



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**DESMATAMENTO E INTENSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA NA RESERVA
DA BIOSFERA DA FLORESTA MBARACAYÚ, PARAGUAI POR MEIO DE
IMAGENS DE SATÉLITE**

LUIS CESAR VELÁZQUEZ SILVA

ARARAS - SP

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**DESMATAMENTO E INTENSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA NA RESERVA
DA BIOSFERA DA FLORESTA MBARACAYÚ, PARAGUAI POR MEIO DE
IMAGENS DE SATÉLITE**

LUIS CESAR VELÁZQUEZ SILVA

**ORIENTADOR: PROF. DR. RUBISMAR STOLF
CO-ORIENTADOR: PROFA. DRA. ADRIANA CARVALIERI SAIS
PROF. DR. MAURICIO ROBERTO CHERUBIN**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Agroecologia e
Desenvolvimento Rural como requisito
parcial à obtenção do título de
**MESTRE EM AGROECOLOGIA E
DESENVOLVIMENTO RURAL**

ARARAS-SP

2021

Velázquez Silva, Luis Cesar

Desmatamento e intensificação de uso da terra na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú, Paraguai por meio de imagens de satélite / Luis Cesar Velázquez Silva -- 2021.
28f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Rubismar Stolf
Banca Examinadora: Rubismar Stolf, Carlos Andrés Leguizamón Rojas, Claudia Carolina Cabral Antunéz
Bibliografia

1. Serviços ecossistêmicos. 2. Análise multitemporal. 3. Mudança de uso da terra . I. Velázquez Silva, Luis Cesar.
II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Luis Cesar Velazquez Silva, realizada em 27/08/2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Rubismar Stolf (UFSCar)

Prof. Dr. Carlos Andrés Leguizamón Rojas (UNA)

Profa. Dra. Claudia Carolina Cabral Antunéz (UNA)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial a minha mãe “Ña Nancy” e meu pai “Don Toto” pela motivação e apoio constante em cada etapa do meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional.

Às minhas companheiras de vida, minhas amigas Luz e Amalia, pelo apoio incondicional e suporte emocional de sempre.

Aos todos meus colegas de mestrado, em especial a Ana Rita, Fernando, Davi, Edmilson e Jamily, pelo apoio e orientação em todo o processo de mestrado e por se tornar verdadeiros amigos de vida.

À Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias – Araras/SP, e o Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, por abrir as portas para que estudantes estrangeiros possam ter a oportunidade de se aperfeiçoar acadêmica e profissionalmente.

À todos os professores do PPGADR, pela paciência e orientação dentro e fora da sala de aula, em especial aos meus orientadores, Prof. Dr. Mauricio Cherubin, Prof. Dr. Rubismar Stolf e Profa. Dra. Adriana Carvalieri, pelo apoio no desenvolvimento do projeto de mestrado.

Especial agradecimento a minha querida Cris Roesler, pelo acompanhamento em todos os processos acadêmicos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001; a Organização de Estados Americanos (OEA), o Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) e pela Fundação Moises Bertoni; para a conservação da natureza – Paraguai (FMB/FB).

DEDICATÓRIA

*Aos meus exemplos de vida, Narcisa Silva de Velázquez e Bartolomé
Velázquez Palacios.*

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1. Reservas de Biosfera.....	03
2.2. O desmatamento na região oriental do Paraguai.....	03
2.3.Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta para o monitoramento da mudança de uso da terra.....	04
2.4. Análise Multitemporal de Mudança de uso da terra.....	05
2.5. Intensificação do uso da terra.....	05
3 MATERIAIS E MÉTODOS	06
3.1. Mudanças de cobertura e uso da terra (1999 – 2009 – 2019)	06
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4.1. Mudança no uso da terra na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú, Paraguai.....	10
4.2. Intensidade de uso dos solos da Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayu.....	17
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

ÍNDICE DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1. Uso dos solos na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú comparada entre os anos 1999, 2009 e 2019 por dados numéricos.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Localização da Reserva de Biosfera da Floresta Mbaracayú no departamento de Canindeyú no Paraguai.....	06
Figura 2. Legendas de mudanças de categorias de classificação de uso da terra de 1999 a 2019.....	08
Figura 3. Diagrama simplificado dos procedimentos aplicados no análise multitemporal de mudança de uso da terra na Reserva de Biosfera da Floresta Mbaracayú.....	09
Figura 4. Áreas desmatadas dentro da Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayu.....	11
Figura 5. Aumento da superfície de produção agrícola no departamento de Canindeyú entre os anos 2000 a 2019.....	12
Figura 6. Cobertura da terra na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú comparada entre os anos 1999, 2009 e 2019.....	13
Figura 7. Distritos que integram a reserva da biosfera.....	15
Figura 8. Mudança de uso e cobertura da terra na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú entre os anos 1999 e 2019.....	16
Figura 9. Principais áreas de ação de produção sustentável de erva	17
Figura 10. Distribuição das classes de uso agrológicas do solo na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayu.....	18
Figura 11. Número de classes excedentes (NCE) na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú.....	19

DESMATAMENTO E INTENSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA NA RESERVA DA BIOSFERA DA FLORESTA MBARACAYÚ, PARAGUAI POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Autor: LUIS CESAR VELÁZQUEZ SILVA

Orientador: PROF. DR. RUBISMAR STOLF

Coorientadora: PROFA. DRA. ADRIANA CARVALIERI SAIS

Coorientador: PROF. DR. MAURICIO ROBERTO CHERUBIN

RESUMO

As mudanças na cobertura e usos da terra geram severos impactos no fornecimento de serviços ecossistêmicos. Com isso, o monitoramento das mudanças na paisagem adquire papel preponderante para alcançar o desenvolvimento sustentável. Neste trabalho, avaliamos a mudança e a intensificação do uso dos solos na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú no Paraguai, utilizando imagens de satélite em escala temporal de 20 anos, processadas com Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Observamos a diminuição de 42 % de floresta nativa e o aumento da área produtiva em 174% de 1999 até 2019, junto com a intensificação de uso dos solos dentro da reserva. É necessária a avaliação detalhada das ações de preservação da reserva, principalmente as relacionadas aos solos é dar continuidade nos processos de monitoramento, junto com a projeção de novas alternativas de manejo das áreas de amortecimento e transição da reserva.

Palavras chave: Serviços ecossistêmicos, solos, GIS, análise multitemporal, Canindeyú.

**DEFORESTATION AND LAND USE INTENSIFICATION IN THE
MBARACAYÚ FOREST BIOSPHERE RESERVE, PARAGUAY THROUGH
SATELLITE IMAGES**

Author: LUIS CESAR VELÁZQUEZ SILVA

Adviser: PROF. DR. RUBISMAR STOLF

Co-adviser: PROFA. DRA. ADRIANA CARVALIERI SAIS

Co-adviser: PROF. DR. MAURICIO ROBERTO CHERUBIN

ABSTRACT

Changes in land cover and land use have severe impacts on the provision of ecosystem services, with the monitoring of changes in the landscape thus acquiring a preponderant role in achieving sustainable development. In this work, we evaluate the change and intensification of land use in the Mbaracayú Forest Biosphere Reserve in Paraguay, using satellite images on a 20-year time scale, processed with Geographic Information Systems (GIS). We observed a 42% decrease in native forest and an increase in the productive area of 174% from 1999 to 2019, together with the intensification of land use within the reserve. It is important to carry out a detailed assessment of the reserve's preservation actions, especially those related to soils, and to continue monitoring processes, together with the projection of new management alternatives for the reserve's buffer and transition areas.

Key words: Ecosystem services, soils, GIS, multitemporal analysis, Canindeyù.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças no uso da terra trazem consigo uma série de impactos. Dentro desta gama de impactos, e referindo-se às características de peculiar importância que tem as áreas protegidas, é necessário o monitoramento dessas variações para poder planificar e implementar ações a fim de promover a preservação de toda a área e ao mesmo tempo favorecer o desenvolvimento das populações estreitamente relacionadas com elas. A capacidade futura dos ecossistemas para fornecer serviços é determinada pelas mudanças socioeconômicas culturais, o uso da terra e da biodiversidade (CASTILLO-EGUSKITZA *et al.*, 2019).

Os processos de desmatamento têm sido o principal foco de mudança na paisagem do bioma da Mata Atlântica (DA PONTE *et al.*, 2017a; FLEYTAS, 2008). No Paraguai, a porção de Mata Atlântica é denominada Bosque Atlântico do Alto Paraná (BAAPA) e forma parte da ecorregião Selva Central, um dos biomas mais importantes do país devido às suas características socioecológicas. O BAAPA é também uma região onde existem várias áreas consideradas de importância ecológicas, entre elas, a Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú, declarada como tal pela UNESCO no ano 2000 (FLEYTAS, 2008). Apesar da importância reconhecida do BAAPA, ainda são observados desmatamentos de floresta que são transformadas em áreas de produção agropecuária, principalmente pela rápida expansão da agricultura mecanizada (AGUILAR-TOMASINI *et al.*, 2020; COURT *et al.*, 2015; DA PONTE *et al.*, 2017b; C. R. FERREIRA *et al.*, 2018; SZULECKA & MONGES ZALAZAR, 2017). O mesmo fenômeno ocorre nos limites da reserva da biosfera (DA PONTE *et al.*, 2017c), que integra, além dos aspectos de importância ecológica (como ser o habitat de fauna e flora endêmica e fornecer serviços ecossistêmicos importantes), aspectos socioculturais relacionados às populações que realizam suas atividades dentro dos limites da reserva, principalmente nas zonas de amortecimento e de transição (FLEYTAS, 2008). Estas características fazem que o manejo de toda a área seja um verdadeiro desafio, porque além de preservar a maior porção possível do BAAPA e de toda a sua biodiversidade, também tem o objetivo de conciliar o uso

sustentável com o desenvolvimento socioeconômico das comunidades que vivem dentro e próximo à reserva (M. I. FERREIRA & SALAS-DUEÑAS, 2019).

Na busca pela manutenção das condições de preservação das florestas, junto com todos os processos e serviços ecossistêmicos fornecidos pela reserva da biosfera, tem sido desenvolvidos diversos projetos para trabalhar tanto os aspectos ecológicos de preservação e conservação, como também a inclusão do fator social estreitamente relacionado com o manejo da área protegida (M. I. FERREIRA & SALAS-DUEÑAS, 2019; FLEYTAS, 2008).

Apesar do esforço das organizações em iniciativas de preservação da reserva, o monitoramento constante da dinâmica de mudança de uso da terra é fundamental para gerar subsídios às políticas públicas e/ou investimentos para a fiscalização e conservação da reserva. A fim de atingir tais objetivos, Sistemas de Informação Geográficas (SIG) têm sido amplamente utilizados para observar os diversos processos de variação da paisagem em larga escala (ADNAN *et al.*, 2020; DE ANDRADE BARBOSA *et al.*, 2019; VINATIER & ARNAIZ, 2018) e são considerados meios confiáveis e práticos para estimar dados de mudanças na cobertura da terra, degradação ambiental, estudos de zonas rurais e urbanas (MACDONALD & MCKENNEY, 2020; ŞEKER *et al.*, 2016), degradação de solo (FLORES-RENTERÍA *et al.*, 2020; PADONOU *et al.*, 2017; STREY *et al.*, 2016). A utilização dos SIG é recomendada pela sua praticidade, pois diminui esforços e recursos para a avaliação em diferentes escalas de uma ampla superfície de terreno (FERNANDES *et al.*, 2020; GALLUPPI-SELICH *et al.*, 2019).

As mudanças na paisagem em escala temporal podem ser causadoras de vários impactos, deixando vulneráveis os serviços ecossistêmicos (FOLEY *et al.*, 2005; PAULA *et al.*, 2018). Em um primeiro momento, é importante o processo de diagnóstico das áreas onde ocorrem as mudanças de uso da terra. Por isso, o objetivo deste trabalho foi identificar a mudança de uso da terra e a dinâmica da intensificação do uso dos solos dentro da Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayu, Paraguai, em três períodos de ano (1999, 2009 e 2019), e assim, compreender como ocorreu o processo de avanço do desmatamento dentro da Reserva.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Reservas de Biosfera

As reservas de biosfera são áreas constituídas por ecossistemas terrestres ou marítimos, onde são desenvolvidas ações para conciliar a conservação da biodiversidade com o uso sustentável dos recursos naturais, buscando interações harmônicas entre seres humanos e a natureza (VAN CUONG *et al.*, 2017). Estas reservas são designadas internacionalmente pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), e são criadas para servir como exemplos dos benefícios das relações de cooperação entre responsáveis de formulação de políticas, cientistas, administradores de recursos e a população local (MATYSEK *et al.*, 2006).

Uma das principais áreas protegidas do Paraguai é a Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú, que compreende toda a bacia alta do rio Jejuí Guazú com uma área de 322.850 hectares, o que representa 21,42% da superfície total do Departamento de Canindeyú e integra comunidades rurais, indígenas e áreas urbanas. Ela possui como núcleo de conservação a Reserva Natural da Floresta Mbaracayu, uma das últimas grandes áreas remanescentes de floresta da Região Oriental do país, da qual mais de 80% da cobertura florestal já foi desmatada (DA PONTE, ROCH *et al.*, 2017; FMB/BM, 2005).

2.2. O desmatamento na Região Oriental do Paraguai

O Paraguai continua sendo um dos países da América Latina com altas taxas de desmatamento, onde a contínua pressão das atividades humanas levaram à perda de 90% da cobertura florestal da Região Oriental do país (DA PONTE *et al.*,a 2017). Entre os anos 2003 e 2013, a região teve uma taxa de desmatamento anual de 1.8%, o que representa aproximadamente 6.000 km² de floresta perdida (DA PONTE, KUENZE *et al.*,b 2017).

Um dos maiores precursores do desmatamento na região oriental do país é a contínua expansão da agricultura, que constitui a principal base da economia local (DA PONTE *et al.*,c 2017).

As mudanças do uso da terra de florestas a áreas de produção agropecuária são mais visíveis em zonas próximas a áreas protegidas ou reservas florestais, onde é evidente o aumento nas fragmentação das massas florestais, ainda assim são poucos os estudos científicos que tem proporcionado avaliações sistêmicas das mudanças do uso da terra principalmente da porção de Mata Atlântica do Paraguai (DA PONTE *et al.*,a 2017).

2.3. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta para o monitoramento da mudança de uso da terra

O uso de ferramentas digitais, como as imagens de satélites, permite obter imagens da terra que são a base de estudos de mudança de uso da cobertura da terra em escala temporal, possibilitando o planejamento de ações para o manejo de problemáticas socioeconômicas e ambientais (PAULA *et al.*, 2018).

Os SIG proporcionam várias ferramentas para gerar dados que podem ajudar a identificar certos tipos de mudanças na paisagem. A associação com a dados adicionais pode conduzir a geração de valiosas informações de um sistema específico (ZAEHRINGER *et al.*, 2018), como os estudos das condições dos solos em escalas espaciais, temporais (TOLVANEN *et al.*, 2016), globais e regionais (DEVI *et al.*, 2018). Sendo assim, a aplicação dos SIG é de suma importância em estudos relacionados às mudanças de paisagem, permitindo entender que as mudanças da cobertura e usos da terra possuem um papel fundamental na mudança do ambiente global e geram impactos nos serviços dos ecossistemas e na biodiversidade (MENDOZA-PONCE *et al.*, 2018; YE *et al.*, 2020).

2.4. Análise Multitemporal de Mudança de uso da terra

O monitoramento em escala temporal das mudanças de uso da terra é uma técnica amplamente utilizada tanto para o diagnóstico da situação atual de uma área, como para a predição de cenários futuros da dinâmica de mudança (XAVIER & SILVA, 2018). Ele pode ser aplicada com vários fins, como estudo de cenários da mudança climática, avaliação de áreas afetadas por eventos naturais, avaliação de paisagens fragmentadas para recuperação e conservação e estudos da dinâmica de desmatamento em áreas protegidas, entre outras (RUIZ *et al.*, 2014; VINATIER & ARNAIZ, 2018).

O estudo temporal da mudança de uso da terra utiliza uma série de imagens captadas por satélites em períodos específicos, que são integradas umas com outras e com as informações adicionais do âmbito social, econômico, político e ambiental, geram informações úteis para objetivos determinados, como a avaliação da dinâmica de desmatamento, a dinâmica de expansão urbana, a dinâmica de expansão da agricultura, a avaliação de áreas para conservação, entre outros (CARAVANTES *et al.*, 2014; PENG *et al.*, 2019; QUIROGA, 2018).

2.5. Intensificação do uso da terra

As mudanças de uso da terra podem afetar os solos, gerando efeitos positivos ou negativos (QUICHIMBO *et al.*, 2012; SUN *et al.*, 2018). Os efeitos das mudanças da cobertura da terra dependem das características específicas de cada tipo de solo. Essas variáveis determinam se o uso dos solos estão abaixo, dentro ou acima da sua capacidade de uso (PRECCI & ALVES, 2019). A intensidade de uso da terra pode ser observada graficamente, integrando dados da cobertura do solo e a capacidade de uso de cada tipo de solo (ALVES *et al.*, 2019; MONTEIRO BRITO, 2016; PEREIRA *et al.*, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú, do Departamento de Canindeyú no Paraguai, localizado entre os 24°00' e 24°15' latitude Sul e os 55°32' e 55°32' longitude Oeste (Figura 1).

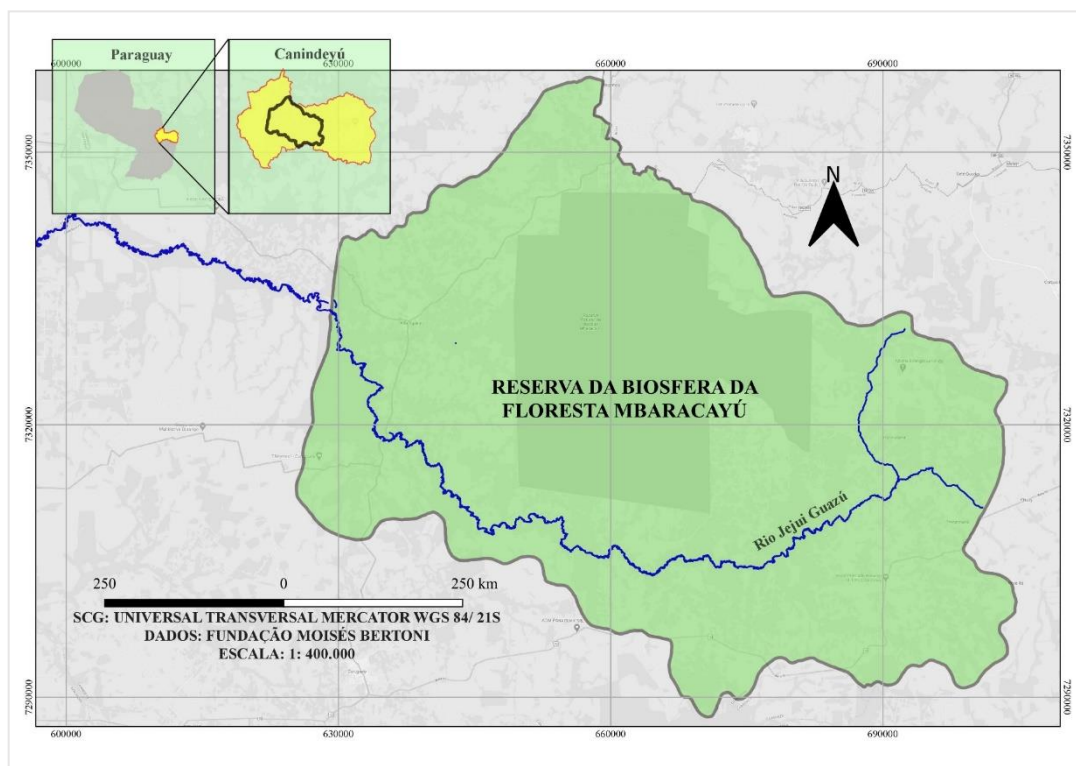


Figura 1. Localização da Reserva de Biosfera da Floresta Mbaracayú no departamento de Canindeyú no Paraguai.

3.1. Mudanças de cobertura e uso da terra (1999 – 2009 – 2019)

Para a quantificação de mudança de cobertura e uso da terra, principalmente das áreas de floresta da reserva, foi realizada análise multitemporal em períodos de 10 anos, desde 1999, um ano antes da área ser declarada como Reserva da Biosfera pela UNESCO, até 2019.

Foram necessárias duas imagens do Satélite Landsat-7 para cada ano de estudo, obtidas do site EARTH EXPLORER (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), com resolução espacial de 30m, 8 bandas, sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), órbita/ponto 224/007 e

225/007 de datas 22/09/1999, 31/10/1999, 03/10/2009, 06/07/2009, 28/08/2019 e 03/08/2019. Os principais critérios de seleção das imagens foram a posição sobre a área de estudo, a baixa porcentagem de nuvens e as datas das imagens, escolhendo as imagens que fossem tomadas pelo satélite nos períodos mais próximos.

Após a aquisição das imagens, foram realizados os procedimentos referentes ao pré-processamento das imagens como correção atmosférica, correção de erros de scanline (para as imagens dos anos 2009 e 2019), corte e união, formação de mosaico e georreferenciamento para preparar as imagens para a etapa de processamento (BENZ *et al.*, 2004).

Na etapa de processamento das imagens foi realizada a classificação supervisionada com o algoritmo de máxima verossimilhança “pixel a pixel”, na qual foram definidas as seguintes categorias de uso para cada ano de estudo: Floresta (área florestais nativas e incorporadas como plantação de eucaliptos e outras exóticas), Corpos d’água (rios e lagos), Infraestrutura (assentamentos urbanos e rurais, instalações residenciais, industriais, rodovias e caminhos), Área agrícola (área de agricultura com cultivos temporais e permanentes e áreas de preparo de solo pré-plantio), Pastagem (áreas de pastagem natural e induzido), e as categorias de Nuvem e Sombra, que foram específicas para o ano de 1999, em que foram considerados necessários pela presença de nuvens nas imagens (BENZ *et al.*, 2004; LUCA CONGEDO, 2016).

Após a classificação, com a operação de cross classification do software TerrSet (CLARK LABS, 2015), foi realizado um cruzamento entre o mapa de uso atual de 1999 com o do ano 2019 para obter o panorama atual da mudança de cobertura e uso da terra, sendo identificadas as variações entre cada uma das categorias da classificação de uso atual, tendo como resultado áreas que permaneceram idênticas e outras que mudaram de categoria de um ano para o outro. Essas mudanças foram agrupadas e identificadas arbitrariamente com as seguintes legendas: Preservada, Transição, Sem mudança, Por área atividade produtiva, Desmatada, Degradada e Falsa Mudança (Figura 2).

De	A	Corpos d'agua (1)	De	A	Infraestrutura (2)	De	A	Pastagem (5)	De	A	Floresta (6)
1	1	Preservada	2	1	Transição	5	1	Transição	6	1	Transição
1	2	Degradada	2	2	Sem Mudança	5	2	Degradada	6	2	Desmatada
1	3	Degradada	2	3	Por atividade produtiva	5	3	Por atividade produtiva	6	3	Desmatada
1	4	Degradada	2	4	Por atividade produtiva	5	4	Por atividade produtiva	6	4	Desmatada
1	5	Degradada	2	5	Por atividade produtiva	5	5	Sem Mudança	6	5	Desmatada
1	6	Transição	2	6	Transição	5	6	Transição	6	6	Preservada
1	7	Falsa Mudança	2	7	Falsa Mudança	5	7	Falsa Mudança	6	7	Falsa Mudança
1	8	Falsa Mudança	2	8	Falsa Mudança	5	8	Falsa Mudança	6	8	Falsa Mudança

De	A	Produção (3)	De	A	Solo sem cobertura (4)	De	A	Sombra (7)	De	A	Nuvem (8)
3	1	Transição	4	1	Transição	7	1	Falsa Mudança	8	1	Falsa Mudança
3	2	Degradada	4	2	Degradada	7	2	Falsa Mudança	8	2	Falsa Mudança
3	3	Sem Mudança	4	3	Por atividade produtiva	7	3	Falsa Mudança	8	3	Falsa Mudança
3	4	Por atividade produtiva	4	4	Sem Mudança	7	4	Falsa Mudança	8	4	Falsa Mudança
3	5	Por atividade produtiva	4	5	Por atividade produtiva	7	5	Falsa Mudança	8	5	Falsa Mudança
3	6	Transição	4	6	Transição	7	6	Falsa Mudança	8	6	Falsa Mudança
3	7	Falsa Mudança	4	7	Falsa Mudança	7	7	Sem Mudança	8	7	Falsa Mudança
3	8	Falsa Mudança	4	8	Falsa Mudança	7	8	Falsa Mudança	8	8	Sem Mudança

Figura 2. Legenda de mudanças de categorias de classificação de uso da terra de 1999 a 2019. De: Categoria identificada no ano 1999. A: Categoria identificadas no mesmo ponto para o ano 2019. As categorias de solo sem cobertura e produção, constituem conjuntamente a categoria de Área agrícola.

Por último, foram gerados os mapas de intensidade de uso dos solos. Para tal, primeiramente foi realizada a identificação das classes de capacidade de uso de solos que existem dentro dos limites da reserva, sendo comparadas com as categorias de uso atual identificadas para cada ano do estudo, e assim pode-se inferir o nível de intensificação de uso. Para isso, foi realizado o cruzamento de dados dos mapas de uso atual com os dados da capacidade de uso do solo por meio da operação de subtração de raster do software QGIS, tendo como resultado o Número de Classes Excedentes (NCE). Desta maneira, as áreas que apresentavam valores de NCE negativos indicavam terras subutilizadas conforme as características da capacidade de uso, as de valores positivos representavam terras de sobreutilização e as de valores nulos, indicavam terras utilizadas em conformidade com a sua capacidade de uso (ALVES *et al.*, 2019; MONTEIRO BRITO, 2016; PEREIRA *et al.*, 2018; PRECCI & ALVES, 2019).

Foram quantificadas as superfícies de cada nível de intensidade de uso e simplificadas em cinco grupos, tendo como referência a quantidade de

valores negativos e positivos, e colocando os valores nulos como uma categoria exclusiva, gerando assim os gráficos de referência.

Além dos dados obtidos por SIG, foram consultados documentos oficiais referentes a dados de uso da terra do departamento de Canindeyú como: censos agropecuários, estatísticas ambientais e dados populacionais existentes desde o ano 1999 até o ano 2019 da Dirección General de Estadísticas, Inquéritos e Censos (DGEEC, por sua sigla em espanhol: <https://www.dgeec.gov.py/default.php?publicacion=17>). O delineamento da análise de mudança de uso do solo está indicado na (Figura 3).

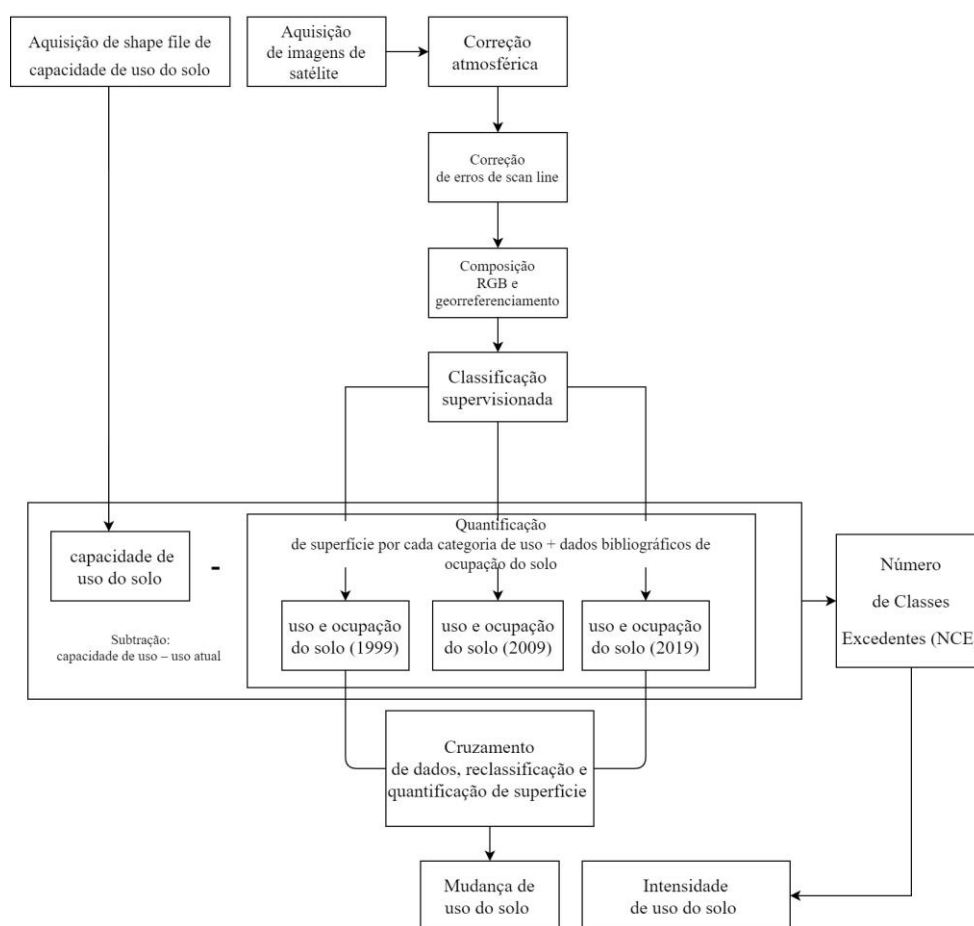


Figura 3. Diagrama simplificado dos procedimentos aplicados na análise multitemporal de mudança de uso da terra na Reserva de Biosfera da Floresta Mbaracayú.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mudança no uso da terra na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú, Paraguai

No período de 1999 a 2019, a área de floresta da reserva reduziu 42%, o que representou o desmatamento aproximado de 72.598 hectares. Por outro lado, as categorias de área agrícola e pastagem tiveram um incremento em 174 % e 19%, que representam superfícies aproximadas de 56.017 e 10.073 hectares, respectivamente (Tabela 1). Neste caso, considerou-se que a categoria de área agrícola integra área de solo exposto (preparação para cultivo) e áreas de produção com existência de espécies agrícolas.

Segundo a FMB/BM (2005), a Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú, está dividida em três áreas principais: a área núcleo de preservação, a zona de amortecimento e a zona de transição (Figura 4). Neste estudo, as áreas mais afetadas foram localizadas dentro dos limites da zona de amortecimento e da zona de transição, deixando a área núcleo como a principal zona preservada. Este resultado concorda com os dados obtidos por Von Thaden *et al.*(2018), que estudaram o processo de desmatamento da Reserva de Biosfera Los Tuxtlas em México, e observaram que a principal área desmatada foi dentro dos limites da zona de amortecimento da reserva. Os autores mencionam a importância do planejamento de ações de proteção nestas zonas, já que o desmatamento poderia diminuir o potencial de preservação de toda a reserva a longo prazo, além de comprometer o potencial de adaptação e mitigação da mudança climática e a disponibilização de serviços ecossistêmicos.

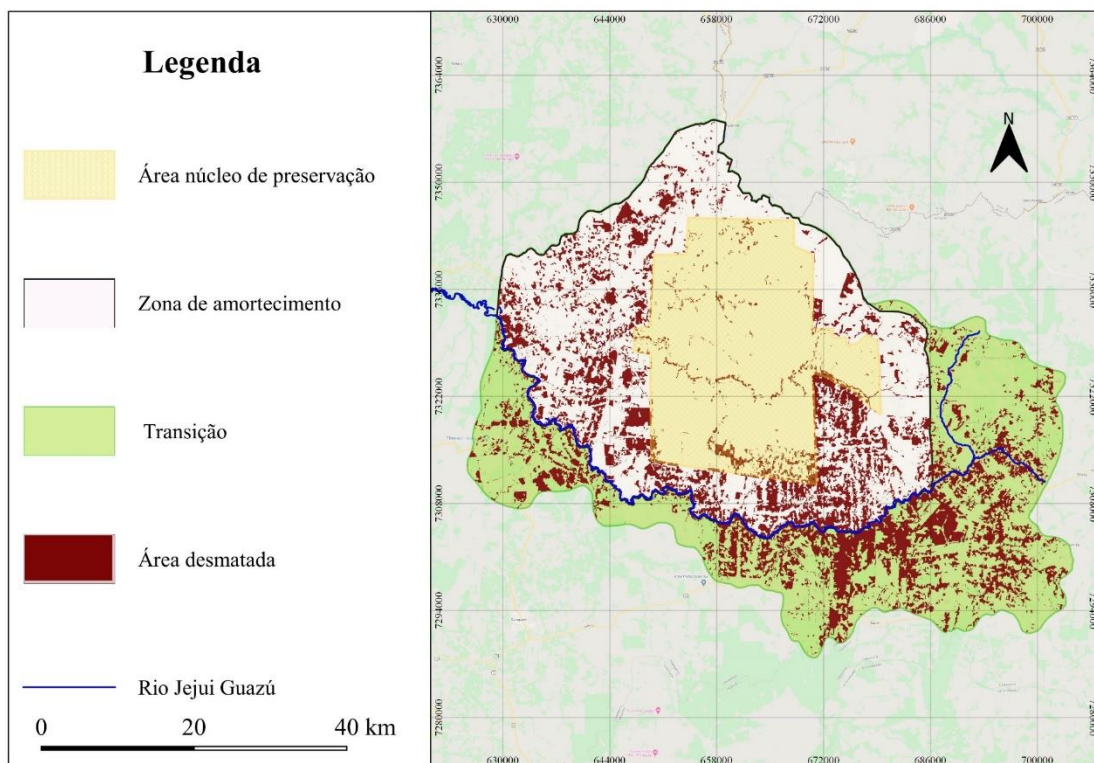


Figura 4. Áreas desmatadas dentro da Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayu identificadas nas três áreas; de transição. Zona de amortecimento e área núcleo de preservação no ano 2019.

De acordo com o histórico de dados de produção agrícola no departamento de Canindeyú, verificou-se que houve aumento da área destinada à produção agrícola, principalmente de cultivos temporais, dentre os quais destacam-se a cultura da soja e do milho, com crescimento em volume de produção na ordem de 58, 60 e 69 %, e 15, 26 e 25% para os anos 2000, 2009 e 2019, respectivamente.

Houve um aumento de aproximadamente 10 e 11 % da superfície de plantação destas duas culturas nos 20 anos considerados neste estudo, que se traduz num aumento de aproximadamente 77% da superfície ocupada pela produção agrícola em todo o departamento de Canindeyú. (Figura 5).

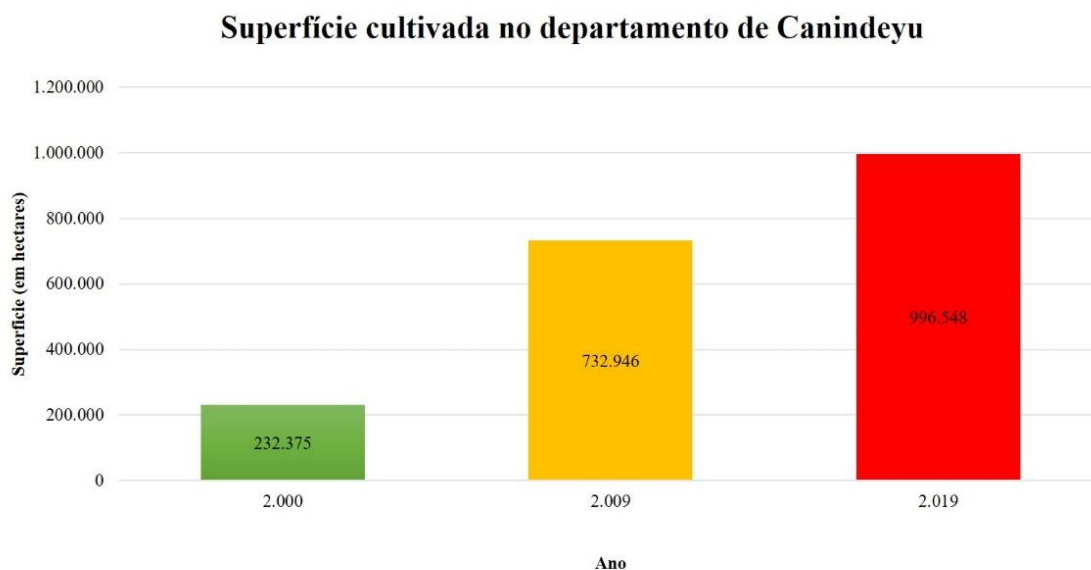


Figura 5. Superfície de produção agrícola no departamento de Canindeyú nos anos 2000, 2009 e 2019. A maior parte da superfície de produção corresponde a cultivos temporais com um 96,12, 99,70 e 99,76 % contra um 3,88, 0,30 e 0,24 % de cultivos permanentes para os anos 2000, 2009 e 2019 respectivamente.

Na tabela 1, são apresentados dados de variação de área registrados por imagens de satélite. A primeira imagem, 1999, registra dados da época em que a área foi declarada “Reserva da Biosfera”, a qual já constava atividade agrícola, ou seja, áreas em produção, áreas sem cobertura vegetal, áreas na fase de preparo de solo (pré plantio) e pastagens.

Uma importante categoria a ser analisada é a de floresta. Verificou-se uma considerável perda de área no período de 1999-2019, 72.598,2 ha, ou seja, 42% da área contida no início da reserva. Analisando-se os períodos intermediários verifica-se um agravante, pois houve uma aceleração do desmatamento no último período, 2009-2019 (Tabela 1).

Tabela 1. Uso dos solos na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú comparada entre os anos 1999, 2009 e 2019 por dados numéricos. *Nas três últimas colunas, valores positivos indicam aumento de área. Valores negativos (-) indicam redução de área

Categoria	Ano da coleta das imagens			Varição 1o. decênio	Varição 2o. decênio	Varição total (20 anos)
	1999	2009	2019	1999-2009*	2009-2019*	1999-2019*
	Área (ha)					
Floresta	174392,8 (100%)	146480,5 (84%)	101794,6 (58%)	-27912,3 (-16%)	-44685,4 (-26%)	-72598,2 (-42%)
Infraestrutura	34956,5 (100%)	39051,0 (112%)	42246,7 (121%)	4094,5 (12%)	3195,7 (9%)	7290,2 (21%)
Pastagem	64043,0 (100,0%)	19803,2 (30,9%)	76302,8 (119,1%)	-4239,8 (-69,1%)	56499,7 (88,2%)	10073,0 (19,1%)
Area agrícola	33541,5 (100%)	105348,6 (314%)	91745,8 (274%)	71807,1 (214%)	-13602,8 (-41%)	56017,4 (174%)

Na figura 6 circundou-se, na imagem do ano 1999, aproximadamente, com um polígono, a área que se manteve como floresta até 2019.

Comparando-se com imagem de 2019, é possível verificar que a parte mais preservada se posiciona ao norte da reserva. Por outro lado, ocorreu perdas a oeste e, em maior intensidade, ao sul e sudeste, responsáveis pela redução de 42% da mata nativa.

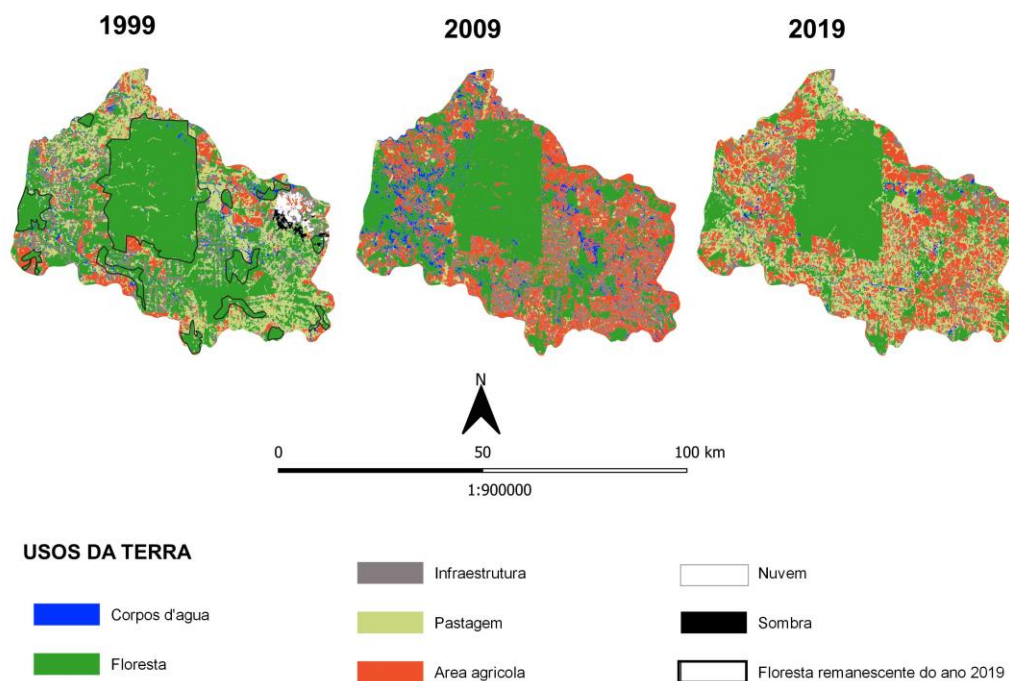


Figura 6. Cobertura da terra na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú comparada entre os anos 1999, 2009 e 2019.

A mudança da superfície florestal da reserva para áreas de produção agrícola, principalmente de cultivo de soja, é uma realidade já mencionada por Correia (2017) em seu estudo sobre a territorialização da soja no Paraguai, assinalando-a como a principal impulsora da mudança da paisagem, de mata atlântica para superfícies de terra e infraestruturas que apoiam a produção e a exportação do cultivo no país, que iniciaram no final da década de 1990. Por outro lado (SILVA & LIMA, 2018), em um estudo sobre a expansão da soja na região amazônica do Brasil, mencionam que a soja continua sendo, depois da pecuária, o principal impulsor da mudança das superfícies florestais, principalmente em municípios onde a produção de soja é a principal atividade econômica. Este fato é sustentado pelos dados estatísticos de produção no departamento de Canindeyú, que mostra como principal atividade econômica a agricultura de cultivos temporais, entre as quais, mais de 60% corresponde à produção de soja, demonstrando que esse cultivo ainda é o mais lucrativo da região, como menciona Da Ponte, Kuenzer *et al.* (2017) em seu estudo sobre a perda de cobertura vegetal no Paraguai.

Da Ponte, Mack *et al.* (2017), por meio de outro estudo de avaliação da dinâmica de cobertura florestal da Mata Atlântica, mencionam que o departamento de Canindeyú, junto com os de San Pedro e Alto Paraná, tiveram a maior perda relativa de floresta, aproximadamente 79% de toda a superfície. Flores-Casas & Ortega-Huerta (2019), em seu estudo de modelagem de mudança de cobertura vegetal na Reserva da Biosfera de Cuixmala, México, também observaram que a floresta estava sendo substituída pela agricultura e pastagem, e relacionaram isso com a proximidade das áreas desmatadas com as zonas rurais, principalmente na zona de amortecimento da reserva. No caso do presente estudo, a maior parte das áreas desmatadas estão localizadas ao redor dos principais núcleos rurais (Figura 7).

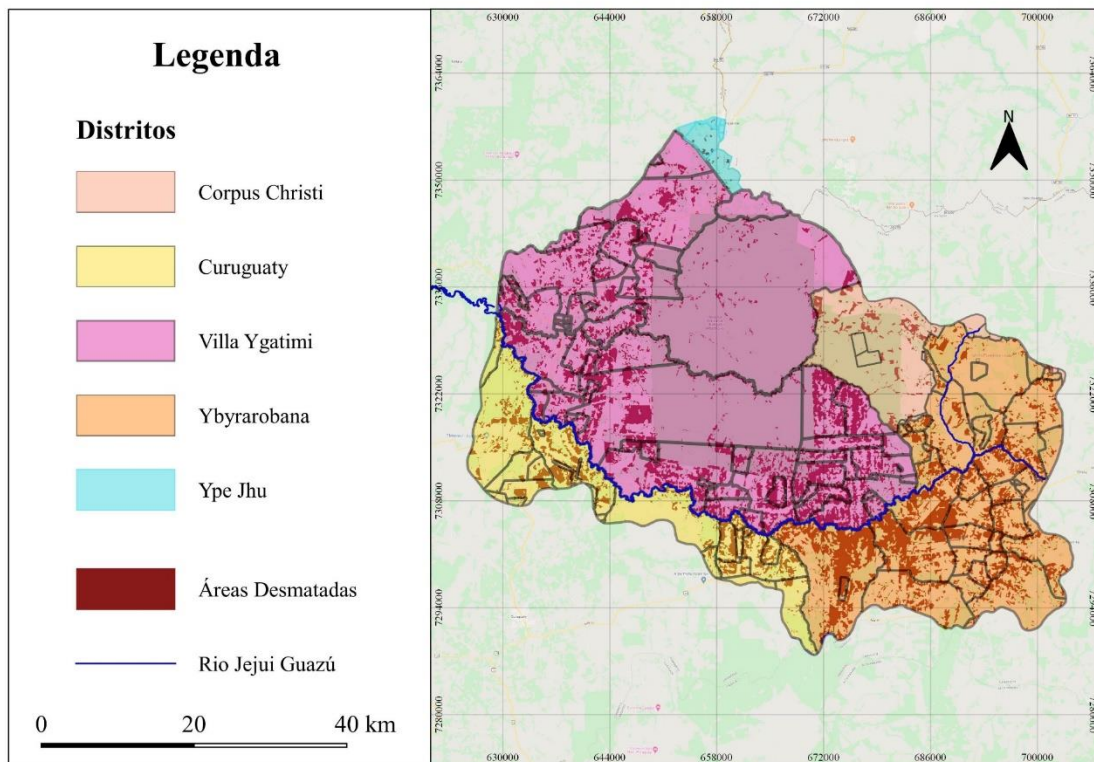


Figura 7. Distritos que integram a reserva da biosfera com superposição das áreas desmatadas e os limites dos bairros em cada distrito.

Comparando as categorias de uso da terra entre os anos 1999 e 2019 em relação à superfície total da reserva (Figura 8), o panorama de mudança que observamos foi que uma grande parte de superfície de áreas florestais permaneceu sem mudança ou preservada, com 33,08% da área total da reserva. Por outro lado, identificamos que 21,84% de áreas integradas por pastagem, infraestrutura e solos sem cobertura passaram a ser áreas de produção, portanto houve uma mudança por atividade produtiva. Também observamos que 21,84% das áreas florestais foram desmatadas e destinadas a outros usos.

Pode-se observar que 5,07% das áreas agrícolas e pastagem passaram a ser classificadas como floresta ou corpos d'água, mudanças que identificamos como de transição. Também 4,97% de áreas categorizadas como corpos d'água, áreas agrícolas e pastagem, mudaram para a categoria de infraestrutura, identificamos essas superfícies como áreas degradadas, e por último, observamos que houve 11,90% de áreas que permaneceram com a

mesma categoria nos anos de análise, ou seja, permaneceram sem mudanças (Figura 8).

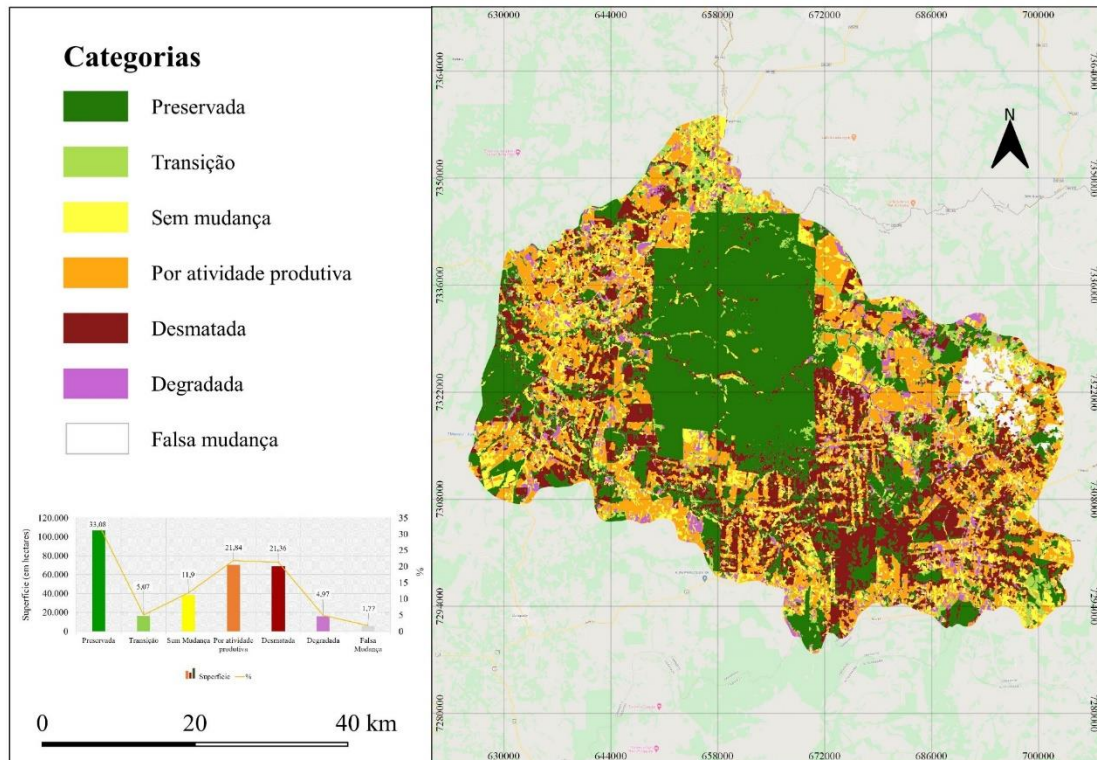


Figura 8. Mudança de uso e cobertura da terra na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú. Resultado do cruzamento dos mapas de uso da terra dos anos 1999 e 2019. As categorias de Nuvens e Sombras classificadas no ano 1999 que passaram a outras categorias no ano 2019 foram identificadas como falsa mudança e correspondem a 1,77% da área da reserva.

Mesmo com o aumento da superfície destinada para atividade produtiva, as áreas florestais, principalmente da área núcleo de preservação, são as que apresentaram menores mudanças no uso da terra, demonstrando a importância da sua manutenção, já que podem ser consideradas áreas com maior contribuição de serviços ecossistêmicos, conforme reportado por Castillo-Eguskita *et al.* (2019) em um estudo da mudança de uso do solo na Reserva da Biosfera de Urdaibai em Biscay, Espanha, e, por Fedele *et al.* (2018) em um estudo realizado na Indonésia. Fedele *et al.* (2018) observaram que a conversão de florestas naturais para sistemas de plantio afetou negativamente o processo de infiltração de água nos solos, a biodiversidade,

os serviços reguladores da qualidade e quantidade de água e o sequestro de carbono.

No entanto, Castillo-Eguskiza *et al.* (2019) ressaltam que a área de transição cumpre a função de promover o desenvolvimento sustentável da população. No presente estudo, poderia se relacionar com as principais áreas de ação da Fundação Moises Bertoni enquanto a produção sustentável (Figura 09). Segundo Da Ponte, Mack, *et al.* (2017), os programas ambientais são importantes para tentar manter os remanescentes florestais.

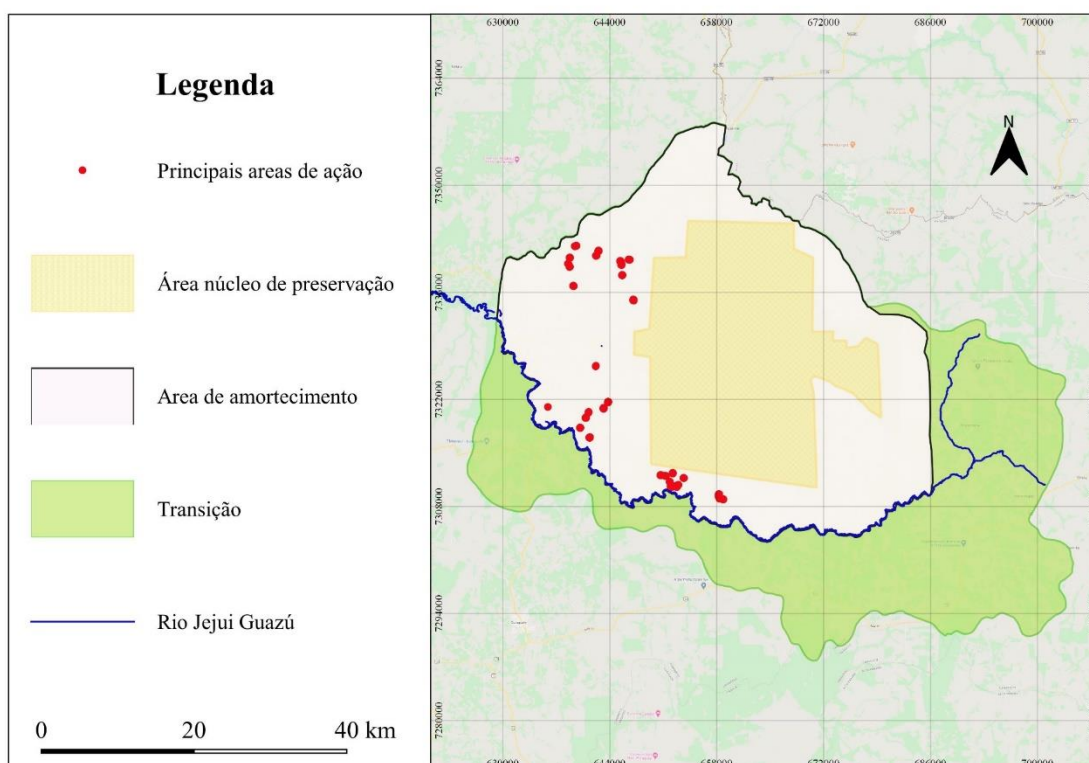


Figura 09. Principais áreas de ação de produção sustentável de erva mate (*Ilex paraguariensis*) dentro da reserva da biosfera, com projetos implementados desde o ano 2013 pela Fundação Moises Bertoni.

4.2. Intensidade de uso dos solos da Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayu.

As classes da capacidade de uso agrológicas dos solos identificadas na reserva foram sete, indo da classe 2 até a classe 8, sendo a classe 3, com 56,40 %, a que ocupa a maior superfície da área da reserva (Figura 10).

A análise das capacidades de uso agrológicas dos solos em relação ao seu uso atual teve como resultado maiores superfícies de solo com valores positivos de NCE (Figura 11), com uma média de 77,22% da superfície no período avaliado. Ou seja, estes resultados indicam que nos três momentos avaliados (1999-2009-2019) houve uma permanência de superfície com sobreutilização, ou seja, áreas exploradas com intensidades que sobrepassam a sua capacidade de uso e suporte, necessitando da implementação de práticas conservacionistas para favorecer a sua restauração.

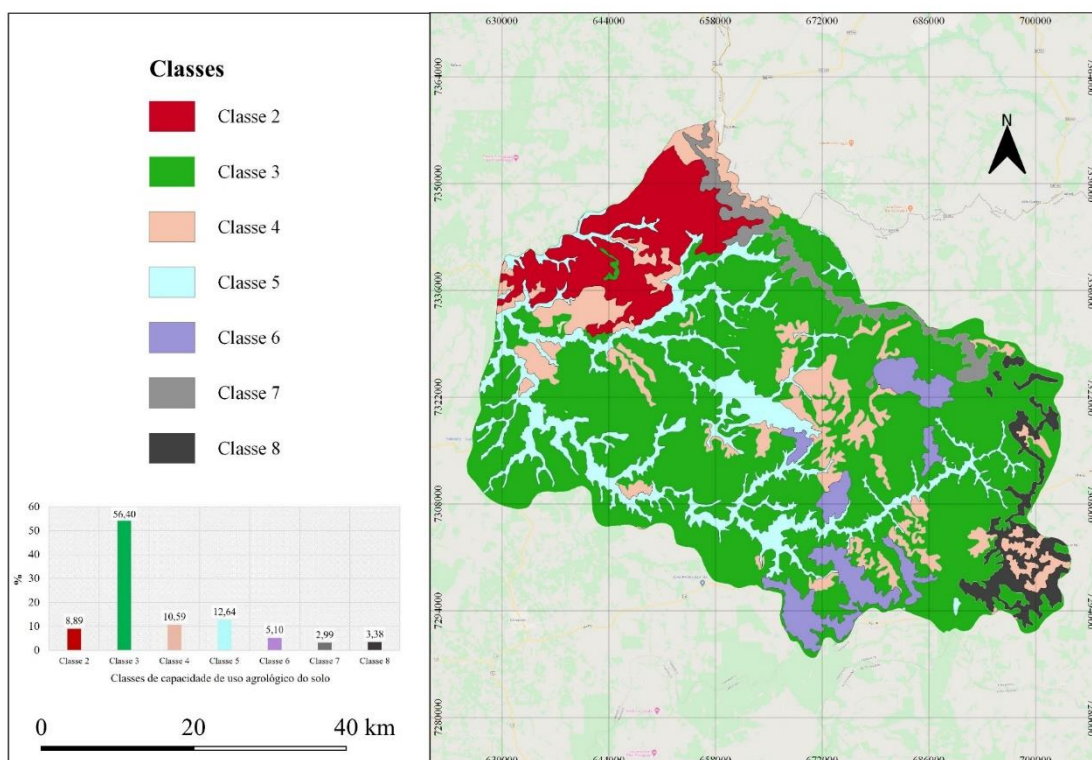


Figura 10. Distribuição das classes de uso agrológicas do solo na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayu com dados de porcentagem de superfície ocupada por cada classe.

Cerca de 3,5% da área da reserva apresentaram uso do solo compatível com sua capacidade de uso e manejo. Por outro lado, as que tiveram valores negativos, apresentarão uma média de 18,80% também entre os três anos, mas com uma diminuição total de 6,26% desde 1999 até 2019, o que indica que as áreas que antes eram subutilizadas, ou utilizadas conforme a sua capacidade, sofreram uma maior intensificação de uso nos 20 anos.

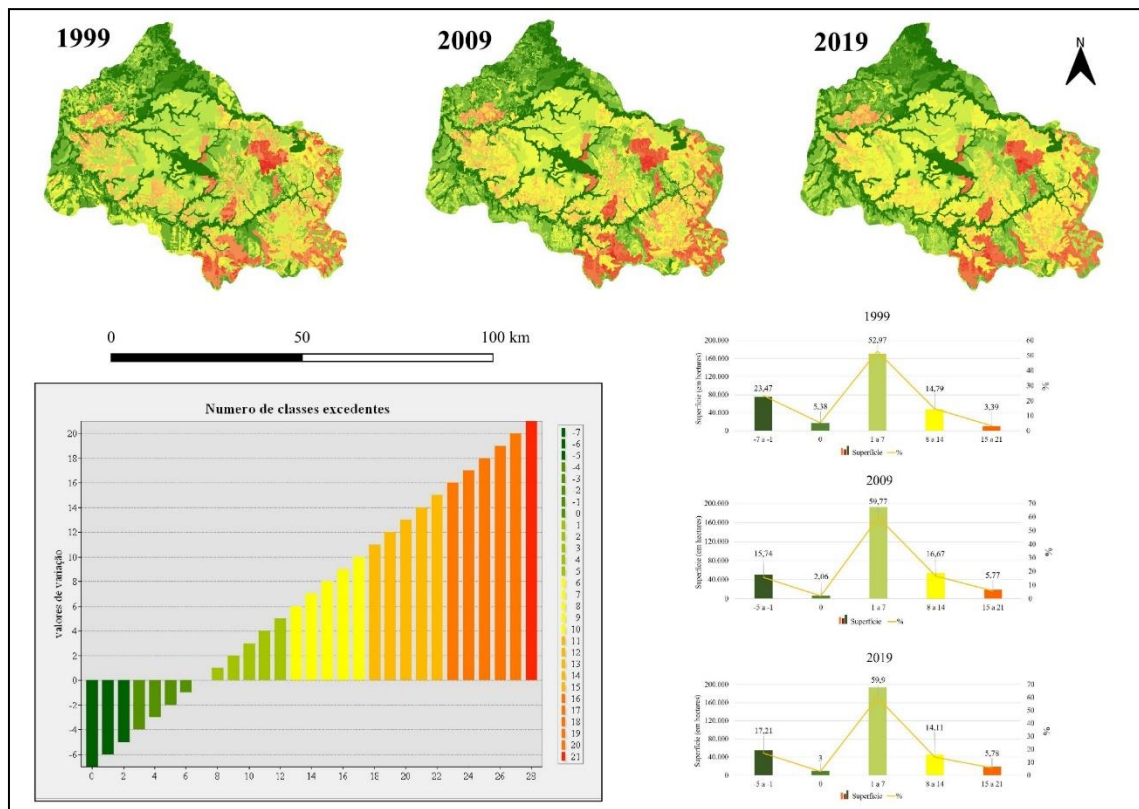


Figura 11. Número de classes excedentes (NCE) na Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú. Os valores negativos indicam áreas de subutilização com respeito a sua capacidade de suporte. Os valores positivos indicam áreas com sobreutilização e o valor nulo representa áreas onde o uso está dentro do limite da sua capacidade de uso e suporte. A intensidade de uso dos solos foi maior entre os anos 1999 a 2009.

Os resultados da análise de intensidade de uso do solo mostraram que a maior parte da superfície da reserva está sobre solos de Classe III, que segundo Klingebiel & Montgomery (1961) e López Gorostiaga *et al.* (1995), são consideradas com aptidão para a atividade agrícola, porém o NCE mostra que essas áreas estão sofrendo uma sobreutilização. Segundo as suas características agrológicas, essas áreas também são zonas foco de desmatamento, isto pode ser relacionado com resultados observados por Aguilar-Tomasini *et al.* (2020) em um estudo da efetividade de áreas naturais protegidas na prevenção de mudanças de uso da terra no México, no qual os autores mencionam que quando as terras das áreas protegidas são aptas para

a agricultura, a probabilidade de ocorrência de desmatamento é maior, devido à transformação dessas florestas em áreas de produção. Essas observações podem ser relacionadas com o fato do aumento da superfície de produção agrícola do departamento de Canindeyú em 77% nos 20 anos de estudo, dado que deve ser considerado na avaliação do desmatamento dentro da reserva.

Bailey *et al.* (2016) em seu estudo de mudança de uso da terra em quatro áreas protegidas de África, observaram um aumento da atividade agrícola, principalmente nas zonas de amortecimento, e também mencionam que o mesmo panorama é constatado em outras partes de África e América Latina, onde essa mudança de uso aumenta o potencial de impactos antropogênicos na função das áreas protegidas.

A maior variação em intensidade de uso foi observada entre os anos 1999 e 2009, por outro lado entre os anos 2009 e 2019 os valores de NCE foram similares. Isso pode estar relacionado com o aumento de projetos de preservação e de produção sustentável desenvolvidos desde o ano 2009, que aumentou os esforços nas atividades de manutenção dos remanescentes florestais da reserva, favorecendo a proteção e o aumento de áreas de conectividade (M. I. FERREIRA & SALAS-DUEÑAS, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos 20 anos, a Reserva da Biosfera da Floresta Mbaracayú tem sofrido tanto de desmatamentos da floresta nativa, como da intensificação de uso do solo. Esse fato é resultante da mudança de superfícies florestais para áreas de produção de cultivos temporais.

Uma questão relevante é compreender quais as categorias que substituíram as áreas de floresta. Em uma análise qualitativa, pode-se verificar que a área externa ao polígono, no ano 2019, foi dominada por um mosaico de cores, predominando áreas de pastagem, áreas sem planta (em preparo do solo) e em cultivo. Fazendo um balanço tem-se:

- Perda da categoria floresta em 20 anos: 72598,2 ha
- Ganhos em (Pastagem, 10073,0 ha) + (Sem cobertura + produção, 56017,4) = 66090,4 ha.

Assim, o avanço da agricultura e da pecuária está associado com a taxa de 91% do desmatamento.

Portanto, é importante criar mecanismos de proteção e preservação da mata da reserva, em especial, da mata contínua do polígono da figura 06. Além disso, é necessário realizar ações de aumento das áreas remanescentes fragmentadas e proporcionar corredores ecológicos.

Os resultados apresentados por este estudo podem ser considerados como uma base científica importante para apoiar a tomada de decisões das instituições envolvidas na gestão de áreas protegidas, a fim de colaborar para o desenvolvimento de novas estratégias de fiscalização, conservação e recuperação destas reservas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADNAN, M. S. G., ABDULLAH, A. Y. M., DEWAN, A., & HALL, J. W. The effects of changing land use and flood hazard on poverty in coastal Bangladesh. **Land Use Policy**, v.99, n. May, article 104868, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104868>

AGUILAR-TOMASINI, M. A., ESCALANTE, T., & FARFÁN, M. Effectiveness of natural protected areas for preventing land use and land cover changes of the Transmexican Volcanic Belt, Mexico. **Regional Environmental Change**, v. 20, n. 3, 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01660-3>

ALVES, W. D. S., MARTINS, A. P., & SCOPEL, I. Fragilidade ambiental: subídio ao planejamento e á gestão da bacia do ribeirão da Laje (GO), Brazil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 22, n. 34., p.01-17, 2019. doi: <https://doi.org/10.5902/2236499431267>

BAILEY, K. M., MCCLEERY, R. A., BINFORD, M. W., & ZWEIG, C. Land-cover change within and around protected areas in a biodiversity hotspot. **Journal of Land Use Science**, v. 11, n. 2, p. 154–176, 2016. doi: <https://doi.org/10.1080/1747423X.2015.1086905>

BENZ, U. C., HOFMANN, P., WILLHAUCK, G., LINGENFELDER, I., & HEYNEN, M. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 58, n.3–4, p. 239–258, 2004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2003.10.002>

CARAVANTES, R. E. D., PEÑA, L. C. B., CEJUDO, L. C. A., & FLORES, E. S. Análisis geoespacial de la interacción entre el uso de suelo y de agua en el área peri-urbana de Cuauhtémoc, Chihuahua. Un estudio socioambiental en el norte de México. **Investigaciones Geograficas**, v.83, n. 83, p.116–130, 2014. doi: <https://doi.org/10.14350/rig.32694>

CASTILLO-EGUSKITZA, N., SCHMITZ, M. F., ONAINDIA, M., & RESCIA, A. J. Linking biophysical and economic assessments of ecosystem services for a social-ecological approach to conservation planning: Application in a biosphere reserve (Biscay, Spain). **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n.11, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/su11113092>

CORREIA, J. E. Soy states: resource politics, violent environments and soybean territorialization in Paraguay. **Journal of Peasant Studies**, v. 46, n. 2, p. 316–336, 2017. doi: <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1384726>

COURT, J., HYDEN, G., MEASE, K., VERBURG, R., FILHO, S. R., LINDOSO,

D., DEBORTOLI, N., LITRE, G., BURSZTYN, M., BOUCHER, D., ELIAS, P., LININGER, K., CALEN, M.-T., ROQUEMORE, S., SAXON, E., BRACK, D., FELLOW, A., HOUSE, C., TRENDS, F., ... PALMER, C. International Trade and Deforestation: Potential Policy Effects via a Global Economic Model. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 1, p. 1–10, 2015. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044009>

DA PONTE, E., KUENZER, C., PARKER, A., RODAS, O., OPPELT, N., & FLECKENSTEIN, M. Forest cover loss in Paraguay and perception of ecosystem services: A case study of the Upper Parana Forest. **Ecosystem Services**, v. 24, p. 200–212, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.009>

DA PONTE, E., MACK, B., WOHLFART, C., RODAS, O., FLECKENSTEIN, M., OPPELT, N., DECH, S., & KUENZER, C. Assessing forest cover dynamics and forest perception in the Atlantic Forest of Paraguay, combining remote sensing and household level data. **Forests**, v.8, n. 10, p. 1–21, 2017. doi: <https://doi.org/10.3390/f8100389>

DA PONTE, E., ROCH, M., LEINENKUGEL, P., DECH, S., & KUENZER, C. Paraguay's Atlantic Forest cover loss – Satellite-based change detection and fragmentation analysis between 2003 and 2013. **Applied Geography**, v. 79, p. 37–49, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.005>

DE ANDRADE BARBOSA, M., DE SOUSA FERRAZ, R. L., COUTINHO, E. L. M., COUTINHO NETO, A. M., DA SILVA, M. S., FERNANDES, C., & RIGOBELLO, E. C. Multivariate analysis and modeling of soil quality indicators in long-term management systems. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 457–465, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.441>

FEDELE, G., LOCATELLI, B., DJOUDI, H., & COLLOFF, M. J. Reducing risks by transforming landscapes: Cross-scale effects of land-use changes on ecosystem services. **PLoS ONE**, v. 13, n. 4, p. 1–21, 2018. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195895>

FERNANDES, M. M., FERNANDES, M. R. DE M., GARCIA, J. R., MATRICARDI, E. A. T., DE ALMEIDA, A. Q., PINTO, A. S., MENEZES, R. S. C., SILVA, A. DE J., & LIMA, A. H. DE S. Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil: 1992–2030. **Land Use Policy**, v. 99, n. May, article 104795, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104795>

FERREIRA, C. R., CORREIA, M. E. F., CAMARA, R., RESENDE, A. S., DOS ANJOS, L. H. C., & PEREIRA, M. G. Soil fauna changes across Atlantic Forest succession. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n.2, p.162–174, 2018. doi: <https://doi.org/10.14295/CS.v9i2.2388>

FERREIRA, M. I., & SALAS-DUEÑAS, D. A. Strategic value of yerba mate, in

the Mbaracayú Forest Biosphere Reserve, Paraguay. **Revista Sociedad Científica Paraguaya**, v. 1, n. 24, p. 204–217, 2019. doi: <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.32480/rscp.2019-24-1.204-217>

FLEYTAS, M. DEL C. (MSc) **Reserva de Biosfera del Bosque Mbaracayú**. Documentos de Trabajo nº 38, Unesco (Programa de Cooperación Sur-Sur), Paraguay, 2008. Disponible en: <https://docplayer.es/33461377-Reserva-de-biosfera-del-bosque-mbaracayu-paraguay.html>

FLORES-CASAS, R., & ORTEGA-HUERTA, M. A. Modelling land cover changes in the tropical dry forest surrounding the Chamela-Cuixmala biosphere reserve, Mexico. **International Journal of Remote Sensing**, v. 40, n.18, p. 6948–6974, 2019. doi: <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1597305>

FLORES-RENTERÍA, D., SÁNCHEZ-GALLÉN, I., MORALES-ROJAS, D., LARSEN, J., & ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, J. Changes in the Abundance and Composition of a Microbial Community Associated with Land Use Change in a Mexican Tropical Rain Forest. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00200-6>

FMB/BM. **Reserva Natural del Bosque Mbaracayu**. Plan de Manejo 2005-2010. Asunción, Paraguay: Fundación Moises Bertoni Para La Conservación de La Naturaleza (FMB), Banco Mundial (BM), 2005.

FOLEY, J. A., DEFRIES, R., ASNER, G. P., BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, S. R., CHAPIN, F. S., COE, M. T., DAILY, G. C., GIBBS, H. K., HELKOWSKI, J. H., HOLLOWAY, T., HOWARD, E. A., KUCHARIK, C. J., MONFREDA, C., PATZ, J. A., PRENTICE, I. C., RAMANKUTTY, N., & SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

GALLUPPI-SELICH, T., VILLALBA, J., SALAS-DUEÑAS, D. A., & RODRÍGUEZ, L. Analysis of the ecosystem function “protection of aquifers by vegetation coverage” in the Mbaracayú Forest Biosphere Reserve (Canindeyú, Paraguay). **Revista So**, v. 1, n. 24, p. 99–113, 2019. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.32480/rscp.2019-24-1.99-113>

LÓPEZ GOROSTIAGA, O., GONZÁLEZ ERICO, E., DE LLAMAS G., P. A., MOLINAS M., A. S., FRANCO S., E. S., GARCÍA S., S., & RÍOS A., E. O. **Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay**. Asunción, Paraguay: Gobierno del Paraguay, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría de Estado De Recursos Naturales y Medio Ambiente, Banco Mundial, 1995.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**

Release 4.8.0.1. 2016. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>

LOPES, I. C. P.; CAMPOS, J.A. Capacidade de uso da terra da sub-bacia do Córrego Maria Comprida usando Sistemas de Informações Geográficas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 04, n. 02, p. 110-121, 2019. doi: [10.24221/jeap.4.2.2019.2358.110-121](https://doi.org/10.24221/jeap.4.2.2019.2358.110-121).

MACDONALD, H., & MCKENNEY, D. Envisioning a global forest transition: Status, role, and implications. **Land Use Policy**, v. 99, n. april, article 104808, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104808>

MATYSEK, K. A., STRATFORD, E., & KRIWOKEN, L. K. The UNESCO biosphere reserve program in Australia: Constraints and opportunities for localized sustainable development. **Canadian Geographer**, v. 50, n. 1, p. 85–100, 2006. doi: <https://doi.org/10.1111/j.0008-3658.2006.00128.x>

MONTEIRO, L. I. B. **Pagamento por serviços ambientais e condição de uso intensivo do solo**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

PADONOU, E. A., LYKKE, A. M., BACHMANN, Y., IDOHOU, R., & SINSIN, B.. Mapping changes in land use/land cover and prediction of future extension of bowé in Benin, West Africa. **Land Use Policy**, v. 69, n. november, p. 85-92, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.09.015>

PAULA, P. A., ZAMBRANO, L., & PAULA, P. Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático. **Enfoque UTE**, v. 9, n. 2, p. 125–137, 2018. doi: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.252>

PENG, F., WANG, L., ZOU, S., LUO, J., GONG, S., & LI, X.. Content-based search of earth observation data archives using open-access multitemporal land cover and terrain products. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 81, n. December 2018, p. 13–26, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.05.006>

SANTOS, K. M. P. Formação dos Grupos de Organismo de Controle Social em Comunidades Quilombolas do Vale do Ribeira, SP: estudo de caso do grupo de mulheres de São Pedro. **Redes - Santa Cruz do Sul**, v. 23, n. 3, p. 336-352, 2018. doi: <https://doi.org/10.17058/redes.v23i3.9238>

QUICHIMBO, P., TENORIO, G., BORJA, P., CÁRDENAS, I., CRESPO, P., & CÉLLERI, R.. Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. **Suelos Ecuatoriales**, v. 42, n. 2, p. 138–153, 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600017>

QUIROGA, L. **Análisis de detección de cambios en el espacio empleando**

interpretación de imágenes satelitales y estadística espacial. Tesis (Magister) - Escuela de Posgrados Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2018.

RUIZ, V., SAVÉ, R., & HERRERA HERRERA, A. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. **Revista Científica de FAREM-Estelí**, v. 22, n. 11, p. 57–68, 2014. doi: <https://doi.org/10.5377/farem.v0i11.1605>

ŞEKER, C., ÖZAYTEKIN, H. H., NEGIŞ, H., GÜMÜŞ, İ., DEDEOĞLU, M., ATMACA, E., & KARACA, Ü. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: An Alluvial Plain From Central Anatolia. **Solid Earth Discussions**, v. 3, p. 1–33, 2016. doi: <https://doi.org/10.5194/se-2016-138>

SILVA, C. A., & LIMA, M. Soy Moratorium in Mato Grosso: Deforestation undermines the agreement. **Land Use Policy**, v. 71, n. September, p. 540–542, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.011>

STREY, S., BOY, J., STREY, R., WEBER, O., & GUGGENBERGER, G. Response of soil organic carbon to land-use change in central Brazil: a large-scale comparison of Ferralsols and Acrisols. **Plant and Soil**, v. 408, n. 1–2, p. 327–342, 2016. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2901-6>

SUN, D., YANG, H., GUAN, D., YANG, M., WU, J., YUAN, F., JIN, C., WANG, A., & ZHANG, Y. The effects of land use change on soil infiltration capacity in China: A meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 1394–1401, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.104>

SZULECKA, J., & MONGES ZALAZAR, E. Forest plantations in Paraguay: Historical developments and a critical diagnosis in a SWOT-APH framework. **Land Use Policy**, v. 60, p. 384–394, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.11.001>

VAN CUONG, C., DART, P., & HOCKINGS, M. Biosphere reserves: Attributes for success. **Journal of Environmental Management**, v. 188, p. 9–17, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.069>

VINATIER, F., & ARNAIZ, A. G. Using high-resolution multitemporal imagery to highlight severe land management changes in Mediterranean vineyards. **Applied Geography**, v. 90, n. December 2017, p. 115–122, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.003>

VON THADEN, J. J., LABORDE, J., GUEVARA, S., & VENEGAS-BARRERA, C. S. Forest cover change in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve and its future: The contribution of the 1998 protected natural area decree. **Land Use Policy**, v. 72, n. July 2017, p. 443–450, 2018. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.040>

XAVIER, A. P. C.; SILVA, R. M. . Modelagem Temporal Dinâmica Do Uso E Ocupação Do Solo Baseado Em Sig Para a Bacia Do Rio Tapacurá (PE).

Revista Geociências, v. 37, n. 1, p. 193–210, 2018. doi:

<https://doi.org/10.5016/geociencias.v37i1.12623>