



**ESTUDO DOS IMPACTOS DAS ATIVIDADES AEROPORTUÁRIAS
UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

CAMILA LOURDES DA SILVA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ESTUDO DOS IMPACTOS DAS ATIVIDADES
AEROPORTUÁRIAS UTILIZANDO DADOS DE
SENSORIAMENTO REMOTO**

CAMILA LOURDES DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. ERALDO A. T. MATRICARDI

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - UnB**

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-240/2014

BRASÍLIA/DF MAIO DE 2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ESTUDO DOS IMPACTOS DAS ATIVIDADES AEROPORTUÁRIAS
UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

CAMILA LOURDES DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-240/2014
DISSERTAÇÃO APROVADA POR:

Prof. Dr. ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
ematricardi@unb.br (ORIENTADOR)

Prof. Dr. REGINALDO SÉRGIO PEREIRA
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
reginaldosp@unb.br (EXAMINADOR INTERNO)

Prof. Dr. NILSON CLEMENTINO FERREIRA
Professor da Universidade Federal de Goiás – UFG
nclferreira@gmail.com (EXAMINADOR EXTERNO)

Prof. Dr. ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
ansouza@unb.br (SUPLENTE INTERNO)

Brasília/DF, 23 de maio de 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Camila Lourdes da.
S586e Estudo dos impactos das atividades aeroportuárias
utilizando dados de sensoriamento remoto / Camila
Lourdes da Silva. -- 2014.
xi, 98 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,
Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia
Florestal, 2014.
Inclui bibliografia.
Orientação: Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi.

1. Sensoriamento remoto. 2. Meio ambiente. 3. Aeroportos.
I. Matricardi, Eraldo A. T. II. Título.

CDU 502.3

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, C. L. (2014). Estudo dos impactos das atividades aeroportuárias utilizando dados de sensoriamento remoto. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Publicação **PPGEFL.DM-240/2014**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília - UnB, Brasília/DF. 2014. 98p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Camila Lourdes da Silva

TÍTULO: Estudo dos impactos das atividades aeroportuárias utilizando dados de sensoriamento remoto.

GRAU: MESTRE ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília (UnB) permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Camila Lourdes da Silva
milalourdes@gmail.com

Dedico esse
trabalho aos meus amores:
Fabinho, Lupo e minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pela oportunidade de viver!

Pelo esforço dos meus pais para minha formação profissional e pelo apoio e coragem do meu queridíssimo marido, Fábio. Tenho total convicção que meu sucesso tem grande relação com o amor que vocês destinaram para o meu crescimento!

Ao meu orientador Eraldo Matricardi, pela paciência, disponibilidade, apoio e amizade.

Ao professor Alexandre Florian, meu grande mestre e amigo que me incentivou desde a graduação até a conclusão da pós-graduação.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília.

Aos meus colegas de pós-graduação. Em especial ao Fabrício, que me auxiliou em diversos momentos.

Aos meus chefes da INFRAERO: Mauro Cauville, Luís Paris, Francisco Freitas, Kátia Rebouças e Juliana Junia. Obrigada por todo apoio e compreensão.

Aos meus colegas de trabalho pelo companheirismo, apoio e momentos de divertimento: Isabela, Márcia, Lenita, Damiana, José Carlos, Rossana, Paulo e Luiz Nunes.

Às minhas amigas: Carla, Glênia, Joana, Larissa, Leiliane, Loren e Mirian.

Às funcionárias da Inframérica: Daniela e Camila.

Por fim, ao querido colega Fernando Siracusa. Obrigada por toda ajuda que você me deu desde o início!

RESUMO

A implantação, operação e expansão dos aeroportos são consideradas atividades potencialmente causadoras de grandes impactos ao meio ambiente. Elas desencadeiam processos erosivos, desmatamentos e danos a corpos hídricos. Estudos relacionados à erosão do solo e à fragmentação da vegetação ainda são escassos em ambientes aeroportuários. O presente trabalho tem como objetivo identificar, mapear e estimar os impactos ambientais sobre a vegetação nativa e os solos nos anos de 2003, 2009 e 2013 no Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek e seu entorno (2 km), período em que muitas obras de expansão foram realizadas. Foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução espacial, Sistema de Informação Geográfica e levantamentos de campo. Para identificar as áreas suscetíveis à erosão, foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS. A alteração e análise da fragmentação de vegetação foram estimadas utilizando os índices de estrutura da paisagem, considerando três grupos de influência dos impactos: área total, área do aeroporto e área do entorno. Os resultados da EUPS mostraram que a área de estudo apresentou baixa perda de solos nos três anos analisados (inferior a $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Para esse parâmetro, o comportamento foi bastante similar no período de estudo, apresentando um aumento de 0,05 a $0,25 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a área do aeroporto no ano de 2003. A partir da análise da situação da vegetação nativa remanescente, foi observado que existem diferenças substanciais entre áreas analisadas, com destaque para a área do aeroporto. Dentre os índices avaliados, destaca-se a redução na Área de Classe (CA) e o aumento na distância média do vizinho mais próximo entre os fragmentos (MNN) para os três anos. Isso significa que a vegetação da área estudada está ficando mais isolada e que o tamanho das manchas está diminuindo, aparentemente provocadas pelas obras de ampliação do aeroporto. A partir da análise dos índices de área de Classe (CA) e Tamanho Médio dos Fragmentos (MPS) para a área do entorno, foi possível perceber que a urbanização em volta do aeroporto está crescendo, mostrando que os impactos gerados pela antropização também ocasionaram fragmentação na vegetação, pois ambos os índices diminuíram para os três anos analisados. Dessa forma, ressalta-se a importância desse estudo para auxiliar na composição da caracterização temporal da área do aeroporto e entorno visando facilitar futuras análises.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, EUPS, impactos ambientais, SIG, atividades aeroportuárias.

ABSTRACT

The implementation, operation and expansion of airports are considered potentially causing activities of large impacts on the environment. They trigger erosion, deforestation and damage to water bodies. Studies related to soil erosion and fragmentation of vegetation are still scarce in airport environments. This study aims to identify, map and estimate the environmental impacts on native vegetation and soil in the years 2003, 2009 and 2013 in Brasília International Airport - President Juscelino Kubitschek and its surroundings (2 km), a period when many expansion works were performed. Satellite images of high spatial resolution, GIS and field surveys were used. USLE - Universal Soil Loss Equation was used to identify areas susceptible to erosion. The alteration and fragmentation analysis of vegetation were estimated using indices of landscape structure, considering three groups of influence impacts: total area, area of the airport and surrounding area. The results of the USLE showed that the study area has low soil loss for the three years analyzed (less than $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$). For this parameter, the behavior was very similar during the study period, an increase from 0.05 to $0.25 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for the airport area in 2003. Based on the analysis of the situation of remnant native vegetation it was observed that there are substantial differences between areas analyzed, with emphasis on the area of the airport. Among the indices evaluated, there is a reduction in the Class Area (CA) and the increase in the average distance between the nearest fragments (MNN) for the three years neighbor. This means that the vegetation of the study area is getting more isolated and that the size of the patches is decreasing, apparently caused by the works to expand the airport. From the analysis of the indices of class area (CA) and Average Size of Fragments (MPS) for the surrounding area, it was revealed that urbanization around the airport is growing, showing that the impacts generated by human disturbance also caused fragmentation vegetation, as both indices decreased for the three years analyzed. Thus, we emphasize the importance of this study to assist in the composition of the temporal characterization of the airport and surrounding area to facilitate future analyzes.

Keywords: Remote Sensing, USLE, environmental impacts, GIS, airport activities.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO GERAL	2
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3	CONTEXTUALIZAÇÃO E QUESTÕES DA PESQUISA	3
2	REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1	AVIAÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE.....	6
2.1.1	Legislação Ambiental voltada para Atividades Potencialmente Poluidoras	7
2.2	IMPACTOS AMBIENTAIS PROCEDENTES DO TRANSPORTE AÉREO	9
2.2.1	Impactos causados pela construção, ampliação e operação de Aeroportos.....	11
2.3	EROSÃO.....	13
2.3.1	Erosão Hídrica.....	14
2.3.2	Equação Universal para Perda de Solos – (EUPS).....	15
2.4	FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO	21
2.5	ECOLOGIA DA PAISAGEM	22
2.5.1	Índices da Ecologia da Paisagem	23
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
3.1	HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO – AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA	29
3.1.1	Solos.....	31
3.1.2	Hidrografia	35
3.1.3	Relevo	35
3.1.4	Vegetação	36
3.1.5	População Humana.....	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1	LOCALIZAÇÃO	40
4.2	BASE DE DADOS.....	40
4.3	MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA.....	41
4.3.1	Verificação de Campo	42
4.4	ESTIMATIVA DA EROSIÃO LAMINAR	42
4.4.1	Variáveis da Equação Universal de Perdas do Solo (EUPS)	42
4.5	ESTIMATIVA DA FRAGMENTAÇÃO	49
4.5.1	Processamento e análise dos fragmentos.....	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	ESTIMATIVA DA EROSIÃO LAMINAR DOS SOLOS	51

5.1.1	Erosividade da chuva – Fator (R).....	51
5.1.2	Erodibilidade dos solos – Fator (K)	51
5.1.3	Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas – Fator (CP)	53
5.1.4	Fator Topográfico – Fator (LS).....	63
5.1.5	Perda de solo	69
5.1.6	Análise da fragmentação - métricas de paisagem.....	72
5.1.7	Análise da fragmentação – Efeito de Borda.....	79
6	CONCLUSÃO	82
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de erodibilidade dos solos do DF.....	18
Tabela 2 - Índices de Ecologia da paisagem gerados por meio do <i>Patch Analyst</i> para fragmentos florestais.	24
Tabela 3 - Percentual dos tipos de solos encontrados na área de estudo.....	32
Tabela 4 - População e Renda per capita (mensal) das Regiões Administrativas do DF.....	38
Tabela 5 - Base de dados utilizada e suas respectivas fontes	41
Tabela 6 - Erosividade da chuva em diferentes pontos do DF.	44
Tabela 7 – Erodibilidade dos solos, segundo nomograma Wischmeier et al. (1971).....	45
Tabela 8 - Intervalo de classes da Erodibilidade com sua respectiva interpretação.....	45
Tabela 9 - Valores de CP para diversas classes de uso e ocupação de terra.	47
Tabela 10 - Categorias da análise da paisagem.	49
Tabela 11 - Soma e percentual das classes de uso da terra para os três anos avaliados.	53
Tabela 12 - Área ocupada pelas classes de Fator CP.	60
Tabela 13 - Distribuição de intervalo de classes de declividade para cada área correspondente.	67
Tabela 14 - Intervalos de classe da EUPS para cada categoria analisada para o ano de 2003.....	71
Tabela 15 - Intervalos de classe da EUPS para cada categoria analisada para o ano de 2009.....	71
Tabela 16 - Intervalos de classe da EUPS para cada categoria analisada para o ano de 2013.....	71
Tabela 17 - Análise dos fragmentos para os três anos considerando a área do aeroporto.....	74
Tabela 18 - Análise dos fragmentos para os três anos considerando a área do entorno.....	76
Tabela 19 - Análise dos fragmentos para os três anos considerando a área total.....	78
Tabela 20 - Extensão para cada ano analisado dividido por classes.	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil de curvatura.	20
Figura 2 - Tipos de solo encontrados na área de estudo.....	31
Figura 3 – Mapa da vegetação para a área de estudo baseada no ano de 2013.	37
Figura 4 - Mapa de Localização da área de estudo, correspondente ao Aeroporto e uma área de influência de 2 km.	40
Figura 5 – Fluxograma representativo da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo.....	48
Figura 6 – Fator R – Mapeamento da Erosividade da chuva, em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1}$	51
Figura 7 – Fator K – Mapeamento da erodibilidade dos solos, em $\text{t ha h}^{-1} \text{MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$	52
Figura 8 - Mapas de Uso e Ocupação do Solo para os anos 2003, 2009 e 2013.....	54
Figura 9 – Expansão das áreas comerciais: Primeiro hotel do Aeroporto de Brasília.....	57
Figura 10 – Novo estacionamento de veículos.....	57
Figura 11 - Ampliação da área de embarque. Piso superior.....	58
Figura 12 – (a) Construção do Píer Sul. (b) Píer Sul próximo da inauguração.....	58
Figura 13 – (a) Início das Obras do Píer Norte. (b) Obra mais adiantada no Píer Norte.	59
Figura 14 - Construção de nova taxiway para acesso da segunda pista ao terminal de passageiros.....	59
Figura 15 – Mapas de integração de uso e manejo e práticas conservacionistas para os três anos..	61
Figura 16 - Modelo Digital de Terreno da região estudada.....	63
Figura 17 – Mapa de curvatura.	64
Figura 18 - Mapa de direção do fluxo.	65
Figura 19 - Mapa especificando onde ocorre maior acumulação na área de estudo.	66
Figura 20 – Mapa de declividade.	66
Figura 21 - Mapa do comprimento de rampa da área de estudo.	67
Figura 22 – Mapa de representação da declividade da área de estudo.....	68
Figura 23 - Mapa de representação do fator topográfico na área de estudo.....	68
Figura 24 - Perda de solo por erosão laminar para os anos de 2003, 2009 e 2013.....	70
Figura 25 - Fragmentação da vegetação para os três anos a partir da divisão em classes área antropizada e área natural.....	73
Figura 26 – Efeito de borda para os três anos analisados.....	80

1 INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização e o crescimento desordenado das cidades mudam severamente a paisagem, marcada por diferentes processos do meio físico, em geral associados a alguma degradação ambiental (MORETTI et al., 2013). Vários processos podem gerar a formação de áreas degradadas, desde a falta de planejamento adequado de uso e ocupação do solo, desmatamento de áreas com alta suscetibilidade à erosão, uso da terra em desacordo com sua real aptidão, adoção de práticas agrícolas inadequadas, até operações de movimentação de terra para terraplenagem, para exploração mineral ou para deposição de resíduos (ANDRADE, 1997; PORTOCARRERO, 2004).

Segundo Andrade et al. (2004) a construção de aeroportos, assim como outras grandes obras civis, requer atividades de terraplanagem que podem prejudicar o solo, a fauna, flora e recursos hídricos locais. Segundo Martins (2008), os problemas ambientais surgem não apenas quando os novos aeroportos estão sendo construídos, mas também quando as instalações nos aeroportos existentes são expandidas. A natureza dos problemas varia de um aeroporto para outro.

Assim como todo grande empreendimento de dinamização econômica, o aeroporto é um grande atrativo de desenvolvimento da infraestrutura e geração de empregos, provocando, conseqüentemente, o adensamento urbano em seu entorno. Conforme Tavares (2003), o aeroporto devido às suas características operacionais necessita de grandes áreas planas, dos serviços básicos de infraestrutura, além de um bom acesso viário ao centro urbano.

A responsabilidade do empreendedor aumenta em decorrência da geografia do local e da tipologia do solo, pois há o risco de erosão, devido à remoção da vegetação (ANAC, 2011). O surgimento das áreas degradadas acompanhou, durante muito tempo, a trilha percorrida pela implementação da infraestrutura necessária ao desenvolvimento do país; porém, com a atual legislação, os empreendedores vêm-se obrigados a mitigar os impactos sobre o meio ambiente e a evitá-los sempre que possível (DE CASTRO, 2008).

Conforme avaliado por Tavares (2003), os aspectos urbanos e ambientais relacionados à Aviação Civil vêm merecendo a atenção das autoridades aeronáuticas e aeroportuárias em todo o mundo, em função dos impactos ambientais decorrentes da implantação, operação e expansão dos aeroportos e do transporte aéreo. Tais impactos são de diferentes magnitudes e difíceis de serem plenamente avaliados.

Num estudo dos impactos da expansão do Aeroporto Santos Dumont na qualidade do ar da cidade do Rio de Janeiro, Coelho (2006) relatou como fator limitante do seu trabalho as dificuldades em localizar dados para sua pesquisa. O autor observou que há carência de estudos, especialmente no Brasil, que pesquise a relação entre o sistema aeroportuário e o meio ambiente.

De acordo com Grigio (2003), o uso de dados de sensoriamento remoto é um dos meios que se dispõe hoje para acelerar os trabalhos e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais. Esses dados, quando devidamente processados, analisados e interpretados devem gerar informações temáticas satisfatórias dos impactos ambientais avaliados no aeroporto e em seu entorno.

O estudo do uso do solo é um aspecto primordial para qualquer ação de planejamento do território e para a gestão dos recursos naturais (DÉSTRO; CAMPOS, 2006). A utilização do SIG facilita a manipulação e o cruzamento de dados especializados do meio físico e socioeconômico, e favorece o diagnóstico e a caracterização de territórios de interesse. Assim, modelos gerados que refletem a realidade ambiental, como os estudos de suscetibilidade à erosão dos solos, fornecem apoio a decisões de planejamento e adequação do uso das terras (VALLADARES et al., 2012).

O presente trabalho buscou avaliar os impactos das atividades aeroportuárias no Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek sobre o solo e a vegetação ocorridos na última década, com base em dados de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG). A área do estudo envolveu toda a área do referido aeroporto e seu entorno, localizado em Brasília, Distrito Federal. Os resultados desse estudo podem contribuir para o melhor entendimento da distribuição espacial e dos fatores responsáveis pelos processos erosivos e de degradação da vegetação nativa, auxiliando o planejamento do uso da terra e mitigação de impactos decorrentes das atividades aeroportuárias.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi identificar, mapear e estimar os impactos ambientais causados sobre a vegetação nativa e os solos nos anos de 2003, 2009 e 2013, pois nesse período pode-se observar a construção da segunda pista de pouso e decolagem e outras ampliações realizadas no Aeroporto Internacional de Brasília e da urbanização em seu entorno. Neste trabalho, foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução espacial,

SIG e realizados levantamentos de campo visando facilitar a detecção de focos erosivos e de desmatamento no ambiente aeroportuário.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear os diferentes usos do solo no Aeroporto Internacional de Brasília e seu entorno e avaliar as modificações para os diferentes anos estudados;
- Avaliar a suscetibilidade do solo e da fragmentação dos remanescentes de vegetação para a área de estudo nos anos de 2003, 2009 e 2013;
- Estimar os impactos sobre o solo e a vegetação a partir da aplicação de índices de impacto ambiental para esse fim;
- Analisar a relação entre a ocupação do solo no aeroporto e em seu entorno e a problemática decorrente dos impactos oriundos da degradação do solo e da vegetação a partir das diferentes intervenções.

1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO E QUESTÕES DA PESQUISA

A ocupação do solo nos aeroportos e seu entorno exige um tratamento diferenciado, pois se tratam de atividades de grande porte em áreas urbanas (MORAIS, 2008), consideradas indutoras de desenvolvimento para a região onde é construído, e sua implantação, operação e expansão são potencialmente modificadoras substanciais do meio ambiente. De acordo com o Brasil (2011), à medida que se implanta a infraestrutura para viabilizar a construção de um aeroporto, o fluxo natural de expansão e ocupação urbana é vetorizado na direção de seu entorno, pois a população busca usufruir das benfeitorias implantadas.

Além disso, a principal característica de infraestrutura de um aeroporto é o seu tamanho medido pela área de terra que ocupa. Esta área de terra ocupada depende do leiaute do aeroporto e do tamanho de determinados componentes, denominados como “lado terra” e “lado ar” (JANIĆ, 2011). Desse modo, segundo Ashford e Wright (1992) os impactos ecológicos podem ser originados a partir da construção do aeroporto, ou da operação diária do aeroporto, ou do desenvolvimento induzido por sua presença.

Atualmente, o ruído aeronáutico é provavelmente a forma mais aparente de poluição causada pela operação de aeronaves e é, por conseguinte, um fator primordial que influencia o planejamento do uso do solo no entorno de aeroportos (MARTINS, 2008).

Como o ruído aeronáutico é um impacto que gera grande incômodo para a vizinhança dos aeroportos, atualmente têm sido realizadas diversas pesquisas e discussões com o intuito de desenvolver metodologias a fim de atenuar o efeito causado pelo motor das aeronaves. Em contrapartida, percebe-se que estudos com o objetivo de mitigar os impactos ambientais decorrentes das obras de implantação e expansão dos aeroportos são escassos.

Entretanto, as atividades desenvolvidas nos aeroportos desencadeiam processos erosivos, desmatamentos e danos a corpos hídricos decorrentes da implantação e expansão do aeroporto. Ainda mais quando é realizada sem os devidos cuidados ambientais.

Com a proximidade de grandes eventos esportivos para os anos de 2014 e 2016 (Copa do Mundo e Olimpíadas), alguns dos principais aeroportos brasileiros foram concedidos à iniciativa privada. Desta forma, visando o atendimento das demandas atual e futura, têm-se investido maciçamente na área de infraestrutura para atender às exigências do mercado brasileiro.

Para o Aeroporto Internacional de Brasília, segundo a Inframérica (2014), estão previstos 100.000m² de obra, somando um valor total de investimentos de R\$ 2,8 bilhões de reais. Até a copa de 2014, serão R\$750 milhões de reais. Os terminais 1 e 2 serão totalmente reformados e um novo será construído com 15 novas posições de embarque, divididas em dois píeres. Com isso, as pontes de acesso aos aviões vão aumentar de 13 para 28. Além disso, o estacionamento vai dobrar, atingindo três mil vagas disponíveis e a entrada do aeroporto vai ganhar uma nova cobertura e nova pista. As obras de expansão aumentarão a capacidade do Aeroporto Internacional de Brasília de cerca de 16 milhões de passageiros para 41 milhões na fase final. Os investimentos da primeira fase também incluem a implantação da maior sala VIP da América Latina, um conceito inédito no Brasil.

De acordo com Caldas (2008) a instalação de aeroportos pode levar ao uso indiscriminado de terras nas proximidades dos aeroportos, por falta de planejamento e monitoramento socioambiental, trazendo problemas como a impermeabilidade do solo, fragmentação de vegetação e assoreamento de corpos hídricos. Assim, ora por falta de regulação, ora pela inobservância dos instrumentos criados para aplicação da Política Urbana, observa-se atualmente vários casos de cristalização da gestão das cidades de forma desordenada e ambientalmente perversa, onde a fragilidade da infraestrutura, associada à precariedade dos serviços, potencializa a desordem urbana e os conflitos sociais daí resultantes.

Por essa razão, com esse trabalho pretende-se responder:

- 1) Quais os impactos sobre o solo e vegetação nativa resultantes das atividades aeroportuárias nas áreas de domínio do Aeroporto Internacional de Brasília e como eles podem ser minimizados?
- 2) Quais os impactos sobre o solo e da fragmentação de vegetação na área do entorno do aeroporto Internacional de Brasília decorrentes da expansão urbana e/ou da ampliação da área e atividades do aeroporto?

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AVIAÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE

O Brasil é um dos países signatários da Convenção de Chicago, que instituiu a OACI - (Organização de Aviação Civil Internacional) (MARTINS et al., 2011). Visando padronizar as operações aéreas no mundo, de forma a torná-las mais seguras, a referida organização publicou diversos documentos normativos, dos quais o Anexo 16 trata da proteção do meio ambiente.

As orientações referentes ao controle ambiental estão divididas em dois volumes. O volume I trata do Ruído de Aeronaves (ICAO, 1993a) e o volume II Emissões de motores de aeronaves (ICAO, 1993b).

Em harmonia com essa matéria, a PNAC (Política Nacional de Aviação Civil), formalizada pelo Decreto nº 6780, de 18 de fevereiro de 2009, também traz ações gerais e específicas sobre esse assunto. Nele encontram-se diretrizes para ações que visam minimizar os efeitos prejudiciais da aviação civil sobre o meio ambiente, particularmente no que diz respeito ao ruído e às emissões de gases dos motores das aeronaves, bem como aos impactos da infraestrutura aeroportuária sobre ecossistemas. Em presença da importância do tema para aviação civil brasileira, este se constituiu como terceiro objetivo da PNAC (BRASIL, 2009).

Ainda segundo Brasil (2009), dentre as ações estratégicas da PNAC, destaca-se a preocupação com a proteção ambiental, especialmente no que concerne ao envolvimento das entidades relacionadas à aviação civil na proteção ambiental e a inclusão dos aspectos ambientais no planejamento, implantação e operação dos aeródromos, e a ação estratégica de eficiência das operações, na qual está prevista a busca coordenada da oferta de infraestrutura para atendimento da demanda de serviços aéreos e a integração do planejamento de infraestrutura aeroportuária e aeronáutica.

É grande a preocupação atual com o impacto ambiental gerado pelos aeroportos. E por isso, atualmente, programas ambientais têm sido adotados para atuação em variadas frentes, tais como licenciamento ambiental, tratamento de resíduos, ruído, eficiência energética, controle de poluição, dentre outros voltados para as especificidades de suas atividades (COELHO, 2011).

Soma-se a isto a importância da busca pela sustentabilidade urbana que, segundo Teixeira e Amorim (2005), se voltam para as relações entre espaço, economia e sociedade de forma integrada, as quais podem ser aplicadas às edificações aeroportuárias ao se considerar que, mais que espaços públicos ou semiprivados, eles passam a ser entendidos como cidades - as cidades aeroporto - e até mesmo administrados com instrumentos utilizados no planejamento e gestão urbana.

Conforme o Martins (2008), a necessidade de algum controle público do solo nas vizinhanças de um aeroporto foi reconhecida na história inicial da aviação civil. De forma geral, estas ações estavam voltadas ao controle de altura de possíveis perigos ou obstáculos de voar para e dos aeroportos. Foi também reconhecida a necessidade de controlar as atividades potencialmente conflitantes, como por exemplo:

1. Atividades que poderiam causar interferências eletromagnéticas nas comunicações via rádio e nos instrumentos de navegação;
2. Luzes que poderiam confundir os pilotos na interpretação correta das luzes aeronáuticas;
3. A produção de fumaça que reduziria a visibilidade;
4. A presença de fontes de acúmulo de lixo onde as aves poderiam se alimentar e poderiam causar acidentes quando da aproximação ou decolagem de aeronaves.

Embora tenha ocorrido discussão referente ao problema do ruído aeronáutico nos primórdios dos anos 60, foi somente após a ampla introdução de aeronaves comerciais a jato que a compatibilidade do uso do solo com a exposição ao ruído no entorno dos aeroportos se tornou uma preocupação importante (MARTINS, 2008).

Os órgãos reguladores da aviação civil, no sentido de regular e fiscalizar a infraestrutura aeroportuária, visando garantir sua compatibilidade com a proteção ambiental e com o ordenamento do uso do solo, se especializaram e expediram normas para estabelecer padrões mínimos de segurança de voo, a serem cumpridos pelas administrações aeroportuárias. Em consonância, a legislação ambiental brasileira vem progredindo de forma a exigir do empreendedor a adoção de medidas de controle e mitigação ao longo do processo de implementação de seu empreendimento.

2.1.1 Legislação Ambiental voltada para Atividades Potencialmente Poluidoras

Conforme MMA (2009), as primeiras tentativas de aplicação de metodologias para avaliação de impactos ambientais no Brasil foram decorrentes de exigências de órgãos

financeiros internacionais visando à aprovação de empréstimos para projetos governamentais. Como a crescente conscientização da sociedade, tornou-se cada vez mais necessária a adoção de práticas adequadas de gerenciamento ambiental em quaisquer atividades modificadoras do meio ambiente.

Segundo Sanchez (1995) a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) deve ser compreendida como instrumento de planejamento, isto é, como uma atividade técnico-científica que tem por finalidade identificar, prever e interpretar os efeitos de uma determinada ação humana sobre o meio ambiente. Nesse sentido, Da Cunha e Guerra (2006) elencam, de maneira geral, as seguintes etapas que a AIA deve seguir:

- Completo entendimento da ação proposta;
- Aquisição do conhecimento técnico do ambiente a ser afetado;
- Determinação dos possíveis impactos sobre as características ambientais, quantificando, quando possível, as mudanças;
- Apresentação dos resultados da análise de maneira tal que a ação proposta possa ser utilizada em um processo de decisão.

Por se tratar de atividade modificadora do meio ambiente, a implantação e a operação de um aeroporto dependem da elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, assim como do desenvolvimento do processo de Licenciamento Ambiental, estabelecidos respectivamente pelas Resoluções CONAMA nº 01/86 e nº 237/97.

A adoção das medidas preventivas e mitigadoras, bem como a implementação de programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos negativos identificados nos EIA/RIMA, também contribuem para a diminuição dos possíveis conflitos de interesse (Brasil, 2011).

O estabelecimento da Política Nacional do Meio Ambiente, com a constituição do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente), e a criação do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, introduziu, segundo Tavares (2003), uma nova oportunidade para se repensar o planejamento, incorporando uma avaliação mais precisa do impacto dos grandes projetos e grandes equipamentos, adotando, assim uma visão mais global dos processos que se desenvolvem em seu espaço.

Ainda conforme o autor, a partir desse período as normas, padrões e procedimentos ambientais, inclusive da Aviação Civil estão sendo estabelecidos por meio das Resoluções do CONAMA, que contam no seu plenário com representantes de todos os ministérios, comandos e ONG (Organização não governamental).

Um exemplo de legislação dessa natureza é a Lei nº 9.605/1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais – LCA, que dispõe que é crime ambiental construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes.

Entretanto, apesar desses avanços observados, os empreendimentos aeroportuários ainda apresentam dificuldades quanto ao atendimento das exigências estabelecidas pela legislação ambiental. Isso dá margem à ocorrência de problemas de degradação de recursos naturais e à falta de adequação às normas, indicando assim que a gestão e o planejamento das obras não são tão eficazes. Em suma, são facilmente perceptíveis as mudanças provocadas pela implantação, expansão e operação de um aeroporto.

Dessa maneira, concernente ao impacto causado pela implantação e operação de aeroportos, é necessário conhecer esse equipamento como um elemento de interferência, não só na estruturação do espaço físico ocupado à sua volta, como também na conjuntura social e econômica.

Com o objetivo de impedir ou minimizar esses efeitos, foram criados vários instrumentos legais restringindo o uso do solo no entorno dos aeroportos. Um dos principais fatores da aplicação desses instrumentos está relacionado ao processo de fiscalização (TAVARES, 2003).

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS PROCEDENTES DO TRANSPORTE AÉREO

O aeroporto é um equipamento urbano de grande porte, considerado um indutor de desenvolvimento para a região onde é construído, e sua implantação, operação e expansão são potencialmente modificadoras do meio ambiente, pois impõe ao uso do solo nas áreas de entorno severas restrições, que visam preservar a segurança das operações aéreas, possibilitar a expansão do aeroporto, proteger a comunidade contra o incômodo sonoro e eliminar o risco de acidentes (MORAIS, 2008).

Ele requer uma infraestrutura de apoio bastante complexa, que inclui infraestrutura básica, de superfície e do próprio complexo aeroportuário visando o atendimento dos usuários. Conforme Tavares e Yamashita (2006) a infraestrutura básica se traduz, entre outros, em abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica e de rede de telefonia, assim como tratamento de esgoto. A infraestrutura de superfície é composta pelo sistema

viário de acesso e pela rede de transportes urbanos, que viabilizam a intermodalidade dos transportes.

De acordo com Auberson e Rajs (1995), a intenção da regulamentação ambiental é conter ou mitigar os impactos ambientais do transporte aéreo. Esses impactos podem ser devidos à aeronave em voo (incluindo descolagem e aterrissagem) ou devido às atividades terrestres, (incluindo a manutenção de companhias aéreas e atividades de engenharia), e aqueles no terminal do aeroporto, rampa ou pista. Os impactos ambientais podem ocorrer nas vertentes que compõem o transporte aéreo: operações de aeronaves, serviço de manutenção de aeronaves e atividades aeroportuárias. A seguir, serão listados os principais impactos ambientais de cada uma das vertentes do transporte aéreo.

Operações de aeronaves

- Ruído na vizinhança dos aeroportos;
- Ruído sônico;
- Emissões de gases por motores de aeronaves;
- Despejo de combustível;
- Acidentes com aeronaves.

Serviço de manutenção de aeronaves

- Ruído e emissões de ensaio de motores e uso de Unidades Auxiliares de Potência (APU);
- Emissões dos veículos e equipamentos de apoio em terra;
- Eliminação de resíduos;
- Uso e descarte de produtos químicos;
- Uso de aerossóis (CFC);
- Eliminação de materiais perigosos;
- Eliminação de aeronaves retiradas de serviço;

Atividades aeroportuárias

- Emissões oriundas do tráfego das vias de acesso;
- Emissões provenientes dos veículos motores dentro do aeroporto;
- Emissões das centrais de energia dos aeroportos e de outras fontes;
- Resíduos do aeroporto causando poluição do solo e da água;
- Construção e ampliação de aeroportos.

A fim de adotar a orientação de instrumentos que visam um programa efetivo de gestão ambiental, os organismos internacionais de ampla representatividade procuram suprir o poder local com diretrizes e informação no intuito de incentivar mudanças tecnológicas e de procedimentos para que haja minimização dos impactos (GONÇALVES, 2007). Em âmbito mundial, o órgão responsável pelas diretrizes dos transportes aéreos é a OACI, que concentra suas atividades de gestão ambiental principalmente no controle dos ruídos aeronáuticos e no impacto das emissões de motores de aeronaves.

Além do impacto ambiental gerado por meio do funcionamento de complexo aeroportuário, existe a essencial necessidade de expansão dos aeroportos. Inclusive, nos aeroportos brasileiros além dessas dificuldades debatidas pela OACI, as autoridades aeroportuárias enfrentam também problemas de degradação ambiental, devido, principalmente, à falta de planejamento das obras, às características físicas regionais e às operações e atividades desempenhadas nos sítios aeroportuários.

Os problemas com a manutenção da integridade de tais áreas como a preservação dos recursos naturais decorrentes da pressão do poder público e dos agentes privados consistem em um dos principais problemas enfrentados pelo operador de aeródromo (BRANDÃO, 2005). O gerenciamento do desenvolvimento sustentável de médio a longo prazo dos aeroportos implica na sua consideração como um sistema de componentes inter-relacionados. De forma que mesmo sob condições de crescente tráfego, os efeitos do aeroporto continuem estagnados e/ou diminuam os impactos. (JANIĆ, 2011).

2.2.1 Impactos causados pela construção, ampliação e operação de Aeroportos

A construção e ampliação de aeroportos demandam intensa extração de solo podendo causar danos à flora, à fauna e aos recursos hídricos locais. Além de impactos ao meio ambiente os processos de expansão podem interferir nas operações de pouso e decolagem e alterar o tráfego de aeronaves (ANDRADE et al., 2004).

As operações executadas afetam, além do solo, outros componentes do meio como o substrato rochoso, o relevo, a vegetação, os recursos hídricos, e os processos geodinâmicos locais, resultando importantes mudanças no potencial de uso do solo, sendo tais transformações proporcionais, em certa medida, às características geométricas da área escavada (CRUZ et al., 2009).

As atividades minerais para extração de areia, cascalho, argila, saibro e solo, salvo raras exceções, são responsáveis por áreas degradadas. Essas jazidas localizam-se

principalmente no entorno das áreas urbanas, aleatoriamente na zona rural e no entorno de obras de engenharia (PINHEIRO, 2008). Em unidades aeroportuárias, áreas de empréstimo, taludes de corte e áreas compactadas da faixa de pista de pouso e decolagem são sítios com muito baixa capacidade de sobrevivência da vegetação introduzida. Essas áreas passam, então, a necessitar de intervenção antrópica para a melhoria das características químicas, físicas, morfológicas e biológicas do solo, imprescindíveis para o estabelecimento e sobrevivência da vegetação (EMBRAPA SOLOS, 2007).

Mesmo após a recuperação destas áreas, a administração aeroportuária deve estar atenta quanto ao surgimento de focos erosivos devido à grande extensão de áreas pavimentadas, que exigem um sistema de drenagem que pode se mostrar ineficiente, podendo também contribuir para atração de avifauna. É necessário um monitoramento constante para detecção e adoção, em tempo, de medidas corretivas relacionadas tanto com a manutenção do sistema de drenagem, quanto com o tratamento dos focos erosivos (ANAC, 2011).

Como consequência da retirada da vegetação e interferência nos recursos hídricos, o solo em um aeroporto e/ou no seu entorno pode estar vulnerável a erosão por elementos naturais e, em um grau limitado, pelo deslocamento de ar causado pelo jato das aeronaves (ANAC, 2011). O uso antrópico intensifica os processos erosivos, pois altera as condições naturais da cobertura vegetal e das propriedades dos solos que se tornam compactados, impedindo a infiltração de água e, consequentemente, aumentando o escoamento da água e das partículas (FARINASSO et al., 2006).

A falta de planejamento racional do uso do solo e dos recursos naturais durante as obras de construção e ampliação dos aeroportos é a principal causa da degradação do solo. Segundo Cruz et al. (2009) a identificação das condições locais e a comparação entre níveis de degradação (com o reconhecimento dos componentes ambientais mais afetados) é tarefa essencial para permitir a recuperação e o aproveitamento do solo, e deve ser conduzida de forma a não exigir investimentos vultosos, já que as atividades posteriores de recuperação apresentam custos geralmente altos e são capazes de classificar as áreas para que se possam estabelecer prioridades de intervenção.

Estudos voltados para o planejamento de uso do solo em áreas de aeroportos são ainda incipientes, mas Andrade et al. (2004) descreveram um projeto realizado pela Embrapa Solos em parceria com a INFRAERO – (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária) com a finalidade de minimizar os impactos negativos causados pelas

atividades aeroportuárias sobre a paisagem. Nesse projeto, foi realizado um diagnóstico desenvolvido em 19 aeroportos localizados em diferentes regiões e biomas brasileiros.

Tentando resolver esse problema, diversos aeroportos dos Estados Unidos testaram a grama sintética visando à redução da erosão do solo. Conforme descrito por Connelly e Teubert (2006), em 2000, uma inspeção para certificação feita pela FAA – (Federal Aviation Administration) descobriu áreas ao redor da pista de pouso e decolagem que tinham sofrido erosão e necessitavam de melhor estabilização. Então, o proprietário do aeroporto (Port Authority of New York and New Jersey) conduziu um estudo de engenharia e construção para a área de segurança da pista de pouso e decolagem. A sugestão com maior número de aceitações consistiu na instalação de grama artificial.

A FAA não tem normas específicas para aceitar, instalar e monitorar grama artificial. Este estudo foi realizado com os objetivos específicos para investigar as possíveis aplicações de relva artificial em aeroportos, para identificar questões de segurança, para tratar de relação custo-benefício em comparação com alternativas padrão, e à lista de aceitação aplicável e testes e padrões de desempenho.

Segundo Gurgel (2011) o solo é um recurso natural de grande importância, que agrega valor tanto econômico quanto ambiental, sendo que o seu manejo inadequado pode contribuir para a sua degradação, causando prejuízos incalculáveis. Desta forma, é fundamental considerar os atributos do meio físico e social, buscando compreender a complexidade de suas relações.

2.3 EROSÃO

A erosão acelerou em muitas partes do mundo, especialmente nos países em desenvolvimento, devido às diferentes condições socioeconômicas, aos fatores demográficos e aos recursos limitados (BAYRAMIN et al., 2003; SHIFERAW, 2011), o que tem causado preocupação entre os pesquisadores de diversas áreas sobre as perdas e os custos incorridos (SHIFERAW, 2011).

De acordo com Mata et al. (2007), a ação humana pode promover um aumento substancial da taxa de erosão e sedimentação pela ocupação desordenada e o manejo inadequado do solo. A remoção da vegetação natural por meio do desmatamento intensifica o processo erosivo podendo tornar a taxa de perda de solos superior à taxa de formação.

O processo de compactação dos solos começa com a retirada da cobertura vegetal para uma nova ocupação. A presença da biomassa vegetal garante a manutenção da zona de aeração do solo, ou seja, a porção onde os poros estão preenchidos por ar e água. É um processo antrópico e consiste na redução do volume por compressão, rearranjando de forma mais densa as partículas, diminuindo a porosidade do solo. As consequências imediatas desse processo são a redução da penetrabilidade das raízes e da infiltração da água no solo (BAPTISTA, 2003).

Cruz et al (2009) indicou que o agente erosivo mais frequente que origina processos erosivos no Brasil é a água, que conta com clima tropical como fator agravante. A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos, e ela atua a partir do impacto das gotas de chuva e o consequente arraste de partículas do solo.

A erosão provoca diversos impactos ambientais, tais como: perda de biodiversidade, assoreamento, queda na qualidade de corpos de água, interferência na produtividade agrícola, redução da capacidade de drenagem, entre outros, atingindo, dessa maneira, tanto a população urbana quanto rural (MATA et al., 2007; MARQUES; PAZZIANOTTO, 2004; CHAVES et al., 2012).

Considerando a gravidade da erosão do solo e seus impactos, é necessário que medidas adequadas de gestão sejam empreendidas. Para isso, um bom conhecimento das variações espaciais da erosão do solo é necessário para o planejamento dos esforços de conservação (TAMENE et al., 2006; SHIFERAW, 2011). A gestão diferenciada e o ordenamento do uso do solo podem ser implementados para lidar com os vários problemas de degradação do solo. Essas tentativas devem levar em consideração o biofísico e condições socioeconômicas dos respectivos locais (SHIFERAW, 2011).

2.3.1 Erosão Hídrica

Para Arcaya (2007), a erosão hídrica, é o processo erosivo do solo deflagrado pelas chuvas e compreende basicamente os seguintes mecanismos: impactos das chuvas, que provoca a degradação das partículas; remoção e transporte pelo escoamento superficial, e deposição dos sedimentos produzidos, formando depósitos de assoreamento.

A ação erosiva causada pela água das chuvas tem abrangência em quase toda superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados que em outras regiões do planeta. Além disso, em muitas dessas

áreas, as chuvas concentram-se em certas estações do ano, o que agrava ainda mais a erosão (GUERRA, 1999; BENDA et al., 2007).

Os mecanismos envolvidos na erosão do solo pela água variam ao longo do tempo e do espaço e dependem de vários fatores, incluindo a cobertura do solo, textura do solo, estrutura, porosidade/permeabilidade e topografia (MOORE; BURCH, 1986; MITASOVA et al., 1996; CLAESSENS et al., 2008).

Segundo Pinto (1991), a remoção de camadas do solo pelas águas pluviais que escoam na superfície das vertentes pode ser expressa através de dois grandes grupos de processos: a erosão em lençol, através do escoamento laminar (*sheet erosion* ou *inter-hill erosion*) e a erosão linear, constituindo-se em pequenos sulcos, ravinas e voçorocas (*gully erosion*), a partir da concentração do escoamento (*hill erosion*).

Como parte do planejamento e controle da erosão, identificar as áreas críticas auxilia na identificação e monitoramento dos focos erosivos da área estudada. Para esse fim, neste capítulo será utilizada a Equação Universal de Perda de Solos – EUPS (WISHMEIER; SMITH, 1978) para estimar essa variável.

2.3.2 Equação Universal para Perda de Solos – (EUPS)

O uso antrópico intensifica os processos erosivos, pois altera as condições naturais da cobertura vegetal e das propriedades dos solos que se tornam compactados, impedindo a infiltração de água e, conseqüentemente, aumentando o escoamento da água e das partículas (ZACHAR, 1982; PRIMAVESI, 1987; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; FARINASSO et al., 2006). Devido a essa preocupação ambiental, muitos modelos matemáticos estão sendo desenvolvidos para descrever e prever a ocorrência desses processos (FARINASSO et al., 2006).

Vários modelos têm sido elaborados e aplicados como ferramentas de avaliação nos estudos erosivos. Os modelos por serem simplificações ou abstrações da realidade buscam elaborar hipóteses e previsões de um determinado sistema (HAGGETT; CHORLEY, 1967; HARVEY, 1969; MATA et al., 2007).

Uma alternativa para estimar a vulnerabilidade natural à perda de solo é o uso da Equação Universal de Perda de Solos - EUPS, no inglês *Universal Soil Loss Equation* – USLE (WISCHMEIER; SMITH, 1978). A EUPS é um dos modelos para erosão hídrica laminar mais conhecido e confiável (MATA et al., 2007).

O modelo da EUPS busca determinar a perda de solo de forma quantitativa, no entanto a maior parte das regiões brasileiras não possui informações suficientes ou calibrações para que se obtenha uma estimativa confiável. Mesmo nestas condições, a equação permite identificar áreas de maior ou menor vulnerabilidade à perda de solo (MATA et al., 2007; ALCÂNTARA; SOUZA, 2010; FROTA, 2012).

Ainda segundo os autores, os resultados deste modelo são imagens ou grades contendo valores de perda de solo na forma contínua, ou seja, que variam ao longo do terreno de pixel a pixel, não ficando restrita apenas a uma determinada unidade de paisagem. Os parâmetros podem ser ajustados em conformidade com o interesse do estudo considerando diferentes cenários de uso e manejo do solo, assim como de variações ao longo do tempo (MATA et al., 2007; ALCÂNTARA; SOUZA, 2010; FROTA, 2012).

Esta equação é um dos métodos de estimativa de perda de solo indireto mais empregado atualmente, como pode ser observado em vários trabalhos científicos (MANNINGEL et al., 2002; OKA-FIORI, 2002; HELFER et al., 2003; HILU, 2003; OKA-FIORI et al., 2004; CORREA et al., 2007; AVANZI et al., 2008; SANTOS et al., 2010; SILVA et al., 2010; FROTA, 2012).

Segundo BAPTISTA (2003) a EUPS pode ser representada pela equação 1:

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Onde:

A = perda solo, em t/(ha.ano);

R = fator de erosividade da chuva, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹;

K = fator de erodibilidade do solo, em t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹;

L = fator de comprimento de rampa, baseado nos valores, em metros, do comprimento de rampa (adimensional);

S = fator de declividade, com base nos valores, em porcentagem, da declividade (adimensional);

C = fator de uso e manejo (adimensional);

P = fator de práticas conservacionistas (adimensional).

Tal equação foi criada para aplicação em pequenas áreas de clima temperado, entretanto, seu uso em regiões tropicais e em escala regional é possível, principalmente, em

um enfoque qualitativo a fim de discriminar áreas de maior e menor suscetibilidade à erosão (HOYOS, 2005; STEIN et al., 1987; BLOISE et al., 2001; MATA et al., 2007). Esta informação, ainda que qualitativa, fornece subsídios relevantes para a elaboração do planejamento agrícola e ambiental de bacias hidrográficas. A adequação do modelo da EUPS em ambiente computacional de um SIG permite uma otimização e resultados espaciais mais precisos (MATA et al., 2007).

Segundo Borges (2009), como a EUPS possui limitações, os valores alcançados não podem ser tomados quantitativamente, pois exprimem uma ordenação qualitativa das áreas quanto ao seu potencial de perdas de solo por erosão laminar.

A EUPS estima a perda de solo por erosão laminar. Perda de solo acima de 100 t/ha.ano são processos erosivos mais intensos, tais como ravinas, sulcos e voçorocas, e a EUPS não é capaz de modelar esses processos (CHAVES, 2010; SOUZA e MATRICARDI, 2012).

2.3.2.1 Fator (R) - Erosividade da chuva

O fator R ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1}$) corresponde à capacidade erosiva da chuva em contato direto com o solo. Este fator depende das características físicas das chuvas, tais como: intensidade, duração, distribuição e tamanho das gotas (WISCHMEIER; SMITH, 1958; MATA et al.; 2007).

A taxa de perda de solo tende a aumentar com o aumento da erosividade da chuva, especialmente em solos degradados por longo tempo (ZOLDAN JUNIOR, 2006; FROTA, 2012). Os fatores determinantes da erosão como o poder erosivo da chuva, podem ter maior influência sobre as perdas de solo do que o próprio escoamento (FROTA, 2012).

Segundo Baptista (2003) a erosividade da chuva pode ser entendida como uma avaliação numérica da capacidade de uma tormenta ou precipitação que pode erodir os solos de uma área desprotegida.

2.3.2.2 Fator (K) - Erodibilidade dos solos

A erodibilidade do solo traduz-se pelas condições de reação do solo aos processos erosivos de natureza hidrológica. Estes processos consistem na desagregação das partículas do solo e seu transporte, pelo impacto das gotas da chuva e escoamento superficial, seguido de deposição localizada devido à rugosidade do terreno, acompanhando outros

processos de interação água-solo dos quais a infiltração e o fluxo da água no perfil desempenham um papel igualmente relevante (FROTA, 2012; MANNIGEL et al., 2002).

Como fatores intrínsecos ao solo são considerados as propriedades físicas (textura, estrutura, permeabilidade, densidade), químicas, mineralógicas e biológicas do solo. Entre os fatores extrínsecos ao solo, temos: o comprimento, a forma e o declive de rampa, além do sistema de manejo adotado e o tipo de cobertura do solo (FROTA, 2012).

A erodibilidade do solo é a propriedade do solo que representa a sua suscetibilidade à erosão, podendo ser definida como a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes (FREIRE et al., 1992; ALVES, 2000).

No que o mapa de solos difere do mapa de erodibilidade é o valor médio de K que cada classe passa a assumir (BAPTISTA, 2003). Nesse caso, para cada tipo de solo é atribuído um fator de erodibilidade. A interpretação foi fundamentada no Boletim Técnico n° 53 (EMBRAPA, 1978).

Baptista (2003) adotou para o DF a erodibilidade estimada pelo monograma de Wischmeier et al. (1971), baseado nos diversos perfis que compõem cada grande grupo de solo, por ser, dentre os métodos indiretos apresentados, o mais completo, pois contempla os aspectos texturais, estruturais e orgânicos, além da permeabilidade.

A Tabela 1 expõe o valor médio de cada grupo, determinado para o método indireto de Wischmeier et al (1971).

Tabela 1 - Valores de erodibilidade dos solos do DF.

Grandes grupos de solos	Erodibilidade em (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹)
Latossolo vermelho-escuro	0,013
Latossolo vermelho-amarelo	0,02
Podzólico vermelho-amarelo	0,042
Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico	0,03
Terra roxa estruturada similar	0,013
Cambissolo	0,024
Aluviais	0,029
Hidromórficos indiscriminados	0,031
Areia quartzosa	0,027
Brunizem avermelhado	0,038

Fonte: Baptista (2003) adaptado.

2.3.2.3 Fator (CP) - Uso e manejo da terra e práticas conservacionistas

O fator de uso e manejo do solo (Fator C) consiste na relação à perda de solo de uma área cultivada ou descoberta (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; GURGEL et al., 2011). Este fator expressa o preparo do solo, cobertura vegetal e a sequência das culturas (CARVALHO, 1994), ou seja, as inúmeras interações que ocorrem em uma determinada área de cultivo (BORGES, 2009; GURGEL et al., 2011).

O fator prática conservacionista (Fator P) é a relação entre a intensidade esperada de perdas de solo com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; GURGEL et al., 2011).

Em terrenos de encostas a proteção oferecida por coberturas de superfície e por manuseio agrícola deverá ser associada por outras práticas que auxiliem a retardar o escoamento da água, reduzindo a erosão do solo (BRADY, 1989; GURGEL et al., 2011). As práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais são: plantio em contorno, terraceamento e alternância de capinas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; GURGEL et al., 2011).

De acordo com Baptista (2003) somente nos fatores C e P é considerada a participação antrópica no processo. Sabe-se que um solo desprovido de cobertura vegetal é geralmente mais suscetível à erosão do que outro recoberto. A proteção desse solo depende basicamente da etapa de crescimento e desenvolvimento da vegetação associada à sequência de culturas e ao manejo.

2.3.2.4 Fator (LS) – Fator Topográfico

O fator topográfico é constituído pelo comprimento de rampa (L) e a declividade (S). O comprimento de rampa é a distância entre o ponto de início do escoamento até o ponto onde o declive decresce, permitindo o início da deposição, ou onde a água encontra um canal bem definido. O Fator L, que é adimensional, adota o comprimento de rampa medido em metros, sem a unidade. O Fator S é caracterizado como o ângulo ou o índice de inclinação do terreno (BORGES et al., 2012).

O fator LS é um dos fatores mais importante da Equação Universal de Perdas de Solo, porque influi mais na variação da erosão bruta do que qualquer um dos outros

fatores, exceto fator manejo do Solo (WILLIAM-LINERA et al. 1997; BERNDT, 1977; FORNELOS; NEVES, 2006).

Rodrigues (2010) relata que as formas de declive (côncava e convexa), declividade e comprimento de rampa, em uma bacia hidrográfica, são importantes na determinação da erosão e realocação de sedimentos dentro da própria bacia. Uma área com forma côncava concentra o fluxo de escoamento aumentando a velocidade e, com isso, aumenta a capacidade de transporte de sedimentos. Assim, a forma do declive côncava tem maior impacto na erosão enquanto a forma do declive convexa tem menor influência na erosão.

Como uma das limitações da USLE está no fato de não conseguir modelar adequadamente perda de solo em áreas de deposição, que são terrenos côncavos (Figura 1. b), a USLE é eficiente na modelagem em terrenos convexos e lineares (1. a/c).

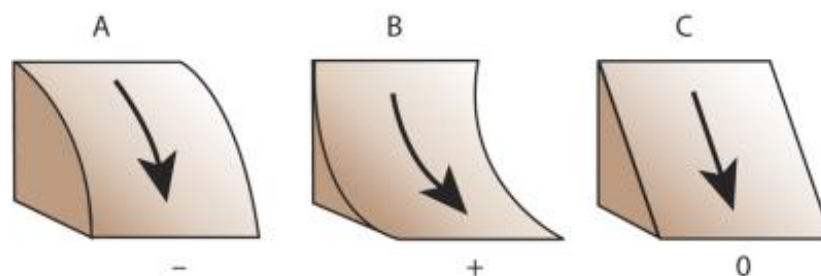


Figura 1 - Perfil de curvatura.

Fonte: <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2010/10/27/understanding-curvature-rasters/>

Os valores de declividade podem ser obtidos por meio do geoprocessamento, já que programas com esta finalidade possuem algoritmos de manipulação que percorrem o modelo numérico de terreno, aplicando a equação para a determinação da declividade (FROTA, 2012).

As duas variáveis topográficas são obtidas por meio de diferentes métodos. No entanto, para o cálculo da EUPS, considera-se a integração entre os dois fatores e por se tratar de uma relação entre perdas de solo na condição real e em determinada condição padrão (declive de 9% e comprimento de 25m), este fator é adimensional (FROTA 2012).

Para esse trabalho, utilizou-se o modelo proposto por Shiferaw (2011) para a estimativa do fator LS da EUPS, cuja formulação é apresentada na Equação 2.

$$LS = \left(\frac{\text{Fluxo acumulado} \times \text{Tamanho da célula}}{22,13} \right)^{0,4} \times \left(\frac{\text{seno(declividade)}}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (2)$$

2.4 FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A redução da cobertura vegetal nativa e a consequente fragmentação dos ecossistemas florestais é um fenômeno global. De acordo com Viana (1990), as principais consequências da fragmentação florestal são, além da diminuição da diversidade biológica, o distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, a degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações tradicionais; além disso, compromete uma série de funções ecológicas dos ecossistemas florestais, como, a manutenção e sequestro de carbono, conservação dos recursos hídricos (VIANA, 1990; OLIVEIRA, 2011b).

Fragmento florestal, de acordo com Forman (1995), é entendido por qualquer área de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras naturais (lagos, formações rochosas, outras formações vegetais, tipos de solo, etc.) ou antrópicas (estradas, culturas agrícolas, pecuária, hidrelétricas, ocupações rurais e urbanas) com a capacidade de diminuir, significativamente, o fluxo de animais, pólen e/ou, sementes.

No entanto, para Murcia (1995), a fragmentação florestal é a substituição de áreas de floresta nativa por outras formas de uso da terra, deixando isoladas suas partes, com consequências negativas para o conjunto de seus organismos, podendo resultar em extinção de algumas espécies.

Segundo Cruz et al., (2013), enquanto o estado se refere à separação de habitats inicialmente ligados, o processo resulta numa alteração do desenho ou da disposição espacial dos habitats ao longo do tempo, e compreende três componentes espaciais: a) redução no tamanho dos habitats, b) aumento do número de manchas e c) aumento do seu isolamento e perda de conectividade.

Os fragmentos florestais devem ser vistos como resultados de um processo histórico de perturbação da vegetação, nos quais vários fatores interagem ao longo do tempo. Os principais fatores que afetam a dinâmica de fragmentos florestais são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico de perturbações (VIANA et al.; 1992).

Eles resultam em pequenos remanescentes florestais inseridos normalmente em uma matriz que pode ser de lavoura, vegetação secundária, solo degradado ou área urbanizada (KRAMER, 1997; CEMIN et al., 2005).

As respostas das comunidades vegetais e de cada espécie à fragmentação variam de acordo com diversos fatores, como histórico da fragmentação, seu tamanho e forma,

impactos das ações humanas atuais, grau de isolamento e a sensibilidade da comunidade e dos indivíduos de cada espécie a estes processos (COLLI, 2003; CANTINHO et al., 2010; BEZERRA et al., 2011). O processo de fragmentação leva à formação de uma paisagem em mosaico com a estrutura constituída por manchas ou fragmentos, corredores e a matriz (METZER, 2006; BEZERRA et al., 2011).]

Quando a área de expansão se torna a matriz, ou seja, a unidade da paisagem que controla a dinâmica da paisagem (FORMAN, 1995; AQUINO; DE MIRANDA, 2008), geralmente a conectividade da vegetação natural é interrompida, comprometendo a integridade biológica (NOSS; CSUTI, 1997; AQUINO; DE MIRANDA, 2008).

O desmatamento, tanto para a agricultura quanto para o desenvolvimento da infraestrutura, resulta em fragmentação da floresta. Novas bordas florestais são formadas e as florestas remanescentes tornam-se cada vez mais afetadas (ZARIN et al., 2004).

A diminuição de áreas de vegetação natural e o aumento do isolamento das espécies afetam diretamente a interação entre as populações existentes em áreas florestadas urbanas que sofrem de maneira bastante acentuada com a fragmentação dos habitats (NAZIAZENO, 2013).

A cobertura vegetal funciona como uma defesa natural para vários tipos de solos existentes. Sua existência normalmente determina condições que favorecem a infiltração e a evapotranspiração, reduzindo assim o volume de água escoada superficialmente e, conseqüentemente, a ação erosiva da água (BRITO, 2012).

2.5 ECOLOGIA DA PAISAGEM

Sabe-se que a composição e a estrutura da paisagem mudam de maneira progressiva temporal e espacialmente. Essas mudanças podem ser atribuídas às complexas interações entre o ambiente natural, diversos organismos e as atividades humanas, resultando na quebra da estabilidade dos elementos individuais no sistema da paisagem e, conseqüentemente, na sua estrutura espacial (LU et al., 2003).

A ecologia da paisagem lida com a relação entre padrões espaciais e processos ecológicos, portanto é necessário quantificar com precisão os padrões espaciais. O conhecimento dos elementos de uma paisagem é essencial para a identificação desses padrões. Uma das formas de quantificação da estrutura da paisagem ou o padrão espacial é a utilização das “métricas da paisagem” ou “índices da paisagem” (METZGER, 2006;

OLIVEIRA, 2011b). Para descrever os padrões espaciais da paisagem com o auxílio dos SIG's, diversas métricas têm sido desenvolvidas (OLIVEIRA, 2011b).

Os métodos desenvolvidos pela ecologia da paisagem em grande parte fundada sobre a padronização de elementos da paisagem (patches) e, portanto, capaz de quantificar a estrutura da paisagem como composição espacial e de organização (FORMAN; GODRON 1986; TURNER; GARDNER, 1995; IMBERNON; BRANTHOMME, 2001), continuam a ser de grande interesse para o estudo da função paisagem e mudança, e também a comparação cruzada entre várias paisagens do desmatamento tropical (IMBERNON; BRANTHOMME, 2001).

Neste contexto, os três elementos espaciais que estruturam uma paisagem são a matriz, os fragmentos e corredores. Estes formam mosaicos que são responsáveis pela diversidade das paisagens, apresentando modelos espaciais com diferentes componentes (FORMAN, 1995; MARENZI, 2000).

2.5.1 Índices da Ecologia da Paisagem

A variedade de índices existentes em ecologia da paisagem levou autores como McGarigal e Marks (1995) a agruparem esses índices nas seguintes categorias: índices de área; índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica dos fragmentos; índices de forma; índices de borda; índices de área central; índices de proximidade; índices de diversidade e índices métricos de contágio e espalhamento.

O detalhamento das métricas utilizadas neste estudo, juntamente com suas siglas e significados pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Índices de Ecologia da paisagem gerados por meio do *Patch Analyst* para fragmentos florestais.

Grupo	Sigla	Métrica	Unidade	Observação
Área	CA	Área da classe	Hectares (ha)	Somatório das áreas de todas as manchas ou fragmentos florestais presentes na área em estudo.
Densidade e Tamanho	MPS	Tamanho médio da mancha	Hectares (ha)	Soma do tamanho das manchas dividido pelo número de manchas.
	NUMP	Número de manchas	Adimensional	Número total de manchas na paisagem ou na classe.
	PSSD	Desvio padrão do tamanho	Hectares (ha)	Razão da variância do tamanho das manchas.
	PSCoV	Coefficiente de variação do tamanho	Porcentagem (%)	Desvio Padrão do tamanho da mancha dividido pelo tamanho médio da mancha, multiplicado por 100.
Borda	TE	Total de bordas	Metros (m)	Extremidade total de todas as manchas. É a soma de perímetro de todas as manchas.
	ED	Densidade de bordas	m/ha	Quantidade de extremidades relativa à área da paisagem.
Forma	MSI	Índice de forma médio	Adimensional	É igual a um quando todas as manchas forem circulares e aumenta com a crescente irregularidade da forma da mancha.
	MPFD	Dimensão fractal da mancha média	Adimensional	Os valores se aproximam de um para formas com perímetros simples e chega a dois quando as formas forem mais complexas.
Proximidade	MNN	Distância média do vizinho mais próximo	Metros (m)	A distância média do vizinho mais próximo é a média destas distâncias para classes individuais ao nível de classe e a distância média da classe vizinha mais próxima ao nível de paisagem.

(continua)

Tabela 2 - Índices de Ecologia da paisagem gerados por meio do *Patch Analyst* para fragmentos florestais (conclusão).

Grupo	Sigla	Métrica	Unidade	Observação
Área Central	TCA	Área central total	Hectares (ha)	O tamanho total das manchas.
	MCA	Área central média	Hectares (ha)	O tamanho médio das manchas de área central.
	CASD	Desvio padrão da área central	Hectare (ha)	Raiz da variância da média das áreas centrais.
	CACoV	Coefficiente de variação de área central	Porcentagem (%)	Representa a variabilidade em tamanho das áreas centrais disjuntas em relação à área central média.
	TCAI	Índice de área central total	Porcentagem (%)	Medida da quantidade relativa de área central na paisagem.

Fonte: MacGarigal e Marks (1994); MacGarigal e Marks (1995).

2.5.1.1 Índices de Área

De acordo com Mcgarigal e Marks (1995) métricas da Área são usadas para quantificar a composição da paisagem. A área de cada mancha que compreende uma paisagem é talvez a peça mais importante e útil de informações contidas na paisagem.

Ainda segundo esses autores, há evidências consideráveis, por exemplo, que a riqueza de espécies de aves e da ocorrência e abundância de algumas espécies estão fortemente correlacionadas com o tamanho do fragmento.

Considerando a influência dos fatores externos, nos fragmentos menores, a dinâmica do ecossistema é predominantemente afetada, ao passo que, quanto maior um remanescente, maior a sua área interior, sendo esta menos afetada pelas mudanças ambientais relacionadas às bordas (VIANA, 1990).

2.5.1.2 Índices de Densidade e Tamanho

Os índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica são medidas da configuração da paisagem. De acordo com Volatão (1998), estes índices são importantes

por caracterizarem os fragmentos (número de fragmentos, tamanho médio, densidade, variação) e por permitirem que se ordene por grau de fragmentação, heterogeneidade de fragmentos ou outros aspectos relacionados aos fragmentos na paisagem.

De acordo com Viana et al. (1992) a distribuição das classes de tamanho dos fragmentos na paisagem é um elemento importante para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade, já que o tamanho do fragmento é um fator importante para a dinâmica populacional.

Para Nascimento et al. (1999) o tamanho, a forma, o número de fragmentos e o tipo de vizinhança podem influenciar no número de espécies capazes de sobreviver em um fragmento florestal.

2.5.1.3 Índices de Borda

A criação de fragmentos implica na formação de uma borda florestal, definida como uma região de contato entre a área ocupada (matriz antrópica) e o fragmento de vegetação natural (WILLIAM-LINERA et al. 1997; PRIMAK; RODRIGUES 2001), promovendo alteração nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do sistema, como a disponibilidade energética e fluxos de organismos entre tais ambientes (WIENS et al., 1993). De maneira geral, estas modificações nas áreas mais externas dos fragmentos florestais, geradas pelo contato com a matriz, são chamadas “efeitos de borda” (MURCI 1995; PRIMAK; RODRIGUES, 2001).

O processo de fragmentação aumenta a quantidade de borda. Quando uma determinada área é dividida em partes menores, o perímetro ou borda tende a aumentar em relação à área. O aumento na quantidade de borda e seus efeitos tornam a área mais suscetível a pressões antrópicas (TURNER; GARDNER, 1995; NEWMARK, 2001; AQUINO; DE MIRANDA, 2008).

Convém, pois avaliar o efeito de borda no fragmento para poder definir o tamanho da mancha de vegetação natural, ou seja, a área nuclear do fragmento onde o ecossistema original permanece sadio ou representativo (LAURANCE; YESEN, 1991; AQUINO; DE MIRANDA, 2008).

Missio et al. (2004) afirmam que o efeito de borda é um fator importante para a análise da vulnerabilidade dos fragmentos de mata, e que quanto maior a distância entre as extremidades (bordas) e o centro do fragmento (interior ou área núcleo), maior será a proteção das espécies do interior dessas áreas em relação às ameaças externas.

2.5.1.4 Índices de Forma

A forma dos fragmentos florestais, em relação à sua diversidade biológica e sustentabilidade, é tão importante quanto o seu tamanho. De maneira geral, quanto mais alongado é o fragmento, maior é o seu grau de perturbação. Sendo assim, a composição das comunidades de plantas e animais deve apresentar menor diversidade (dominância de espécies pioneiras) que aquelas situadas em fragmentos circulares.

Espécies pouco tolerantes ao efeito de borda devem ser, portanto, conservadas em fragmentos maiores e arredondados (VIANA, 1990). Os fragmentos longos e estreitos possuem maior bordadura e estão mais expostos a seus efeitos. Alguns tipos de sistemas fisionômicos, como as florestas ciliares, são naturalmente estreitos, formando corredores. Entretanto, vale ressaltar que, quanto mais longos, mais úteis serão como apoio à movimentação da biota (SAUNDERS, 1991; OLIVEIRA, 2006).

O fator de forma fornece uma ideia do efeito de borda. Um fator de forma baixo significa um alto efeito de borda, situação esta que deve se evitada. O fator de forma pode servir como um parâmetro para a escolha de áreas prioritárias para conservação e aumento da biodiversidade.

Deste modo, podem-se considerar, como prioritários para a conservação, todos os fragmentos que tenham um fator de forma acima de um determinado valor. Porém, deve-se atentar para o fato de que o fator de forma não deve ser o único critério a ser utilizado na escolha dos fragmentos a serem protegidos e manejados. É importante considerar a ocorrência de espécie endêmicas ou ameaçadas de extinção e a possibilidade da utilização de pequenos fragmentos como “*stepping stones*” (MAC ARTHUR; WILSON, 1967).

2.5.1.5 Índices de Proximidade

Os índices de proximidade se referem às métricas que se baseiam na distância do vizinho mais próximo nos três níveis: fragmento, classe e paisagem. A distância do vizinho mais próximo é definida como a distância de um fragmento para o fragmento que está em suas proximidades, baseado na distância borda a borda. Essas métricas quantificam a configuração da paisagem. A proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, e tem implícito em seus valores o grau de isolamento dos fragmentos (FORMAN; GODRON,1986; VOLOTÃO, 1998).

2.5.1.6 Índice de Área Central

Os índices de área central refletem tanto a composição quanto a configuração de uma paisagem e, na maioria dos casos, dependem de outros índices (densidade, número de fragmentos, índices de borda e de forma) para serem melhores interpretados (MCGARIGAL; MARKS,1995).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO – AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA

Conforme INFRAERO (2011), Brasília era apenas esboço quando o presidente Juscelino Kubitschek pousou pela primeira vez no Planalto Central, no ano de 1956. O aeroporto existente chamava-se Vera Cruz. Fora construído, em 1955, pelo então vice-governador de Goiás, Bernardo Sayão. Este aeroporto localizava-se onde hoje está situada a Estação Rodoferroviária de Brasília.

O trabalho de construção do aeroporto, iniciado em 06 de novembro de 1956, durou pouco mais de seis meses e demandou o desmatamento de uma área de 1.334.000m², terraplanagem de 178.500m², base estabilizada de 40.900m², revestimento de 73.500m², serviços topográficos, de localização e nivelamento. A pista estava projetada para 3.300m, mas a primeira etapa possuía apenas 2.400m de extensão e 45m de largura (SILVA, 2010).

Em 1990 o Aeroporto Internacional de Brasília começou a ganhar a forma atual. Um corpo central e dois satélites para embarque e desembarque de passageiros. A primeira etapa foi inaugurada em 1992. Incluiu a construção do viaduto de acesso ao terminal de passageiros e a cobertura metálica, num total de 11 726 m². O satélite, edifício circular para áreas de embarque e desembarque, foi inaugurado em 1994, na segunda etapa, quando foram entregues também parte reformada no corpo central do terminal de passageiros e nove pontes de embarque (ECOTECH, 2011).

A conclusão da terceira etapa das obras ofereceu aos usuários nova área de embarque e desembarque internacional, terraço panorâmico, pontes de embarque e praça de alimentação. A reforma alcançou área de 17 285 m², com a instalação de galeria com fontes, jardinagem e espaço para exposições (ECOTECH, 2011).

Segundo INFRAERO (2014) os últimos 50 anos transformaram o sítio aeroportuário em um complexo dotado de uma das mais modernas infraestruturas da rede aeroportuária nacional. Privilegiado pela sua localização geográfica e pela convergência de interesses que fazem de Brasília o grande polo das decisões nacionais, o Aeroporto Internacional de Brasília consolidou-se como HUB (principal centro de conexões) da aviação comercial brasileira. Todo esse contexto confere ao Aeroporto Internacional de Brasília a importância de um dos principais Aeroportos do Brasil e da América Latina.

Em 1997 iniciaram-se os estudos de viabilidade ambiental para expansão do aeroporto. De acordo com Guimarães (2011), tais estudos atestaram a viabilidade do projeto para definir as áreas onde seriam construídos os empreendimentos. A segunda pista, construção de grande importância para o aumento do potencial da utilização do aeroporto, tratava-se de um importante remanescente natural da Área de Preservação Ambiental da APA Gama e Cabeça de Veado com aproximadamente 230 hectares.

Devido ao alto impacto ocasionado por essa implantação foi necessária à realização de um Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Após sua conclusão, e aprovação foi emitida a licença prévia junto ao órgão ambiental para se determinar a viabilidade da obra e detalhamento do projeto. Antes do início das obras e mediante a aplicação dos condicionantes, foi obtida a licença de operação no fim de 2005. A partir daí houve a homologação da pista e início de suas atividades operacionais.

De acordo com Ecotech (2011), em 2008 e 2009 foram emitidas, pelo IBRAM, duas autorizações (005/2008 e 060/2009) para obras urgentes e necessárias ao bom funcionamento do AIB, quais sejam: túnel de ligação da área de embarque/desembarque com a 2ª pista e torre de controle, também, para a 2ª pista.

Em 6 de fevereiro de 2012 o Governo Federal realizou o leilão do Aeroporto Internacional de Brasília. O aeroporto foi então arrematado mediante a Concessão nº 001/ANAC/2012 para concessionária INFRAMÉRICA visando à gestão da ampliação, manutenção, operação e exploração comercial do aeroporto (INFRAERO, 2013).

Segundo Portogente (2014), em outubro de 2013 foi inaugurado o Base Concept hotel, primeiro hotel do Aeroporto Internacional de Brasília. Sua construção foi caracterizada pela utilização de tecnologias sustentáveis, como o aquecimento de água por energia solar e a coleta seletiva de lixo.

Por conta do aumento da demanda para esse aeroporto e devido aos eventos esportivos, a ampliação das instalações físicas que já estava prevista no Plano Diretor foi readequada conforme projeto da nova empresa administradora do aeroporto. Dessa forma, estão sendo realizadas obras como ampliação do Terminal de Passageiros, Construção do Segundo viaduto, ampliação do estacionamento de veículos e etc.

3.1.1 Solos

Segundo Campos et al. (2000) e Oliveira (2011a), o DF possui três principais classes de solos, que são o Latossolo Vermelho, o Latossolo Vermelho Amarelo e o Cambissolo Háplico, que representam 85,5% da cobertura do território, correspondendo ao chamado primeiro grupo. Já o segundo grupo, o qual abrange aproximadamente 15%, refere-se aos demais tipos de solos identificados dentro dos limites do DF como classes de: Nitossolo, Chernossolo, Gleissolo, Organossolo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Flúvico e Neossolo Litólico, além de Plintossolo.

A Figura 2 mostra os tipos de solo existentes na área de estudo. No reagrupamento foram enquadrados em uma única classe todos os Latossolos Vermelhos, os Latossolos Vermelho Amarelos e os Cambissolos, independentemente de texturas, presença de pedregosidade ou fase vegetacional que os recobrem (OLIVEIRA, 2011a).

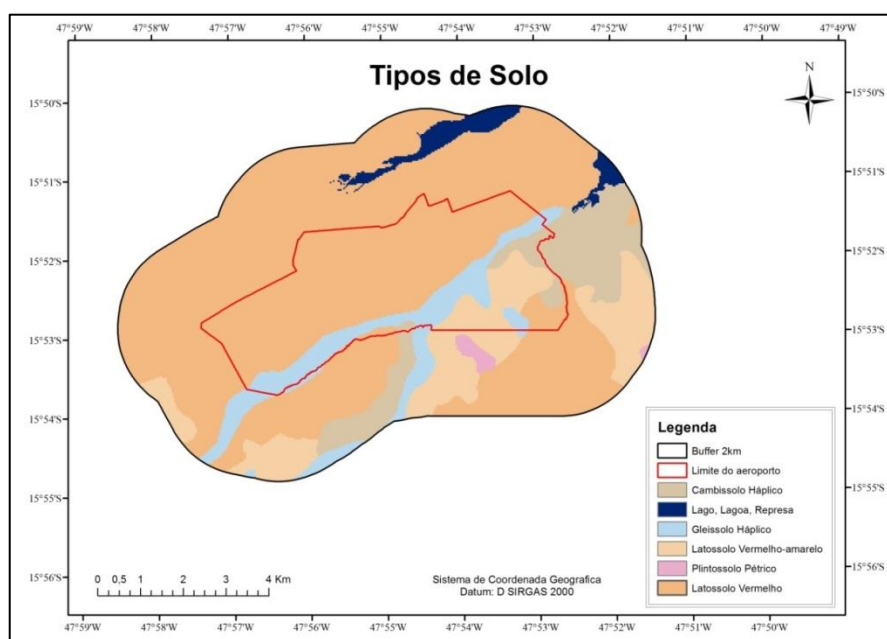


Figura 2 - Tipos de solo encontrados na área de estudo.

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1978), com atualização da nomenclatura das classes conforme EMBRAPA (2006).

A Tabela 3 apresenta os tipos de solo, extensão em hectares e o percentual representado para a área de estudo.

Tabela 3 - Percentual dos tipos de solos encontrados na área de estudo.

Classes de solos	Área (ha)	Percentual (%)
Latossolo Vermelho	5361,81	68,10
Latossolo Vermelho-amarelo	987,72	12,54
Gleissolo Háptico	581,32	7,38
Plintossolo Pétrico	45,67	0,58
Lago, lagoa, represa	192,70	2,45
Cambissolo	704,20	8,94

O solo, a exemplo da vegetação, também apresenta grande diversidade, expressa por diferenças em suas propriedades e características, que decorrem do ambiente em que foram formados (REATTO et al., 2008). A seguir, será feita a descrição dos tipos de solo encontrados na área de estudo de acordo com o mapeamento de solos da EMBRAPA (1978) adaptado para a nova literatura da EMBRAPA (2006).

3.1.1.1 Latossolos

São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem, todavia, solos com saturação por bases média e até mesmo alta; encontrados geralmente em zonas que apresentam estação seca pronunciada, semiáridas ou não, ou ainda por influência de rochas básicas ou calcárias (EMBRAPA, 2006).

Ainda segundo a EMBRAPA (2006) são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material construtivo.

Conforme Corrêa (2009) essa classe corresponde a solos profundos (2 a 14 m de profundidade), bem drenados, com teores de argila variando entre 15% e 90%. A vegetação predominante sobre os Latossolos é o Cerrado *stricto sensu*.

Para a área estudada, foram encontrados latossolos classificados nas seguintes subordens:

- Latossolo Vermelho

Esses solos possuem grande ocorrência associada à vegetação de cerrado e/ou cerradão e topos das chapadas; relevos com superfícies planálticas, suave onduladas, em geral áreas de topografia favorável à mecanização e à urbanização. O material de origem

desses solos é bastante variado, com arenitos até rochas pelíticas, desde que possuam teores razoáveis de ferro. A remoção da maior parte da sílica que constitui o material originário torna o solo mais friável, menos plástico e significativamente permeável. Essa permeabilidade favorece a uma maior resistência natural aos processos erosivos, mas também ao avanço no estágio de intemperização. Normalmente, os Latossolos vermelhos exibem-se com perfis profundos, muito porosos e bastante permeáveis (OLIVEIRA, 2011a).

- Latossolo Vermelho-Amarelo

Essa classe de solo apresenta-se comumente nos divisores de água e em áreas de transição para rebordos de chapada, integrada com vegetação de cerrado sensu stricto, campo limpo e campo sujo; em superfícies planas e em vertentes com declividades entre 5 e 20%. Na maior parte dos casos, situa-se adjacente à classe dos Latossolos Vermelhos. Alguns perfis do Latossolo Vermelho-Amarelo podem ocorrer mosqueados e plintitas a partir de 180 cm do perfil. Como são solos com características semelhantes as dos Latossolos Vermelhos, são diferenciados por apresentarem suprimento de óxidos de ferros menor do que o deste, acarretando colorações mais amareladas, drenagem moderada e boas condições de aeração (OLIVEIRA, 2011a).

3.1.1.2 Cambissolo Háplico

São solos intermediários entre os poucos e os bem desenvolvidos, com 1,0 a 1,5 m de profundidade. Apresentam horizonte B incipiente ou câmbico, sem evidências de iluvializações de argila e sem cimentação. A textura é média (16% a 34% de argila) ou argilosa (35% a 60% de argila), com grande teor de silte. Cambissolos contêm grande proporção de cascalho (material > 2mm de diâmetro). Estão associados a relevos acidentados e a Campos em suas várias fisionomias (CORRÊA, 2009).

Nesses solos, o problema erosivo revela-se acentuado, pois a baixa permeabilidade agregada à ocorrência de chuvas torrenciais produz as enxurradas que favorecem a formação de sulcos. Devido a esse processo, a grande maioria dos pedólogos sugere que as áreas cobertas por cambissolos e neossoloslitólicos no cerrado devem ter como destinação prioritária a preservação natural (OLIVEIRA, 2011a).

3.1.1.3 Gleissolo Háplico

São solos hidromórficos, que ocupam geralmente as depressões da paisagem, sujeitas a inundações. Apresentam drenagem dos tipos: mal drenados ou muito mal drenados, ocorrendo com frequência, espessa camada escura de matéria orgânica mal decomposta sobre uma camada acinzentada (gleizada), resultante de ambiente de oxirredução (REATTO et al., 2008).

De acordo com Oliveira (2011a), esses solos apresentam-se no DF como solos pouco desenvolvidos, variando de imperfeitamente a muito mal drenados. Podem ser encontrados em frações do terreno mais rebaixadas, constituindo pequenas depressões, adjacentes aos cursos d'água e nos rebordos de chapadas junto às nascentes.

Conforme Reato et al. (2008), no Gleissolo Háplico, o horizonte A é mais claro e mais pobre em matéria orgânica. As vegetações associadas a esse solo hidromórfico são Campo limpo Úmido (Campo de Várzea), Buritizal (Campo Higrófilo de Surgente) e Mata de Galeria.

Essa classe de solo apresenta elevados teores de material orgânico e desenvolve-se sobre sedimentos nos quais ocorrem encharcamentos prolongados, normalmente por elevação do nível freático de maneira que este se encontra próximo à superfície do terreno a maior parte do ano. Um bom indicador da possibilidade de ocorrência dessa ordem de solos consiste na presença de termiteiros com coloração acinzentada, pois, como são submetidos à saturação hídrica prolongada na presença de matéria orgânica, há considerável redução dos óxidos de ferro o que provoca o surgimento da tonalidade cinzenta e mosqueamento no horizonte (OLIVEIRA, 2011a).

3.1.1.4 Plintossolo

Esta classe corresponde à antiga Laterita Hidromórfica (ADÁMOLI et al., 1986; REATTO et al., 2008) e/ou Concrecionários Lateríticos (RESENDE et al., 1988; REATTO et al., 2008). São solos minerais hidromórficos, com sérias restrições à percolação de água, encontrados em situações de alagamento temporário e, portanto, escoamento lento (REATTO et al., 2008)

De acordo com Oliveira (2011a) esses solos ocorrem em localidades onde a oscilação do lençol freático associada à dificuldade de movimentação gravitativa da água

propiciam a formação da plintita e o aparecimento de mosqueados. Constitui-se em um tipo de solo bastante desgastado, pouco profundo e pouco permeável. A plintita é um material com altas concentrações de óxidos de ferro, provavelmente por mobilização ou transporte desses compostos, que foi submetido a ciclos de umedecimento e secagem.

De maneira geral, os plintossolos podem aparecer associados a relevo plano a suave ondulado, campos limpos e áreas com drenagem deficiente. Estes solos são muito procurados como fonte de material para aterros, pois sua natureza cascalhenta com matriz argilosa permite a formação de pavimentos estáveis e resistentes aos processos erosivos (OLIVEIRA, 2011a).

Para a área estudada, foi encontrada a subordem plintossolo pétrico. De acordo com Reatto et al., (2008) quando a plintita é submetida a ciclos de umedecimento e secagem, torna-se endurecida de maneira irreversível transformando-se gradualmente em petroplintita. Plintossolos com essa característica são chamados de Plintossolos Pétricos.

3.1.2 Hidrografia

No sistema hidrológico do Distrito Federal os cursos d'água apresentam características típicas de drenagem de área de planalto onde são frequentes os desníveis e os vales encaixados (OLIVEIRA, 2011a).

Ainda segundo o autor, a área do Distrito Federal foi dividida em três regiões hidrográficas: Paraná, São Francisco e Tocantins/Araguaia. Considerando-se a drenagem, 60% da área do Distrito Federal contribui para a Bacia do Paraná, compreendendo a região centro-oeste do DF; 25% contribui para a Bacia do São Francisco, compreendendo a região leste; e 15% contribui para a Bacia do Tocantins/Araguaia, compreendendo a região noroeste.

A área de estudo concentra-se na Bacia Hidrográfica do Paranoá, contendo as unidades hidrográficas Lago Paranoá, Riacho Fundo e Ribeirão do Gama.

3.1.3 Relevo

As formas de relevo características da região são as chapadas, resultantes dos processos e aplainamento que moldaram a região. O Aeroporto Internacional de Brasília está situado em uma região de relevo suave ondulado a ondulado. Para transformar esta

superfície em uma área com condições para as operações de pouso e decolagem, foi necessário grande movimentação de terra (ANDRADE et al., 2003).

Ainda segundo o autor, o Aeroporto Internacional de Brasília localiza-se no divisor de águas entre o córrego Vicente Pires/Lago Paranoá e o córrego do Cedro/ribeirão do Gama. Esse divisor tem encontros levemente convexos e declividade da ordem de 2%, enquadrando-se no compartimento denominado Pediplano Brasília.

3.1.4 Vegetação

Como área contínua, o bioma Cerrado abrange os estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo, e também ocorre em áreas disjuntas ao norte nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas “ilhas” no Paraná (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerrado é constituído de um grande mosaico de paisagens naturais, que abriga formações florestais, savânicas e campestres (FELFILI et al., 2004). Vários são os fatores que determinam a cobertura vegetal, destacando-se a disponibilidade de água e nutrientes (RIBEIRO et al., 1983; EITEN, 1990; PINHEIRO, 2008).

Ribeiro e Walter (2008) descrevem, em sentido fisionômico, que o termo floresta representa áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo. O termo savana refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo. Já o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem.

Segundo a INFRAERO (2002), a vegetação dominante na região do Distrito Federal é o Cerrado. Entretanto, como na maioria dos municípios da região, no Plano Piloto e nos arredores dos principais aglomerados, o meio ambiente encontra-se antropizado, bastante descaracterizado, fruto de desmatamento para diversas atividades. Apesar deste fato, em áreas próximas ao aeroporto são constatadas as presenças de formas savânicas e outras vegetações semelhantes.

Nas análises feitas pela Topocart (2000a) no Estudo de Impacto Ambiental para construção da Segunda Pista do Aeroporto, para a Área de Influência Direta, foram identificadas 09 (nove) fitofisionomias diferentes como seguem: cerrado *sensu strictu* ou campo cerrado, campo sujo, campo limpo com gramíneas, campo úmido (estacional) com

murundus, campo encharcado (brejo), área degradada com entulhos, área com cultivos e edificações, mata de galeria e pequena vereda com buritis.

Na figura 3 é possível verificar as principais fitofisionomias a partir da classificação visual consideradas para a região, tendo como base a imagem de 2013.

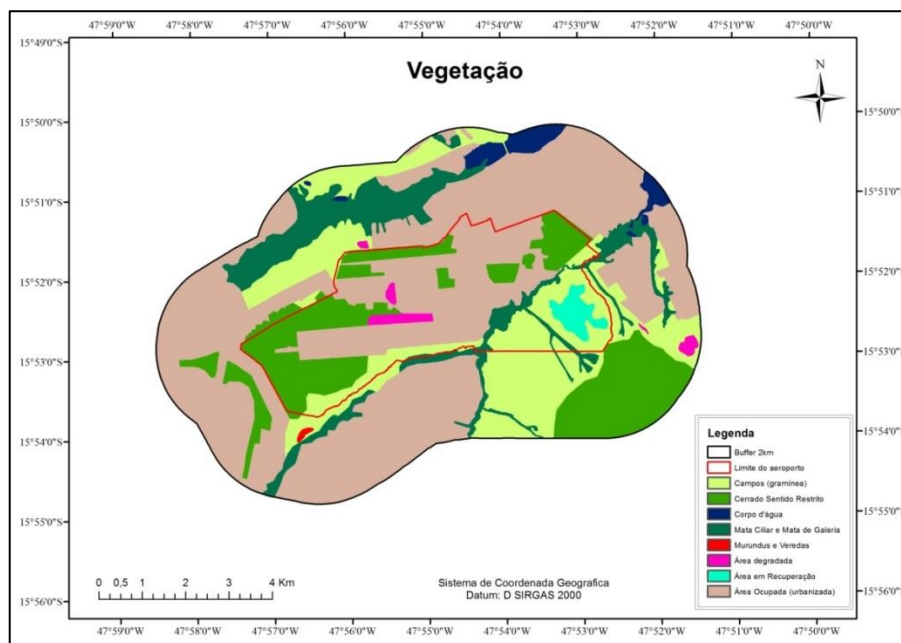


Figura 3 – Mapa da vegetação para a área de estudo baseada no ano de 2013.

3.1.5 População Humana

A área de estudo está localizada nas proximidades de duas principais Regiões Administrativas do Distrito Federal, os núcleos populacionais do Lago Sul e Park Way localizados nas proximidades do Sítio Aeroportuário.

Segundo Ecotech (2011) a criação do Lago Sul (RA XVI) iniciou-se com a construção de residências para os diretores da Companhia Urbanizadora da Nova Capital (NOVACAP). Fez parte de Brasília (RA I) até o ano de 1994, quando se tornou também uma Região Administrativa por meio da Lei 643/94 e o Decreto 15.515/94. Ainda de acordo com o estudo, a área do Lago Sul está dividida em Setor de Habitação Individual Sul, Setor de Mansões Urbanas Dom Bosco, Setor de Estaleiros, Aeroporto Internacional, Base Aérea de Brasília e o Campo Experimental Água Limpa da Universidade de Brasília.

A criação do loteamento das Mansões Suburbanas Park Way (MSPW) foi incluída no Plano Urbanístico de Brasília em 1957/58. O Projeto de Lei Complementar no 451/99 permitiu ao poder executivo o parcelamento das áreas verdes com lotes residenciais,

coletivos e de bens e serviços. O Park Way fazia parte da Região Administrativa do Núcleo Bandeirante (VIII) até o ano de 2003 quando, através da Lei 3.153/03, tornou-se outra Região Administrativa (RA XXIV) (ECOTECH, 2011).

De acordo com CODEPLAN (2010), a população total do Lago Sul corresponde a 29.537 habitantes e a o Park Way corresponde a 20.955. Essas regiões administrativas estão entre as que apresentam as maiores rendas per capita do Distrito Federal, correspondendo a R\$ 5.420,62 e R\$ 3.173,98, respectivamente. Esse comportamento mostra que o aeroporto está incluído em uma área nobre da cidade, conforme comparação com outras regiões administrativas (Tabela 4).

Tabela 4 - População e Renda per capita (mensal) das Regiões Administrativas do DF.

Região Administrativa	População Total	Renda per capita mensal (em R\$)
Águas Claras	102.076	2.401,83
Brasília	208.666	3.835,27
Brazlândia	57.542	606,27
Candangolândia	15.924	995,20
Ceilândia	402.729	611,29
Cruzeiro	31.379	2.060,99
Gama	136.063	951,80
Guará	107.226	1.803,35
Itapoã	51.501	529,17
Jardim Botânico	23.124	3.040,68
Lago Norte	32.903	4.297,96
Lago Sul	29.537	5.420,62
Núcleo Bandeirante	22.810	1.467,94
Paranoá	43.870	503,42
Park Way	20.955	3.173,98
Planaltina	171.303	560,51
Recanto das Emas	122.279	487,61
Riacho Fundo	35.545	1.076,63
Riacho Fundo II	36.309	595,71
Samambaia	199.533	614,68
Santa Maria	118.782	581,54
São Sebastião	87.283	522,42
SCIA - Estrutural	30.388	299,55
SIA	2.488	1.173,90
Sobradinho	60.209	1.271,11
Sobradinho II	98.409	1.203,35
Sudoeste/Octogonal	49.696	4.792,33
Taguatinga	199.715	1.318,38
Varjão	8.724	509,67
Vicente Pires	63.192	1.534,43
TOTAL DF	2.570.160	1.367,90

A implantação de sítios aeroportuários acarreta, tradicionalmente, o surgimento de um vetor de expansão urbana orientado à ocupação do seu entorno. Tal vetor decorre, principalmente, da atratividade das novas infraestruturas implantadas e da especulação imobiliária (SARDINHA, 2010). De acordo com Topocart (2000a) a ocupação urbana foi avançando a partir do subquadrilátero sudoeste, envolvendo o aeroporto.

Conforme a Concremat engenharia (2002), o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT, elaborado pelo Instituto de Planejamento Territorial e Urbano, instituiu o macrozoneamento do DF, com a divisão de seu território em sete zonas, estando o aeroporto situado na Zona Urbana de Consolidação.

Ainda de acordo com o autor, essa área deveria considerar as restrições do estabelecimento para as áreas de preservação do conjunto urbanístico do Plano Piloto de Brasília, tombado pela UNESCO em 1987 como Patrimônio Histórico Nacional e Cultural da Humanidade. Essa zona também define as peculiaridades ambientais das Áreas de Preservação Ambiental do Lago Paranoá, das Bacias Gama e Cabeça de Veado; e de saneamento para as áreas de Sobradinho, Planaltina e as circunscritas na Bacia do Lago Paranoá.

O aeroporto está inserido na Área de Proteção Ambiental – APA da Baía do Gama e Cabeça de Veado, sendo essa APA criada por meio do Decreto Distrital nº 9417 de 21 de abril de 1986 (ECOTECH, 2011).

No entorno do aeroporto, existem áreas designadas de Interesse Ambiental, como: Reserva Ecológica do Guará, o Zoológico e áreas verdes. Por suas características estas áreas não são passíveis de aproveitamento por parcelamento ou edificações (INFRAERO, 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo envolveu toda a área do aeroporto de Brasília e uma área de influência de 2 quilômetros, limitados pelas coordenadas 15°48'00" e 15°56'00" de latitude Sul e 47°51'00" e 47°58'00" de longitude Oeste, correspondendo a aproximadamente 7.873,39 hectares (Figura 4).

Essa área de influência de 2 quilômetros foi escolhida com o intuito de medir o impacto direto da atividade aeroportuária para os índices sugeridos (degradação do solo e da vegetação) sobre a população do entorno.

O Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek está localizado a aproximadamente 15 quilômetros do centro da Capital Federal, limítrofe ao Setor de Mansões Park Way e ao Setor de Habitações Isoladas Sul (Lago Sul).

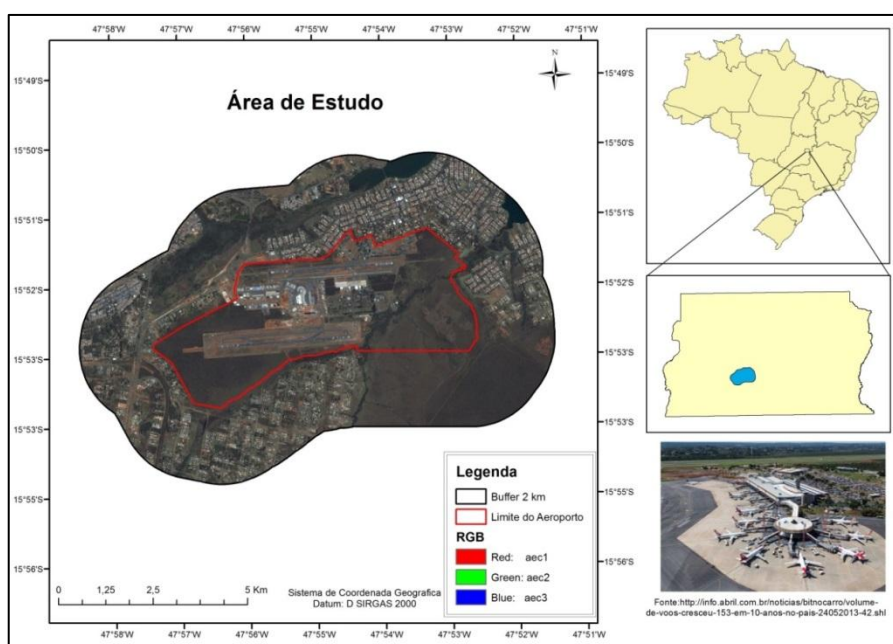


Figura 4 - Mapa de Localização da área de estudo, correspondente ao Aeroporto e uma área de influência de 2 km.

4.2 BASE DE DADOS

Para execução do trabalho, foram utilizadas as seguintes bases de dados, conforme detalhado pela Tabela 5:

Tabela 5 - Base de dados utilizada e suas respectivas fontes

Tema	Descrição	Estrutura	Escala	Resolução Espacial	Fonte	Ano
Solo	Embrapa no ano de 1997	Vetor	1:70.000	-	Embrapa	1997
Modelo Digital do Terreno	Geração pela Interpolação das curvas de nível e pontos cotados SICAD/SITURB ano 1997	Matricial	1:10.000	10 m	ZEE DF 2011	2011
Limite do DF	Lei complementar 17/97, título V, capítulo II	Vetor	1:70.000	-	Sicad/Siturb	1997
Limite do Aeroporto	INFRAERO	Vetor	1:70.000	-	INFRAERO	2012

Para o presente trabalho de pesquisa, o mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado a partir de duas imagens obtidas pelo sensor HRV (*High Resolution Visible*)/SPOT, sendo a mais antiga (2003), originária de um mosaico de imagens datadas de abril de 2003, com resolução espacial de 10 m.

A imagem de 2009 é resultante de fotografias aéreas realizada pela empresa TOPOCART - Topografia e Engenharia e aerolevantamentos em agosto de 2009, com resolução espacial de 25 cm Oliveira et al. (2013).

Para comparação mais recente, foi adquirida uma imagem digital de maio de 2013 a partir do *Google Earth Pro* 2013.

Adotou-se neste trabalho o sistema de projeções UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e *Datum* SIRGAS 2000.

4.3 MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA

Para avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra ocorrida durante os anos de 2003, 2009 e 2013, foram elaborados mapas de uso e cobertura do solo a partir de interpretação visual de imagens de satélite de alta resolução espacial.

Esta etapa consistiu em delimitar visualmente em tela de computador, com a ajuda do programa *ArcGis* 10.1 as classes de uso da terra de interesse neste estudo, a partir de

uma legenda pré-definida. As classes identificadas por esse diagnóstico foram: Área urbanizada, Cerrado Sentido Restrito, Corpo d' água, Campos (gramínea), Estrutura Operacional do Aeroporto, Área degradada, Mata Ciliar e Mata de Galeria, Murundus e veredas. A partir do ano de 2009, foi adicionada mais uma classe (“área em recuperação”) de uso da terra, observada em decorrência da implementação de atividades de redução de impactos ambientais na área de estudo.

A partir desses dados, foi possível a localização e quantificação de cada classe de uso identificada nas áreas de estudo e o cálculo da área de cada classe. O mapeamento do uso e cobertura da terra foi utilizado também para fundamentar os dados da fragmentação.

4.3.1 Verificação de Campo

Para confirmação e análise das informações mapeadas, além da pesquisa bibliográfica foram realizadas visitas in loco. No total foram realizadas três expedições de campo, com o intuito de acompanhar a evolução das obras de expansão do aeroporto. A primeira em setembro de 2013, a segunda em fevereiro de 2014 e a terceira em abril de 2014.

As vistorias foram realizadas para confirmação de informações das imagens interpretadas visualmente. A finalidade dessa etapa foi acompanhar a evolução do desenvolvimento das obras de expansão do aeroporto.

Devido a proximidade dos eventos esportivos e ao crescimento da demanda para esse aeroporto as obras de expansão estavam avançando com bastante intensidade.

4.4 ESTIMATIVA DA EROSÃO LAMINAR

4.4.1 Variáveis da Equação Universal de Perdas do Solo (EUPS)

Para análise qualitativa da suscetibilidade da erosão, foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (equação 1), considerando seus termos que se referem aos parâmetros do meio físico, quais sejam: fator (R) Erosividade da chuva, Fator (K) Erodibilidade do solo, Fator (LS) Fator Topográfico e Fator (CP) Uso e Manejo da Terra e Práticas Conservacionistas (BAPTISTA, 2003).

O diagnóstico da erosão laminar é determinado a partir da integração de fatores naturais e antrópicos que atuam na perda por erosão laminar. Esses fatores, por sua vez, podem ser estimados e especializados a partir de técnicas de geoprocessamento.

4.4.1.1 .Cálculo do Fator (R) - Erosividade da chuva

Segundo Baptista (2003), EI_{30} é obtido pela equação (3):

$$EI_{30} = 67,3555(r^2/P)^{0,85} \quad (3)$$

E para determinação de R é necessário somar os 12 valores mensais do índice de erosividade, em cada estação pluviométrica, conforme equação (4):

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI_{30i} \quad (4)$$

Onde:

EI_{30} = média mensal do índice de erosividade, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹;

r = média do total mensal de precipitação, em mm;

i = corresponde aos meses;

P = média do total anual de precipitação, em mm.

Para estimativa da erosividade da chuva, foram adotados os dados utilizados por Baptista (2003) (Tabela 6).

Tabela 6 - Erosividade da chuva em diferentes pontos do DF.

Pontos	Latitude	Longitude	Bacia Hidrográfica	Fator R
Cabeça de veado	15°53'00"	47°51'00"	Paranoá	8129,5
ETEB SUL	15°49'00"	47°55'00"	Paranoá	7683,6
Jockey Club	15°48'00"	47°59'00"	São Bartolomeu	7885,6
Riacho Fundo GM 3	15°53'00"	48°03'00"	Paranoá	8286,1
ETEB NORTE	15°45'00"	47°53'00"	Paranoá	7800,6
Taquara	15°37'00"	47°31'00"	São Bartolomeu	7743,8
Paranoá	15°47'00"	47°43'00"	Paranoá	7125,5
Gama	15°59'00"	48°03'00"	Paranoá	8770,6
Descoberto	15°47'00"	48°14'00"	Descoberto	7869,2
Jatobazinho	15°43'00"	46°06'00"	Descoberto	8574,4
Brazlândia	15°41'00"	48°13'00"	Descoberto	8699,6
Barreiro	15°51'00"	47°38'00"	São Bartolomeu	7878,4
Área Alfa	15°49'00"	47°58'00"	São Bartolomeu	7799,4
Papuda	15°58'00"	47°40'00"	São Bartolomeu	7793,6
Planaltina	15°40'00"	47°43'00"	São Bartolomeu	7523,0
Contagem	15°39'00"	47°55'00"	Paranoá	8609,5
Taguatinga	15°47'00"	48°08'00"	Descoberto	8873,0
Rio preto	15°48'00"	47°27'00"	Rio Preto	6932,3

Fonte: Baptista (2003) adaptado.

Com a obtenção dos dados de erosividade para cada estação foi possível espacializar essa informação por meio de um procedimento de interpolação, utilizando o método geoestatístico Krigagem Ordinária (*Ordinary Kriging*), metodologia aplicada por Oliveira et al. (2012), utilizando o software *ArcGis* 10.1. Como essa informação cobre o Distrito Federal foi possível readequar para a área de estudo proposta.

O mapa de Fator (R) foi gerado no SIG, com distribuição espacial das estações (após transformação das estações para o sistema de coordenadas UTM) e seus respectivos valores de erosividade. A interpolação dos valores foi gerada na extensão *Spatial Analyst*, obtendo resultando em um arquivo matricial, utilizado posteriormente para o cálculo de perda do solo.

4.4.1.2 Cálculo do Fator (k) - Erodibilidade dos solos

A espacialização do fator erodibilidade dos solos (K) está diretamente relacionada ao mapeamento dos solos do DF tendo em vista que a erodibilidade é uma propriedade

inerente a cada classe de solo. Foi adotada a metodologia proposta por Baptista (2003) na qual ele obteve os valores de erodibilidade a partir dos perfis do Boletim 53 da Embrapa.

Desta forma, foi possível atribuir valores para o Gleissolo Háptico, conforme sua denominação antiga (Solos Hidromórficos) e para o Plintossolo Pétrico utilizou-se os valores da Laterita Hidromórfica. Ambas correspondentes a 0,031 t.h/(Mj.mm), enquadrando-se dentro dos solos hidromórficos. A Tabela 7 expõe os valores de erodibilidade especificamente para a área de influência.

Tabela 7 – Erodibilidade dos solos, segundo nomograma Wischmeier et al. (1971).

Grandes grupos de solos	Erodibilidade em (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹)
Latossolo Vermelho-escuro	0,013
Latossolo Vermelho-amarelo	0,02
Gleissolo Háptico	0,031
Plintossolo Pétrico	0,031
Lago, lagoa, represa	0
Cambissolo	0,024

Para o atributo lago, lagoa, represa, como a informação sobre o solo existente anteriormente no local é desconhecida, ele foi utilizado como máscara, ou seja, foi atribuído zero na variável.

A Tabela 8 apresenta classes de interpretação utilizada para embasar o resultado dos índices de erodibilidade do solo, conforme Borges (2009).

Tabela 8 - Intervalo de classes da Erodibilidade com sua respectiva interpretação.

Intervalo de Classes (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹)	Interpretação
< 0,15	Baixa
0,15 - 0,30	Média
> 0,30	Alta

4.4.1.3 Cálculo do Fator (CP) Uso e Manejo da Terra e Práticas Conservacionistas

Os fatores C e P estão relacionados ao uso da Terra e cobertura vegetal da área estudada, podendo, portanto, variar ao longo dos anos em função de mudanças na forma e intensidade deste uso (BORGES, 2009).

Buscando-se correlacionar as classes de uso e ocupação de solo com as variáveis CP integradas, foi adotado o procedimento descrito por Baptista (2003), segundo o qual, na integração, foi adotado 1 para o valor constante de P (práticas conservacionistas). A explicação do autor para a atribuição desse peso para o fator P ocorre por ser a pior situação quanto às perdas de solo em função das práticas conservacionistas, tendo em vista que não se conseguem valores confiáveis de P quando se utilizam as técnicas de geoprocessamento.

Segundo Alves (2000) quando o objetivo do trabalho é definir formas mais adequadas de produção agrícola, minimizando os impactos gerados sobre o meio físico, as variáveis antrópicas da EUPS devem ser tratadas separadamente. Porém, quando se busca a espacialização dos fenômenos pelo Geoprocessamento, a obtenção dos dados de C e P pode ser analisada, não mais em função do estágio de desenvolvimento de cultura, mas sim pelo uso e ocupação do solo e são expostos na forma integrada CP.

Nesse caso os dados de C e P não são analisados em função da fase de desenvolvimento de cultura, mas sim pelo uso e ocupação da terra. Desta forma, para integrar as duas variáveis, considera-se o valor de $P = 1$ constante, por ser a pior situação quanto às perdas de solo em função das práticas conservacionistas (ALVES, 2000).

Para determinar o mapa de uso e ocupação da terra foi necessário, a partir da interpretação visual, correlacionar às classes identificadas com os valores pré-determinados na metodologia adotada por Baptista (2003) (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores de CP para diversas classes de uso e ocupação de terra.

Uso e ocupação do solo	CP
Espaço urbano consolidado	0,00000
Loteamento irregular	0,00000
Agricultura	0,12000
Pecuária	0,05500
Áreas irrigadas por pivot central	0,12000
Mata Galeria	0,00004
Campo (limpo/sujo/úmido)	0,01000
Cerrado (sentido restrito)	0,00070
Floresta (cerradão/ mata mesofítica)	0,00004
Reflorestamento	0,00001
Áreas degradadas (cascalheira/areal/aterro /áreas de empréstimo)	1,00000
Indústrias/abatedouros	0,00000
Lagos/lagoas/reservatórios	0,00000

Fonte: Baptista (2003)

Foram feitas adequações para algumas classes de interpretação utilizadas nessa metodologia para os valores de CP: assim sendo, para a classe área urbana e estrutura operacional do aeroporto, foi atribuída à denominação espaço urbano consolidado. Para área em recuperação considerou-se reflorestamento. Para murundus e veredas foi utilizado o uso para campo úmido. E para corpo d'água foi usada à classificação do valor CP equivalente a Lago/lagoas/reservatórios adotado por Baptista (2003).

4.4.1.4 Cálculo do Fator (LS) - Fator Topográfico

O fator topográfico foi obtido a partir dos parâmetros de comprimento de rampa e declividade da vertente, extraídos do Modelo Digital de Terreno (MDT). De acordo com Bloise et al. (2001) ele é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço.

O MDT no ZEE-DF (2011) foi gerado a partir da interpolação dos pontos cotados e das curvas de nível na escala de 1:10.000 do SICAD/SITURB.

Para confecção do mapa de Fator LS foi preciso gerar outros produtos intermediários no formato matricial.

Para gerar o mapa de Acúmulo de Fluxo, utilizou-se o *software* ArcGis 10.1®, módulo *Spatial Analyst tools, hydrology*. Utilizou-se a ferramenta *fill* para preencher os valores vazios do MDT e em seguida foi obtido o arquivo em formato matricial para

direção de fluxo. A partir dessa informação foi possível gerar o mapa de acúmulo de fluxo, usando a ferramenta *flow accumulation*.

Para modelagem em áreas de deposição, seguiu-se a metodologia utilizada por Souza e Matricardi (2012) na qual foram consideradas como áreas de deposição, áreas com concavidade acima de 0,2 assumindo perda de solo nula. Para a validação das informações obtidas, foi considerado realizado um corte na USLE, tendo como base o modelo de concavidade do terreno.

A curvatura foi gerada a partir do mesmo *software*, menu *Spatial Analyst, surface*, ferramenta *curvature*, usando o MDT como arquivo matricial de entrada.

4.4.1.5 Cálculo da EUPS

Para obtenção dos valores da EUPS foi feito o cruzamento dos mapas dos fatores R, K, LS e CP utilizando-se a ferramenta *Raster Calculator* da extensão *Spatial Analyst* do *ArcGis* 10.1.

O fluxograma das etapas metodológicas para aplicação da EUPS está demonstrado na figura 5.

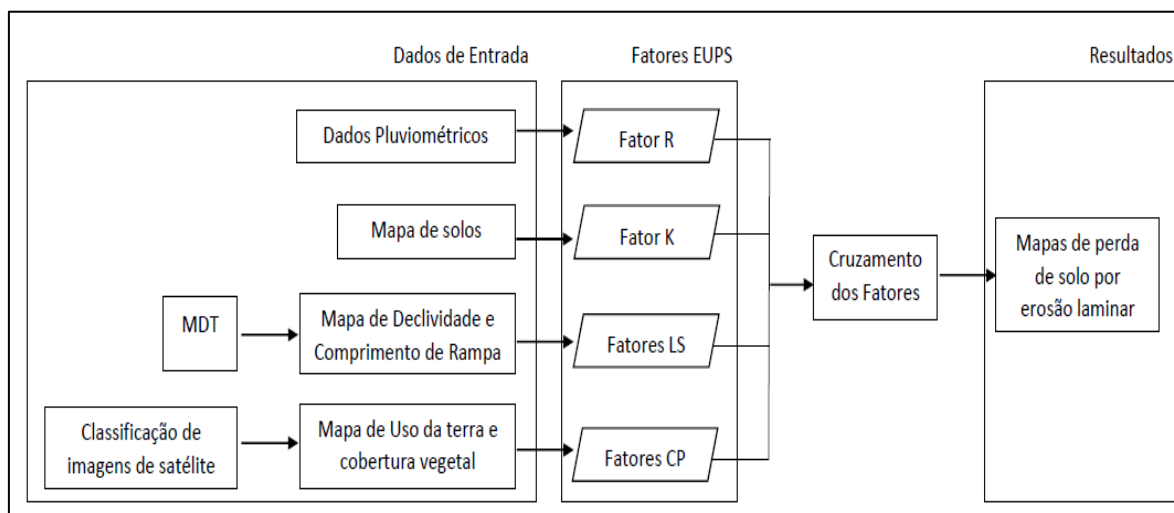


Figura 5 – Fluxograma representativo da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo.

4.5 ESTIMATIVA DA FRAGMENTAÇÃO

4.5.1 Processamento e análise dos fragmentos

Para calcular os índices de estrutura da paisagem para cada escala de análise foi utilizada a extensão gratuita *Patch Analyst* para *ArcGis* 10.1. A análise da paisagem foi realizada com base na classificação visual, especificada no item 4.2 que identificou os principais usos da terra na área de estudo.

Da classificação realizada para o uso da terra, foi feita uma nova interpretação para o estudo da análise da paisagem. Para isso, no mapa de uso da terra foi criada uma coluna de codificação separando as classes. A área de estudo foi separada em duas categorias designadas como área antropizada e área natural (Tabela 10).

Tabela 10 - Categorias da análise da paisagem.

Área Antropizada	Área Natural
Área urbanizada	Cerrado Sentido Restrito
Corpo d'água	Campos (gramíneas)
Estrutura Operacional do Aeroporto	Mata Ciliar e Mata de Galeria
Áreas Degradadas	Murundus e Veredas
	Área em Recuperação

Nessa classificação, área degradada e corpo d'água foram classificados como área antropizada. Na divisão área natural, ou seja, revestida de vegetação, ficaram todas as categorias correlacionadas com a vegetação encontrada na área de influência, inclusive a classe área em recuperação. Foi utilizada a ferramenta *Patch Grid* do menu *Spatial Statistics (Fragstats Interface)* após a conversão dos arquivos para *raster*.

Com base nisso, os índices escolhidos foram; índices de densidade de fragmentos; tamanho; forma dos fragmentos; índices de borda; área central e o índice de proximidade entre os fragmentos. A partir das métricas de tamanho, obteve-se o somatório da área todos os fragmentos, o tamanho médio dos fragmentos, número total de manchas e o desvio padrão e coeficiente de variação.

A análise dos dados obtidos foi feita para cada área separadamente e para os três anos. Esse processo foi utilizado para facilitar a interpretação de cada área individualmente e compreender o desmatamento para os diferentes cenários.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTIMATIVA DA EROSIÃO LAMINAR DOS SOLOS

5.1.1 Erosividade da chuva – Fator (R)

Os resultados da análise da erosividade das chuvas mostraram que os valores variaram de 8125,14 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ a 7765,88 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. O valor médio anual encontrado para a área de estudo foi de aproximadamente 7962,71 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, com um desvio padrão de 82,40 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. A distribuição do fator R para a área pode ser vista na Figura 6.

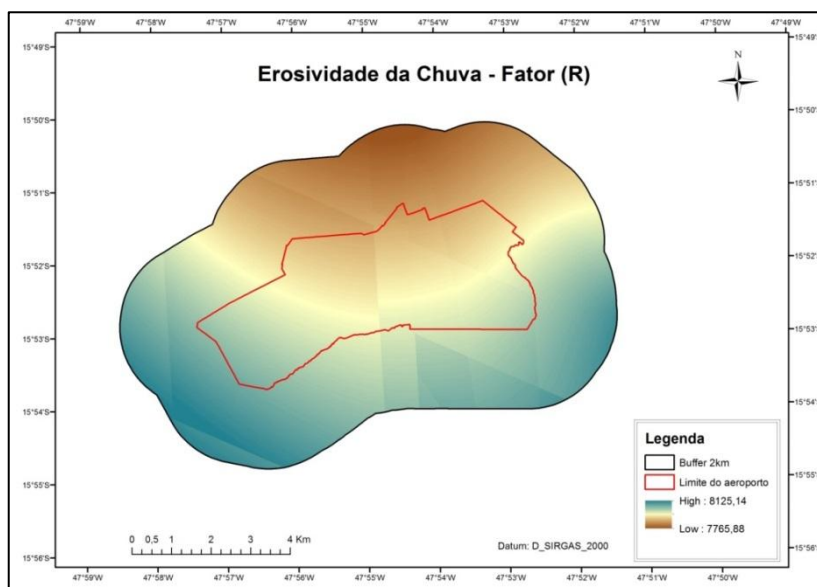


Figura 6 – Fator R – Mapeamento da Erosividade da chuva, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.

5.1.2 Erodibilidade dos solos – Fator (K)

A espacialização do fator (K) está relacionada ao mapa pedológico da área de estudo, visto que a erodibilidade é uma propriedade inerente a cada classe de solo. Por essa razão, ela é fundamental para auxiliar na identificação e conversão dos dados de erodibilidade. Este valor foi determinado a partir do Nomograma de Wischmeier et al. (1971), conforme descrito na Tabela 7 deste manuscrito.

Segundo proposto por Borges (2009) os valores de K foram divididos nas classes de interpretação de erodibilidade, (Tabela 8) sendo organizados em uma nova disposição (Figura 7).

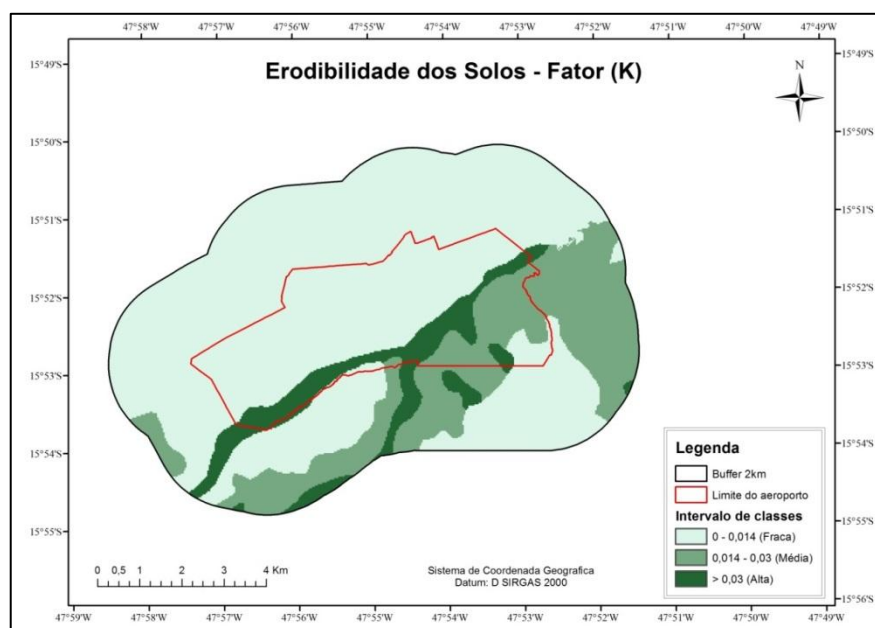


Figura 7 – Fator K – Mapeamento da erodibilidade dos solos, em $t\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$.

Com base na Figura 2 e retomando-se a Tabela 3, a qual expõe o percentual dos tipos de solo encontrados na área de estudo, pode-se inferir que os solos Gleissolos e Plintossolos Pétricos possuem maior erodibilidade. Eles foram agrupados segundo a utilização da metodologia indicada, sendo inseridos na mesma faixa de erodibilidade. Eles possuem valor de K maiores que $0,03\ t\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$ e possuem menor resistência à erodibilidade, ocupando aproximadamente 7,9% da área.

Os tipos de solo classificados na erodibilidade média foram os Latossolos Vermelho-amarelo e os Cambissolos. Esse grupo de classes ocupam 21,5% da área de estudo. As unidades que possuem a maior resistência à erodibilidade (menor erodibilidade) do solo na área de estudo são: Latossolo Vermelho-escuro e Lago, lagoa, represa. Elas representam aproximadamente 70,5% da área. Logo, a maior parte da área de estudo possui solos com erodibilidade média e baixa.

5.1.3 Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas – Fator (CP)

Como já explicado anteriormente, as classes de uso e ocupação do solo para cada ano analisado foram obtidas por meio da interpretação visual das imagens de alta resolução. A Tabela 11 mostra as classes identificadas pela análise para os três anos.

Tabela 11 - Soma e percentual das classes de uso da terra para os três anos avaliados.

Categoria	Soma 2003 (ha)	Usos 2003 (%)	Soma 2009 (ha)	Usos 2009 (%)	Soma 2013 (ha)	Usos 2013 (%)
Área degradada	132,59	1,68	56,32	0,72	62,50	0,79
Área urbanizada	3115,56	39,56	3289,37	41,78	3156,03	40,09
Campos (gramínea) Cerrado Sentido Restrito	1342,99	17,05	1520,68	19,32	1475,68	18,74
Corpo d' água Estrutura operacional do aeroporto	1734,06	22,02	1293,57	16,43	1269,90	16,13
Mata Ciliar e Mata de Galeria	158,64	2,01	145,12	1,84	145,30	1,85
Murundus e veredas	588,36	7,47	807,05	10,25	897,39	11,40
Área em Recuperação	793,89	10,08	675,53	8,58	779,23	9,90
	9,19	0,12	18,56	0,24	6,20	0,08
			66,79	0,85	81,07	1,03
Soma	7875,27	100	7872,97	100	7873,30	100

A Figura 8 mostra os mapas de uso e ocupação para os anos de 2003, 2009 e 2013.

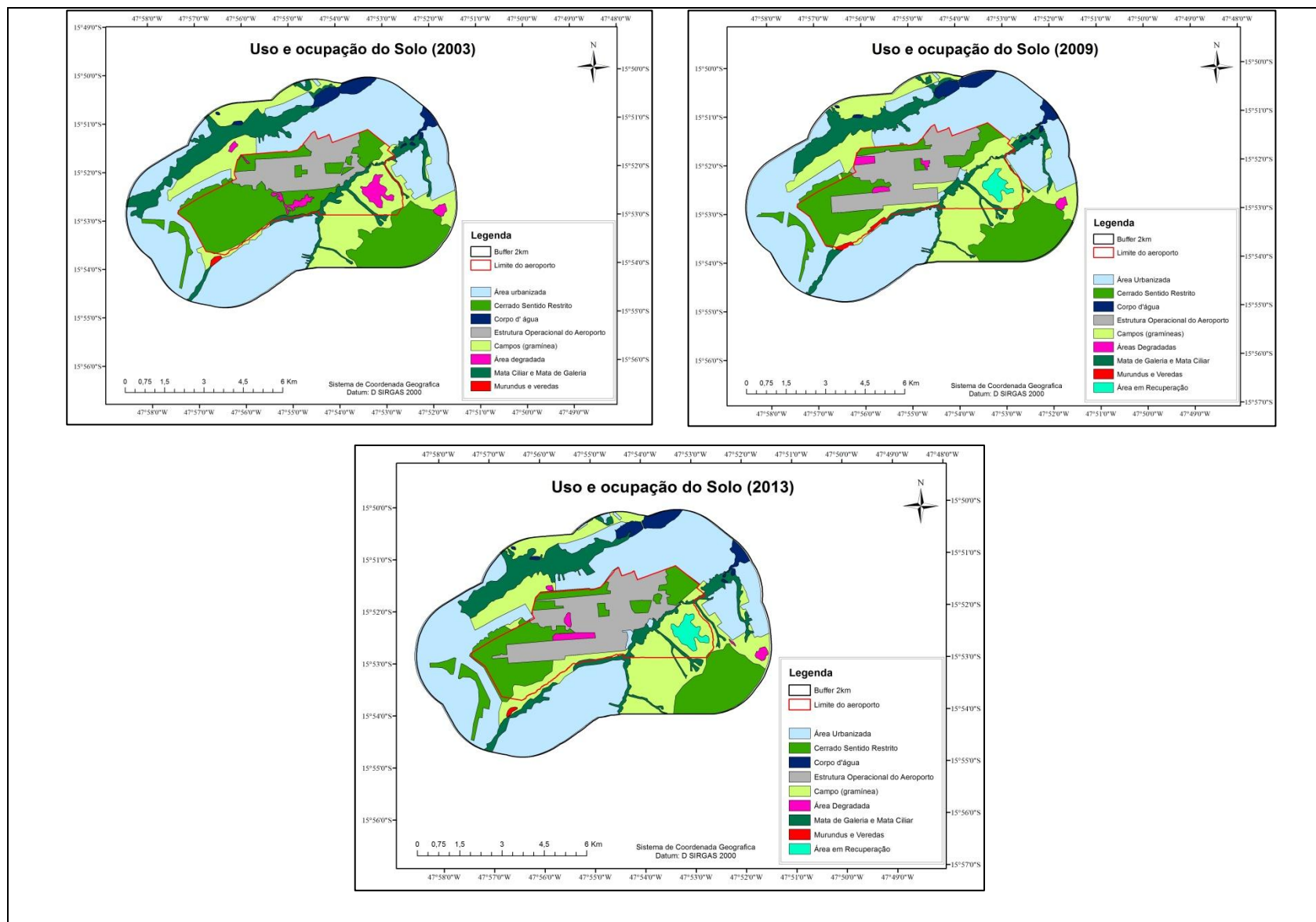


Figura 8 - Mapas de Uso e Ocupação do Solo para os anos 2003, 2009 e 2013.

Com o auxílio da Tabela 11 e da Figura 8 foi possível fazer uma comparação entre o desenvolvimento da área em questão.

Comparação Uso da terra 2003 e 2009

Ocorreu uma retração de área para as categorias “Cerrado Sentido Restrito” e “Mata de Galeria e Mata Ciliar”. Esse evento foi devido (principalmente) a construção da segunda pista de pouso em 2003, envolvendo aproximadamente 230 hectares.

Houve uma diminuição da classe “área degradada”, categoria que foi substituída por “Estrutura Operacional do Aeroporto” visto que havia focos de erosão na área onde foi construída a segunda pista e também com a recuperação da cascalheira. Essa recuperação foi muito importante, visto que a cascalheira encontra-se inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Gama e Cabeça de Veado formando uma zona de proteção fundamental para a vegetação nativa.

Foram localizados novos focos da classe “Murundus e Veredas”. Foi possível em função da melhora na resolução espacial da imagem HRV/SPOT utilizada no ano de 2009. Essas áreas possuem alta relevância, pois o solo para essa fitofisionomia é classificado como Gleissolo, que compreende os solos de origem hidromórfica. As áreas de ocorrência de solo hidromórfico são classificadas de acordo com o Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) como Área de Preservação Permanente (APP) de acordo com seu Artigo 4º, inciso XI.

Surgimento da nova classe “Área em Recuperação” (Cascalheira). Essa área, considerada degradada na classificação visual do ano de 2003 mudou de categoria nos outros anos avaliados. Isso porque o impacto causado pela construção da segunda pista precisou ser mitigado pela empresa que administrava o Aeroporto na época, a INFRAERO objetivando o cumprimento das medidas mitigadoras e compensatórias dos impactos gerados pelo novo empreendimento.

Para a classe “Área urbanizada” houve um aumento do percentual medido (considerada como habitações principalmente). Houve significativo aumento no número de casas e antropização mesmo com a construção da segunda pista de pouso e decolagem. Essa ação demonstra a desobediência da Lei nº 7.565/86 - instituiu o Código Brasileiro de Aeronáutica, em substituição ao Código Brasileiro do Ar, que regulamenta as atividades aeroportuárias como o espaço aéreo e seu uso para fins aeronáuticos, o tráfego aéreo, a

infraestrutura, zonas de proteção, atividades de proteção ao voo, restrições em áreas no entorno dos aeroportos, entre outros.

Importante destacar que, além dessa legislação, a área de entorno do Aeroporto de Brasília, está sujeita a uma legislação específica, a nível federal, que impõe certas restrições quanto ao uso da terra. Uma dessas restrições está relacionada com a segurança das operações do aeroporto e da comunidade localizada em seu entorno. Dessa forma, o Plano Específico de Zona de Proteção do Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek, aprovado pela Portaria nº 71/DGCEA, de 20 de maio de 2005, aprova o Plano Específico da Zona de Proteção do Aeródromo de BRASÍLIA/Pres. Juscelino Kubitschek e dá outras providências;

Comparação Uso da terra 2009 e 2013

Para esse segundo período analisado, houve um aumento da categoria “área degradada” na área de estudo e uma diminuição do percentual do que foi considerado como “área urbanizada” em comparação entre os dois anos (por conta do aumento da estrutura operacional do aeroporto).

Houve uma diminuição da categoria “área urbanizada”. Esse episódio pode ser justificado pela utilização da imagem do Google Earth Pro 2013. Além disso, outras classes acabaram sendo consideradas no lugar das habitações. Esse fato pode ser explicado pelo trabalho dos órgãos ambientais no Distrito Federal que vem atuando com maior austeridade nesses últimos anos;

Aumento da classe “Estrutura Operacional do Aeroporto” que pode ser justificado pelas exigências relacionadas com o aumento da demanda e do compromisso para os grandes eventos Copa do Mundo e Olimpíadas. Para a ampliação das instalações físicas foi necessário supressão de vegetação, como por exemplo, para a instalação do DVOR (Doppler VHF Omnidirectional Radio Range), o sistema de pouso por instrumentos, instalado na segunda pista de pouso e decolagem. Outros exemplos podem ser observados nas Figuras 9, 10 e 11;



Figura 9 – Expansão das áreas comerciais: Primeiro hotel do Aeroporto de Brasília.



Figura 10 – Novo estacionamento de veículos.



Figura 11 - Ampliação da área de embarque. Piso superior.

Apesar de ter havido esse aumento na Estrutura Operacional do Aeroporto, observou-se que a expansão para novas ampliações requeridas foram feitas em locais já pavimentados anteriormente e/ou antropizados. Alguns exemplos podem ser visualizados nas Figuras 12, 13 e 14:



Figura 12 – (a) Construção do Píer Sul. (b) Píer Sul próximo da inauguração.



Figura 13 – (a) Início das Obras do Píer Norte. (b) Obra mais adiantada no Píer Norte.



Figura 14 - Construção de nova taxiway para acesso da segunda pista ao terminal de passageiros.

A adoção dos valores para os fatores antrópicos (fator CP) da EUPS, a partir dos valores citados no item 4.4.1.3 e descritos na Tabela 9, foi possível a construção do Mapa de Uso e Ocupação da Terra para a área de estudo (Figura 15). A Tabela 12 contém os detalhes da área ocupada por classe de uso e ocupação da terra.

Tabela 12 - Área ocupada pelas classes de Fator CP.

Fator CP	Área (ha) 2003	%	Área (ha) 2009	%	Área (ha) 2013	%
0	3862,56	49,05	4241,53	55,32	4198,72	53,33
0,00004	793,88	10,08	665,69	8,68	779,23	9,90
0,00001			66,78	0,87	81,07	1,03
0,0007	1733,66	22,01	1293,57	16,87	1269,9	16,13
0,01	1355,76	17,22	1342,71	17,51	1481,88	18,82
1	129,55	1,64	56,32	0,73	62,5	0,79
Soma	7875,41	100	7666,6	100	7873,3	100

Ressalta-se que no ano de 2003 não existiu a categoria 0,00001 que é correspondente a reflorestamento (área em recuperação), conforme já citado anteriormente. De acordo com a tabela acima, essa categoria teve um aumento entre os anos de 2009 e 2013.

Outra categoria que pode ser destacada possui o valor CP 0,01, correspondente a Campo (limpo/sujo/úmido). Diminuiu sua área entre os anos de 2003 e 2009, voltando a crescer em 2013.

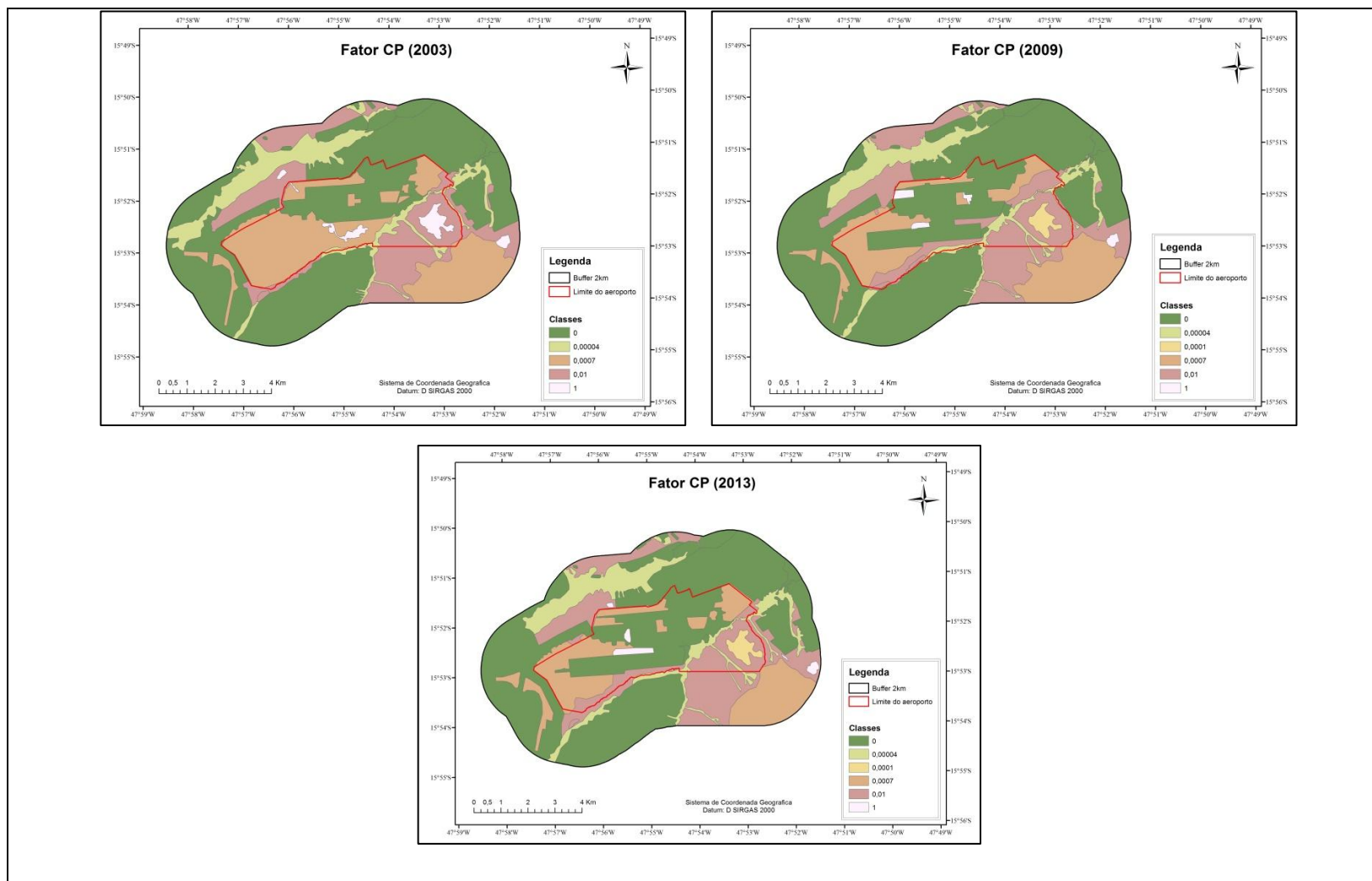


Figura 15 – Mapas de integração de uso e manejo e práticas conservacionistas para os três anos.

Analisando a Figura 15 e a Tabela 12, pôde-se observar que o intervalo predominante para os três anos foi o referente ao valor 0 (zero). Ele corresponde ao uso espaço urbano consolidado, que conforme já citado na metodologia, está classificado como a Área Operacional do Aeroporto, a Área urbanizada e também a categoria Lago/lagoas e reservatórios correspondendo a 49,1%, 55,3% e 53,3% do total.

O campo reclassificado como reflorestamento, no caso a categoria área em recuperação não existia no ano de 2003, representava um percentual de 0,8% em 2009 e em 2013 obteve um pequeno aumento ficando 1%.

O grupo áreas degradadas, representado pelo valor 1, teve um decréscimo de 2003 para 2009 (como foi discutido na variável uso da terra) e teve um aumento para o ano de 2013.

Entretanto, foi inegável o decréscimo da categoria Cerrado (0,0007). No decorrer dos 3 anos houve diminuição significativa, ainda mais comparada ao intervalo de 2003 e 2009, fator relacionado à construção da segunda pista de pouso e decolagem.

5.1.4 Fator Topográfico – Fator (LS)

Conforme metodologia descrita no item 4.3.1.4, o mapa do Fator Topográfico foi elaborado a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), gerado a partir da interpolação dos pontos cotados e das curvas de nível na escala de 1:10.000 do SICAD/SITURB.

A amplitude dos valores variou em um mínimo de 1.005 metros e um máximo de 1.135 metros. O valor médio apresentado foi de 1.051,82 metros e o desvio padrão foi de 33,18. O resultado pode ser verificado na Figura 16.

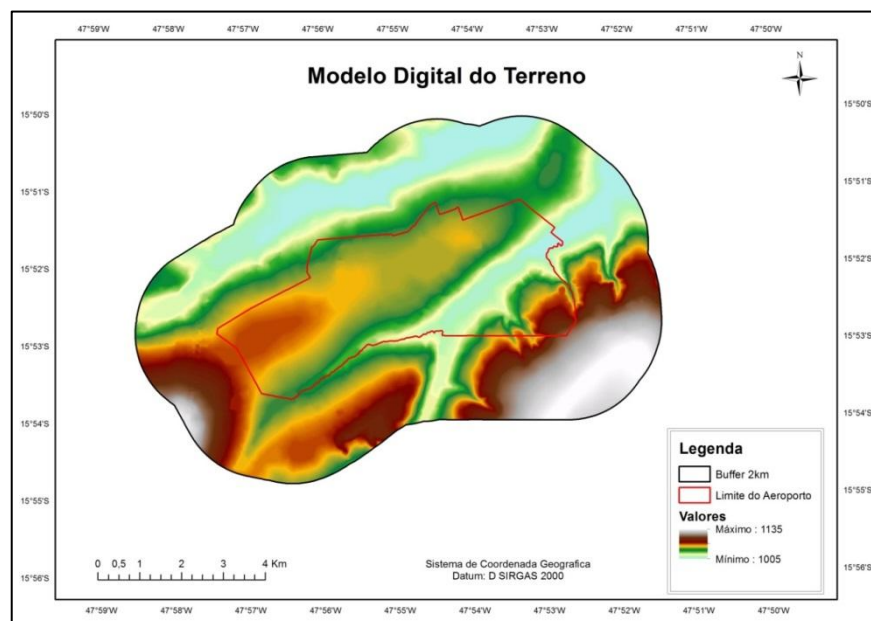


Figura 16 - Modelo Digital de Terreno da região estudada.

O arquivo matricial da curvatura foi reclassificado em duas classes: igual à zero (superfície retilínea) e maior que zero (superfície côncava). A Figura 17 mostra o mapa de curvatura considerado para esse trabalho.

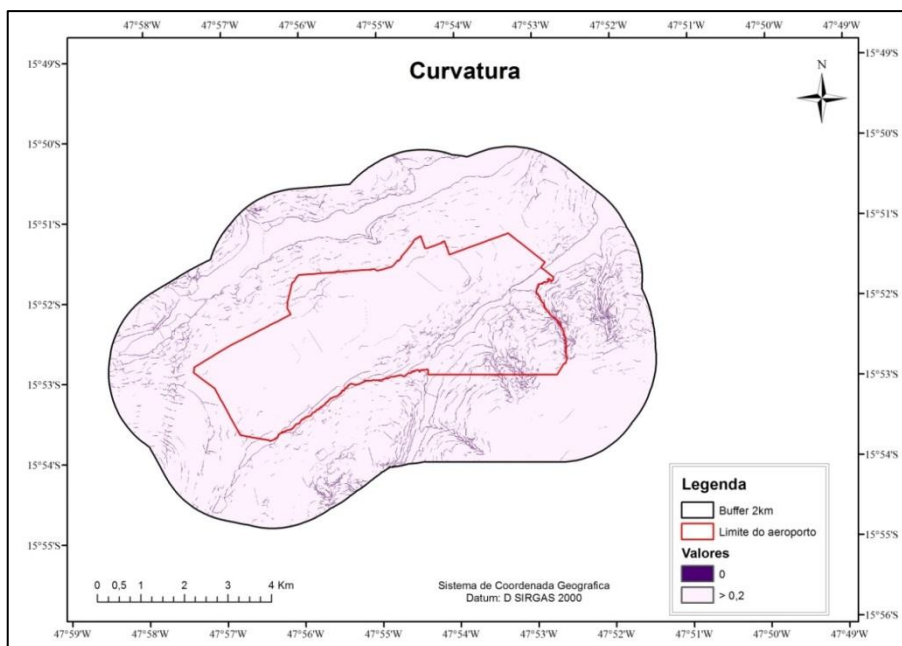


Figura 17 – Mapa de curvatura.

No mapa, os valores atribuídos para zero, significam que a perda de solo foi nula. Ou seja, que o terreno representado é côncavo. Está apresentando amplitude maior ou igual a 0,2. Seguindo a legenda, os valores maiores que 0,2 são os casos em que a EUPS se aplica. Essa equação é eficiente para modelar terrenos convexos e lineares.

A amplitude de valores variou entre -20,19 metros (superfície convexa) e 24,5 metros, com valor médio de 0,0006 metros e Desvio Padrão de 0,25 metros.

Como foi citado na metodologia, o MDT originou diversos mapas. Outro mapa derivado dessa variável foi o arquivo matricial referente à variável direção do fluxo (Figura 18).

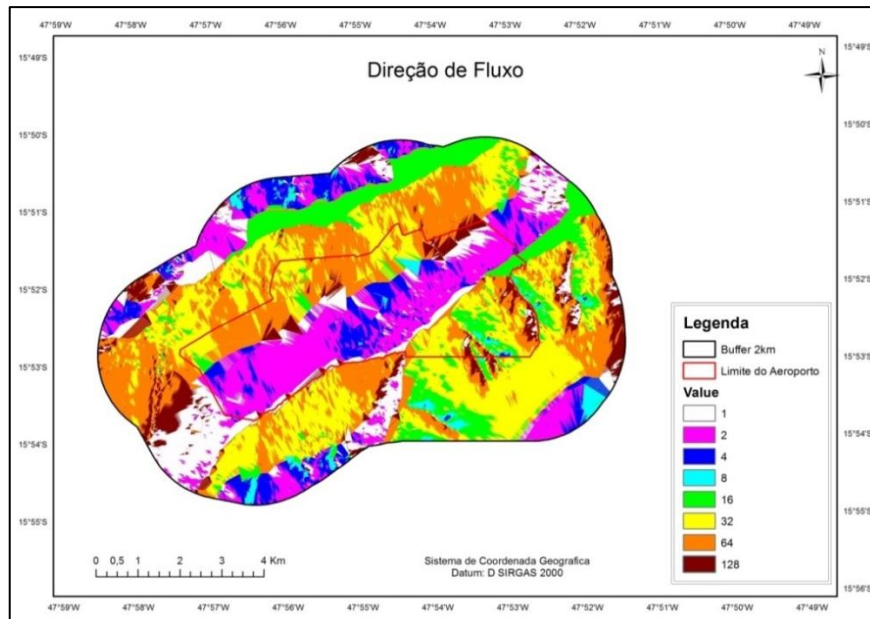


Figura 18 - Mapa de direção do fluxo.

Com base no fluxo de direção (*flow direction*) foi gerado mapa de acúmulo de fluxo, utilizando a ferramenta *flow accumulation* para visualizar os pontos que recebem maior acumulação com uma amplitude de valores de 0 a $7,039 \times 10^6$ (Figura 19).

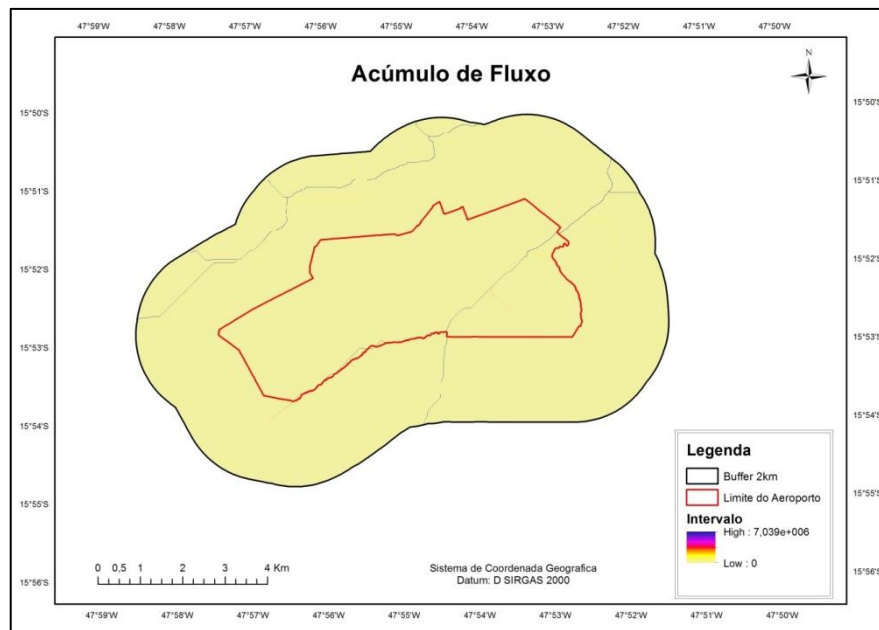


Figura 19 - Mapa especificando onde ocorre maior acumulação na área de estudo.

O acúmulo de fluxo corresponde ao valor acumulado de fluxo das células à montante. Seu limiar é escolhido de forma que, ao ser ultrapassado, as células que apresentarem valor acima deste são consideradas como parte de um curso d'água (THOMPSON; FIDALGO, 2013).

A partir do MDT foi gerado o mapa de declividade, como pode ser visualizado na Figura 20.

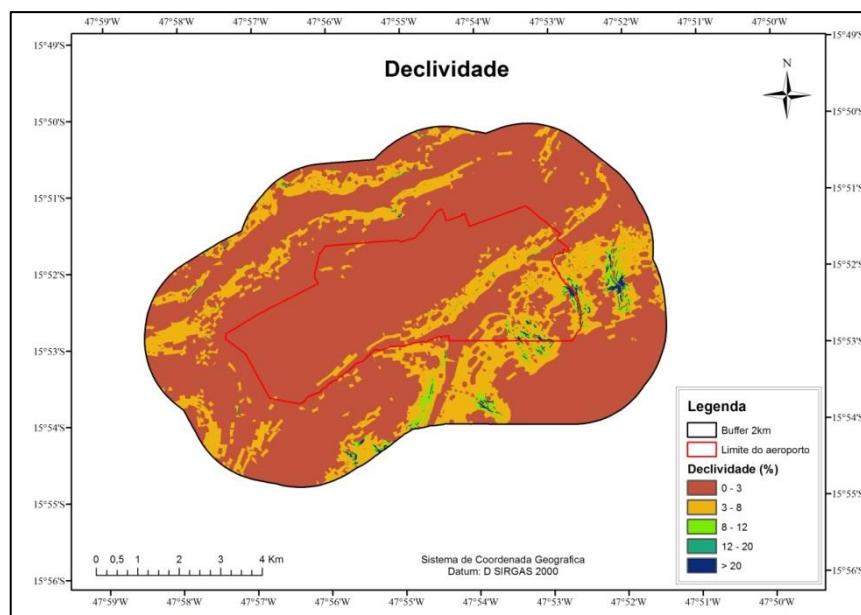


Figura 20 – Mapa de declividade.

Os valores da declividade na área de estudo variaram entre 0 e 33°. A partir destes dados, o arquivo matricial representando a variável declividade foi reclassificado em 5 classes, conforme pode ser visualizado no mapa de declividade na Tabela 13.

Tabela 13 - Distribuição de intervalo de classes de declividade para cada área correspondente.

Intervalos	Área (ha)	%
0 a 3	6017,85	76,43
3 a 8	1694,97	21,53
8 a 12	116,99	1,49
12 a 20	40,42	0,51
> 20	3,56	0,04

De acordo com a Tabela 13 e a Figura 20, os menores intervalos entre 0 – 5° foram predominantes para a área de estudo, mesmo considerando a variação na amplitude para essa variável.

Também foram gerados os mapas do fator comprimento de rampa (L) (Figura 21). O fator (L) apresenta amplitude de 0 a 1, com média de 0,05 e desvio padrão de 0,22.

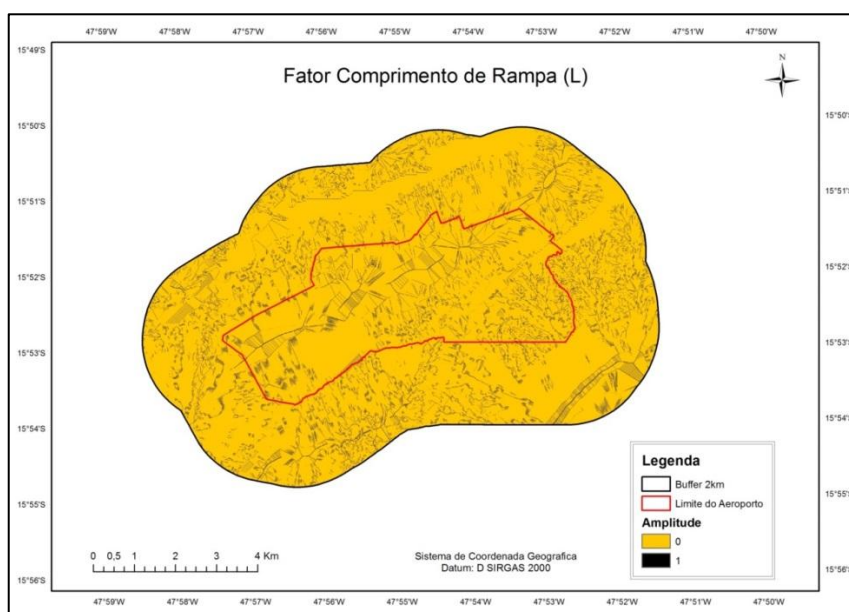


Figura 21 - Mapa do comprimento de rampa da área de estudo.

O fator declividade apresenta amplitude de 0 a 1, com média de 0,16 e desvio padrão de 0,36. O mapa pode ser visto na Figura 22.

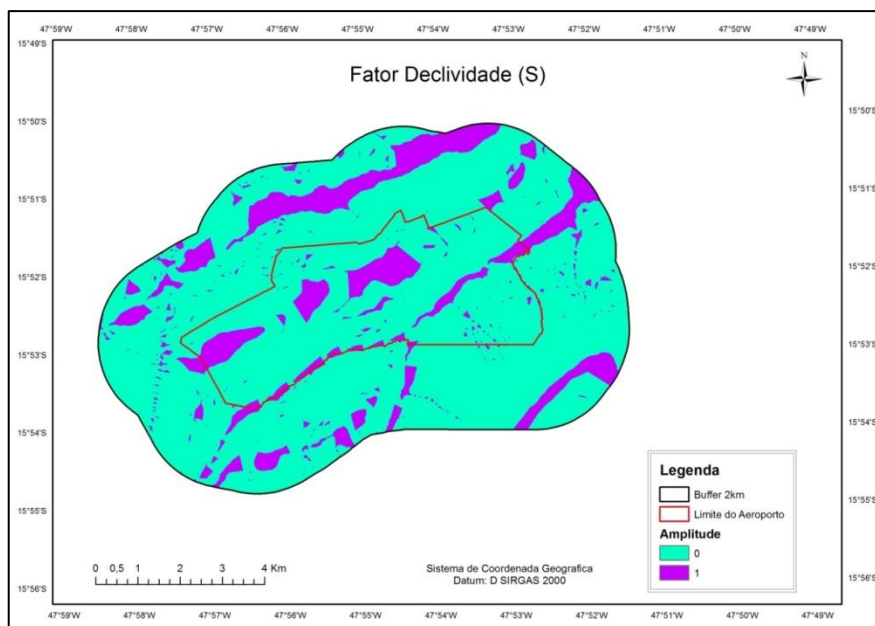


Figura 22 – Mapa de representação da declividade da área de estudo.

A interpolação do fator comprimento de rampa (L) e declividade (S) gerou o fator (LS) (Figura 23).

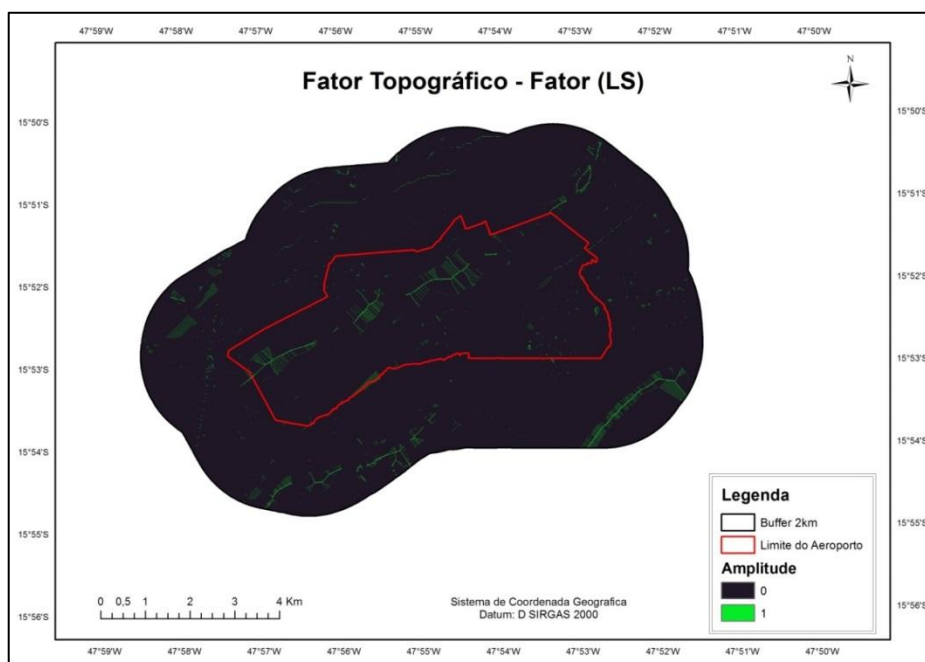


Figura 23 - Mapa de representação do fator topográfico na área de estudo.

O fator LS apresenta amplitude de 0 a 1, com média de 0,16 e desvio padrão de 0,36. Segundo Souza e Matricardi (2012), áreas com baixo fator LS estão mais sujeitas a

erosão laminar devido ao maior comprimento de rampas e conseqüentemente maior velocidade de escoamento.

Frota (2012) classificou os valores determinados para o fator LS em: amenizador ($LS < 0,99$), por tratar-se de uma classe onde o papel do relevo não é, matematicamente, acelerador, mas sim amenizador do processo erosivo; neutro ($LS = 1$), pois a participação do fator LS é nula (elemento neutro de multiplicação); e acelerador ($LS > 1$).

Neste caso, verifica-se que o valor resultante da perda de solo é ampliado, mostrando a participação do relevo cada vez maior na aceleração do processo de perda de solo em função do aumento do valor LS. De acordo com a EUPS, a integração entre os fatores L e S é o que determinará a real influência da topografia no processo de perdas de solo por erosão laminar. Em termos práticos, quanto maior o comprimento das rampas e mais acentuado o declive, maior será a velocidade do escoamento superficial na vertente e o conseqüente transporte de sedimentos.

5.1.5 Perda de solo

Os valores de perda de solos na área variam de 0 a 99,61 t ha⁻¹ ano⁻¹ para o ano de 2003; 0 a 103,26 t ha⁻¹ ano⁻¹ para o ano de 2009; e 0 a 103,27 t ha⁻¹ ano⁻¹ para o ano de 2013.

Ao analisar a Figura 24 pode-se perceber que a maior perda de solo para a área de estudo ocorreu, em grande maioria, abaixo de 0,25 t ha⁻¹ ano⁻¹. Segundo Xavier et al. (2013) valores menores que 10 t ha⁻¹ ano⁻¹ são classificados como baixo grau de erosão.

No estudo realizado por Souza e Matricardi (2012) para a Área de Proteção Ambiental Gama e Cabeça de Veado, Distrito Federal, o risco de erosão laminar foi considerado abaixo dos valores críticos, de forma que 96,4% da área estudada (a APA) apresentava perda abaixo de 10 t ha⁻¹ ano⁻¹. Como o aeroporto está inserido nessa área de preservação, pode-se inferir que o comportamento observado foi similar.

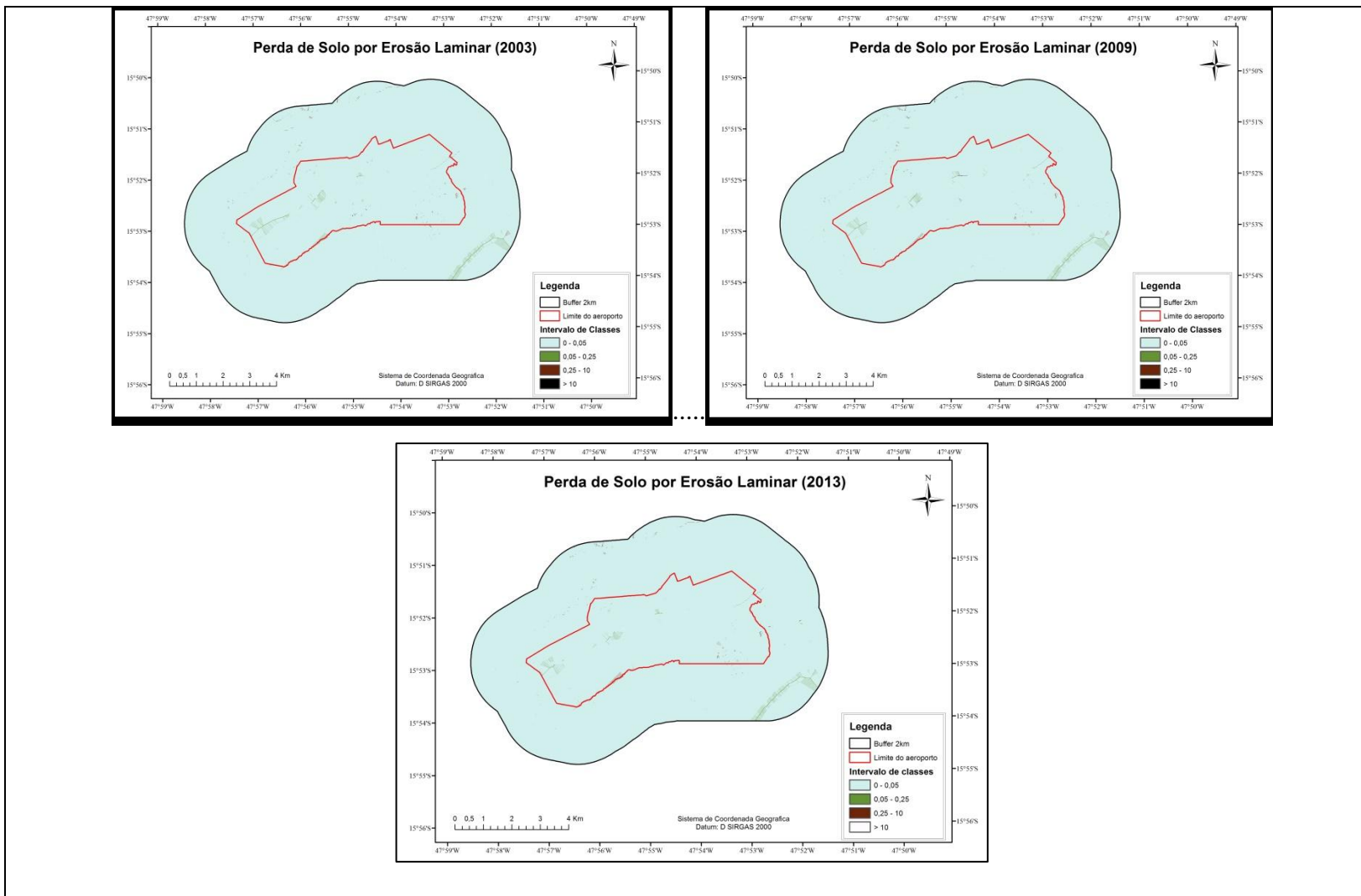


Figura 24 - Perda de solo por erosão laminar para os anos de 2003, 2009 e 2013.

Os valores da EUPS foram reclassificados e estão apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16 em uma organização por categoria (área do aeroporto, entorno e ambas as áreas e pelos 3 anos).

Tabela 14 - Intervalos de classe da EUPS para cada categoria analisada para o ano de 2003.

Intervalo	Área Total	%	Aeroporto	%	Entorno	%
0 - 0,05	7836,29	99,64	2140,28	99,43	5696,01	99,72
0,05 - 0,25	21,86	0,28	10,17	0,47	11,69	0,20
0,25 -10	6,05	0,08	1,55	0,07	4,50	0,08
> 10	0,48	0,01	0,46	0,02	0,02	0,00

Para o ano de 2003, é possível constatar que a faixa predominante para as 3 categorias está entre 0 e 0,05. A diferença mais significativa foi encontrada no percentual de perda de solo do intervalo de 0,05 a 0,25 t ha⁻¹ ano⁻¹ para o Aeroporto.

Tabela 15 - Intervalos de classe da EUPS para cada categoria analisada para o ano de 2009.

Intervalo	Área Total	%	Aeroporto	%	Entorno	%
0 - 0,05	7841,66	99,68	2144,19	99,54	5697,47	99,74
0,05 - 0,25	17,90	0,23	6,25	0,29	11,65	0,20
0,25 -10	6,23	0,08	2,76	0,13	3,47	0,06
> 10	0,84	0,01	0,84	0,04	0,00	0,00

No ano de 2009, é possível constatar que a faixa predominante para as 3 categorias está entre 0 e 0,05. Não houve nenhum sobressalto no percentual de perda de solo.

Tabela 16 - Intervalos de classe da EUPS para cada categoria analisada para o ano de 2013.

Intervalo	Área Total	%	Aeroporto	%	Entorno	%
0 - 0,05	7844,84	99,68	2145,97	99,55	5698,87	99,73
0,05 - 0,25	18,07	0,23	6,06	0,28	12,01	0,21
0,25 -10	6,69	0,09	3,06	0,14	3,63	0,06
> 10	0,64	0,01	0,64	0,03	0,00	0,00

O ano de 2013 teve o mesmo comportamento de 2009.

5.1.6 Análise da fragmentação - métricas de paisagem

O mapeamento e análise dos fragmentos por meio de métricas da paisagem podem ser visualizados na Figura 25. É possível ver a evolução da fragmentação da área de estudo para os 3 anos analisados.

Verificando o desenho, notou-se que a área do aeroporto obteve maior fragmentação de vegetação, ou seja, foi mais antropizada. Houve maior degradação, construção, supressão de vegetação. Essa avaliação está detalhada nas tabelas geradas pela extensão do *Patch analyst* a seguir.

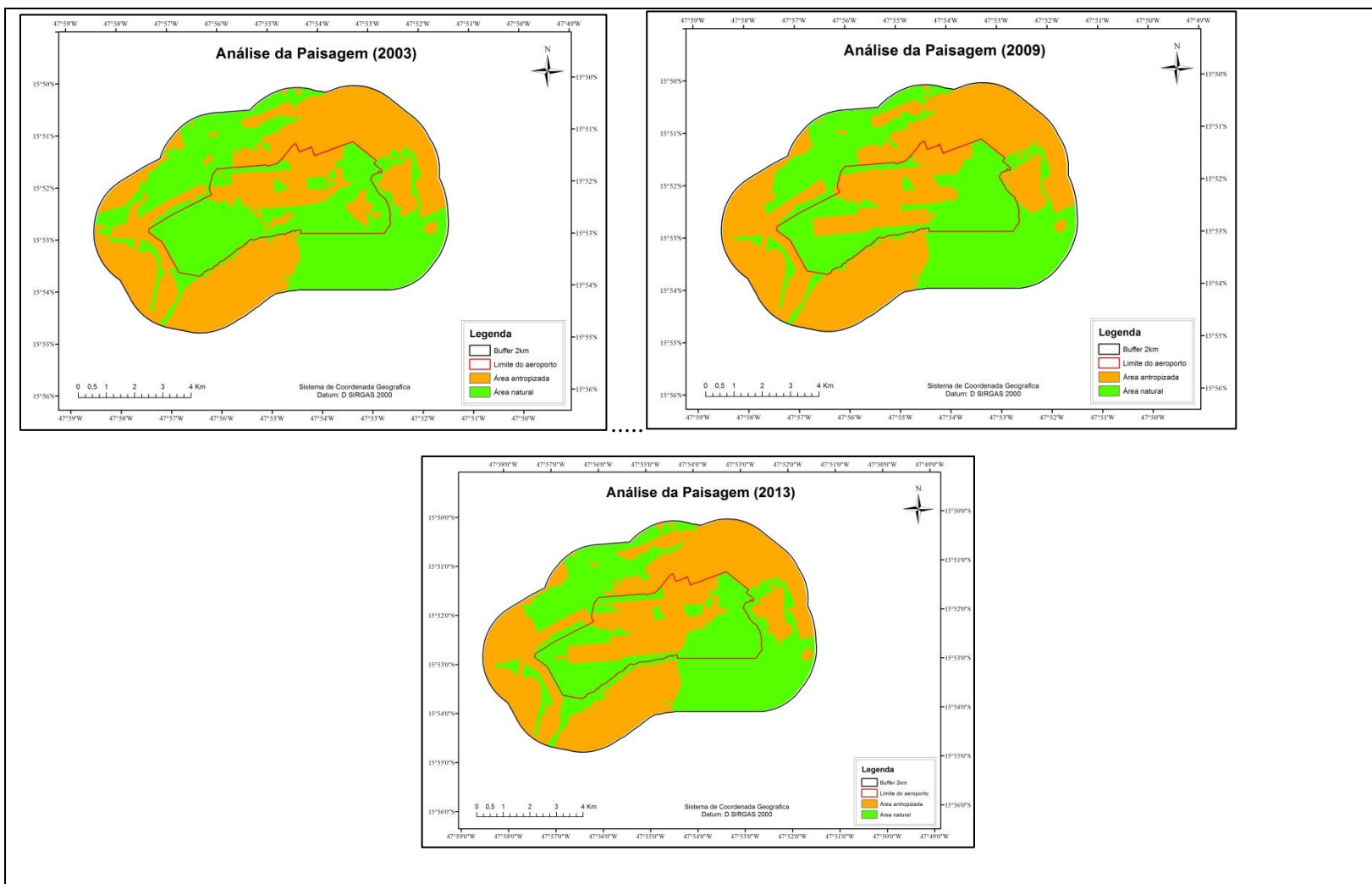


Figura 25 - Fragmentação da vegetação para os três anos a partir da divisão em classes área antropizada e área natural.

Os valores da fragmentação da vegetação foram separados em 3 grupos: área total, área do aeroporto e área do entorno para os diferentes anos a fim de avaliar o impacto da urbanização e da atividade do aeroporto, assim como expansão sobre a vegetação. Nas Tabelas 17, 18 e 19 estão apresentados os resultados dessa avaliação para os anos de 2003, 2009 e 2013.

Tabela 17 - Análise dos fragmentos para os três anos considerando a área do aeroporto.

Índices	2003	2009	2013
Área de classe (CA)	14571	12920	12043
Tamanho médio da mancha (MPS)	2428	1875	1720
Número de manchas (NUMP)	8	7	7
Desvio padrão do tamanho (PSSD)	47857	42065	36487
Desvio padrão do tamanho (PSCOV)	19705	22789	21207
Número de bordas (TE)	63820	52470	57230
Densidade de bordas (ED)	296	243	265
Índice de forma médio (MSI)	183	158	164
Dimensão fractal da mancha média (MPFD)	108	106	106
Distância média do vizinho mais próximo(MNN)	1370	1122	7437
Área central total (TCA)	14331	12713	11816
Área central média (MCA)	2388	2542	1969
Desvio padrão da área central (CASD)	47261	47193	38126
Coeficiente de variação da área central (CACOV)	19786	18560	19359
Índice de área central total (TCAI)	9835	9840	9211

O índice Área de Classe (CA), estimado para 2003 foi bem maior para a categoria de área natural ou vegetação remanescente (14.571 hectares). Nos outros anos houve significativa diminuição desse índice, passando para 12.920 hectares e depois para 12.043 hectares, em 2009 e 2013, respectivamente. Tais alterações estão relacionadas à ampliação do aeroporto no ano de 2009. A construção da segunda pista foi a principal responsável por essa modificação no primeiro período. No segundo período (2009 a 2011), observou-se a diminuição dos fragmentos de vegetação nativa, embora tenham sido realizadas ampliações em locais já antropizados.

Segundo Guimarães (2011), a localização da área desmatada para a construção da segunda pista de pouso e decolagem correspondia a uma das principais conexões naturais dos parques urbanos, além das extensas áreas verdes da APA Gama e Cabeça de Veado, assinalando a perda da biodiversidade em prol da expansão das atividades sociais humanas.

Mesmo com a execução dos programas ambientais e o cumprimento das exigências legais vinculadas à Licença de Operação nº 006/2005 visando atenuar os impactos negativos da segunda pista de pouso e decolagem, esse período trouxe maior prejuízo para a vegetação nativa contida nessa área.

O tamanho médio da mancha (MPS) estimado para os três anos de análise mostrou que a expansão do aeroporto causou a redução dos valores de MPS, indicando que houve pressão antrópica sobre a vegetação nativa. Para McGarigal e Marks (1995), uma paisagem constituída de fragmentos de menor tamanho médio pode estar mais fragmentada.

O número de manchas para a área total (NUMP) teve um decréscimo no primeiro período (2003 a 2009) e se manteve constante no segundo período (2009 a 2013). Tal resultado indica que as empresas administradoras do aeroporto buscaram mitigar impactos ambientais no contexto de seu limite jurisdicional.

A distância média do vizinho mais próximo entre os fragmentos (MNN) foi bastante grande para os três anos de análise. Entretanto, observou-se que para o último ano (2013), a distância ficou ainda maior, indicando que as ampliações realizadas na área do aeroporto tornaram as manchas mais afastadas e isoladas. Segundo Oliveira (2011b) em regiões onde o processo de fragmentação está muito avançado, o aumento da distância entre os fragmentos florestais dificulta o deslocamento da biota entre os fragmentos, indicando a implantação de corredores ecológicos para favorecer o fluxo de animais e plantas, e recuperar a dinâmica dos fragmentos.

Avaliando o tamanho total das manchas centrais para as áreas naturais (TCA), verificou-se que este valor sofreu uma redução para os três anos. Em geral, quanto menor a área do fragmento e maior o isolamento destes, maiores são os riscos de extinções determinísticas e estocásticas de espécies vegetais e animais (McArthur e Wilson, 1967; Metzger, 1999).

Tabela 18 - Análise dos fragmentos para os três anos considerando a área do entorno.

Índices	2003	2009	2013
Área de classe (CA)	23817	22250	23771
Tamanho médio da mancha (MPS)	1587	6014	2161
Número de manchas (NUMP)	15	37	11
Desvio padrão do tamanho (PSSD)	37941	24112	45607
Desvio padrão do tamanho (PSCOV)	23895	40096	21104
Número de bordas (TE)	127120	123270	132860
Densidade de bordas (ED)	227	220	237
Índice de forma médio (MSI)	227	163	233
Dimensão fractal da mancha média (MPFD)	115	108	116
Distância média do vizinho mais próximo(MNN)	5923	3406	3839
Área central total (TCA)	23355	21808	23288
Área central média (MCA)	1557	1090	2328
Desvio padrão da área central (CASD)	37345	31381	46396
Coefficiente de variação da área central (CACOV)	23984	28778	19923
Índice de área central total (TCAI)	9806	9801	9797

No ano de 2003 o índice Área de Classe (CA) era de (23.817 hectares). Entre o ano de 2009 e 2013 houve significativa diminuição desse índice, passando de 22.250 hectares, aumentando para 23.771 hectares. Tal aumento do CA entre os anos de 2003 a 2009 indica o aumento da urbanização e da ocupação nos bairros próximos ao aeroporto, havendo uma diminuição e maior estabilização no ano de 2013.

Houve um aumento do Tamanho Médio dos fragmentos (MPS) no período de 2003 a 2009, ocorrendo redução no período de 2009 a 2013. Esse dado indica que a pressão antrópica aumentou ao longo do período de análise na área do entorno.

Esses dados ratificam a deficiência do planejamento e ocupação do solo das áreas urbanas do Distrito Federal. E, mais especificamente, a cada ano, as construções ficam mais próximas do aeroporto, diminuindo a qualidade de vida da população e comprimindo o espaço antes destinado a conservação da natureza. Segundo Caldas (2008), os casos de contínuo desrespeito aos regulamentos voltados para controle do uso do solo urbano, identificáveis pelas recorrentes alterações das orientações definidas nos Planos Diretores Municipais, asseguradas pela flexibilização necessária à sustentação de políticas e projetos momentâneos, ou por pressões especulativas do mercado, onde o parcelamento do solo, regulado pela Lei Federal 6.766/79, foi nitidamente negligenciado nos processos de construção do espaço nas cidades.

Avaliando o tamanho total das manchas centrais (TCA) pode-se verificar que este valor sofreu redução entre os anos de 2003 e 2009, voltando a aumentar em 2013. Como a

área central reforça a borda do fragmento, pode-se considerar que a cobrança realizada pelos órgãos de controle no controle do crescimento urbano e do uso do solo foi importante para aumentar esse índice e o tamanho das manchas.

A estimativa da distância média do vizinho mais próximo entre os fragmentos (MNN) indica uma redução de 2003 para 2009 e um aumento no período de 2009 a 2013 mostrando que os fragmentos estão se tornando mais isolados.

O valor do coeficiente de variação do tamanho da mancha (PSCOV) igual a 23895%, 40096% e 21104% para 2003, 2009 e 2013. Tal resultado indica a existência de fragmentos com valores de área muito acima e/ou muito abaixo do valor médio.

Tabela 19 - Análise dos fragmentos para os três anos considerando a área total.

Índices	2003	2009	2013
Área de classe (CA)	38388	35170	35815
Tamanho médio da mancha (MPS)	6398	8792	3979
Número de manchas (NUMP)	6	4	9
Desvio padrão do tamanho (PSSD)	13844	14714	80038
Desvio padrão do tamanho (PSCOV)	21638	16735	20113
Número de bordas (TE)	151760	135070	138930
Densidade de bordas (ED)	195	174	179
Índice de forma médio (MSI)	227	275	191
Dimensão fractal da mancha média (MPFD)	109	112	107
Distância média do vizinho mais próximo(MNN)	1096	2515	8778
Área central total (TCA)	37831	34668	35289
Área central média (MCA)	4728	3151	5041
Desvio padrão da área central (CASD)	12143	97022	86490
Coefficiente de variação da área central (CACOV)	25680	30784	17156
Índice de área central total (TCAI)	9855	9857	9853

O índice área de classe (CA) teve uma diminuição de 2003 a 2009, havendo um aumento no período de 2009 para 2013. A retração desse índice expressou que a vegetação nativa foi substituída e/ou suprimida. Nesse caso, ocasionada pela expansão da urbanização e da área operacional do aeroporto. O aumento desse índice no segundo período indicou que houve maior preocupação com a preservação das áreas naturais.

Houve um aumento do Tamanho Médio dos fragmentos (MPS) no ano de 2003 a 2009 advindo das ações corretivas do impacto causado pela construção da segunda pista de pouso e decolagem. Considerando a análise da área total, as ações corretivas foram bastante benéficas para agrupar a vegetação nativa já existente. Um exemplo desse fato foi a recuperação da cascalheira, que integrou o fragmento relativo à vegetação nativa após sua alteração de categoria na interpretação visual do Uso da Terra para o ano em questão.

Contudo, no ano de 2013 houve uma diminuição do valor considerado para essa variável. A pressão antrópica sobre a vegetação nativa gerou alteração na área. Segundo McGarigal e Marks (1995) as paisagens que apresentam menores valores para tamanho médio de fragmento devem ser consideradas como as mais fragmentadas, pois de acordo com Valente (2001) o tamanho médio dos fragmentos é considerado um bom indicativo do grau de fragmentação por ser função do número de fragmentos e da área total ocupada por floresta nativa.

O número de manchas para a área total (NUMP) teve um decréscimo no primeiro período (2003 – 2009), indicando que existiu impacto com a expansão do aeroporto e com a urbanização da área correspondente ao seu entorno nesta época. Para o segundo período analisado, o número de manchas aumentou, mostrando que as determinações dos órgãos de controle de Uso do Solo e de preservação ambiental foram surtindo efeito sobre o local.

O valor elevado do coeficiente de variação do tamanho da mancha (PSCOV) igual a 21.638%, 16.735% e 20.113% para 2003, 2009 e 2013, respectivamente. Tal resultado indica a existência de fragmentos com valores de área muito acima e/ou muito abaixo do valor médio.

Avaliando o tamanho total das manchas centrais (TCA) para áreas naturais, pode-se verificar que este valor teve diminuição entre o ano de 2003 e 2009 e um aumento em 2013, mostrando que as práticas realizadas pelas empresas administradoras dos aeroportos e pelos órgãos de controle ambiental auxiliaram no aumento dos fragmentos.

A distância média do vizinho mais próximo entre os fragmentos (MNN) aumentou durante os três anos, ocorrendo maior diferença para o ano de 2013, o que significa que a distância entre os fragmentos está aumentando.

5.1.7 Análise da fragmentação – Efeito de Borda

O efeito de borda faz análise do impacto da fragmentação onde existem valores nulos. Como o tamanho e a forma das unidades estão diretamente relacionados com o efeito de borda, percebe-se que as áreas íntegras vão ficando menores.

A análise desse parâmetro mostrou que houve uma perda na área núcleo com a expansão do aeroporto e com a antropização, mas que recentemente o trabalho realizado pelos órgãos de controle e pelas empresas que administram os aeroportos auxiliaram no aumento da borda dos fragmentos. Esses dados podem ser visualizados na Figura 26 e na Tabela 20.

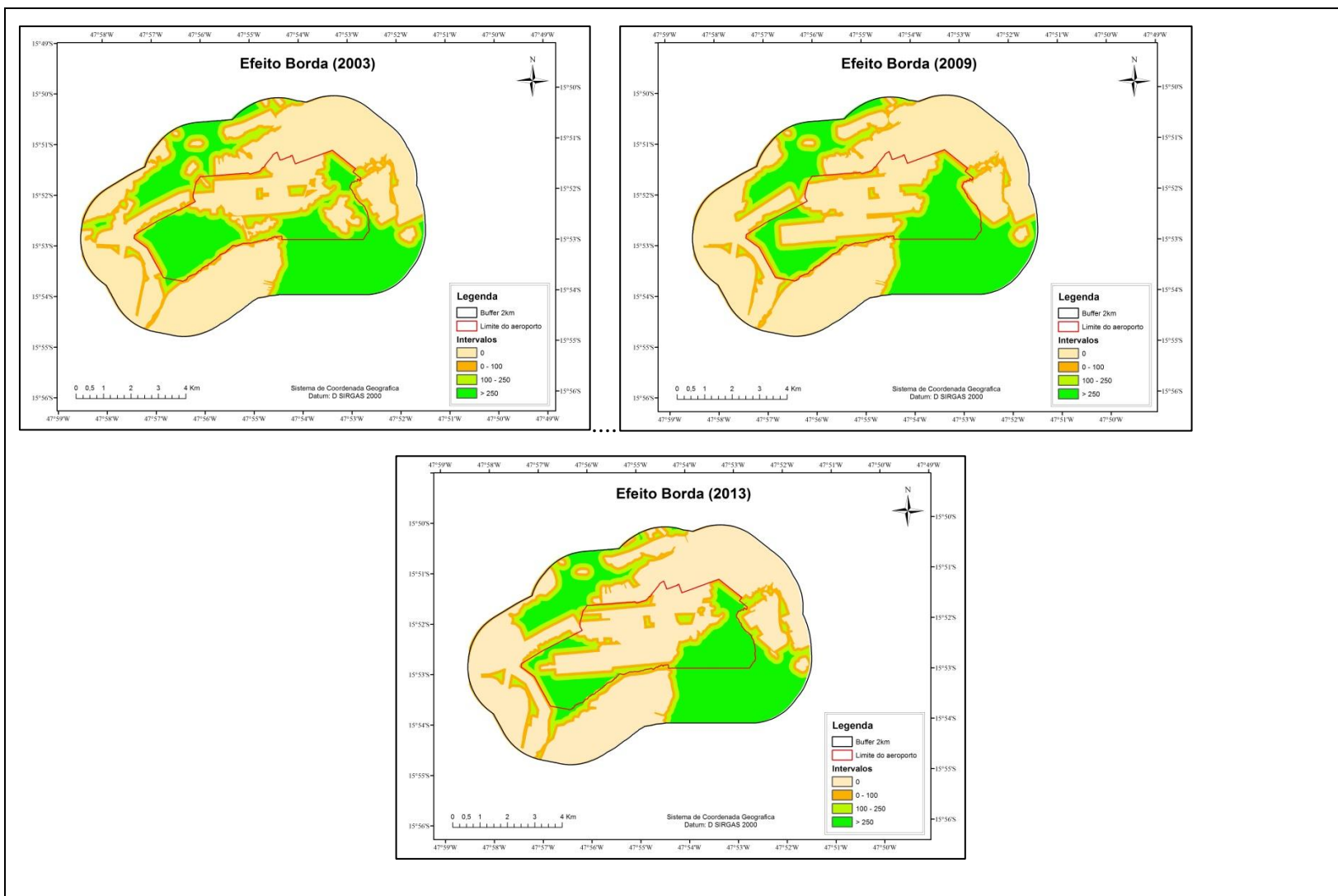


Figura 26 – Efeito de borda para os três anos analisados.

Na Tabela 20 foi separado por intervalos de classe cada ano considerado, em hectares a fim avaliar os impactos do desmatamento para a região.

Tabela 20 - Extensão para cada ano analisado dividido por classes.

Intervalo de Classes	Área (ha) 2003	Área (ha) 2009	Área (ha) 2013
0	3910,82	4232,25	4167,82
0 - 100	1040,90	897,00	963,54
100 -250	903,73	758,83	841,55
> 250	2007,25	1974,60	1889,78

O intervalo de classe com valores nulos teve acréscimo de área entre os anos de 2003 e 2009, contudo houve diminuição desse valor no ano de 2013. Esse comportamento também ocorreu no intervalo de classe para valores maiores que 250. Entre 2003 a 2009 houve a expansão do aeroporto e o desenvolvimento das áreas vizinhas ao aeroporto. Esses fatores contribuíram para a diminuição da vegetação nativa da região. Entre o ano de 2009 e 2013, pode-se observar ainda uma redução, porém menos intensa. Os intervalos de classe intermediários apresentaram uma redução entre os anos de 2003 a 2009, havendo um aumento no ano de 2013.

6 CONCLUSÃO

A perda de solo foi considerada de baixa intensidade para a área do aeroporto, o entorno e área total para o período avaliado. Souza e Matricardi (2012) também obtiveram valores similares de erosão laminar em outro estudo para a APA Gama Cabeça de Veado, onde a área do aeroporto está inserida (SOUZA; MATRICARDI, 2012).

A variável CP teve influência para a aquisição desse resultado, pois a partir da análise dos fatores antrópicos, pôde-se perceber que a área era ocupada predominantemente pela categoria classificada como “espaço urbano consolidado”, que engloba principalmente a estrutura operacional do aeroporto e a área urbanizada, qualificadas com CP igual 0,0000.

Percebeu-se a substituição da vegetação nativa pela urbanização da área estudada para os três avaliados, fator que confirma esse dado.

Para a fragmentação de vegetação, a separação das categorias em área total, área do aeroporto e área do entorno mostrou que o maior impacto foi causado na área do aeroporto, apesar de toda a área de estudo ter sido modificada.

A análise dos índices da métrica de paisagem mostraram que, de uma maneira geral, o desmatamento apresentou uma retração. Esse quadro mostra a evolução do Poder Público, pois a fiscalização e desenvolvimento das leis impediram que houvessem maiores perdas de vegetação nativa. Um exemplo desse fato foi a atuação do órgão ambiental para o cumprimento da condicionante para compensação da Cascalheira.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as informações obtidas nesse trabalho formam um conjunto de dados que ajudam a compor a caracterização temporal de uma área sobre diversos aspectos (físicos, socioeconômicos e ambientais), auxiliando a entender a dinâmica e eventos voltados para o impacto principal que se deseja relacionar: a atividade desenvolvida no aeroporto.

O impacto socioeconômico, causado pela urbanização, juntamente com os efeitos da atividade aeroportuária puderam ser avaliados com a utilização dos parâmetros da EUPS e os índices da ecologia da paisagem, mostrando separadamente como cada área foi influenciada de diferentes formas.

Esse trabalho se torna importante para auxiliar as ações do Poder Público e do Administrador Aeroportuário a fim de que eles não descuidem sua atenção de questões como a sustentabilidade e como a preocupação com o meio ambiente. Segundo Martins (2008) a compatibilidade de um aeroporto com seu entorno é um objetivo que pode ser alcançado mediante o planejamento apropriado do aeroporto, o controle das fontes geradoras de poluição e o planejamento do uso do solo da área no entorno do aeroporto.

Assim, com a utilização do Sensoriamento Remoto, SIG e suas extensões é possível expandir a informação sobre determinado local. O aeroporto possui funcionamento bastante dinâmico e complexo que muitas vezes necessita ser observado sob diversos ângulos. Por essa razão, o uso dessas ferramentas, unido a visitas de campo e análises mais complexas podem possibilitar resultados ainda mais detalhados.

Segundo McNerney (2007) a taxa de utilização do SIG para uso em aeroportos vem aumentando nos últimos anos nos Estados Unidos. Os benefícios dessa ferramenta têm sido reconhecidos e como resultado, têm-se obtido diversos ganhos provenientes de sua implementação e aplicação. A explicação para isso, ainda de acordo com o autor é que alguns aeroportos, especialmente os maiores, podem ser comparados a cidades, pois fornecem: serviços públicos, estradas e a infraestrutura necessária para manter as operações do aeroporto.

Para Caldas (2008) diante das complexidades das ações necessárias para integração aeroporto/cidade, o desafio proposto agrega novos elementos na agenda do planejamento setorial, estimulando a busca de resultados pelo incentivo e a participação de agentes

externos que levem ao cumprimento de medidas concretas voltadas para integração dos aeroportos com sua área de entorno.

A adoção de medidas preventivas consiste em um grande aliado para auxiliar na redução dos impactos de grande magnitude oriundos da construção e ampliação dos aeroportos. Além disso, a bom emprego de ferramentas para diminuir o tempo em campo a fim de reduzir os custos e auxiliar na aplicação da legislação existente pode ser de grande valia para esse tipo de atividade. Discussões sobre as regras do crescimento urbano devem envolver todos os atores para que não haja prejuízo à saúde humana e risco ambiental. Medidas de controle de obra e regras de urbanização para amenizar os impactos sobre o meio ambiente não podem ser tratados como um tema sem importância. Na verdade, é um assunto bastante atual e presente no cotidiano de toda a sociedade.

No sentido de minimizar e reparar os danos ambientais causados pelos procedimentos construtivos, necessários à implantação/ampliação de seus empreendimentos, as administradoras dos aeroportos, principalmente precisam adotar ações corretivas para eliminação dos processos erosivos e redução/minimização dos impactos provocados pela degradação dessas áreas.

Inclusive porque a recuperação das áreas degradadas é um procedimento bastante oneroso e que para ser realizado dentro do aeroporto exige o cumprimento das normas de segurança de voo que precisam ser atendidas para não atentarem contra a segurança operacional, o perigo aviário, etc.

Desta forma, para conservação do solo, as melhores alternativas são a adoção de práticas conservacionistas, o seguimento de planos de controle obras civis, o cumprimento das normas e legislações ambientais.

7.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se a inclusão de outros impactos procedentes do transporte aéreo para compor a discussão, tais como o ruído aeronáutico e emissões de motores de aeronaves.

Recomenda-se ainda o desenvolvimento de indicadores de forma a medir o grau de cada impacto, a fim de auxiliar outros estudos em ambientes aeroportuários e seus entornos.

A discussão sobre esse tema precisa ser ampliada, pois se trata do relacionamento entre vários atores e um empreendimento. Desta forma, o poder público, a sociedade e administradora do aeroporto precisam estar conscientes deste assunto a fim de tornar o desenvolvimento da região sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA – CPAC/ São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.

ALCÂNTARA, E.H. de; SOUZA, A. Produção de sedimentos na zona costeira da Bahia – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**. Rio de Janeiro, v. 62/02. p. 199 – 205. 2010.

ALVES, M. Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu - DF usando técnicas de geoprocessamento. **Curso SER-300**, 32 p., 2000.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Manual de Implementação de Aeroportos**. Disponível em <<http://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualImplementacaoGeral.pdf>> Acesso em 01 novembro de 2011.

ANDRADE, A. G; MELO, A. S; BARUQUI, A. M; CAPECHE, C. L; SANTOS, F. A; PORTOCARRERO, H; LIMA, J. A. S; PEREIRA, N.R; TOLEDO, O. M.R; SILVA, P. E. F; TAPAJÓS, P. B. A; PRADO, R. B; FERRAZ, R. P. D; RAMALHO-FILHO, A.; TAVARES, S. R. L; BHERING, S. B; CUNHA, T. J. F; COSTA, T. C. C. Soil Conservation and Degradated land recovery in Brazilian Airports. In: Fourth International Conference and Land Degradation. Cartagena, Colômbia. **Anais**. 2004. 5p.

ANDRADE, A.G.; CAPECHE, C. L.; SOUZA LIMA, J. A.; PRADO, R. B. Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas do Aeroporto Internacional de Brasília. **Trabalho executado pela equipe técnica da Embrapa Solos para planejamento de uso, conservação e recuperação das terras em unidades aeroportuárias**. EMBRAPA SOLOS. 41 p. 2003.

ANDRADE, A.G. (1997). **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. Tese de Doutorado. Seropédica: UFRRJ, 168p.

AQUINO, F. G.; DE MIRANDA, G. H. B. **Consequências Ambientais da Fragmentação de Habitats no Cerrado**. In: SANO, S. M.; A, S. P.; R, J. F. Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Cerrados. Brasília – DF. 2008. v. 1. p 383 – 398.

ASHFORD, N.; WRIGHT, P. H. **Airport Engineering**. 3. ed. New York: John-Wiley & Sons Inc., 1992. 520 p.

AUBERSON, F.; IMAGES, RAJS, J. Environmental Policy Formulation. In: INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION - IATA. Environmental Review. 1995. 5 -14 p.

BAPTISTA, G. M. M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar: Modelo Geotecnológico e aplicação**. Editora Universa. Brasília, DF. 140p. 2003.

BAYRAMIN, I., O.; DENGIZ., O.; BASKAN, M.; PARLAK, M. Soil Erosion Risk Assessment with ICONA Model; Case Study: Beypazari Area. **Turk Journal of Agriculture and Forestry**. v. 27. p. 105 – 116. 2003.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6a ed. São Paulo, Ícone. 2008. 355p.

BLOISE, G. L. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REATTO, A.; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. S.; DE CARVALHO, A. P. F. **Avaliação da suscetibilidade natural à erosão dos solos da Bacia do Olaria – DF**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. p. 1 – 33. 2001.

BORGES, K. M. R.; CARVALHO JUNIOR, O. A; MARTINS, E. S; GOMES, R, A. T; GUIMARÃES, R. F. Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos. **GEOgraphia**, v. 14, n. 27. p. 101 – 125. 2012.

BORGES, K. M. R. **Avaliação da susceptibilidade erosiva da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) por meio da EUPS – Equação Universal de Perda de Solos**. 2009. 91 ff. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília. 2009.

BRANDÃO, A. The aircraft noise on major urban areas in Brazil – institutional issues. **The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering**. Rio de Janeiro: Internoise, 2005. 10p.

BRASIL. Instituto de Aviação Civil (IAC). **Manual de Gerenciamento de Uso do Solo no Entorno de Aeródromos**. *sd.* Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualSolo.pdf>. Acessado em: outubro de 2011.

BRASIL. Decreto n. 6780, de 18 de fevereiro de 2009. Aprova a Política Nacional de Aviação Civil (PNAC) e dá outras providências. n. 35, p. 2, 19 de fevereiro de 2009. Seção 1.

BRASIL. Lei n. 6766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. DOU de 20.12.1979.

BRITO A, O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. 2012. 77ff. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília. 2012.

CALDAS, T. C. M. Integração urbana de aeroportos, um desafio para o planejamento. VII SITRAER. Rio de Janeiro. 2008. p. 327 – 333.

CEMIN, G.; PÉRICO, E.; REMPEL, C. Uso de sistemas de informação geográfica para análise da estrutura da paisagem do município de Arvorezinha, RS. **Anais**. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia. 2005. p. 2113 - 2120.

CODEPLAN. **Tabela per capita e população – censo 2010**. <http://www.codeplan.df.gov.br/images/CODEPLAN/PDF/Pesquisas%20Socioecon%C3%B4micas/TABELA%20RENDA%20PER%20CAPITA%20E%20POPULA%C3%87%C3%83O%20-%20CENSO%202010.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2014.

COELHO, P. I. S. **Proposta de procedimento para analisar o efeito da qualidade do ar no entorno aeroportuário: estudo de caso no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**. 2011. 172 f. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2011.

COELHO, P. I.S. **A importância da localização aeroportuária na qualidade do ar – O caso da expansão do aeroporto Santos Dumont na cidade do Rio de Janeiro**. 2006. 168ff. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

CONCREMAT ENGENHARIA. (2002). **Plano de desenvolvimento do aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitscheck – DF (PDA - SBBR)**. Relatório Consolidado, 2002. 135p.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração do Cerrado: Manual para Revegetação**. Brasília: Ed. Universa, 2009. 174 p.

CRUZ, C.; MADUREIRA, H.; MARQUES, J. Análise espacial e estudo da fragmentação da paisagem da Aboboreira. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**. n. 4. 2013. p. 57 - 82.

CRUZ, S. P.; TAVARES, A. B.; LOLLO, J. A. Avaliação da degradação por passivos ambientais de áreas de empréstimo com base em geoindicadores. **Infogeo**. v. 56, p. 1-12, 2009.

DA CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

DE CASTRO, A. J. R. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – Aeroporto Internacional de Campo Grande. INFRAERO. Nov. 2008. 35 p. **DOCUMENTO INTERNO**.

DÉSTRO, G.F.G.; CAMPOS, S. Sig-Spring na caracterização do uso dos solos a partir de imagens do satélite CBERS. **Energia na Agricultura**, v.21, p.28-35, 2006.

ECOTECH - Tecnologia Ambiental e Consultoria LTDA (2011). **Relatório de Impacto Ambiental**. 2011. Brasília, DF.

EITEN, G. **Vegetação do Cerrado**. Pp. 9 - 65. In: M.N. Pinto (org.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Editora da Universidade de Brasília e SEMATEC/UnB, Brasília – DF. 1990.

EMBRAPA SOLOS. Adequação do uso do solo e de resíduos orgânicos com vista ao incremento de bens e serviços ambientais em unidades aeroportuárias sob administração da INFRAERO. Proposta técnica e financeira. (versão 05/2007) 2007. 29p. **DOCUMENTO INTERNO**.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006). **Serviço de Produção de Informação (Brasília, DF): sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-EPI. 412p.

EMBRAPA. **Boletim técnico n° 53. Anexo: mapa do reconhecimento dos solos do Distrito Federal.** Brasília: SNLCS, 1978.

FARINASSO, M.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; RAMOS, V. M. Avaliação quantitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 7, n. 2. 2006.

FELFILI, J.M.; RIBEIRO, J.F.; BORGES-FILHO, H.C.; DO VALE A.T. **Potencial econômico da biodiversidade do Cerrado: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora.** In: AGUIAR, L.M. de S.; CAMARGO, A. J.A (editores técnicos). Cerrado: ecologia e caracterização. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2004. p. 177-220.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and region.** Cambridge: Cambridge University Press. 1995.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape Ecology.** New York: John Wilwy and Sons. 619 p, 1986.

FORNELOS, L. F.; NEVES, S. M. A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radas interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. **Revista Brasileira de Cartografia,** v. 1, n. 59, p. 25-33, 2006.

FROTA, P.V. Potencial na Bacia de Drenagem do Açude Orós – CE. Brasília, 2012. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. 2012. 179p.

GONÇALVES, E.S. Práticas Sustentáveis de Gestão e Controle Ambiental em Aeroportos. In: 2.º Seminário sobre Sustentabilidade. Curitiba: FAE Centro Universitário, 2007. 15p.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guimarães (RN): Simulação de risco às atividades da indústria petrolífera.** 2003. 222f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GUIMARÃES, K. S. **Ampliação do Aeroporto Juscelino Kubitschek: algumas considerações sobre a sua viabilidade legal e ambiental.** 2011. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Administração. 40p.

HAGGETT, P. & CHORLEY, R.J. **Models, paradigms and the new geography.** In: CHORLEY, R. J. & HAGGETT, P. (Eds) *Models in Geography.* London: Methuen, 1967, p. 19-41.

HARVEY, D.W. **Explanation in geography.** London: Edward Arnold, 1969, 521p.

HOYOS, N. (2005). Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombian Andes. *Catena*, 63 (1): 85 -108.

ICAO. Aircraft noise. Environmental protection, annex 16, vol. 1. International Civil Aviation Organisation, Montreal, Canada 1993a.

ICAO. Aircraft engine emissions. Environmental protection, annex 16, vol. 2. International Civil Aviation Organisation, Montreal, Canada 1993b.

IMBERNON, J.; BRANTHOMME, A. Characterization of landscape patterns of deforestation in tropical rain forests. **International Journal of Remote Sensing.** 2001, vol. 22, n. 9, p. 1753 – 1765.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Diretoria de Operações. Cadastro de Informações Aeroportuárias (CIA) – SBBR. 2014.

INFRAERO - Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. - <<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/aeroportos/distrito-federal/aeroporto-internacional-de-brasil.html>> Acesso em 3 set 2013.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Plano de Uso e Ocupação (Em revisão), 2011.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Plano de Desenvolvimento do Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek – DF. Relatório Consolidado. Concremat Engenharia. 2002. 136 p. **Documento Interno.**

INFRAMÉRICA – **Projeto do Aeroporto** – <O Aeroporto <http://www.bsb.aero/aeroporto-do-brasil>>. Acesso em: 14 jan. 2014.

JANIĆ, M. **Greening airports: advanced technology and operations** (Green energy and technology). New York : Springer Verlag, 2011. 206 p.

KRAMER, E. A. Measuring landscape changes in remnant tropical dry forests. In: Laurance, W. F.; Bierregaard, R.O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. London: The University of Chicago Press. 1997. 616 p.

MANNIGEL, A.R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator Erodibilidade e tolerância de Perda dos Solos do Estado de São Paulo. **Acta Scintiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335 -1340, 2002.

MARTINS, J. L.F.; SALDANHA, D.L.; ROCHA, R.S. Utilização de imagens de alta resolução no mapeamento e gerenciamento de zonas de proteção de aeródromos. **Revista Brasileira de Cartografia**. Rio Grande do Sul. n. 63. p. 599 - 607. 2011.

MARTINS, E. M. **Gestão Ambiental de Resíduos em Aeroportos**. 2008. 130 f. Monografia (pós-graduação em gestão e planejamento ambiental). Universidade Estácio de Sá, 2008.

MATA, C. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F. Avaliação multitemporal da suscetibilidade erosiva na bacia do rio Urucuia (MG) por meio da equação universal de perdas de solos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8, p. 5569, 2007.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Reference manual. For. Sci. Dep. Oregon State University. Corvallis Oregon 59 p.+ Append. 1995.

METZER, J. P. **Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas**. In: CULLEN, L. JR.; RUDRAN, R.; PADUA, C. V. Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. 2.ed. Curitiba: UFPR, 2006. p. 423-453.

MISSIO, E.; TONIAL, T. M.; SANTOS, J. E.; HENKE-OLIVEIRA, C.; ZANG, N.; PIRES, J. S. R. **Análise ambiental e dinâmica do uso da terra de unidades da paisagem para o manejo de bacias hidrográficas.** In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R. **Faces da Polisssemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção.** 1 ed. São Carlos, 2004. p. 211-232.

MOORE, I. D.; BURCH, G. L. Modeling erosion and depositon: topographic effects. **Transaction of the ASAE.** v. 20, n. 6, p. 1624 – 1630, (1986).

MORAIS, L.R. **Estudo de Barreiras Acústicas no Controle do Ruído Aeroportuário.** 314 f. 2008. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

MORETTI, R.V; VIVANCO, J. M.C; LOLLO J.A. Mapa de Landforms para previsão preliminar de Suscetibilidade à Erosão para a área de expansão urbana de Ilha Solteira – SP. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais.** Foz do Iguaçu, PR. 2013. 1106 -1113 p.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented Forest: implications for conservation. **Tree,** v.10, n.2, p.58-62, 1995.

NASCIMENTO, H. E. M.; DIAS, A.S.; TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. **Rev. Brasil. Biol.,** 59 (2): pp 329 – 342.1999.

NAZIAZENO, A. C. C; ALMEIDA, A. T.; LONGO, R. M. Estudo da fragmentação nos remanescentes florestais na sub-bacia do baixo Anhumas, Barão Geraldo – Campinas/ SP. In: X Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. **Anais.** Poços de Caldas, MG. v. 5. 2013.

NOSS, R. F; CSUTI, B. **Habitat Fragmentation.** In: MEFFE, G.K.; CARROLL, C. R. (Ed). **Principles of conservation Biology.** 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1997. P. 169 – 304.

OLIVEIRA, B, E, N.; MATRICARDI, E. A. T.; CHAVES, H. M. L. BIAS, E. S. Identificação dos processos erosivos lineares no Distrito Federal através de fotografias aéreas e geoprocessamento. **Geociências,** v. 32, n. 1, p. 152-165, 2013.

OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B.B.; SOBRINHO, T, A.; DE CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E. Spatial variability of the rainfall erosive potential in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Eng. Agríc.,** Jaboticabal, v.32, n.1, p.69-79, jan./fev. 2012.

OLIVEIRA, B. E. N. Mapeamento, identificação e análise dos fatores relacionados aos processos erosivos nos Distrito Federal (DF) – ênfase nas voçorocas. Brasília. 2011a. 180f. Dissertação (Mestrado em ciências florestais). Universidade de Brasília.

OLIVEIRA, L. T. **Caracterização da fragmentação florestal para produção de sementes no entorno capixaba do Parque Nacional do Caparaó.** 2011b. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Florestal. Universidade Federal do Espírito Santo 55p.

OLIVEIRA, F. S. **Diagnóstico dos fragmentos florestais e das áreas de preservação permanente no entorno do parque Nacional do Caparaó, no estado de Minas Gerais.** 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós – Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

PINHEIRO, C. Q. **Avaliação da recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília – Juscelino Kubitschek: aspectos edáficos, florísticos e ecológicos.** Brasília, 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em ciências florestais). Universidade de Brasília.

PORTOCARRERO, H. **Monitoramento Hidrológico de Voçoroca Submetida a práticas de RAD: Morro do Radar, Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão/ Antônio Carlos Jobim.** 2004. 192 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, Rio de Janeiro. 2004.

PORTOGENTE. **Brasília ganha hotel quatro estrelas dentro do Aeroporto Internacional.** <http://portogente.com.br/noticias/turismo/brasil-ganha-hotel-quatro-estrelas-dentro-do-aeroporto-internacional-79715>. Acesso em 4 de maio de 2014.

PRIMAK, R.B.; RODRIGUES, E. 2001. **Biologia da Conservação.** Londrina, Midiograf. Ed. Vida. 327 p.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. MARTINS, E.S. **Solos do Bioma Cerrado: Aspectos Pedológicos.** In: SANO, S. M.; A, S. P.; R, J. F. Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Cerrados. Brasília – DF. 2008. v. 1. p 109 – 152.

RESENDE, M.; CURI, N. L.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações.** Brasília: Ministério da Educação/ Lavras: ESALQ/Piracicaba: POTAFOS, 1988. 83p.

Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Vincula o licenciamento de atividades modificadoras do meio-ambiente à elaboração de EIA-RIMA a serem submetidos à aprovação do órgão competente.

Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o processo de licenciamento ambiental.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; A, S. P.; R, J. F. Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Cerrados. Brasília – DF. 2008. v. 1. p 153 – 212.

RIBEIRO, J.F.; SANO, S.M.; MACÊDO, J. 1983. Os principais tipos fisionômicos da região dos Cerrados. **Boletim de Pesquisa** nº 21. EMBRAPA/CPAC. Planaltina- DF.

RODRIGUES, S. S. **Análise dos Processos de Erosão Hídrica e Produção de Sedimentos na Microbacia do Arroio Morungava, Gravataí – RS**. 2010. 77f. Dissertação (Mestrado). Universidade Vale dos Sinvos – Unisinos. São Leopoldo, RS.

SANCHEZ, L. E. **O processo de avaliação de impacto ambiental, seus papéis e funções**. In: LIMA, A. L. B. R.; TEIXEIRA, H. R. SANCHEZ, L. E. (orgs.) A efetividade da Avaliação de Impacto Ambiental no Estado de São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento Ambiental, 1995. P. 13-19.

SARDINHA, S.A. **Utilização da Engenharia Territorial para a indução do desenvolvimento sustentável das áreas circundantes aos sítios aeroportuários: o caso do Aeroporto de Viracopos**. 2010. 150f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SAUNDERS, D. A; HOBBS, R 1.; MARQUES, C. R **Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review**. Conservation Biology, V.5, n. 1, p. 18-35, 1991.

SHIFERAW, A. Estimating soil loss rates for soil conservation planning in the Borena Woreda of South Wollo Highlands, Ethiopia. **Journal of Sustainable Development in Africa**. Vol. 13. n. 3. 2011.

SOUZA, G. M.; MATRICARDI, E. A. T. Mapeamento do risco a erosão laminar na área de proteção ambiental Gama e Cabeça de Veado, DF. In: X Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal. **Anais**. Curitiba, PR. 2012. 8 p.

STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W. L.; LOMBARDI NETO, F. (1987). Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na Bacia do Peixe-Parapanema. **Anais**. 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Marília-SP: ABGE/DAEE, p. 105 – 135.1987.

TAMENE, L.; PARK, S.; DIKAU, R.; Vlek, P. L. G. Analysis of factors determining sediment yield variability in the highlands of Ethiopia. **Geomorphology**, 2006, 76-91.

TAVARES, M.; YAMASHITA, Y. Metodologia para avaliar o processo do uso do solo no entorno dos aeroportos. **Anais**. V Simpósio do Transporte Aéreo Brasileiro. Brasília. 2006. p 237 – 247.

TAVARES, M. **Desenvolvimento de um sistema para avaliar o processo de ocupação do uso do solo no entorno dos aeroportos utilizando sistema de informações geográficas e sensoriamento remoto**. 2003, 115 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília. 2003.

TEIXEIRA, M. A.; AMORIM, C. N. D. Avaliação Ambiental para edifícios aeroportuários: elaboração de indicadores ambientais. ENCAC – ALACAC. Maceió, Alagoas, out. 2005. 2046 – 2055 p.

THOMPSON, D.; FIDALGO, E.C. C. **Estimativa da perda de solos por meio da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) com uso do INVEST para a bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu-RJ**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, Nov.2013. 7 p.

TOPOCART, T. e. E. S. C. (2000a). **Estudo de Impacto Ambiental Obras e Serviços de Engenharia de Implantação da Pista de Pouso 11R/29L e Obras Complementares**. Brasília, DF.

TOPOCART, T. e. E. S. C. (2000b). **Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente - RIMA: Obras e Serviços de Engenharia de Implantação da Pista De Pouso 11R/29L e Obras Complementares**. Brasília, DF.

TURNER, M. G.; GARDNER, R.H. Quantitative methods in landscape ecology. **Springer-Ecological Studies**, New York, v. 82, 1995, 536 p.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. 144f. 2001. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

VALLADARES, G. S.; GOMES, A. S.; TORRESAN, F.E.; RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1376-1383, 2012.

VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p.113-118. (Trabalhos convidados).

VIANA, V. M.; TABANEZ, J. A.; MARTINS, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992. **Anais**. Campos do Jordão: Instituto Florestal/Secretaria do Meio Ambiente, 1992. p. 400-407.

VOLOTÃO, C.F.S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. São José dos Campos: INPE, 1998. 45 p.

XAVIER, A. P.C.; SILVA, A. M.; M. I. C.; SILVA, R, M. Avaliação da Influência do Uso e Ocupação do Solo nas Perdas de Solo na Bacia do Rio Mamuaba, Estado da Paraíba. **Anais**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS, 2013. 9 p.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1978) **Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning**. Washington: United States - Department of Agriculture, 58 p. (USDA Agric. Handbook, n. 537).

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.; CROSS, B. (1971) A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil Water Conservation**, 26 (2): 189-193.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1958) Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transaction American Geophysical Union**. Washington, 39: p 285 – 291.

ZEE-DF - ZONEAMENTO ECOLÓGICO E ECONÔMICO DO DISTRITO FEDERAL. (2011).
Execução técnica - Greentec Consultoria e Planejamento Ltda, vencedora do processo licitatório -
Solicitação de Proposta nº 004/2008, por meio do contrato de serviço nº 21/2009 (UGP/SEDUMA).