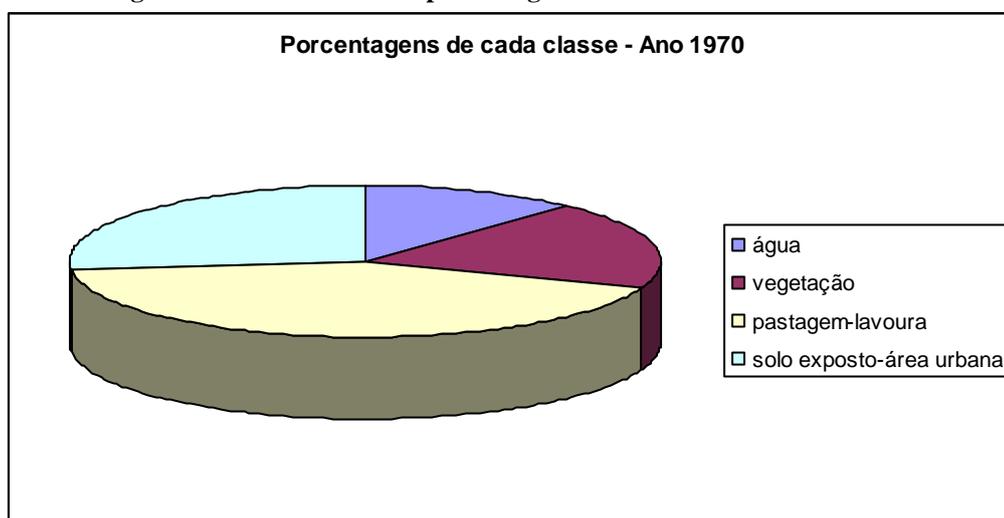


Tabela 9 - Dados das classes de 1980

Ano - 1980		
Classe	Área - Km ²	Porcentagem - %
Água	83,452	10%
Vegetação	177,9992	21%
Pastagem-lavoura	367,0936	43%
Solo exposto-área urbana	220,9752	26%
Total	849,52	100%

Figura 19 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 1980

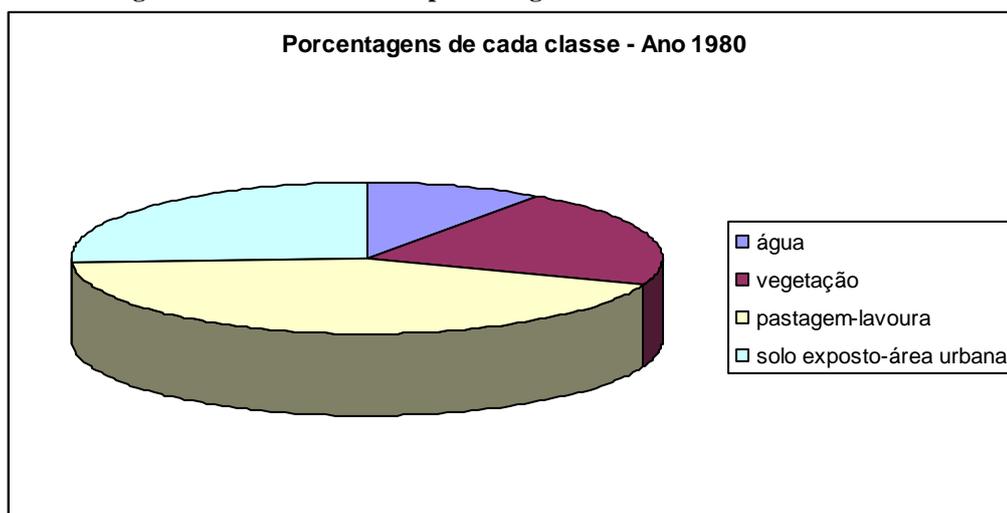


Tabela 10 - Dados das classes de 1990

Ano - 1990		
Classe	Área - Km ²	Porcentagem - %
Água	127,428	15%
Vegetação	229,3704	27%
Pastagem-lavoura	305,8272	36%
Solo exposto-área urbana	186,8944	22%
Total	849,52	100%

Figura 20 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 1990

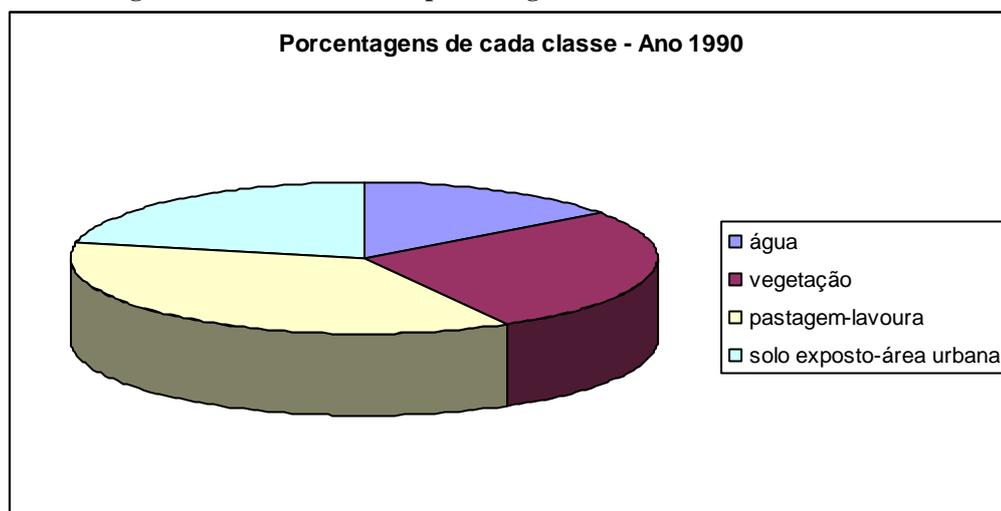
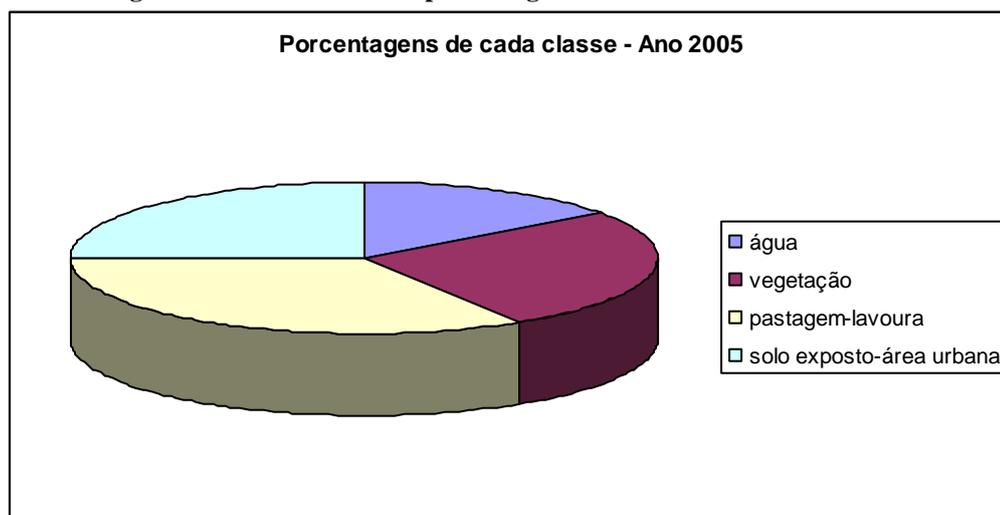


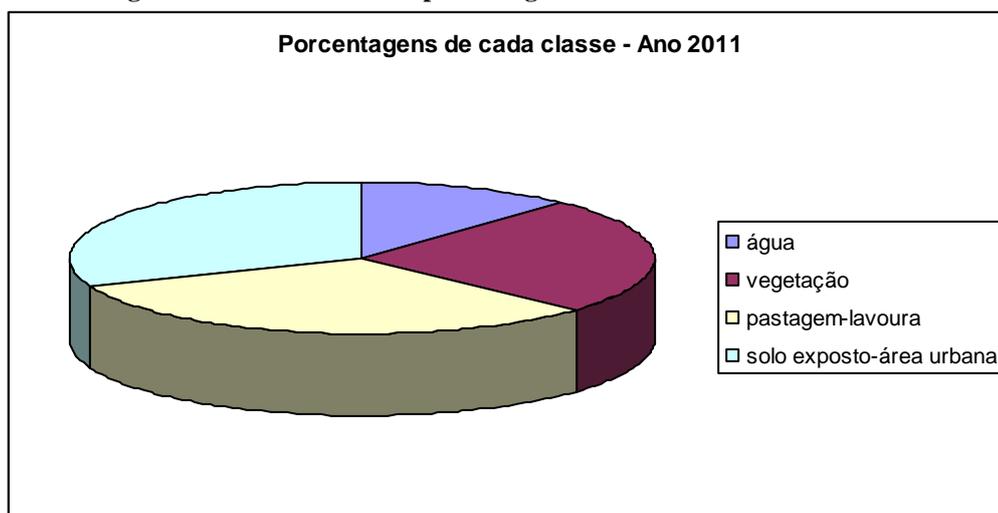
Tabela 11 - Dados das classes de 2005

Ano - 2005		
Classe	Área - Km ²	Porcentagem - %
Água	127,428	15%
Vegetação	220,8752	26%
Pastagem-lavoura	288,8368	34%
Solo exposto-área urbana	212,38	25%
Total	849,52	100%

Figura 21 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 2005**Tabela 12 - Dados das classes de 2011**

Ano - 2011		
Classe	Área - Km ²	Porcentagem - %
Água	101,9424	12%
Vegetação	212,38	25%
Pastagem-lavoura	271,8464	32%
Solo exposto-área urbana	263,3512	31%
Total	849,52	100%

Figura 22 - Gráfico com as porcentagens de cada classe no ano de 2011



Classe água: A classe água é representada pela bacia hidrográfica do rio Marrecas e seus tributários. Esta classe teve uma porcentagem bastante alta o que pode ser atribuído ao fato da mesma ser confundida com sombras na imagem, pela coloração escura que estas apresentam.

Ainda uma análise quantitativa de variação multitemporal de longo prazo leva em conta uma série de fatores limitantes, entre eles uma baixa resolução espectral, ângulos de visada distintos e a ocorrência de nuvens ou sombras na imagem.

Classe solo exposto – área urbana: Esta classe corresponde a área onde a vegetação natural foi modificada pelo homem, para fins de construção, ou por degradação ambiental. Classificou-se a classe solo exposto e área urbana em uma única classe, pois as mesmas apresentavam-se muito parecidas na imagem, sendo difícil classifica-las separadamente. Esta classe mostrou-se sem grandes variações ao longo das décadas, tendo um aumento relativo em 2011, apresentando o valor de 31%, fato que pode ser atribuído ao aumento da expansão urbana nas cidades e consequentemente as modificações e impactos ao meio ambiente.

Classe Vegetação: Nesta classe considera-se também o reflorestamento que ocorre espalhado, em pequenas áreas por toda a bacia estudada. Considerando-se também espécies como pinus ou eucaliptos. Espécies que podem ser encontradas em abundâncias na maioria dos estados do sul do Brasil. Como exemplo tem-se o *Pinus elliottii* que necessita de invernos frios com temperaturas mínimas de 0C e não suporta períodos secos com déficit hídrico.

Tem-se também o *Pinus taeda*, que plantado em vários locais da região sul, em altitudes superiores a 1200 m, apresenta crescimento excelente, superior ao do *Pinus elliottii*.

Estas espécies muitas vezes plantadas para o reflorestamento, pois se adaptam bem ao estado do Paraná, interferem na porcentagem da Classe Vegetação, desta forma a mesma apresenta-se mais elevada em algumas décadas como o valor de 27% em 1990.

Classe pastagem-lavouras: Quanto à classe pastagem-lavouras, observa-se que houve uma diminuição relativa, o que pode ser explicado devido ao aumento da expansão urbana, onde a população que residia em áreas agrícolas esta cada vez mais mudando-se para o meio urbano ou até pela diminuição das atividades antrópicas na vegetação. Pois este tipo de uso da terra correspondente a áreas que sofreram intervenção antrópica, transformando a vegetação natural e/ou áreas agrícolas e outras, em pastagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento da expansão urbana, diversos problemas tendem a aparecer, entre eles a falta de empregos, de habitação, de transporte, de saneamento básico e outros serviços urbanos em geral.

Existe atualmente uma crescente necessidade de se apresentar soluções e estratégias para estes problemas, entre eles os que minimizem e revertam os efeitos da degradação ambiental e do esgotamento dos recursos naturais, que são observados com uma frequência crescente, e em grande parte são derivados da atividade antrópica e que vêm provocando alterações e impactos no ambiente.

A melhor forma de se tratar com os transtornos por ocasião dos impactos ambientais, é através de melhores e atuantes políticas públicas, como regulamentar o uso do solo, limitando a ocupação de áreas de vegetação saudável a usos que impeçam que a vegetação natural sofra degradação.

Aliado a estas políticas publicas, tem-se o presente trabalho, apresentando a classificação do uso e ocupação do solo na área de estudo, tornando-se uma ferramenta de fundamental importância, pois além do conhecimento técnico-científico que este permite, constitui-se em uma ferramenta útil para políticas publicas contribuindo com a conservação da natureza, indicando áreas e formações vegetacionais prioritárias para a conservação.

REFERENCIAS

ALMEIDA, Valdeni J.; et al. **Relação homem-natureza: uma (re) construção histórica**. Centro Científico Conhecer, Goiânia, Brasil. 2009. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2009/relacao.pdf>> . Acesso em: 17 maio 2015.

ARRUDA, R. **“Populações tradicionais” e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação**. Ambiente & Sociedade, 1999. Pp. 79-89. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/n5/n5a07>>. Acesso em: 28 abril 2015.

BRASIL. Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 19 março 2015.

BRASIL. Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 19 março 2015.

BRASIL. Decreto nº. 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm>. Acesso em: 31 agosto 2015.

LUZ, E. C. **Tendências granulométricas dos sedimentos de fundo no rio Marrecas, região sudoeste do Paraná.** Dissertação de mestrado em geografia – Universidade estadual do oeste do Paraná. 2011. Pp. 1-78.

EARTH OBSERVATORY, NASA. **Measuring Vegetation (NDVI & EVI).** EOS Project Science Office. Disponível em: <
http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php>. Acesso em: 30 abril 2015.

GUBERT FILHO, F. A. **Levantamento de Áreas de Relevante Interesse Ecológico no Estado do Paraná.** Anais do II Congresso Florestal do Paraná - Instituto Florestal do Paraná, 136 -160, Curitiba, 1988.

GUERRA, A. J e COELHO, M. C. **Unidades de conservação: abordagens e características geográficas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda, 2009. Pp. 31-44.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL. **Leituras Regionais: mesorregiões geográficas paranaenses.** Curitiba: IPARDES, 2004. Disponível em: <
http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/leituras_reg_sumario_executivo.pdf>. Acesso em: 19 março 2015.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Procedimento para a apresentação do georreferenciamento dos limites das RPPN.** Brasília – DF. Disponível em: <
http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/Procedimento_para_apresenta%C3%A7%C3%A3o_do_georreferenciamentos_dos_limites_da_RPPN_2.pdf>. Acesso em: 04 maio 2015.

KORMAN, V. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP).** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2003. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LANDIS & KOCH. **The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data**. Março, 1977. Pp 159-174.

LOBÃO, B, S, J.; FRANÇA-ROCHA, S, J, W.; SILVA, B, A. Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. Specific interactions and the miscibility of polymer blends. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia – Brasil. p. 1207-1214, 2005.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. BRDE/ IBPT/ UFPR, Editora Max Roesner, Curitiba, 1968.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO, O. A e GUIMARÃES, R. F. 2004. **Ecologia de paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil**. Embrapa: empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2004. Pp. 10-30. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16115/1/ARTIGO_EcologiaPaisagemConceitos.pdf>. Acesso em: 14 abril 2015.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G e ALMEIDA, C. M. **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Embrapa informação tecnológica. Brasília – DF, 2007. Pp 25-40.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Unidades de conservação**. Brasília: MMA/SBF, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/itemlist/category/34-unidades-de-conservacao>>. Acesso em: 28 abril 2015.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J.; PASA, V e MARINHO, F. R. **Características geológicas da formação serra geral na área drenada pelo rio Marrecas (SW Paraná): fundamentos para a análise geomorfológica**. Geografia, 2008. v.17, n°. 2. Pp 50-61.

PONZONI, F. J & SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São Paulo: Parêntese, 2007. Pp 150.

PRIMACK, R. B e RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina-PR, 2001. Pp 99-100.

RODRIGUES, T. R. I.; ROCHA, A. M e FILHO, A. P. Mapeamento de uso e ocupação das terras na Bacia do Baixo Curso do Rio São José do Dourados-SP por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. **Anais XIII Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, Florianópolis, Brasil, 2007. Pp 6091-6097.

Disponível em:

<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.21.45.01/doc/6091-6097.pdf>>. Acesso em: 24 março 2015.

SILVEIRA, S. A vegetação atual no estado do Paraná. 2015. Disponível em: <<http://sanderlei.com.br/PT/Silveira/Parana/Parana-Historia-Geografia-41>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

SEBUSIANI, R. V. H e BETTINE C. S. **Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana**. São Paulo: Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 2011. Pp. 258.

SILVA, J. X e Z Aidan, R. T. **Geoprocessamento & análise ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda, 2010. Pp. 69.

SOS MATA ATLÂNTICA. Fundação SOS Mata Atlântica, 2010. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/>>. Acesso em: 04 maio 2015.

VALENTE, R. O. A e VETTORAZZI, C. A. **Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Scientia Florestalis 62, 2002. Pp. 114-129.

WEIER, J. e HERRING, D. **Measuring vegetation (NDVI & EVI)**. NASA – Earth Observatory. 2000. Disponível em: <<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>>. Acesso em: 08 jun 2015.

YOUNG, R. & CHOPPING, M. **Quantifying landscape structure:** a review of landscape indices and their application to forested landscapes. *Progress in physical geography*, 1996. v.20. Pp. 418 – 445.