

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

EDUARDO HENRIQUE PEREIRA FRANÇA

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE APP'S E DE RESERVAS LEGAIS DA REGIÃO DE
MARINGÁ-PR COM USO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Maringá
2022

EDUARDO HENRIQUE PEREIRA FRANÇA

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE APP'S E DE RESERVAS LEGAIS DA REGIÃO DE
MARINGÁ-PR COM USO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Otávio C. Montanher

MARINGÁ
2022

EDUARDO HENRIQUE PEREIRA FRANÇA

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE APP'S E DE RESERVAS LEGAIS DA REGIÃO DE
MARINGÁ-PR COM USO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para o Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito de obtenção do título de bacharel em Geografia.

Data da Aprovação: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

_____/_____/_____
Prof. Dr. Otávio Cristiano Montanher (orientador) Data

_____/_____/_____
Prof. Dr. Eduardo Souza de Moraes (DGE) Data

_____/_____/_____
Profa. Dra. Juliana de Paula Silva (DGE) Data

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter tornado possível essa jornada na graduação, e diante de todos os problemas, ter me inspirado a manter a calma e o foco, para que fosse possível completar mais esse objetivo em minha vida.

À minha família, em especial meus pais Amarildo Pimenta França e Eliana Verginia Pereira, e à minha irmã Luanna França por serem meu porto seguro durante toda a minha vida, e por terem me mostrado que com as pessoas certas ao meu lado, todos desafios se tornam menores.

Agradeço aos meus grandes amigos que levo no coração Bruno Erzinger, Danilo Barrionuevo e William Sadowski, por tudo que já passamos juntos, por sempre estarem comigo em momentos decisivos como esse e tornarem tudo mais leve.

Ao Professor Otávio Cristiano Montanher, que com muita calma e sabedoria, me auxiliou nesse projeto com ideias extremamente inteligentes e que agregaram imensamente ao trabalho.

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

Devido a predominância do *Homo sapiens* sob as demais espécies do planeta Terra, tivemos um aumento demasiado de nossa população, e com isso, a crescente necessidade de se produzir alimento em quantidades cada vez maiores. Para suprir essa nova demanda, a sociedade promoveu grandes mudanças no meio ambiente, substituindo milhões de hectares de vegetação nativa por produção agrícola. Em determinado momento, notou-se que os recursos naturais eram limitados e não deveriam ser usados de maneira imprudente. Sendo assim, leis foram criadas para inibir o avanço do desmatamento e para preservar determinadas áreas. Sabendo da importância que essas áreas de preservação possuem para o meio ambiente, o objetivo desse trabalho é realizar os mapeamentos das áreas de cobertura arbórea presentes em APP's ao longo da Região Metropolitana de Maringá, para que dessa forma, seja possível a análise e compreensão do desenvolvimento desses fragmentos de vegetação. Para tanto, foi realizado o mapeamento desses fragmentos em dois momentos históricos: o primeiro entre 2000 e 2005, e o segundo para 2021. Os índices de circularidade, área total, fragmentação e tamanho médio dos fragmentos, todos relacionados à área da Ecologia da Paisagem, foram aplicados no intuito de constatar um avanço ou regresso ecológico dos fragmentos. Como resultados, constatamos uma diminuição na quantidade de fragmentos de vegetação e, simultaneamente, um aumento de mais de 300% do tamanho médio desses fragmentos presentes nas APP's analisadas. Vale ressaltar que não houve diminuição das áreas de cobertura arbórea em nenhum dos 30 pontos analisados. Alguns pontos apresentaram, além do aumento considerável em área total de vegetação, o surgimento de cobertura florestal onde, anteriormente, era predominantemente dominado pela ação antrópica. Dessa forma, o atual trabalho conclui que o aumento do tamanho médio dos fragmentos, somado à união dos mesmos, possibilita o possível desenvolvimento de espécies mais sensíveis aos efeitos perturbadores de borda, causados, principalmente, pela ação antrópica, gerando assim maior biodiversidade na região.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente; Ecologia da Paisagem; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Due to *Homo sapiens*' predominance over other species on planet Earth, we had an excessive rise in our population, and as a result, an increasing need to produce more and more food. Society has promoted significant changes in the environment to overcome this new demand, replacing millions of hectares of native vegetation with agricultural production. At a certain point, we noticed that natural resources have a limit and should not be used in a hand-off way. Therefore, laws have been created to prevent the advance of deforestation and preserve particular areas. Aware that these preserving areas are relevant for the environment, this paper aims to carry out the mapping of tree cover areas presenting in permanent preservation areas (PPAs) around of Metropolitan Region of Maringá, so that it can be possible to analyze and understand the development of these vegetation fragments. For this purpose, we carried out the mapping of these fragments in two historical moments: first between 2000 and 2005, and second in 2021. The circularity rates, total land area, fragmentation, and the fragment average size, all related to the Landscape Ecology area, were applied to verify an ecological advance or setback of the fragments. As a result, we found a decrease in the number of vegetation fragments and, simultaneously, an increase of more than 300% in the average size of the fragments present in the PPAs analyzed. It is worth mentioning that there was no decrease in the areas of tree cover in any of the 30 analyzed points. Some points showed, aside from the significant increase in the total area of vegetation, the emergence of forest cover where, previously, it was predominantly dominated by anthropic action. Therefore, the current paper concludes that the fragment's average size increase, added to the union of the same, allows the development of species that are more sensitive to edge disturbing effects, mainly caused by anthropic action, consequently generating greater biodiversity in the region.

Keywords: Permanent Preservation Areas; Landscape Ecology; Remote Sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos de Interpretação de Imagem.....	12
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.....	17
Figura 3: Mapa de declividade da área de estudo.....	18
Figura 4: Mapa de Pedologia da área de estudo.....	20
Figura 5: Formações geológicas presentes na área de estudo.....	21
Figura 6: Datas das primeiras imagens.....	26
Figura 7: Área total, 2005 – 2021.....	27
Figura 8: Quantidade de fragmentos, 2005 – 2021.....	28
Figura 9: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 9.....	28
Figura 10: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 11.....	29
Figura 11: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 23.....	30
Figura 12: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 21.....	31
Figura 13: Índice de Circularidade.....	33
Figura 14: Ocorrência dos tipos de solo.....	33
Figura 15: Declividade média dos pontos.....	34

LISTA DE SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAT	Instituto Água e Terra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MINEROPAR	Minerais do Paraná
SIG	Sistema de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	ÁREA DE ESTUDO	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	Cruzamento entre bancos de dados	23
3.2	Análise de Métricas da Paisagem	23
4	RESULTADOS	25
4.1	Data das imagens	25
4.2	Área total de cobertura florestal	26
4.3	Quantidade e tamanho médio dos fragmentos	27
4.4	Índice de Circularidade	32
4.5	Características físicas	33
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICE	38

1 INTRODUÇÃO

Com a constante evolução do *Homo sapiens*, nos tornamos a espécie predominante no planeta Terra, habitando todos os continentes e deixando nossa marca em quase todo o globo. Devido a essa predominância sob as demais espécies, tivemos um aumento demasiado de nossa população, que no dia 15 de novembro de 2022, ultrapassou a marca de 8 bilhões de pessoas, e com isso, surge a necessidade de se produzir alimento em quantidades cada vez maiores. Dessa forma, a sociedade promoveu grandes mudanças no meio ambiente para que fosse possível corresponder a essa nova demanda.

Sendo assim, ao invés de ocupar o solo com inúmeras espécies da flora e mantê-lo rico em biodiversidade, o homem compreendeu que substituir milhões de hectares de vegetação nativa por monoculturas seria mais rentável financeiramente.

Há tempos, acreditava-se que os recursos ambientais eram abundantes e que nunca iriam se acabar. Assim, não se via necessidade de preservá-los. O valor atribuído ao meio ambiente era zero, ou seja, era considerado como bens gratuitos que não entravam na contabilidade econômica, apesar de ser usado na produção de bens e serviços (MATTOS, 2007 apud BENAKOUCHE e CRUZ, 1994, p.347).

Após séculos de exploração do meio ambiente sem nenhum tipo de fiscalização, algumas medidas referentes ao assunto começaram a ser tomadas, e com isso, surge o interesse em criar uma sociedade sustentável. No Brasil, segundo Ribeiro (2011, p.3), “o conceito “área de preservação permanente” foi inicialmente oficializado em 1965 com a promulgação da Lei 4.771, estabelecendo o Código Florestal Brasileiro”. Em 25 de maio de 2012, com a publicação da Lei Federal 12.651, o Código Florestal Brasileiro foi reformulado. Alguns pontos referentes às normas para proteção da vegetação nativa em áreas de preservação permanente, reserva legal e exploração florestal foram atualizados.

Como atualmente a maior parte da sociedade está estabelecida nos centros urbanos, deixando o território não urbano, em sua maioria, apenas como local de produção, cabe ressaltarmos a importância das APP's nas cidades. A intensificação dos processos de supressão vegetal, seja para a construção de cidades ou para o desenvolvimento agropastoril, têm gerado uma série de impactos característicos dos meios urbanos, tais como as ilhas de calor, escoamento superficial, fuga da fauna,

impermeabilização do solo, dentre outros. Devido a estes fatores, as áreas de preservação permanente e reservas legais se fazem de extrema importância, não só para os centros urbanos, mas para todas as áreas de maneira geral, sendo assim, protegidas e definidas por Lei. Além disso, Galvão (2005) salienta uma importante função ecológica das APP's, que “além de diminuir os processos erosivos e a lixiviação do solo, fornece subsídios para a regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento em reservatórios e contribui significativamente para a manutenção da fauna e da flora. ”

Segundo a Lei federal 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), atualmente em vigência no Estado brasileiro:

As Áreas de Preservação Permanente (APP's) abrangem espaços territoriais e bens de interesse nacional especialmente protegidos, coberto ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (Brasil, 2012)

O novo Código Florestal Brasileiro, em seu Art. 4º, define o que é uma Área de Preservação Permanente, e de acordo com essa definição, utilizamos os aspectos a seguir como base para designarmos os espaços que se caracterizavam como APP na região de interesse:

I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) trinta metros, para curso d'água com menos de 10 (dez) metros de largura;

IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; (Brasil, nº12.651/2012, Art.4º)

A proteção e o manejo das Áreas de Preservação Permanente são de responsabilidade dos governos estaduais e do governo federal, e para que isso ocorra de forma eficiente, é necessário um planejamento vindo destes órgãos públicos.

Na sociedade atual, o uso do sensoriamento remoto como ferramenta de gestão pública e planejamento territorial, vem se tornando cada vez mais importante. Esta tecnologia tem nos possibilitado um avanço extraordinário na obtenção de dados técnicos e científicos que se tornam fundamentais para o desenvolvimento da

sociedade moderna. Segundo Kurkdjian (1993), a utilidade do Sensoriamento Remoto aplica-se basicamente em duas linhas: “a primeira, voltada ao conhecimento e ação sobre o sistema urbano em geral; a segunda, voltada aos estudos intra-urbanos e rurais.” Alguns exemplos da utilização do Sensoriamento Remoto na gestão pública e planejamento territorial são: mapeamentos geológicos, geomorfológicos e pedológicos; mapeamento de aptidão agrícola das terras; mapa de expansão urbana; e por fim, uma aplicação extremamente eficiente das séries temporais de imagens provenientes de satélites, diz respeito a identificação da quantidade e da densidade de biomassa verde presente nos centros urbanos e nas áreas rurais.

Ainda através da utilização de séries temporais, é possível compreender as transformações dessas áreas verdes presentes nas cidades e no campo, monitorar esses locais no intuito de inibir ao máximo a utilização indevida e buscar entender a estrutura e dinâmica recente das paisagens. Além disso, a utilização do sensoriamento remoto como ferramenta de estudo das APP's e reservas legais, se destaca por ser um meio extremamente ágil na obtenção dos dados e economicamente vantajoso. Para isso, emprega-se o uso do SIG (Sistema de Informações Geográficas), sobre o mesmo podemos afirmar que:

[...] é a ferramenta capaz de registrar essas informações através do processamento e análise de imagens orbitais multitemporais, permitindo-nos monitorar a dinâmica de diferentes cenários naturais, em escala temporal e espacial do meio físico. (AZEVEDO e GIONGO, 2012, p.2)

Para realização dos mapeamentos feitos neste trabalho, foi necessário o uso de princípios de interpretação visual. Os princípios mais fundamentais são os elementos de interpretação de imagem, e dentre eles, existe uma hierarquia. Segundo Jensen (2009, p.133) “Cada imagem é composta por cristais de haleto de prata ou pixels individuais que têm uma cor ou tonalidade única, em uma determinada localização geográfica.” Essa definição é referente ao bloco de primeira ordem, no qual os demais elementos de interpretação de imagem são baseados, onde, também, encontramos os elementos primários: Localização, Tom e Cor. Por sua vez, os elementos secundários: tamanho, forma, e textura, e terciários: padrão, sombra, altura, profundidade, volume, declividade e aspecto são, basicamente, arranjos de tom e cor.

Figura 1 - Elementos de Interpretação de Imagem

Fonte: JESEN, 2009, p.134

Dentre todos os elementos citados anteriormente, tom, cor, textura e forma, foram aqueles utilizados mais intensamente e considerados mais importantes para as análises executadas no trabalho.

O aspecto predominante para estes elementos é a reflectância de energia nas porções do espectro eletromagnético do azul, do verde, do vermelho e do infravermelho próximo de determinado alvo, assim como a quantidade de energia refletida de cada corpo gera a chamada assinatura espectral.

Segundo Jensen (2009, p.135), o tom é definido como a representação de cada cor pelas variações de cinza, do preto ao branco. Normalmente, as imagens possuem pixels em diferentes tonalidades, uns mais claros e outros mais escuros, isso se dá pela função da quantidade de luz refletida de uma cena, dentro do intervalo específico dos comprimentos de onda (banda).

“Para criarmos composições coloridas a partir de bandas individuais, podemos utilizar técnicas de combinações de cores aditivas. Essas composições introduzem o matiz (cor) e a saturação à escala de tons de cinza (intensidade).” (JENSEN, 2009, p.137). O aspecto cor é um elemento que deve ser utilizado como fator de interpretação visual com um certo cuidado. Normalmente, o homem tem a capacidade

de diferenciar cerca de mil variações sutis de cores, mas a percepção de cores em algumas pessoas não é bem desenvolvida, podendo causar interpretações erradas de determinada imagem, sendo recomendado, nestes casos específicos, a utilização da cor junto a outros elementos auxiliares para interpretação.

Jensen (2009) define a textura como elemento de interpretação visual, sendo a disposição e o arranjo característico dos tons de cinza ou cores que se repetem em uma imagem. Podemos notar a presença da textura em imagens áreas pelas repetições tonais de grupos de objetos, que normalmente, são pequenos para serem identificados individualmente.

Utilizar a textura como elemento interpretativo para analisarmos uma fotografia ou imagem área, pode ser vantajoso pelo fato de que, muitas vezes, duas feições apresentam características espectrais muito similares e ao mesmo tempo características de textura diferentes. Dispondo de acordo com a classificação de Jensen (2009), a textura pode ser caracterizada como: liso (uniforme, homogêneo), intermediário e rugoso (grosseiro, heterogêneo).

O elemento visual forma, se faz de extrema utilidade quando o intérprete possui conhecimento prévio do formato de determinados objetos se observados verticalmente. Sendo assim, se faz necessário grande quantidade de tempo no campo analisando e avaliando as formas dos objetos. E quando esse conhecimento é obtido pelo intérprete, as análises se tornam consideravelmente mais rápidas e precisas.

Segundo Jensen (2009, p.139) “há numerosos adjetivos para descrever a forma, tais como: linear, curvilíneo, circular, elíptico, radial, quadrado, retangular, triangular, hexagonal, estrela, alongado e amorfo (sem uma forma clara) ”.

Para chegarmos aos objetivos desejados, a interpretação e os mapeamentos foram multitemporais e multiespectrais. O conceito “multi” em interpretação de imagem, foi apresentado, primeiramente, por Robert Colwell, do Departamento de Floresta da Universidade da Califórnia, na década de 1960. Segundo ele, o método científico mais útil e preciso de interpretação de imagem consiste no desenvolvimento dos seguintes tipos de análise: multiespectral, multidisciplinar, multiescala e multitemporal.

Por se tratar de um trabalho quase que inteiramente voltado ao mapeamento e interpretação de ambientes com presença abundante de vegetação, as teorias de

Colwell (1997) se fizeram fundamentais. Ele foi um dos primeiros pesquisadores a utilizar e propagar a importância de fotografias e imagens aéreas multibanda e de dados multiespectrais de sensores remotos. Sendo assim, Colwell observou que:

Em áreas de floresta, as medidas feitas em múltiplos intervalos (banda) de comprimento de onda do espectro eletromagnético, eram, normalmente, mais valiosas que as adquiridas em uma única banda larga, do tipo pancromático. Colwell (1997, apud JENSEN,2009, p.147)

Como já citado anteriormente, o conceito multitemporal foi fundamental para as análises e, principalmente, para os mapeamentos. Pois, para entendermos por completo os processos desenvolvidos em determinada APP, não podemos nos prender à análise apenas de dados de sensoriamento remoto obtidos em uma única data. Dessa forma, o uso de dados multitemporais nos permite a obtenção de mais de uma imagem de um determinado objeto, e dessa maneira, com o monitoramento de fenômenos através do tempo, se torna possível chegar a uma conclusão significativamente precisa sobre o ocorrido.

Um dos ramos da ciência que se faz de extrema importância para determinadas análises no trabalho atual, é a Ecologia da Paisagem: as análises foram feitas utilizando as métricas de paisagem da Ecologia.

De acordo com Medina (2015, p.13), a Ecologia da Paisagem surgiu por volta de 1939, na Europa, tendo como precursor Carl Troll. Essa teoria visava criar estudos que pudessem considerar o ser humano, a sociedade e o meio físico como um conjunto. Para tanto, se ocupou de questões relacionadas ao uso da terra por meio de fotografias aéreas e interpretação de imagens como seu objeto de estudo. No Brasil, a Ecologia da Paisagem se tornou presente entre as ciências por volta de 1970-1980, sob influência da vertente geográfica. Troll a definiu da seguinte forma:

Esta ciência deriva do resumo das manifestações classificadas por espaços geográficos naturais, isto é, da harmonia ecológica funcional do solo, da água, do ar e do mundo vivente, [...]. Assim, a Ecologia da Paisagem é a forma mais completa de contemplação para a investigação da paisagem natural. (TROLL, 2010)

A Ecologia da Paisagem pode ser dividida em duas principais abordagens, “cultural: que considera os elementos bióticos, abióticos e a interferência do homem, e a abordagem ecológica: que dá ênfase às paisagens naturais, conservação e manejo”. (SILVA, 2004). Em seus primórdios, esta ciência considerava mais relevante as ações antrópicas, visando o planejamento da ocupação territorial e a compreensão

global da paisagem essencialmente cultural. Na atualidade, a Ecologia da Paisagem se destaca como a ciência que auxilia no entendimento dos padrões das dinâmicas da diversidade biológica, fornecendo dados de extrema relevância para o estudo da gestão da biodiversidade.

O geoprocessamento e a Ecologia da Paisagem vêm se tornando cada vez mais interligados, pois, a eficiência na obtenção de dados e no tratamento das informações obtidas na paisagem, é um dos aspectos mais vantajosos que o geoprocessamento apresenta. É usual os pesquisadores utilizarem como ferramenta os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para auxiliar na manipulação e na organização das informações. Desta forma, essa união, que se fortalece cada vez mais com o passar do tempo, vem a ser uma relação harmoniosa, produzindo resultados positivos.

A Ecologia da Paisagem pode ser subdividida se levarmos em consideração os índices e métricas presentes nesta ciência. São os responsáveis por permitirem avaliações em diferentes escalas espaciais e temporais. Segundo Lucília do Carmo Giordano, a importância dos índices e métricas de Ecologia da Paisagem se aplica pelo fato de:

Para se obter um melhor entendimento das relações compreendidas na paisagem, pode-se utilizar vários tipos de medidas para quantificar padrões da paisagem, como índices de diversidade, conectividade, formas de fragmentos, índice de fragmentação, entre outros, que quando analisados em função do seu significado ecológico, podem traduzir informações úteis ao planejamento, conservação e preservação das áreas dentro da paisagem. Giordano (2004, apud MEDINA, 2015, p.16)

O índice de fragmentação é uma das principais métricas da Ecologia da Paisagem, e se torna importante pelo fato de nos possibilitar o entendimento sobre o desenvolvimento dos fragmentos de vegetação, ou seja, a partir da utilização desse índice, é possível compreender se as áreas com cobertura arbórea estão se fragmentando ou se conectando. A fragmentação florestal é um processo prejudicial à natureza, podendo gerar a perda de habitat e mudança nos padrões de configuração espacial da cobertura vegetal. Essa atividade pode ser originada por processos naturais ou, principalmente, ação antrópica (crescimento acelerado da população e desmatamento).

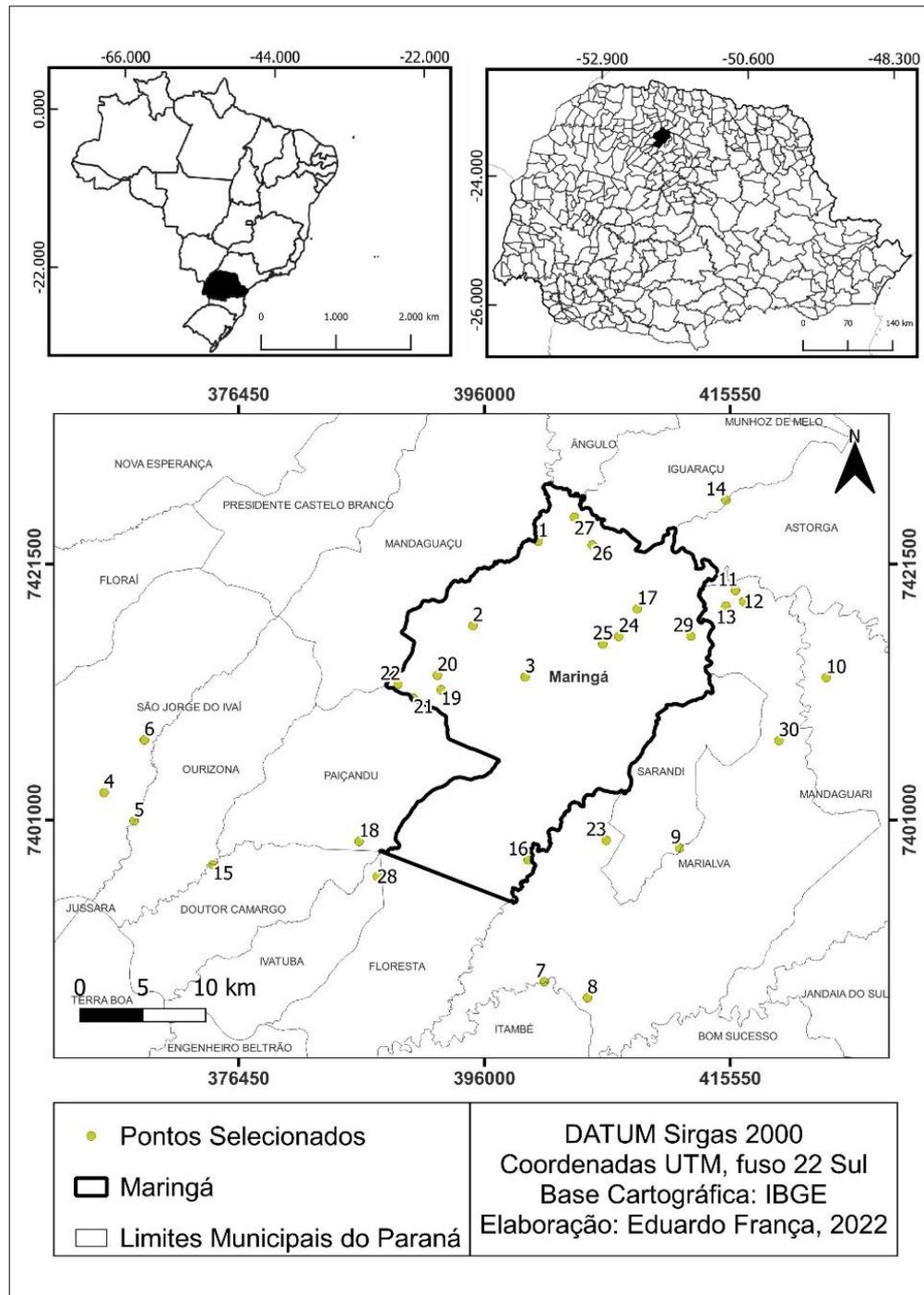
As áreas de vegetação remanescentes dessa fragmentação sofrem mudanças em sua morfologia, tamanho e a distância entre os fragmentos aumenta. “O tamanho e a distância são fatores que se relacionam diretamente com a biodiversidade, ou seja, fragmentos menores e mais isolados tendem a apresentar índices menores de diversidade. ” (TURNER; CORLETT, 1996, p.331). O processo de fragmentação florestal está fortemente atrelado a dois fatores principais: quantidade e tamanho médio dos fragmentos, ou seja, não necessariamente o local com maior índice de fragmentação será o mais prejudicado ecologicamente, pois, dependendo do tamanho dos fragmentos em questão, a área pode apresentar alto nível de biodiversidade.

O objetivo deste trabalho é realizar os mapeamentos das áreas de cobertura arbórea presentes em APP's e reservas legais ao longo da Região Metropolitana de Maringá, em dois momentos históricos: o primeiro entre 2000 e 2005, e o segundo na atualidade, para desta forma analisar a evolução desses locais. Como objetivo específico, será analisada a relação entre os dados obtidos pelos mapeamentos e variáveis do meio físico: como declividade e tipos de solos. Também serão analisadas as mudanças geométricas das áreas de cobertura florestal.

2 ÁREA DE ESTUDO

Os objetos de estudo deste trabalho foram algumas das APP's e reservas legais presentes na Região Metropolitana de Maringá que apresentaram evolução da vegetação. Segundo a lei complementar nº 83 – 17/07/98, a Região Metropolitana de Maringá foi inicialmente constituída pelos municípios de Maringá, Sarandi, Marialva, Mandaguari, Paiçandu, Ângulo, Iguaçu e Mandaguaçu. Ao longo do tempo, a referida lei passou por modificações, sendo acrescentadas mais cidades à Região Metropolitana de Maringá, e de acordo com a última atualização feita pelo IBGE, atualmente totaliza-se 26 municípios (IBGE, 2018).

Figura 2 – Localização da área de estudo

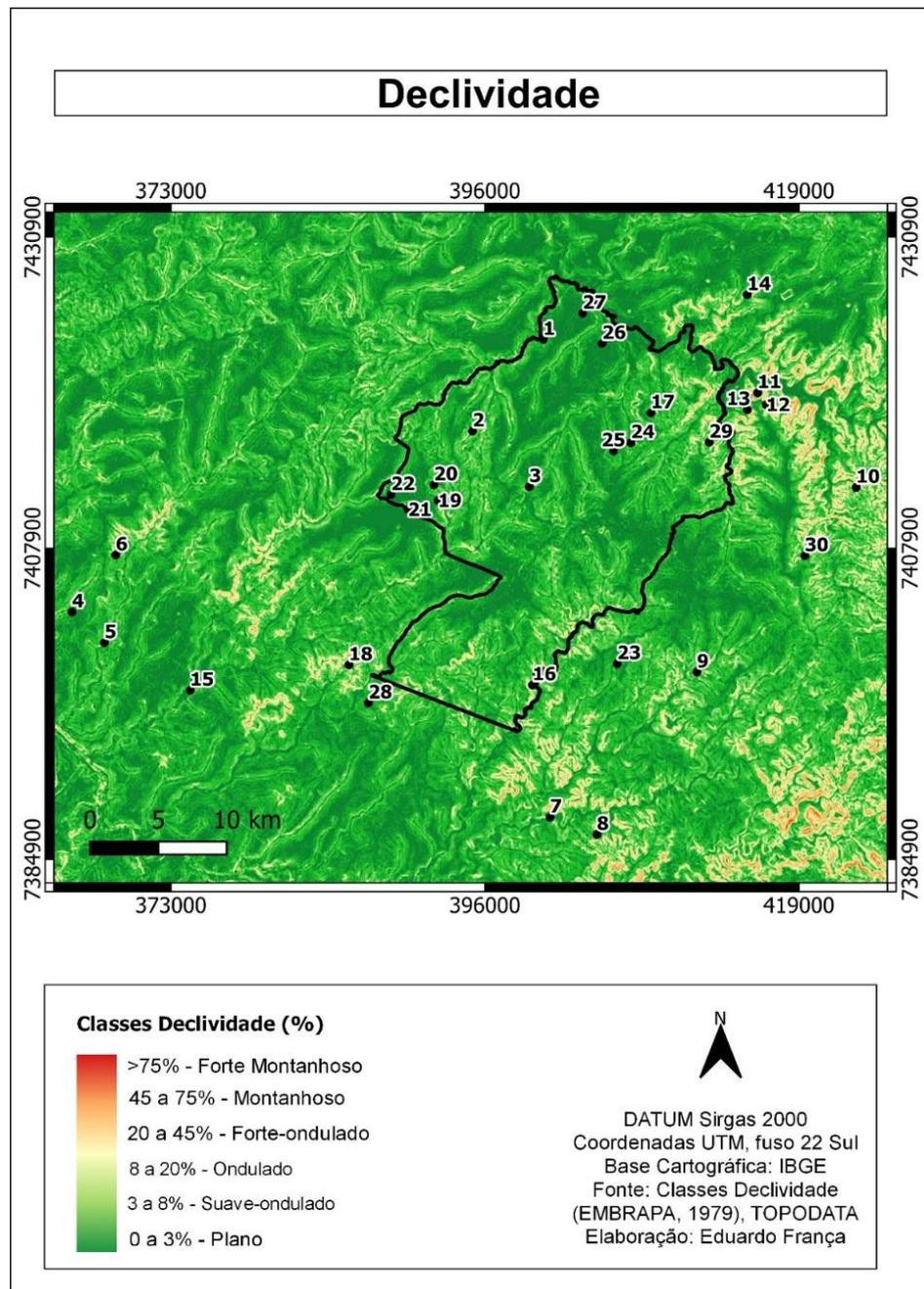


Fonte: Figura do autor

O local de estudo está situado no noroeste do estado do Paraná, que por sua vez, está localizado no sul do Brasil. As APP's e reservas legais seleccionadas, em sua maior porção, envolvem propriedades rurais e áreas próximas de rios. O clima da região enquadra-se no tipo Cfa (clima mesotérmico úmido de verão quente), de acordo com a classificação de Köppen.

Em relação à geomorfologia, as áreas de preservação permanente selecionadas estão inseridas em três sub-unidades: Planalto de Apucarana; Planalto de Maringá; e Planalto de Campo Mourão, todos possuindo a Bacia Sedimentar do Paraná como morfoestrutura e situados no Terceiro Planalto Paranaense.

Figura 3 – Declividade da área de estudo



Fonte: Figura do autor

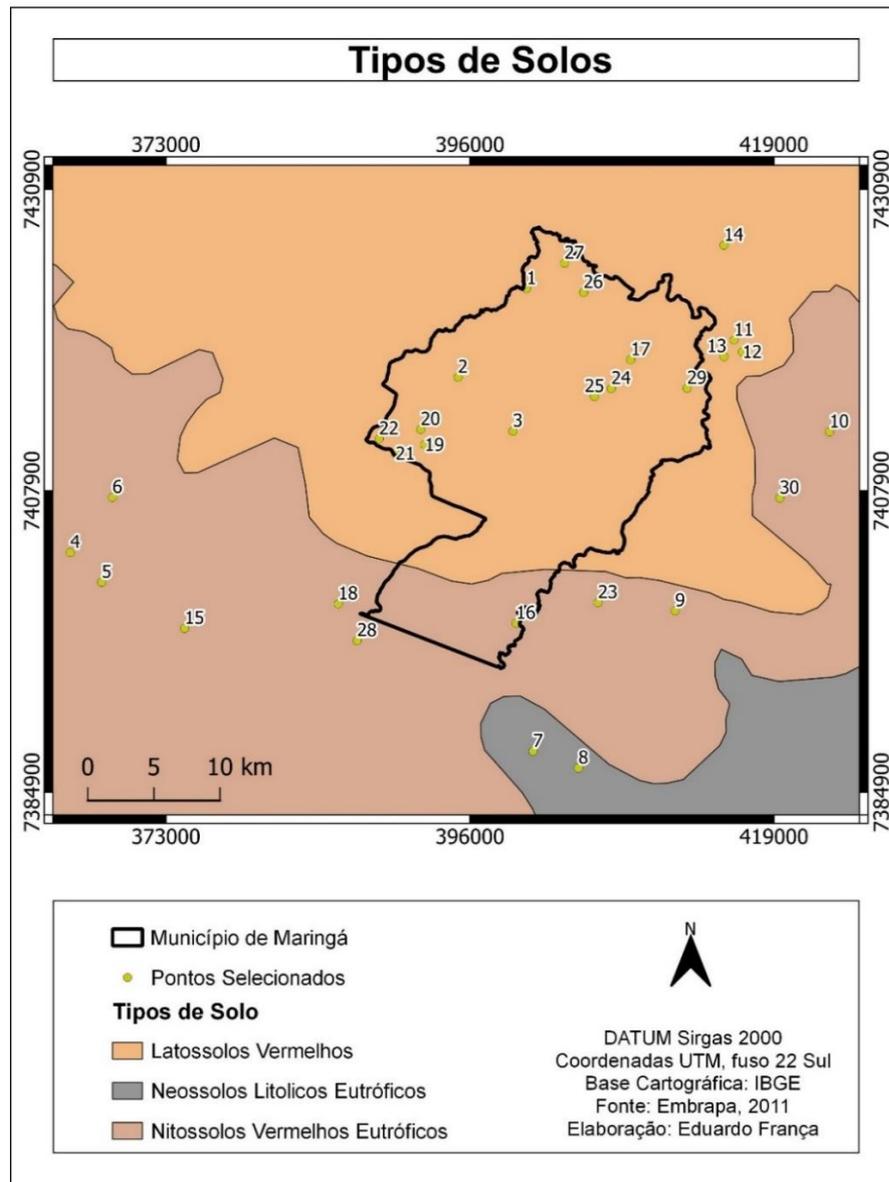
De acordo com o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná, elaborado pela MINEROPAR em 2006, o Planalto de Apucarana, localizado a leste do município de Maringá e “com área total de aproximadamente 3.994 km², possui altitude que varia

de 300 a 920 metros, alta dissecação, topos alongados, vertentes convexas e vales em V. ” (MINEROPAR, 2006, p.36). Já o Planalto de Maringá, situado a norte do município, “conta com uma área total de 8.032 km², baixa dissecação, topos alongados e aplainados, vertentes convexas, vales em V e altitude que varia de 260 a 800 metros. ” (MINEROPAR, 2006, p.20). E por fim, o Planalto de Campo Mourão, localizado a oeste da cidade, o qual “ocupa uma área de 11.332 km², possui altitude que varia de 220 a 840 metros, baixa dissecação, topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha. ” (MINEROPAR, 2006, p.36).

No que se refere à pedologia, foi possível observarmos, utilizando o shape de solos produzido pela EMBRAPA (2011) e disponibilizado pelo IAT (2022), que na maior parte das áreas ocorre a predominância de Latossolo Vermelho Eutrófico e de Nitossolo Vermelho Eutrófico, e em apenas dois pontos a presença de Neossolo Litólico Eutrófico.

De acordo com a 2ª edição do Manual Técnico de Pedologia, elaborado pelo IBGE em 2007, os latossolos distribuem-se por praticamente todas as regiões do Brasil e “em geral são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem. Caracterizam-se por grande homogeneidade de características ao longo do perfil. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variante entre 15 a 80%. ” (IBGE, 2007, p.286). Por sua vez, “os nitossolos possuem textura argilosa ou muito argilosa e a diferença textural é inexpressiva. São em geral moderadamente ácidos e apresentam alto potencial para uso agrícola se estiverem inseridos em áreas planas. ” (IBGE, 2007, p.298). Já os neossolos, são constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. ” (IBGE, 2007, p.294)

Figura 4 – Pedologia da área de estudo



Fonte: Figura do autor

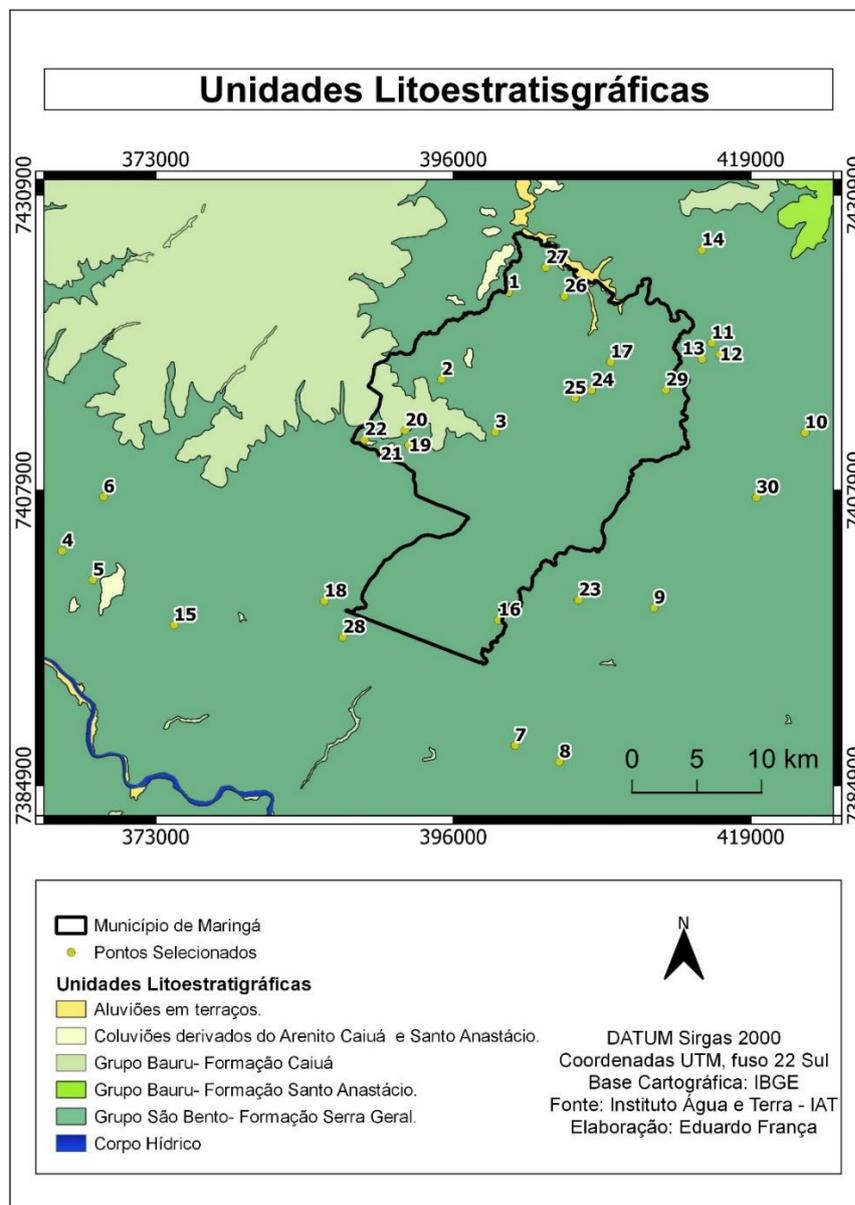
No âmbito geológico, utilizando o shapefile disponibilizado pelo Instituto Água e Terra (IAT), identificamos a presença do Grupo São Bento – Formação Serra Geral na maior parte das APP's. Constatamos, também, a existência de Coluviões derivados do Arenito Caiuá e Santo Anastácio.

“A Formação Serra Geral da Bacia Sedimentar do Paraná é constituída por uma sucessão de rochas vulcânicas, sendo principalmente representada por derrames de natureza básica”. (SILVA, 2015, p.17). A formação Serra Geral é recoberta em

discordância angular e os derrames são formados por rochas de cor cinza escura a negra com textura afanítica até fanerítica fina. (SILVA, 2015)

No Brasil, o grupo Caiuá está presente nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, e compõe-se por três formações: Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio. A Formação Santo Anastácio ocorre principalmente nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, e “é constituída por arenitos finos a muito finos, essencialmente quartzosos, caracteristicamente maciços. Nestas rochas é frequente a ocorrência de orifícios irregulares de forma tubular. ” (FERNANDES e COIMBRA, 1994, p.172)

Figura 5 – Formações geológicas presentes na área de estudo



Fonte: Figura do autor

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As áreas de preservação permanente e as reservas legais foram analisadas, e aquelas que apresentaram mudanças significativas, tanto espacial quanto em progressão de biomassa, foram selecionadas. Nessa análise, utilizamos a ferramenta “imagens históricas” do Google Earth Pro, para que fosse possível executarmos a análise temporal de maneira eficiente e constatar onde houveram mudanças importantes nos fragmentos de vegetação. Após uma análise temporal detalhada da maior parte das áreas de preservação permanente e reservas legais localizadas na região de estudo, determinamos os pontos que seriam utilizados, totalizando 30 áreas.

Para cada um dos pontos definidos no trabalho, foi aplicada a técnica de *buffer* (área de influência) de 500 metros de raio e área, aproximadamente, de 0,78 km². Foi através da aplicação do *buffer* que determinamos a padronização espacial das áreas de estudo, ou seja, havia a necessidade de definirmos objetivamente áreas que fossem exatamente iguais em relação ao tamanho, para que as análises de todos os pontos pudessem ser feitas de forma padrão. Dessa maneira, aplicando o *buffer* em todos os pontos selecionados, foi possível determinarmos a mesma área de análise para todas as APP's. Outro aspecto importante na utilização da técnica de *buffer*, foi a delimitação da área de interesse, para que assim, a análise não extravasasse para áreas indesejadas.

Com os pontos de interesse definidos, iniciamos o mapeamento manual de grande escala em duas etapas: a primeira se desenvolveu com a delimitação das APP's e reservas legais, respeitando os limites do *buffer* e utilizando as imagens históricas do Google Earth Pro entre os anos de 2000 e 2005, pois, algumas áreas possuíam as primeiras imagens do século XXI disponíveis apenas no ano de 2005, enquanto em outros locais, as primeiras imagens do referido século eram pouco mais antigas, chegando até o ano de 2000. A segunda etapa, por sua vez, teve um processo semelhante ao da primeira, também foi realizada a delimitação das reservas legais e APP's, no entanto, utilizando as imagens do ano de 2021 como base.

3.1 Cruzamento entre bancos de dados

A partir dos mapeamentos feitos por meio da interpretação visual de imagens, dois bancos de dados foram gerados: 1º) as áreas de preservação permanente referentes aos anos de 2000 a 2005; 2º) as mesmas áreas utilizadas no primeiro banco de dados, porém com o período de análise sendo o ano de 2021.

Tendo como base as áreas de *buffer* dos 30 pontos amostrais, foi feito o cruzamento entre essas áreas e as variáveis geológicas, pedológicas e geomorfológicas, juntamente com informações de declividade. O cruzamento de informações se deu através da ferramenta interseção, presente no software QGIS, onde foi possível juntarmos bases de dados, que, originalmente, possuíam informações distintas, em um único shapefile, otimizando e agregando às análises. A partir do momento em que o shape de interseção foi obtido, foi possível observar as características físicas presentes nessas áreas e quais foram mais relevantes e tiveram mais impacto, tanto positivo quanto negativo, para a evolução das APP's ao longo do tempo.

O cruzamento dos bancos de dados foi feito no intuito de compreendermos a relação dos fatores físicos: geologia, pedologia, geomorfologia e declividade com a evolução dos fragmentos de vegetação das reservas legais e APP's selecionadas.

3.2 Análise de Métricas da Paisagem

No trabalho em questão, foram utilizados quatro índices: índice da área total, área média dos fragmentos, circularidade e fragmentação, pois, esses fatores são extremamente determinantes quando o assunto é planejamento voltado à recomposição e preservação de fragmentos de vegetação.

A métrica da área total é relativamente simples, porém de suma importância para os demais índices, pois, está presente como uma variável nas equações dos índices de circularidade e área média dos fragmentos, ou seja, é necessário, primeiramente, conhecermos a área total para então obtermos os dois últimos índices citados. A área total dos fragmentos de vegetação, tanto dos anos 2000 a 2005 quanto

de 2021, foi obtida através da ferramenta “calculadora de campo” presente no QGIS. E após obtermos a área total das reservas legais e das APP’s com vegetação de 2000 a 2005 e de 2021, foi possível compararmos, e assim, determinar se houve de fato mudanças nessas áreas.

O índice da área média dos fragmentos foi utilizado para compreendermos o tamanho médio dos fragmentos de vegetação presentes nas APP’s e reservas legais. Índice este que foi obtido por meio da divisão entre a **área total** e a **quantidade de fragmentos presentes no interior do *buffer***. Essa equação foi aplicada nos dados de 2000 a 2005 e nos dados de 2021.

Para a aplicação do índice de circularidade, primeiramente, foi necessário obtermos o perímetro e a área de cada APP, através da ferramenta “calculadora de campo”, presente no software QGIS. Logo após, os dados foram exportados para o *Excel*, onde foi possível aplicarmos a equação 1.

O também chamado índice de forma, foi proposto por Forman e Gordon (1986) e “avalia a complexidade da forma de fragmento de vegetação em relação a uma feição padrão, qual seja uma forma circular. Quanto mais a mancha se desvia da morfologia redonda, maior será o valor desse índice [...]” (FONSECA; RIBAS; MOURA, 2016, p. 76)

O índice de circularidade (FONSECA; RIBAS; MOURA, 2016, p.76) é obtido a partir da equação 1:

$$SI = \frac{p}{2\sqrt{\pi \cdot a}} \quad (1)$$

Em que:

p = perímetro (m)

a = área (m²)

A morfologia circular de um fragmento de vegetação se torna aspecto relevante do ponto de vista ecológico pelo fato de que, as áreas núcleos de cada APP são menos afetadas por fatores externos (efeito de borda), e do ponto de vista geométrico, a forma circular possui boa parte de sua área total podendo ser considerada como núcleo. No interior das áreas de preservação permanente são observadas condições de estabilidade, que se tornam lugares propícios para o desenvolvimento de espécies

sensíveis aos efeitos perturbadores de borda. Dessa forma, se torna mais vantajoso ecologicamente mantermos os fragmentos de vegetação, principalmente aqueles pertencentes às reservas legais, próximos do formato circular.

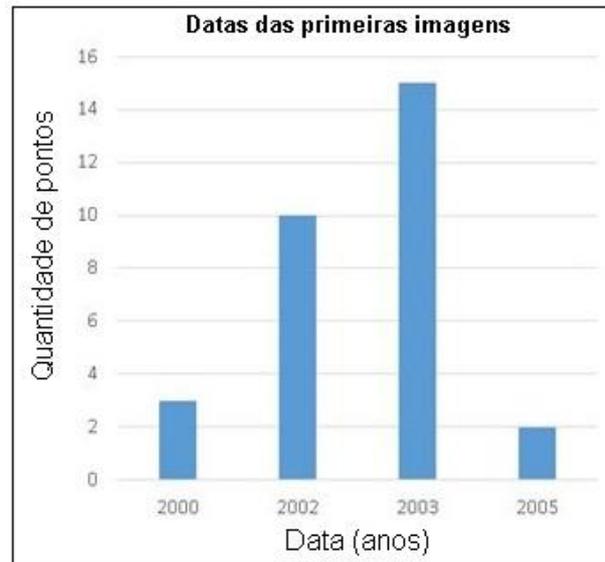
No trabalho em questão, o índice de circularidade foi empregado utilizando a comparação entre imagens de períodos diferentes e a equação 1, no intuito de observar e constatar as mudanças em relação aos fatores ecológicos, como por exemplo, o efeito de borda dos fragmentos de vegetação presentes nas APP's e reservas legais selecionadas, ou seja, o propósito foi verificar se houveram mudanças nos formatos das áreas com cobertura arbórea e quão significativas foram essas alterações para os locais de estudo.

Já a análise referente à quantidade de fragmentos de vegetação presentes no interior do *buffer* (índice de fragmentação), foi feita no intuito de apontar uma possível conectividade destas manchas de biomassa. Sendo assim, o objetivo em analisar o índice de fragmentação nessas áreas de preservação permanente, é apontar uma possível conexão dos fragmentos de biomassa com o passar do tempo, contribuindo dessa forma para o aumento da biodiversidade dessas áreas.

4 RESULTADOS

4.1 Data das imagens

Como já discutido anteriormente, as primeiras imagens, utilizadas como base para criarmos e definirmos um dos bancos de dados, foram obtidas em datas diferentes. Como mostra a figura 6, a maioria das imagens utilizadas no mapeamento dos fragmentos de vegetação mais antigos, são de 2002 e 2003, totalizando 25, enquanto as imagens dos anos 2000 e 2005 totalizam 5.

Figura 6: Datas das primeiras imagens

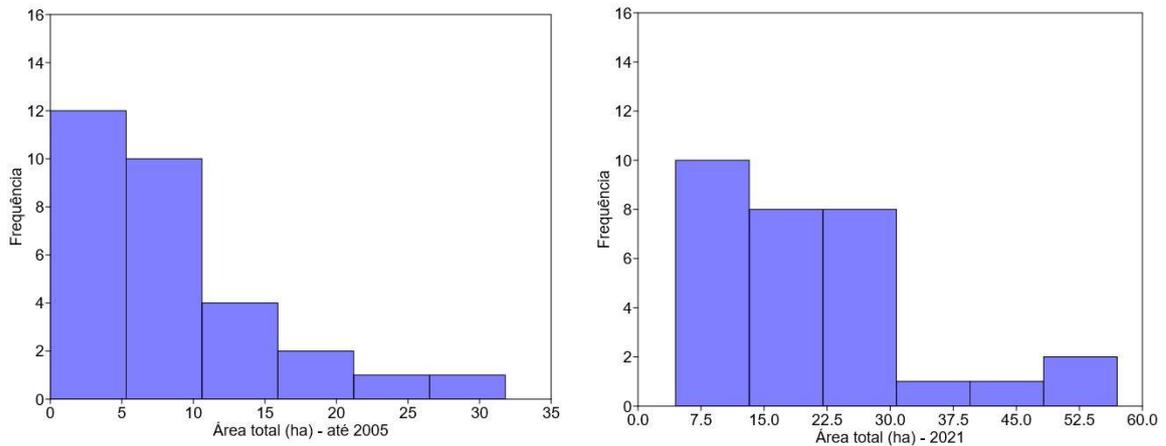
Fonte: Figura do autor

O intervalo médio de análise foi de 18,5 anos. Foi possível observar que: em 3 pontos o intervalo de análise chegou até 21 anos; em 10 pontos obtivemos intervalo de 19 anos; em 15 pontos constatamos 18 anos de período de análise; e por fim, em 2 pontos observamos 16 anos de intervalo de análise.

4.2 Área total de cobertura florestal

Observamos um desenvolvimento de biomassa extremamente significativo em determinados pontos. A área total média dos fragmentos de vegetação, presentes nos 30 *buffers*, até o ano de 2005 era de 8,5 hectares (ha), já no ano de 2021, passou a ser de 20,8 ha, ou seja, houve um aumento de 12,3 ha de média.

Como podemos observar na figura 7, até o ano de 2005 (gráfico da esquerda) a maioria das áreas apresentavam por volta de 10 ha de vegetação, e o máximo constatado nesse mesmo período foi de 31 ha. Já no ano de 2021 (gráfico da direita), se tornou mais comum a presença de áreas com mais de 30 ha de cobertura arbórea, e o máximo registrado nesse período foi de 57 ha. Os resultados em relação ao aumento dos fragmentos de vegetação superaram as expectativas iniciais do trabalho.

Figura 7: Área total, 2005 – 2021

Fonte: Figura do autor

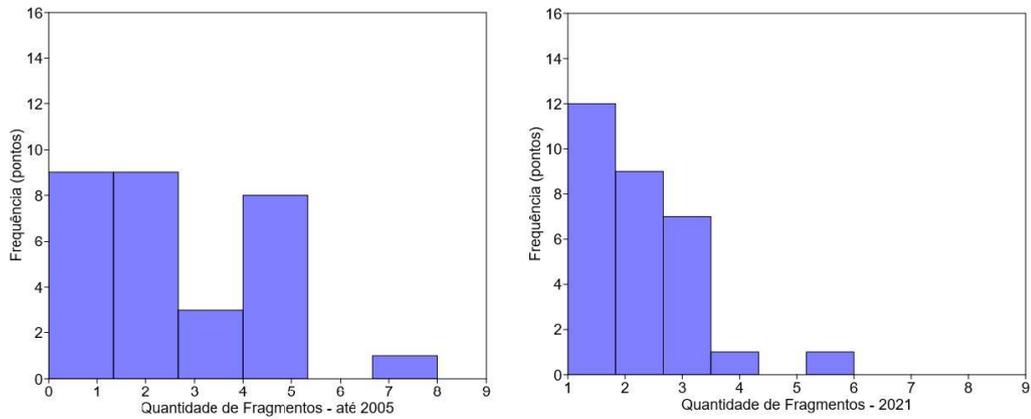
4.3 Quantidade e tamanho médio dos fragmentos

Foi possível observar uma diminuição em relação à quantidade de fragmentos de vegetação presentes nos *buffers*, ou seja, um processo oposto ao de fragmentação florestal vem ocorrendo nessas APP's e reservas legais. A quantidade média, até 2005, era de 2,63 fragmentos por *buffer*, enquanto em 2021, passou a ser de 2,03. Apesar dessa diminuição na quantidade, houve um aumento de mais de 300% do tamanho médio desses fragmentos. O tamanho médio das áreas com cobertura florestal até 2005 era de 4,8 ha, enquanto em 2021, passou a ser de 14,6 ha. Com o aumento das áreas de cobertura florestal e a redução da quantidade dos fragmentos de vegetação, determinamos um possível avanço em relação à ecologia e a biodiversidade desses locais.

Analisando os gráficos da figura 8, conseguimos observar detalhadamente essa dinâmica nas APP's. Até 2005, constatamos apenas 9 pontos onde havia um único fragmento vegetação unificado, já em 2021, esse número passou para 12. O número máximo de fragmentos presentes em determinados *buffers* também diminuiu com o passar do tempo. O ponto 9 (figura 9), por exemplo, possuía, até 2005, 8 fragmentos distintos de vegetação, e em 2021 foi constatado a presença de apenas 3, ou seja, houve a conexão desses fragmentos. Vale ressaltar que apesar da diminuição da quantidade de fragmentos, a área total desse ponto em questão mais

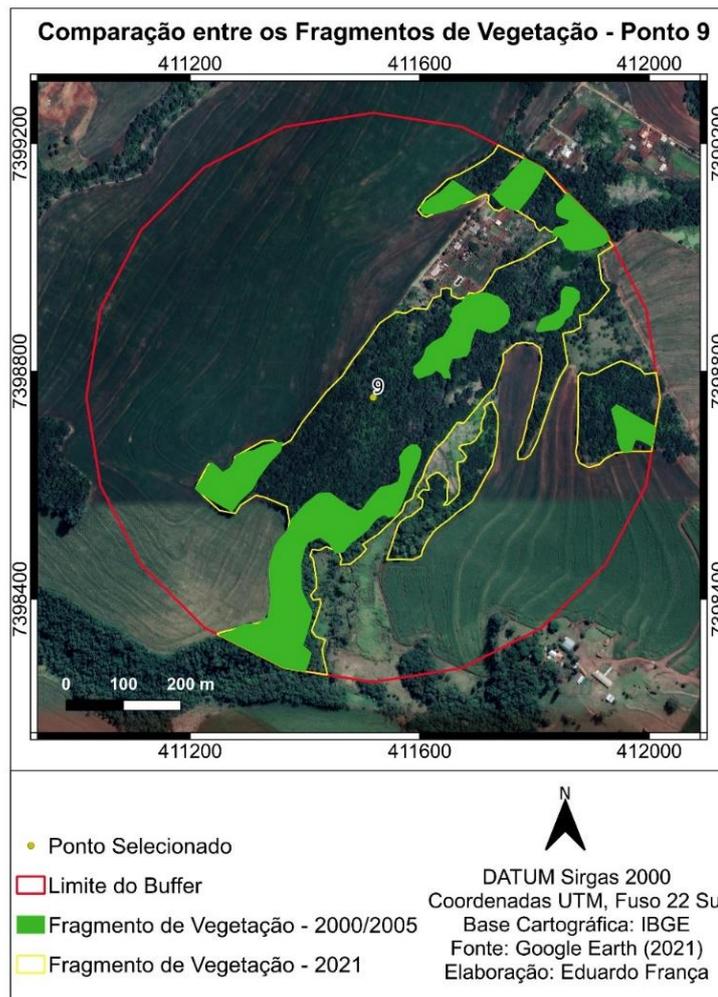
que triplicou, passando de 6,8 ha para 22,9 ha. Além disso, nesse ponto, surgiram novas áreas de cobertura florestal.

Figura 8: Quantidade de fragmentos, 2005 - 2021



Fonte: Figura do autor

Figura 9: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 9

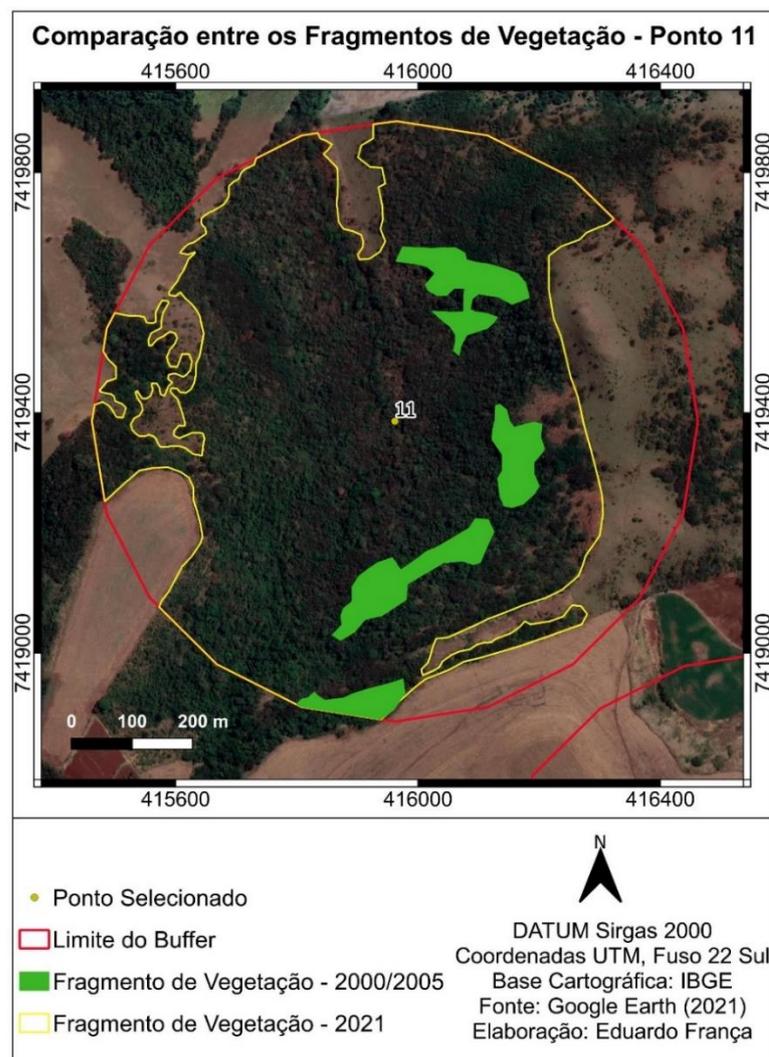


Fonte: Figura do autor

O aumento das áreas de cobertura arbórea não aconteceu de maneira uniforme em todos os *buffers*, em alguns pontos verificamos um avanço muito mais significativo do que em outros, isso se deu devido à fatores físicos presentes nesses locais e a atividade antrópica nas proximidades das APP's e reservas legais.

A figura 10 representa o desenvolvimento do ponto 11, um dos melhores exemplos de evolução que constatamos. Na imagem, podemos observar a diminuição da quantidade de fragmentos (anteriormente existiam 4 fragmentos distintos, que com o passar do tempo se unificaram), e o aumento da área de vegetação (que até 2005, possuía 4,3 ha de cobertura arbórea, passando para 57 ha em 2021). Essa evolução ocorreu, principalmente, devido à declividade acentuada do local, que dificulta a mecanização da área, tornando-a pouco interessante para fins agrícolas.

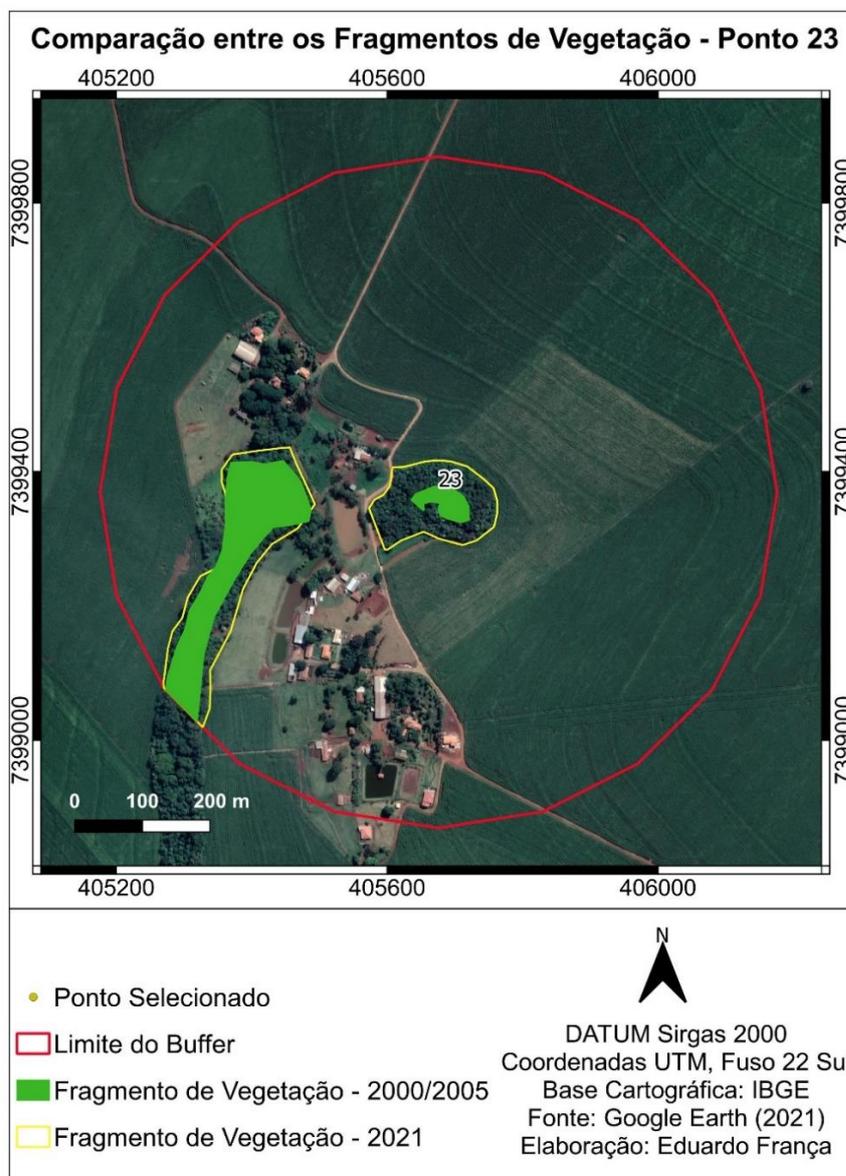
Figura 10: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 11



Fonte: Figura do autor

Já na figura 11, que representa o desenvolvimento do ponto 23, observa-se uma evolução inferior em termos ecológicos se comparada a figura 10. Isso pode ser explicado, parcialmente, pelo local onde a APP em questão está inserida. Analisando a figura 11, podemos observar que se trata de uma área de produção agrícola, possuindo até mesmo residências e outros tipos de construções, ou seja, a atividade antrópica está presente de forma muito mais intensa nesse ponto, inibindo o avanço da vegetação.

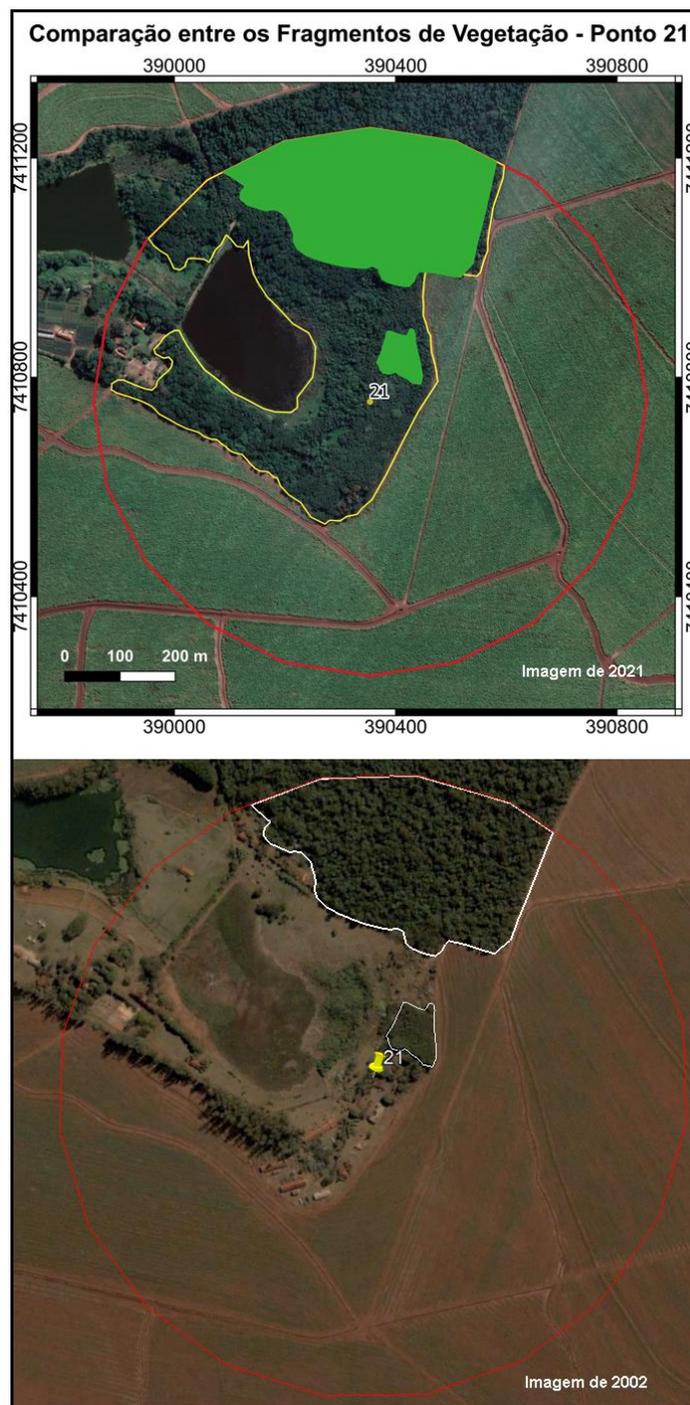
Figura 11: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 23



Fonte: Figura do autor

Alguns pontos apresentaram, além do aumento considerável em área total de vegetação, o surgimento de cobertura florestal onde, anteriormente, era predominantemente dominado pela ação antrópica. Como mostra a figura 12, no ponto 21, em 2002, haviam inúmeras residências e estruturas agrícolas, que com o passar do tempo, deram lugar à vegetação arbórea.

Figura 12: Comparação entre os fragmentos de vegetação - Ponto 21



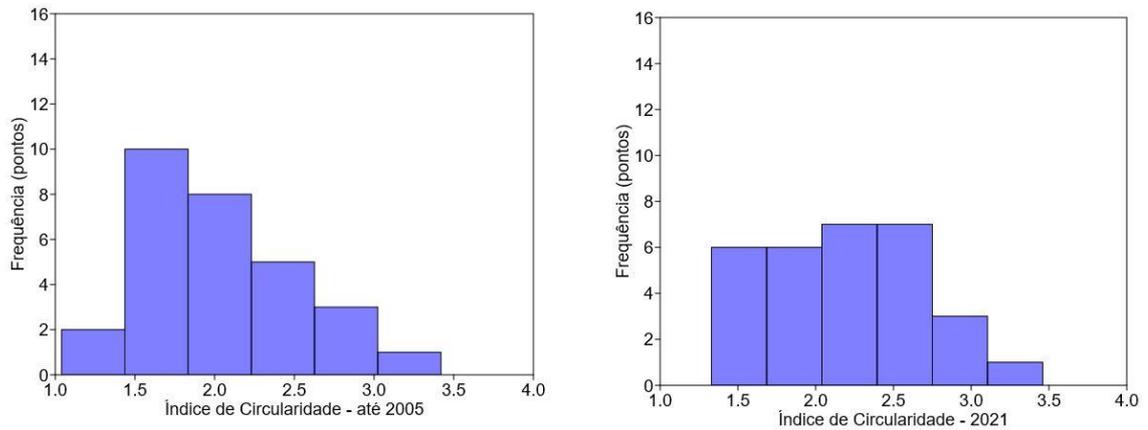
Fonte: Figura do autor

4.4 Índice de Circularidade

Uma das métricas de Ecologia da Paisagem que abordamos no trabalho em questão foi o índice de circularidade. Como já citado anteriormente, esse índice tem a capacidade de nos mostrar quanto o fragmento de vegetação se aproxima ou se distancia da morfologia redonda. Quanto mais próximo de 0 (zero) for o resultado, mais o fragmento estará próximo de atingir o formato circular, ou seja, quanto mais o resultado se aproximar de 0 (zero), melhor em termos ecológicos.

A média do índice de circularidade, levando em consideração os fragmentos de vegetação presentes nos *buffers*, foi de 2,05 até 2005, e em 2021 passou a ser de 2,17. Se levarmos em consideração apenas esse aumento no resultado médio do índice, poderíamos chegar à conclusão de que, teoricamente, ocorreu um regresso ecológico nesses pontos. Mas observando de forma mais detalhada, conseguimos identificar, dentre os 29 pontos analisados (um dos pontos não possuía fragmento de vegetação no passado, sendo impossível comparar o índice de circularidade anterior com o do fragmento atual, sendo retirado da análise, totalizando 29 pontos), que houve a diminuição do índice em 11 pontos, ou seja, a “regressão ecológica” do ponto de vista da circularidade não ocorreu em todos os fragmentos.

A figura 9 representa um dos pontos onde constatamos um aumento considerável do índice de circularidade. Em 2003, o índice dessa área era de 1,7 e em 2021 passou a ser de 2,3. Levando em consideração apenas o aumento desse índice, poderíamos julgar que essa área se desenvolveu negativamente em termos ecológicos, mas a partir do momento em que analisamos detalhadamente a figura 9, conseguimos identificar um avanço extremamente positivo em relação às métricas de fragmentação e área total, ou seja, apesar da piora em relação ao índice de circularidade, essa área apresentou uma diminuição na quantidade de fragmentos e um aumento na área total de cobertura arbórea.

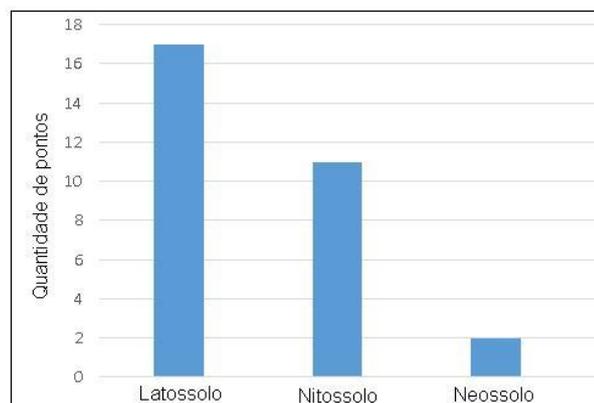
Figura 13: Índice de Circularidade

Fonte: Figura do autor

4.5 Características físicas

Já em relação às principais características físicas das áreas, foi constatado a presença, no âmbito geológico, do Grupo São Bento – Formação Serra Geral em 97% das áreas, ou seja, houve a presença da formação geológica em questão, em 28 dos 30 pontos selecionados. E nos outros 2 pontos, ponto 21 e 22, equivalente a 3%, constatamos a existência de Coluviões derivados do Arenito Caiuá e Santo Anastácio, como podemos observar na figura 4.

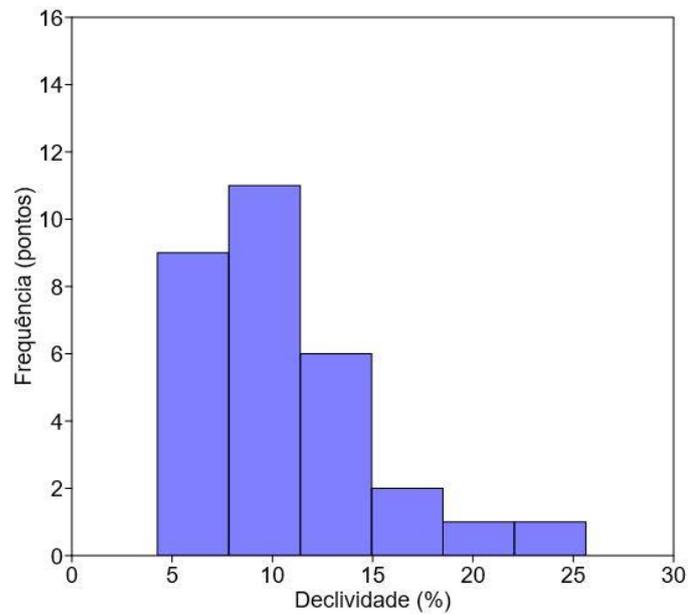
Como mostra o gráfico da figura 14, o tipo de solo com maior ocorrência nos pontos selecionados foi o Latossolo, sendo constatado em 17 locais. Em sequência, temos o Nitossolo presente em outros 11 pontos, e por fim, o Neossolo, que se fez presente em apenas 2 pontos.

Figura 14: Ocorrência dos tipos de solo

Fonte: Figura do autor

Em relação à declividade, a média obtida foi de 10,3%. E analisando as figuras 15 e 3, foi possível identificar que, aproximadamente, 20 pontos apresentaram declividade média entre 5 a 10%, sendo áreas classificadas como suave-ondulado a ondulado, de acordo com a classificação da EMBRAPA (1979). Os demais pontos, apresentaram uma declividade um pouco mais acentuada, variando de 15% até 25%, e sendo classificados como ondulado e forte-ondulado respectivamente.

Figura 15: Declividade média dos pontos



Fonte: Figura do autor

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no atual trabalho, podemos chegar à algumas conclusões referentes às áreas de preservação permanente inseridas na região de Maringá – PR. Observamos um aumento de 12,3 ha da área total média dos fragmentos de vegetação das APP's em questão. Apesar do índice de circularidade não ter apresentado resultados expressivos que comprovam um avanço em relação a morfologia dos fragmentos, foi possível observar uma melhora significativa nos índices de fragmentação e tamanho médio dos fragmentos. A maioria das APP's apresentaram uma diminuição na quantidade de fragmentos de vegetação em seu interior, e, simultaneamente, um aumento de mais de 300% no tamanho médio desses mesmos fragmentos.

Dessa maneira, é possível concluir que a evolução espacial desses fragmentos de vegetação, presentes em determinadas APP's, de fato ocorreu. Constatamos uma diminuição considerável do efeito de borda nessas áreas, devido a conectividade de fragmentos que anteriormente se encontravam distantes uns dos outros. O aumento do tamanho dos fragmentos, somado a união dos mesmos, possibilita o desenvolvimento de espécies mais sensíveis aos efeitos perturbadores de borda causados, principalmente, pela ação antrópica, gerando assim maior biodiversidade na região.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. C; GIONGO, P. R. **Sensoriamento Remoto aplicado a identificação em áreas de conflito de APP.** Unidade Universitária de Santa Helena Goiás, 2012.

BEZERRA, C. G. **Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES.** *Revista Espaço & Geografia.* v. 14, n.2, p. 257-277, 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2012]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm#:~:text=§%204º%20Fica%20dispensado%20o,de%20áreas%20de%20vegetação%20nativa. Acesso em: 29 de nov. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Classes de Declividade.** Disponível em: < <https://ceivap.org.br/sesmarias/MAPA-SESMARIA-EMBRAPA-90-60.pdf> >. Acesso em: 18 de ago. 2022.

FERNANDES, L. A; COIMBRA, A. M. **O grupo Caiuá (KS): revisão estratigráfica e contexto deposicional.** *Revista Brasileira de Geociências.* v.24, p.164-176, 1994.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudo ambientais.** p. 9-22, 2002.

FONSECA, B. M; RIBAS, R. P; MOURA, A. C. M. **Aplicação dos conceitos e métricas de ecologia da paisagem urbana.** *Revista Paisagem e Ambiente: Ensaios.* n.38, p. 71-85, 2016.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Mapas e dados espaciais.** 2022. Disponível em: <<https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>>. Acesso em: 28 de set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/maringa.html> >. Acesso em: 01 de ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia - 2º Edição**. p. 1-316, 2007.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Editora Prentice Hall. p. 1-598, 2009.

KURKDJIAN, M. L. N. O. **Aplicações do sensoriamento remoto ao planejamento urbano**. INPE. p.1-15, 1993.

MATTOS, A. D. M. et al. **Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG**. *Revista Árvore*. v. 31, n.2, p.347-353, 2007.

MEDINA, S. **Ecologia da paisagem como ferramenta para gestão ambiental**. Monografia (Especialista em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. p. 1-73, 2015.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

RIBEIRO, G. V. B. **A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil**. *Revista Thema*. p. 1-13, 2011.

SILVA, L. F. S. D. **Formação Serra Geral (Cretáceo, Bacia do Paraná) – Um modelo análogo para reservatórios não convencionais fraturados**. Trabalho de Conclusão de Curso, p.1-73, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. **Acesso**. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php> >. Acesso em: 18 de ago. 2022.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – Intervalo de tempo de análise e área total dos fragmentos.

ID	Ano primeira imagem	Intervalo de tempo	Área Total (ha) - até 2005	Área total (ha) - 2021	Diferença de área
1	2002	19	12,08	25,75	13,67
2	2002	19	19,85	22,18	2,33
3	2002	19	9,47	13,24	3,77
4	2000	21	2,23	10,61	8,38
5	2000	21	8,53	14,92	6,39
6	2000	21	2,53	7,44	4,91
7	2003	18	12,96	27,98	15,02
8	2003	18	5,67	18,97	13,3
9	2003	18	6,83	22,9	16,07
10	2003	18	9,74	24,5	14,76
11	2003	18	4,32	57	52,68
12	2003	18	31,8	46,50	14,7
13	2003	18	23,8	56	32,2
14	2003	18	9,30	26,92	17,62
15	2003	18	5,88	16,13	10,25
16	2003	18	19,44	37,98	18,54
17	2003	18	13,06	19,4	6,34
18	2005	16	7,9	19,88	11,98
19	2002	19	6,9	12	5,1
20	2002	19	5,12	12	6,88
21	2002	19	10,06	25,52	15,46
22	2002	19	1	20,04	19,04
23	2003	18	2,5	5	2,5
24	2003	18	3,6	14	10,4
25	2003	18	3,4	13,16	9,76
26	2003	18	0	4,48	4,48
27	2002	19	0,15	6,96	6,81
28	2005	16	1,5	11,12	9,62
29	2002	19	3,2	9,75	6,55
30	2002	19	13,19	23,46	10,27

APÊNDICE 2 – Quantidade de fragmentos de vegetação no interior dos *buffers*.

ID	Quantidade de fragmentos até 2005	Quantidade de fragmentos em 2021	Diferença de fragmentos
1	1	2	1
2	1	1	0
3	2	3	1
4	5	1	-4
5	4	2	-2
6	2	1	-1
7	1	1	0
8	5	3	-2
9	8	3	-5
10	1	2	1
11	4	1	-3
12	2	1	-1
13	2	1	-1
14	1	2	1
15	3	2	-1
16	5	3	-2
17	4	2	-2
18	4	6	2
19	5	3	-2
20	2	3	1
21	2	1	-1
22	2	1	-1
23	2	2	0
24	2	2	0
25	3	2	-1
26	0	1	1
27	1	4	3
28	3	3	0
29	1	1	0
30	1	1	0

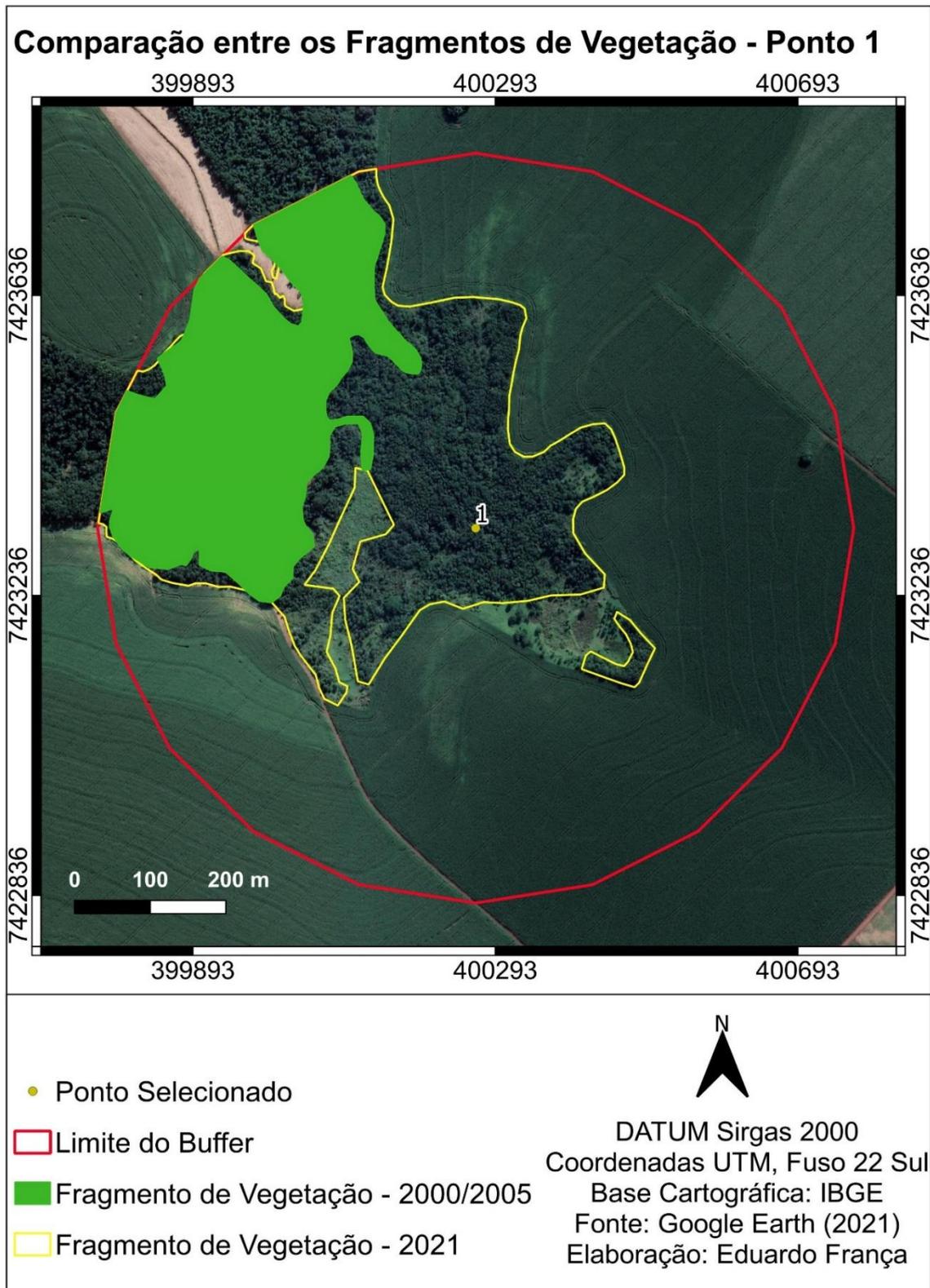
APÊNDICE 3 – Tamanho médio dos fragmentos de vegetação.

ID	FRAG TAM. MÉDIO - 2005	FRAG TAM. MÉDIO - 2021	DIF. TAM. MÉDIO
1	12,08	12,88	0,80
2	19,85	22,18	2,33
3	4,735	4,41	-0,32
4	0,446	10,61	10,16
5	2,1325	7,46	5,33
6	1,265	7,44	6,18
7	12,96	27,98	15,02
8	1,134	6,32	5,19
9	0,85375	7,63	6,78
10	9,74	12,25	2,51
11	1,08	57,00	55,92
12	15,9	46,50	30,60
13	11,9	56,00	44,10
14	9,3	13,46	4,16
15	1,96	8,07	6,11
16	3,888	12,66	8,77
17	3,265	9,70	6,44
18	1,975	3,31	1,34
19	1,38	4,00	2,62
20	2,56	4,00	1,44
21	5,03	25,52	20,49
22	0,5	20,04	19,54
23	1,25	2,50	1,25
24	1,8	7,00	5,20
25	1,133333333	6,58	5,45
26	0	4,48	4,48
27	0,15	1,74	1,59
28	0,5	3,71	3,21
29	3,2	9,75	6,55
30	13,19	23,46	10,27

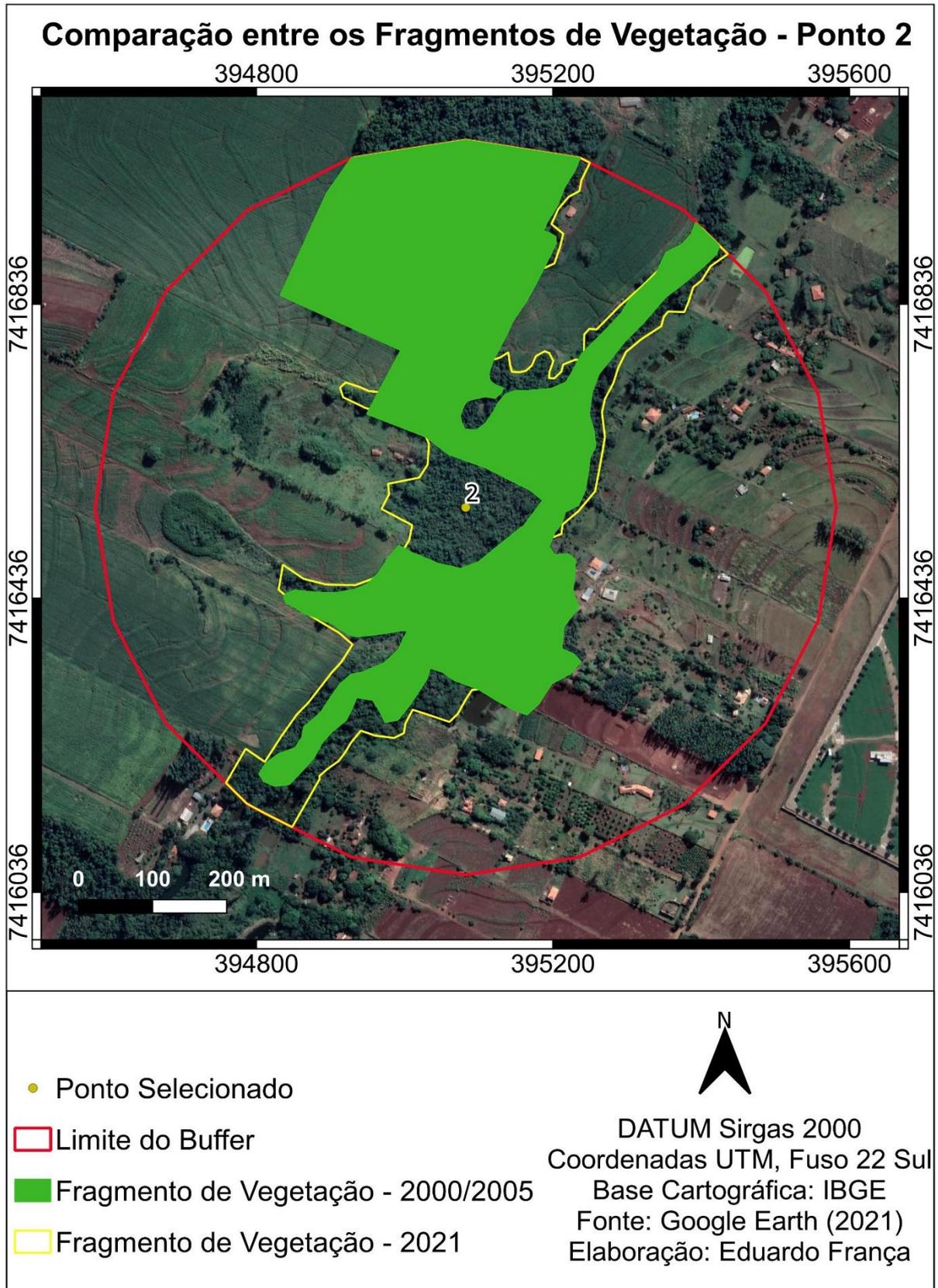
APÊNDICE 4 – Tipos de solo, declividade e índice de circularidade dos fragmentos.

ID	SOLO	Média Declividade	Varição de declividade nos Buffers	IC_2005_FEITO	IC_2021_FEITO
1	latossolo	8,58	2,86	1,83847	1,96
2	latossolo	11,32	4,20	2,72069	2,43
3	latossolo	9,27	3,43	1,983131739	1,61
4	nitossolo	6,97	2,66	1,592446531	1,79
5	nitossolo	8,32	2,95	1,992337891	2,59
6	nitossolo	10,87	3,45	2,24413886	2,23
7	neossolo	9,87	5,67	2,8839	2,50
8	neossolo	11,91	5,62	2,600772217	2,33
9	nitossolo	10,76	4,60	1,700596107	2,37
10	nitossolo	16,07	6,02	2,49768	3,01
11	latossolo	25,62	10,97	1,778353953	2,12
12	latossolo	19,74	9,68	2,100028677	1,37
13	latossolo	15,07	8,95	2,364850795	1,74
14	latossolo	11,48	3,83	2,92848	2,29
15	nitossolo	6,75	2,99	3,420007401	3,46
16	nitossolo	12,58	6,52	1,892428581	2,57
17	latossolo	8,90	3,51	1,747373782	2,05
18	nitossolo	13,25	4,76	2,565195798	2,85
19	latossolo	9,91	4,10	1,693327076	2,30
20	latossolo	8,72	2,42	1,59682773	1,76
21	latossolo	4,27	3,74	1,197438783	1,80
22	latossolo	5,49	2,96	2,173673072	1,82
23	nitossolo	6,69	1,90	1,772290975	1,44
24	latossolo	9,04	3,12	1,754867932	2,54
25	latossolo	7,52	2,15	1,904396848	1,66
26	latossolo	4,52	2,01		1,51
27	latossolo	5,24	1,99	1,04021	1,33
28	nitossolo	6,56	1,62	1,825873162	2,86
29	latossolo	12,77	4,48	2,07033	2,43
30	nitossolo	11,96	5,05	1,82672	2,62

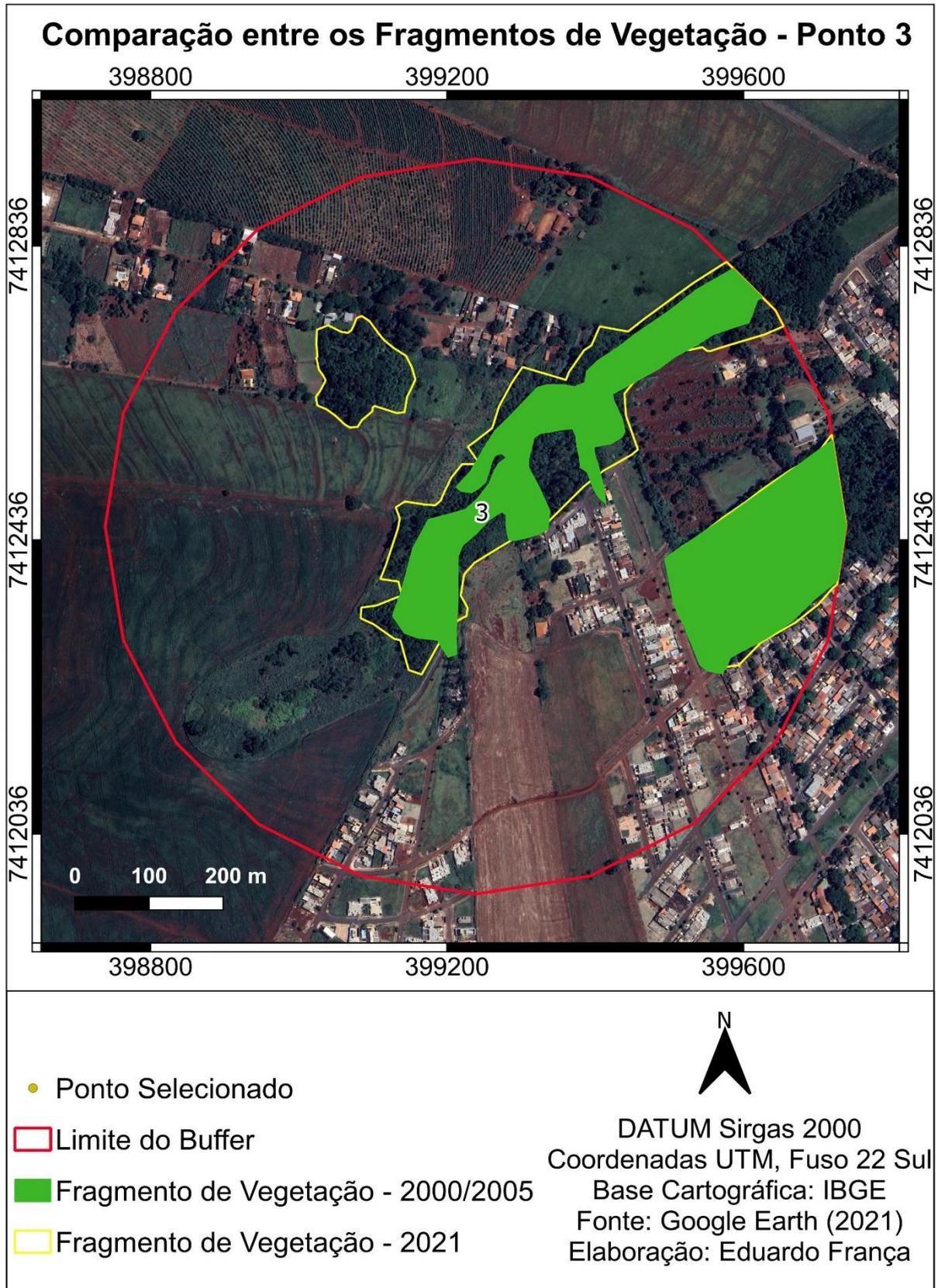
APÊNDICE 5 – Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 1.



APÊNDICE 6 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 2



APÊNDICE 7 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 3



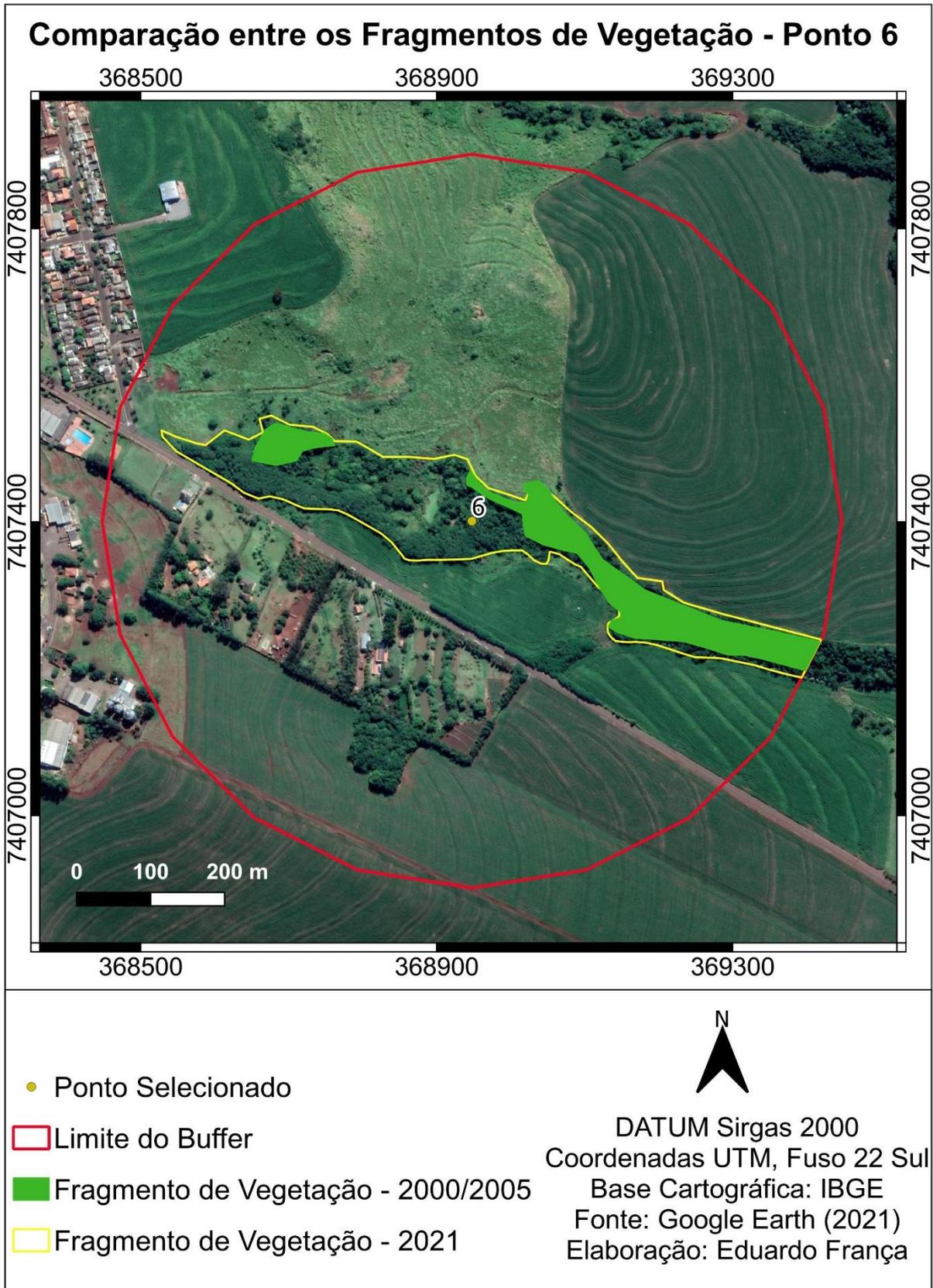
APÊNDICE 8 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 4



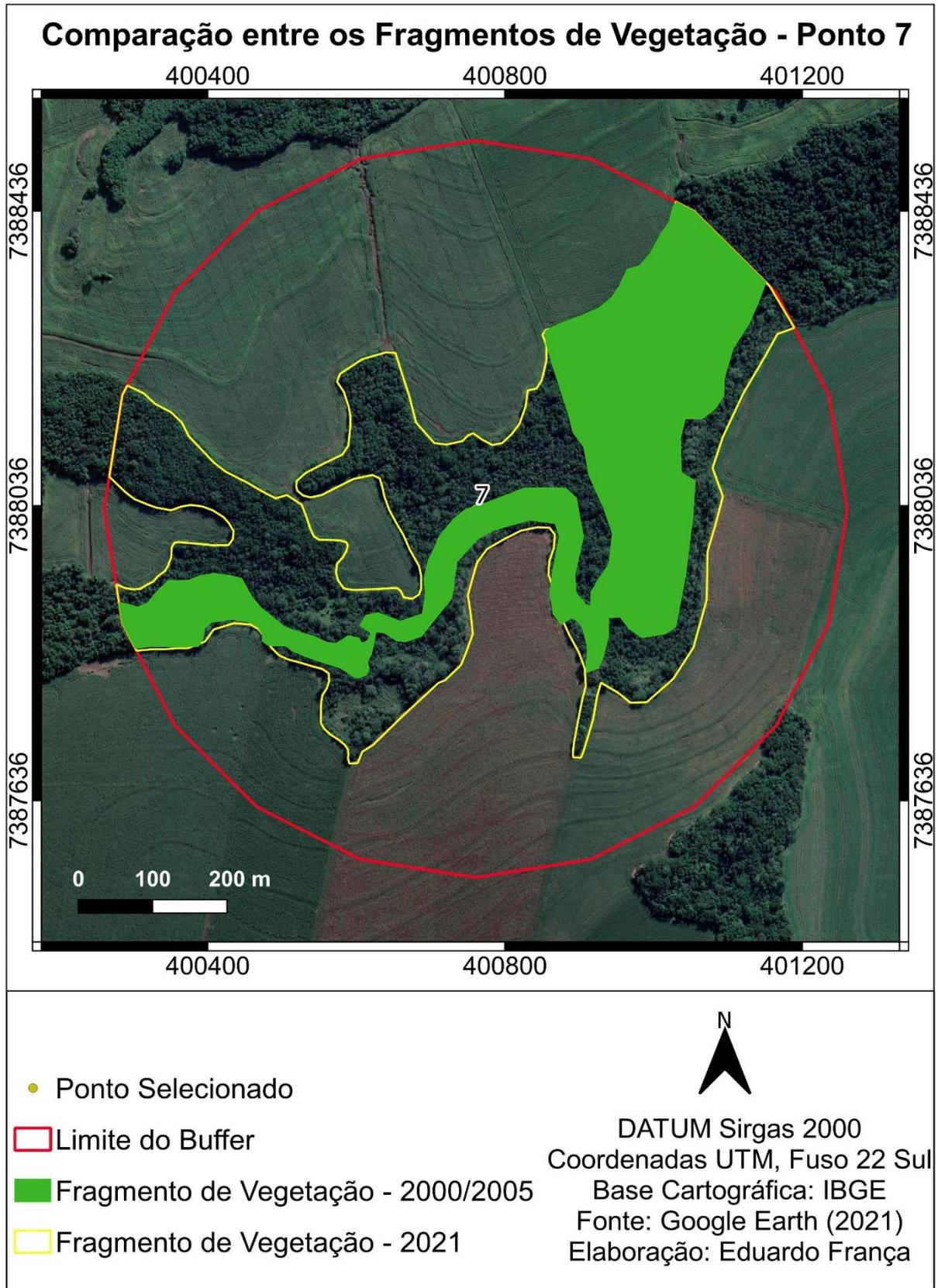
APÊNDICE 9 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 5



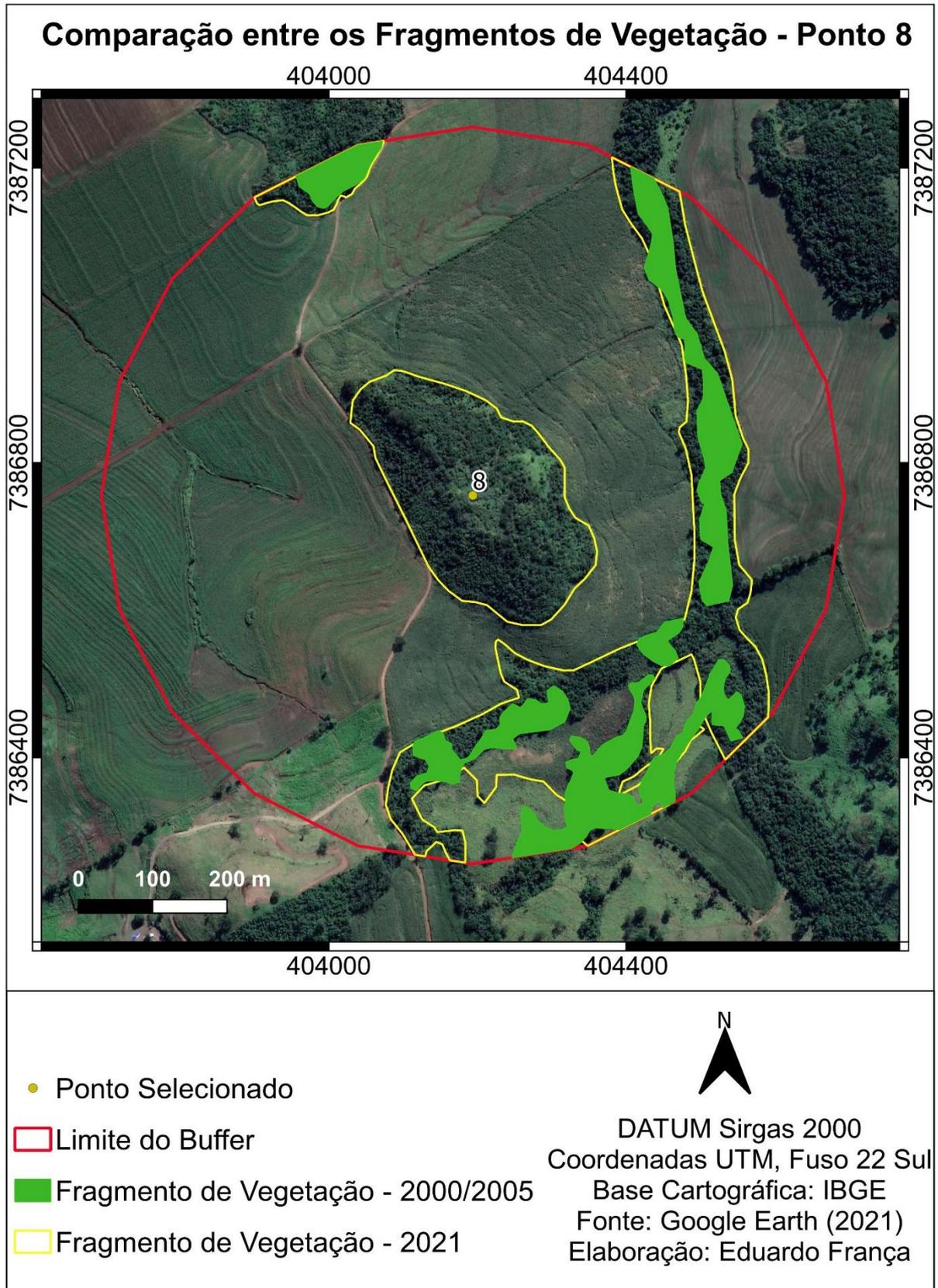
APÊNDICE 10 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 6



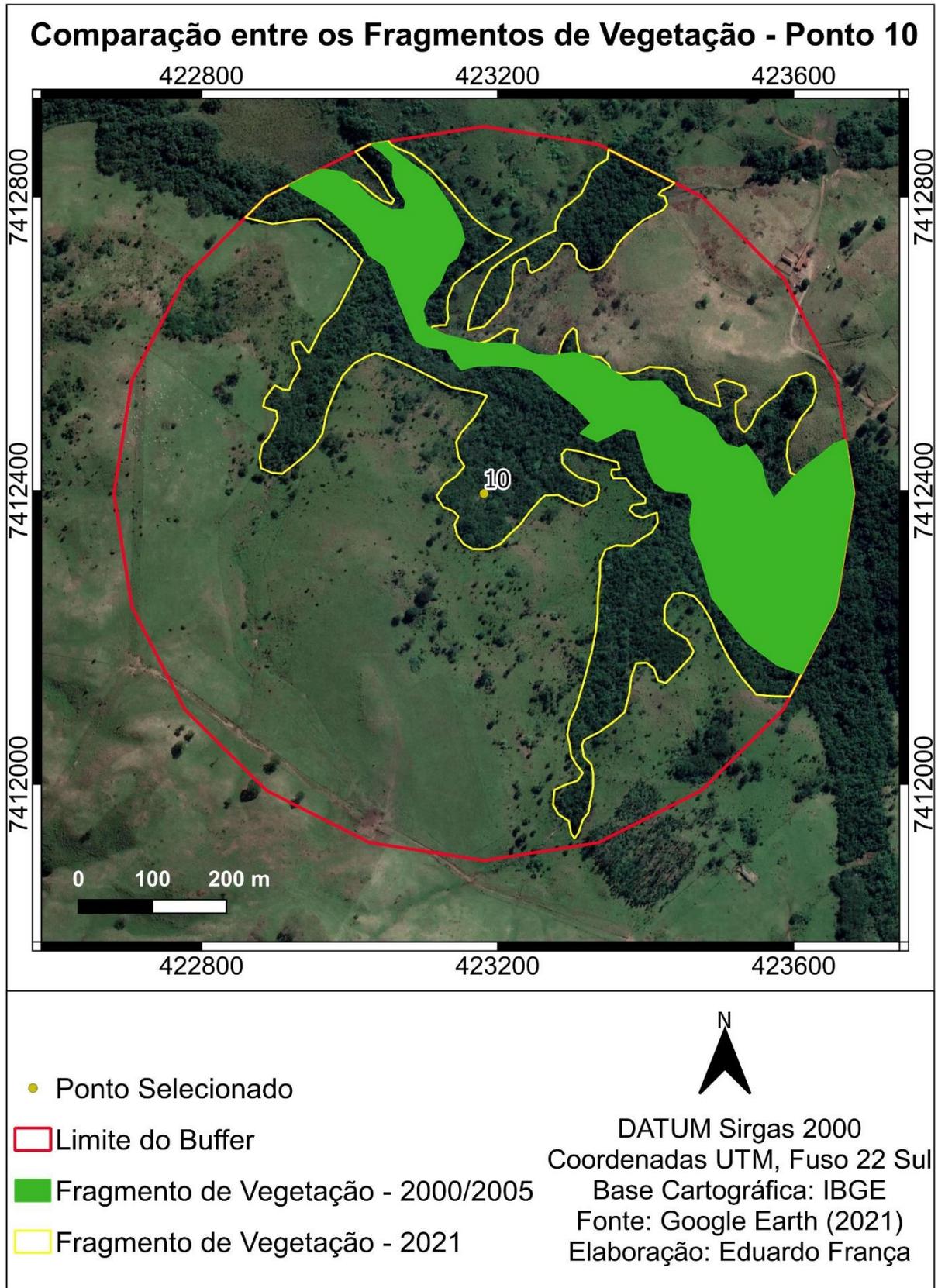
APÊNDICE 11 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 7



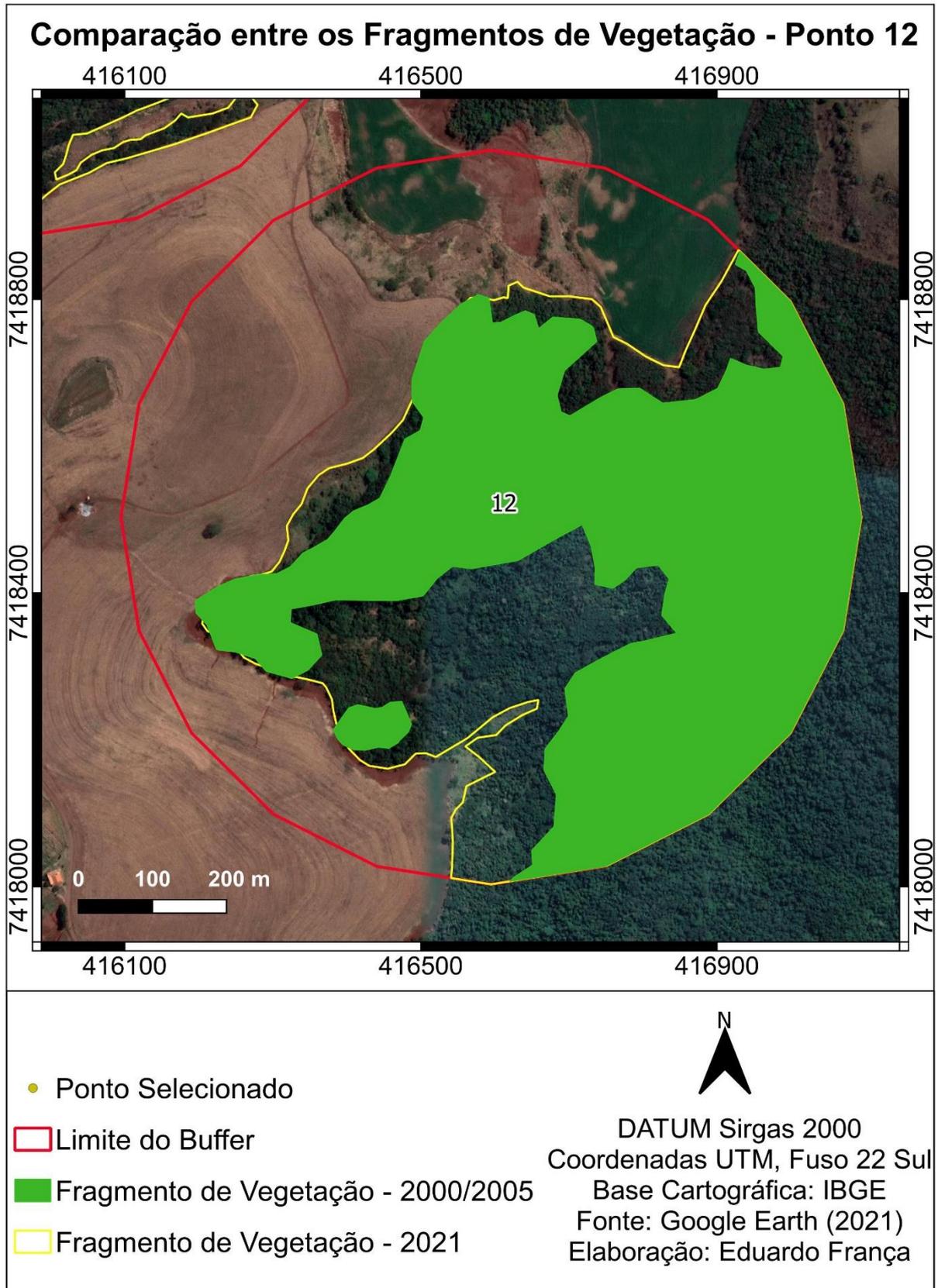
APÊNDICE 12 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 8



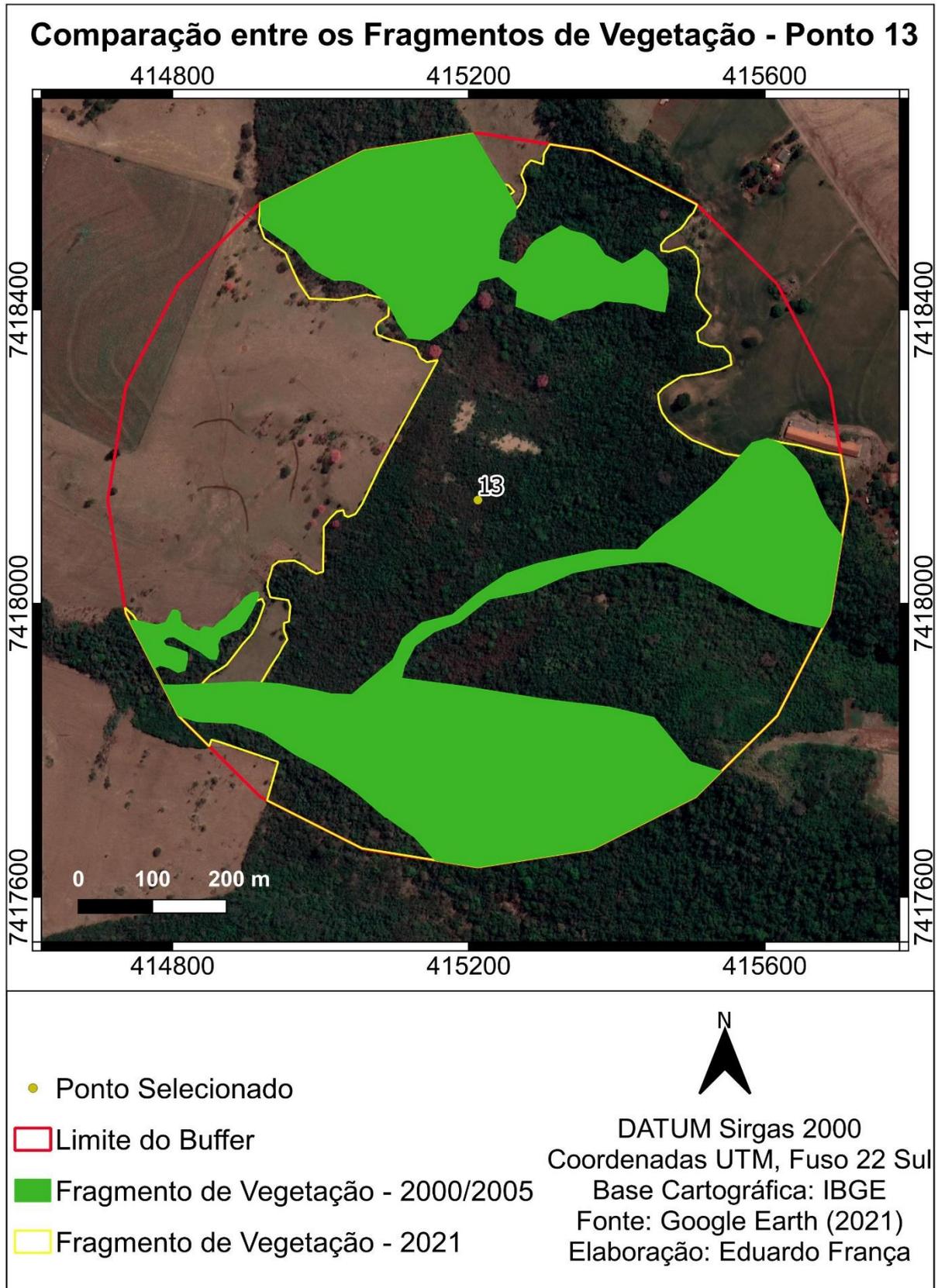
APÊNDICE 13 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 10



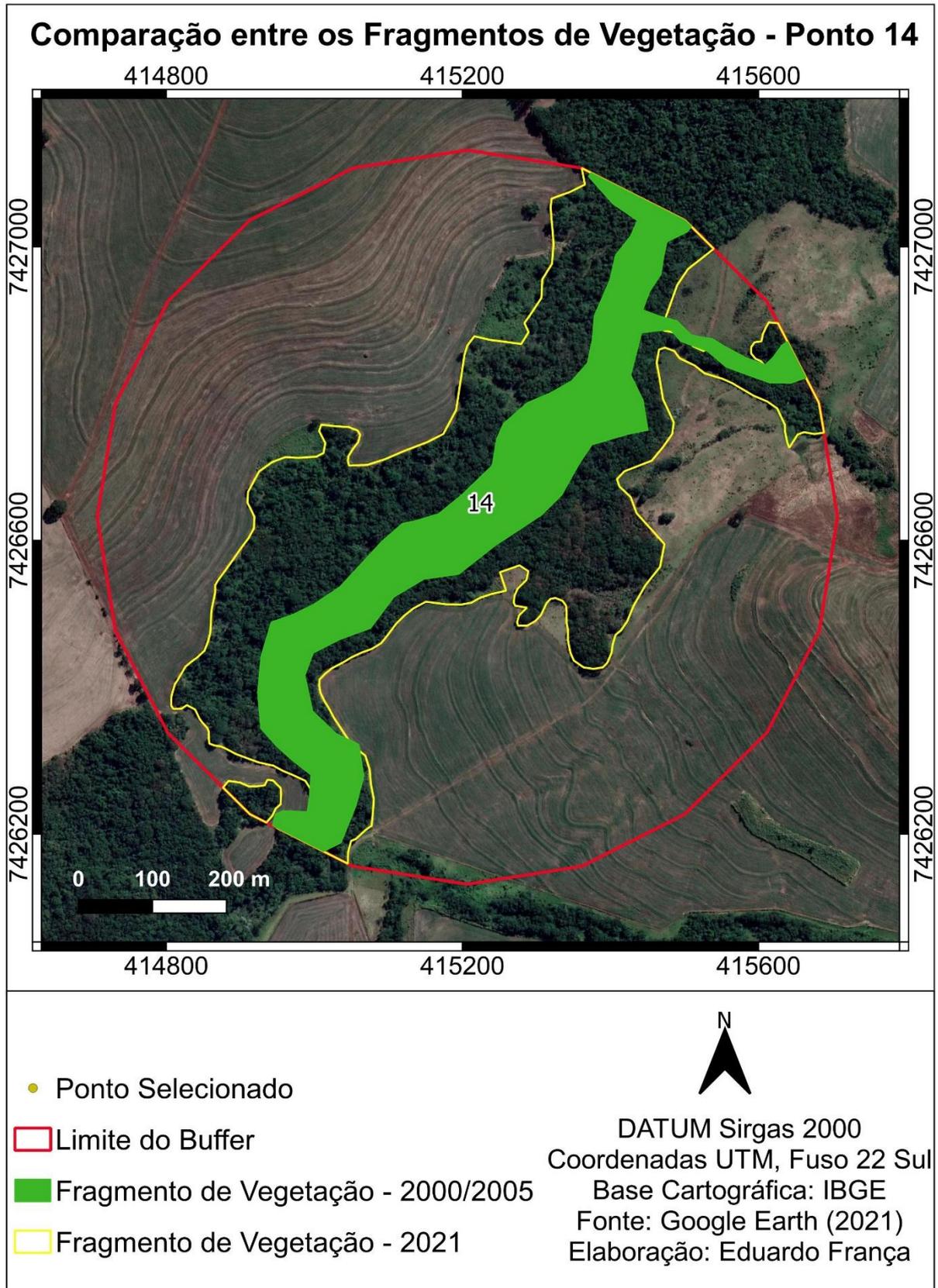
APÊNDICE 14 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 12



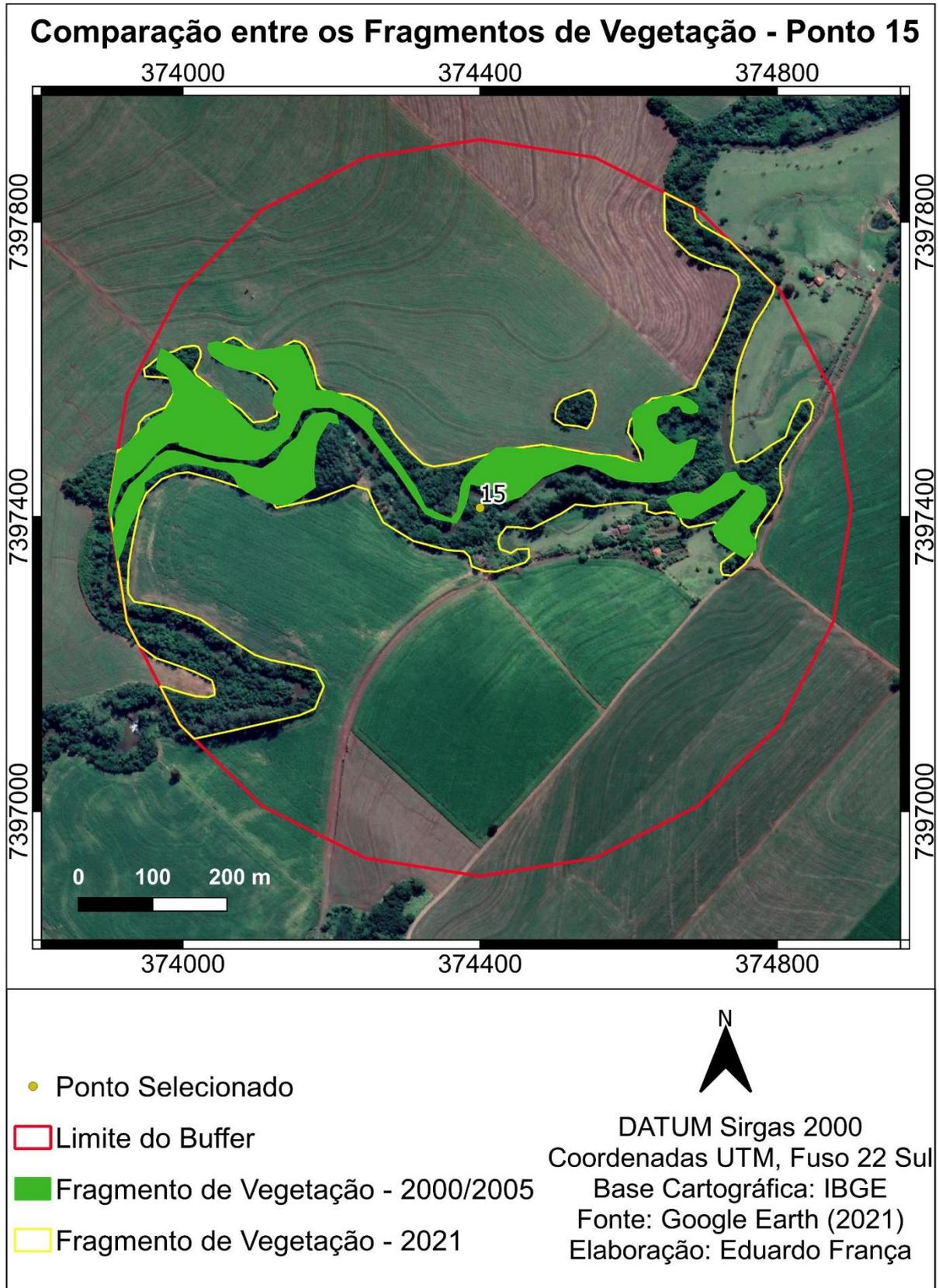
APÊNDICE 15 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 13



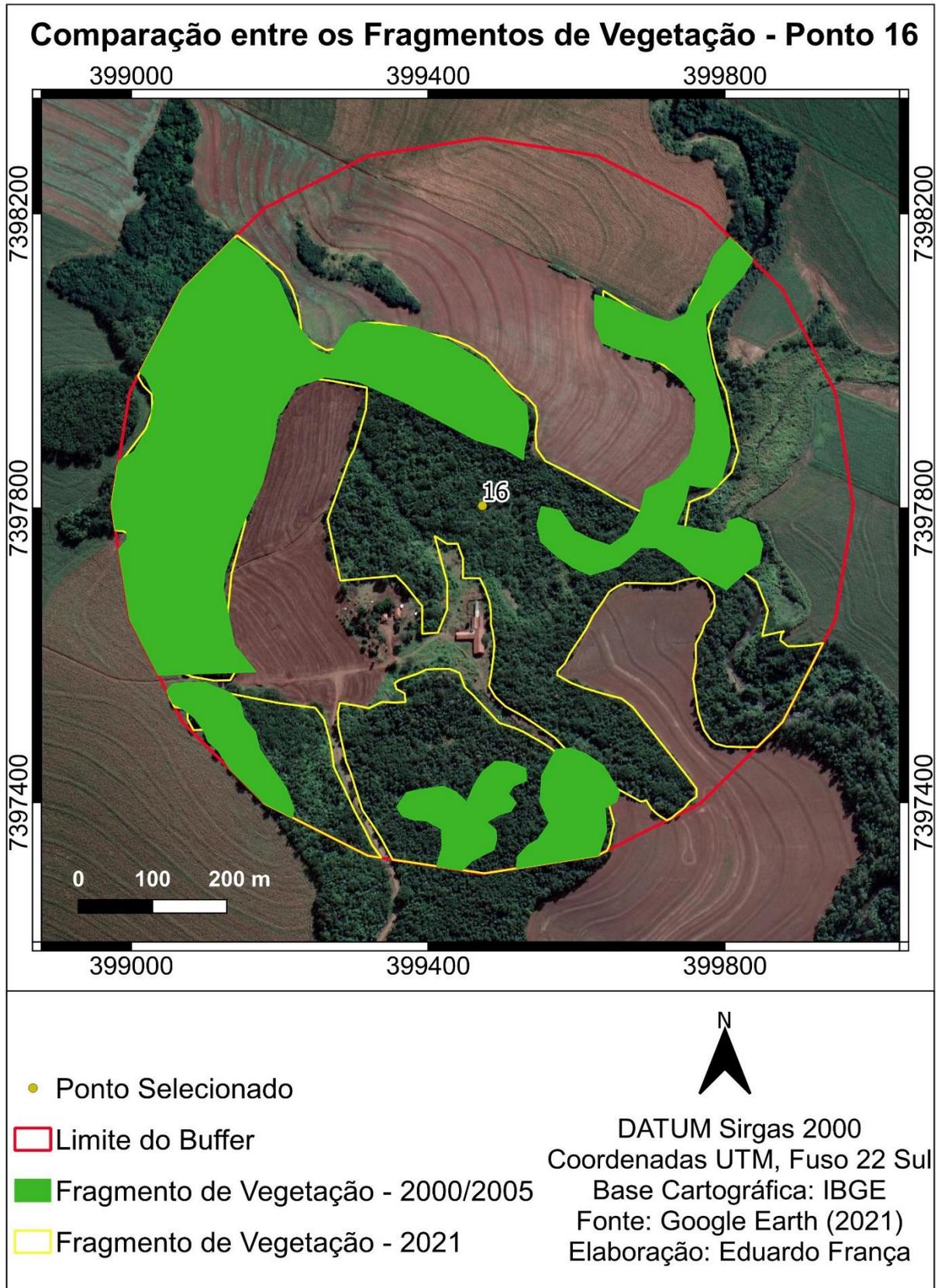
APÊNDICE 16 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 14



APÊNDICE 17 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 15



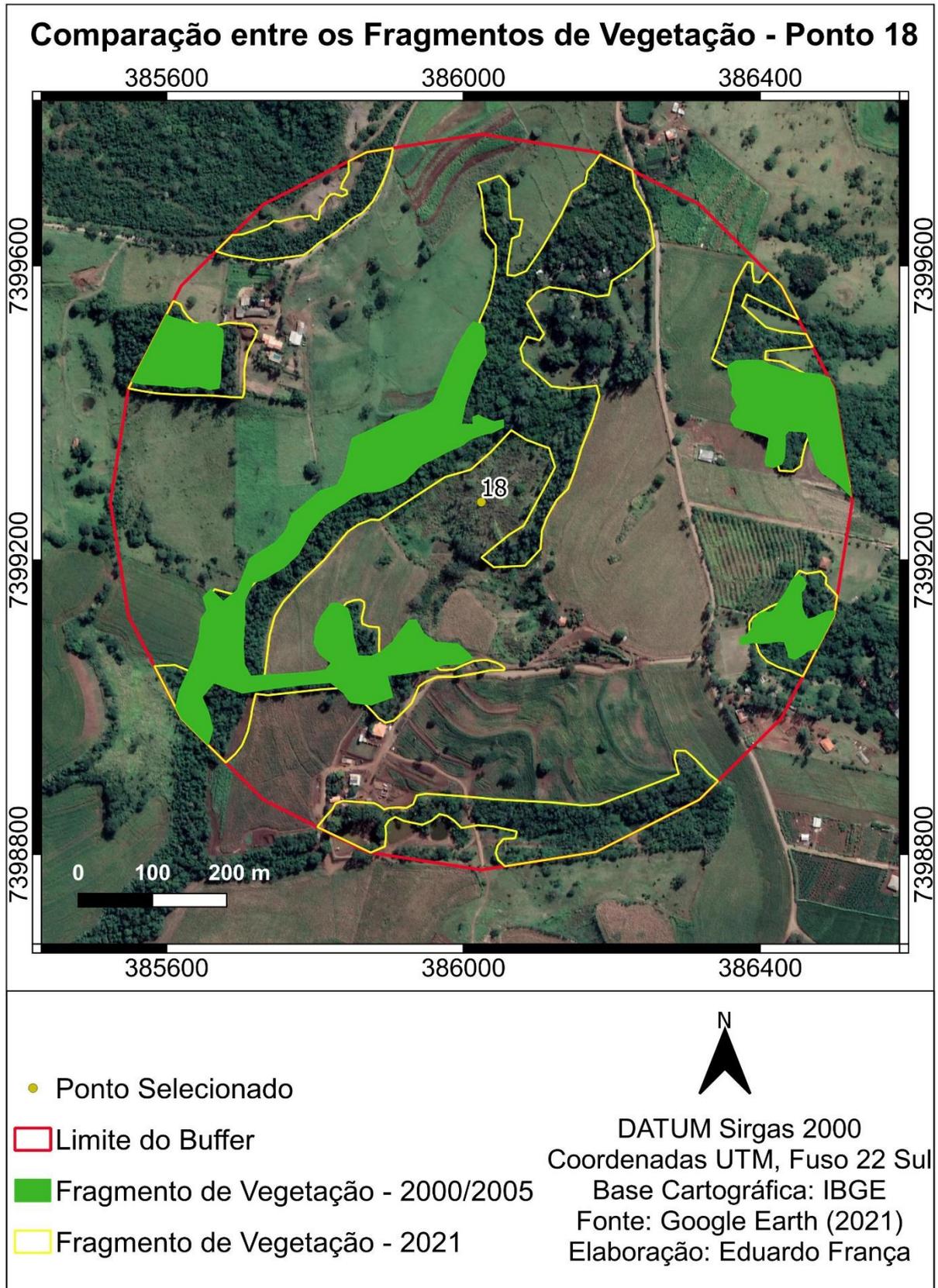
APÊNDICE 18 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 16



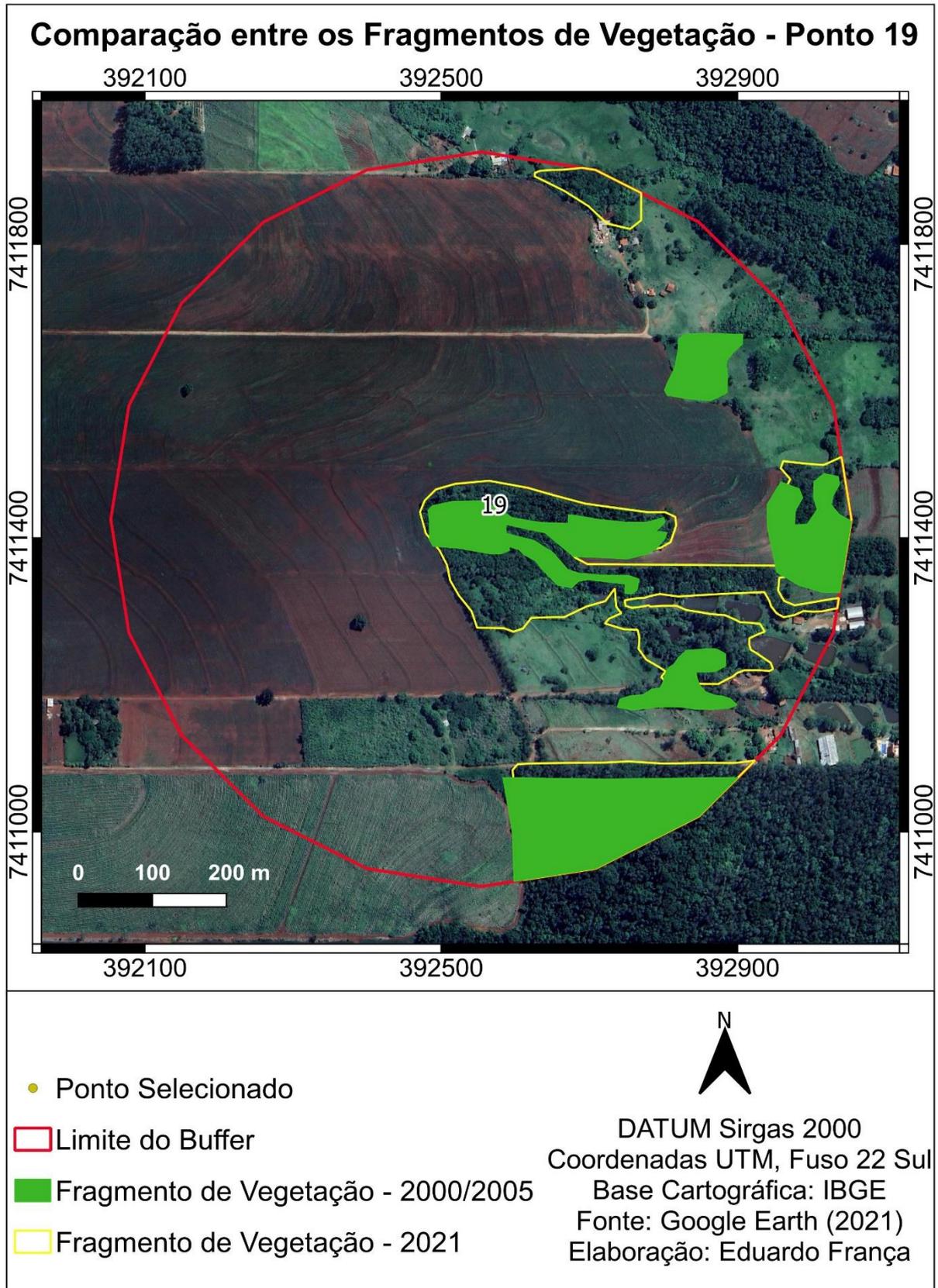
APÊNDICE 19 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 17



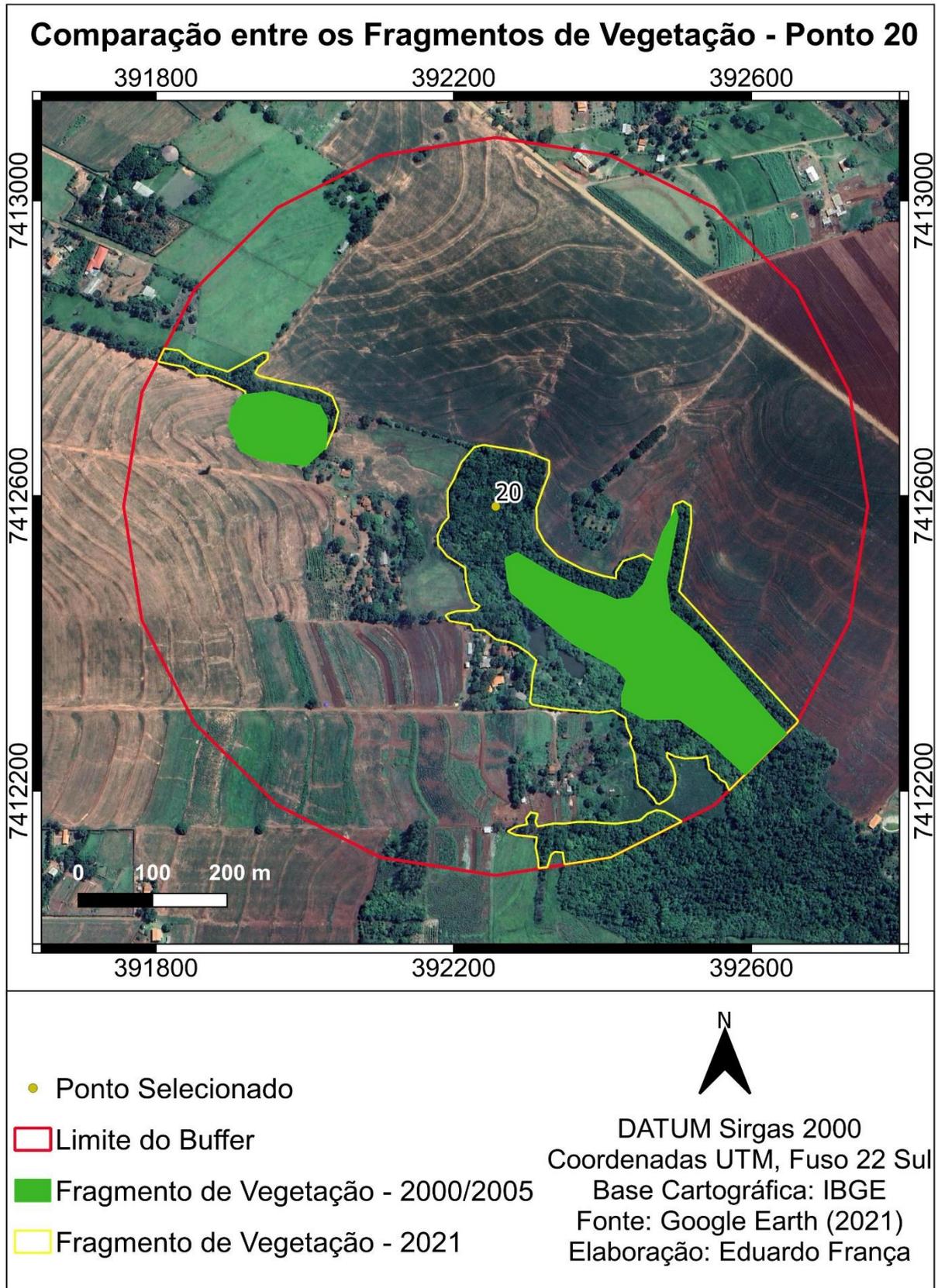
APÊNDICE 20 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 18



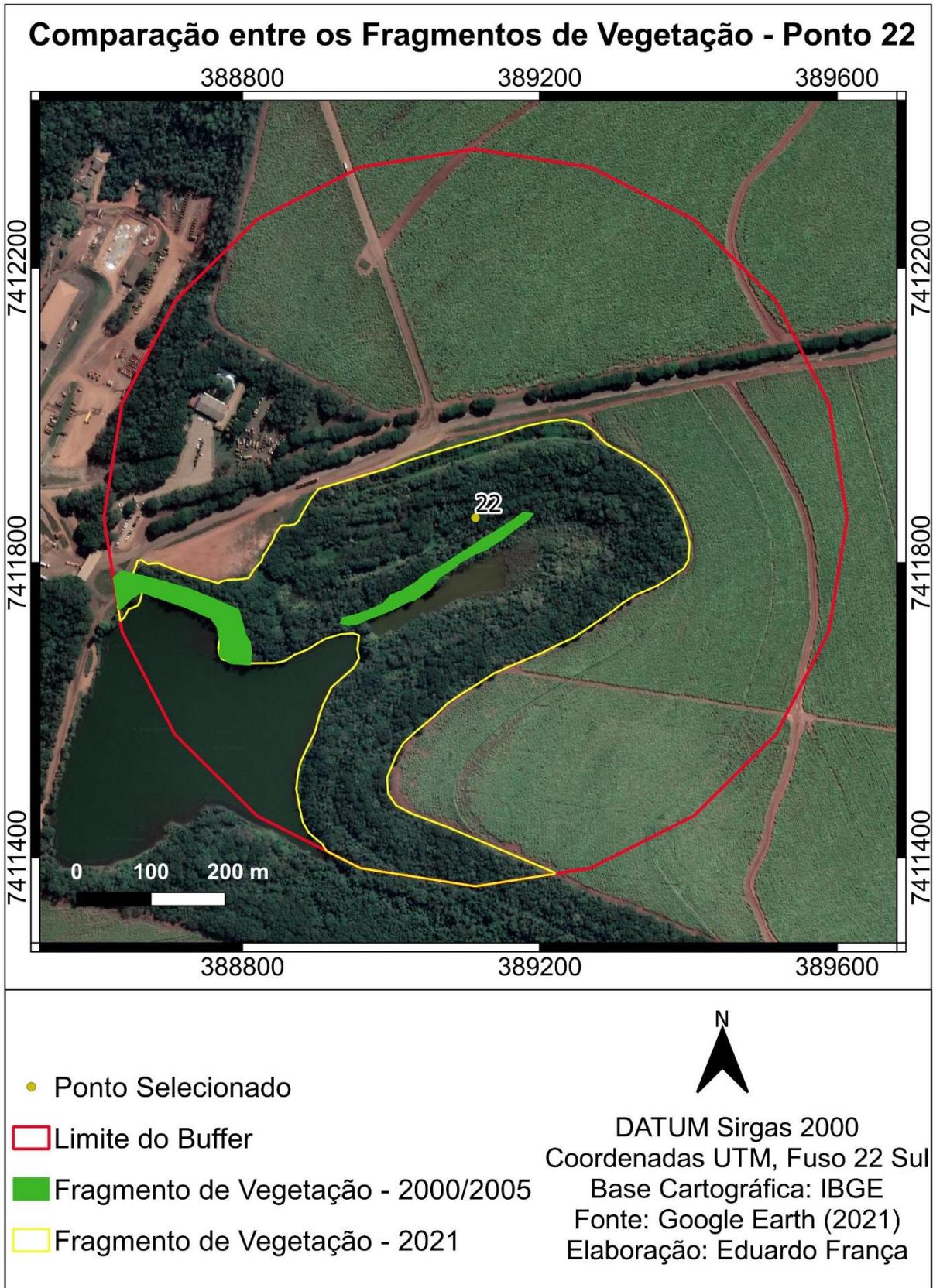
APÊNDICE 21 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 19



APÊNDICE 22 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 20



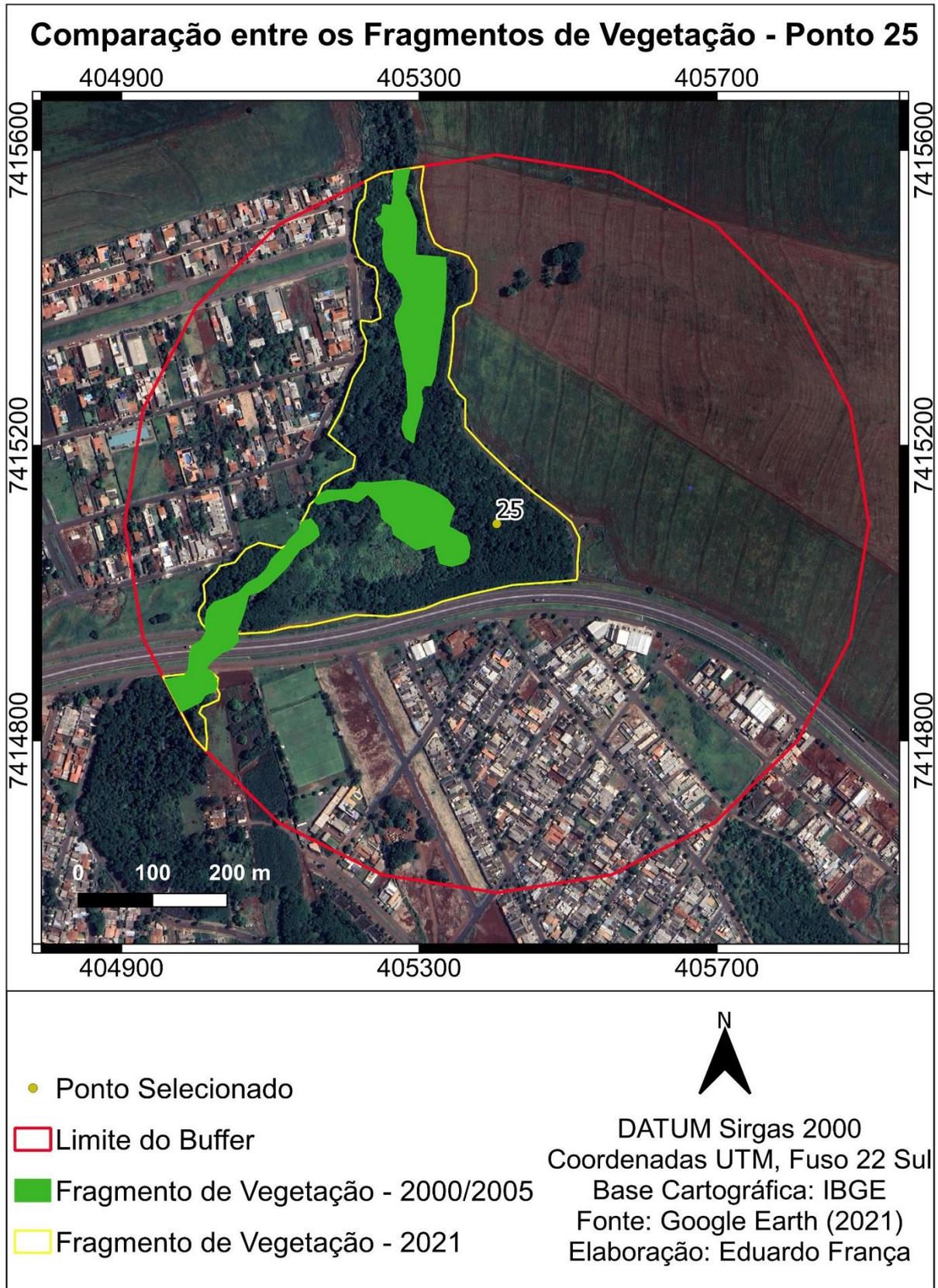
APÊNDICE 23 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 22



APÊNDICE 24 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 24



APÊNDICE 25 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 25



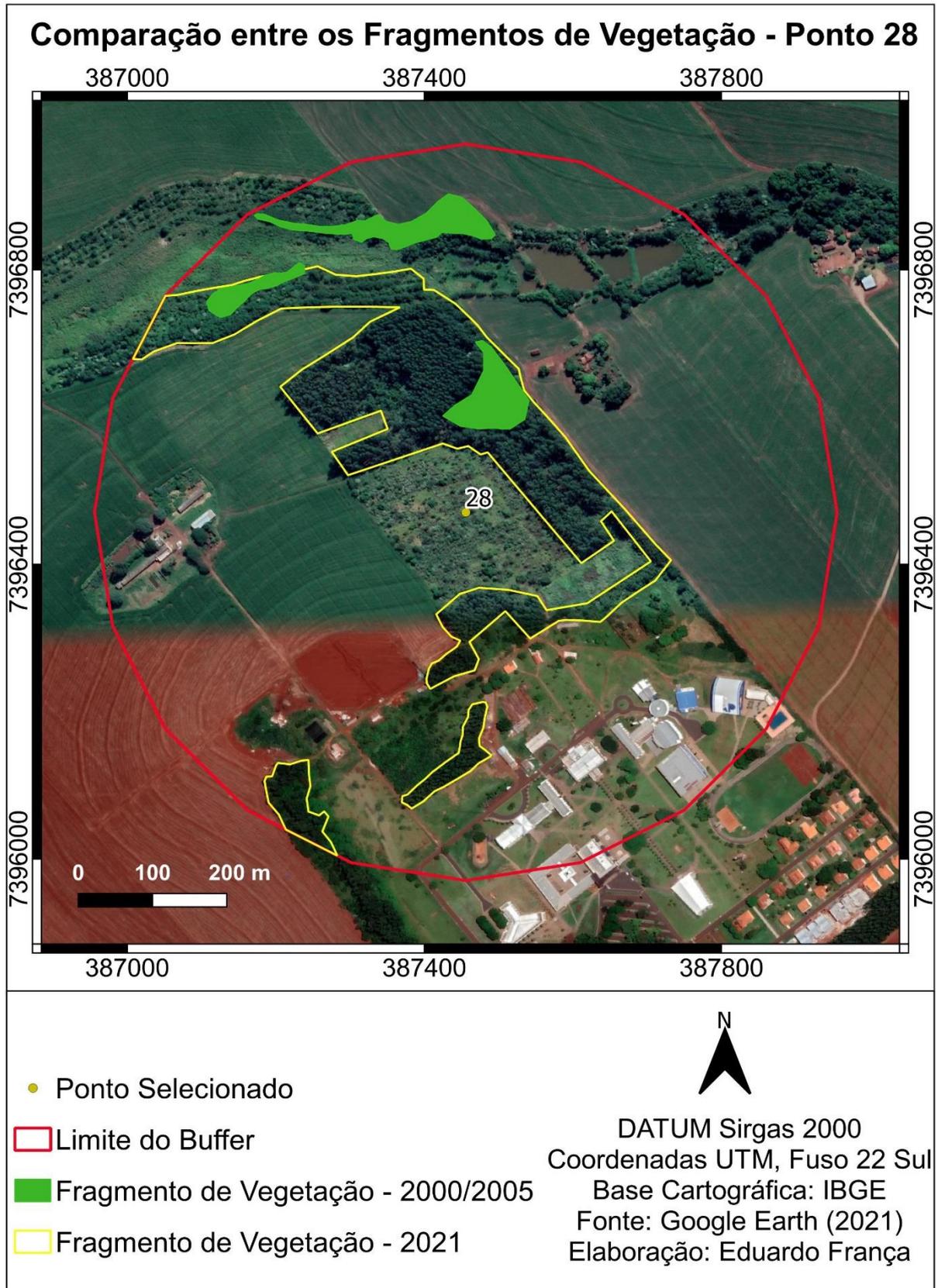
APÊNDICE 26 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 26



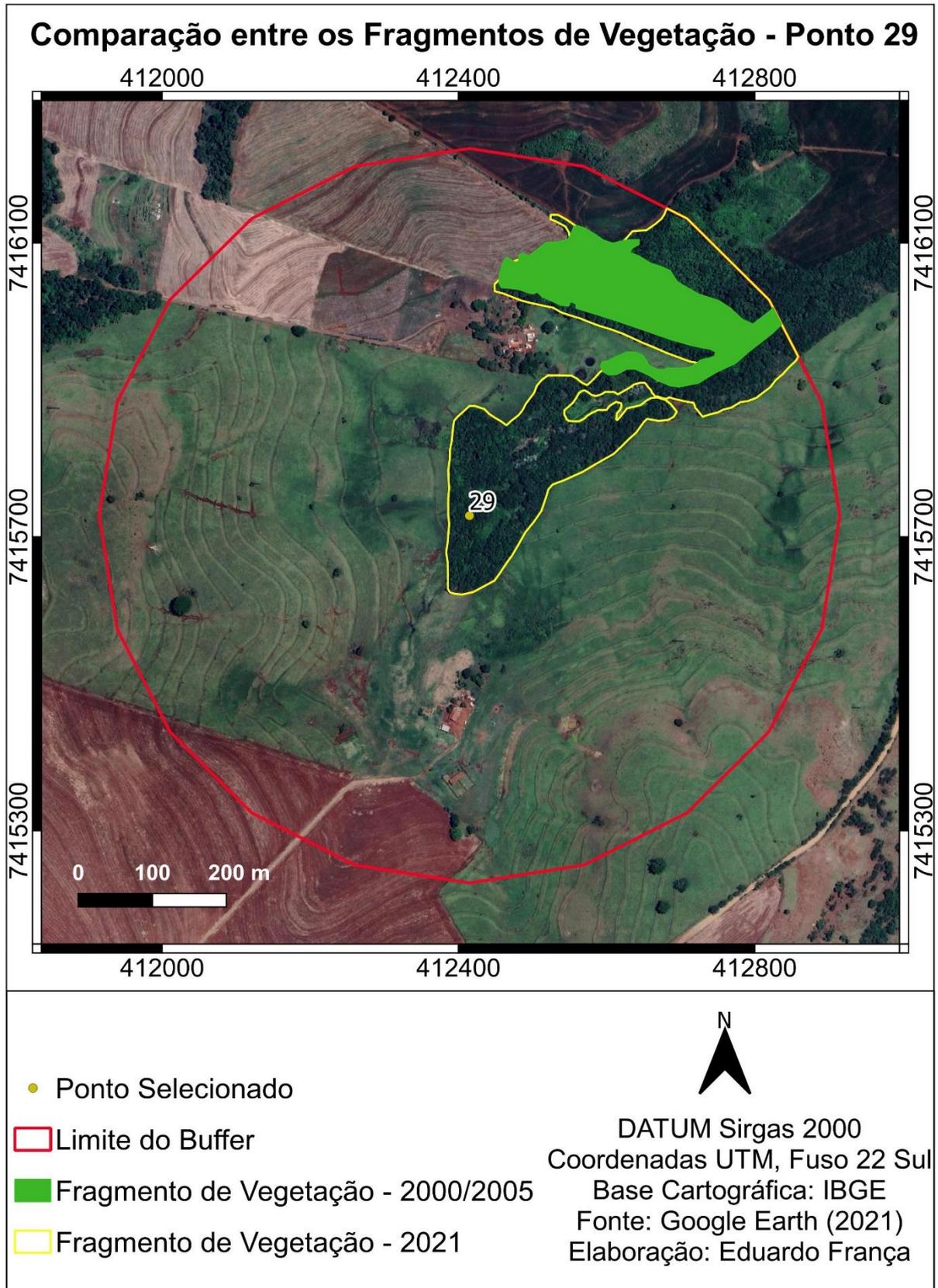
APÊNDICE 27 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 27



APÊNDICE 28 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 28



APÊNDICE 29 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 29



APÊNDICE 30 - Comparação entre os fragmentos de vegetação – Ponto 30

