

# **AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DO HORTO FLORESTAL DR. LUIZ TEIXEIRA MENDES, EM MARINGÁ – PARANÁ, POR MEIO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO RAZÃO SIMPLES**

Paulo José Moraes Monteiro e Teixeira GERMANO<sup>1</sup>

Bruno Domingos de ANGELIS<sup>2</sup>

André César Furlaneto SAMPAIO<sup>3</sup>

## **RESUMO**

Estudos referentes às condições dos remanescentes florestais (habitats) nas paisagens são cada vez mais primordiais para a concretização de uma eficiente gestão de uso e ocupação do solo, de áreas protegidas e unidades de conservação para a devida preservação de recursos ambientais. Recursos tecnológicos como o sensoriamento remoto vem auxiliando de forma primorosa nesses estudos, trazendo maior agilidade e resultados mais precisos. No município de Maringá as áreas verdes urbanas possuem elevada importância, pois representam porcentagem significativa da vegetação, sendo que os parques urbanos são considerados os remanescentes florestais com melhores condições ambientais de todo o município. Destaca-se entre esses parques o Horto Florestal de Maringá. Objetivou-se fazer uma análise da vegetação deste parque focando na classificação utilizando o índice razão simples, para assim trazer maiores subsídios para futuras pesquisas no parque. A metodologia utilizou-se de uma imagem do satélite Landsat 8 Sensor OLI®, de 14/03/2016, e através do cálculo do Índice de Vegetação por Razão Simples (IVRS), elaborado através do software QGIS 2.8.3® separou-se a vegetação em cinco classes distintas. Os resultados demonstraram uma classificação que compactua com a existência de uma floresta em boas condições ambientais, porém, as regiões de bordadura sem mostraram impactadas com redução de vegetação.

**Palavras chave:** Sensoriamento Remoto. Vegetação Urbana. Fragmento florestal. Efeito de borda.

---

<sup>1</sup> Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá.

<sup>2</sup> Docente do Departamento de Agronomia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá.

<sup>3</sup> Docente do Centro Universitário de Maringá (Unicesumar).

## **EVALUATION COVERAGE VEGETABLE OF THE “HORTO FLORESTAL DR. LUIZ TEIXEIRA MENDES”, IN MARINGÁ – PARANÁ, USING SIMPLE RATIO VEGETATION INDEX**

### **ABSTRACT**

Studies concerning the conditions of remaining forest (habitat) in the landscapes are increasingly central to the implementation of an efficient management of the land use and occupation, protected areas and conservation units for proper preservation of environmental resources. Technological features such as remote sensing is helping tasteful way these studies, bringing greater flexibility and results that are more accurate. In the city of Maringa, the urban forests have high importance as they represent a significant percentage of vegetation, and urban parks are considered the forest remnants with better environmental conditions around the county. It stands out among these parks the “Horto Florestal de Maringá”. The objective is to analyze the vegetation of this park focusing on rating biomass, thus bring greater benefits for future research in the park. The methodology used is a satellite image Landsat 8 Sensor OLI, of 14.03.2016, and by calculating the Vegetation Index Simple Reason, developed by software QGIS 2.8.3 separated vegetation in five distinct classes of biomass. The results showed a classification that condone the existence of a forest in good environmental conditions, however, the regions without border showed impacted with reduced biomass.

**Keywords:** Remote Sensing. Urban Vegetation. Forest fragment. Edge effect.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e as atividades antrópicas têm provocado impactos ambientais significativos nas paisagens brasileiras, sendo a fragmentação de habitats um dos mais graves, pois causa alterações drásticas aos processos ecológicos envolvendo danos principalmente ao fluxo biológico. Estudos de paisagem em particular da vegetação, são importantes para que se possa determinar ações que visem à conservação ambiental. Nas áreas urbanas normalmente os remanescentes de um habitat, em geral florestal, sofrem os impactos da fragmentação de forma mais intensa do que em áreas rurais, pois a matriz urbana é considerada a mais danosa por ser extremamente antropizada. Portanto, nesses locais as preocupações com medidas mitigadoras e de conservação ambiental devem ser maiores (FORMAN, 1995; SCARIOT *et al.*, 2005; DURIGAN *et al.*, 2006).

As áreas verdes urbanas proporcionam muitos benefícios e sua importância pode ser comprovada por ações de melhoria microclimática, de controle das poluições sonora, visual e atmosférica e pela melhoria estética das cidades. Permitem ainda a obtenção de benefícios sociais e econômicos, com a diminuição do estresse, o estímulo a criatividade, a valorização imobiliária, a redução do uso de energia, além de colaborarem na proteção de espécies ameaçadas de extinção e proporcionar abrigo e alimentação para a fauna urbana (GREY e DENEKE, 1978; MILANO, 1988; SAMPAIO, 2008).

Desta forma, as áreas protegidas ou administradas pelo poder público, como parques, áreas florestais, refúgios, reservas naturais e corredores ecológicos representam um importante subconjunto do mosaico da paisagem que deve ser gerido com critérios conservacionistas para a eficiente proteção dos recursos naturais. Entender as condições da vegetação acaba por ser um aspecto primordial para o manejo dessas áreas silvestres (FORMAN, 1995).

Atualmente verifica-se a utilização de imagens de satélites em diversos estudos que englobam o monitoramento, análises e manejo de áreas florestadas, visando minimizar impactos ambientais. Muitas técnicas têm sido aplicadas a uma variedade de coberturas vegetais ou paisagens vegetadas, trazendo cada vez mais facilidade e acurácia na obtenção de dados (METZGER, 2001; JENSEN, 2011; ABREU e COUTINHO, 2014).

A partir de 1957 com o lançamento do primeiro satélite, teve-se a chance de analisar o planeta Terra e as ações dos seres humanos, iniciando um começo de uma consciência global. As imagens coletadas por esses equipamentos permitiram o vislumbre do esplendor da

nossa biosfera bem como sua fragilidade, demarcadas por manchas de contaminações, desflorestamentos bem como a expansão desordenada de algumas cidades (ROGERS, 2012).

Os avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de estratégias para extrair informações, monitorar os recursos da superfície terrestre e modelar vários parâmetros biofísicos da vegetação sem o contato direto com a área de estudo, possibilitando a quantificação da paisagem e da vegetação utilizando-se informações coletadas por sensores remotos (JENSEN, 2011; RICKLEFS, 2015).

Uma das técnicas aplicada para estimar indiretamente a biomassa vegetal de uma área verde, utiliza-se dos valores de fluxo radiante refletido pela vegetação e que podem ser captadas por sensores presentes em satélites. A energia (fóton) refletida pela vegetação, ao entrar em contato com os sensores presentes nos satélites são convertidas em Números Digitais (ND), e estão diretamente relacionados com a resolução radiométrica do satélite (JENSEN, 2011).

A utilização dos índices de vegetação remonta final da década de 1960, possivelmente, o índice Razão Simples (RS) (*Simple Ratio Vegetation Index*) foi o primeiro criado, sendo descrito como a razão entre o fluxo refletido no infravermelho próximo ( $\rho$ IVP) e o fluxo radiante refletido na região do vermelho ( $\rho$ VERM). Este índice é especialmente sensível às variações em biomassa ou IAF para vegetação de grande biomassa, como as florestas (BIRTH e MCVEY, 1968 *apud* JENSEN, 2011).

De acordo com Jensen (2011), pesquisas demonstram existência de uma relação direta entre resposta no infravermelho próximo e variáveis relacionadas com a biomassa da planta, permitindo quantificar a cobertura vegetal e, desta forma, verificar as mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo.

Assim, objetivou-se neste estudo, analisar a cobertura vegetal do Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes, um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, tipologia florestal do Bioma Mata Atlântica (RODERJAN *et al.*, 2002), localizado na área urbana do município de Maringá, Paraná, por meio do IVSR aplicado a uma imagem Landsat 8 Sensor OLI® e trazer subsídios para o manejo da área.

O emprego de imagens de satélite proposto no presente trabalho tem como objetivo analisar essa área de forma quantitativa, valendo-se do índice de vegetação Razão Simples para evidenciar as possíveis discrepâncias na vegetação na área.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 HISTÓRICO E LOCALIZAÇÃO

Durante o processo de urbanização, verificou-se na região Norte do Estado do Paraná, uma urbanização comercial privada durante os anos de 1930 até 1960, utilizando um plano urbanístico e econômico estratégico, que possibilitou a criação de mais de 70 cidades (MENEGUETTI, REGO e BELOTO, 2009).

A maioria dos projetos dessas cidades foram concebidos pela empresa *Paraná Plantations Company* e sua subsidiária Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), que comprou do governo do Estado do Paraná 515.000 alqueires de terra, permitindo a formação do Norte Novo e expansão da lavoura de café. Porém, em 1939 quando deflagrada a Segunda Guerra Mundial, a Companhia de Terras realizou a venda de seus investimentos para um grupo de brasileiros, a Companhia Melhoramentos do Norte do Paraná (CMNP) (GARCIA, 2006).

Um dos investimentos da Companhia de Terras Norte do Paraná foi a atual cidade de Maringá, se apresentando até 1951 como distrito de Mandaguari. A cidade de Maringá foi idealizada pelo engenheiro Jorge de Macedo de Vieira, que também planejou o seu traçado sem jamais ter visitado o lugar, inspirado nas cidades-jardins de Ebenezer-Howard e na Carta de Atenas, sendo observadas a organicidade das linhas, estruturação de parques e amplos espaços públicos (REGO, 2001; RECCO, 2005).

De acordo com o delineamento de Maack (1968) e adotando o Sistema Fisionômico-Ecológico de Classificação da Vegetação Brasileira, proposto por Veloso, Rangel Filho e Lima (1991), o município de Maringá enquadra-se na região fitogeográfica denominada Floresta Estacional Semidecidual (FES) e devido as condições de relevo possui uma fisionomia vegetal classificada como de formação Submontana. Essa tipologia florestal é considerada a que mais rápida e extensamente foi devastada no Estado do Paraná e em toda a sua área de ocorrência natural, que compreende parte dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia e Espírito Santo e de países vizinhos, como o Paraguai e a Argentina (BIERREGAARD e LOVEJOY, 1988; DURIGAN *et al*, 2000).

Alguns estudos, como o de Sampaio *et al.* (2008), Sampaio *et al.* (2012) e o de Marques e Barros (2014), quantificaram o uso do solo do município evidenciando as áreas verdes. Sampaio *et al.* (2012) estimaram que o município de Maringá possuía no ano de 2008

uma cobertura florestal de 43,91 km<sup>2</sup>, ocupando 9% da área total, sendo que 11,15 km<sup>2</sup> estavam presentes na área urbana (2,29%), consideraram florestas nativas e exóticas e em distintos estágios sucessionais. No Atlas de Vegetação da Mata Atlântica o município de Maringá consta com apenas 3% de remanescentes florestais nativos, considerando florestas nativas em estágios bem desenvolvidos da sucessão (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2012).

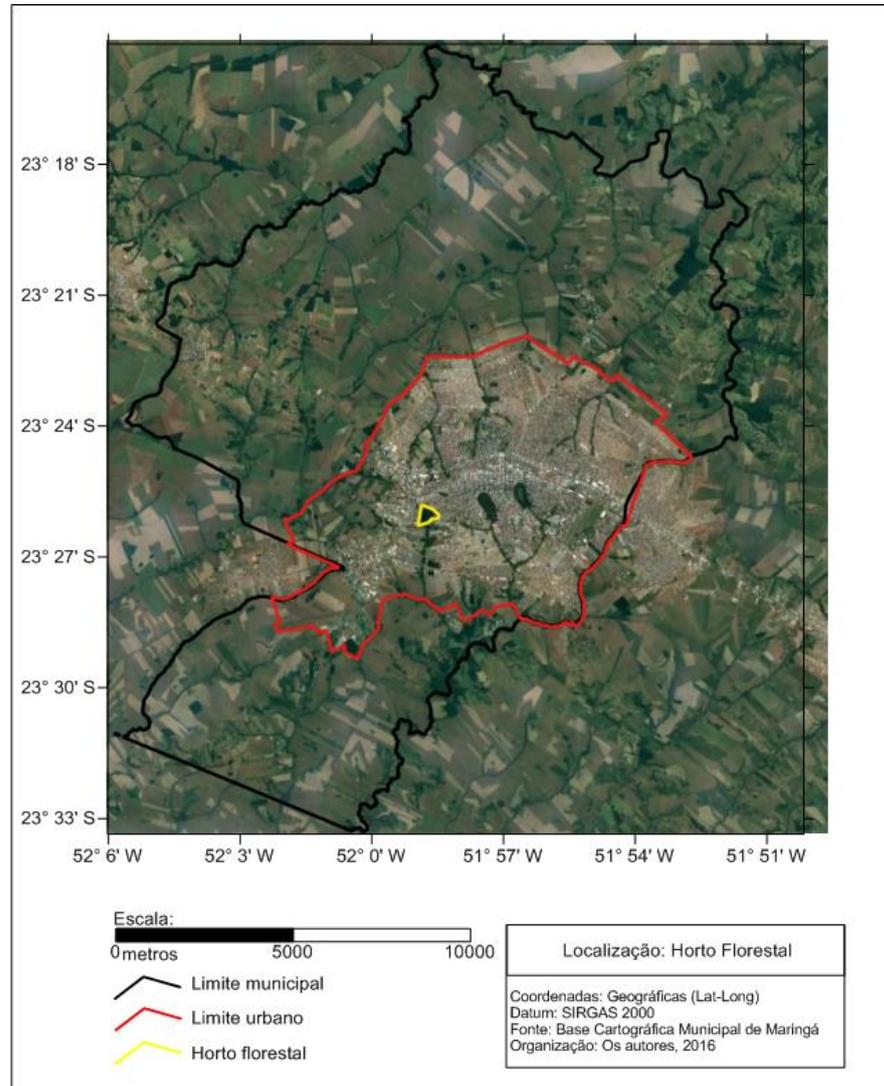
De acordo com Sampaio *et al.* (2008) a área urbana do município contava com 19,20 km<sup>2</sup> de cobertura vegetal, considerando parques, remanescentes, florestas ripárias e a arborização urbana, o que equivale a 3,94% de todo município e 14,1% de toda área urbana e gera aproximadamente 53,76m<sup>2</sup>/habitante. Dados da Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Maringá demonstram que o município apresenta 19,36 km<sup>2</sup> (3,95%) de mata nativa, sendo que 5,31 km<sup>2</sup> está na área urbana e, 2,34 km<sup>2</sup> estão ocupados por reservas e parques (MARINGÁ, 2012).

Marques e Barros (2014) quantificaram as áreas verdes urbanas de Maringá e concluíram que a cidade conta com uma área de 23,17 km<sup>2</sup> recoberta por vegetação (matas, arborização de ruas e áreas com reflorestamento), o que representa aproximadamente 4,75% de todo município e 9,37% do total da área urbana. Os trabalhos mencionados utilizaram-se de metodologias e classificações vegetais diferenciadas, envolvendo técnicas de análise visual de imagens de satélite, classificação supervisionada, mas dão um vislumbre da importância das áreas verdes urbanas para Maringá, mesmo apresentando diferentes valores de porcentagem.

Além da vegetação que compõe as áreas de preservação permanente, Maringá possui 19 fragmentos florestais de destaque na área urbana, sendo 12 parques públicos, um particular e seis áreas que não estão categorizadas pelo município, totalizando aproximadamente 1.869,247,65 m<sup>2</sup>. Atualmente, oito áreas estão registradas no ICMS Ecológico e a cidade apresenta em dados oficiais 26 m<sup>2</sup> de área verde por habitante (MARINGÁ, 2012). Destacam-se três remanescentes florestais que são tratados como áreas protegidas e denominados: Bosque II (Parque dos Pioneiros), Parque do Ingá e Horto Florestal Doutor Luiz Teixeira Mendes.

O estudo foi realizado no Horto Florestal Doutor Luiz Teixeira Mendes (Figura 1), também conhecido como Horto Florestal de Maringá, localizado na Zona 05, na área urbana do município de Maringá. Trata-se de uma área particular da CMNP constituída pelos lotes 335, 356, 357, 358, 359 e 360 da Gleba Patrimônio Maringá, matrícula n° 25.038 e com área

total de 30.330,00 m<sup>2</sup>. O local da presente pesquisa foi selecionado por se tratar de uma Área de Relevante Interesse Ecológico (AIRE), estipulado pelo Decreto n° 203/1994.



**Figura 1: Localização do Horto Florestal no município.**  
Organização: Os autores, 2016.

A área objetiva a preservação da mata nativa e de nascentes existentes no seu interior, que dão origem ao Córrego Borba Gato (GARCIA, 2006; MARINGÁ, 2013).

Segundo Recco (2005), o Horto Florestal foi o primeiro trabalho do Engenheiro Florestal Luiz Teixeira Mendes, contratado em 1949 pela CMNP, para conduzir o projeto de arborização de Maringá-Paraná. Essa reserva trata-se de um retrato vivo, de inestimável valor histórico, de como seria a região antes da chegada dos desbravadores. O objetivo da empresa era, além de preservar um belo pedaço de mata junto à cidade, tornar a área o núcleo inicial de um futuro instituto científico, e que fizesse escola em seu trabalho de arborização urbana.

O Horto teve como objetivo inicial a implantação de um instituto que realizava trabalhos de arborização e ajardinamento nas vias públicas e particulares da cidade, dessa maneira Luiz Teixeira Mendes, auxiliado pelo engenheiro agrônomo, Aníbal Bianchini, promoveram a consolidação do Horto Florestal como um viveiro atendendo a mais de um milhão de solicitações de mudas, porém com a saída da CMNP de Maringá, o viveiro encerrou suas atividades e foi fechado (GARCIA, 2006).

Até o início da década de 1970, era também uma área de lazer florestada aberta ao público, visitado principalmente em finais de semana (MARÓSTICA, 2010).

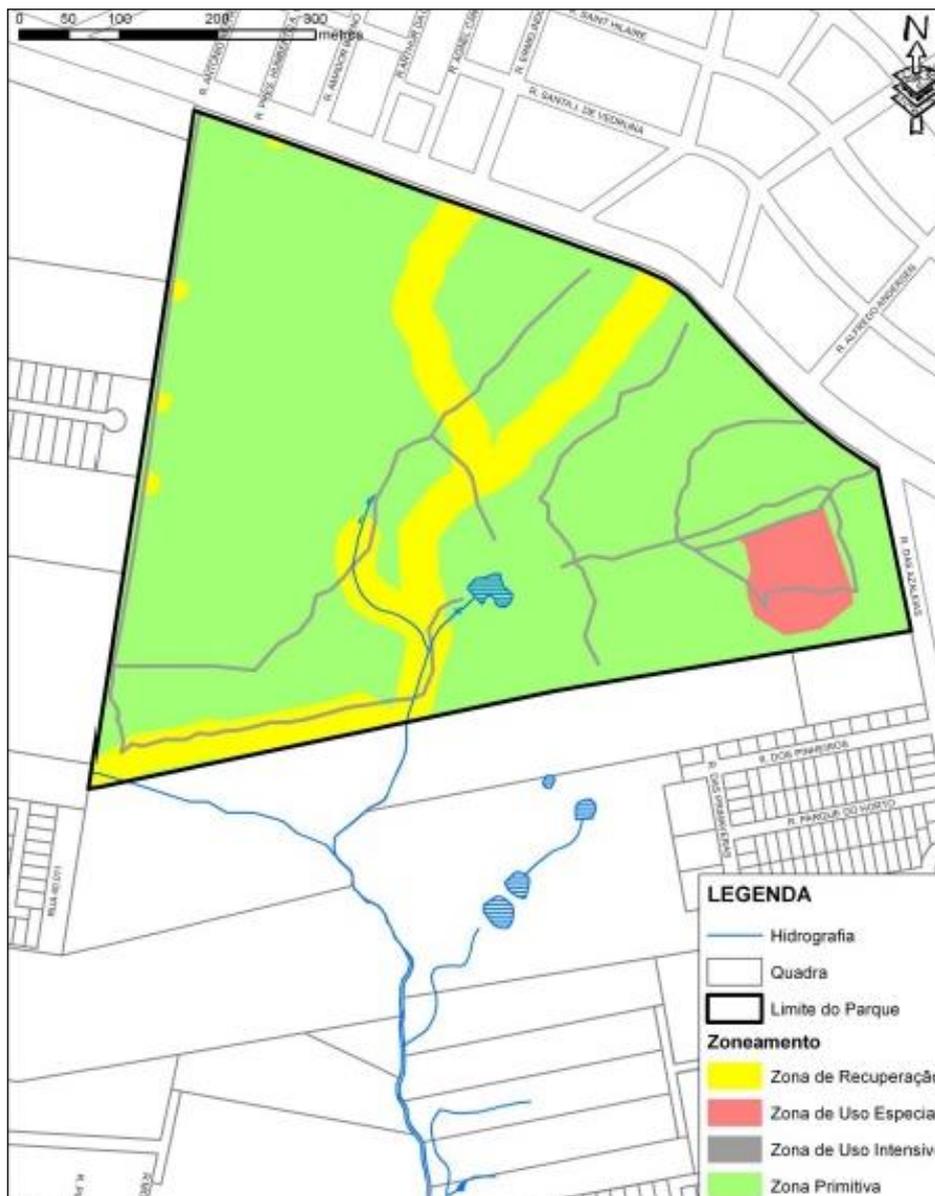
A estrutura interna da área apresenta trilhas no meio da mata e um pequeno lago no seu interior, amplo espaço gramado em sua parte central, uma guarita na entrada, além de algumas infraestruturas destinadas ao viveiro de mudas e à administração da área que estão desativadas e em ruínas. Verificam-se no interior do horto duas obras hidráulicas, um reservatório, agora eutrofizado e uma roda d'água, ambos sem função específica (Figura 2) (MARINGÁ, 2013).



**Figura 2: Reservatório artificial coberto por *Pistia stratiotes* (A), roda d'água (B), sede administrativa abandonada (C) e ruínas de parte do viveiro (D).**

Fonte: Maringá, 2013.

Embora declarado ARIE, o Horto Florestal de Maringá não se enquadra em nenhuma das categorias de Unidades de Conservação (UC) definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), para as quais o Plano de Manejo, principalmente admitindo-se o uso público, seria instrumento fundamental de gestão legalmente instituído. Assim, a metodologia utilizada para elaboração do Plano de Manejo da área foi uma adaptação do estabelecido para unidades de conservação de proteção integral, tais como os Parques, contemplando diagnóstico, prognóstico, diretrizes de uso e proposta de zoneamento para a área (Figura 3) (BRASIL, 2000; MARINGÁ, 2013).



**Figura 3: Proposta de zoneamento estabelecida para o Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes.**

Fonte: Maringá, 2013.

O zoneamento da área é definido pelo SNUC como setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz (BRASIL, 2000). A proposta de zoneamento para a área contém quatro zonas: Zona de Recuperação, Zona de Uso Especial, Zona de Uso Extensivo e Zona Primitiva. Algumas zonas apresentam objetivos específicos no que diz respeito à vegetação, como a zona primitiva e a zona de recuperação.

A zona primitiva compreende áreas naturais pouco alteradas no contexto geral, estando distribuída por toda a área do parque. É a zona mais abrangente, perfazendo 33,39 hectares, ou 80,69% do Horto Florestal. A zona de recuperação (embora de caráter temporário, pois após sua recuperação será incorporada à outras zonas de caráter permanente) compreende 5,63 hectares ou 13,61% da área total do Horto Florestal. São áreas que têm como objetivo geral deter a degradação dos recursos naturais e promover a recuperação do ambiente local. Foi proposto pelo projeto de manejo da área, uma faixa de 20 metros ao longo de todas as drenagens onde foram detectadas áreas de degradação e várias pequenas áreas periféricas indicadas no mapa de vegetação como áreas de alteração e secundárias. As outras zonas correspondem a 5,7% da área total do fragmento, são áreas com o objetivo de permitir o deslocamento de pessoal e equipamentos no interior da área protegida, bem como de potenciais futuros visitantes com fins educativos e recreativos a serem estabelecidos e áreas que apresentam infraestruturas (BRASIL, 2000; MARINGÁ, 2013).

Quanto à utilização, a área encontra-se fechada, sendo utilizada apenas para pesquisas com os morcegos. Quanto à vegetação, não é objeto de estudo de nenhum grupo acadêmico (MARINGÁ, 2013).

## 2.2 ASPECTOS FÍSICOS E BIÓTICOS

A geologia da área em estudo é composta por rochas do Grupo São Bento, mais exatamente formação Serra Geral, representadas por rochas basálticas, tendo como solos predominantes o Latossolo Vermelho Distroférrico. As cotas topográficas do parque variam de 587 a 536 metros de altitude (MARINGÁ, 2013).

O Horto está inserido na bacia hidrográfica do córrego Borba Gato, um afluente do Ribeirão Pinguim que faz parte da bacia do Rio Ivaí. A bacia do Borba Gato apresenta uma área de 21,9 km<sup>2</sup> (BORSATO, 2005). O parque abriga duas nascentes em seu interior (GARCIA, 2006) possuindo ainda pontos de lançamento de águas pluviais e devido a

impermeabilização das áreas adjacentes, essas águas trazem lixos e desencadeiam processos erosivos (Figura 4) (MARINGÁ, 2013).



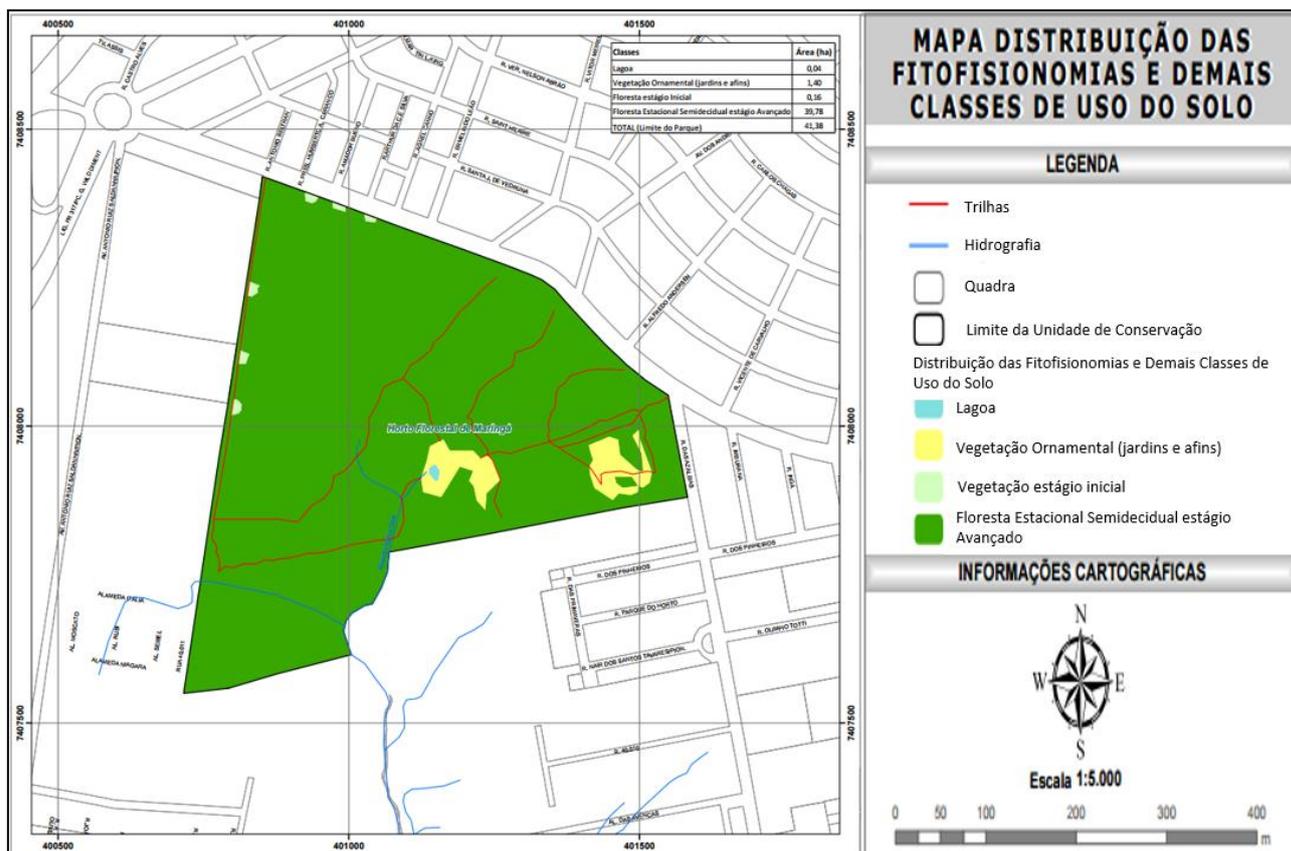
**Figura 4: Processo erosivo e lixo.**

Fonte: Maringá, 2013.

A área de estudo está situada no domínio da FES que possui como característica fisionômica a semidecidualidade. Esse tipo de formação vegetal ocorre nas regiões norte e oeste do Estado do Paraná, em locais com altitudes que variam de 800 a 200 metros, possuindo composição florística menos exuberante em relação às formações ombrófilas além de apresentar espécies com dossel elevado (30 – 40 metros de altura). A semidecidualidade trata-se de uma resposta à diminuição da precipitação e umidade relativa do ar, característicos nos meses de inverno (VELOSO, RANGEL FILHO e LIMA, 1991).

A quantificação do uso do solo e cobertura vegetal do Horto realizada no Plano de Manejo de 2013 (figura 5), apresenta 4 classes com diferentes áreas: Lagoa (0,04 ha), Vegetação ornamental (1,40 ha), Floresta Estágio Inicial (0,16 ha) e Floresta Estacional Semidecidual Estágio Avançado (39,78 ha) (MARINGÁ, 2013).

Diante dos dados levantados pelo plano de manejo, é possível observar que a área de estudo apresenta uma predominância de uma vegetação em estágio avançado, seguido por vegetação ornamental e alguns pontos de vegetação em estágio inicial, além de lago artificial.



**Figura 5: Distribuição das fitofisionomias e demais classes de uso do solo no Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes.**  
 Fonte: Maringá, 2013.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8 Sensor OLI® disponibilizada gratuitamente pelo *United States Geological Survey USGS* (2016), correspondente ao dia 14/03/2016. Por se tratar de uma análise visando a obtenção do índice de vegetação razão simples, foram utilizadas bandas 4 (Vermelho – 0,64µm a 0,67µm) e 5 (Infravermelho Próximo – 0,85µm a 0,88µm), ambas com resolução espacial de 30 metros e resolução radiométrica de 16 bits (USGS, 2016). Para essas rotinas foi utilizado o software livre Qgis 2.8.3® e os complementos: *SemiAutomatic classification plugin (SCP)*, *Raster Calculator*, *OpenLayersPlugins* e *Slicer*.

Para o processamento digital das imagens, inicialmente foi realizada a correção atmosférica aplicando a técnica de subtração do pixel escuro *Dark Object Subtraction (DOS)* proposto por Chávez Jr. (1998), no qual segundo esse método, leva-se em consideração que toda imagem apresenta áreas que devido condições como sombras na região do visível,

deveriam apresentar valores de ND igual a zero, porém devido efeitos como espalhamento atmosféricos, promovem o aparecimento de valores de ND superiores a zero, que servem de informação para realização da subtração dos valores de ND para toda a imagem. Além disso, os cálculos adequados dos índices de vegetação demandam a conversão dos valores de números digitais (ND) para valores físicos, neste caso, reflectância, pois os valores de ND de um mesmo sensor, porém em diferentes bandas, podem não apresentar compatibilidade em seus números digitais, não permitindo uma caracterização espectral dos objetos. (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

O índice de vegetação Razão Simples (RS) foi calculado com a aplicação da seguinte fórmula (Equação 1) utilizando-se o complemento *Raster Calculator*:

$$SR = \frac{\rho_{IVP}}{\rho_{VERM}} \quad (1)$$

Onde:

SR: Razão Simples.

$\rho$ : Fluxo radiante refletido

IVP: Fluxo radiante no Infravermelho próximo

VERM: Fluxo radiante no Vermelho

Segundo Jensen (2011), o índice de vegetação Razão Simples, apresenta uma menor saturação nos valores de vegetação quando comparado com índices como o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN), sendo aplicável em áreas que apresentam expressiva biomassa, tais como florestas.

Após a aplicação do cálculo para obter o índice Razão Simples, a imagem passou por uma classificação utilizando o complemento *Slicer*, no qual foram propostos 5 intervalos de classes, que tiveram como objetivo realçarem a distribuição valores encontrados.

Para a proposição dos intervalos de classes, foi levado em consideração o maior e o menor valor encontrados (17,0 e 4,0) obtidos após a aplicação do índice. Deve-se ter ciência que as classes de vegetação aplicadas no presente estudo, tiveram como objetivo evidenciar a abundância relativa de vegetação, pois, segundo Jensen (2011), os procedimentos para verificar índices de vegetação resultam em valores adimensionais, buscando demonstrar a variação relativa da vegetação, ou seja, tratam-se de procedimentos que tem como finalidade evidenciar os diferentes valores de vegetação encontrados em uma mesma área de estudo.

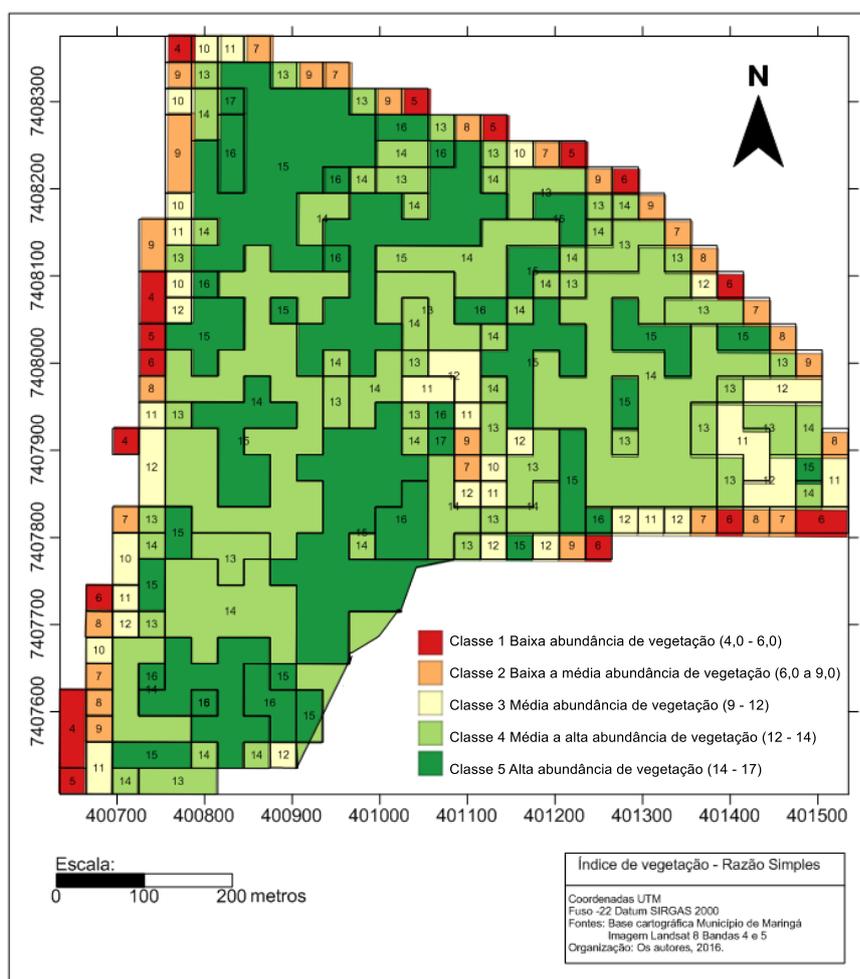
Os intervalos selecionados para o presente estudo obedeceram aos seguintes valores obtidos nos pixels: Classe 1 (4,0 – 6,0) Baixa Abundância de Vegetação; Classe 2 (6,0 – 9,0) Baixa a Média Abundância de Vegetação; Classe 3 (9,0 – 12,0) Média Abundância de

Vegetação; Classe 4 (12,0 – 14,0) Média a Alta Abundância de Vegetação e Classe 5 (14,0 – 17,0) Alta Abundância de Vegetação.

Após a separação das classes, que tiveram como objetivo demonstrar a variação relativa da vegetação dentro da área de estudo, foi realizado o cálculo das áreas ocupadas por cada classe, pois cada pixel da imagem representa uma área 90 m<sup>2</sup>.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

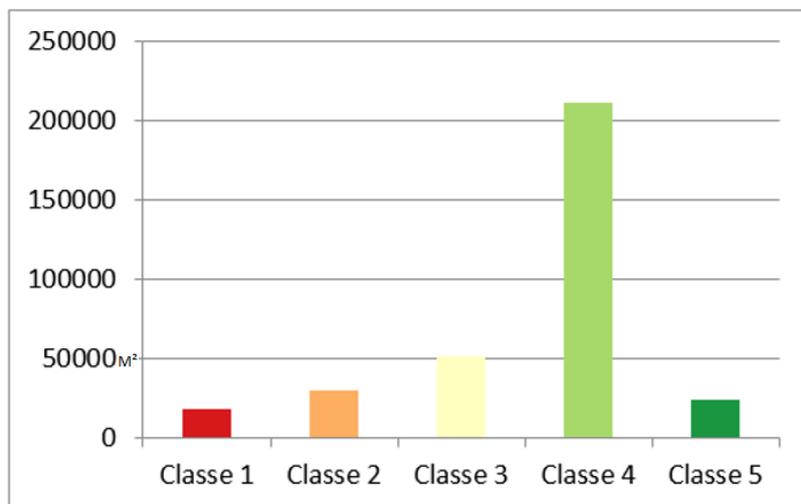
A aplicação do índice de vegetação permitiu levantar as metragens das áreas ocupadas por cada classe descritas anteriormente, que levou em consideração a resolução espacial da imagem. Dessa maneira foi possível quantificar a abrangência e predominância, embasadas na reflectância espectral das diferentes vegetações e condições presentes no parque (Figura 6).



**Figura 6: Classificação da cobertura vegetal do Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes por meio do IVSR.**

Organização: Os autores, 2017.

O índice de vegetação da área em estudo revelou diferenças significativas na vegetação. Iniciando-se a análise dos resultados dos índices de forma crescente, a Classe 1 apresentou os índices de RS mais baixos e estão localizados nas áreas limítrofes do Horto, somando um total de 18.000 m<sup>2</sup>. A Classe 2 encontra-se predominantemente nos limites da área de estudo intercalado com a Classe 1, observa-se também que essa classe está presente próximo ao lago, e possui uma área de 29.700 m<sup>2</sup>. A Classe 3 está localizada nas áreas limítrofes do Horto e nas porções internas (próximo ao lago e a área das plantas ornamentais), recobrando um total de 51.300 m<sup>2</sup>. A classe que englobou uma maior abrangência de área foi a Classe 4, com um total de 211.500 m<sup>2</sup>, e apresenta uma distribuição heterogênea. A última classe (5) apresenta uma área de 23.400 m<sup>2</sup>, representa os maiores valores de vegetação e pode ser encontrada predominantemente na porção noroeste e sudoeste do horto (Figuras 6).



**Figura 7 – Área das classes em metros quadrados.**

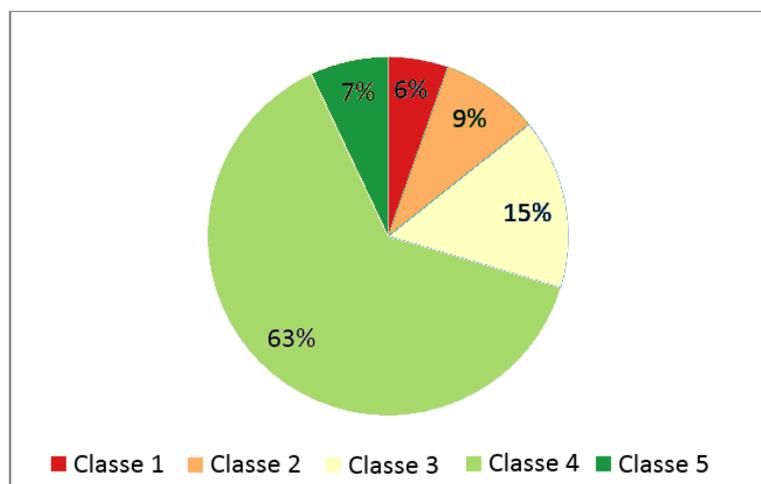
Organização: Os autores, 2017.

Dessa maneira podemos observar uma predominância de 63% da Classe 4, seguida por 15% (Classe 3), 9% Classe 2, 7% Classe 5 e, a Classe 1 representa um total de 6% da área de estudo (Figura 8).

As análises a seguir fazem parte da interpretação dos resultados obtidos na imagem de satélite, bem como nas informações apresentadas no plano de manejo da área.

A distribuição dos valores relativos aos índices de vegetação encontrados, se deu de forma em que a Classe 4, foi verificada por toda a extensão da área de estudo (com exceção dos limites), apresentando índices mais elevados, indicando a presença de uma vegetação de grande porte. Com base na distribuição de fitofisionomias e demais classes de uso do solo no horto, esta classe estima a localização de setores da vegetação em estágio avançado com

melhores condições de conservação, pois quanto maior a biomassa em geral tem-se uma melhor estrutura florestal. Portanto, o resultado indica que o zoneamento estabelecido no plano de manejo é coerente, pois na maior parte essa classe encontra-se localizada na zona primitiva, apresentando alguns trechos próximos a trilhas como zona de recuperação.



**Figura 8 – Porcentagem relativa a cada classe presente no parque.**  
 Organização: Os autores, 2017.

Na porção leste, central e próximo aos limites da área é possível verificar Classe 4, que envolve valores de pixels entre 12,0 - 14,0, representada por áreas com vegetação ornamental e vegetação em estágio avançado, localizadas nas zonas primitiva, de recuperação e de uso especial, sugerindo que as infraestruturas presentes na área (obras de drenagem para conter erosão, trilhas e edificações) e a ação antrópica devido à visitação permitida na área antes do seu fechamento, promovem interferência na vegetação do parque e modificação na estrutura florestal que, apesar de encontrar-se em estágio sucessional avançado, apresenta variações consideráveis nos valores de razão simples. Parte desse impacto, supõem-se que seja devido à intensificação do efeito de borda (alterações nas condições bióticas resultante das modificações intensas de fatores abióticos como o aumento de temperatura, aumento de luminosidade, diminuição de umidade, estresse hídrico, entre outros) (MURCIA, 1995).

As Classes 2 e 3 representam juntas 24% da área total do parque, sendo verificadas nos limites leste, oeste e norte do Horto Florestal, indicando também áreas impactadas por efeito de borda, porém, devido à resolução espacial de 30 metros, existe a possibilidade de os valores estarem sofrendo influência da resposta espectral do asfalto e concreto da calçada e vias que margeiam o parque e da água na porção central. Estas classes estão localizadas nas zonas primitiva e de recuperação, mas principalmente nas áreas de vegetação em estágio

inicial e em bordaduras. A Classe 3 foi verificada, ainda, nas áreas com vegetação ornamental e, a Classe 2 contempla também a área do lago, explicando valores baixos na porção central do parque. A Classe 1 foi a menos representativa, localizada principalmente no perímetro do parque, também em região de bordadura.

Os resultados demonstram boa correspondência com os dados levantados no plano de manejo da área, mostrando que a técnica possui acurácia eficiente.

O presente estudo, utilizando uma imagem de resolução espacial de 30 metros, verificou uma heterogeneidade nos valores do índice razão simples, indicando que a vegetação presente na área possui flutuações no que se refere a abundância de vegetação, provavelmente indicando impactos na estrutura florestal e sinalizam as regiões de maior ocorrência de efeito de borda. Para confirmação dessas hipóteses são necessárias averiguações de campo na vegetação com levantamentos florísticos e fitossociológicos.

Nas regiões centrais e sudeste foram verificados valores médios, provavelmente por ser a área representada por vegetação ornamental e que apresentam as infraestruturas do local, ou seja, que sofreram algum tipo de intervenção antrópica.

Por todo o fragmento foram encontrados altos índices de vegetação, compactuando com os dados do plano de manejo que diagnosticou uma boa estrutura florestal e avançado estágio sucessional na maior parte do parque. As linhas limítrofes e parte da região central do parque (bordaduras) apresentaram os valores mais baixos, como já enfatizado provavelmente por ação do efeito de borda.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi possível verificar a partir desta análise, que o Horto Florestal de Maringá apresenta diferentes valores de índice de vegetação devido à composição fisiológica das plantas e infraestruturas presentes na área.

A Classe 4 apresentou-se mais abundante na área, sugerindo que as infraestruturas presentes e a ação antrópica, promovem interferência na vegetação do parque e modificação na estrutura florestal que, apesar de encontrar-se em estágio sucessional avançado, apresenta variações consideráveis em termos de biomassa. Os índices mais elevados, representados pela Classe 5, foram verificados por toda extensão do parque, exceto nas regiões limítrofes, indicando a presença de uma vegetação de grande porte, alta biomassa e melhores condições de conservação. Já o índice mais baixo (Classe 1) foi o menos representativo, localizado

principalmente no perímetro do parque, em região de borda, podendo, ainda, estar sofrendo interferência da presença de concreto e asfalto.

O uso de técnicas de processamento digital de imagens para investigação das condições da vegetação no Horto Florestal permitiu uma análise importante desse fragmento de vegetação, tornando possível uma subdivisão mais acurada das classes vegetacionais, podendo subsidiar futuras pesquisas de florística e fitossociologia no parque, além de monitoramento das condições da vegetação. A verificação de diferentes índices de vegetação na área de estudo também permitiu a identificação das áreas que necessitam de ações de manejo visando o enriquecimento de espécies vegetais, por apresentarem baixos índices de vegetação.

Futuros trabalhos complementares em campo poderão aferir, os níveis de acerto dos dados adquiridos pelo processamento digital de imagens, além de extrair informações qualitativas da vegetação.

## 6 REFERÊNCIAS

ABREU, K. M. P.; COUTINHO, L. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índices de vegetação e métricas da paisagem. **Vértices**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 16, n. 1, p. 173-198, jan./abr.2014.

BIERREGAARD, R.O.; LOVEJOY, T.E. Birds in Amazonian forest fragments: effects of insularization. **Anais XIX Congresso Internacional de Ornitologia**, Ottawa, 1988, p. 1564 - 1579.

BORSATO F. H. **Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2005.

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 e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 2000. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm) >. Acesso em: ago.2015.

CHÁVEZ JR, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1998.

DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; SAITO, M; BAITELLO, J. B. Estrutura e diversidade de componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica de Caetetus, Gália, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 369-381, 2000.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C.; RATTER, J. A. Seleção de fragmentos prioritários para a criação de unidades de conservação do cerrado no Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 18, p. 23-37, 2006.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: The ecology of landscapes and regions**. New York: Cambridge University Press, 1995.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica - Período 2011-2012. Relatório Parcial**. São Paulo, 2013. Disponível em: <[http://mapas.sosma.org.br/site\\_media/download/atlas%20mata%20atlantica-relatorio2005-2008.pdf](http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas%20mata%20atlantica-relatorio2005-2008.pdf)> Acesso em: 28 abr. 2016

GARCIA, J. C. **Maringá verde? O desafio ambiental da gestão das cidades**. Maringá: Eduem, 2006.

GREY, G. W. ; DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York, John Wiley, 1978.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Trad: EPIPHANIO, José Carlos Neves (Coo) et al. São José dos Campos – SP: Parêntese, 2011.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Codepar, 1968.

MAROSTICA, L. M. da F. **Gestão ambiental municipal sustentável**. Maringá: Clichetec, 2010.

MARQUES, A. J.; BARROS, M. V. F. Quantificação das áreas verdes urbana do município de Maringá, PR. **Anais VII Congresso Brasileiro de Geógrafos – CBG**, Vitória/ES, ago. 2014. Disponível em: <[http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1406225145\\_ARQUIVO\\_ArtigoCompletoAmericoMirian.pdf](http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1406225145_ARQUIVO_ArtigoCompletoAmericoMirian.pdf)>. Acesso em: set. 2016.

MENEGUETTI, K. S.; REGO, R. L.; BELOTO, G. E. Maringá: a paisagem urbana e o sistema de espaços livres. **Paisagem Ambiente: Ensaios**, São Paulo, v. 26, p. 29-50, 2009.

METZGER, J. P. 2001. O que é ecologia da paisagem? **Biota Neotropica**. Programa Biota – FAPESP – Revista Eletrônica. Disponível em: <<http://biota.org.br>> Acesso em: 15 set. 2010.

MILANO, M. S. **Avaliação Quali-Quantitativa e manejo da Arborização Urbana: Exemplo de Maringá –PR**. 1988, 120 f. (Tese de Doutorado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58-62, 1995.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos – SP: Parêntese, 2009.

MARINGÁ, PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE; SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE – SEMA. **Plano municipal de conservação e recuperação da Mata Atlântica – Maringá – Paraná**. Maringá, 2012.

MARINGÁ, PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE; SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE – SEMA; IGPLAN. **Plano de Manejo do Horto Florestal de Maringá (Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes)**. Maringá: 2013.

RECCO, R. **À sombra dos ipês da minha terra**. Londrina-PR: Midiograf, 2005.

REGO, R. L. O desenho urbano de Maringá e a ideia de cidade-jardim. *Acta Scientiarum*, Maringá, V.23, N.6, p. 1569-1577, 2001.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2015.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIOSHI, Y. S.; HATSCHBAH, G. G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência e Meio Ambiente – Fitogeografia do Sul da América*. Santa Maria – RS. n. 24, p. 75-92, 2002.

ROGERS. R. GUMUCHDJIAN. P. **Cidades para um pequeno planeta**. Editora G. Gilli, São Paulo. 2012.

SAMPAIO, A. C. F.; BLUM, C. T.; GERMANO, P. J. M. M. e T.; DE ANGELIS, B. L. D. Avaliação da cobertura florestal no município de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba – SP, v.7, n.2, p.89-101, 2012.

SAMPAIO, A. C. F.; DE ANGELIS, B. L. D. Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba – SP, v.3 n.2, p.37-57, 2008.

SCARIOT, A.; FREITAS, S. R. de; MARIANO NETO, E.; NASCIMENTO, M. T.; OLIVEIRA, L. C. de; SANAIOTTI, T.; SEVILHA, A. C.; VILLELLA, D. M. Vegetação e flora. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (orgs.) **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. 2. Ed. Brasília-DF: MMA/SBF, P. 103-123, 2005.

USGS – United States Geological Survey. LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK. Disponível em: < <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf> >. Acesso em: mar.2016.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R. ; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 1991.123p.