

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

**TRAJETÓRIAS DA DINÂMICA DA PAISAGEM
NO MORRO SÃO PEDRO E COMUNIDADE
MBYÁ-GUARANI DA TEKOVA ANHETENGUA
EM PORTO ALEGRE - RS**

Carina Richardt de Carvalho

Porto Alegre
2023

CARINA RICHARDT DE CARVALHO

**TRAJETÓRIAS DA DINÂMICA DA PAISAGEM NO MORRO
SÃO PEDRO E COMUNIDADE MBYÁ-GUARANI DA TEKOA
ANHETENGUA EM PORTO ALEGRE - RS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Geografia.

Porto Alegre
2023

CIP - Catalogação na Publicação

de Carvalho, Carina
TRAJETÓRIAS DA DINÂMICA DA PAISAGEM NO MORRO SÃO
PEDRO E COMUNIDADE MBYÁ-GUARANI DA TEKOA ANHETENGUA EM
PORTO ALEGRE - RS / Carina de Carvalho. -- 2023.
114 f.
Orientador: Marcos de Freitas.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa
de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS,
2023.

1. MUCT. 2. ETNOMAPEAMENTO. 3. ECOLOGIA DA
PAISAGEM. 4. TRAJETÓRIAS DE MUCT. I. de Freitas,
Marcos, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o suporte financeiro e de bolsas de pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Este trabalho é a síntese de uma jornada que inclui muitas pessoas com as quais compartilhei e compartilho ideias, vivências e afetos. Listo aqui uma pequena parte destas pessoas e instituições que me apoiaram nesta trajetória.

Agradeço inicialmente, com amor, aos meus pais, que apoiaram meus sonhos e escolhas por mais distantes que pareciam estar de serem alcançados, esse título é uma vitória nossa. Igualmente agradeço e dedico este título à minha irmã pelas trocas, cumplicidade e acolhimento. Agradeço também aos meus avós por terem me educado com tanto amor.

Com profunda gratidão agradeço ao Max, meu companheiro, que esteve comigo me apoiando e incentivando ao longo de todo o processo de construção das ideias que conduziram a escrita desta dissertação.

Dou graças à vida de Contramestra Viviane e Mestra Elma. É um honra aprender a caminhar e "ver o mundo de cabeça pra baixo" com essas que me fortalecem e orientam. Agradeço imensamente ao meu grupo de capoeira N'zambi por caminharmos juntos.

Agradeço à todos os meus amigos e colegas das instituições Associação de Estudos e Projetos com Povos Indígenas e Minoritários (AEPIM), Associação Indígena do Posto Indígena Inhacora (AIPIN), Associação Indígena Poty Guarani e UFRGS, que fizeram parte da construção deste trabalho a cada nova oportunidade que me foi dada em colocar em prática as ideias aqui escritas.

Além das instituições, devo salientar a profunda gratidão e admiração às amigas Joana Bassi e Josielma Hoffman pelo aprendizado e orientação, assim como ao professor e amigo Marcos Wellausen Dias de Freitas.

Agradecimento especial à comunidade da Tekoá Anhetenguá e ao Cacique José Cirilo Pires Morinico e seus filhos Jorge e Maurício, além da Escola Estadual de Ensino Indígena Anhetenguá e seu corpo de professores e funcionários, que permitiram que este trabalho fosse desenvolvido.

RESUMO

CARVALHO, C. R. **TRAJETÓRIAS DA DINÂMICA DA PAISAGEM NO MORRO SÃO PEDRO E COMUNIDADE MBYÁ-GUARANI DA TEKOA ANHETENGUA EM PORTO ALEGRE - RS**. 2023. 114p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este estudo está orientado à discretização da cosmoecologia *Mbyá-Guarani* através da utilização das práticas da contracartografia em conjunção com a Transdisciplinaridade operando através do arcabouço teórico metodológico da Ecologia da Paisagem. Para isso iniciamos pela: (a) montagem do banco de dados geográficos (BDG) e complementação com os anos de 1982 e 2021, (b) análise das mudanças de uso e cobertura da terra (MUCT) e (c) análise espacial dos fatores condicionantes das trajetórias de MUCT. O método foi aplicado para estudar a dinâmica da paisagem entre os anos de 1964 e 2019 na escala do MSP e 1964 e 2021 na escala da *Takoa Anhetengua*. Foram utilizados dados adquiridos por fotogrametria aérea, satélite, e Veículo Aéreo não Tripulado (VANT). Variáveis ambientais, ecológicas e socioeconômicas complementaram o BDG assim como os dados produzidos em campo através das oficinas de etnomapeamento como o etnozoneamento e o perfil etnogeambiental. Foram revelados os processos dinâmicos de: (a) urbanização sobre cobertura, (b) urbanização sobre uso, (c) antropização de cobertura e (d) regeneração florestal, na escala do MSP. Na escala da *Tekoa* foram revelados os processos dinâmicos: (a) urbanização sobre cobertura, (b) urbanização sobre uso, (c) antropização de cobertura, (d) regeneração florestal e (f) dinâmica habitacional. Os processos de urbanização mostraram maior relação com os dados socioeconômicos. O processo de cobertura estável teve maior relação com a topografia e os processos de regeneração e antropização revelaram que as mudanças foram mais afetadas pela variação de altitude. Tais resultados auxiliam no avanço da compreensão do papel do *Mbyá-Rekó* (modo de vida *Mbyá-Guarani*) na conservação da paisagem do Morro São Pedro (MSP) em Porto Alegre.

Palavras-chave: *Trajetoórias de MUCT, MUCT, Contracartografia, Ecologia da Paisagem, Etnomapeamento.*

ABSTRACT

CARVALHO, C. R. **TRAJETÓRIAS DA DINÂMICA DA PAISAGEM NO MORRO SÃO PEDRO E COMUNIDADE MBYÁ-GUARANI DA TEKOA ANHETENGUA EM PORTO ALEGRE - RS.** 2023. 114p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

This study is oriented to the discretization of the *Mbyá-Guarani* cosmoecology through the use of the practices of counter-cartography in conjunction with Transdisciplinarity operating through the theoretical and methodological framework of Landscape Ecology. For this, we started by: (a) building the geographic database (GDB) and complementing it with the years 1982 and 2021, (b) analyzing land use and land cover change (LULC) and (c) spatial analysis of the factors conditioning the LULC trajectories. The method was applied to study landscape dynamics between the years 1964 and 2019 at the MSP scale and 1964 and 2021 at the *Takoa Anhetengua* scale. Data acquired by aerial photogrammetry, satellite, and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) were used. Environmental, ecological, and socioeconomic variables complemented the GDB as well as data produced in the field through ethnomapping workshops such as ethnozoning and ethnogeoenvironmental profiling. The dynamic processes of: (a) urbanization over cover, (b) urbanization over use, (c) anthropization of cover, and (d) forest regeneration were revealed at the MSP scale. At the scale of *Tekoa* the dynamic processes: (a) urbanization over cover, (b) urbanization over use, (c) cover anthropization, (d) forest regeneration and (f) housing dynamics were revealed. Urbanization processes showed greater relationship with socioeconomic data. The stable cover process had greater relationship with topography, and the regeneration and anthropization processes revealed that changes were more affected by altitude variation. These results help advance the understanding of the role of the *Mbyá-Rekó* (*Mbyá-Guarani* way of life) in the conservation of the Morro São Pedro (MSP) landscape in Porto Alegre.

Keywords: *LULC Trajectories, LULC, Counter-cartograph, Landscape Ecology, Ethnomapping.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.1 – Mapa de localização da área de estudo. | 17 |
| Figura 3.2 – Divisão e áreas etnogeográficas. | 19 |
| Figura 3.3 – Perfil etnogeográfico. | 20 |
| Figura 3.4 – Perfil de vegetação dos morros de Porto Alegre. | 20 |
| Figura 3.5 – Representação da Parcela Yvu (nascente). | 22 |
| Figura 3.6 – Representação da Parcela Yxyry (ponte). | 22 |
| Figura 5.1 – Geocomplexos e geofácies utilizadas como unidades de agregação. | 50 |
| Figura 5.2 – Etnozoneamento da <i>Tekoa Anhetengua</i> | 51 |
| Figura 5.3 – Fluxograma da metodologia | 52 |
| Figura 5.4 – Fluxograma de processamento de dados para mapa de transição entre 2002 e 2010. | 53 |
| Figura 5.5 – Fluxograma de metodologia de regressão de uso e cobertura da terra para o intervalo 1964-2002. | 55 |
| Figura 5.6 – Fluxograma de metodologia de regressão de uso e cobertura da terra para o intervalo 1982-2002. | 56 |
| Figura 5.7 – Fluxograma de metodologia de atualização de uso e cobertura da terra para o intervalo de 2010-2019. | 58 |
| Figura 5.8 – Fluxograma de metodologia de atualização de uso e cobertura da terra para o intervalo de 2010-2019. | 59 |
| Figura 6.1 – Atualização do etnomapeamento da <i>Tekoa Anhetengua</i> | 64 |
| Figura 6.2 – Mapeamento de uso e cobertura da terra na escala do MSP | 65 |
| Figura 6.3 – Mapeamento de uso e cobertura da terra na escala da <i>Tekoa</i> | 65 |
| Figura 6.4 – Gráfico da variação da área dos polígonos das classes de uso e cobertura da terra ao longo da série histórica na escala do MSP. | 65 |

| | |
|---|----|
| Figura 6.5 – Gráfico da variação da área dos polígonos das classes de uso e cobertura da terra ao longo da série histórica na escala da aldeia. | 66 |
| Figura 6.6 – Mapeamento das trajetórias de uso e cobertura da terra do entorno do MSP | 69 |
| Figura 6.7 – Gráfico da variação da área em hectares ao longo do tempo da série histórica das trajetórias do entorno do MSP. | 70 |
| Figura 6.8 – Geocomplexos de Saretta et al. (2021). | 73 |
| Figura 6.9 – Perfil topográfico contendo as unidades de paisagem de Saretta et al. (2021). | 73 |
| Figura 6.10 – Gráfico com o percentual de área de cada trajetória em cada unidade de paisagem definida pelos geocomplexos de Saretta et al. (2021). | 74 |
| Figura 6.11 – Mapeamento das trajetórias de uso e cobertura da terra do entorno do MSP | 77 |
| Figura 6.12 – Trajetória (vetor) de uso e cobertura da terra do <i>Mbyá Rekó</i> | 78 |
| Figura 6.13 – Gráfico da variação da área em hectares ao longo do tempo da série histórica das trajetórias da <i>Tekoa Anhetengua</i> | 79 |
| Figura 6.14 – Gráfico de CCA do mapeamento das trajetórias de uso e cobertura da terra do entorno do MSP. | 84 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 5.1 – Tabela de compatibilização de classes 2002-2010 | 49 |
| Tabela 5.2 – Tabela de correlação de classes de uso e cobertura da terra para definição de processos de MUCT. | 54 |
| Tabela 5.3 – Tabela de codificação das classes para compatibilização entre as escalas do entorno do MSP detalhe da Tekoá Anhetengua. | 58 |
| Tabela 6.1 – Tabela com as áreas relativas às classes ao longo da série histórica na escala do MSP. | 66 |
| Tabela 6.2 – Tabela com as áreas relativas às classes ao longo da série histórica na escala da aldeia. | 67 |
| Tabela 6.3 – Tabela com a matriz de correlação entre as trajetórias e os processos identificados na escala de análise do MSP. | 67 |
| Tabela 6.4 – Tabela com a designação dos processos ocorridos nos polígonos como critério de classificação do "processo da trajetória". | 68 |
| Tabela 6.5 – Tabela com a matriz de correlação entre as trajetórias e os processos identificados pelas mesmas. | 68 |
| Tabela 6.6 – Tabela de valores de total de área das classes por período das trajetórias e relação de fragmentação das trajetórias. | 71 |
| Tabela 6.7 – Tabela com codificação dos geocomplexos, nome e geomorfologia, geologia e tipo de solo de Saretta et al. (2021). | 74 |
| Tabela 6.8 – Tabela de valores de total de área das classes por período das trajetórias e relação de fragmentação das trajetórias na escala da <i>Tekoá Anhetengua</i> | 80 |
| Tabela 6.9 – Tabela ranking de proporção de área das trajetórias em relação à área total do MSP. | 81 |
| Tabela 6.10 – Tabela ranking de proporção de área das trajetórias em relação à área total da <i>Tekoá Anhetengua</i> | 82 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | OBJETIVOS | 16 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 16 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 3 | ÁREA DE ESTUDO | 17 |
| 4 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 23 |
| 4.1 | CONTRACARTOGRAFIA E TRANSDISCIPLINARIDADE: O CAMPO DE INTERLOCUÇÃO EPISTEMOLÓGICA DA DINÂMICA COSMOECOLÓGICA <i>MBYÁ-GUARANI</i> | 24 |
| 4.1.1 | O Etnomapeamento e a contracartografia como ferramen- ta de interlocução e criação de <i>hibridismos</i> através da abordagem da Transdisciplinaridade | 24 |
| 4.2 | ECOLOGIA DA PAISAGEM: CATEGORIA E MÉTODO DE ANÁLISE ESPACIAL DE MUDANÇAS DE USO E COBER- TURA DA TERRA (MUCT) | 29 |
| 4.2.1 | Geossistema e paisagem: do modelo teórico ao recorte espacial na realidade objetiva | 31 |
| 4.3 | ANÁLISE ESPACIAL DO MSP E DA <i>TEKOA ANHETENGUA</i> COM SIG | 35 |
| 4.3.1 | Geotecnologias aplicadas à análise espacial de MUCT | 35 |
| 4.3.2 | Processos e Trajetórias de MUCT | 39 |
| 4.4 | MODELAGEM DE DINÂMICA ESPACIAL DE MUCT | 42 |
| 4.4.1 | Análise de fatores condicionantes das trajetórias de MUCT | 44 |
| 5 | MATERIAIS E MÉTODOS | 47 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.1 | MONTAGEM DO BDG E COMPLEMENTAÇÃO DE DADOS COM OS ANOS DE 1982 E 2021 | 47 |
| 5.2 | ANÁLISE DE MUCT | 52 |
| 5.2.1 | Complementação de dados de MUCT | 52 |
| 5.2.2 | Mapeamentos das mudanças de uso e cobertura da terra na escala do entorno do MSP | 52 |
| 5.2.2.1 | Compatibilização de mapas de uso e cobertura da terra 2002-2010 | 53 |
| 5.2.2.2 | Regressão de uso e cobertura da terra para 1964 | 53 |
| 5.2.2.3 | Regressão de uso e cobertura da terra para 1982 | 55 |
| 5.2.2.4 | Atualização de uso e cobertura da terra para o intervalo 2010-2019 | 56 |
| 5.2.3 | Mapeamentos das mudanças de uso e cobertura da terra no interior da aldeia | 57 |
| 5.2.3.1 | Compatibilização de classes entre as escalas de análise - MSP e <i>Tekoa Anhetengua</i> | 57 |
| 5.2.3.2 | Mapeamento de uso e cobertura da terra para o intervalo 2018-2021 | 57 |
| 5.2.4 | Definição das trajetórias | 60 |
| 5.3 | ANÁLISE ESPACIAL DOS FATORES CONDICIONANTES DAS TRAJETÓRIAS DE MUCT | 62 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 63 |
| 6.1 | ATUALIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOESPACIAIS (BDG) | 63 |
| 6.2 | MAPEAMENTO DAS TRAJETÓRIAS DE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA (MUCT) NA ESCALA DO ENTORNO DO MORRO SÃO PEDRO ENTRE OS ANOS DE 1964 E 2019 E NA ESCALA DA <i>TEKOA ANHETENGUA</i> ENTRE OS ANOS DE 1964 E 2021 | 66 |
| 6.2.1 | Trajетórias do MSP | 66 |
| 6.2.2 | Trajетórias da <i>Tekoa Anhetengua</i> | 76 |
| 6.2.3 | Análise comparativa dos processos entre a escala de entorno do MSP e a escala da <i>Tekoa Anhetengua</i> | 81 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 6.3 | IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES DAS TRAJETÓRIAS DE MUCT DO MSP | 83 |
| 7 | CONCLUSÃO | 86 |
| | REFERÊNCIAS | 88 |
| | ANEXOS | 98 |
| | ANEXO A RELATORIO DO CENSO DOS PINUS | 99 |
| | ANEXO B TABELA DE CODIFICAÇÃO DE AGRUPAMENTO DE TRAJETÓRIAS DO ENTORNO DO MSP | 109 |
| | ANEXO C TABELA DE CODIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE TRAJETÓRIAS DO ENTORNO DO MSP | 113 |

1 INTRODUÇÃO

As questões ambientais estão entre as mais críticas para a Humanidade, já que afetam as condições de sobrevivência da vida sobre a superfície terrestre e as relações entre os grupos sociais e sociedades. A concepção ambientalista generalizada, tecnocrática e neoliberal conjectura estas questões como solucionáveis por técnicas modernas e/ou pelo mercado (DIEGUES et al., 2000). Tal concepção, pressupõe a reunião de conhecimentos de várias disciplinas, porém, frequentemente, é definida somente pelos aspectos técnicos e científicos com aspirações reducionistas que procuram não levar em conta os aspectos mais amplos das relações entre os humanos e a natureza. A necessidade da utilização dos diversos campos do conhecimentos, fragmentados em disciplinas, ocorre sempre que se reconhece que o objeto de estudo é multifacetado e que é preciso ultrapassar os limites da especialização disciplinar, e, portanto, é preciso explorar novos territórios técnicos, metodológicos, teóricos e por vezes filosóficos ou políticos (ALVES, 2014).

Muitas das concepções do método científico de raiz iluminista podem ser atribuídas ao trabalho outorgado, por ou a partir de mapas, quando este é relacionado à representação ideológica que a cartografia tradicional carrega em sua trajetória (RISLER; ARES, 2013). Deliberadamente, para a modernidade ou para o europeu sem cerimônia em ocupar o território alheio, o mundo físico pôde ser jurisdicionado como uma porção territorial arbitrariamente demarcada a estender-se sobre limites naturais, rios, biotas, animais, plantas, desertos e religiões. Tampouco importaram as culturas. Assim, o território da modernidade foi delineado por uma ficção física institucionalizada através da cartografia europeia, mesmo quando jamais um cidadão, no preciso termo europeu, na outra margem do ocidente tenha posto o pé (LADEIRA, 2001). Tal caráter expropriador é originado e tem consequências não apenas pelo teor prático da ação da planificação do território pela cartografia, mas também pelo ponto de vista epistemológico científico que é atribuído ao espaço geográfico enquanto representação da natureza. Empiricamente, a noção mecanicista e reducionista serviu não apenas à fragmentação do território dos povos tradicionais em prol do estabelecimento das relações de dominações e apropriações, mas, sincronicamente a isso, a fragmentação da natureza serviu ao mercado quando a transformou em "recursos naturais" e denotou à ciência problemas fragmentados em busca de soluções parciais.

Porém, até mesmo a busca aficionada pela representação do sistema em sua totalidade, quando baseada em uma imagem fisicista do mundo (BERTALANFFY, 1975), ilustra a superfície terrestre através do método científico de raiz iluminista, por uma suposta relação paradoxal com a identidade física do mundo real. Novamente, o mapa, ou uma imagem de satélite, por exemplo, supõe uma representação mediada pela relação antagônica e indissociada da simultaneidade da

identidade física concedida única e rigorosamente através da relação da distância com o seu objeto de representação. Portanto, todas as formas de modelagem do mundo, enquanto coisa humana, estão submetidas a tal ambiguidade. A partir da importante constatação de Eco (1994), podemos pressupor que o mapa coincidente com a realidade absoluta daquilo que pretende representar, encontraria o fim de seu próprio ofício. Portanto, pelo menos na condição atual da técnica, o mundo real não pode ser representado na relação 1:1 (BORGES, 2002).

De forma análoga à ambição da criação de um "mapa do reino na escala de 1:1" de (BORGES, 2002), em que o território é o próprio mapa, a cartografia tradicional foi e tem sido usada e aceita como representação natural e inquestionável pelo poder hegemônico (RISLER; ARES, 2013). Entretanto, a Geografia possui em seu cerne a formulação e construção de teorias e métodos de percepção que procuram compreender a totalidade orgânica viva e interconectada em constante processo de mutabilidade evolutiva que consiste o "espírito da natureza". Da mesma forma que Schelling (2016) propôs a idealização de uma "Filosofia da Natureza", ideias do Romantismo foram propagadas, por Ritter (1841), Humboldt (1869) e outros naturalistas, e vigoraram entre os séculos XVII e XIX em resposta ao Iluminismo na Alemanha. Estas buscavam formular uma racionalidade confrontada ao método que iria além da percepção do meio natural (CAMARGO, 2005). Para estes naturalistas, assentados no Romantismo, os quais notoriamente participaram da instituição da Geografia como ciência, havia uma racionalidade superior, a qual encontrava Deus como a própria totalidade e dava vida à natureza, esta que, assim como para a cosmologia *Mbyá-Guarani*, dilui-se com o que é sagrado e/ou espiritual.

A partir de então, emerge nesta pesquisa um importante desafio científico que concerne na busca por perspectivas teórico-metodológicas amplas e consensuais o suficiente para chegar a uma articulação interdisciplinar efetiva. Aqui, será referida a transdisciplinaridade como a base consensual na dilatação das linhas de fronteiras tanto das disciplinas como da origem dos conhecimentos, sejam eles científicos ou tradicionais. Substancialmente, na busca pela articulação das ciências naturais e sociais, o desafio pode se tornar ainda maior devido às hipóteses que despontam de dimensões sociais, econômicas, ideológicas ou políticas no problema da crise, as quais poderão sugerir tantas origens quanto forem os pressupostos teóricos e as correntes de pensamento (ALVES, 2014).

A contracartografia vem, desde o final da década de 1980, propondo a crítica do trabalho com mapas e, atualmente, tem como objeto de pesquisa o rastreamento de sistemas complexos e a compreensão de conflitos, redes, territórios, fronteiras e situações que já foram invisibilizados através da prática e difusão de técnicas decoloniais, informações e novas tecnologias (ORANGOTANGO, 2018). Expostos a contextos profundamente incertos, os *Mbyá-Guarani* desenvolveram progressivamente formas particulares de pensar em como diligenciar o acesso à natureza de forma a "surfear na incerteza" em vez de lutar contra ela (BERKES et al., 1998). A dicretização desta relação da

comunidade *Mbyá-Guarani* da *Tekoa Anhetengua* com a paisagem do entorno do Morro São Pedro (MSP), pode fornecer interessantes resultados através da modelagem da dinâmica das trajetórias de uso e ocupação da terra na compreensão da evolução da paisagem assim como no desvelamento do papel dos *Mbyá-Guarani* como fator formador do que temos hoje como paisagens conservadas no MSP, enfatizando o caráter regenerador do *Mbyá-Rekó* (modo de vida *Mbyá-Guarani*) na sua "ontocosmoecologia" (SOUZA et al., 2021).

Assim, a utilização da paisagem, como categoria de análise pela Geografia, pode ser uma via para a dissolução destas fronteiras entre áreas do conhecimento. O recorte de uma comunidade *mbyá-guarani* em contexto periurbano a partir do analítico/sintético dos geossistemas, prenuncia uma análise no sentido do desenvolvimento de práticas metodológicas que subvertam o papel colonizador denotado à ciência, sobretudo às práticas cartográficas. A utilização do arcabouço teórico metodológico da Ecologia da Paisagem potencializa a conjunção com técnicas de modelagem e, pela incorporação de conhecimentos tradicionais e científicos, na criação de conhecimentos *híbridos* (SILVEIRA et al., 2008). Ao criar um modelo de um sistema ambiental, como o da comunidade *Mbyá-Guarani Anhetengua*, buscamos vislumbrar os padrões de trajetória de uso e cobertura da terra emergentes que regem o sistema de conservação da aldeia. Quais aspectos etnoculturais relacionam-se com o valor de regeneração de cobertura na paisagem *Mbyá-Guarani* que não operam e que se diferenciam na paisagem do entorno do MSP Carvalho (2019), sendo este observado pelo recorte de uma unidade de estruturação urbana municipal que se propõe à conservação? Tal questão também pode ser levantada através da perspectiva do ambiente em que vivem os *Mbyá-Guarani*, a partir do dano causado a essa cultura a cada vez seu ambiente é perturbado, seja por questões sociais, econômicas ou ecológicas.

Segundo Souza et al. (2021), o MSP possui uma importante referência cosmológica para o povo *Mbyá-Guarani* anterior à existência da *Tekoa Anhetengua*. O morro possui em suas matas a morada de uma entidade *Mirí*. Souza et al. (2021) explica que profundamente religiosos e apocalípticos a maioria dos guaranis vive a vida seguindo as indicações de *Nhanderú*. "Se tem *Opy* a mensagem de Deus vem direto. Se não tem *Opy*, o guarani tem que rezar. Há muito tempo o guarani tem passagem pelo Lami, pra rezar perto de *Karaí Mirin*" (SOUZA et al., 2021). Para os Guarani, existe um único deus criador que desabrochou da escuridão primordial, e que após contemplar o vazio, criou os quatros *ambá*, "as quatro moradas de seus filhos," (SOUZA et al., 2021). Depois, forjou as bases vegetais sobre as quais depositou o disco terrestre e os cimentos do universo. Esta divindade criadora única gerou quatro filhos e deixou-os no mundo quando se retirou. Eles são *Karaí*, *Nhanderú* (ou *Yamandú*), *Kuaráí* e *Jakaíra*. Cada uma destas divindades menores toma conta de certos eventos naturais. *Nhanderú* ou *Yamandú*, por exemplo, é o sol; *Karaí* é "quem cuida da mata, da terra, dos bichos"; a *ambá* é a morada da parcela espiritual, da alma (*nhe'*) de cada Guarani, cujo nome leva em seu próprio significado uma designação da divindade da qual é filho espiritual. As divindades menores, *mirí*, foram distribuídas por diversos

lugares ao longo da paisagem do mundo guarani: “no Morro São Pedro há uma divindade. No litoral, acho que Espreado, em Maquiné tem outra, também num morro... Karáí Mirim. É quem cuida da terra, do animal, do mato... *Nhanderú* deixou uma divindade ‘criança’ aqui na terra para cuidar da criação de *Nhanderú*”(SOUZA et al., 2021). "*Nhanderú*, quando fez o mundo os criou também e deixou aqui para cuidar do mundo. *Nhanderú* deixou um pouquinho do *Karáí Mirim* em cada lugar. Aqui, na Argentina, no Paraguai... aonde for. Por isso tem lugar de mata que juruá não consegue destruir. A mata desse morro nunca vai terminar”, comenta o Cacique Cirilo, cacique da *Anhetengua* sobre o MSP (SOUZA et al., 2021). Completa que, em 1986, ao chegar com seu pai pela primeira vez no Lami, *Karáí Perumi* mostrou essa divindade aos seus filhos. "No Morro São Pedro a mata tem proteção, *yvy jú*... Toda tardinha tu vê clarão, como relâmpago. Ali é mata protegida. Por isso não foi desmatado por *juruá kuery* (SOUZA et al., 2021).

Portanto, este trabalho busca discretizar o papel do *Mbyá-Reko*, no preciso termo que denota dividir algo em partes menores e menos complexas pela disciplina da Matemática, com a finalidade de desvelar e compreender comparativamente como o papel da cosmoecologia guarani opera nas trajetórias de uso e cobertura da terra nas escalas da *Tekoa Anhetengua* e do entorno do MSP e também na dinâmica dos processos que formam a paisagem. Para tanto, a utilização de geotecnologias aliada à abordagem metodológica da Ecologia da Paisagem opera pela perspectiva da contracartografia e a transdisciplinaridade com o objetivo de subverter o uso da cartografia na busca pela apropriação dos métodos de mapeamento no reconhecimento dos conhecimentos tradicionais do modo de vida *Mbyá-Guarani* na dinâmica de conservação do Morro São Pedro.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

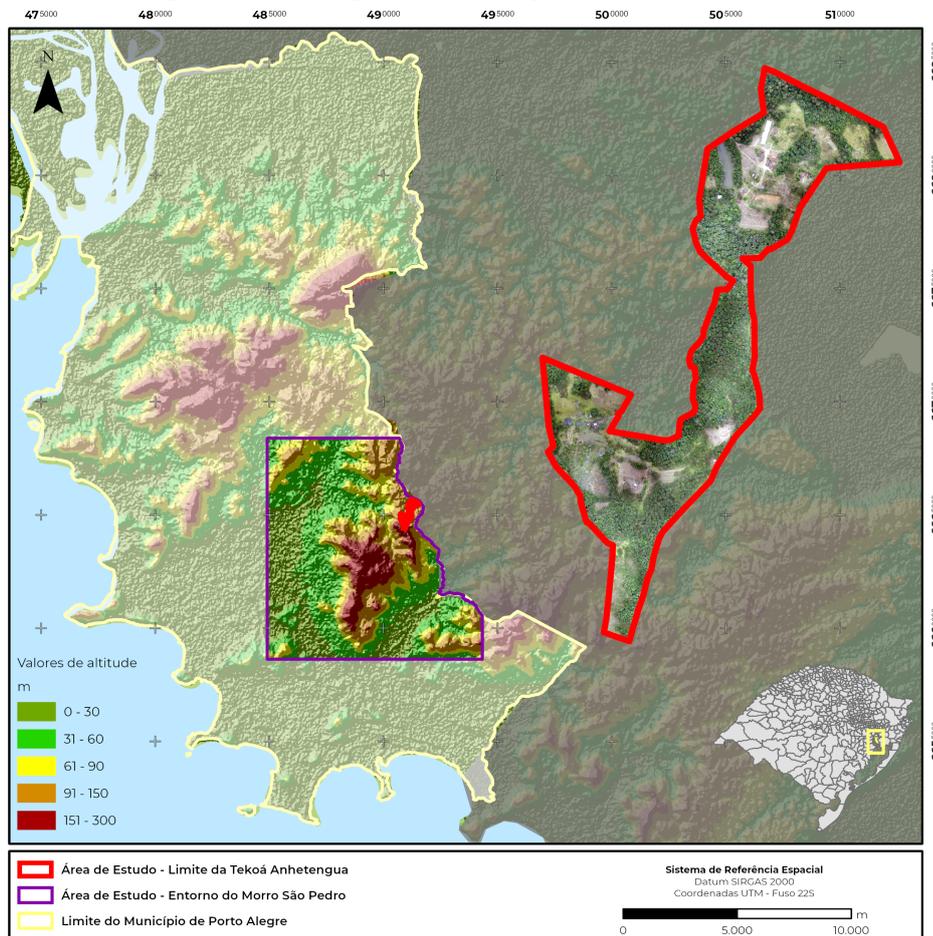
O objetivo geral deste trabalho compreende a avaliação da dinâmica evolutiva da paisagem no Morro São Pedro através da conjugação de métodos e técnicas de modelagem de sistemas ambientais, geoprocessamento e análise espacial, a partir do arcabouço teórico da Ecologia da Paisagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Organizar um banco de dados geoespaciais (BDG) com os planos de informação necessários para a geração da dinâmica da paisagem;
2. Mapear as trajetórias de mudanças de uso e cobertura da terra (MUCT) no interior dos limites da aldeia Anhetengua em escala de detalhe e no entorno do Morro São Pedro em escala de semi-detalhe entre os anos de 1964 e 2021;
3. Identificar os fatores condicionantes destas trajetórias de MUCT a partir de um conjunto de dados geomorfométricos, ecológicos (métricas de paisagem), sociais, econômicos e demográficos;

3 ÁREA DE ESTUDO

Figura 3.1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: a autora.

O município de Porto Alegre está inserido no bioma Pampa, em zona de ecótono pela proximidade ao seu limite setentrional nordeste onde há a influência do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2004). A posição geográfica do Morro São Pedro está entre as coordenadas 30°08'S e 30°12'S a 51°05'W e 51°07'W, na zona sul do município de Porto Alegre. A altitude máxima do morro é de 289 m e possui o total de 1259 ha (GÜNTZEL et al., 1994). O Morro São Pedro hospeda nascentes importantes das micro-bacias hidrográficas dos arroios do Salso e Lami, as quais são pertencentes à bacia do lago Guaíba. O Morro São Pedro pertence geologicamente ao Escudo Cristalino Sul-Rio Grandense, um embasamento de origem granítica vinculado à Serra do Sudeste (RAMBO, 2000). A geologia é composta pelo granito Viamão, unidade plutônica na região de Porto Alegre, que apresenta afloramentos de matacões característicos, com diâmetro variando entre um a seis metros (PHILIPP, 2008). A pedologia é composta por cinco tipos de solos pertencentes à ordem dos Argissolos, Cambissolos e Neossolos. Tais solos podem apresentar uma proporção

significativa de fração grosseira (cascalho) constituído por quartzo e sendo qualificado como distróficos, portanto, são ácidos e apresentam uma baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas (HASENACK et al., 2008).

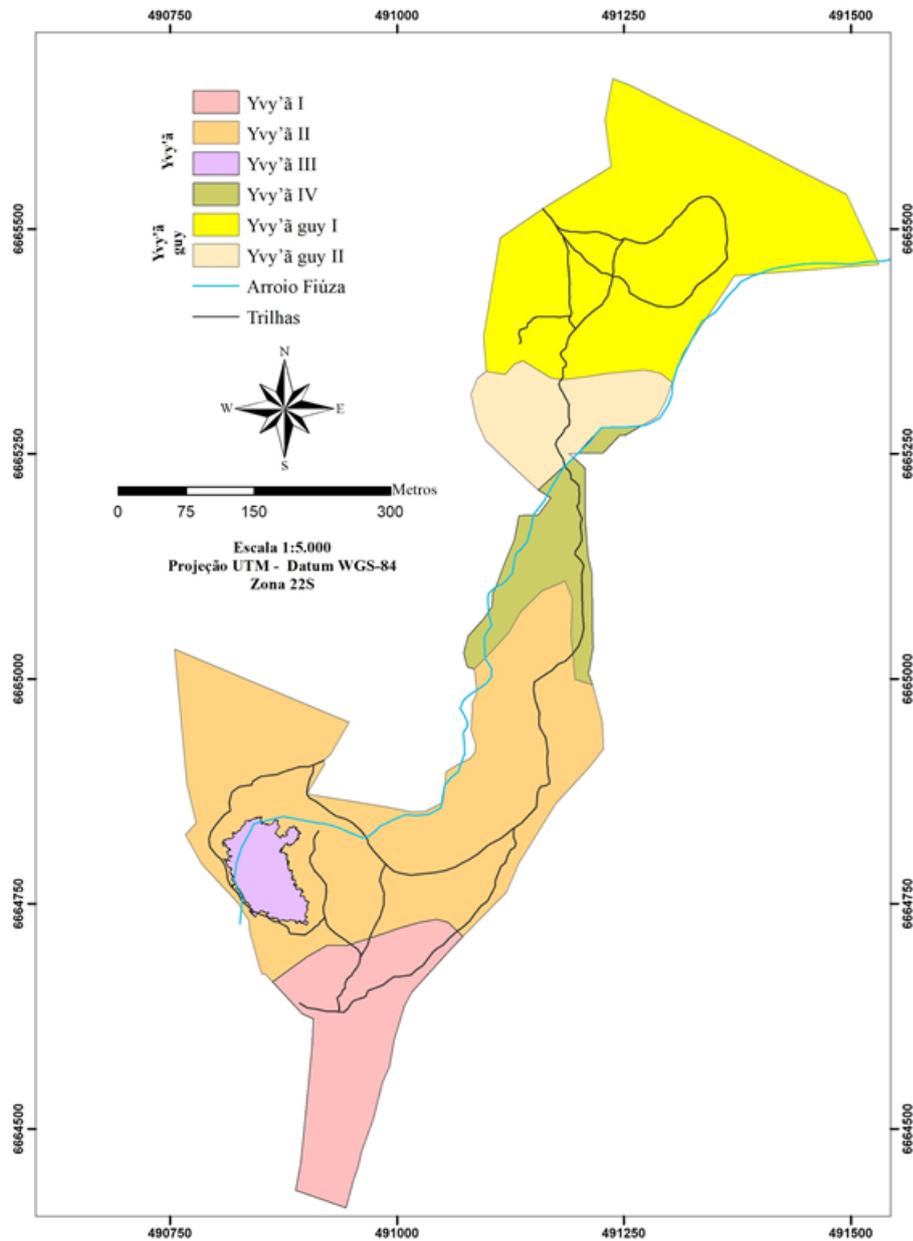
De acordo com a perspectiva *Mbyá-Guarani*, do etnozoneamento paisagístico (Figura 3.2 e Figura 3.3) desenvolvido em (FREITAS et al., 2021a), a área de estudo na escala da *Tekoa Anhetengua* apresenta a delimitação de seis unidades "etnogeoambientais" no total, as quais podem ser agrupadas, de acordo com a visão da comunidade *Mbyá-Guarani* pelo critério topográfico, em duas zonas: zona alta do Morro São Pedro (*Yvy'ã*) e zona baixa de Colinas de Viamão (*Yvy'ã guy*). As subdivisões em subunidades ocorrem de acordo com variações especialmente de solos, de acordo com a Figura 3.3, considerando o principal critério para a delimitação das unidades de paisagem na categorização da geomorfologia da área de acordo com a comunidade.

O entorno da região sofre influência do Litoral, devido ao contato com o Lago Guaíba e a Laguna dos Patos e à proximidade com a Planície Costeira. O clima corresponde ao subtipo Cfa, segundo a classificação de Koeppen. A temperatura média anual é de 19,5°C. e a precipitação média anual é de 1330 mm, sendo que a pluviosidade é maior no período do inverno, podendo ocorrer situações de déficit hídrico no verão (LIVI, 1998).

A vegetação compreende aproximadamente 692 ha de área florestal e 440 ha de campos, que ocorrem em mosaico (GÜNTZEL et al., 1994). Os campos distribuem-se predominantemente nas áreas de topo e encosta norte, enquanto as florestas se encontram em maior proporção na encosta Sul, sendo este um padrão geral para os morros graníticos da região (RAMBO, 2000). Como pode ser observado na Figura 3.4 de Brack et al. (1998), a vegetação natural remanescente presente atualmente no Morro São Pedro é constituída por um mosaico de diferentes estágios sucessionais resultantes da diversidade de processos na sucessão histórica de uso e ocupação do solo no morro. Na ausência de distúrbios, o que se observa naturalmente na dinâmica sucessional da vegetação campestre é o desenvolvimento de espécies herbáceas e arbustivas altas e cespitosas, podendo haver colonização por espécies florestais pioneiras tanto em áreas de solos mais profundos como em áreas de afloramentos rupestres com matacões, resultado da expansão florestal sobre o campo devido ao clima atual (BEHLING et al., 2007).

Segundo Setubal (2010), as formações campestres situam-se predominantemente de forma distribuída nos topos e terços superiores das vertentes, especialmente na encosta norte, enquanto as formações florestais distribuem-se em maior robustez na encosta sul. Tal padrão está associado à presença de solos rasos, radiação solar maior incidente nos topos e terços superiores e também ao maior sombreamento, umidade e solos mais profundos ocorrentes na encosta sul. Ainda assim, mesmo na encosta norte ou no topo, ocorre desenvolvimento florestal em áreas com afloramentos rupestres, consequência dos padrões climáticos atuais que favorecem a expansão desta vegetação. O isolamento das manchas de campo impõe uma série de dificuldades naturais

Figura 3.2 – Divisão e áreas etnogeográficas.

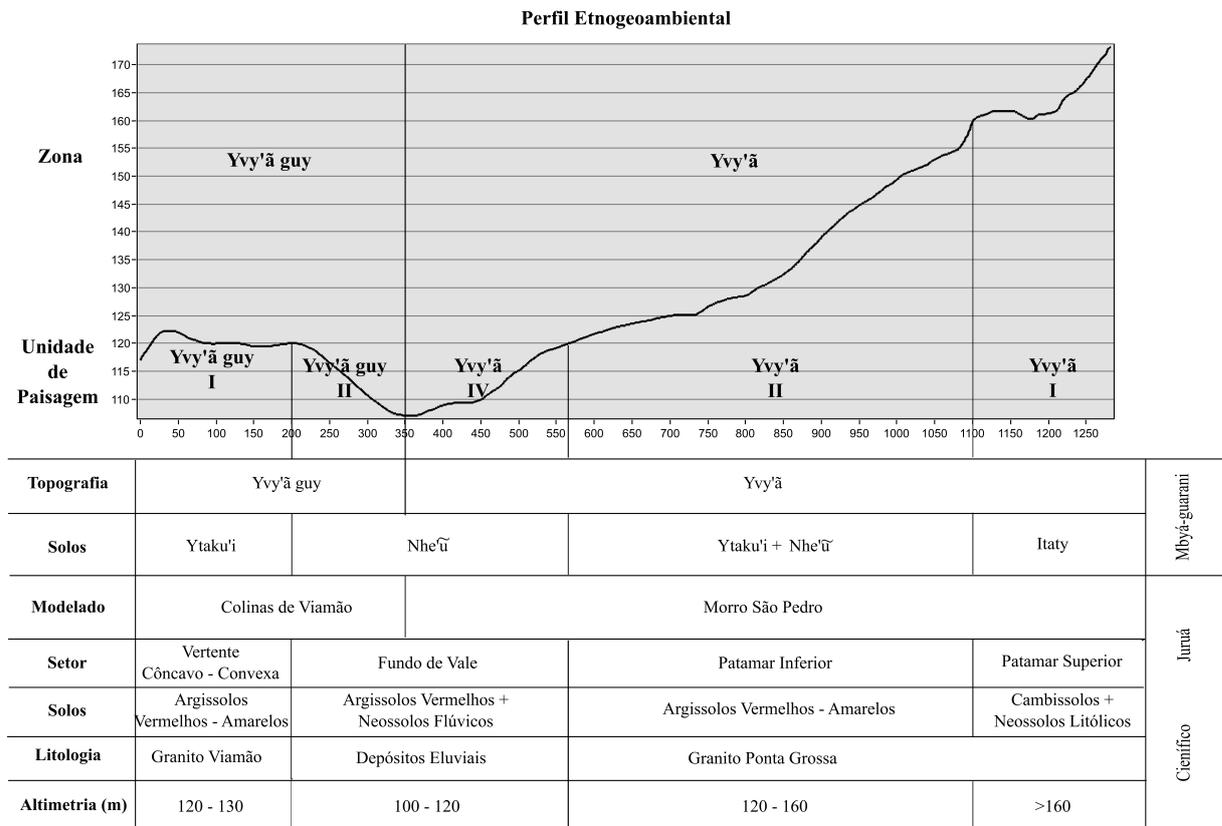


Fonte: Freitas et al. (2021a)

às plantas campestres, como a limitação da sua capacidade de dispersão, de polinização e de trocas gênicas entre as diferentes populações de espécies. Esta situação é o inverso do que ocorria há apenas alguns milhares de anos, quando – sob um clima mais frio e seco – os campos eram a vegetação que predominava na Região Sul do Brasil. Com as últimas mudanças climáticas do Holoceno, inicialmente para um clima mais quente e depois úmido, que configura o clima quente e úmido atual, as florestas têm plenas condições de desenvolvimento e, sem a influência humana, elas tendem a se expandir sobre os campos (SETUBAL; BOLDRINI; FERREIRA, 2011).

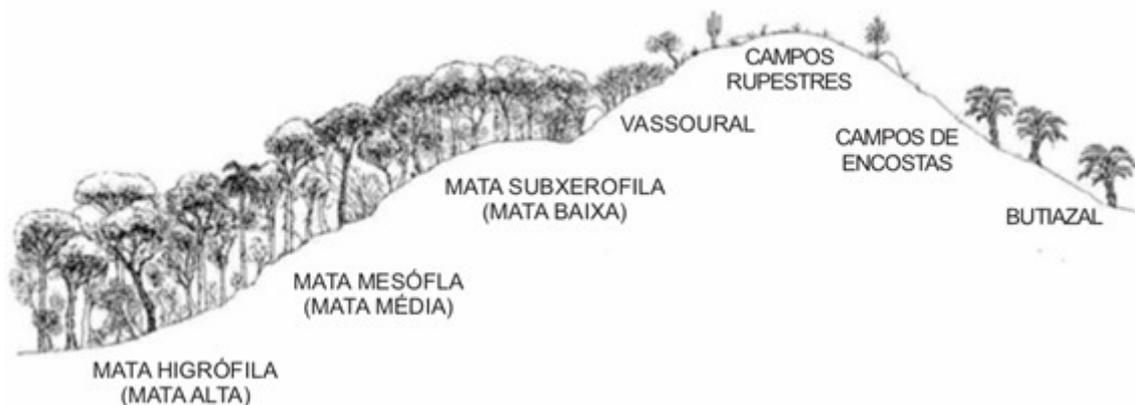
Uma hipótese para explicar o padrão de isolamento dos campos nos morros de Porto Alegre, está

Figura 3.3 – Perfil etnogeoambiental.



Fonte: Freitas et al. (2021a)

Figura 3.4 – Perfil de vegetação dos morros de Porto Alegre.



Fonte: Brack et al. (1998, p. 19)

relacionada ao regime de distúrbios que ocorreram nestas áreas de morros há milhares de anos. Em Setubal, Boldrini e Ferreira (2011), os autores argumentam que os campos evoluíram sobre a influência do pastejo da megafauna até a extinção desse grupo de animais ao final do Pleistoceno (cerca de 10.000 anos atrás). Desde então, os campos teriam sido mantidos durante milênios pelo manejo de fogo, muito provavelmente praticado por populações indígenas habitantes destes

locais. Posteriormente, sofreram os distúrbios pelo pastejo do gado e uso do fogo como forma de manejo da pastagem, quando foi introduzido pelos colonizadores no século XVI. Tais distúrbios destroem a biomassa aérea das plantas. Ainda de acordo com Setubal, Boldrini e Ferreira (2011), afirma-se que a grande maioria das plantas campestres é bem adaptada ao pastejo e ao fogo, provavelmente devido à longa evolução em períodos de clima frio e seco e da influência contínua destes distúrbios. Os autores argumentam que o rebrotamento vigoroso da vegetação, a partir de órgãos subterrâneos ou aéreos que são protegidos, poucas semanas após uma queimada, e o surgimento de muitas flores exemplificam tal adaptação, situação contrária às espécies florestais pioneiras, as quais não são adaptadas ao fogo. Assim, as áreas com maior umidade determinariam menor intensidade das queimadas, oferecendo maiores chances de sobrevivência para a maioria das árvores, especialmente nos locais onde ocorrem afloramentos rochosos que protegem a vegetação das chamas, ocorrendo aí a formação de núcleos de expansão florestal. Os campos dos morros de Porto Alegre possuem uma importância florística que corresponde a 28% das cerca de 2.600 espécies campestres com registro conhecido no Rio Grande do Sul.

Segundo Setubal, Boldrini e Ferreira (2011), a cobertura florestal de Porto Alegre é relativamente recente quando comparada com a história evolutiva da vegetação campestre, que se estabeleceu na região mais intensamente ao longo dos últimos 4.000 anos, a partir das mudanças climáticas do Holoceno, como anteriormente mencionado. Estas florestas são caracterizadas pela mistura de espécies tropicais com dois centros de origem ou rotas migratórias: a Mata Atlântica litorânea e a Mata do Alto Uruguai, sendo classificadas como Floresta Estacional Semidecidual segundo o projeto RADAMBRASIL. Portanto, é nos campos de Porto Alegre que o bioma Pampa encontra seu limite de distribuição nordeste, onde entra em contato direto com as florestas do bioma Mata Atlântica. Ainda com o fator de isolamento dos campos de Porto Alegre, os dois biomas compartilham entre si a co-ocorrência de aproximadamente 1.183 espécies (45,5% das espécies campestres do RS), resultado de uma distribuição pretérita contínua destes campos.

Em Carvalho et al. (2021a), o levantamento florístico e estrutural das parcelas localizadas próximas à nascente (Parcela *Yvu*) e da ponte (Parcela *Yxyry*) podem ser vistos nas Figuras 3.5 e 3.6, respectivamente. Em relação à Diversidade Alfa, as parcelas levantadas apresentaram um índice de Shannon-Weaver H' igual a 2,12 o que demonstra uma alta biodiversidade de espécies arbóreas na *Tekoa Anhetengua*. Estudos em outros remanescentes de Mata Atlântica em Porto Alegre, também no Morro São Pedro, apresentaram índices H' em torno de 1,5 (PIRES; FABIÁN, 2013). De acordo com Pires e Fabián (2013 apud CARVALHO et al., 2021a), num estudo comparativo sobre a Diversidade Alfa em áreas de Mata Atlântica, valores do índice H' superiores a 2,0, são registrados apenas em áreas heterogêneas e em bom estado de conservação.

A dinâmica de conservação e regeneração das manchas de vegetação reliquiares, é evidenciada pela justaposição da cobertura florestal sobre a campestre, influenciada por fatores climáticos

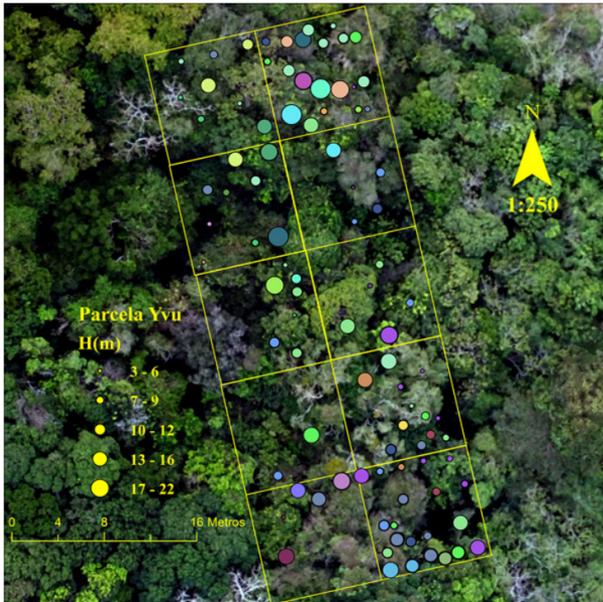


Figura 3.5 – Representação da Parcela Yvu (nascente).

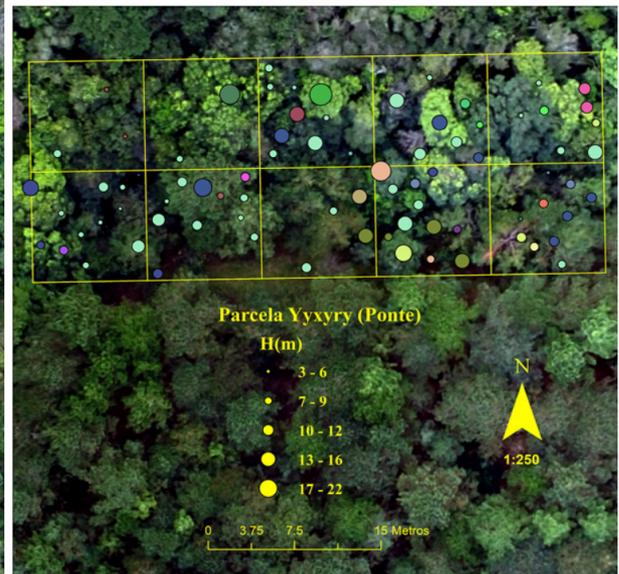


Figura 3.6 – Representação da Parcela Yxyry (ponte).

sobrepostos aos fatores edáficos na caracterização da vegetação dos morros de Porto Alegre. Esta é motivada também pelo notório valor cultural exercido por comunidades indígenas como dos *Mbyá-Guarani* da aldeia *Anhetengua* na retomada de seu território tradicional assim como pela recente valorização da conservação dos recursos pela política exercida pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre através do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA). Segundo Carvalho (2019), o aumento da mancha de cobertura da terra relacionada aos processos de regeneração florestal e campestre, foi de 16,8% para 58,6% em relação à área da aldeia e para a área do entorno, área do morro São Pedro, foi de 46,91% para 50,2% entre 1964 e 2019. Tais valores estão relacionados ao modo de conservação da perspectiva da cosmologia ligada ao *Mbyá-Rekó* (modo de vida *Mbyá-Guarani*), o qual revela um significativo valor em termos de conservação da paisagem socioambiental e cultural, do ponto de vista que abrange tanto a perspectiva ocidental quanto da compreensão tradicional ligada à cosmologia *Mbyá-Guarani* e suas práticas ligadas ao seu modo de vida.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados o estado da arte das categorias de análise e arcabouço teórico metodológico utilizado nesta pesquisa. Iniciamos pela razão prática da escolha do tema, a utilização da cartografia como instrumento de poder e como este instrumento, substancial no processo de colonização, torna-se um potencial elemento de discretização do protagonismo do modo de vida *Mbyá Guarani* na manutenção das ecologias hoje devastadas pelos sucessivos ciclos econômicos e que atualmente despontam o interesse na sociedade hegemônica.

Após a apresentação da contracartografia como instrumento de interlocução entre os conhecimentos locais tradicionais *Mbyá-guarani* e os conhecimentos científicos na aspiração pela categorização de conhecimentos *híbridos*, proposto por Silveira et al. (2008), através da perspectiva da transdisciplinaridade, serão apresentados os aspectos e trabalhos mais relevantes usados como referência para este estudo no que tange o tema da análise espacial de trajetórias de MUCT e com a finalidade da construção de um arcabouço teórico metodológico para o desenvolvimento da pesquisa.

Inicialmente, será feita uma breve contextualização histórica da utilização da cartografia e métodos de planificação de sistemas ambientais em contraponto à contracartografia, seu surgimento, utilização e desdobramentos culminando na discussão da utilização do etnomapeamento como ferramenta de gestão em terras indígenas e como este pode ser uma importante ferramenta na discretização do impacto de aspectos culturais na paisagem, sobretudo na conservação de recursos ambientais, assim como a relevância da aplicação da transdisciplinaridade como uma abordagem integrativa entre as disciplinas.

Em seguida, serão abordadas os temas relacionados à escola da Ecologia da Paisagem, o conceito de geossistema e como este se relaciona com esta pesquisa assim como as geotecnologias aplicadas à análise de MUCT no que se refere à utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto e Análise de Imagens baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA) para, a seguir, ser abordada e discutida a utilização de unidades de paisagem, unidade espacial de cunho regional e local para a compreensão dos processos e trajetórias de MUCT.

4.1 CONTRACARTOGRAFIA E TRANSDISCIPLINARIDADE: O CAMPO DE INTERLOCUÇÃO EPISTEMOLÓGICA DA DINÂMICA COSMOECOLÓGICA *MBYÁ-GUARANI*

4.1.1 O Etnomapeamento e a contracartografia como ferramenta de interlocução e criação de *hibridismos* através da abordagem da Transdisciplinaridade

Historicamente a prática cartográfica tem sido usada e aceita como representação natural e inquestionável através do olhar de interesse do Estado e do poder hegemônico para a planificação do território (RISLER; ARES, 2013). A cartografia oficial está ligada não apenas ao mapa em si, mas a toda a forma de levantamento e apresentação de dados sobre um território, tornando o dado em si uma ferramenta de poder e gestão territorial. Os primeiros mapeamentos indígenas feitos por indígenas e para indígenas surgem há 30 ou 40 anos atrás no Canadá e Estados Unidos e, em outras partes do mundo, o uso desses tipos de cartografias está presente apenas a partir da década de 90 (CHAPIN; LAMB; THRELKELD, 2005). No Brasil, a etnocartografia passa a ser um instrumento central para a aplicação da Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI) com o seu surgimento em 2012 (BRASIL, 2012). A PNGATI surge a partir da demanda de mapeamento ocasionada pela grande reivindicação dos povos indígenas pelos seus territórios ancestrais, principalmente após a mudança no caráter político do tratamento assimilativo do Estado em relação às populações tradicionais, que é deixada de lado com a construção da Constituição de 1988 (COMANDULLI, 2012).

Contudo, o surgimento e a instrumentalização da PNGATI pelas etnocartografias é desafiada pela disparidade do contexto de ocupação histórica e aspectos sociais, físicos, demográficos, ambientais e socioecológicos das TI's dos povos da região Sul quando comparadas às TI's de outras regiões do Brasil (ISA, 2023). As TI's do Sul brasileiro, são caracterizadas por menores áreas e contexto de maior pressão ambiental em relação às demais regiões do Brasil, sobretudo as do Norte. Segundo o site da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI, 2023), o percentual de terras indígenas regularizadas da região Sul do Brasil em relação à área total da região, é de 1,4% enquanto no Norte é de 6%. A grosso modo, tais percentuais correspondem à uma média de área de TI de 21,6 ha na região Sul enquanto na região Norte, a média extraída pela razão de área total de TI's pelo número de TI's na região Norte é de 205,3 ha por TI (FUNAI, 2023).

Assim, a demanda por uma maior resolução na escala de análise no desenvolvimento das etnocartografias sugeridas pela PNGATI preconiza a contracartografia como uma alternativa à metodologia de mapeamento das TI's ao considerar o protagonismo indígena na gestão ambiental

e territorial das TI's. Portanto, a contracartografia neste trabalho é empregada não apenas no formato artístico ou temático da apresentação do mapa, mas em apontar para o sentido inverso das cartografias hegemônicas e dominantes através do domínio da operação de tecnologias locativas à favor da emancipação e reconhecimento do papel da *Tekoa Anhetengua* na salvaguarda dos recursos naturais ameaçados pela intensificação do uso da terra por processos de urbanização no entorno do MSP.

Na busca por um embasamento metodológico que possibilitasse o reconhecimento dos aspectos cosmoecológicos através da conjugação de métodos cartográficos, a contracartografia assumiu o papel de prática metodológica na busca por possibilitar a interlocução entre os conhecimentos científicos e os conhecimentos tradicionais. Para tanto, foi necessário embrenhar-se em um campo analítico que permitisse não apenas a conjugação de conhecimentos científicos aos tradicionais mas a criação de conhecimentos. Assim, partimos em busca de uma chave teórico-metodológica que ofertasse um meio propício para assumir a "relação entre natureza e cultura como uma zona de fronteira entre disciplinas acadêmicas" (SILVEIRA et al., 2008), e a partir de então, formular uma sugestão de quantificar o que via de regra é caracterizado qualitativamente no campo analítico das questões socioambientais, o valor da presença dos *Mbyá-guarani* na conservação da paisagem do Morro São Pedro. A fronteira, neste caso, trata também daquela abordada por Silveira et al. (2008), entre a ecologia e a antropologia, porém, aqui surge a questão da utilização da cartografia no reconhecimento do *mbyá reko* no que se refere à notável conservação de manchas reliquias do sistema ambiental delimitado pelo morro São Pedro. A contracartografia como prática que busca questionar e subverter as narrativas e representações cartográficas dominantes, muitas vezes utilizadas para reforçar hierarquias de poder (RISLER; ARES, 2013), permite a apropriação do mapa pelos atores através de oficinas de mapeamento, nesta pesquisa nomeadas: "oficinas de etnomapeamento" e "diagnóstico sócioecológico".

As escalas de análise para a construção dos etnomapeamentos utilizados pela PNGATI estão corriqueiramente conformadas com as propostas metodológicas que se articulam em estudos relativos à Cartografia Social, ou Mapeamento Participativo. Estes tem como princípio mapear o uso da terra em diálogo com os comunitários (MARIA; SUERTEGARAY; OLIVEIRA, 2012). De outro lado, o uso do conceito da contracartografia e suas metodologias, propostas pelo grupo denominado Iconoclassistas (RISLER, JULIA Y ARES, 2013), satisfaz adequadamente a proposta do etnomapeamento da PNGATI ao considerar a escala de análise favorecida por tal metodologia. A utilização de oficinas de mapeamento coletivo como forma de aquisição de dados aproximam os atores do estudo através do mapa o que aumenta a resolução ou detalhamento das informações adquiridas.

Chamamos mapeamento coletivo a apropriação da técnica de mapeamento desenvolvida através de oficinas com a participação de estudantes, organizações de moradores,

movimentos sociais, artistas, comunicadores e de qualquer um de nós que se sinta interpelado a pensar coletivamente o seu território. Em muitos lugares da nossa América Latina, esta técnica chama-se "mapeamento participativo", denominação que não nos satisfaz completamente, porque consideramos que o "participativo" implica a reunião a qualquer coisa de pré-existente, ao passo que os mapeamentos coletivos se engendram durante o espaço de criação cooperativa e são representações originais e particulares. Outros conceitos associados a esta modalidade de trabalho são: cartografia social, crítica, contracartografia, descartografia, etc. — denominações, todas elas, que têm a sua justificativa própria e que apresentam diferenças válidas e interessantes. (RISLER; ARES, 2013)

Os conceitos de "contracartografia", "cartografia crítica", "cartografia insurgente", etc. surgem como uma oportunidade para criticar o trabalho com mapas, no final da década de 1980 (ORANGOTANGO, 2018). No início, concentrou-se na crítica de mapas e no trabalho feito pela cartografia tradicional que, segundo Chapin, Lamb e Threlkeld (2005), vem ao longo dos séculos sendo usada como ferramenta do poder para construir impérios e manter o controle sobre eles, pois "tanto quanto armas de Guerra, os mapas tem sido as armas do imperialismo" (HARLEY, 1988). Nações e impérios não são feições naturais da paisagem, são construções humanas impostas através dos séculos convertendo grandes extensões da superfície terrestre em imóveis (CHAPIN; LAMB; THRELKELD, 2005).

Desse modo, de acordo com Chapin, Lamb e Threlkeld (2005), a tecnologia SIG aplicada neste tipo de mapeamento realizado pelos povos indígenas influencia positivamente na questão prática de encontrar a metodologia apropriada para mapear as TI de forma que a linguagem acadêmica não se sobreponha aos conhecimentos tradicionais. Naveh (2007b) considera os SIG como "as mais importantes ferramentas holísticas para a paisagem". Portanto, as ferramentas de SIG ainda não tem seu potencial totalmente explorado, pois esta estrutura metodológica tem suas raízes no planejamento de paisagens e meio ambiente no final dos anos 80. A utilização dos SIG pode contribuir no apoio aos projetos de planejamento cada vez mais complexos, apesar do fato de esta ferramenta ter entrado na maioria dos escritórios de planejamento, o seu total potencial em muitos casos ainda não é utilizado (LANG; BLASCHKE, 2009).

É o caso do paradoxo científico em incorporar conhecimentos locais e científicos na criação de conhecimentos híbridos. Tal aplicação pode ser abordada de forma pertinente ao alinhamento da heterogeneidade de informações na forma de produção de conhecimento, proposto por Silveira et al. (2008), como conhecimentos híbridos e purificações. Neste caso, o conceito de purificações está relacionado com o levantamento de dados de sensoriamento remoto, limites territoriais, classificações de solo, vegetação, fauna, geomorfologia, geologia, ou seja, dados coletados de forma sistemática apoiada no método científico tradicional e mapeados através da cartografia

oficial (SILVEIRA et al., 2008).

Ao conceito de *hibridismos*, falamos dos dados levantados a partir da abordagem do mapeamento coletivo no etnomapeamento. São eles os conhecimentos tradicionais levantados de forma autônoma pelos produtores do espaço como, por exemplo, a área de uso efetivo em contraponto aos limites territoriais, a classificação do solo em relação ao seu uso, a classificação da geomorfologia que relaciona feições às nomenclaturas que carregam culturalmente características ligadas à ocupação do solo. Ou seja, são os dados baseados na "observação do todo que permitem formular hipóteses, guiar-se na floresta e sugerir políticas"(SILVEIRA et al., 2008). Naveh (2007a) aponta para a interação dinâmica das forças naturais com as culturais e como estas que moldaram o passado, nos levam para um futuro incerto e a única coisa que temos hoje é o que se revela na paisagem como resultado de tal interação.

Ao apresentar a evolução cultural como parte integrante da evolução de aspectos biológicos e sociais dentro da grande síntese do cosmos e da vida na terra, possivelmente revelada na paisagem, Laszlo (1987) posiciona a cultura como extensiva às características de todo comportamento humano, não meramente a da alta cultura da ciência, da arte e da religião, mas a do agregado de informações básicas construídas coletivamente por todos os membros de uma sociedade. Nesse sentido, orientando tais constatações para a ontocosmoecologia dos Guarani, Souza et al. (2021) argumentam através de conversas etnografadas com Cacique Cirilo, que a existência de um único deus criador que "desabrochou da escuridão primordial e que após contemplar o vazio forjou as bases vegetais sobre as quais depositou o disco terrestre e os cimentos do universo, percorreu o espaço criado e através da palavra foi habitando-o dos elementos e seres que partilham uma origem e uma essência comum". Para a compreensão *jurua* (homem branco), a palavra melhor designada pelos entrevistados é a palavra "espírito". Portanto, "a terra tem um espírito, a planta tem um espírito, o animal tem um espírito", ou seja, "a planta tem um protetor, um dono, a caça também". Assim, a compreensão *Mbyá-Guarani* de 'ser' entende a pessoa como uma duplicidade celeste-terrena e não como uma oposição natureza-cultura, porque a natureza é pensada como um desdobramento da cultura em si (SOUZA; MORINICO, 2012). Portanto, a ontologia *Mbyá-Guarani* dispensa a oposição entre natureza e cultura, a qual é fundadora da cultura ocidental e que situa o mundo cultural em oposição ao mundo natural.

Ao desbravar a zona fronteira entre as disciplinas, e ainda enveredar por terrenos que não foram mapeados pela ciência tradicional, Silveira et al. (2008) atenta para o duplo risco iminente:

O primeiro é o de, caminhando por regiões pouco conhecidas, ausentes nos mapas e guias, perdermo-nos em nossos caminhos. O segundo risco é o de sermos interpelados pelos soldados das fronteiras, prontos a vigiar as linhas demarcatórias dos territórios, barrando a entrada dos que não possuem autorização. (SILVEIRA et al.,

2008).

Metaforicamente, Silveira et al. (2008) ilustra a necessidade desta pesquisa em encontrar uma abordagem teórica integrada, além daquela da prática metodológica da contracartografia que subsidia este trabalho, que supere as limitações da abordagem disciplinar tradicional e permita o diálogo entre conhecimentos tecnocientífico e tradicionais e que sirva de sustentáculo para a criação dos conhecimentos *híbridos* de Silveira et al. (2008).

A demanda deste campo analítico é suprida pela teoria da transdisciplinaridade, desenvolvida por Basarab Nicolescu, um físico teórico romeno. Trata-se de uma abordagem que visa integrar diferentes disciplinas e formas de conhecimento em busca da compreensão mais completa e profunda da realidade (NICOLESCU et al., 1999). Segundo Nicolescu, a transdisciplinaridade pode ser definida da seguinte forma:

A transdisciplinaridade é um tipo de abordagem que visa ir além dos limites das disciplinas, buscando uma compreensão global e integrada da realidade. Ela envolve a colaboração e interação entre diferentes áreas do conhecimento, transcendendo as fronteiras disciplinares para encontrar soluções para os desafios complexos que enfrentamos. A transdisciplinaridade busca uma compreensão que não esteja limitada por nenhuma disciplina específica, mas sim que incorpore múltiplas perspectivas e saberes, para que possamos alcançar uma compreensão mais completa e profunda da realidade. (NICOLESCU; ERTAS, 2013)

A abordagem transdisciplinar de Nicolescu 1999, propõe uma abordagem holística e integrada que permite a cooperação entre diferentes disciplinas e a integração de diferentes níveis de realidade, incluindo aspectos objetivos e subjetivos, físicos e espirituais. Nicolescu propõe ainda, que a transdisciplinaridade seja aplicada para compreender a relação entre biosfera e tecnosfera. As teorias de sistemas de Naveh e Lieberman 2007a também se relacionam com esses conceitos, ao propor uma abordagem sistêmica para a compreensão dos sistemas ecológicos. Naveh (2007b) propõe uma abordagem holística que inclui tanto os aspectos naturais quanto os sociais e culturais dos sistemas ecológicos, enfatizando a importância da transdisciplinaridade e da participação da comunidade na gestão ambiental. Naveh e Lieberman (2013), por sua vez, propõe uma abordagem cibernética para a compreensão dos sistemas ecológicos, destacando a importância da retroalimentação e do aprendizado no contexto da gestão ambiental.

Assim é constituída a prática metodológica e a abordagem teórica de integração de conhecimentos e disciplinas para a fundamentação teórico metodológica desta pesquisa. Esta conjunção permite situar, a partir daqui, a dimensão espacial de análise desta pesquisa. A dimensão referida inclui

os conceitos de bioecossistemas e tecnoecossistemas discutidos por Naveh e Lieberman (2013) retomados da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1968) por Miller (1976) culminando no conceito de Geossistema, que será discutido pelo Capítulo 4.2.1 após a apresentação da escola da Ecologia da Paisagem com arcabouço teórico metodológico fundamental na utilização de SIG neste trabalho.

4.2 ECOLOGIA DA PAISAGEM: CATEGORIA E MÉTODO DE ANÁLISE ESPACIAL DE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA (MUCT)

A superfície terrestre é onde transcorre toda a atividade humana e é de onde provém todo o recurso necessário para esta interação entre humanidade e sistema terrestre. A utilização dos recursos ambientais pela humanidade é designada como "uso da terra" e diferencia-se de acordo com o propósito do seu uso como produção de alimentos, fornecimento de abrigo, recreação, extração e processamento de materiais. As características biofísicas da superfície terrestre são designadas "cobertura da terra". O mosaico gerado por tais conjuntos de informações, adquiridos através do Sensoriamento Remoto (SR) é moldado sob a influência de dois amplos conjuntos de forças: necessidades humanas e as feições e processos ambientais (BRIASSOULIS, 2019). Tais forças não são estáticas. As mudanças de uso da terra, que ocorrem em níveis espaciais e períodos de tempo variados, são a expressão física da interação entre as dinâmicas ambientais e humanas mediadas pelo *geossistema* (BERTRAND; TRICART, 1968; SOTCHAVA, 1978) e revelada na paisagem.

A mudança nos padrões de uso e cobertura da superfície terrestre é impulsionada por uma série de diferentes fatores e mecanismos. Fatores climáticos, tecnológicos e econômicos são chaves determinantes de processos de mudança de uso e cobertura da terra em diferentes escalas espaciais e/ou temporais (KOOMEN; STILLWELL, 2007). A análise de MUCT em escala regional e global constitui um elemento central para a tomada de decisão relacionada a políticas governamentais, assim como um importante campo de análise de variáveis biofísicas, socioambientais, impactos sobre ecossistemas, etc (TURNER; MEYER; SKOLE, 1994).

O impacto das MUCT, origina uma diversidade de outros efeitos nocivos sobre o ambiente como perda na biodiversidade, alterações climáticas, poluição de ecossistemas e alterações nos regimes hidrológicos (NIYOGI; MAHMOOD; ADEGOKE, 2009). No entanto, os efeitos secundários derivados de MUCT, desencadeiam uma cascata de feedbacks sobre o ambiente e estabelece um movimento cíclico que devolve uma alteração ainda maior no padrão de uso e cobertura da terra (ATTRI; CHAUDHRY; SHARMA, 2015). A análise da informação espacializada sobre dados de

uso e cobertura da terra, possibilita a utilização prática dos dados em diversas aplicações como análise de desmatamento, avaliação de danos, monitoramento de catástrofes, expansão urbana cuja, importância é revelada na utilização como ferramenta para o ordenamento e planejamento territorial (ATTRI; CHAUDHRY; SHARMA, 2015).

Os métodos da análise espacial permitem a investigação da perspectiva das relações espaciais entre entidades dentro de uma ou mais camadas de dados (LANG; BLASCHKE, 2009). Para tanto, a Ecologia da Paisagem é a disciplina que alicerça o arcabouço teórico metodológico e oferece a base conceitual para a mensuração dos processos modeladores da paisagem, o que a diferencia da Ecologia tradicional, já que esta, abrange o estudo das inter-relações verticais entre plantas, animais, ar, água e solo dentro de uma unidade espacial homogênea. Tal visão holística proporcionada por esta escola, a Ecologia da Paisagem (HAINES-YOUNG; GREEN; COUSINS, 1993), teve seu arcabouço metodológico fomentado com o desenvolvimento das geotecnologias. Segundo Forman e Godron (1986), a evolução da paisagem resulta de três mecanismos que operam em três escalas temporais: os de maior tempo - processos geológicos e geomorfológicos, os que operam em escala de tempo intermediária - processos de colonização de organismos, e estes últimos estão suscetíveis à última escala temporal, as rápidas perturbações em ecossistemas locais. Destes três mecanismos resulta a paisagem terrestre e sua diversidade de feições como formas de relevo, tipo de vegetação e uso do solo. Deste arranjo deriva o mosaico de manchas (*patches*) que formam uma combinação única de ecossistemas em interação (FILHO, 1998).

Como categoria de análise, a paisagem desempenha um papel fundamental no estudo das mudanças que ocorrem na superfície terrestre. Para tanto, de acordo com Forman e Godron (1986), a Ecologia da Paisagem passou também a ser definida como o estudo da estrutura, função e mudança de uma região heterogênea composta de ecossistemas em interação. A estrutura é definida pelos autores como o produto do relacionamento espacial entre a diversidade de ecossistemas ou outros elementos presentes, ou ainda, é como o arranjo ou padrão espacial da paisagem, mensurado pelos tamanhos, formas, números e tipos de configuração dos ecossistemas, tem a energia, materiais e organismos distribuídos no sistema. A função, segundo Forman e Godron (1986), é a interação entre os elementos espaciais cuja representação deriva dos fluxos de energia, matéria e espécies ou organismos entre os ecossistemas. Por último, a mudança, é definida pelos autores como a alteração na estrutura e na função do mosaico ecológico na dimensão temporal. Assim, o mosaico de manchas arranjado espacialmente, como falado anteriormente, é composto por tais *elementos da paisagem*, segundo Forman e Godron (1986) ou ainda, segundo Zonneveld (1972), *unidades de paisagem e ecótopos* e formam um padrão estrutural particular em cada paisagem.

Esta diversidade de paisagens é formada pelos diferentes processos geomorfológicos e regimes de perturbação e interferência antrópica que esta estrutura fundamental possui em comum,

que por conseguinte, pode ser entendida como a função geradora que dispõe espacialmente os elementos na paisagem e manifesta o padrão deste arranjo, ou ainda, a textura (FILHO, 1998). A importância desta base teórica sobre os elementos formadores da paisagem, sobretudo a estrutura, é um fator fundamental no reconhecimento do arranjo não somente espacial como também na dimensão temporal, e pode revelar não apenas os processos que estão ocorrendo mas discernir os que determinam o seu desenvolvimento (FILHO, 1998).

4.2.1 Geossistema e paisagem: do modelo teórico ao recorte espacial na realidade objetiva

A utilização do termo "paisagem" é comumente considerado pela perspectiva estética e revela a relação da percepção cognitiva de um indivíduo inserido em um ambiente. Porém, do ponto de vista das ciências da natureza, o conceito visa outras perspectivas (LANG; BLASCHKE, 2009). Por exemplo, uma floresta pobre em diversidade com localização descontextualizada do hábitat das espécies, pode ser considerada desejável se for experienciada por uma pessoa que possui, como referência de cotidiano, um ambiente urbano. Porém, a operacionalização dos aspectos representados nesta paisagem, permite sua caracterização quando orientada a critérios de avaliação segundo aspectos espaciais e estruturais da mesma. Isto implica em certo grau, uma aproximação reducionista. No entanto, viabiliza tornar os critérios de avaliação e/ou comparação mais objetivos (LANG; BLASCHKE, 2009). A paisagem é considerada por cientistas da escola da Ecologia da Paisagem, seu objeto de estudo. Lang e Blaschke (2009) utilizam em seu livro, como o entendimento científico atual da paisagem, a referência de Bastian (2001 apud LANG; BLASCHKE, 2009), em que "a paisagem implica o sistema integrador, componentes do meio ambiente e sociais".

Além de objeto de estudo da Ecologia da Paisagem, o conceito possui um vasto histórico dentro da disciplina da Geografia. Humboldt (1807) define cientificamente, em seu livro "Ideias para uma Geografia das plantas" (*Ideen zu einer Geographie der Pflanzen*), o conceito de paisagem como "caráter total de uma região da Terra". Tal conceituação motiva uma minuciosa discussão com o intuito de atingir uma concepção mais madura e fundamentada cientificamente na disciplina da Geografia. Paffen (1953 apud LANG; BLASCHKE, 2009) ressaltou que a paisagem como objeto científico "indubitavelmente se encontra no centro da pesquisa geográfica; pode-se dizer que sim, a paisagem geográfica é o objeto central propriamente dito da Geografia". Além deste autor, Carol (1956 apud HARD, 1970) lamenta que a palavra paisagem tenha tido o apreço e uso popular antes da Geografia reconhecer neste o objeto de seu estudo. É necessário expor resumidamente que a explicação conceitual da "paisagem" em seu uso popular foi exaustivamente discutida. Assim, Hard (1970) escreve um livro intitulado "A 'Paisagem' do idioma e a 'Paisagem' dos geógrafos" (*Die „Landschaft“ der sprache und die „Landschaft“ der Geographen*). Muris (1930 apud HARD, 1970), reflete acerca do "ser e o conteúdo do sentido da paisagem" e considera o

condicionamento desta pelo "espírito da época" (*Zeitgeist*), exprimindo um elemento subjetivo na compreensão da paisagem, considerando o consenso contextual em que estes autores discursavam - a Geografia Física. Carol e Neef (1957 apud HARD, 1970) explicitam o seguinte ponto de vista:

Sobre o conceito de paisagem, entendemos algo inteiramente concreto: a enorme vastidão da existência terrestre. Tudo que se encontra no manto terrestre constitui a paisagem: montanhas, planícies, mares, lagos, ar, plantas, animais, o homem como ser atuante biológico, social, econômico e espiritual, campos, prédios, tráfego - tudo isso em sua existência total e em sua interferência perfaz a paisagem.(CAROL; NEEF, 1957 apud HARD, 1970)

Assim, fica explícita a afinidade do conceito de paisagem em estudar as relações recíprocas estabelecidas entre Homem-Meio Ambiente em todas as esferas e dimensões (LANG; BLASCHKE, 2009). Dessa forma, a paisagem, com a interlocução proporcionada pelo conceito entre esferas e dimensões que vão desde elementos físicos a elementos sociais, culturais e espirituais, revela um caráter transdisciplinar o que possibilita este recorte espacial na demanda orientada à discretização da manifestação física do *Mbyá Rekó* na paisagem do MSP.

Em uma compreensão moderna, Naveh (1995) considera a paisagem como "o ponto palpável de contato entre natureza e a mente". A categorização como moderna desta interpretação de Naveh apresenta um significado que implica na ideia de dissociação entre natureza e cultura (LATOURETTE, 1994). Para a utilização deste conceito, exaustivamente analisado e com seus elementos de análise precisamente delimitados, é necessário amparar-se em um modelo teórico com o intuito de estabelecer relações entre os conhecimentos híbridos discutidos no capítulo 4.1.1 e os conhecimentos amparados na Ecologia da Paisagem. A partir da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1968), retomada pela Ecologia da Paisagem, Naveh (1995) orienta o foco do conceito de paisagem para o sistema do ponto de vista da teoria da organização, ou seja, os sistemas que estão acima do organismo ou dos elementos que nela estão inseridos. Algumas teorias e conceitos derivaram da teoria de Bertalanffy (1968).

Algumas dessas tiveram um maior aplicação, entre elas o conceito geossistema proposto pelo geógrafo soviético Vladimir Sochava em meados do século XX. Segundo Sochava, um geossistema é uma unidade territorial que engloba tanto elementos naturais quanto humanos, e é caracterizada por uma interação dinâmica e constante entre esses elementos. Sochava enfatizou a importância de se estudar os geossistemas como um todo integrado, levando em conta as interações entre os componentes naturais, sociais e econômicos. Sochava (1963) argumenta que as mudanças em um desses componentes podem afetar todo o sistema, e que é necessário entender as complexas relações entre eles para se realizar um planejamento territorial adequado e sustentável. O conceito de geossistema de Sochava tem sido aplicado em diversos estudos

geográficos, especialmente em países da antiga União Soviética e em outras regiões com forte influência da escola geográfica russa. No entanto, é importante destacar que outros autores também têm proposto conceitos semelhantes, como o de "ecossistema humano" ou "paisagem cultural"

Já o conceito proposto por Bertrand (1968), o geossistema é apresentado como um sistema aberto e complexo que abrange a interação entre os elementos físicos e biológicos de uma determinada área geográfica, bem como as influências exercidas pela sociedade humana. Segundo Bertrand, um geossistema é uma unidade territorial que engloba elementos naturais (como relevo, clima, vegetação, fauna, solos) e elementos humanos (como cultura, economia, sociedade, política) inter-relacionados em um sistema complexo e dinâmico. Ele propôs o conceito de que os geossistemas podem ser analisados a partir de quatro componentes principais: Componente abiótico ou físico: inclui elementos naturais como clima, relevo, solo e água; Componente biótico: inclui elementos da vida natural, como a fauna e a flora; Componente antrópico: inclui elementos relacionados às atividades humanas, como a cultura, economia, sociedade e política; Componente de interação: trata das relações que ocorrem entre os componentes abiótico, biótico e antrópico. Assim, segundo Bertrand (1968), o geossistema é visto como uma unidade territorial que pode ser analisada de forma integrada e que apresenta uma dinâmica própria, influenciada pela ação conjunta dos seus componentes. O conceito de geossistema de Bertrand tem sido amplamente utilizado na geografia, na ecologia e em outras áreas das ciências ambientais, sendo uma importante contribuição para a compreensão dos sistemas territoriais complexos.

Já o conceito de geossistema de Monteiro (1977) é uma ampliação do conceito de ecossistema, que inclui elementos físicos e bióticos, bem como processos ecológicos e fatores sociais e culturais presentes em uma determinada área geográfica. Segundo Monteiro, um geossistema pode ser definido como um sistema aberto e complexo, composto por componentes bióticos (vegetação, fauna, microrganismos), componentes abióticos (rochas, solos, água, clima), processos ecológicos (ciclos de nutrientes, fluxos de energia), fatores sociais e culturais (atividades humanas, paisagem cultural) e as interações dinâmicas entre esses componentes. Monteiro (1977) considera o geossistema, assim como o ecossistema, um sistema dinâmico e em constante evolução, influenciado por fatores internos e externos, e que pode sofrer alterações significativas em resposta a mudanças ambientais e/ou humanas. A abordagem de Monteiro para o conceito de geossistema destaca a importância das interações entre os componentes naturais e humanos de uma determinada área geográfica, reconhecendo a complexidade e a dinamicidade desses sistemas.

A teoria dos sistemas vivos, diferenciou os sistemas em sistemas concepcionais, concretos e abstratos (MILLER, 1976). Como sistemas concretos, Miller (1976) define que a concomitância entre energia e matéria e espaço-tempo como uma acumulação de fatores possui sentido maior

do que a casualidade e que há um fio integrador que organiza a relação de seus componentes. Os sistemas vivos, por exemplo, são "volumes parciais de sistemas concretos", pois, sistemas como plantas e animais realizam um *input* em forma de alimentação, ou outros meios de operação, para a permanência da energia necessária à manutenção do arranjo matéria-energia-espaço-tempo. Miller (1976) conclui, ainda, que eventuais danos tem a possibilidade de serem reparados pelo próprio sistema. Seguindo a linha de Miller (1976), dentro dos sistemas concretos estão assentados a maioria dos sistemas abertos, os quais superam os limites permeáveis e semi-permeáveis de troca de energia/matéria e informação com o meio. Tal troca possibilita o câmbio de reserva de energia gasta e, portanto, a manutenção da estrutura da organização. Ao contrário destes, os sistemas fechados não permitem tal interação com o meio ambiente. Por intermédio do gasto energético, ficam submetidos a efeitos desorganizadores do sistema, o que impede a reversão de processos físicos que alteram seu meio.

Naveh e Lieberman (2013) consideram os bioecossistemas como sistemas biológicos adaptativos nos quais organismos autotróficos, que através da fotossíntese produzem seu próprio alimento (sistema fechado), possuem mecanismos de regulação mantidos em funcionamento através de informações biofísicas com seu meio (sistemas abertos). Naveh e Lieberman (2013) confrontam os bioecossistemas com os tecnocossistemas. Estes surgem caracterizados por um nítido *input* energético antrópico dado pela troca de informação noosférica, i.e., informação cultural, científica, tecnológica, política e espiritual. A noosfera pode ser compreendida como a esfera do pensamento humano. Segundo Naveh e Lieberman (2013), a humanidade desenvolveu-se a si mesma como "produtor heterótrofo" enquanto todos os outros desempenham um papel secundário. A continuação da divisão dos sistemas da bio e da tecnosfera prossegue em função do nível da influência humana, mas é a partir deste conceito que partimos em direção à justificativa do uso do "geossistema" como modelo teórico que situa a influência da paisagem *Mbyá-Guarani* no MSP nesta pesquisa.

Portanto, o modelo teórico do "geossistema", contempla o contexto da cosmovisão *Mbyá-Guarani*. Para os Guarani, existem entidades – espíritos – designados *Mirí* ou *Mirim* desde os primórdios neste mundo decaído de mal viver (*tekó axy*), com as quais os Guarani precisam estar em contato cuja relação é explicada em sua permanência em determinados lugares. Assim, a persistência milenar da presença Guarani por toda a zona sul porto-alegrense também pertence à necessária relação da pessoa Guarani com o *Karaí Mirim* do MSP (SOUZA et al., 2021).

4.3 ANÁLISE ESPACIAL DO MSP E DA *TEKOA ANHETENGUA* COM SIG

4.3.1 Geotecnologias aplicadas à análise espacial de MUCT

Após a apresentação e justificativa da base teórica da Ecologia da Paisagem assim como da paisagem como categoria de análise, respectivamente, podemos perscrutar sobre o conjunto de métodos que culminam na compreensão holística do sistema ambiental e permitem a execução de alguns dos objetivos deste trabalho. O Sensoriamento Remoto aliado ao ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite a identificação e quantificação de elementos formadores da paisagem assim como os padrões espaciais influenciados pela interação entre os meios físico, biótico e social, cujo mosaico paisagístico resultante é uma amálgama de manchas naturais e antrópicas que variam em forma, tamanho e disposição (TURNER, 1989).

Utilizando-se da paisagem como categoria de análise, o ambiente SIG permite a compreensão dos objetos geográficos. Entre todos os fatores explicativos que a Geografia possa se interessar, ela busca mais intensamente aos que possam ser revelados pela localização e pela proximidade, e este tipo de abordagem, segundo Fournier, Panizza e Luchiari (2005), pertence à análise espacial. Pinchemel e Pinchemel (1997) apresentam "as duas noções", de centro e de distância, como principais fornecedores da base do espaço humano, e complementam ainda, que a criação do espaço influencia na sua organização, ou seja, "o homem" organiza e ordena o espaço. Sendo assim, a distância é uma noção geográfica fundamental, já que ela representa uma medida do distanciamento espacial. Por conseguinte, esta separação entre dois lugares, interfere no conjunto da localização das atividades humanas (FOURNIER; PANIZZA; LUCHIARI, 2005). Esta medida, principalmente quando mensurada em ambiente SIG, possui um poder explicativo em teorias e modelos fundamentais da Geografia como a teoria dos lugares centrais, modelos gravitacionais, teorias da difusão espacial das inovações, economia espacial, entre outras (SANTOS, 1986; CLAVAL, 2011). Assim, a distância é o fundamento dos índices topológicos e geométricos que permitem a análise das propriedades espaciais dos objetos geográficos (FOURNIER; PANIZZA; LUCHIARI, 2005).

De modo operacional, as geotecnologias viabilizaram o estudo das relações da paisagem nas dimensões horizontal e vertical expressas em tal mosaico paisagístico. Métodos de análise espacial servem para a pesquisa de relações espaciais entre entidades dentro de uma ou mais camadas de dados. Quando uma camada de dados é analisada, é abordada a dimensão horizontal deste nível de informação. É onde a planificação dos fenômenos naturais e das atividades e artefatos humanos no espaço revelam principalmente as relações laterais (vizinhanças) que estão no primeiro plano (LANG; BLASCHKE, 2009). Na dimensão vertical, ainda segundo Lang e Blaschke (2009), são designados todos os métodos de análise nos quais diversas camadas de dados são analisadas de forma integrada, sobreposta, combinada e entrecortada ou ainda, de

acordo com Porto e Menegat (2004), aquelas que compreendem as questões ecológicas, as quais estudam as relações funcionais de um determinado lugar, definido como ecótopo por Zonneveld (1972). Com a finalidade de propor um fluxo na discussão dos métodos de análise espacial de acordo com as necessidades deste trabalho, é relevante iniciar pelo pressuposto teórico que evidencia a apreensão espacial dos objetos geográficos.

Para tanto, uma escala apropriada deve ser fixada e esta deve ser escolhida de acordo com o menor elemento da imagem (*pixel*), o qual fornece a informação sobre o elemento da paisagem (FOURNIER; PANIZZA; LUCHIARI, 2005). O Sensoriamento Remoto é complementar à realização deste objetivo já que fornece uma fonte pertinente sobre os objetos geográficos (VOIRON-CANICIO, 1995). A isto se deve a diferenciação da análise espacial da análise estatística clássica, uma vez que a primeira permite o estudo das propriedades espaciais de uma área e que o mesmo é válido para a compreensão de suas características (FOURNIER; PANIZZA; LUCHIARI, 2005). Sobretudo, a análise espacial contempla as propriedades dos objetos "na qualidade de localizados" (PUMAIN; SAINT-JULIEN; MATHIAN, 1997), enquanto a análise estatística clássica considera que os objetos que compõem o espaço geográfico são elementos independentes (FOURNIER; PANIZZA; LUCHIARI, 2005). Portanto, um objeto geográfico não é necessariamente perceptível, mas pode ser representado por *pixels* arranjados de certa maneira estudada pela topologia.

A topologia é quem define o objeto real de acordo com a relação que um *pixel* estabelece com os seus vizinhos (FOURNIER; PANIZZA; LUCHIARI, 2005). E esta relação horizontal possibilita a análise espacial e é a partir desta relação horizontal que a Geografia procura explicar porque os objetos ou unidades localizadas espacialmente podem apresentar relações e características diferentes. O fornecimento de novas informações como área, taxa e distribuição espacial dos processos que ocorrem na paisagem é o objetivo fundamental da análise espacial apoiada em SIG. Dessa forma, a análise como um processo pode resultar em um grau variável de complexidade (LANG; BLASCHKE, 2009).

Tratando-se de análise espacial de MUCT em ambiente SIG, algumas nomenclaturas devem ser estabelecidas. O *pixel* é a menor unidade da imagem no Sensoriamento Remoto, e é a partir desta unidade que todos os cálculos são efetuados. Um conjunto de *pixels* que representam um mesmo objeto são chamados de mancha (*patch*). Um conjunto de manchas que constituem um mesmo objeto ou ainda uma mesma unidade espacial representa uma classe (*class*). O conjunto de classes compõe o mosaico espacial, aquele já referenciado anteriormente e que constitui a paisagem (*landscape*). Dessa forma, a análise espacial da paisagem é estudada do ponto de vista geométrico (FOURNIER; PANIZZA; LUCHIARI, 2005). Para isto, o conjunto de técnicas para a detecção multitemporal de MUCT, a partir da aquisição remota multitemporal, pode ser agrupado em dois grandes tipos (SINGH, 1989; ILL; JENSEN, 1996; COPPIN; BAUER, 1996; YUAN, 1999;

JOHNSON; KASISCHKE, 1998): o primeiro grupo dos dados baseados na classificação espectral dos dados de entrada como comparação de classificação e pós-classificação e/ou em classificação direta em duas datas, como utilizados em Mas (1999) e Li e Yeh (1998), respectivamente. O segundo grupo seria aquele baseado na mudança radiométrica entre diferentes datas de aquisição. Aqui podem ser distribuídos entre: a) métodos de álgebra de imagem por diferença de banda, interpretação e por índices de vegetação; b) por análise de regressão como em Carvalho (2019); c) análise de componentes principais; d) análise de vetor de mudança como em Carvalho e Freitas (2019).

Esta não é uma revisão teórica bibliográfica de todas as metodologias de geotecnologias aplicadas à análise espacial de MUCT, e para não fazer desta uma análise exaustiva, serão argumentados através de trabalhos de alguns autores, algumas referências com foco em métodos que tornarão possível o cumprimento dos objetivos desta pesquisa. Entretanto, algumas abordagens híbridas tem aplicações na análise espacial com base na utilização de forma complementar entre diversas informações categóricas e radiométricas como em Colwell e Weber (1981) e também em Carvalho (2019), que contemplam uma parte do BDG existente e que compôs a metodologia utilizada neste trabalho. Alguns autores sugerem a categorização em três níveis de diferenciação entre os métodos. Seriam eles a introdução à noção de processamento de imagem em nível de pixel, em nível de feição e no nível do objeto. Outros ainda, generalizam os métodos de detecção de mudança em outras categorias como operações aritméticas, comparação de classificação, análise visual, entre outras possibilidades. Aqui, nos atentaremos para a ideia de que o dado de saída seja obtido pela informação de mudança proveniente da aplicação de métodos de análise a partir da integração de diversas camadas de dados.

Os sensores espectrais cobrem, geralmente, três ou mais faixas espectrais e a assinatura espectral dos diferentes objetos geográficos possui diferentes comprimentos de onda, ou seja, cada qual com seu comportamento característico (LANG; BLASCHKE, 2009). Portanto, diferentes tipos de cobertura terrestre podem ser diferenciados vistos a partir da noção de conjunto. O conhecimento do comportamento espectral dos objetos geográficos ou de grupos de objetos geográficos é de suma importância no processo de interpretação de imagens de satélite. A utilização de métodos de classificação da assinatura espectral apoiada em computador, é utilizada através do resumo de *pixels* em regiões e, de acordo com as suas semelhanças, tem finalmente tem suas classes espectrais associadas a determinados tipos de cobertura terrestre, o que nem sempre se desenvolve de forma inequívoca (LANG; BLASCHKE, 2009). Uma certa confusão derivada da classificação baseada unicamente na observação espectral é um fator limitante na análise de paisagens heterogêneas como em paisagens urbanas. Pois, embora a análise de imagem multiespectral pixel-a-pixel tenha proporcionado bons avanços para imagens de baixa a média resolução por mais de 30 anos (ASNER; HICKE; LOBELL, 2003), esse tipo de dado é limitado no que se refere à sua reduzida resolução espacial-geométrica, principalmente quando orientado

à detecção de características estruturais como a apreensão de feições urbanas com alta precisão (BLASCHKE et al., 2011).

Assim, desponta a necessidade de uma abordagem que vá além dos métodos baseados na análise espectral, não somente no refinamento da resolução na aquisição do dado - uma vez que são desenvolvidos sistemas de varredura por sensor ativo (*scanner*) com (*pixels*) com tamanho menor de 1m - que supere a insuficiência da classificação automatizada. Esta, apesar da enorme capacidade de concepção automática, não alcança a capacidade de interpretação da detecção humana (LANG; BLASCHKE, 2009). Ainda que a máquina tenha a capacidade na diferenciação de níveis de cinza e no processamento de informações digitais, o interprete humano revela superior acurácia na detecção de estruturas e de informação relacionada a contexto (ALBERTZ, 1999).

Portanto, a concepção da análise de imagens baseada em objetos (*Geographic ou Geospatial Object-Based Image*) - GEOBIA, incorpora tamanho, forma, textura, padrão, cor, tom e, segundo Lang, Burnett e Blaschke (2004), permite uma modelagem de classes-fim estruturalmente definidas. A análise espacial da paisagem, através da combinação da informação espectral com as características espaciais e estruturais, pode empregar a construção hierárquica de tais classes. Em paralelo à abordagem metodológica do processamento de imagens através da assinatura espectral, os autores Lang e Langanke (2004) escolheram para esta caracterização a designação *assinaturas estruturais*, com a intenção enfatizar a diferença com relação a métodos de classificação que trabalham unicamente pela assinatura espectral. As concepções de análises baseadas em segmentos ainda não podem estar consideradas em seu "limite concepcional" devido aos fatores limitantes inerentes aos algoritmos e do conjunto correspondente dos segmentos disponibilizados (LANG; LANGANKE, 2006). Apesar disso, a análise espacial de MUCT se beneficia através da proposta de uma concepção híbrida que une as vantagens de ambas abordagens metodológicas.

Este embasamento teórico é necessário para a discretização da paisagem como categoria de análise de forma a possibilitar o entendimento da paisagem em sua evolução espacial/cronológica de forma que, uma tipologia de limites espaciais seja estabelecida através da ponderação de um intérprete humano e não do determinístico operacional. Através do confronto com limitações derivadas de aspectos operacionais do método científico, a utilização das geotecnologias na análise espacial das mudanças que ocorrem na superfície terrestre, ou ainda, no geossistema, proporciona uma forma de observação ontológica-filosófica quando deparada com compreensão da paisagem.

4.3.2 Processos e Trajetórias de MUCT

A partir do estabelecimento dos pressupostos teóricos metodológicos acerca da apreensão dos objetos geográficos, podemos avançar para a inferência de que as mudanças de uso e cobertura da terra ao longo do tempo definem o que podemos chamar de trajetórias de MUCT. Estas, quando caracterizadas, podem derivar uma série de informações valiosas relacionadas aos processos ambientais que estão ocorrendo na estrutura da paisagem, como por exemplo, a degradação florestal (AZEREDO et al., 2016). Porém, são limitadas em número as ferramentas que possibilitam a caracterização de trajetórias de MUCT, pois, a maior parte da literatura sobre trajetórias considera o conceito no contexto de estudo de objetos móveis e utilizando-se de outra semântica associada. Aqui, abordaremos este conceito com o objetivo de extrair e caracterizar trajetórias no contexto de MUCT, utilizando também os conceitos já utilizados e associados a esta palavra, conforme Azeredo et al. (2016).

Considerando os diversos tipos de cobertura cujas transformações derivam de seus contextos específicos, é possível observar a existência de alterações recorrentes e que são capturadas ao longo do tempo através de diferentes dimensões da escala, e, assim, são designadas as trajetórias de MUCT (GIBSON; OSTROM; AHN, 2000). As trajetórias são definidas como um padrão sequencial de classificações de cobertura da terra que variam ao longo do tempo (ZHOU; LI; KURBAN, 2008). As abordagens para detecção multitemporal de mudanças podem ser discretizadas em dois grandes grupos: a detecção de mudança bi-temporal e a análise de trajetórias (COPPIN et al., 2004). A detecção de MUCT com uma escala de duas datas compreende mesmo aqueles estudos que contemplam mais de duas datas em seu BDG, mas que a análise de mudança é mensurada com base nos pares de tempos. Já a análise de trajetórias, propõe uma análise das mudanças com base em uma escala de tempo contínua, ou seja, revela não apenas o que mudou entre as datas, mas também a evolução da mudança ao longo do tempo (COPPIN et al., 2004), ou seja, podemos começar a considerar que processos estão desencadeando a mudança no arranjo da estrutura da paisagem. O objetivo da detecção da mudança bitemporal está na obtenção de detalhes sobre classificações de "mudança" e "não mudança" ou ainda para a detecção da informação "de/para" entre as datas de detecção. Portanto, tal metodologia está atrelada à necessidade de aquisição de dados de sensoriamento remoto de média ou alta resolução, já que suas observações muitas vezes exigem medições precisas de relação de área de mudança, matriz de conversão de mudança e padrão espacial de mudanças caracterizadas por métricas de paisagem. A análise de trajetórias temporais procura desvendar a tendência da mudança e estas são reveladas pelas "curvas" ou "perfis" de dados multitemporais (COPPIN et al., 2004).

Em Azeredo et al. (2016), é traçado um paralelo entre os padrões de comportamento de trajetórias no contexto dos objetos móveis e no contexto de MUCT. Os padrões encontrados no ensaio para ambos os contextos podem ter as definições resumidas em padrões de convergência, encontro,

flock, liderança e detecção de anomalias. Assim, podem ser resumidos os padrões do contexto de um objeto móvel como: convergência caracterizada por um conjunto de n objetos que chegarão não necessariamente no mesmo tempo a uma região do espaço delimitada pelo raio r . Caso mantenham seus respectivos azimutes, o encontro é definido pelo conjunto de no mínimo n objetos que chegarão simultaneamente à região do espaço circunscrita pelo raio r com a condição de manterem suas respectivas velocidades e azimutes, *flock* é determinado pelo conjunto de no mínimo n objetos que se movem pelo mesmo k instantes de tempos consecutivos enquanto permanecem no interior da região r , liderança é caracterizada por um conjunto de no mínimo n objetos que se movem juntos por pelo menos k instantes de tempo consecutivos e que permanecem no interior da região do espaço delimitada pela circunferência do raio r e o objeto que antecipa os azimutes dos demais é denominado objeto líder e, por fim, a detecção de anomalias é definida pelo conjunto de n objetos cujas trajetórias de até q elementos que diferem suas propriedades de movimento de forma significativa quando comparada com os demais objetos.

No contexto de MUCT, os mesmos padrões que antes estavam vinculados ao uso da trajetória no contexto de um objeto móvel, são agora associados a uma célula com geometria e localização fixadas. Além daqueles mencionados anteriormente, Azeredo et al. (2016) propõe para trajetória de MUCT um padrão a mais que é designado padrão de detecção de inconsistências. Antes da apresentação das definições dos padrões de MUCT em paralelo aos de um objeto em movimento, devem ser consideradas *a priori* uma janela temporal que possui o instante inicial e o instante final, um passo de tempo dentro da janela, uma relação de vizinhança que corresponde a qualquer relação de proximidade entre conjunto de dados, uma intensidade que mede a rapidez de ocorrência do padrão dentro da janela temporal e a sequência de estado que é o vetor sequencial de estados e trajetórias. Em paralelo aos padrões de trajetórias definidos anteriormente por Azeredo et al. (2016), os processos de MUCT podem ser definidos de acordo com tantos conceitos quantos foram os já apresentados.

Iniciamos este paralelo pelo processo de convergência, que refere-se ao conjunto de no mínimo n trajetórias em uma determinada vizinhança que alteram suas classificações de cobertura para um estado com intensidade de convergência i e não necessariamente ao mesmo tempo em que, não há mais qualquer alteração no interior da janela temporal. Para caracterizar a convergência na janela temporal, os dois últimos estados de cada célula devem ser iguais ao estado da convergência ou deve existir na trajetória da célula ao menos um estado diferente. Por fim, o objetivo do padrão de convergência é caracterizar a existência de convergência para um determinado estado e intensidade que pode estar associada a algum fator motivador. Já o encontro é determinado por um conjunto de no mínimo n trajetórias em uma determinada vizinhança, que possuem o estado no instante t e este padrão tem o propósito de identificar as trajetórias que possuem uma transição simultânea para um estado final específico, o que torna possível identificar quais trajetórias sofreram influência de um determinado fator motivador da mudança de estado. O padrão *flock* é

definido como o conjunto de no mínimo n trajetórias de uma determinada vizinhança que possuem a mesma sequência de estados iniciados no instante t . Neste caso, procura-se a identificação das trajetórias que possuam transições de estado simultâneas ao longo do tempo e iniciadas no mesmo instante e esta evolução pode estar relacionada com algum processo específico. A liderança é caracterizada por um conjunto de no mínimo n trajetórias em uma determinada vizinhança que possuem a mesma sequência de estados no interior da janela temporal. Aqui a sequência que ocorrer primeiro determina as trajetórias líderes e o propósito é identificar as trajetórias que podem ter influenciado a ocorrência de outras similares ou identificar processos ainda no seu estágio inicial. Na detecção de anomalias, a definição é dada por um conjunto de até um certo número de trajetórias que possuem alguma transição de estado pertencente a um certo conjunto. Tal conjunto contém as transições definidas como anômalas no contexto de estudo, ou seja, as transições são factíveis, mas não deveriam ter ocorrido no interior da janela temporal e/ou na vizinhança.

Desse modo, o padrão pode auxiliar na investigação de novos atores e processos, até então desconhecidos na região, que possam influenciar as transições. Por último, a detecção de inconsistências é determinada por um conjunto de trajetórias em uma vizinhança que possui em suas respectivas trajetórias alguma transição de estado pertencente àquele conjunto. Tal conjunto contém as transições definidas como inconsistentes no contexto de estudo, já que não são factíveis em tempo algum. O objetivo deste padrão é identificar a presença de inconsistências no processo de classificação das coberturas e, em função dos problemas encontrados por Azeredo et al. (2016), é possível isolar tais trajetórias para que as mesmas não influenciem outras análises.

Assim, é importante que a caracterização das trajetórias de MUCT seja realizada através do estabelecimento de correlação entre os diferentes fatores condicionantes físicos, ecológicos e sociais, os quais serão abordados na próxima seção. No entanto, segundo Azeredo et al. (2016), são poucas as ferramentas disponíveis para esse propósito. A utilização de um modelo espacial multivariado de trajetórias de MUCT, possibilita uma melhor projeção de áreas com alta probabilidade de mudança de cobertura terrestre ao invés de projetar tais áreas somente com base em observações aos pares de datas de período anterior (MERTENS; LAMBIN, 2000). Assim, a compreensão de MUCT, que sempre foi uma importante área de pesquisa em Geografia, é ampliada pela combinação de novas demandas por processos que ocorrem na superfície terrestre e tem fonte antropogênica (MEYER et al., 1994), assim como o amadurecimento de tecnologias usadas para coletar e analisar grandes quantidades de dados espacialmente explícitos sobre a superfície da terra (LAMBIN, 1997). As capacidades aprimoradas de monitoramento e modelagem de dados geoespaciais permitem que os pesquisadores comprovem subjetividades através da modelagem da dinâmica espacial detalhada de MUCT, enquanto ainda buscam alcançar o nível necessário de síntese para uma perspectiva global sobre tais mudanças.

4.4 MODELAGEM DE DINÂMICA ESPACIAL DE MUCT

Após a apresentação dos métodos de síntese que auxiliam no entendimento do geossistema, podemos avançar em direção ao arcabouço teórico metodológico que possibilita a prospecção de processos partindo do entendimento que a superfície terrestre é uma tela dinâmica, através da qual os elementos que compreendem a totalidade do geossistema interagem. Apesar da compreensão de que muitos fatores influenciam nas MUCT, e este tem sido o foco do estudo científico em múltiplas disciplinas, em diversos lugares e nas variadas escalas, as quantificações dos processos, por si só, não são suficientes para fornecer um entendimento sobre as forças que atuam nas MUCT (PARKER et al., 2003). A partir de observações integradas em uma gama de escalas temporais, modelagens empíricas oferecem uma abordagem abrangente para compreender as MUCT (TURNER et al., 1995).

Modelos de muitos tipos têm sido utilizados por diversos campos da ciência. Os engenheiros de transporte utilizam modelos para projetar o número de passageiros que viajarão de carro em relação àqueles que farão suas viagens via estradas. Os economistas usam modelos para representar o fluxo de dólares dentro de uma economia regional e os biólogos utilizam modelos para descrever o impacto que os poluentes da água terão sobre o meio biótico de determinado sistema. Em essência, um modelo é uma representação simplificada de um sistema da vida real. Ao representar a realidade evidenciando variáveis que provavelmente afetam o comportamento do sistema, é viabilizado traçar as relações entre estas e o suposto "mundo real" através de uma metodologia de análise (HEALTH; RESEARCH; DEVELOPMENT, 2000). Portanto, os modelos podem variar de simples planilhas que fornecem estimativas de ordem de grandeza às estimativas de alta complexidade de simulações que requerem o uso de um super-computador. Modelos simples fornecem estimativas rápidas com necessidade de poucos dados de entrada. Os modelos tecnicamente complexos proporcionam o maior nível de precisão, mas geralmente são muito exigentes em termos de quantidade de dados, exigências de hardware e software, e conhecimentos profissionais necessários.

Os modelos que tratam a dinâmica das MUCT de forma espacialmente explícita são basicamente aqueles em que o agente de construção do modelo é a mudança no uso da terra. Mas, embora tudo o que acontece na superfície terrestre seja enquadrado no espaço e no tempo, não é óbvio que os modelos de MUCT precisam considerar explicitamente o espaço (GOODCHILD; JANELLE, 2004). Ainda segundo Goodchild e Janelle (2004), muitos processos ocorrem de maneira uniforme em toda a superfície terrestre sem se distinguir em relação à localização. Assim, disciplinas como física, química e por vezes a biologia, raramente precisam considerar o local em que um processo ocorre, ou ainda questionar se a localização tem um impacto significativo em um processo. Porém, aqui nos atentaremos à espacialidade dos processos.

Os modelos de MUCT podem desempenhar um papel fundamental na avaliação do impacto de atividades do passado ou do futuro nas esferas ambiental e/ou socioeconômica, culturais, ecológicas e ontológica, como no caso da paisagem derivada da presença dos *Mbyá-Guarani* em determinados locais. Este uso tem duas facetas. Segundo Briassoulis (2019), por um lado pode dizer respeito à avaliação das mudanças qualitativas e/ou quantitativas do uso da terra causadas por mudanças autônomas ou planejadas em um ou mais de seus determinantes. Por outro lado, pode se referir à avaliação do impacto ambiental e socioeconômico das mudanças no uso da terra (como degradação, desertificação, segurança alimentar, riscos à saúde e segurança, desemprego, etc.). Ainda segundo a autora, modelos de MUCT foram e estão sendo usados atualmente para prescrever padrões "ótimos" de uso da terra para o uso sustentável dos recursos naturais em relação a aspectos de desenvolvimento socioeconômico. Neste caso, orientar os estudos às técnicas de prospecção de formas uso da terra que satisfaçam os objetivos especificados como essenciais em busca de dar o devido papel das culturas tradicionais na conservação das funções ecossistêmicas da paisagem, propõe um vasto campo de estudo ainda pouco desbravado.

Para alcançar o último objetivo desta pesquisa, o de identificar os fatores condicionantes das MUCT, optamos pela análise de correspondência canônica (CCA) através do software Canoco. Trata-se de uma ferramenta de análise de dados multivariados que permite a realização de análises de correspondência e análises canônicas, incluindo a análise canônica multivariada de fatores condicionantes (MCCA). A análise canônica multivariada de fatores condicionantes é uma técnica estatística que permite identificar os padrões de associação entre um conjunto de variáveis independentes e um conjunto de variáveis dependentes. Essa técnica é útil para entender as relações complexas entre variáveis e para identificar os fatores que mais influenciam as variações observadas nos dados.

Segundo Lepš e Šmilauer (2003), o *software* Canoco foi desenvolvido pela primeira vez na década de 1980 por Cajo ter Braak, um ecologista estatístico holandês, e Peter Šmilauer, um biólogo tcheco. As primeiras aplicações do *software* Canoco foram na área de ecologia, especificamente para análise de dados de comunidades de plantas e animais. Desde então, o *software* tem sido amplamente utilizado em outras áreas da ciência, incluindo agronomia, silvicultura, geografia, epidemiologia, sociologia, entre outras. Uma das aplicações mais relevantes do Canoco é na área de estudos de mudança de uso e cobertura da terra (MUCT), especialmente em relação aos impactos da atividade humana na biodiversidade e nos ecossistemas. O Canoco tem sido usado para analisar a relação entre os fatores socioeconômicos e ecológicos e as mudanças na cobertura da terra ao longo do tempo, ajudando a entender melhor as causas e os efeitos dos processos de MUCT.

4.4.1 Análise de fatores condicionantes das trajetórias de MUCT

A utilização do conceito de estrutura da paisagem dentro da Ecologia de Paisagem é relativamente novo (BLASCHKE, 2000; TURNER et al., 2001; MENZ, 1998) e se relaciona com o estudo do padrão e o ordenamento espacial revelado pelo mosaico paisagístico. As estruturas e os padrões espaciais podem ser considerados manifestações espaciais/temporais de processos que ocorrem em diferentes planos de escala (FORMAN, 2014; TURNER et al., 2001). A esses processos estão relacionados também os fluxos de matéria e energia assim como os processos de vida dos organismos (reprodutivos e de deslocamento), sendo que esses processos e estruturas se encontram em um jogo alternado e complexo de causa e efeito (LANG; BLASCHKE, 2009). Portanto, os padrões e as estruturas da paisagem são gerados pelos processos que nela ocorrem, os quais, concomitantemente, são também direcionados e influenciados por estruturas espaciais dominantes (LANG; BLASCHKE, 2009). De acordo com Lang e Blaschke (2009), trata-se da causa e efeito da heterogeneidade espacial sobre os diferentes processos ecológicos. O conceito de estrutura de paisagem foi desenvolvido amparado pelo ambiente computacional e por métodos de processamento de informações geográficas, assim como pelo processamento digital de imagens. O coração metodológico do conceito de estrutura da paisagem é composto pelas medidas da estrutura da paisagem ou métricas da paisagem, as quais possibilitam a avaliação analítica da estrutura do mosaico paisagístico e a isto se deve a ocorrência, em paralelo, da necessidade de uma ciência prospectiva com orientação quantitativa, o que direcionou tal metodologia para o centro dos interesses do planejamento e da análise da paisagem apoiada em SIG (LANG; BLASCHKE, 2009).

Ao estudar a evolução e a dinâmica de uma paisagem ao longo do tempo, é necessário entender as forças que nela estão atuando. Sobre a dicotomia da relação de causa e efeito de estruturas e processos, já referenciada anteriormente, podem ser sucintamente analisadas as forças motrizes considerando-as a partir de um contexto cultural-geográfico (LANG; BLASCHKE, 2009). O conceito de forças motrizes, ou fatores condicionantes (*driving factors*), já possui uma longa tradição na pesquisa das mudanças paisagísticas (BÜRGI; HERSPERGER; SCHNEEBERGER, 2005). Tal conceito não se concentra somente em processos antropogênicos ou naturais, mas é abordado a partir de uma visão integrada das interações homem/natureza. Pode-se considerar, de acordo com Lang e Blaschke (2009), cinco principais categorias principais de fatores condicionantes: naturais, culturais, socioeconômicas, tecnológicas e políticas. Além disso, é necessário recorrer ao conceito de escala na caracterização dos fatores condicionantes, já que, em parte, são inevitáveis as simplificações ou reduções a poucas forças-chave, pois a complexidade do sistema não permite que seja diferente (LANG; BLASCHKE, 2009). A escala de adequação do estudo dos fatores condicionantes deve se referir a aspectos espaciais, temporais e institucionais (BÜRGI; HERSPERGER; SCHNEEBERGER, 2005). Por trás de forças primárias, atuam forças secundárias e até terciárias, sendo que tal condição exige, por vezes, um padrão hierárquico

de explicação colocando-nos a caminho do raciocínio da Teoria Geral dos Sistemas (LANG; BLASCHKE, 2009). Estes fatores condicionantes partem especialmente de todos os setores públicos ou privados que pressionam o ambiente podendo ser setores econômicos inteiros ou apenas indivíduos (LANG; BLASCHKE, 2009). As MUCT são determinadas por interações ambientais e socioeconômicas complexas e o conhecimento abrangente destas dinâmicas pode ser útil para reconstruir as MUCT no passado, assim como prever mudanças futuras, as quais permitem a elaboração de uma gestão sustentável que visa preservar as funções essenciais da paisagem (HIETEL; WALDHARDT; OTTE, 2004).

Partindo do ponto de vista de escala, em nível regional, problemas críticos, como o desmatamento de florestas tropicais, são relativamente bem compreendidos e, neste nível, algumas pesquisas consideráveis se concentraram em estimar as taxas de conversão florestal (principalmente usando o sensoriamento remoto por satélite) e em avaliar os fatores que influenciam tais taxas (ALVES, 2002; CHAMBERS et al., 2007; FEARNSIDE, 1990; FEARNSIDE; TARDIN; FILHO, 1990; MARGULIS, 2004; SKOLE; TUCKER, 1993). Os fatores condicionantes do desmatamento mais frequentemente mencionados incluem variantes regionais nas quais os fatores econômicos, instituições e políticas nacionais são proeminentes (GEIST; LAMBIN, 2001; MARGULIS, 2004). Assim, fica evidente que os processos exercem múltiplas influências na dinâmica espacial e temporal do desmatamento. Reis e Guzmán (1992) utilizaram uma análise não espacial e de nível de altitude para descobrir que os fatores mais importantes de mudança na região eram a densidade populacional, a densidade da rede viária e o aumento de áreas cultivadas. Enquanto Andersen e Reis (2015) utilizam um modelo econométrico para chegar à 11 fatores responsáveis pela mudança do uso da terra na Amazônia brasileira entre 1975 a 1995, sendo eles a distância para a capital federal, o desmatamento anterior na área, a densidade populacional rural, os preços da terra e o tamanho do rebanho bovino, entre outros. Perz e Skole (2003) desenvolveram um modelo de regressão espacial para a vegetação secundária na Bacia Amazônica e postularam que fatores condicionantes têm uma significativa variação espacial entre diferentes regiões. Laurance et al. (2002) realizaram análises estatísticas para avaliar a importância relativa dos fatores condicionantes e chegaram a três fatores mais importantes: densidade populacional, distância até as estradas e duração da estação seca. Os resultados relatados por Soares-Filho et al. (2006) indicam que os fatores mais importantes para prever a localização do desmatamento na Bacia da Amazônia são a proximidade de estradas, reservas indígenas e a proximidade de centros urbanos. Mais recentemente, em Soares-Filho et al. (2010), os autores chegaram à conclusão que as terras indígenas, áreas estritamente protegidas e áreas de uso sustentável inibiram o desmatamento entre 1997 e 2008. No Rio Grande do Sul, Mengue et al. (2020) concluíram que os principais processos que contribuíram para a degradação da vegetação do bioma Pampa nos últimos 15 anos foram a expansão das áreas de soja e silvicultura e, através do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, foi possível identificar que o padrão de degradação da vegetação é um processo complexo que envolve uma série de fatores, tendendo a ocorrer

muito próximo a áreas já degradadas anteriormente. Ainda neste estudo, os autores explicitam que no processo de MUCT a expansão da silvicultura, os principais fatores identificados são: declividade, rendimento médio mensal, taxa de analfabetismo, precipitação anual e proximidade de áreas degradadas de pastagens. Já no processo de degradação de pastagens os principais fatores identificados são: densidade populacional, população residente em domicílios, modelo HAND, degradação de pastagens, média do número de residentes em domicílios, expansão da soja e distância do processo de expansão da soja.

Assim, a integração de variáveis socio-econômicas oferece uma melhor entendimento dos processos de MUCT. Em Freitas, Santos e Alves (2013), é explicitado o entendimento da heterogeneidade da paisagem de acordo com as diferenças entre processos rurais e urbanos já que ambos contrastaram fatores ambientais e socioeconômicos, pois onde um grupo predominantemente de processos rurais foram diferenciados pelas condições de alívio (mais resistente/mais suave), fragmentação da paisagem (menor/maior) e desenvolvimento social (menor/superior), a urbanização exibiu uma associação com fatores socioeconômicos, como a população densidade e maior nível educacional. Portanto, a metodologia proposta para a modelagem dos processos de MUCT para a análise de fatores condicionantes oferece uma base para o planejamento territorial através da integração dos dados físicos com os dados socioeconômicos revelando-se um importante atributo para o entendimento das interações de natureza e sociedade.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 MONTAGEM DO BDG E COMPLEMENTAÇÃO DE DADOS COM OS ANOS DE 1982 E 2021

A montagem do BDG foi composta pela inclusão dos dados dos anos de 1982 na escala do entorno do MSP e 2021 na escala da aldeia no mapeamento e classificação multitemporal de uso e cobertura da terra no conjunto de dados processados por Carvalho (2019) e atualização do etnomapeamento e etnozoneamento gerados por Carvalho et al. (2021b) da aldeia Anhetengua.

Os dados de sensoriamento remoto utilizados para a classificação multitemporal de uso e cobertura da terra foram:

1. Fotografias aéreas de 1964 de levantamento aerofotogramétrico realizado pela Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) com escala de 1:1.000.000;
2. Fotografias aéreas de 1982 disponibilizadas pela prefeitura de Porto Alegre (SMAMUS, 2022) ;
3. Imagens Rapid Eye dos anos de 2010 e 2019 (resolução espacial de 5 m) utilizadas para detecção de mudanças entre estes anos e para classificação de uso e cobertura da terra de 2019 do entorno do Morro São Pedro;
4. Ortofotomosaico para a aldeia a partir de aerolevanteamento por Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) realizado em 2018 (resolução espacial de 5 cm);
5. Ortofotomosaico para a aldeia a partir de aerolevanteamento por Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) realizado em 2021 (resolução espacial de 5 cm).

Além destes, foram utilizados dados de uso e cobertura da terra já existentes como do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre, gerado através de fointerpretação com base em mosaico de imagens de alta resolução espacial (0,6 m) do satélite Quickbird dos anos 2002 e 2003 (HASENACK et al., 2008). Os dados de uso e cobertura da terra com base em levantamento aerofotogramétrico de 2010 da Prefeitura de Porto Alegre (SMAMUS, 2022) também foram utilizados.

Os dados de sensoriamento remoto utilizados tiveram a classificação multitemporal de uso e cobertura da terra para os anos de 1964, 2002, 2010 e 2019. A este conjunto de dados existentes,

foi incluído os dados dos anos de 1982 na escala do entorno do MSP e do ano de 2021 na escala de detalhe da aldeia. Em Carvalho (2019), foram utilizados os dados já existentes do mapeamento do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (HASENACK et al., 2008) feito com base no mosaico de imagens do satélite Quickbird dos anos de 2002 e 2003 e dados de uso e cobertura da terra com base em levantamento aerofotogramétrico de 2010 da Prefeitura de Porto Alegre (SMAMUS, 2022). Tal mapeamento utilizou o sistema de referências geodésico SIRGAS-2000 e projeção UTM, segundo as especificações do IBGE. Este mapeamento utilizou a dimensão do pixel de 12,5 cm, e cobertura da terra com o perfilhamento LASER através de malha de pontos (SMAMUS, 2022). Ainda na organização do BDG, os dados de uso e cobertura da terra de 2002 de Hasenack et al. (2008), tiveram a escala e as classes compatibilizadas com os dados de 2010 do aerolevantamento da Prefeitura de Porto Alegre (SMAMUS, 2022), segundo a Tabela 5.1.

A escala de semi-detilhe definida como a área de estudo do entorno do Morro São Pedro (Figura 3.1), teve como unidade de agregação as unidades de paisagem delimitadas por Saretta et al. (2021). As unidades de paisagem em nível de geocomplexos e geofácies tiveram seu processamento baseado nos dados topográficos do levantamento aerofotogramétrico de Porto Alegre de 2010 (SMAMUS, 2022), os quais passaram por processo de correção de valores nulos e interpolação com a resolução de 1 metro através de tratamento geoestatístico (interpolação através da função Topo to Raster do software ArcGIS) (SARETTA et al., 2021). Assim, foram gerados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), produtos geomorfométricos como declividade, orientação de vertentes e relevo sombreado (SARETTA et al., 2021). Para a regionalização e delimitação dos geocomplexos, foi utilizada a metodologia de GEOBIA. A partir do método de segmentação multi-resolução com base nos dados geomorfométricos (MDE, declividade, e orientação de vertentes)e, por fim, a agregação dos objetos gerados foi realizada visualmente para a compatibilização com a estrutura da paisagem (SARETTA et al., 2021). Tal interpretação visual da estrutura da paisagem, foi baseada no MDE e relevo sombreado sobrepostos com arquivos vetoriais de pedologia e geologia disponibilizados pelo Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (HASENACK et al., 2008) na escala 1:15.000 e de geomorfologia na escala 1:50.000 de Moura, Hasenack e Silva (2013).

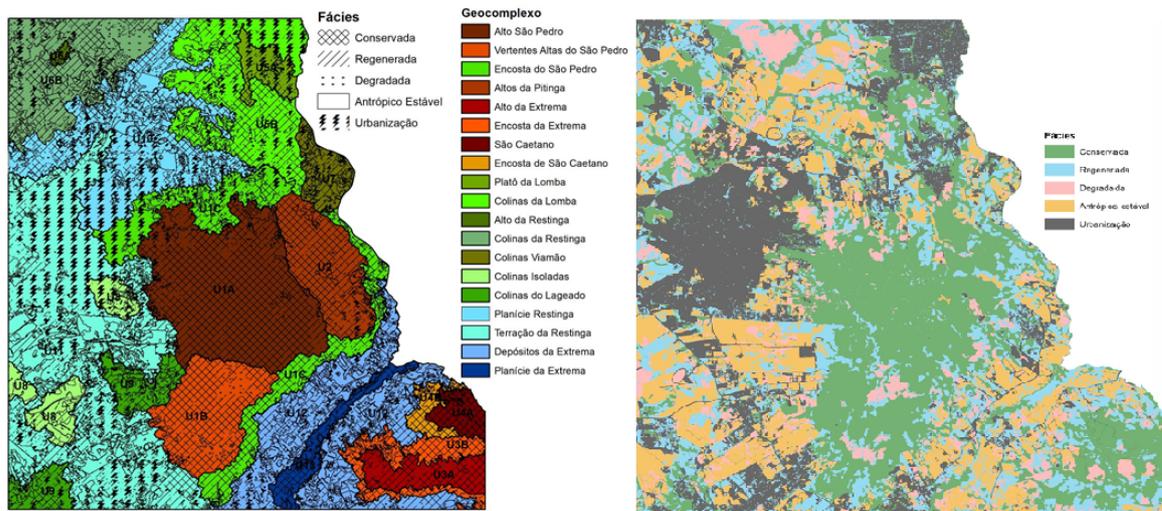
Para a geração das geofácies, foi utilizado o mapeamento de MUCT gerado por Carvalho (2019) e Carvalho et al. (2021b) a partir de dados cartográficos e imagens multitemporais de 1964, 2002, 2010 e 2019. Desta forma, os processos de dinâmica da paisagem no período de 1964 até 2019 foram definidos nas geofácies, mosaicos com diferentes processos de evolução da paisagem, definidas de acordo com as fácies de conservação, recuperação, degradação, antrópico estável e urbanização (SARETTA et al., 2021). Os produtos cartográficos das fácies e geofácies estão ilustrados pela Figura 5.1.

| Classe | Código | Classe 2002 | Sub-classe 2002 | Legenda | Classe 2010 |
|-------------------|--------|-------------|-------------------|--------------------------|-----------------|
| Floresta | 1 | Vegetação | Vegetação Natural | Mata Nativa | Árvores |
| | | | | Mata Nativa com Exóticas | Mata |
| | | | | Mata Degradada | |
| | | | | Arbustivo | |
| | | | | Transição Mata | |
| | | | | Bosque | |
| Campo | 2 | Vegetação | Vegetação Natural | Arbustivo | Alagado |
| | | | | Transição Campo | |
| | | | | Banhado | |
| | | | | Campo Nativo | |
| | | | | Campo Rupestre | |
| Afloramento | | | | | |
| Rochoso | | | | | |
| Campo Antropizado | 3 | Ocupação | Antrópico Rural | Campo | Pastagem |
| | | | | Manejado | |
| | | | | Campo Degradado | |
| Cultura | 5 | Ocupação | Antrópico Rural | Lavoura | Cultura |
| | | | | Perene | |
| | | | | Lavoura Sazonal | Hortaliça |
| | | | | | Pomar |
| Silvicultura | 4 | Ocupação | Antrópico Rural | Silvicultura | Reflorestamento |
| Urbano | 7 | Ocupação | Antrópico Urbano | Edifícios | Escola |
| | | | | Edifícios e Casas | Hospital |
| | | | | Casas | Igreja |
| | | | | Casas Isoladas | Notavel |
| | | | | Edifícios e casas | Sem Classe |
| | | | | Ocupação Espontânea | |
| | | | | Pavilhões | |
| | | | | Casas | |
| | | | | Vias | |
| Solo Exposto | | | | | |
| Água | 8 | Água | Corpos d'água | Água | Barragem |
| | | | | | Lago |
| | | | | | Represa |

Tabela 5.1 – Tabela de compatibilização de classes 2002-2010

Para a escala de detalhe, foram utilizados os dados oriundos do etnomapeamento e etnozoneamento gerado em Carvalho (2019) e (SARETTA et al., 2021) a partir da abordagem teórico-metodológica da contracartografia descrita por Risler e Ares (2013). O etnomapeamento foi atualizado através da aquisição de imagens por VANT no ano de 2021 e geração de produtos cartográficos para a construção de análises de trajetórias de mudanças de uso e cobertura da terra na Tekoa Anhetengua.

Figura 5.1 – Geocomplexos e geofácies utilizadas como unidades de agregação.



Fonte: Saretta et al. (2021)

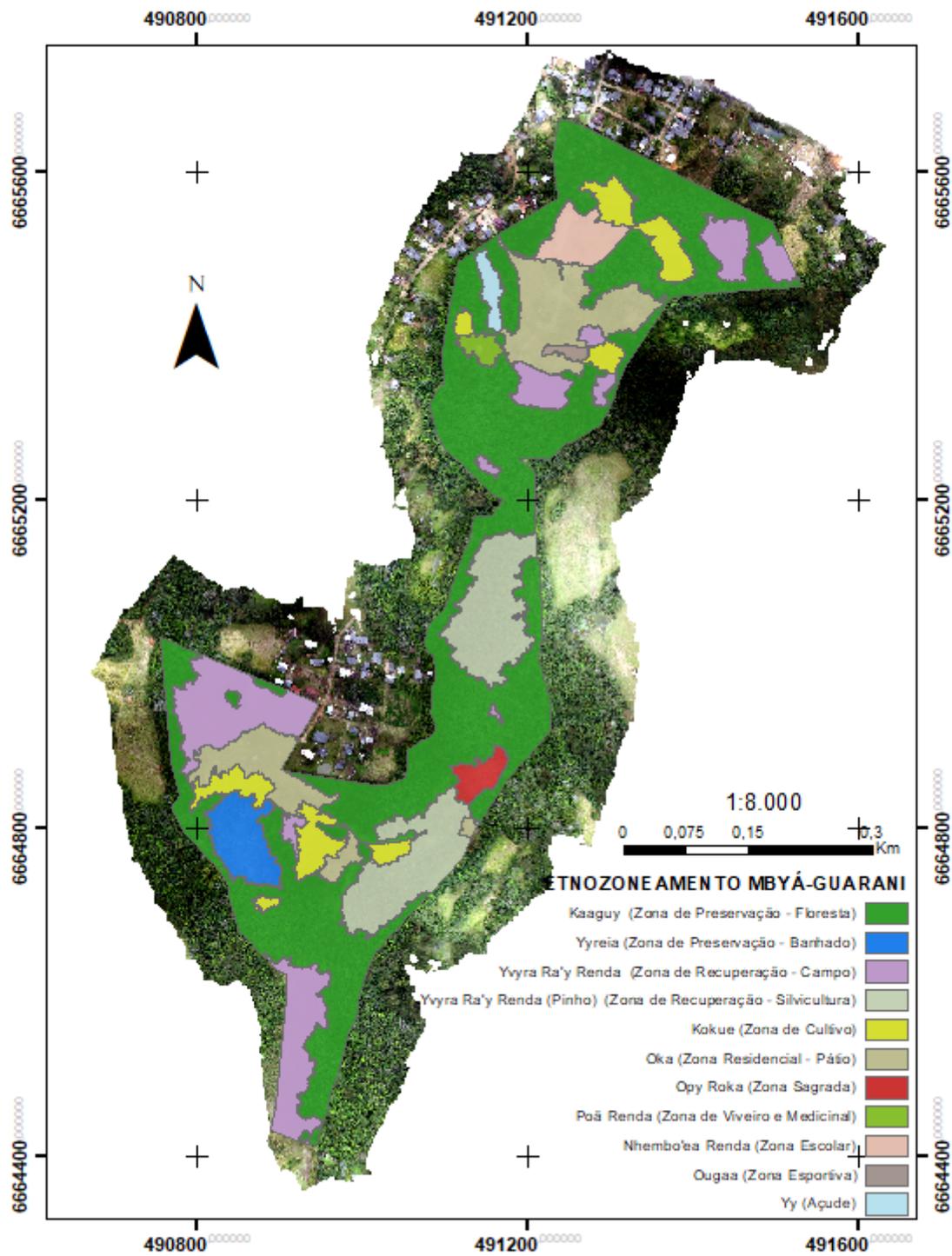


Figura 5.2 – Etnozoneamento da *Tekoa Anhetengua*.

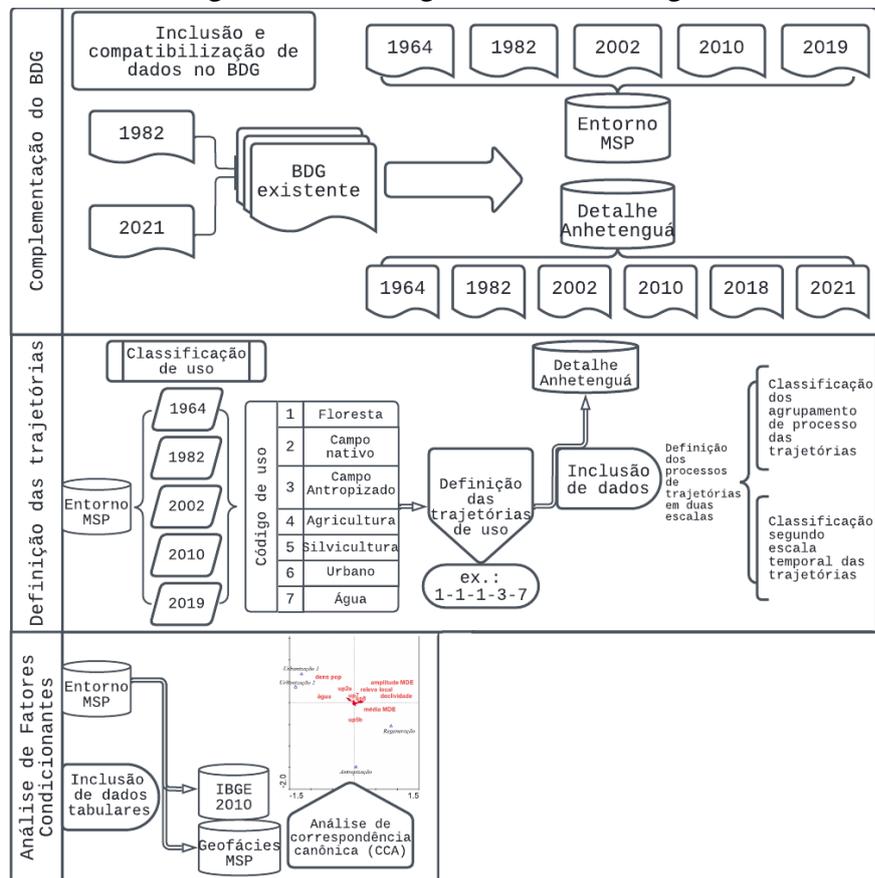
Fonte: Carvalho (2019)

5.2 ANÁLISE DE MUCT

5.2.1 Complementação de dados de MUCT

O trabalho partiu do mapeamento das MUCT já realizado em escala de detalhe, delimitado pela aldeia Anhetengua, entre as datas de 1964, 2002, 2010, 2018 com a inclusão dos dados de 1982 e 2021 e, para a análise de entorno do Morro São Pedro as datas de 1964, 2002, 2010 e 2019 com a inclusão dos dados de 1982. Os dados adicionados ao mapeamento já existente, as imagens de 1982 na escala do entorno do MSP e 2021 na escala de detalhe, tem o intuito de fornecer um banco de dados mais consistentes para a posterior análise dos fatores condicionantes dos processos detectados pelas trajetórias de uso e cobertura da terra no entorno do MSP e na escala de detalhe da aldeia, através de metodologia ilustrada pelo fluxograma da Figura 5.3.

Figura 5.3 – Fluxograma da metodologia



Fonte: a autora.

5.2.2 Mapeamentos das mudanças de uso e cobertura da terra na escala do entorno do MSP

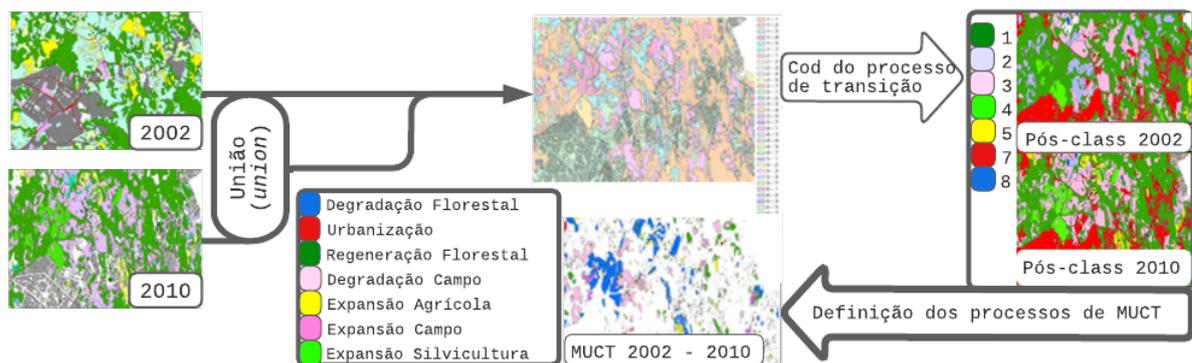
O mapeamento das MUCT na escala de análise do entorno do MSP foi feito através dos dados de sensoriamento remoto dos dados já existentes dos anos de 1964, 1982, 2002, 2010 e 2019.

O mapeamento e classificação das imagens para o entorno do MSP teve como objetivo permitir uma análise da dinâmica das mudanças de uso e cobertura da terra em escala multitemporal a partir de mapas já existentes que foram compatibilizados entre 2002 e 2010, regredidos para 1964 e 1982 e, por fim, atualizados para 2019.

5.2.2.1 Compatibilização de mapas de uso e cobertura da terra 2002-2010

O procedimento teve sequência com a compatibilização das classes adotadas segundo a Tabela 5.1 para os mapeamentos de uso e cobertura da terra de 2002 (HASENACK et al., 2008) e 2010 (SMAMUS, 2022), conforme Carvalho (2019). Para a compatibilização dos dados foram utilizadas técnicas de pós-classificação e da edição dos dados de uso para cada data por interpretação visual a partir das transições oriundas do cruzamento das classificações anteriores por ferramenta de geoprocessamento de união (*union*), como mostra a Figura 5.4.

Figura 5.4 – Fluxograma de processamento de dados para mapa de transição entre 2002 e 2010.



Fonte: Carvalho (2019)

Após a união dos dados de uso com as classes de uso, foi feita a pós-classificação e compatibilização temática para as classes de transição definidas pelos processos de MUCT de acordo com a Tabela 5.2. Na pós-classificação, foram utilizadas medidas de forma (*shape index*), em conjunto com a área, para a seleção de polígonos com incompatibilidades de classificação, essencialmente problemas de bordas nos relacionados com as diferentes escalas dos mapeamentos de base. Tal resultado de compatibilização 2002-2010 foi utilizado tanto para o entorno quanto para a escala da aldeia.

5.2.2.2 Regressão de uso e cobertura da terra para 1964

A metodologia para a regressão de uso e cobertura da terra para 1964, foi reproduzida para a classificação das imagens de 1982. Em 1984, as fotografias aéreas foram devidamente escaneadas e processadas com a ortorretificação no software Agisoft Metashape com utilização do algoritmo *structure from motion* que dispensa dados de calibração como a aerotriangulação e a atitude de

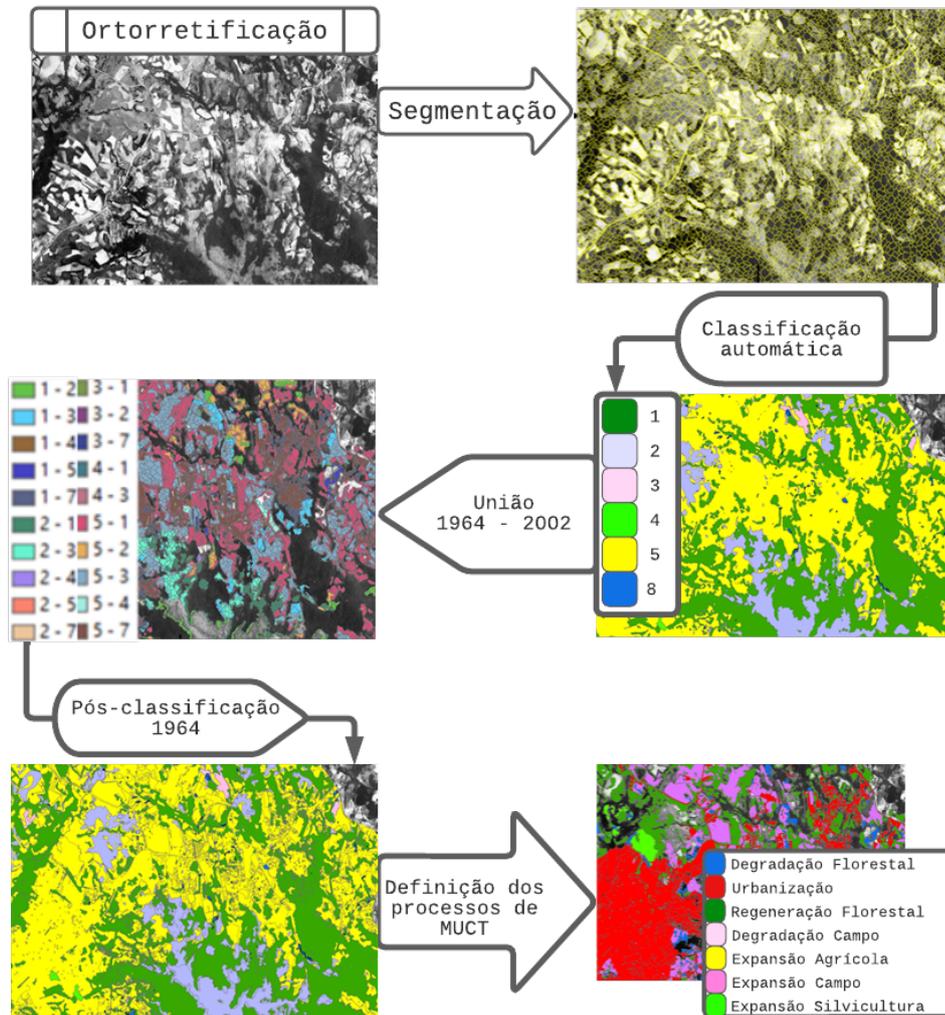
| USO | Floresta | Campo Nativo | Campo Atropizado | Silvicultura | Lavoura | Urbano |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| Floresta | | Degradação Florestal | Degradação Florestal | Degradação Florestal | Degradação Florestal | Urbanização |
| Campo Nativo | - | | Degradação Campo | Degradação Campo | Degradação Campo | Urbanização |
| Campo Antropizado | Regeneração Florestal | Regeneração Campo | | Expansão Silvicultura | Expansão Agrícola | Urbanização |
| Silvicultura | Regeneração Florestal | Regeneração Campo | Expansão Campo | | Expansão Agrícola | Urbanização |
| Lavoura | Regeneração Florestal | Regeneração Campo | Expansão Campo | Expansão Silvicultura | | Urbanização |
| Urbano | Regeneração Florestal | - | - | - | - | |

Tabela 5.2 – Tabela de correlação de classes de uso e cobertura da terra para definição de processos de MUCT.

aquisição dos pares de fotos. O ortofotomosaico de 1964 gerado com 0,30 metros de resolução espacial numa banda única em níveis de cinza foi, após, classificado com base em abordagem de análise de imagens orientada a objetos (GEOBIA).

Tal abordagem de GEOBIA partiu da segmentação da imagem em objetos através do algoritmo de segmentação de resolução multi-resolução, seguido de seleção de amostras de treinamento das classes interpretadas no ortofotomosaico e de extração de atributos espectrais e espaciais, todas as operações executadas no software Ecognition. O dado vetorial com as amostras e os atributos foram exportados e passou por classificação supervisionada através de rotina automatizada do algoritmo de aprendizagem de máquina (*Machine Learning*) Random Forest através de script desenvolvido no ambiente R. Por fim, foi feita a revisão e pós-classificação a partir do cruzamento dos dados de uso da terra de 1964 e 2002 através de operação de geoprocessamento de união e do cálculo de campo da tabela para representação das transições (e.g.: transições 1 – 1, 1 – 3, 1 – 7, e assim por diante), seguida por revisão manual das mudanças oriundas da operação de união. Esta metodologia de pós-classificação foi realizada a partir de amostragem dos tipos individuais de transição que foram revisadas e reclassificadas para resolução de problemas inerentes como por exemplo bordas criadas por diferenças geométricas dos dados, erros de classificação, transições impossíveis e outros, o que foi igualmente realizado com as imagens do ano de 1982, de acordo com o fluxograma da Figura 5.5.

Figura 5.5 – Fluxograma de metodologia de regressão de uso e cobertura da terra para o intervalo 1964-2002.



Fonte: Carvalho (2019)

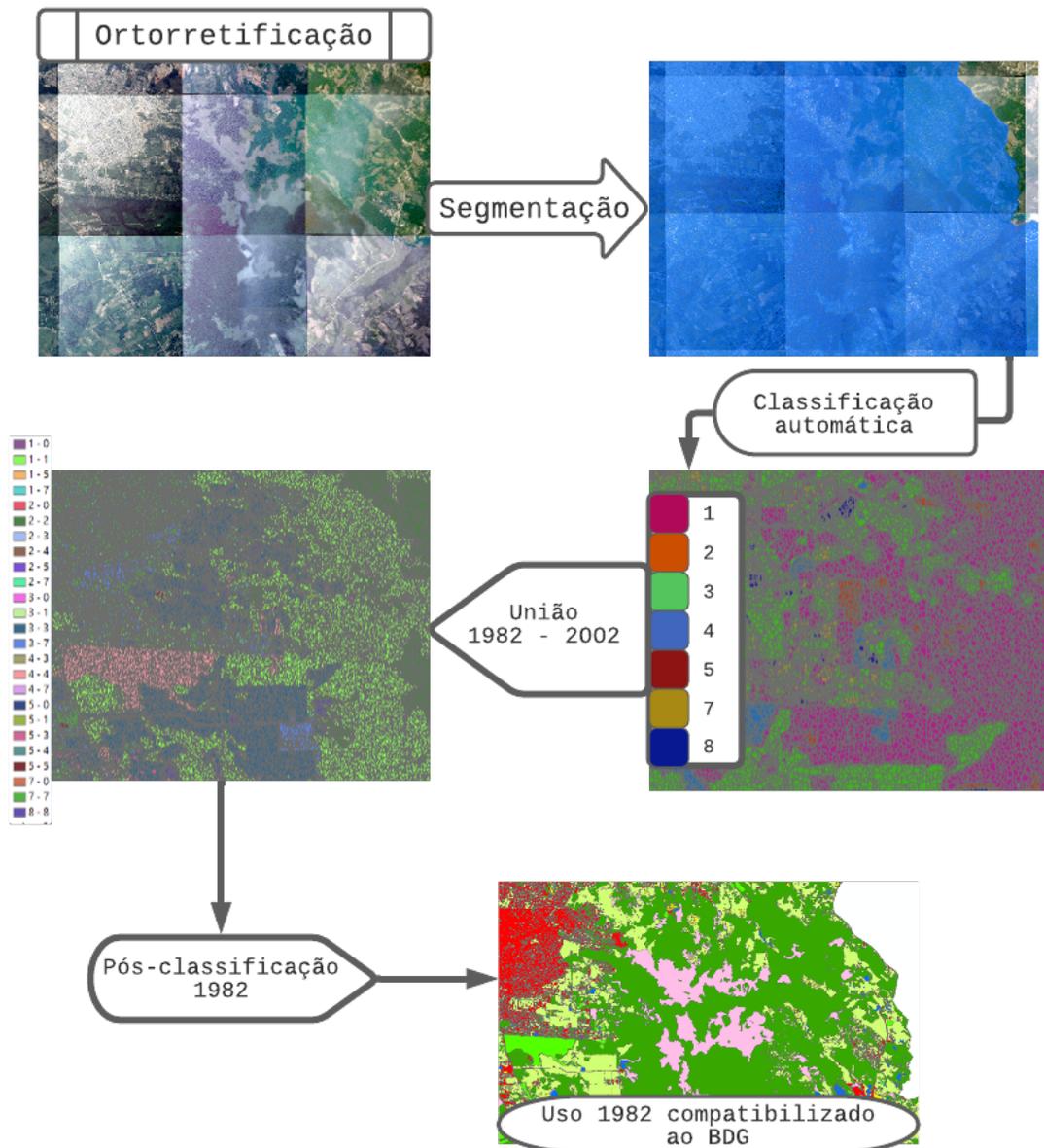
5.2.2.3 Regressão de uso e cobertura da terra para 1982

A metodologia para a regressão de uso e cobertura da terra para 1982 pode ser vista na Figura 5.6. Esta começou com o registro em lote das fotos aéreas adquiridas no site da Prefeitura de Porto Alegre (SMAMUS, 2022) através da ferramenta Autosync do *software* ERDAS Imagine. O mosaico de 1982 gerado com 0,60 metros de resolução espacial em três bandas do visível (RGB) foi classificado com base em abordagem de análise de imagens orientada a objetos (GEOBIA).

Como na regressão de 1964 a 2002, tal abordagem de GEOBIA iniciou com a segmentação da imagem em objetos através do algoritmo de segmentação de resolução multi-resolução, seguido de seleção de amostras de treinamento das classes interpretadas no mosaico e de extração de atributos espectrais e espaciais. Tais objetos foram classificados através do algoritmo *Random Forest*. Por fim, foi feita a revisão e pós-classificação partir do cruzamento dos dados de uso da

terra de 1982 e 2002 através de operação de geoprocessamento de união seguida por revisão manual das mudanças oriundas da operação de união. Esta metodologia de pós-classificação foi realizada a partir de amostragem dos tipos individuais de transição que foram revisadas e reclassificadas para resolução das incompatibilidades relacionadas à escala e origem dos dados.

Figura 5.6 – Fluxograma de metodologia de regressão de uso e cobertura da terra para o intervalo 1982-2002.



Fonte: a autora.

5.2.2.4 Atualização de uso e cobertura da terra para o intervalo 2010-2019

Para gerar o mapa de transição de uso e cobertura da terra entre os anos de 2010 e 2019, através da metodologia de atualização, foram utilizados como dados de sensoriamento remoto de entrada, os mosaicos Rapid Eye nas duas datas para atualização do dado oriundo da compatibilização

de 2010. Para tanto, foram aplicadas de forma complementar, duas técnicas de detecção de mudanças:

- a) A análise de vetor de mudança (*Change Vector Analysis CVA*), de acordo com metodologia implementada no ambiente R e descrita em Bueno et al. (2019);
- b) Rotação radiométrica controlada por eixo de não-mudança (RCEN) desenvolvida e descrita por Maldonado, Graça e Santos (2007), devidamente implementada no software QGIS e sistematizada na Figura 5.8.

Uma abordagem de GEOBIA baseada nos mosaicos Rapid Eye de 2019, semelhante à aplicada em 1964, foi aplicada para a atualização de 2019 com a segmentação e seleção de amostras e extração de atributos espectrais e espaciais no *software* Ecognition. A única diferença foi composta pelo uso do dado vetorial de uso e cobertura compatibilizado de 2010 diretamente na segmentação. A mesma metodologia foi utilizada para a inclusão do dado de 2021 na escala de detalhe.

A classificação supervisionada foi realizada também através do algoritmo *Random Forest* com script desenvolvido no ambiente R. Por fim, foi realizada a atualização da classificação apenas dos polígonos que tiveram mais de 20% da área com presença de mudanças definidas pelos algoritmos de detecção de mudanças e que não fossem da classe urbana em 2010 para evitar a atualização de polígonos com transições de baixa probabilidade de ocorrência.

5.2.3 Mapeamentos das mudanças de uso e cobertura da terra no interior da aldeia

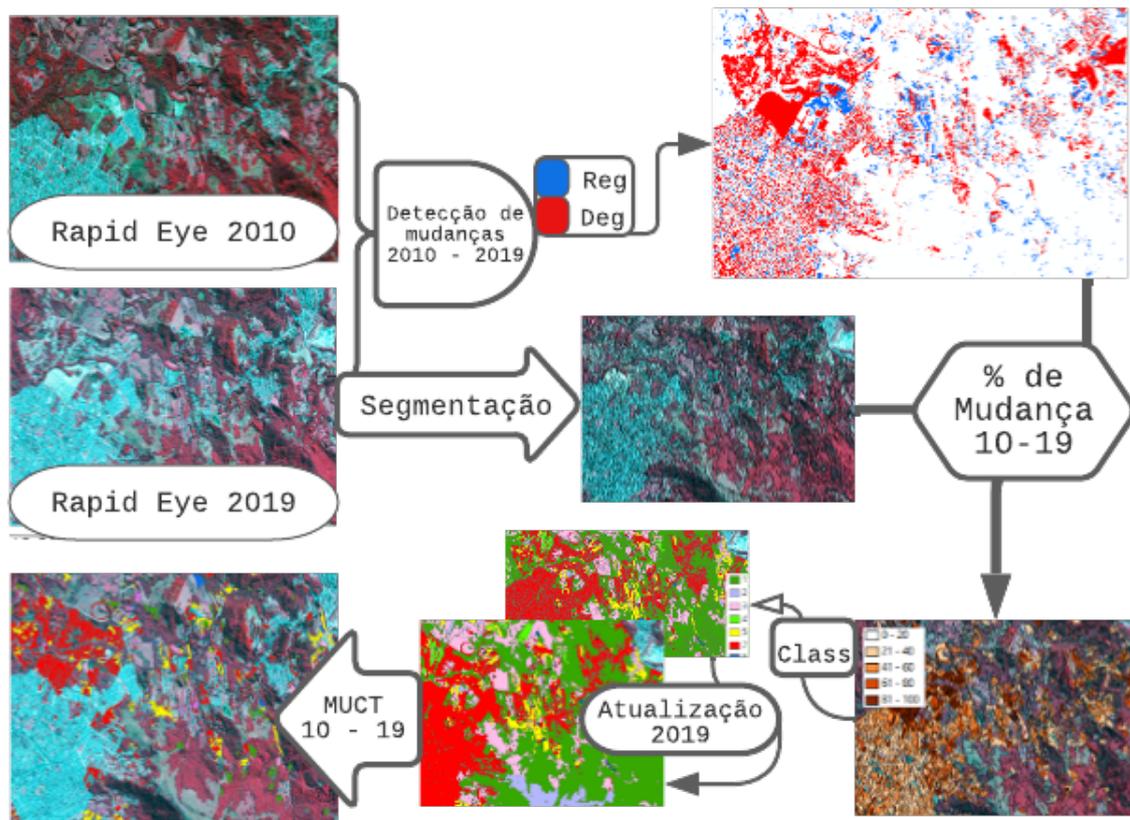
5.2.3.1 Compatibilização de classes entre as escalas de análise - MSP e *Tekoa Anhetengua*

A tabela abaixo foi utilizada na compatibilização do código das classes entre o mapeamento de uso e cobertura da terra do entorno do MSP e do o etnomapeamento da *Tekoa Anhetengua* de 2018 (CARVALHO, 2019) com o mapeamento de uso do ano de 2021 para devida inserção da data no BDG, proposto como objetivo específico no capítulo 2.2 deste trabalho.

5.2.3.2 Mapeamento de uso e cobertura da terra para o intervalo 2018-2021

A partir do aerolevante processado no software Agisoft Metashape através do algoritmo Structure for Motion, foram gerados os orfotomosaicos de 2018 e 2021 bem como os Modelos Digitais de Superfície (MDS). Esses foram classificados através de abordagem de GEOBIA com a segmentação multi-resolução e a classificação pelo algoritmo *Random Forest*.

Figura 5.7 – Fluxograma de metodologia de atualização de uso e cobertura da terra para o intervalo de 2010-2019.



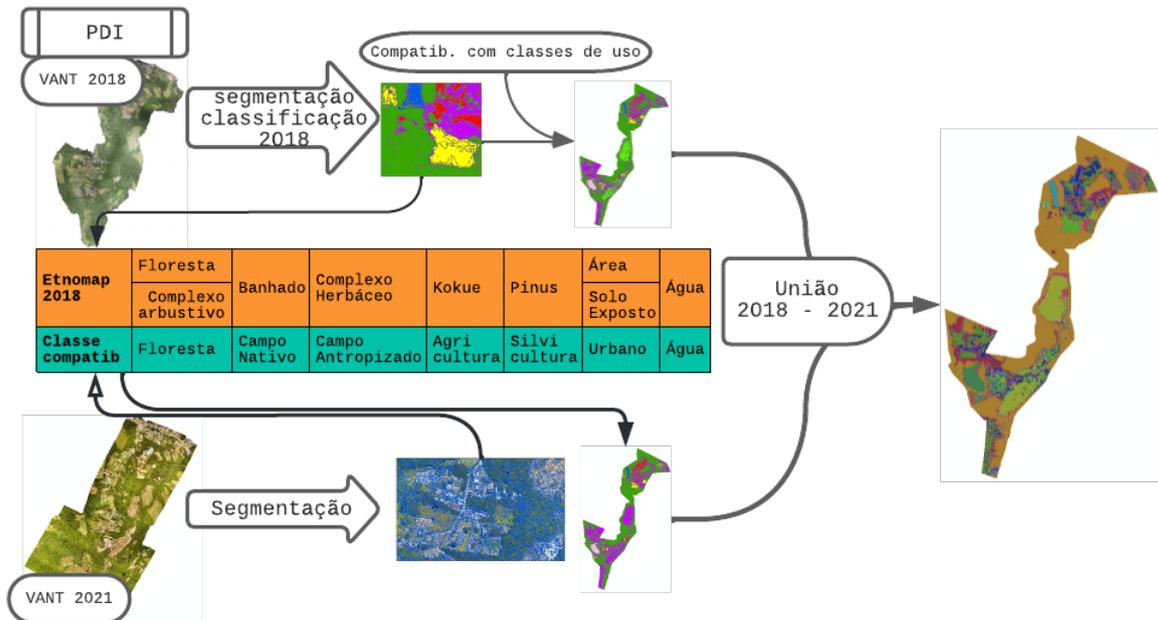
Fonte: Carvalho (2019)

| Código de classificação | Classe entorno | Classe etnomapeamento 2018 | Classe compatibilizada 2018 - 2021 |
|-------------------------|------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | Floresta | Complexo Arbustivo | Floresta |
| | | Floresta | |
| 2 | Campo Nativo | Banhado | Campo Nativo |
| 3 | Campo Antopizado | Complexo Herbáceo | Campo Antopizado |
| 4 | Silvicultura | Pinus | Pinus |
| 5 | Agricultura | Kokue | Kokue |
| 7 | Urbano | Solo Exposto | Urbano |
| | | Área Constuída | |
| 8 | Água | Água | Água |

Tabela 5.3 – Tabela de codificação das classes para compatibilização entre as escalas do entorno do MSP detalhe da Tekoá Anhetenguá.

Foram mapeadas nove classes, entre estas, quatro classes de cobertura (Floresta, Complexo Arbustivo, Banhado e Água) e cinco de uso da terra (Complexo Herbáceo, Kokue, Pinus, Solo Exposto e Área Construída).

Figura 5.8 – Fluxograma de metodologia de atualização de uso e cobertura da terra para o intervalo de 2010-2019.



Fonte: Carvalho (2019)

A classe Floresta foi considerada como manchas de sucessão secundária média a avançada da mata higrófila do ecótono da Mata Atlântica com o bioma Pampa. O Complexo Arbustivo foi considerado como as áreas de sucessão secundária inicial a média, localizadas normalmente nas bordas das manchas da classe Floresta. O Banhado foi considerado a área de campo nativo alagado e a classe Água foi delimitada pelo açude presente na área. O Complexo Herbáceo foi definido pelas áreas de campo antropizado, a classe Kokue foi definida pelas áreas de cultivo tradicional *Mbyá-Guarani*, Pinus foi classificada pela detecção das manchas de silvicultura presentes na área, Solo Exposto foram definidas como as áreas de vias e pátios das casas e a Área Construídas foi definida pela detecção de telhados.

Após a classificação em ambas datas, estas foram unidas (*Union*) e as transições foram revisadas para fins de compatibilização entre os mapeamentos. Após essa etapa de pós-classificação, estas classes foram agrupadas de acordo com as sete classes de mapeamento do entorno, de acordo com a tabela 5.3.

5.2.4 Definição das trajetórias

O mapeamento das trajetórias foi iniciado pela união dos mapas de uso e cobertura da terra de todas as datas para o entorno do MSP (1964-1982-2002-2010-2019) e para o interior da aldeia (1964-1982-2002-2010-2018-2021). Após a união dos mapeamentos, foi criado um campo para a codificação das trajetórias (ex.: 1 -1 -1 -3 – 3, refere-se a um polígono que pertenceu à classe Floresta de 1964 a 2002 e passou para a classe Campo Antropizado em 2010 e 2019).

Após, foi realizada a pós-classificação das trajetórias com a revisão das trajetórias improváveis e outras incompatibilidades de mapeamento e foi criado o campo para a codificação dos processos com o agrupamento das trajetórias revisadas em dois níveis de agregação de acordo com os anexos B, C, D e E. O nível mais desagregado, denominado Agrupamento de Trajetórias, refere-se ao agrupamento das trajetórias de acordo com os processos de mudanças do uso e cobertura da terra como:

1. Urbanização;
2. Degradação Florestal;
3. Expansão da Silvicultura;
4. Expansão de Campo/Agricultura;
5. Sucessão de Campo Nativo;
6. Antropização de Campo Nativo;
7. Regeneração Florestal.

O nível mais geral, denominado Processos de Trajetórias, foi considerado a partir da agregação dos Agrupamentos de Trajetórias de acordo com as similaridades entre os processos. O Processo de Trajetórias de urbanização sobre classes de cobertura da terra foi considerado como o seguinte agrupamento das seguintes trajetórias:

- a) Urbanização diretamente sobre floresta,
- b) Urbanização sobre floresta com transições intermediárias de outros usos,
- c) Urbanização diretamente sobre campo nativo,
- d) Urbanização sobre campo nativo com transições intermediárias,
- e) Urbanização sobre área com processo de recuperação.

O Processo de Trajetórias de urbanização sobre classes de uso da terra foi considerado como a agregação das transformações para urbano de áreas com diferentes classes de uso e transições dessas. O Processo de Trajetória de Antropização de Cobertura Florestal e de Campo foi considerado com os seguintes Agrupamentos de Trajetórias:

- a) Degradação florestal por classes de campo antropizado e agricultura,
- b) Degradação de campo nativo por classes de campo antropizados e agricultura,
- c) Expansão de silvicultura sobre floresta,
- d) Expansão de silvicultura sobre floresta com transições intermediárias para outros usos,
- e) Expansão de silvicultura sobre campo nativo,
- f) Expansão de campo ou agricultura sobre silvicultura.

O Processo de Trajetória de Regeneração Florestal foi considerado pelo agrupamento das seguintes trajetórias:

- a) Sucessão de campo nativo para floresta,
- b) Sucessão de campo nativo para floresta.

O Processo de Trajetórias de cobertura estável foi considerado pelo agrupamento das trajetórias de floresta e campo nativo sem alteração no período. O Processo de Trajetórias de uso estável foi considerado pelo agrupamento das trajetórias das classes de uso da terra sem alteração no período. O Processo de Trajetórias de uso instável foi considerado pelo agrupamento das trajetórias de usos da terra com múltiplas alternâncias.

Por fim, os processos de trajetórias foram divididos de acordo com a temporalidade em que ocorreram. Para tal, foram definidos cinco classes de tempo de ocorrência dos processos:

- a) Sem mudança onde não houve alteração,
- b) inicial quando o processo iniciou em 1982,
- c) intermediária quando o processo iniciou em 2002,
- d) recente para os processos iniciados a partir de 2010,
- e) atual para os processos detectados a partir de 2019.

5.3 ANÁLISE ESPACIAL DOS FATORES CONDICIONANTES DAS TRAJETÓRIAS DE MUCT

Por fim, a análise dos fatores condicionantes permite uma explicitação espacial e temporal das correlações espaciais entre as variáveis físicas, ecológicas e socioeconômicas com as trajetórias de MUCT. Para tanto as trajetórias de MUCT mapeadas foram consideradas como variáveis dependentes.

Ao assumir que os padrões paisagísticos apresentam alterações antrópicas e ecológicas, a análise da relação entre as MUCT e essas mudanças nos padrões paisagísticos permite a compreensão da direção e magnitude das mudanças no uso da terra, além de identificar o tipo de transformação de um padrão paisagístico por outro (DADASHPOOR; AZIZI; MOGHADASI, 2019). Para tanto, após o mapeamento dos processos de trajetórias de MUCT - urbanização, degradação, regeneração florestal, regeneração campo, expansão campo antropizado, expansão silvicultura e expansão agrícola iniciada com as classificações de uso e cobertura do solo de 1964, serão investigadas as relações de tais processos com dados socioeconômicos do Censo demográfico realizado em 2010 (IBGE, 2010). A análise de correlação entre os dados socioeconômicos e as variáveis independentes e dependentes, foi feita a partir da Análise de Correspondência Canônica (CCA) através do software Canoco, com o intuito de investigar os padrões de variações nos processos MUCT ao longo dos eixos de ordenação obtidos pelas combinações lineares das variáveis socioambientais.

Foram utilizadas as variáveis como idade, renda, alfabetização, grau de instrução, taxa de desemprego e esgoto. Tais dados foram obtidos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ATUALIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOESPACIAIS (BDG)

O primeiro resultado na complementação do BDG foi a atualização do etnomapeamento da *Tekoa Anhetengua* (Figura 6.1). Tal resultado teve a legenda compatibilizada entre as classes *mbyá-guarani* e *jurua*.

A área de estudo na escala do morro São Pedro é caracterizada pelo uso e cobertura da terra ilustrados pela Figura 6.2 e na escala da aldeia está ilustrado pela Figura 6.3. Os primeiros resultados desta pesquisa foram obtidos pela inclusão do mapeamento de uso e cobertura da terra do ano de 1982 (Figura 6.2.B) no conjunto de dados analisados para a escala do morro São Pedro e, na escala da aldeia, a compatibilização dos dados de 1982 com a escala da aldeia (Figura 6.3.B) e inclusão do mapa de uso e cobertura da terra do ano de 2021 (Figura 6.2.B).

Desta complementação do banco de dados, derivaram as primeiras informações relativas à área dos tipos de uso e cobertura da terra na dinâmica da evolução da paisagem no morro São Pedro e da *Tekoa Anhetengua*.

É possível notar nos gráficos das Figuras 6.4 e 6.5, que o ano de 1982 é o ano que ocorrem os maiores valores de área das manchas das classes floresta e campo antropizado nas duas escalas analisadas. Na caracterização da evolução da classe campo nativo é possível notar nos gráficos revelou ainda que a classe diminuiu em área na escala do morro São Pedro enquanto na escala da aldeia a classe se manteve estável 6.2.

Segundos as Tabelas 6.1 e 6.2, a classe da silvicultura apresentou comportamento variado ao longo da série na escala do morro São Pedro com o menor valor de área em 1964, aumentando significativamente no ano de 1984 e diminuiu no ano de 2002. Em 2010 a classe revelou o maior valor de toda a série e diminuiu em 2019. Na escala da aldeia a classe não existia até o ano de 2010. Aumentou o valor em área no ano de 2018 e foi zerada novamente no ano de 2021. Tal comportamento da classe é devida à supressão das manchas de *pinus* que teve o estudo para a supressão derivada deste trabalho (Anexo A).

A classe de agricultura revelou uma significativo decréscimo entre os anos de 1964 e 1982 e continuou em decréscimo até o 2002 e, a partir de 2010, volta a ascender. Já na escala da aldeia, a classe de agricultura é a mais significativa em área no ano de 1964, fica zerada nos anos de 1982, 2002 e 2010 e passa a ascender a partir de 2018.

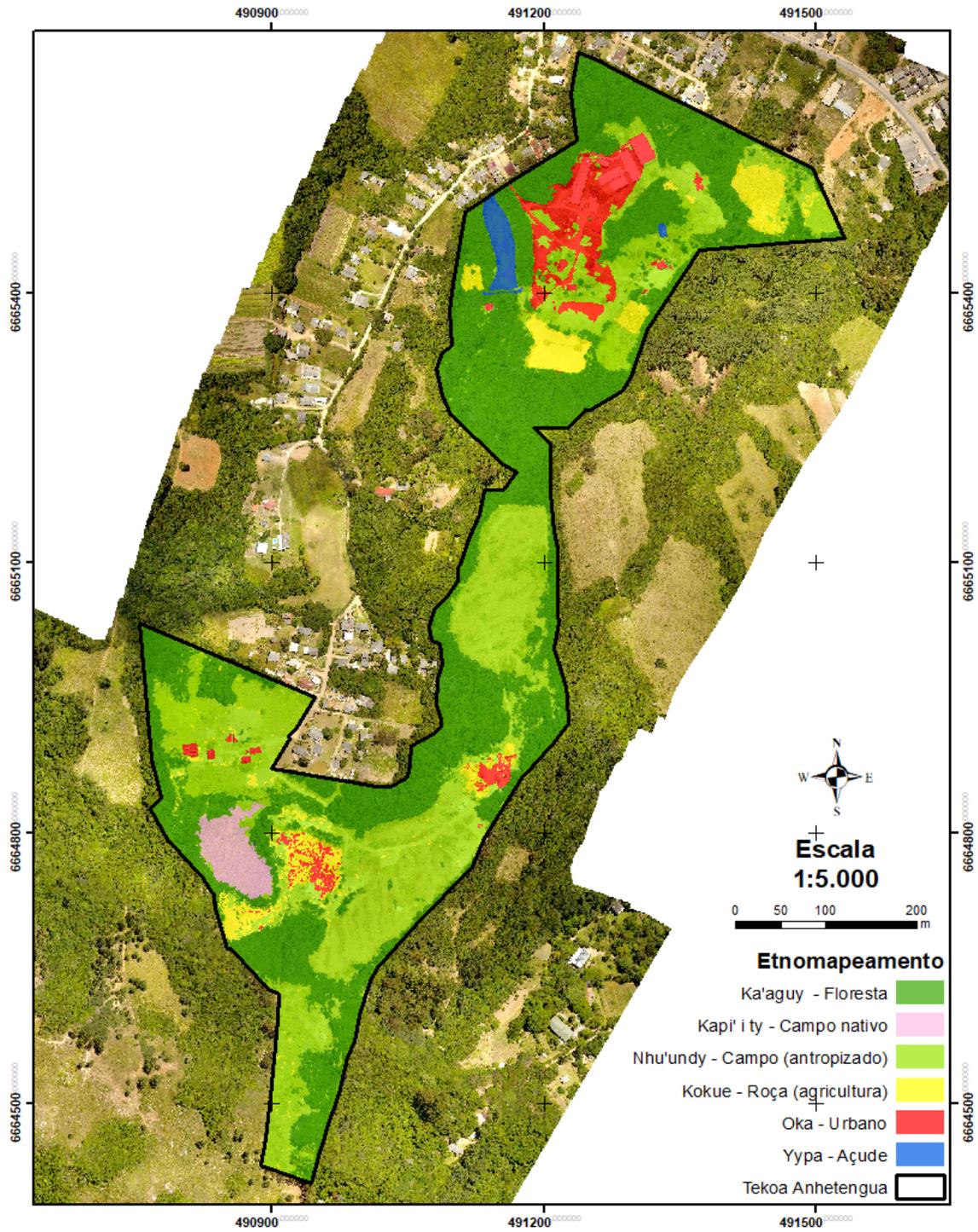


Figura 6.1 – Atualização do etnomapeamento da Tekoa Anhetengua

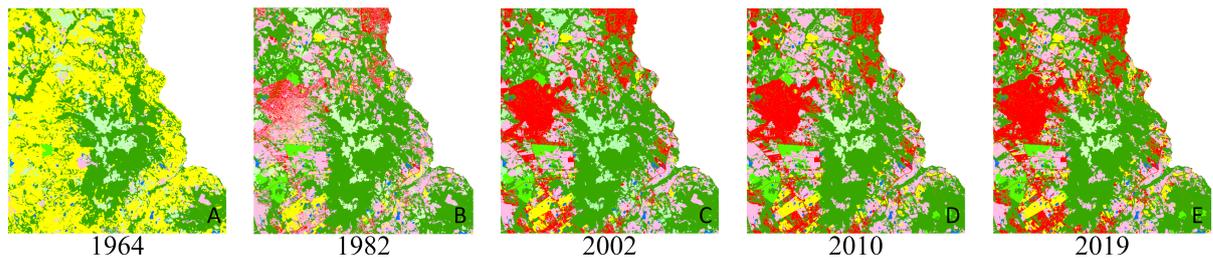


Figura 6.2 – Mapeamento de uso e cobertura da terra na escala do MSP

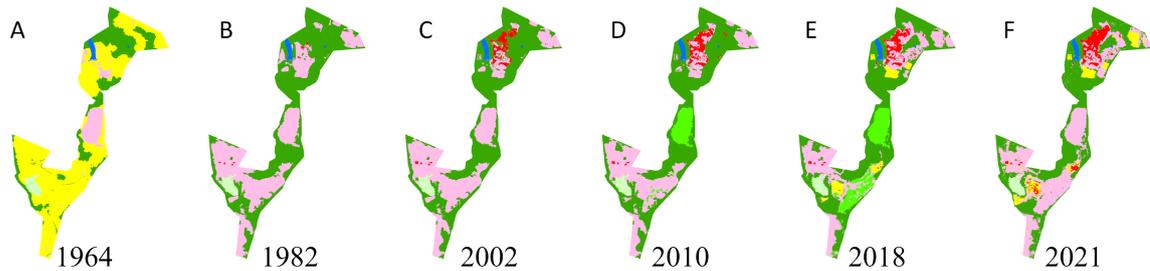


Figura 6.3 – Mapeamento de uso e cobertura da terra na escala da Tekoa

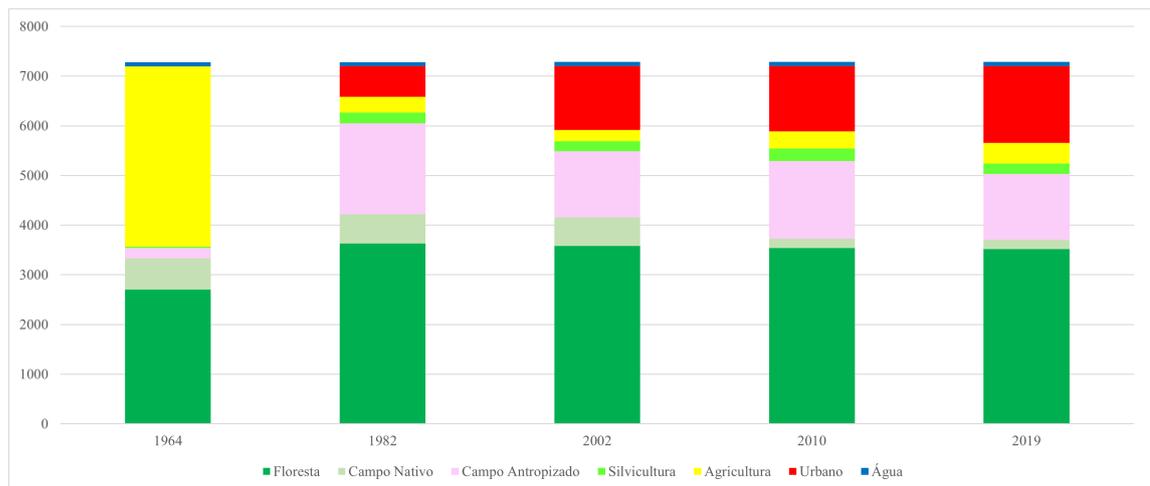


Figura 6.4 – Gráfico da variação da área dos polígonos das classes de uso e cobertura da terra ao longo da série histórica na escala do MSP.

A classe urbano, obteve aumento considerável. O maior adensamento urbano da área de estudo ao longo da série, é localizado no bairro Restinga. O processo de ocupação do bairro é iniciado, por conta da expulsão dos moradores pela valorização das terras ao redor do centro da cidade, é iniciado em 1966 e oficializada somente em 1990 (FREITAS et al., 2021b). Tal processo fica claro na escala de análise do MSP pelo aumento em mais de 100% da área da classe entre o ano de 1982 e 2002 e segue em ascensão até o fim da série. Na escala de análise da aldeia, entre 1982 e 2002 a área da classe teve aumento de 0,71 ha que representa um aumento maior de 1000% segue aumentando em menores proporções até o fim da série temporal.

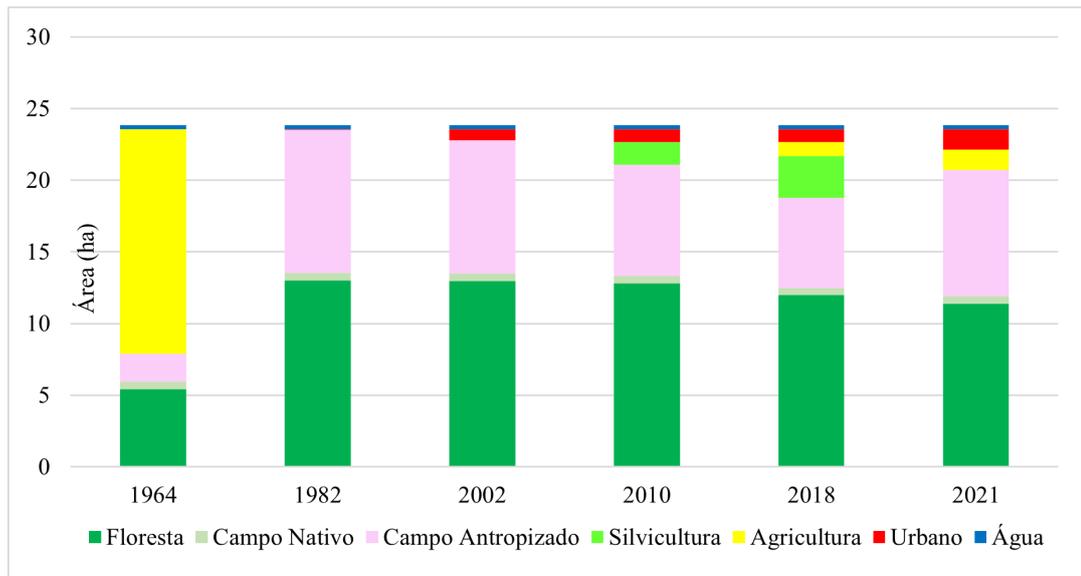


Figura 6.5 – Gráfico da variação da área dos polígonos das classes de uso e cobertura da terra ao longo da série histórica na escala da aldeia.

Tabela 6.1 – Tabela com as áreas relativas às classes ao longo da série histórica na escala do MSP.

| Classe | Área (ha) | | | | |
|-------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| | 1964 | 1982 | 2002 | 2010 | 2019 |
| Floresta | 2707,14 | 3628,64 | 3582,71 | 3541,31 | 3517,75 |
| Campo Nativo | 626,57 | 590,32 | 575,22 | 191,64 | 191,64 |
| Campo Antropizado | 209,66 | 1831,83 | 1328,72 | 1556,62 | 1317,87 |
| Silvicultura | 28,26 | 216,84 | 204,20 | 253,73 | 214,89 |
| Agricultura | 3625,10 | 317,83 | 224,79 | 343,54 | 414,37 |
| Urbano | 0,00 | 614,24 | 1284,36 | 1315,89 | 1544,43 |
| Água | 83,76 | 83,76 | 83,76 | 83,76 | 83,76 |

6.2 MAPEAMENTO DAS TRAJETÓRIAS DE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA (MUCT) NA ESCALA DO ENTORNO DO MORRO SÃO PEDRO ENTRE OS ANOS DE 1964 E 2019 E NA ESCALA DA *TEKOA ANHETENGUA* ENTRE OS ANOS DE 1964 E 2021

6.2.1 Trajetórias do MSP

A matriz de trajetórias foi gerada através da indexação dos códigos das trajetórias oriundas do agrupamento dos processos de MUCT de cada par de anos. A partir da união e/ou agrupamento das trajetórias de MUCT, foi gerado um código (cod_p). Por exemplo, um mesmo polígono que teve a seguinte variação da classificação de uso na série temporal do BDG: floresta, urbano, urbano, urbano e urbano respectivamente nos anos de 1964, 1982, 2002, 2010 e 2019, recebeu o código 2, assim como um outro polígono que teve variação da classificação como: floresta,

Tabela 6.2 – Tabela com as áreas relativas às classes ao longo da série histórica na escala da aldeia.

| Classe | Área (ha) | | | | | |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1964 | 1982 | 2002 | 2010 | 2018 | 2021 |
| Floresta | 5,43 | 13,03 | 12,97 | 12,81 | 11,99 | 11,40 |
| Campo Nativo | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 |
| Campo Antropizado | 1,97 | 9,97 | 9,31 | 7,76 | 6,29 | 8,80 |
| Silvicultura | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,60 | 2,90 | 0,00 |
| Agricultura | 15,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 1,42 |
| Urbano | 0,00 | 0,07 | 0,78 | 0,91 | 0,92 | 1,46 |
| Água | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |

floresta, urbano, urbano e urbano. A este código foi atribuído a classe de agrupamento da trajetória "Urbanização sobre floresta" já que trata-se da trajetória de um polígono que passou da classe de uso floresta para urbano sem a ocorrência de uma classe de transição, como fica explícito na Tabela 6.3. Já a Tabela 6.4 explica os critérios de designação das classes dos "processos de trajetória" (cod_ap) ao processo ocorrido em nível de polígono.

A Tabela 6.5 mostra como foi definida a classificação temporal da legenda das trajetórias dos polígonos. Por exemplo, um polígono que teve o processo de trajetória urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - inicial significa que ele pode ter tido a classificação de uso como floresta em 1964, urbano em 1982, urbano em 2002, urbano em 2010 e urbano em 2019. Um outro polígono que teve classificação de uso floresta em 1964, floresta em 1982, urbano em 2002, urbano em 2010 e urbano em 2019, foi classificado como urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - intermediário, já que a primeira vez que o polígono é classificado como urbano é no ano de 2002.

Tabela 6.3 – Tabela com a matriz de correlação entre as trajetórias e os processos identificados na escala de análise do MSP.

| Agrupamento das trajetórias | Código do processo (cod_p) | cod_p agrupado de acordo com o processo | Código do processo da trajetória (cod_ap) | Processo de trajetória |
|--|----------------------------|---|---|---|
| ex.1: Urbanização sobre floresta 1-7-7-7-7 (1=floresta, 7=urbano) | 2 | 2 - 3 - 11- 13 -15 | 1 | Urbanização (sob cobertura de floresta ou campo em algum ponto da trajetória) |
| ex.2: Urbanização sobre classes de transição que no início da série é floresta 1 - 3 - 3 - 7 - 7 (1=floresta, 3=campo antropizado, 7=urbano) | 3 | 17 | 2 | Urbanização (sob antropizado) |
| ex.3: Deg. Florestal → Campo/Agro 1 - 1 - 5 - 5 - 5 (1=floresta, 5=agricultura) | 4 | 4 - 5 - 6 - 7 - 10 - 12 - 18 - 20 | 3 | Antropização (silvicultura) de cobertura florestal e campo |
| ex.4: Regeneração florestal 5 - 3 - 3 - 1 - 1 (5=agricultura, 3=campo antropizado, 1=floresta) | 14 | 8 - 14 | 4 | Regeneração florestal |

Tabela 6.4 – Tabela com a designação dos processos ocorridos nos polígonos como critério de classificação do "processo da trajetória".

| Classificação do Processo da trajetória | Processo ocorrido à nível de polígono |
|--|---|
| Urbanização (sob cobertura de floresta ou campo) | Polígonos que tiveram classificação de uso "floresta" ou campo nativo"em algum momento da trajetória e finalizaram a série temporal como classe "urbano" |
| Urbanização (sob antropizado) | Polígonos que tiveram a classificação de uso "campo antropizado", "agricultura"e/ou "silvicultura e finalizaram a série temporal como classe "urbano" |
| Antropização de cobertura florestal e campo nativo | Polígonos que tiveram classificação de uso "floresta"ou "campo nativo" em algum momento da trajetória e finalizaram a série temporal como classe "campo antropizado"ou "silvicultura"ou "agricultura" |
| Regeneração florestal | Polígonos que tiveram classificação de uso "campo antropizado"ou "agricultura"ou "silvicultura"ou "campo nativo"e finalizaram a série temporal como classe "floresta" |

Tabela 6.5 – Tabela com a matriz de correlação entre as trajetórias e os processos identificados pelas mesmas.

| cod_t | Ano de início do processo da trajetória | Classificação temporal do processo da trajetória |
|--------------|--|---|
| 0 | - | Sem mudança |
| 1 | 1982 | Inicial |
| 2 | 2002 | Intermediário |
| 3 | 2010 | Recente |
| 4 | 2019 | Atual |

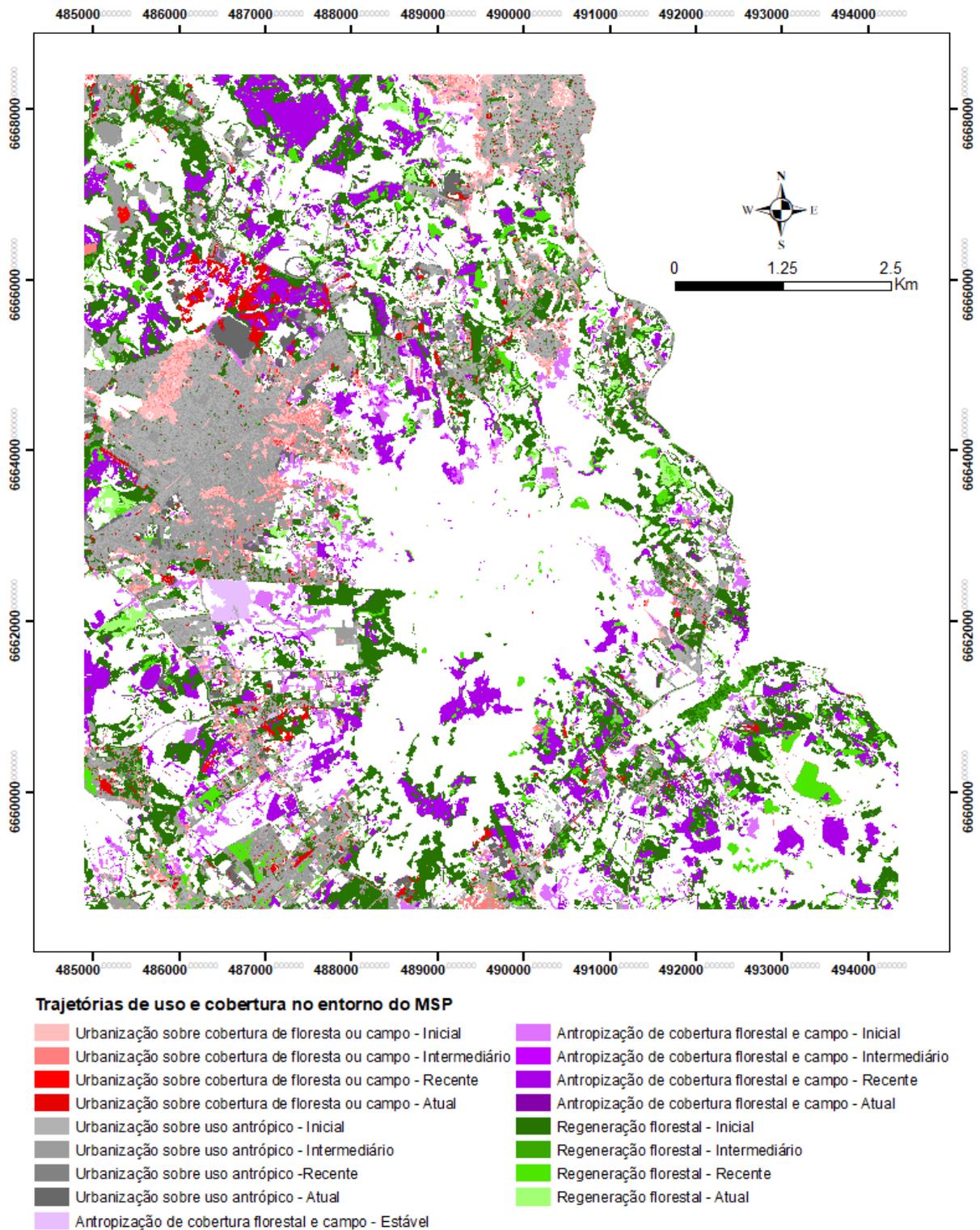


Figura 6.6 – Mapeamento das trajetórias de uso e cobertura da terra do entorno do MSP

Após a definição da classificação e união do processo da trajetória da Tabela 6.4 com a classificação temporal do processo de trajetória da Tabela 6.5, o mapa da Figura 6.6 revela a dinâmica espacial/temporal dos processos na escala de análise do MSP. As trajetórias com uso e cobertura estáveis foram desligadas da simbologia, somente a classificação do processo de trajetória "antropização de cobertura florestal e campo" foi incluído quando teve a classificação temporal "estável" pela diversidade da ocorrência de polígonos que tiveram trajetórias que alternaram desordenadamente entre as classificações de uso "campo antropizado" e "agricultura". Tal exceção foi devido a dificuldade de diferenciação na interpretação de imagem entre as classes além de ser um uma trajetória possível pela dinamismo e relação de uso entre as duas classes.

Visualmente, o mapa da Figura 6.6 ilustra que o processo de urbanização sobre uso antrópico é mais relevante no conjunto do mapeamento quando comparado ao processo de urbanização diretamente sobre cobertura florestal ou campo nativo. No entanto, o processo de antropização de cobertura florestal e campo nativo, é consideravelmente presente e revela-se em estágio temporal atual e/ou recente. Portanto, é possível pressupor que a dinâmica da urbanização do MSP não se dá diretamente sobre a cobertura florestal ou de campo nativo, sobretudo, a antropização destas classes, atua como uma frente de expansão da urbanização do MSP. Sobre o processo de regeneração florestal, que inclui a trajetória de sucessão florestal sobre campo nativo, é perceptível uma maior fragmentação em comparação com os outros processos e, além disso, não ocorre como uma frente de expansão da cobertura florestal estável no topo do MSP.

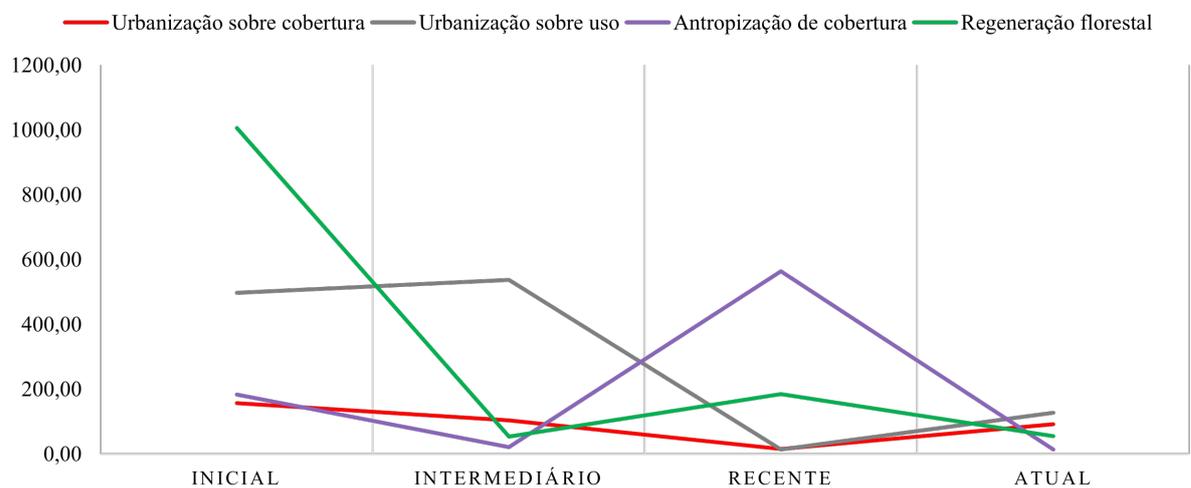


Figura 6.7 – Gráfico da variação da área em hectares ao longo do tempo da série histórica das trajetórias do entorno do MSP.

A Figura 6.7, demonstra o comportamento da evolução temporal da área das trajetórias na dinâmica do MSP em nível de polígono. Os processos de "urbanização sobre cobertura de floresta ou campo nativo" e "urbanização sobre uso antrópico", encontram-se em ascensão ao final da série histórica do mapeamento. Ambos tiveram o menor valor de área do processo na classificação temporal "recente" o que sugere que 2010 é o ano em que houve a menor área de surgimento de novos polígonos classificados como urbano, independente da classe que a sucedia na trajetória.

Em contraponto à queda dos processos de urbanização no período de análise "recente", verifica-se o pico do valor em área do processo de trajetória "antropização de cobertura florestal e campo nativo". Essa relação inversa entre os valores dos processos de urbanização e antropização, seguida da evidente ascendência do valor de urbanização no estágio atual e final da análise do MSP, reforça o pressuposto de que, além da relação entre os processos, há um vetor que sugere que o processo de urbanização é iniciado pela antropização da cobertura florestal ou campo nativo. A trajetória "regeneração florestal" revelou um comportamento semelhante ao comportamento da trajetória "antropização de cobertura florestal". Na comparação entre os gráficos das duas trajetórias deve-se considerar que a trajetória relacionada à antropização possui um período a mais do que a trajetória ligada à regeneração, já que a trajetória de antropização, mesmo quando classificada como estável na etapa anterior de processamento dos dados, possibilita que haja uma alternância frequente entre as classes de uso "agricultura" e "campo antropizado" que não foi descartada como trajetória impossível.

Ao analisar os valores absolutos de área das classes e a relação de fragmentação dos processos, é possível verificar que a trajetória que teve maior valor em área foi o de "regeneração florestal inicial", o que significa que a classe que teve maior aumento de área entre as duas datas foi a classe "floresta" entre os anos de 1964 e 1982. Tal resultado é esperado pelo fato de o ano de 1964 ter tido o menor valor de área de cobertura florestal no mapeamento (Figura 6.4). Ainda sobre a trajetória "regeneração florestal", a área da classe caiu de 1007,0 ha para 53,6 ha no período intermediário, aumentou no período recente para 184,7 ha e finalizou a série com 55,9 ha de área da classificação temporal "atual" da trajetória. A relação de fragmentação da trajetória revela que o valor da média de área por polígono foi de 0,08 ha para 0,002 ha, ou seja, ao longo da série, apesar de a trajetória ter um valor relevante em área total no entorno do MSP, revela-se um processo que ocorre de forma fragmentada e a fragmentação aumenta ao longo da série.

Tabela 6.6 – Tabela de valores de total de área das classes por período das trajetórias e relação de fragmentação das trajetórias.

| Trajétória de uso e cobertura no entorno do MSP | Área (ha) total da classe por período da trajetória | Relação de fragmentação (ha/número de polígonos) |
|--|--|---|
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo -Inicial | 157,07 | 0,02 |
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Intermediário | 103,94 | 0,01 |
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Recente | 16,29 | 0,01 |
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Atual | 92,42 | 0,00 |
| Urbanização sobre uso antrópico - Inicial | 498,40 | 0,02 |
| Urbanização sobre uso antrópico - Intermediário | 538,10 | 0,03 |

| | | |
|--|---------|------|
| Urbanização sobre uso antrópico - Recente | 13,91 | 0,01 |
| Urbanização sobre uso antrópico - Atual | 127,19 | 0,01 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo nativo - Estável | 21,75 | 0,72 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo nativo - Inicial | 183,86 | 0,04 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo nativo - Intermediário | 21,05 | 0,01 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo nativo - Recente | 564,48 | 0,12 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo nativo - Atual | 14,33 | 0,00 |
| Regeneração florestal - Inicial | 1007,00 | 0,08 |
| Regeneração florestal - Intermediário | 53,64 | 0,01 |
| Regeneração florestal - Recente | 184,67 | 0,05 |
| Regeneração florestal - Atual | 55,80 | 0,00 |

A trajetória "antropização de cobertura de floresta e campo nativo" teve a área da classe no período "estável" de 21,75 ha, aumentou para 183,86 ha, diminuiu para 21,05 ha, teve o segundo maior valor de área das trajetórias com 564,48 ha no período "recente", finalizando a série com 14,33 ha. Além disso, a trajetória "antropização de cobertura de floresta e campo nativo" teve o maior valor de relação de fragmentação quando considerado o período estável da classe com 0,72 ha por polígono. Este foi o único processo considerado na classificação estável pela dinâmica característica da classe. Ao desconsiderar a classificação temporal estável do processo, a classe revelou o valor de relação de fragmentação em decréscimo, pois iniciou a série com 0,04, no período intermediário revelou o valor de 0,01 ha por polígono, teve um pico no valor subindo para 0,12 ha por polígono no período recente e decresceu para um valor quase nulo no último período da série.

A trajetória "urbanização sobre uso antrópico" iniciou a série 498,40 ha no período "inicial", aumentou para 538,10 ha, caiu para 13,91 no período "recente" e ascendeu para 127,19 ha no último período da série. A relação de fragmentação da série revelou um baixo valor de média de área por polígono e ao longo da série iniciando com 0,02 ha, teve o pico de média de área no período intermediário com 0,03 ha, decaiu para 0,01 no período recente e manteve o valor no período atual.

A trajetória "urbanização sobre cobertura de floresta ou campo nativo" iniciou a série com 157,07 ha, diminuiu sua área para 103,94 ha, seguiu em decréscimo no período "recente" com 16,29 ha e finalizou a série em 92,42 ha. Sobre a relação de fragmentação da classe, a classe revelou os

valores de média de área em decréscimo de forma linear iniciando com 0,02 ha por polígono e finalizando com valor quase nulo, revelando o aumento da fragmentação do processo ao longo da série.

Além da relação da fragmentação, foram calculadas os percentuais de área dos processos delimitados pelos geocomplexos da Figura 6.8 definidos por Saretta et al. (2021).

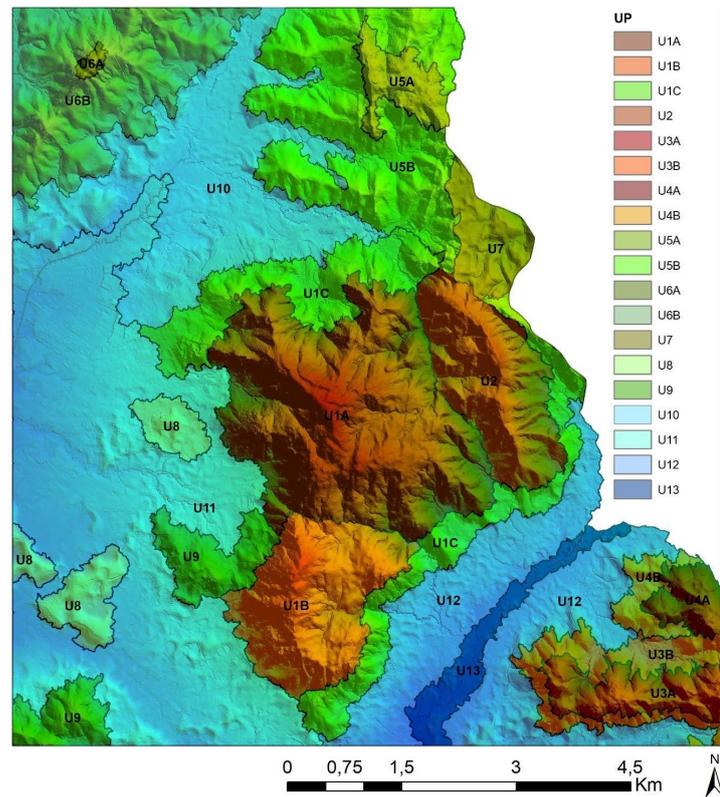


Figura 6.8 – Geocomplexos de Saretta et al. (2021).

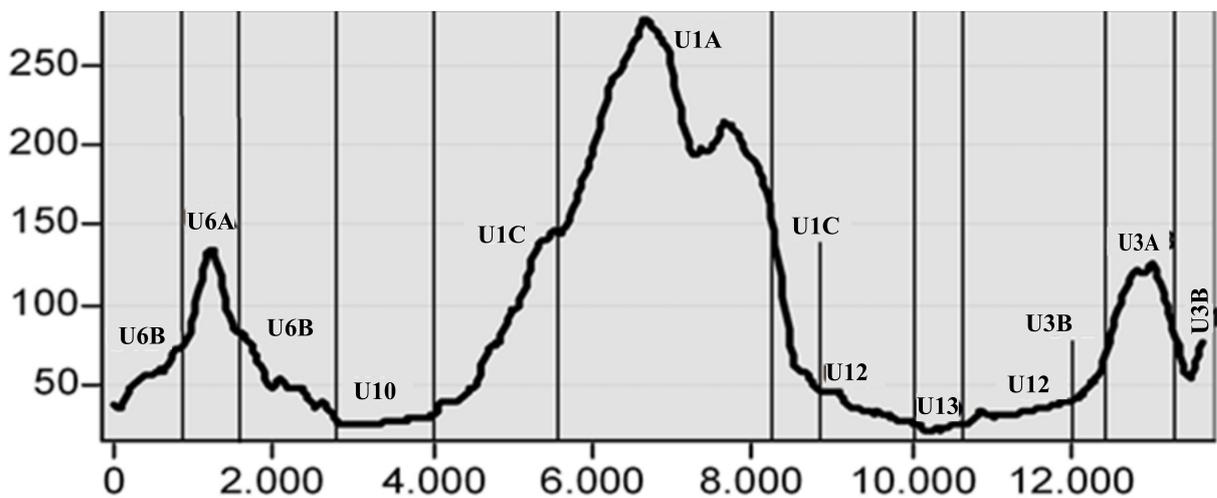


Figura 6.9 – Perfil topográfico contendo as unidades de paisagem de Saretta et al. (2021).

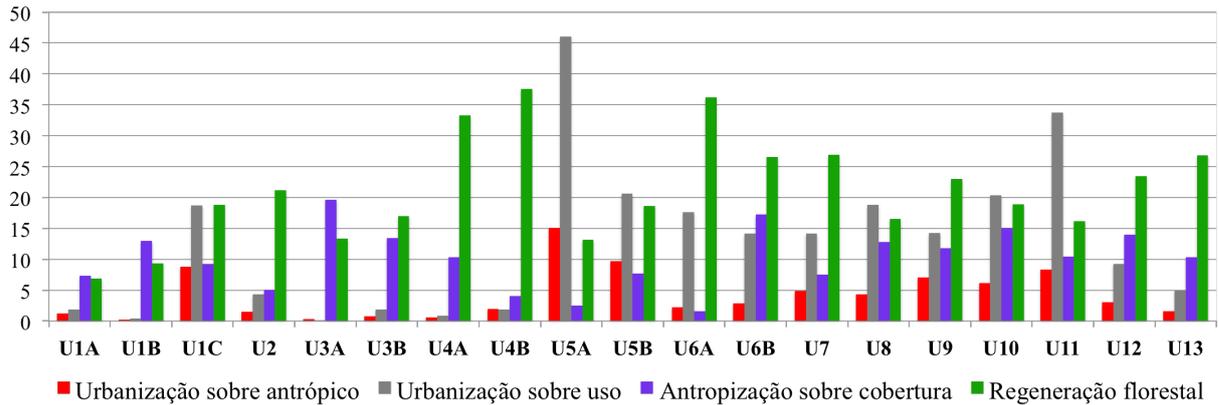


Figura 6.10 – Gráfico com o percentual de área de cada trajetória em cada unidade de paisagem definida pelos geocomplexos de Saretta et al. (2021).

Tanto o processo de "urbanização sobre cobertura" como o "urbanização sobre uso antrópico" teve maior percentual quando delimitado pelo geocomplexo Platô da Lomba, unidade de paisagem U5A. Segundo a Tabela 6.7 a unidade é caracterizada pelo modelado de relevo Colinas da Lomba do Pinheiro com segmento de vertente platô ondulado alto. Já o processo "regeneração florestal" revelou percentual relevante nos geocomplexos São Caetano (U4A) e Alto da Restinga (U6A). Respectivamente possuem modelado de relevo Morro da Extrema e Colinas da Lomba do Pinheiro e segmento de vertente topo de patamar alto e platô ondulado alto. O processo "Antropização sobre cobertura" teve maior percentual no geocomplexo Alto da Extrema (U3A) caracterizado pelo modelado Morro Extrema com segmento de vertente côncavo-convexa.

Tabela 6.7 – Tabela com codificação dos geocomplexos, nome e geomorfologia, geologia e tipo de solo de Saretta et al. (2021).

| Geocomplexo | Sigla | Solos | Modelado | Segmento de Vertente | Geologia |
|------------------------------|-------|--|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Alto São Pedro | U1A | Cambissolos Háplicos (CX) | Morro São Pedro | Topo Patamar Alto | Granito Viamão |
| Vertentes altas do São Pedro | U1B | Associação de Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-amarelo com Cambissolos Háplicos (PV2) | Morro São Pedro | Vertente côncavo - convexa | Granito Viamão |
| Encosta do São Pedro | U1C | PV2 | Colinas da Lomba do Pinheiro | Topo de Morro | Granito Viamão |
| Altas da Pitíngua | U2 | CX | Morro São Pedro | Topo Patamar Alto | Granito Ponta Grossa |
| Alto da Extrema | U3A | CX | Morro Extrema | Vertente côncavo - convexa | Granito Santa Galo |
| Encosta da Extrema | U3B | Grupo Indiferenciado de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelo (PV1 + PV2) | Morro Extrema | Topo Patamar Alto | Granito Santa Galo |
| São Caetano | U4A | CX | Morro Extrema | Topo Patamar Alto | Granito Viamão |

| | | | | | |
|------------------------------|-----|--|------------------------------|----------------------------|---|
| Encosta de São Caetano | U4B | PV1+PV2 | Morro Extrema | Vertente côncavo - convexa | Granito Viamão |
| Platô da Lomba | U5A | CX | Colinas da Lomba do Pinheiro | Platô Ondulado - Alto | Granito Viamão |
| Colinas da Lomba do Pinheiro | U5B | PV2 | Colinas da Lomba do Pinheiro | Vertente côncavo - convexa | Granito Viamão |
| Alto da Restinga | U6A | CX | Colinas da Lomba do Pinheiro | Platô Ondulado - Alto | Granito Viamão |
| Colinas da Restinga | U6B | PV2 | Colinas da Lomba do Pinheiro | Vertente côncavo - convexa | Depósitos Eluviais |
| Colinas Viamão | U7 | PV1 | Colinas Viamão | Vertente côncavo - convexa | Granito Viamão |
| Colinas Isoladas | U8 | PV1 | Colinas Isoladas Baixas | Vertente côncavo - convexa | Depósitos Eluviais |
| Colinas do Lageado | U9 | PV1 | Colinas Isoladas Baixas | Vertente côncavo - convexa | Granito Ponta grossa |
| Planície da Restinga | U10 | Associação de Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Hápicos e Plintossolos Argilúvicos (SG1) | Planície Flúvio Lagunar | Patamar Plano | Depósitos Eluviais |
| Terraço da Restinga | U11 | SG1 | Planície Flúvio Lagunar | Fundo de Vale | Terraços e cordões arenosos |
| Depósito da Extrema | U12 | SG1 | Planície Flúvio Lagunar | Fundo de Vale | Depósitos eluviais do Escudo + Depósitos Aluviais |
| Planície da Extrema | U13 | Neossolo Fluvico | Planície de Inundação | Depósito Aluvial | Depósitos Aluviais |

6.2.2 Trajetórias da *Tekoa Anhetengua*

Assim como nas Tabelas 6.3 e 6.4, a matriz dos processos de trajetória na escala da *Tekoa* foi gerada. Além das quatro classes definidas na escala do entorno, foi considerado o processo de "dinâmica habitacional". Tal processo foi revelado pela atualização do etnomapeamento da *Tekoa* (Figura 6.1). A inclusão do processo "dinâmica habitacional", é justificada pela supressão das manchas de pinus (Anexo A) e pela construção de novas casas que surgiram como demanda durante a pandemia do COVID 19. Desse modo, o processo "dinâmica habitacional" foi definido através do agrupamento das trajetórias:

1. "antropização de campo" = alternância entre as classes "campo antropizado" e "*kokue*";
2. "recuperação sobre processo de urbanização" = polígonos que tiveram a classificação "urbano" em algum momento da trajetória e finalizaram a série com a classificação "floresta";
3. "expansão de *kokue*" = polígonos que passaram da classificação "campo antropizado" para "*kokue*";
4. "supressão de pinus" = polígonos que eram classificados como "pinus" até 2018 e passaram para classificação "campo antropizado", "*kokue*" ou "urbano";
5. "abandono habitacional" = polígonos que foram classificados como "urbano" em algum momento da trajetória e terminaram a série como "campo antropizado".

Fica evidente pela Figura 6.11, que na escala de análise da *Tekoa Anhetengua*, toda a área de estudo teve as trajetórias representadas na simbologia do mapa das trajetórias (Figura 6.11), mesmo aquelas consideradas estáveis. As áreas de "cobertura estável" revelam as áreas que desde o início da série temporal do estudo estão classificadas como classe de uso "floresta" ou "campo nativo". Além da classe "cobertura estável", a classe "dinâmica habitacional" na classificação temporal "estável" foi determinada pelo dinamismo do vetor de uso/ocupação e cobertura da terra da paisagem compota pelo *Mbyá Rekó* (modo de vida *mbyá-guarani*). Tal vetor pode ser simplificado pela sucessão de uso e cobertura da terra explícito pela Figura 6.12

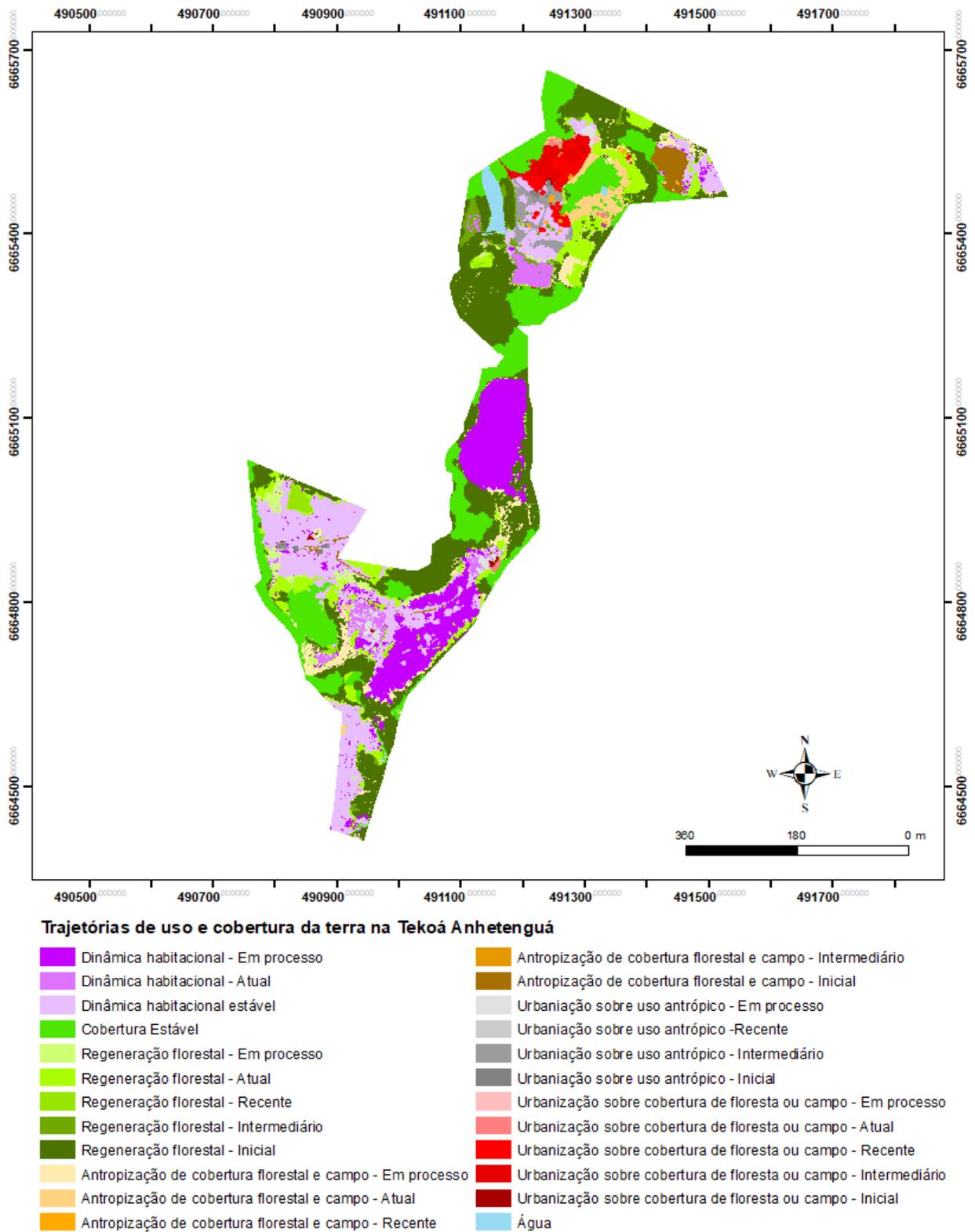
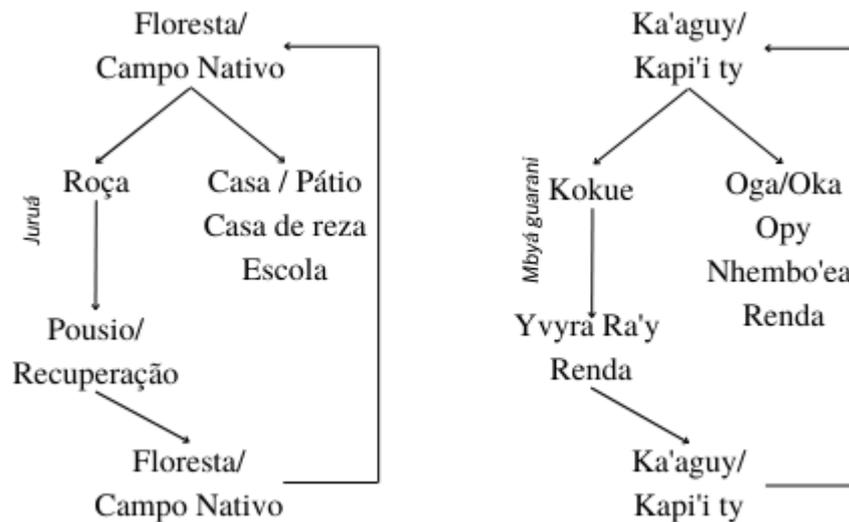


Figura 6.11 – Mapeamento das trajetórias de uso e cobertura da terra do entorno do MSP

A fluxograma da Figura 6.12 é resultado das observações de campo na construção do etnozonoamento da Figura 5.2 aliado aos resultados das trajetórias de uso e cobertura da terra da Figura

6.11.

Figura 6.12 – Trajetória (vetor) de uso e cobertura da terra do *Mbyá Rekó*.



Fonte: a autora

Ao analisar comparativamente a evolução da área entre as classes das trajetórias de uso e cobertura da terra, na escala da *Tekoa Anhetengua*, é notável que a área do processo de "dinâmica habitacional" finaliza a série temporal em ascendência assim como as classes de trajetória "urbanização sobre uso antrópico" e "antropização de floresta e campo nativo". Paralelamente, as trajetórias "urbanização sobre cobertura de floresta ou campo nativo" e "regeneração florestal" finalizam a série em decrescimento. A trajetória "urbanização sobre uso antrópico" é formada unicamente pelo agrupamento de trajetória "urbanização sobre campo antropizado".

A evolução do comportamento da área da trajetória "urbanização sobre cobertura de floresta ou campo" na escala da *Tekoa Anhetengua* pode ser explicada pelo fato de o primeiro ano da série, 1964, não ter tido a classe de uso "urbano" em nenhuma das escalas analisadas, o que justifica o pico do valor da área da trajetória no período intermediário. Porém, o valor da classe avança temporalmente em declínio até o fim da série. Quando comparado com a trajetória "antropização de floresta e campo", a linha de progressão do valor em área evolui antagonicamente considerando que o início da série apresenta um valor relevante, diminui no estágio intermediário e segue em ascensão até o fim da série, apontando uma relação entre os dois processos. Tal relação entre as duas classes, quando considerada a trajetória de MUCT do *Mbyá Rekó* (Figura 6.12, é validada pela evolução das áreas das trajetórias.

A trajetória "regeneração florestal" inicia a série em declínio até o período recente, aumenta a área no período atual e finaliza a série histórica em declínio. A trajetória "urbanização sobre uso antrópico" inicia a série em ascensão, alcança o maior valor no período "intermediário", entra em declínio até ter o valor de área zerado no período "atual" e finaliza a série temporal em

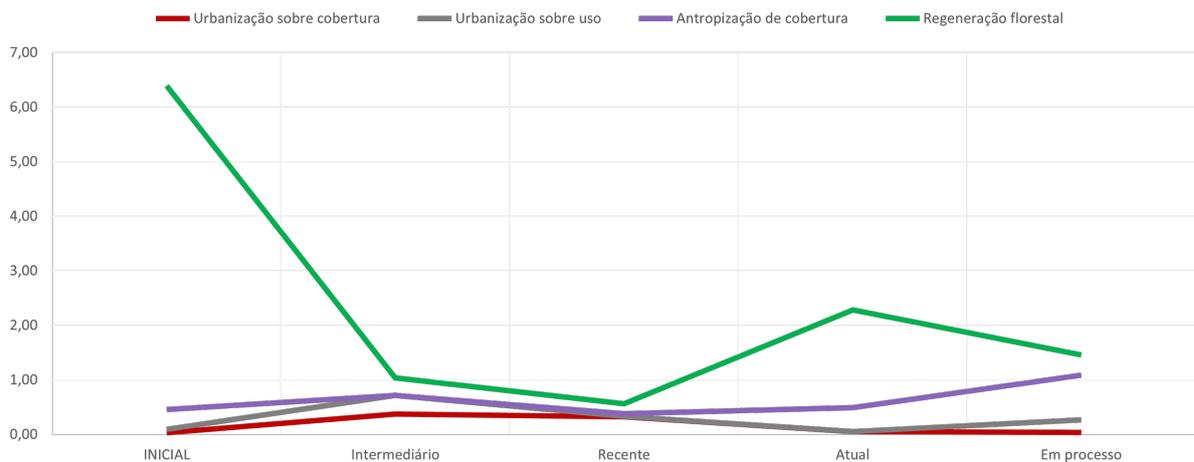


Figura 6.13 – Gráfico da variação da área em hectares ao longo do tempo da série histórica das trajetórias da *Tekoa Anhetengua*.

escalada. Tal comportamento da evolução da área das trajetórias, revela também uma relação antagonista entre os processos. No entanto, a trajetória "dinâmica habitacional" junto com as trajetórias "urbanização sobre uso antrópico" e "antropização de floresta ou campo nativo" finalizaram a série em ascensão revelando que na escala da *Tekoa Anhetengua* há uma maior dinâmica com áreas antropizadas ou a antropização de áreas de cobertura florestal e/ou campo nativo do que da ocupação direta sobre as classes de cobertura florestal e/ou campo nativo ou até mesmo relacionadas com a regeneração de cobertura florestal. Além disso, vale ressaltar que na trajetória "dinâmica habitacional" foi considerada o agrupamento de trajetória "abandono habitacional" que se refere a polígonos que tiveram a classificação "urbano" em algum momento da série e voltaram a ser classificadas como "campo antropizado" ou até mesmo "*kokue*". Tal comportamento só pode ser retratado pelas práticas de oficinas de etnomapeamento (Figura 6.1). Pelo mesmo motivo, o agrupamento da trajetória "supressão de pinus", integra a trajetória "dinâmica habitacional" devido ao fato de que no momento da atualização do etnomapeamento (Figura 6.1), a comunidade ainda não sabia qual seria a destinação da área suprimida, quando foi ilustrada a trajetória de MUCT do *Mbyá Rekó* da Figura 6.12.

Ao analisarmos os valores absolutos e mais relevantes relacionados à área dos polígonos que representam as trajetórias na escala da *Tekoa Anhetengua*, a "regeneração florestal - inicial" representa o maior valor de área total da classe com 5,93 ha, e o segundo maior valor de relação de fragmentação na análise da *Tekoa*. A relação de fragmentação ou a média de área em nível de polígono da classe foi de 0,011 ha. O maior valor de média de área ou relação de fragmentação do BDG foi da classe "cobertura estável", que além de ter a melhor relação de fragmentação, teve o segundo maior valor em área com 4,31 ha. O terceiro e quarto maior valor em área das trajetórias foi respectivamente "dinâmica habitacional - estável" e "dinâmica habitacional - em processo". Tais valores são esperados pelo fato de o agrupamento de trajetória "supressão de pinus" ter sido estimado dentro da trajetória. Segundo o Anexo A, somente as manchas de

vegetação exótica tiveram o valor de 2,75 ha e os polígonos que classificaram as manchas de pinus até 2018, passaram a ser classificados como "campo antropizado" ou "kokue" em 2021.

Tabela 6.8 – Tabela de valores de total de área das classes por período das trajetórias e relação de fragmentação das trajetórias na escala da *Tekoa Anhetengua*.

| Trajetória da uso e cobertura na Tekoa Anhetengua | Área (ha) | Relação de fragmentação ha/polígono |
|--|------------------|--|
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Inicial | 0,03 | 0,0003 |
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Intermediário | 0,37 | 0,0028 |
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Recente | 0,33 | 0,0028 |
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Atual | 0,05 | 0,0011 |
| Urbanização sobre cobertura de floresta ou campo - Em processo | 0,04 | 0,0006 |
| Urbanização sobre uso antrópico Inicial | 0,06 | 0,0019 |
| Urbanização sobre uso antrópico Intermediário | 0,34 | 0,0023 |
| Urbanização sobre uso antrópico Recente | 0,00 | 0,0011 |
| Urbanização sobre uso antrópico Em processo | 0,23 | 0,0010 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo - Inicial | 0,36 | 0,0024 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo - Intermediário | 0,00 | 0,0001 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo - Recente | 0,05 | 0,0011 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo - Atual | 0,44 | 0,0058 |
| Antropização de cobertura de floresta e campo - Em processo | 0,82 | 0,0007 |
| Regeneração florestal Inicial | 5,93 | 0,0110 |

| | | |
|-------------------------------------|------|--------|
| Regeneração florestal Intermediário | 0,32 | 0,0016 |
| Regeneração florestal Recente | 0,18 | 0,0039 |
| Regeneração florestal Atual | 1,79 | 0,0020 |
| Regeneração florestal Em processo | 0,37 | 0,0010 |
| Cobertura Estável | 4,31 | 0,0222 |
| Dinâmica habitacional Estável | 3,85 | 0,0046 |
| Dinâmica habitacional Atual | 0,55 | 0,0020 |
| Dinâmica habitacional Em processo | 3,15 | 0,0031 |

6.2.3 Análise comparativa dos processos entre a escala de entorno do MSP e a escala da *Tekoa Anhetengua*

Comparativamente, as tabelas com o ranking da área dos processos evidenciam que a "cobertura estável", é o processo mais significativo no entorno do MSP. Vale ressaltar que dos 33,06% de ocorrência do processo no MSP, 12,43% da área está situado em um valor médio de altitude de 130m. O segundo processo com maior percentual de área em relação a área de estudo, foi o processo de "regeneração florestal" com 17,85% da área seguido pelo processo de "urbanização sobre uso antrópico", com 16,16% da área total. A trajetória nomeada "uso instável" é caracterizada por polígonos que tiveram uso alternado entre campo antropizado, agricultura e silvicultura e teve ocorrência de 14,57% na paisagem do entorno do MSP. A trajetória classificada como "antropização de cobertura florestal" teve um percentual de 11,05% da área de estudo do MSP. As trajetórias que menores valores de representação na dinâmica da paisagem da área de estudo do entorno do MSP foi "urbanização sobre cobertura florestal ou campo nativo" com 5,07% e por último no ranking uso estável" com 2,20% de representação da área.

Tabela 6.9 – Tabela ranking de proporção de área das trajetórias em relação à área total do MSP.

| Trajетória | (%) |
|---------------------------------|--------|
| Cobertura estável | 33,06% |
| Regeneração florestal | 17,85% |
| Urbanização (sobre antropizado) | 16,16% |

| | |
|---|--------|
| Uso instável | 14,57% |
| Antropização de cobertura florestal | 11,05% |
| Urbanização sobre cobertura florestal ou campo nativo | 5,07% |
| Uso estável | 2,20% |

Concomitantemente, na escala de análise da *Tekoa Anhetengua* o processo mais relevante na paisagem foi o de "regeneração florestal" com 36,10%, seguido pelo processo de "dinâmica habitacional e de manejo florestal" com o valor de representação na paisagem de 31,62%. Tal ocorrência respalda a trajetória de uso e cobertura da terra do *Mbyá Rekó* sinteticamente retratado pela Figura 6.12. Em terceiro lugar o processo de "cobertura estável" revelou-se na paisagem em uma proporção de 18,10%. As trajetórias menos representativas da escala da *Tekoa Anhetengua* foram "antropização de cobertura florestal" com 7,00%, "urbanização sobre cobertura florestal ou campo nativo" com 3,43% e "urbanização sobre antropizado" com 2,67%.

Tabela 6.10 – Tabela ranking de proporção de área das trajetórias em relação à área total da *Tekoa Anhetengua*.

| Trajетória | (%) |
|---|--------|
| Regeneração florestal | 36,10% |
| Dinâmica habitacional e de manejo agroflorestal | 31,62% |
| Cobertura estável | 18,10% |
| Antropização de cobertura florestal | 7,00% |
| Urbanização sobre cobertura florestal ou campo nativo | 3,43% |
| Urbanização (sobre antropizado) | 2,67% |

É considerável que na escala de análise da *Tekoa* a paisagem comporta um maior dinamismo entre cobertura florestal ou de campo nativo e uso antrópico do que na escala do MSP, pois mais da metade da área da *Tekoa* está submetida a esta dinâmica e ainda assim, permanece com cobertura estável (floresta ou campo nativo) com o terceiro maior percentual de representação na paisagem.

Na escala do MSP as classes estáticas, ou, aquelas que não possuem um processo na trajetória como: "cobertura estável", "uso instável" e "uso estável", representam a metade da área. Além disso, as trajetórias que possuem o processo de urbanização independente da classificação anterior, foi considerado o uso final na trajetória destas áreas assim classificadas, uma vez que, o processo de urbanização dificilmente recua principalmente quando situado na zona rururbana de Porto Alegre. Considerando que o vetor de expansão da cidade avança sobre áreas desmatadas ou antropizadas, o processo de "antropização de cobertura florestal" suscita ser, apesar de ser a terceira mais baixa do ranking de proporção de área das trajetórias, o processo que viabiliza

a expansão urbana. Além disso, o processo "uso estável", caracterizado pelo uso agricultura, campo antropizado ou silvicultura, o que configura na área de estudo o mais próximo do que se define como rural, e é a classe menos representativa na paisagem do MSP.

6.3 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES DAS TRAJETÓRIAS DE MUCT DO MSP

O resultado da identificação dos fatores condicionantes está ilustrado pelo gráfico da Figura 6.14. Foram tratadas como variáveis dependentes as trajetórias de MUCT do MSP do Capítulo 6.2.1. Os processos identificados pelas trajetórias que tiveram correlação com o conjunto de variáveis diretas e indiretas como os dados socioeconômicos e variáveis ecológicas foram o processo de "urbanização direta", que refere-se a trajetória "urbanização diretamente sobre a cobertura florestal ou campo nativo", "urbanização indireta" que refere-se à trajetória "urbanização sobre uso antrópico", "antropização", que se refere a trajetória "antropização de cobertura de floresta ou campo nativo", "regeneração", que se refere a trajetória "regeneração florestal" e "cobertura estável" que refere-se a trajetórias de MUCT que tiveram em todas os períodos classificação de uso de "floresta" ou de "campo nativo".

Os dados socioeconômicos que se relacionaram com o processo da trajetória "urbanização direta" e "urbanização indireta", que ficaram localizados no mesmo quadrante no gráfico de análise de CCA foram as variáveis socioeconômicas ligadas à densidade populacional, tratamento de água e esgoto e as unidades de paisagem (UP) 2B e 9. A UP 2 é caracterizada, segundo Saretta et al. (2021) pelo geocomplexo "altas da pitinga" com o modelado do MSP, segmento de vertente topo de morro e geologia Granito Ponta Grossa. A UP 9 é caracterizada em Saretta et al. (2021) pelo geocomplexo "colinas do Lageado," com modelado de colinas isoladas baixas, segmento de vertente côncavo - convexa e geologia Granito Ponta Grossa. A UP 2B está localizada sobreposta ao bairro Pitinga do município de Porto Alegre e segundo o Boletim de Bairros Oficiais da (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2017), é considerado um bairro pobre, tendo em vista seus altos índices de violência, seu baixo índice de IDH (0.668) que comparado com o índice de IDH de Porto Alegre em 2010 (0.805) é relativamente baixo. O bairro é um dos bairros com maior índices de analfabetos na capital gaúcha, com 5,54% de analfabetos, em comparação com os bairros ao redor, apenas um consegue ter índice semelhante, o bairro Lageado que apresenta 5,38% da sua população analfabeta (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2017). O Bairro Lageado é representado pela UP 9, também relacionados como fatores condicionantes dos processos de urbanização. Está localizado a 30 km do centro de Porto Alegre e possui um caráter rural, pois o asfalto não chegou a muitas estradas e seu território é utilizado basicamente para agricultura. Tais características podem ser relacionadas aos pressupostos de Harvey (2005) que argumenta sobre a forma da expansão urbana muitas vezes ocorrer às custas das áreas rurais,

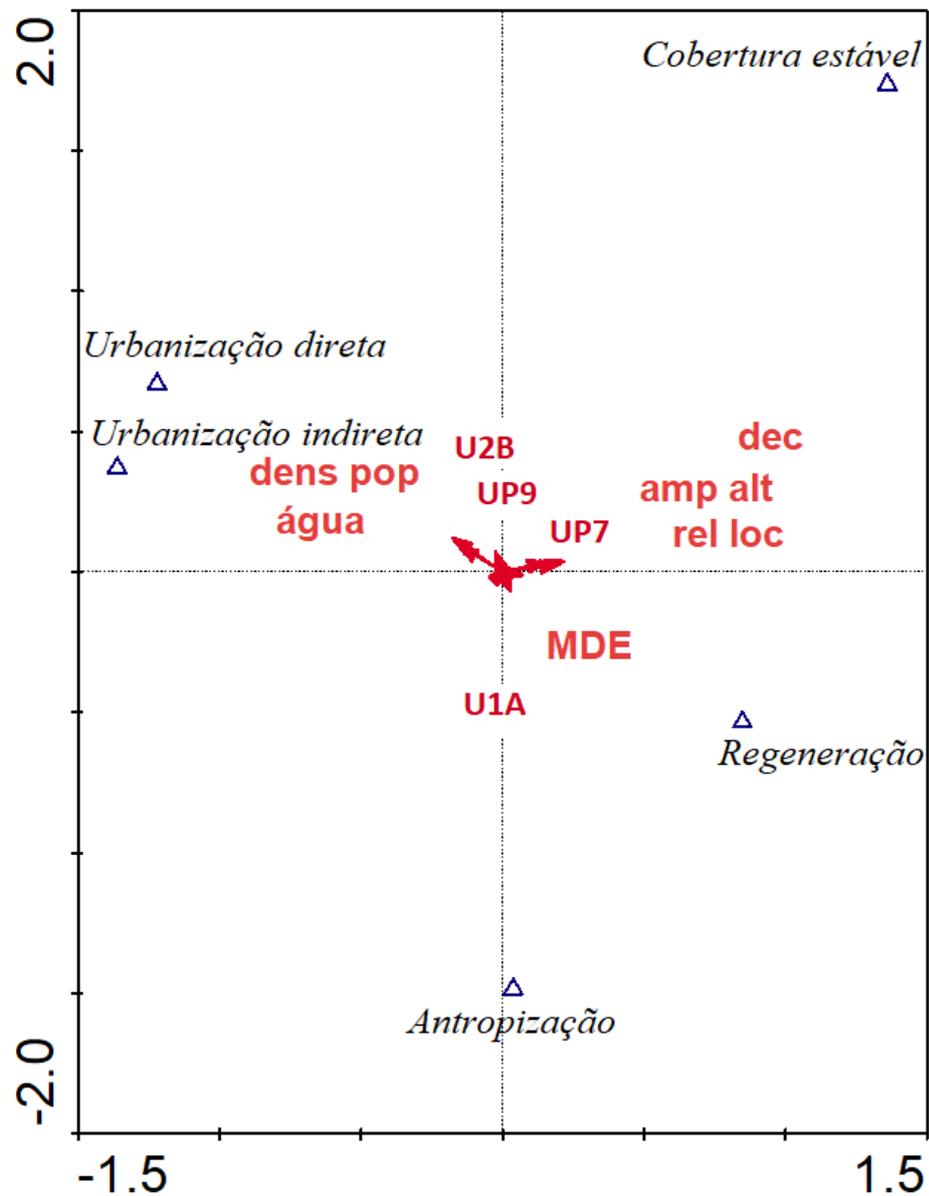


Figura 6.14 – Gráfico de CCA do mapeamento das trajetórias de uso e cobertura da terra do entorno do MSP.

que são incorporadas às cidades como zonas periféricas.

O processo "cobertura estável" teve maior correlação com a declividade, amplitude altimétrica, relevo local, e a UP 7 que foi classificada como geocomplexo "colinas de Viamão" em Saretta et al. (2021), com modelado colinas de Viamão, segmento de vertente côncavo - convexa e geologia Granito Viamão. A relação da amplitude altimétrica com o processo é bastante previsível considerando que quanto maior o gradiente de amplitude altimétrica, maior a dificuldade de acesso para a antropização das áreas. O relevo local é calculado por meio da comparação da elevação de cada ponto com a média das elevações de seus vizinhos imediatos. Isso permite

identificar áreas de declives íngremes e áreas mais planas ou suaves dando a noção de rugosidade do terrenos. O alto valor deste dado o coloca também com uma área de difícil antropização e é usado na identificação de áreas de risco de deslizamento de terra, na análise do potencial de uso do solo, na identificação de áreas de preservação ambiental, entre outras. A UP 7 está sobreposta à APP do morro das Quirinas, colocando a área em situação de proteção permanente, reforçando a relação do processo com a área.

Os processos "regeneração" e "antropização" ficaram no mesmo quadrante e tiveram correlação com os dados do MDE e UP 1A que em Saretta et al. (2021) é caracterizada pelo geocomplexo "Alto São Pedro" com modelado Morro São Pedro, segmento de vertente topo de patamar - alto e geologia Granito Viamão. A simultaneidade do processo no mesmo quadrante revelam que as mudanças na cobertura do solo foram afetadas pelas maiores cotas de altude pela relação com o MDE, e também pode ser interpretado pela influência de uso anterior da terra assim como a proximidade de áreas urbanas.

7 CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados é possível identificar primeiramente, que a principal dinâmica da área de estudo é caracterizada pelo processo de urbanização sobre a área rururbana do município de Porto Alegre. Desde o início da série histórica analisada, o uso e cobertura da terra passou do uso principalmente agrícola e de campo antropizado para urbano e cobertura florestal. Foi possível observar que apesar de que o processo de regeneração florestal apresentar maior valor em área quando comparado ao de urbanização (sobre uso antrópico), a regeneração se dá de forma fragmentada na paisagem, muitas vezes representada por pátios e arborização urbana. Além disso, quando as duas trajetórias que envolvem o processo de urbanização são somadas, o processo indica ser o mais relevante proporcionalmente na área de estudo do MSP. Enquanto isso, o processo de "regeneração florestal" ocorreu em maior proporção quando considerada a área da *Tekoa Anhetengua*. O mesmo processo, relaciona-se com o processo de "dinâmica habitacional e manejo agroflorestal" de forma distinta ao processo de urbanização do entorno do MSP. Com a utilização das técnicas da contracartografia em oficinas de etnomapeamento, foi possível identificar que diferente do processo de urbanização *juruaá*, o processo de dinâmica habitacional está diretamente ligado ao processo de regeneração uma vez que a relação com a moradia é dada de forma transitória, mesmo dentro da TI. Pois, ao início de um núcleo de habitações, incorpora-se um núcleo de *kokue*, que sucessivamente será iniciado um processo de recuperação para que futuramente torne-se novamente *ka'aguy*. Assim, a ideia de ruptura entre homens, mulheres e natureza é fragilizada quando a paisagem do *Mbya Reko* é tomada pela lente da Transdisciplinaridade.

Além dos resultados quantitativos ligados aos processos revelados pelas trajetórias de MUCT, a escala utilizada para o mapeamento da *Tekoa Anhetengua* salienta a afinidade que a aplicação da metodologia trabalhada nesta pesquisa expressa no trabalho com as TIs no Rio Grande do Sul, sobretudo com os *Mbyá Guarani* habituados aos biomas Pampa e Mata Atlântica. O aporte de subsídios geotecnológicos neste recorte geográfico é uma demanda que inicia no fortalecimento político, através de estudos consistentes que desvelem a magnitude do *Mbyá Rekó* e como ele atua na paisagem em seus diversos contextos, até a urgência em direcionar a devida atenção para que as culturas tradicionais estejam posicionadas no centro de políticas ambientais em todas as escalas.

A orientação da temática ambiental em estudos científicos ligados à mudanças climáticas, por exemplo, impele reparação do período de desprovimento de dados sociais na modelagem de sistemas ambientais. Diretamente sobre isso, recai sobre a ciência a necessidade da superação do

paradigma mecanicista a fim de fornecer uma compreensão mais apurada das interações entre meio ambiente, cultura e sociedade. A transdisciplinaridade e a contracartografia empenharam neste trabalho jubilosa abordagem crítica e de integração de perspectivas, diluindo fronteiras de áreas de conhecimento e criando espaços de diálogo e colaboração entre conhecimentos científicos e conhecimentos tradicionais. A contracartografia, como parte desta abordagem transdisciplinar, subverte a lógica de produção de mapas e fornece um ambiente de compreensão mais abrangente dos problemas socioambientais. Ambas as abordagens reconhecem a complexidade dos problemas enfrentados pela sociedade e a necessidade de integrar diferentes perspectivas e formas de conhecimento para abordá-los de forma eficaz questionando as formas dominantes de produção de conhecimento e a relação de poder existente em torno delas. Ambas as abordagens buscam desafiar as visões dominantes e hegemônicas sobre o espaço, o território e o poder, e promover uma compreensão mais inclusiva e crítica deles.

Ainda sobre o impacto qualitativo alcançado por este trabalho, satisfatoriamente fruto da conjugação das abordagens integrativa e crítica da transdisciplinaridade com a contracartografia respectivamente, é notável o fornecimento de um fecundo campo analítico. Quando nos orientamos a ideia de continuidade, não esta entre as disciplinas ou ainda entre os conhecimentos científicos e os tradicionais, mas aquela da física clássica, como ela se manifesta quando situamos os estudos no "sistema complexo adaptativo e integrado formado pela interação de variáveis físicas, ecológicas e sociais que atuam em sua formação, hierarquia, estrutura e dinâmica processual" (FREITAS et al., 2018), como aqui consideramos a paisagem. A afinidade que o conceito de trajetória de MUCT exprime quando confronta o conceito de causalidade local coloca a Geografia e a Ecologia da Paisagem, como um ambiente conveniente à interlocução entre as escalas de observação e dimensões culturais e ontológicas.

Os resultados das trajetórias quando analisadas comparativamente, revela que valores de regeneração florestal e ou cobertura florestal ou de campo nativo estável dentro e fora dos limites da *Tekoa Anhetengua* divergem proporcionalmente à área total de suas respectivas escalas. Este comportamento desigual sugere que o processo de regeneração florestal dentro da *Tekoa Anhetengua* possua outros fatores de interação que não somente aqueles eventos expressamente considerados pela mecânica clássica resultantes de interações e eventos de vizinhança. Podemos concluir aqui que a cobertura florestal progride no tempo de forma descontinuada a depender se ela está dentro ou fora da paisagem definida pelo *Mbyá Rekó* mesmo que no mesmo espaço quando consideramos os fatores físicos como este.

REFERÊNCIAS

ALBERTZ, J. Methoden der mustererkennung. **Rundgespräche der Kommission für Ökologie**, v. 17, p. 37–52, 1999. Citado na página 38.

ALVES, D. S. Space-time dynamics of deforestation in brazilian amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, Taylor & Francis, v. 23, n. 14, p. 2903–2908, 2002. Citado na página 45.

_____. Pesquisa interdisciplinar em estudos ambientais. **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. Rio de Janeiro: Garamond e Belém: MPEG, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

ANDERSEN, L. E.; REIS, E. J. **Deforestation, development, and government policy in the Brazilian Amazon: an econometric analysis**. [S.l.], 2015. Citado na página 45.

ASNER, G. P.; HICKE, J. A.; LOBELL, D. B. Per-pixel analysis of forest structure. In: **Remote sensing of forest environments**. [S.l.]: Springer, 2003. p. 209–254. Citado na página 37.

ATTRI, P.; CHAUDHRY, S.; SHARMA, S. Remote sensing gis based approaches for lulc change detection – a review. 10 2015. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.

AZEREDO, M.; MONTEIRO, A. M. V.; ESCADA, M. I. S.; FERREIRA, K. R.; VINHAS, L.; PINHEIRO, T. F. Mineração de trajetórias de mudança de cobertura da terra em estudos de degradação florestal. *Revista Brasileira de Cartografia*, 2016. Citado 3 vezes nas páginas 39, 40 e 41.

BASTIAN, O. Landscape ecology–towards a unified discipline? **Landscape Ecology**, Springer, v. 16, p. 757–766, 2001. Citado na página 31.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C.; OVERBECK, G. E. Late-holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern brasil: Implications for conservation. **Applied Vegetation Science**, Wiley Online Library, v. 10, n. 1, p. 81–90, 2007. Citado na página 18.

BERKES, F.; KISLALIOGLU, M.; FOLKE, C.; GADGIL, M. Minireviews: exploring the basic ecological unit: ecosystem-like concepts in traditional societies. **Ecosystems**, Springer, v. 1, n. 5, p. 409–415, 1998. Citado na página 13.

BERTALANFFY, L. v. **General system theory: Foundations, development, applications**. [S.l.]: G. Braziller, 1968. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 32.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. [S.l.]: Vozes Petrópolis, 1975. Citado na página 12.

BERTRAND, G. Geosystems: An introduction to the study of combined geological and biological systems. **The Journal of Ecology**, Wiley, v. 56, n. 2, p. 511–512, 1968. Citado na página 33.

BERTRAND, G.; TRICART, J. Paysage et géographie physique globale. esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 39, n. 3, p. 249–272, 1968. Citado na página 29.

BLASCHKE, T. Landscape metrics: Konzepte eines jungen ansatzes der landschaftsökologie und anwendungen in naturschutz und landschaftsforschung. **Archives of Nature Conservation and Landscape Research**, Taylor & Francis, v. 39, n. 4, p. 267–299, 2000. Citado na página 44.

BLASCHKE, T.; HAY, G. J.; WENG, Q.; RESCH, B. Collective sensing: Integrating geospatial technologies to understand urban systems—an overview. **Remote Sensing**, Molecular Diversity Preservation International, v. 3, n. 8, p. 1743–1776, 2011. Citado na página 38.

BORGES, J. L. Del rigor en la ciencia. **Quaderns d'arquitectura i urbanisme**, p. 12–12, 2002. Citado na página 13.

BRACK, P.; RODRIGUES, R. S.; SOBRAL, M.; LEITE, S. d. C. Árvores e arbustos na vegetação natural de porto alegre, rio grande do sul, brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 51, n. 2, p. 139–166, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 20.

BRASIL, S. G. d. P. d. R. **Política Nacional de Gestão Ambiental e Territorial de Terras Indígenas**. 2012. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/comunicacao/publicacoes/category/1057-pgta>>. Citado na página 24.

BRIASSOULIS, H. Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches. Regional Research Institute, West Virginia University, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 43.

BUENO, I. T.; JUNIOR, F. W. A.; SILVEIRA, E. M.; MELLO, J. M.; CARVALHO, L. M.; GOMIDE, L. R.; WITHEY, K.; SCOLFORO, J. R. S. Object-based change detection in the cerrado biome using landsat time series. **Remote Sensing**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 5, p. 570, 2019. Citado na página 57.

BÜRGI, M.; HERSPERGER, A. M.; SCHNEEBERGER, N. Driving forces of landscape change-current and new directions. **Landscape ecology**, Springer, v. 19, n. 8, p. 857–868, 2005. Citado na página 44.

CAMARGO, L. H. R. de. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: a geografia da complexidade**. [S.l.]: Bertrand Brasil, 2005. Citado na página 13.

CAROL, H. Zur diskussion um landschaft und geographie. **Geographica Helvetica**, Geographisch-Ethnographische Gesellschaft Zürich Göttingen, Germany, v. 11, n. 1, p. 111–133, 1956. Citado na página 31.

CAROL, H.; NEEF, E. Zehn grundsätze über geographie und landschaft. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, v. 101, p. 97–98, 1957. Citado na página 32.

CARVALHO, C. R. d. Aplicação de ecologia da paisagem ao etnomapeamento e etnozoneamento de comunidade mbyá-guarani em espaços urbanos de porto alegre. 2019. Citado 12 vezes nas páginas 14, 22, 37, 47, 48, 50, 51, 53, 55, 57, 58 e 59.

- CARVALHO, C. R. d.; ARDISSONE, R. E.; CARVALHO, C. E. V. d.; MORINICO, J. R. ; MORINICO, J. M. R.; COSTA, V. L. d.; WINTER, L. K. Estudos de vegetação aplicados ao etnomapeamento da tekoa anhetengua. In: **Teko Vy a: alegria Mbyá-Guarani, natureza e cultura na Tekoa Anhetengua**. [S.l.]: Nesse Sentido, 2021. p. 135–158. Citado na página 21.
- CARVALHO, C. R. d.; FREITAS, M. W. D. d.; PRADO, H. V.; RODRIGUES, L. d. S.; AQUINO, R. d. S. Mudanças de uso e cobertura da terra na tekoa anhetengua e no entorno do morro são pedro no período entre 1964 e 2019. In: **Teko Vy a: alegria Mbyá-Guarani, natureza e cultura na Tekoa Anhetengua**. [S.l.]: Nesse Sentido, 2021. p. 113–134. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 48.
- CARVALHO, C. R. de; FREITAS, M. W. D. de. Análise espacial de mudanças de uso e cobertura da terra recentes (2016-2018) no entorno da aldeia anhetenguá (porto alegre-rs). 2019. Citado na página 37.
- CHAMBERS, J. Q.; ASNER, G. P.; MORTON, D. C.; ANDERSON, L. O.; SAATCHI, S. S.; ESPÍRITO-SANTO, F. D.; PALACE, M.; JR, C. S. Regional ecosystem structure and function: ecological insights from remote sensing of tropical forests. **Trends in Ecology & Evolution**, Elsevier, v. 22, n. 8, p. 414–423, 2007. Citado na página 45.
- CHAPIN, M.; LAMB, Z.; THRELKELD, B. Mapeo de tierras indígenas. **The Annual Review of Anthropology**, v. 34, p. 1–23, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 26.
- CLAVAL, P. **Epistemologia da geografia**. [S.l.]: Ed. da UFSC, 2011. Citado na página 35.
- COLWELL, J. E.; WEBER, F. Forest change detection. In: **International Symposium on Remote Sensing of Environment, 15 th, Ann Arbor, MI**. [S.l.: s.n.], 1981. p. 839–852. Citado na página 37.
- COMANDULLI, C. S. Mobilidade, identidade e acesso a direitos: os povos guarani e as fronteiras. **Revista Ñanduty**, v. 1, n. 1, p. 22–31, 2012. Citado na página 24.
- COPPIN, P.; JONCKHEERE, I.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; LAMBIN, E. Review articulated digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. **International journal of remote sensing**, Taylor & Francis, v. 25, n. 9, p. 1565–1596, 2004. Citado na página 39.
- COPPIN, P. R.; BAUER, M. E. Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. **Remote sensing reviews**, Taylor & Francis, v. 13, n. 3-4, p. 207–234, 1996. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.
- DADASHPOOR, H.; AZIZI, P.; MOGHADASI, M. Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 655, p. 707–719, 2019. Citado na página 62.
- DIEGUES, A. C. et al. Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos. **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos**, Hucitec São Paulo, v. 2, p. 01–46, 2000. Citado na página 12.
- ECO, U. On the impossibility of drawing a map of the empire on a scale of 1 to 1. **How to travel with a salmon and other essays**, Harcourt San Diego, p. 95–106, 1994. Citado na página 13.

FEARNSIDE, P. M. The rate and extent of deforestation in brazilian amazonia. **Environmental conservation**, Cambridge University Press, v. 17, n. 3, p. 213–226, 1990. Citado na página 45.

FEARNSIDE, P. M.; TARDIN, A. T.; FILHO, L. G. M. Deforestation rate in brazilian amazonia. **National Secretariat of Science and Technology, Brasilia, Brazil**, 1990. Citado na página 45.

FILHO, B. S. S. Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica. **Escola Politécnica. São Paulo, Universidade de São Paulo**, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

FORMAN, R. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions (1995). **The Ecological Design and Planning Reader; IslandPress: Washington, DC, USA**, Springer, p. 217–234, 2014. Citado na página 44.

FORMAN, R.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. Wiley, 1986. ISBN 9780471870371. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ZvNEVs2MWqcC>>. Citado na página 30.

FOURNIER, J.; PANIZZA, A. C.; LUCHIARI, A. Reflexões metodológicas sobre a utilização dos índices geométricos e topológicos na análise espacial de classificações de imagens landsat. **Geografia, Rio Claro**, v. 30, n. 1, p. 77–94, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.

FREITAS, M. W. D. d.; MORINICO, J. R.; MORINICO, M. R.; CARVALHO, C. R. d.; BRUSTULIN, F. S.; GUERRA, S. C. Etnomapeamento e etnozoneamento coletivo da aldeia anhetengua. In: **Teko Vy**

a: alegria Mbyá-Guarani, natureza e cultura na Tekoa Anhetengua. [S.l.]: Nesse Sentido, 2021. p. 61–112. Citado 3 vezes nas páginas 18, 19 e 20.

FREITAS, M. W. D. d.; MOURA, N. S. d.; PRADO, H. V.; WASCHBURGER, A. L.; NASCIMENTO, V. F. Formação espacial, desigualdades de desenvolvimento humano e racismo estrutural/ambiental no entorno do morro são pedro (porto alegre-rs). In: **Teko Vy**

a: alegria Mbyá-Guarani, natureza e cultura na Tekoa Anhetengua. [S.l.]: Nesse Sentido, 2021. p. 37–60. Citado na página 65.

FREITAS, M. W. D. d.; MUÑOZ, P.; dos Santos, J. R.; ALVES, D. S. Land use and cover change modelling and scenarios in the upper uruguay basin (brazil). **Ecological Modelling**, v. 384, p. 128–144, 2018. ISSN 0304-3800. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380018302151>>. Citado na página 87.

FREITAS, M. W. D. de; SANTOS, J. R. D.; ALVES, D. S. Land-use and land-cover change processes in the upper uruguay basin: linking environmental and socioeconomic variables. **Landscape Ecology**, Springer, v. 28, n. 2, p. 311–327, 2013. Citado na página 46.

FUNAI, F. N. d. **Geoproessamento e Mapas**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>>. Citado na página 24.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. What drives tropical deforestation. **LUCC Report series**, v. 4, p. 116, 2001. Citado na página 45.

GIBSON, C. C.; OSTROM, E.; AHN, T.-K. The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. **Ecological economics**, Elsevier, v. 32, n. 2, p. 217–239, 2000. Citado na página 39.

- GOODCHILD, M. F.; JANELLE, D. G. **Spatially integrated social science**. [S.l.]: Oxford University Press, 2004. Citado na página 42.
- GÜNTZEL, A.; FREITAS, A.; TEDESCO, C.; SCHIRMER, C.; MONDIN, C.; PINHEIRO, C.; VÉLEZ, E.; LANDAU, E.; LEITE, F.; BECKER, F. et al. Avaliação dos morros do município de porto alegre, rs, com base no uso do solo. **Relatório. Porto Alegre: UFRGS. 38f**, 1994. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.; COUSINS, S. Landscape ecology and spatial information systems. **HAINES-YOUNG, R.; GREEN, DR; COUSINS, S. Landscape ecology and spatial information systems. Bristol, Taylor and Francis**, p. 3–8, 1993. Citado na página 30.
- HARD, G. **Die "Landschaft" der Sprache und die "Landschaft" der Geographen**. [S.l.]: Dümmler Verlag, 1970. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- HARLEY, J. B. **Maps, knowledge, and power from Cosgrove D and Daniels S, eds. The Iconography of Landscape**. [S.l.]: Cambridge: Cambridge University Press, 1988. Citado na página 26.
- HARVEY, D. A produção do espaço capitalista. **São Paulo: Annablume**, 2005. Citado na página 83.
- HASENACK, H. et al. Diagnóstico ambiental de porto alegre: geologia, solos, drenagem, vegetação/ocupação e paisagem. **Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente**, 2008. Citado 4 vezes nas páginas 18, 47, 48 e 53.
- HEALTH, U. S. E. P. A. N. E. R. L. N.; RESEARCH, E. E. R. L. N. R. M. R. L. O. of; DEVELOPMENT. **Projecting land-use change: A summary of models for assessing the effects of community growth and change on land-use patterns**. [S.l.]: US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 2000. Citado na página 42.
- HIETEL, E.; WALDHARDT, R.; OTTE, A. Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in hesse, germany. **Landscape ecology**, Springer, v. 19, n. 5, p. 473–489, 2004. Citado na página 45.
- HUMBOLDT, A. V. **Ideen zu einer Geographie der Pflanzen: nebst einem Naturgemälde der Tropenländer: auf Beobachtungen und Messungen gegründet, welche vom 10ten Grade nördlicher bis zum 10ten Grade südlicher Breite, in den Jahren 1799, 1800, 1801, 1802 und 1803 angestellt worden sind**. [S.l.]: Bey FG Cotta, 1807. v. 1. Citado na página 31.
- _____. **Kosmos: Entwurf einer physischen weltbeschreibung**. [S.l.]: FW Thomas, 1869. v. 1. Citado na página 13.
- IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de biomas do Brasil**. [S.l.]: IBGE Brasília, 2004. Citado na página 17.
- IBGE, C. Instituto brasileiro de geografia e estatística-ibge. **Cd-Rom.[Links]**, 2010. Citado na página 62.
- ILL, E. W. R.; JENSEN, J. R. Remote sensing of mangrove wetlands: relating canopy spectra to site-specific data. 1996. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.
- ISA, I. S. **Terras Indígenas**. 2023. Disponível em: <<https://terrasindigenas.org.br/>>. Citado na página 24.

JOHNSON, R. D.; KASISCHKE, E. Change vector analysis: A technique for the multispectral monitoring of land cover and condition. **International journal of remote sensing**, Taylor & Francis, v. 19, n. 3, p. 411–426, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

KOOMEN, E.; STILLWELL, J. Modelling land-use change: theories and methods. **GeoJournal Library**, Springer, 2007. Citado na página 29.

LADEIRA, M. I. **Espaço geográfico Guarani-Mbya: significado, constituição e uso. 2001.** Tese (Doutorado) — Tese (Doutorado em Geografia Humana)—Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Citado na página 12.

LAMBIN, E. F. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. **Progress in physical geography**, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 21, n. 3, p. 375–393, 1997. Citado na página 41.

LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da paisagem com sig [brazil version]. Oficina de Textos, 2009. Citado 10 vezes nas páginas 26, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 44 e 45.

LANG, S.; BURNETT, C.; BLASCHKE, T. Multiscale object-based image analysis—a key to the hierarchical organisation of landscapes. **Ekologia(Bratislava)/Ecology(Bratislava)**, v. 23, p. 148–156, 2004. Citado na página 38.

LANG, S.; LANGANKE, T. Monitoring von verbuschungs-und verwaldungsstadien im natura-2000 gebiet wenger moor: objektbasierte bildanalyse und gis. In: **U. Walz, G. Lutze, A. Schultz & R.-U. Syrbe (Hrsg.), IOER-Schriften, Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung, vol. 43.** [S.l.: s.n.], 2004. p. 191–203. Citado na página 38.

_____. Object-based mapping and object-relationship modeling for land use classes and habitats. **Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation**, p. 5–18, 2006. Citado na página 38.

LASZLO, E. **Evolution: The grand synthesis.** [S.l.]: New Science Library/Shambhala Publications, 1987. Citado na página 27.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos.** [S.l.]: Editora 34, 1994. Citado na página 32.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K.; SCHROTH, G.; FEARNSIDE, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; COSTA, C. D. Predictors of deforestation in the brazilian amazon. **Journal of biogeography**, Wiley Online Library, v. 29, n. 5-6, p. 737–748, 2002. Citado na página 45.

LEPŠ, J.; ŠMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO.** [S.l.]: Cambridge university press, 2003. Citado na página 43.

LI, X.; YEH, A. Principal component analysis of stacked multi-temporal images for the monitoring of rapid urban expansion in the pearl river delta. **International Journal of Remote Sensing**, Taylor & Francis, v. 19, n. 8, p. 1501–1518, 1998. Citado na página 37.

LIVI, F. Elementos do clima: o contraste de tempos frios e quentes. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**, Ed. da UFRGS Porto Alegre, 1998. Citado na página 18.

MALDONADO, F. D.; GRAÇA, P.; SANTOS, J. R. d. Detecção automática de mudanças na cobertura vegetal utilizando a técnica de rotação radiométrica controlada pela evolução da moda das imagens componentes. In: **XIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 5911–5918. Citado na página 57.

MARGULIS, S. **Causes of deforestation of the Brazilian Amazon**. [S.l.]: World Bank Publications, 2004. v. 22. Citado na página 45.

MAS, J.-F. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. **International journal of remote sensing**, Taylor & Francis, v. 20, n. 1, p. 139–152, 1999. Citado na página 37.

MENGUE, V. P.; FREITAS, M. W. D. de; SILVA, T. S. da; FONTANA, D. C.; SCOTTÁ, F. C. Land-use and land-cover change processes in pampa biome and relation with environmental and socioeconomic data. **Applied Geography**, Elsevier, v. 125, p. 102342, 2020. Citado na página 45.

MENZ, G. Landschaftsmaße und fernerkundung-neue instrumente für die umweltforschung. **Geographische Rundschau**, v. 50, n. 2, p. 106–112, 1998. Citado na página 44.

MERTENS, B.; LAMBIN, E. F. Land-cover-change trajectories in southern cameroon. **Annals of the association of American Geographers**, Taylor & Francis, v. 90, n. 3, p. 467–494, 2000. Citado na página 41.

MEYER, W. B.; MEYER, W. B.; TURNER, I. B. et al. **Changes in land use and land cover: a global perspective**. [S.l.]: Cambridge University Press, 1994. v. 4. Citado na página 41.

MILLER, J. G. The nature of living systems. **Behavioral Science**, Wiley Online Library, v. 21, n. 5, p. 295–319, 1976. Citado 3 vezes nas páginas 29, 33 e 34.

MONTEIRO, C. A. d. F. **Geossistemas: uma introdução ao estudo da relação entre o homem e a Terra**. [S.l.]: EDUSP, 1977. Citado na página 33.

MOURA, N.; HASENACK, H.; SILVA, L. Mapa geomorfológico dos municípios de porto alegre, viamão e alvorada-rs. **Porto alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia**, v. 1, 2013. Citado na página 48.

MURIS, O. Das erlebnis der landschaft. **Zeitschrift für deutsche Bildung**, v. 6, p. 648–654, 1930. Citado na página 31.

NAVEH, Z. Interactions of landscapes and cultures. **Landscape and Urban Planning**, v. 32, n. 1, p. 43–54, 1995. ISSN 0169-2046. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169204694001834>>. Citado na página 32.

_____. Ecological and cultural landscape restoration and the cultural evolution towards a post-industrial symbiosis between human society and nature. *restoration energy* 6: 135–143. **Transdisciplinary Challenges in Landscape Ecology and Restoration Ecology: An Anthology with Forewords by E. Laszlo and M. Antrop and Epilogue by E. Allen**, Springer, p. 281–295, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

_____. **Transdisciplinary Challenges in Landscape Ecology and Restoration Ecology: An Anthology with Forewords by E. Laszlo and M. Antrop and Epilogue by E. Allen**. [S.l.]: Springer, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 28.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. S. **Landscape ecology: theory and application**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 34.

NICOLESCU, B.; ERTAS, A. Transdisciplinary theory and practice. **The Academy of Transdisciplinary Learning & Advanced Studies, TheAtlas**, 2013. Citado na página 28.

NICOLESCU, B. et al. **O manifesto da transdisciplinaridade**. [S.l.]: TIROM, 1999. Citado na página 28.

NIYOGI, D.; MAHMOOD, R.; ADEGOKE, J. O. Land-use/land-cover change and its impacts on weather and climate. **Boundary Layer Meteorology**, Springer Nature BV, v. 133, n. 3, p. 297, 2009. Citado na página 29.

ORANGOTANGO, K. This is not an atlas. **A Global Collection of Counter-Cartographies**, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 26.

PAFFEN, K. **Die natürliche Landschaft und ihre räumliche Gliederung. Eine methodische Untersuchung am Beispiel der Miel und Niederrheinlande. Forschungen zur deutschen Landeskunde Band 68**. 1953. Citado na página 31.

PARKER, D. C.; MANSON, S. M.; JANSSEN, M. A.; HOFFMANN, M. J.; DEADMAN, P. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. **Annals of the association of American Geographers**, Taylor & Francis, v. 93, n. 2, p. 314–337, 2003. Citado na página 42.

PERZ, S. G.; SKOLE, D. L. Social determinants of secondary forests in the brazilian amazon. **Social Science Research**, Elsevier, v. 32, n. 1, p. 25–60, 2003. Citado na página 45.

PHILIPP, R. Geologia de porto alegre. **Diagnóstico ambiental de Porto Alegre: geologia, solos, drenagem, vegetação/ocupação e paisagem. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente**, 2008. Citado na página 17.

PINCHEMEL, P.; PINCHEMEL, G. **La face de la terre [The Face of the Earth]**. [S.l.]: Paris: Armand Colin, 1997. Citado na página 35.

PIRES, D. d. S. P.; FABIÁN, M. E. Diversidade, riqueza e estratificação vertical de espécies de morcegos em um remanescente de mata atlântica no sul do brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 121–131, 2013. Citado na página 21.

PORTO, M. L.; MENEGAT, R. Ecologia de paisagem: um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem. **Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre. ed. da UFRGS, Porto Alegre**, p. 361–375, 2004. Citado na página 36.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Perfil socioeconômico do bairro Pitinga**. 2017. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/observatorio/usu_doc/bairro_pitingaa.pdf>. Citado na página 83.

PUMAIN, D.; SAINT-JULIEN, T.; MATHIAN, H. **L'analyse spatiale: Localisations dans l'espace**. [S.l.]: A. Colin, 1997. Citado na página 36.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia**. [S.l.]: São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

REIS, E.; GUZMÁN, R. An econometric model of amazon deforestation texto para discussão no. 265. **IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Rio de Janeiro**, 1992. Citado na página 45.

RISLER, J.; ARES, P. **Manual de mapeo colectivo: recursos cartográficos críticos para procesos territoriales de creación colaborativa**. [S.l.]: Buenos Aires, Argentina, 2013. Citado 6 vezes nas páginas 12, 13, 24, 25, 26 e 50.

RITTER, C. **Die Erdkunde im Verhältniss zur Natur und zur Geschichte des Menschen: oder allgemeine vergleichende Geographie, als sichere Grundlage des Studiums und Unterrichts in physikalischen und historischen Wissenschaften**. [S.l.]: G. Reimer, 1841. Citado na página 13.

SANTOS, M. Por uma geografia nova: Da crítica da geografia a uma geografia crítica. 6ª edição. **São Paulo: HUCITEC**, 1986. Citado na página 35.

SARETTA, F.; FREITAS, M. W. D. d.; CARVALHO, C. R. d.; FOPPA, L.; SANTOS, M. J. S. d. Geossistemas do morro são pedro (porto alegre - rs): um estudo integrado da paisagem. In: **Teko Vy**

a: alegria Mbyá-Guarani, natureza e cultura na Tekoa Anhetengua. [S.l.]: Nesse Sentido, 2021. p. 7–36. Citado 9 vezes nas páginas 7, 8, 48, 50, 73, 74, 83, 84 e 85.

SCHELLING, F. W. J. **Ideen zu einer Philosophie der Natur: als Einleitung in das Studium dieser Wissenschaft**. [S.l.]: BoD–Books on Demand, 2016. Citado na página 13.

SETUBAL, R. B. Vegetação campestre subtropical de um morro granítico no sul do brasil, morro são pedro, porto alegre, rs. 2010. Citado na página 18.

SETUBAL, R. B.; BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. de A. **Campos dos morros de Porto Alegre**. [S.l.]: Igré, Associação Sócio-Ambientalista, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 19, 20 e 21.

SILVEIRA, P. C. B. et al. Etnografia da paisagem: natureza, cultura e hibridismo em são luiz do paraitinga. [sn], 2008. Citado 6 vezes nas páginas 14, 23, 25, 26, 27 e 28.

SINGH, A. Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International journal of remote sensing**, Taylor & Francis, v. 10, n. 6, p. 989–1003, 1989. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

SKOLE, D.; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the amazon: satellite data from 1978 to 1988. **science**, American Association for the Advancement of Science, v. 260, n. 5116, p. 1905–1910, 1993. Citado na página 45.

SMAMUS. **Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade da Prefeitura de Porto Alegre**. 2022. Acesso em: <https://prefeitura.poa.br/carta-de-servicos/mapas-digitais-da-smamus>. Citado 4 vezes nas páginas 47, 48, 53 e 55.

SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; ANDERSON, A.; RODRIGUES, H.; GARCIA, R.; DIETZSCH, L.; MERRY, F.; BOWMAN, M.; HISSA, L. et al. Role of brazilian amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Acad Sciences, v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 2010. Citado na página 45.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the amazon basin. **Nature**, Nature Publishing Group, v. 440, n. 7083, p. 520–523, 2006. Citado na página 45.

SOCHAVA, V. B. **Methoden der Untersuchung von Geosystemen**. [S.l.]: Akademie-Verlag, 1963. Citado na página 32.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia. São Paulo**, n. 14, p. 1–24, 1978. Citado na página 29.

SOUZA, J. d.; MORINICO, J. C. P. Ta'angá tava mir: São miguel (rs/brasil) enquanto espectro da morada dos deuses aos mbyá-guarani. **Missões, militância indigenista e protagonismo indígena: XIII Jornadas Internacionais sobre Missões Jesuíticas. São Bernardo do Campo: Nhanduti**, p. 339–357, 2012. Citado na página 27.

SOUZA, J. O. C. d.; FREITAS LIMA, J. M. d.; MENDES, J. B.; MEDRONHA, L. W.; CEZIMBRA, K. M.; FRAGA, J. L. d.; GUARAGNI, L. d. O. Ciclos histórico-geográficos de alterações das paisagens e desvelamento dos refúgios da vida silvícola na região metropolitana de porto alegre. In: **Teko Vy**

a: alegria Mbyá-Guarani, natureza e cultura na Tekoa Anhetengua. [S.l.]: Nesse Sentido, 2021. p. 61–112. Citado 4 vezes nas páginas 14, 15, 27 e 34.

TURNER, B.; MEYER, W. B.; SKOLE, D. L. Global land-use/land-cover change: towards an integrated study. In: **Ambio**. [S.l.: s.n.], 1994. p. 91–95. Citado na página 29.

TURNER, B. L.; SKOLE, D.; SANDERSON, S.; FISCHER, G.; FRESCO, L.; LEEMANS, R. Land-use and land-cover change: science/research plan. [**No source information available**], Scanning Microscopy International, 1995. Citado na página 42.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual review of ecology and systematics**, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 20, n. 1, p. 171–197, 1989. Citado na página 35.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V.; O'NEILL, R. V. **Landscape ecology in theory and practice**. [S.l.]: Springer, 2001. v. 401. Citado na página 44.

VOIRON-CANICIO, C. **Analyse spatiale et analyse d'images, Collection espaces modes d'emploi, GIP RECLUS, Montpellier**. 1995. Citado na página 36.

YUAN, D. Survey of multispectral methods for land-cover change analysis. **Remote sensing change detection: Environmental monitoring methods and application**, Taylor and Francis Ltd, 1999. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

ZHOU, Q.; LI, B.; KURBAN, A. Trajectory analysis of land cover change in arid environment of china. **International Journal of Remote Sensing**, Taylor & Francis, v. 29, n. 4, p. 1093–1107, 2008. Citado na página 39.

ZONNEVELD, I. S. Land evaluation and land(scape)science. In: **ITC TEXTBOOK OF PHOTO-INTERPRETATION: USE OF AERIAL PHOTOGRAPHS IN GEOGRAPHY AND GEOMORPHOLOGY, CH. 7.4.**, [S.l.], 1972. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 36.

ANEXOS

ANEXO A – RELATORIO DO CENSO DOS PINUS



RELATÓRIO DO CENSO DOS PINUS NA ALDEIA ANHETENGUÁ (LOMBA DO PINHEIRO, PORTO ALEGRE-RS)

PROJETO DE EXTENSÃO (IGEO-UFRGS)

SUBSÍDIOS GEOTECNOLÓGICOS PARA ELABORAÇÃO DE
ETNOMAPEAMENTO DA COMUNIDADE MBYÁ-GUARANI DA TEKOA
ANHETENGUÁ

Coordenação: Prof. Marcos Wellausen Dias de Freitas (mfreitas@ufrgs.br)

MAIO DE 2019

Objetivo: foi realizado o censo de pinus de 3 manchas na Aldeia Anhetenguá através de mutirão com membros da comunidade mbyá-guarani, equipe técnica do projeto de extensão e estudantes da UFRGS para determinar o volume de madeira disponível para supressão e aproveitamento por madeireira interessada.

Localização: Beco dos Mendonças, Lomba do Pinheiro, Porto Alegre-RS

Metodologia:

Foram estimadas duas medidas em campo:

CAP: circunferência na altura do peito (1,30m) em centímetros

Altura comercial: estimada por método empírico baseado no número de tábuas com tamanho de 3,40 metros disponíveis até a diminuição da tora.

Em escritório, os dados de campo foram devidamente transformados e foram geradas as planilhas em anexo com o cálculo do volume, baseado na fórmula:

$$V = 3,1416 \times (\text{DAP})^2 \times 1/4 \times h$$

Onde:

V = volume em metros cúbicos,

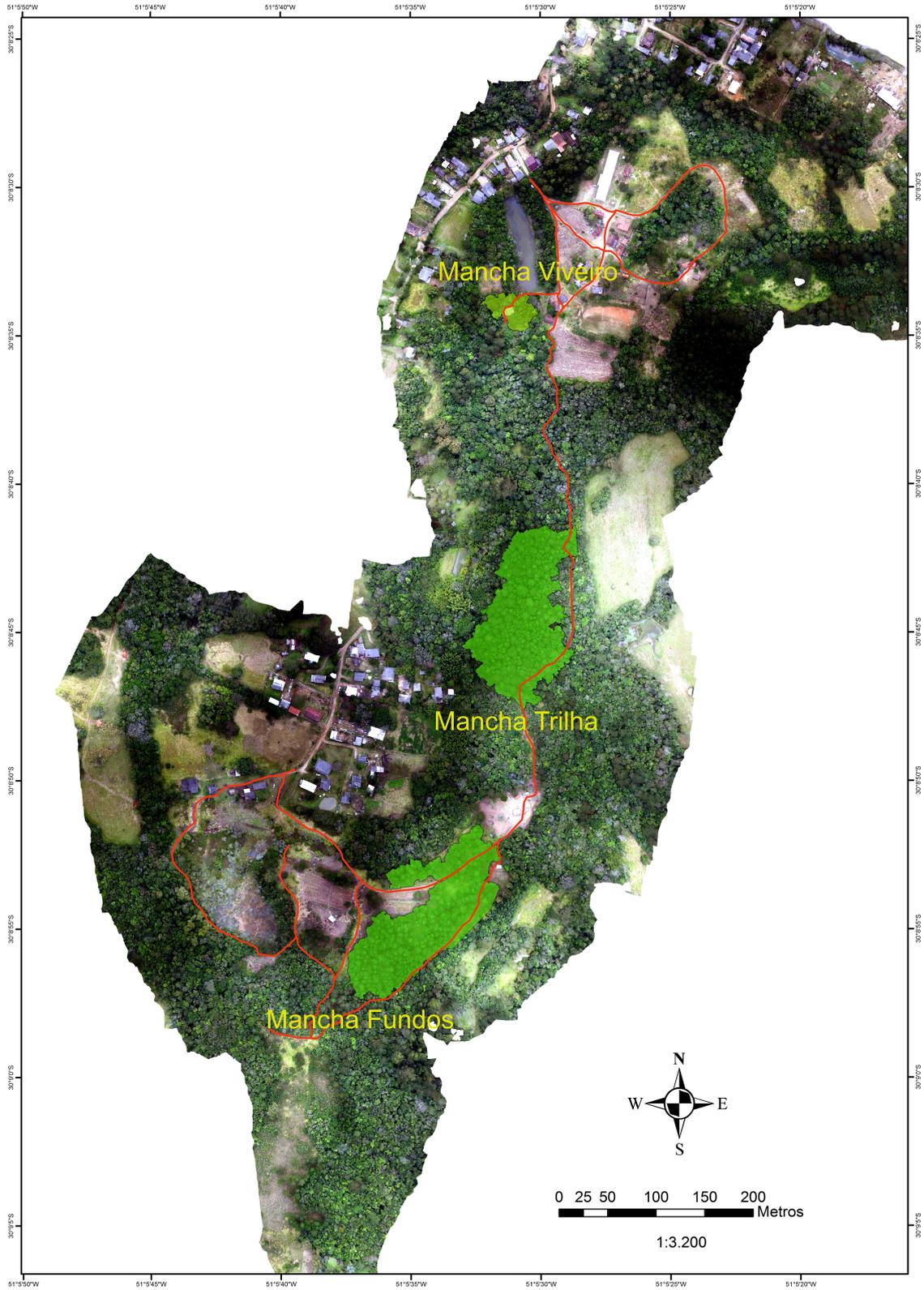
DAP = diâmetro na altura do peito (CAP/3,1416) em metros,

h = altura comercial em metros.

Resultados:

| Mancha | Área (ha) | Número de árvores¹ | Volume total (m³) |
|---------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Fundo | 1,31 | 444 | 3248,424 |
| Meio (Trilha) | 1,3 | 382 | 3419,248494 |
| Viveiro | 0,144 | 20 | 249,5615 |

¹ **Observação:** somente foram contabilizadas neste relatório as **árvores com CAP acima de 70 centímetros**, ou seja, **DAP superior a 0,22 m**



ANEXO DE FOTOS















ANEXO B – TABELA DE CODIFICAÇÃO DE AGRUPAMENTO DE TRAJETÓRIAS DO ENTORNO DO MSP

| Agrupamento de Trajetórias | cod_p | Inicial | Intermediário | Recente | Atual | Sem mudança |
|-------------------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Floresta estável | 1 | | | | | 1 - 1 - 1 - 1 - 1 |
| Urbanização-->floresta | 2 | | | | 1 - 1 - 1 - 1 - 7 | |
| | | | | 1 - 1 - 1 - 7 - 7 | | |
| | | 1 - 7 - 7 - 7 - 7 | 1 - 1 - 7 - 7 - 7 | | | |
| | | | | | 5 - 1 - 1 - 1 - 7 | |
| | | | | | 5 - 1 - 1 - 3 - 7 | |
| Urbanização-->transição floresta | 3 | | | 1 - 1 - 1 - 3 - 7 | | |
| | | | | 1 - 1 - 1 - 5 - 7 | | |
| | | | | 1 - 1 - 3 - 5 - 7 | | |
| | | | 1 - 1 - 3 - 7 - 7 | | | |
| | | | | 1 - 1 - 5 - 5 - 7 | | |
| | | 1 - 3 - 3 - 7 - 7 | | | | |
| | | 1 - 3 - 7 - 7 - 7 | | | | |
| | | 1 - 4 - 4 - 7 - 7 | | | | |
| | | 1 - 5 - 5 - 5 - 7 | | | | |
| | | 1 - 5 - 5 - 7 - 7 | | | | |
| | | | | | 5 - 1 - 1 - 4 - 7 | |
| | | | | | 5 - 1 - 1 - 5 - 7 | |
| | | | | 5 - 1 - 1 - 7 - 7 | | |
| Degradação Florestal --> Campo/Agro | 4 | | | 1 - 1 - 1 - 3 - 3 | | |
| | | | | 1 - 1 - 1 - 3 - 5 | | |
| | | | | 1 - 1 - 1 - 5 - 5 | | |
| | | | 1 - 1 - 3 - 3 - 3 | | | |
| | | | 1 - 1 - 3 - 5 - 5 | | | |
| | | | 1 - 1 - 5 - 3 - 3 | | | |
| | | | 1 - 1 - 5 - 5 - 5 | | | |
| | | 1 - 3 - 3 - 3 - 3 | | | | |
| | | 1 - 5 - 5 - 3 - 3 | | | | |
| | | 1 - 5 - 5 - 5 - 3 | | | | |
| | | 1 - 5 - 5 - 5 - 5 | | | | |
| 1 - 3 - 3 - 5 - 5 | | | | | | |
| Expansão silvicultura-->floresta | 5 | | | 1 - 1 - 1 - 4 - 4 | | |
| | | | 1 - 1 - 4 - 4 - 4 | | | |
| | | 1 - 4 - 4 - 4 - 4 | | | | |
| | | | | 5 - 1 - 1 - 4 - 4 | | |
| Expansão silvicultura-->transição | 6 | 1 - 3 - 3 - 4 - 4 | | | | |
| | | 1 - 5 - 5 - 4 - 4 | | | | |
| | | 1 - 5 - 5 - 5 - 4 | | | | |
| Expansão Campo/Agricultura-->Silvi | 7 | 1 - 4 - 4 - 5 - 5 | | | | |
| | | 4 - 3 - 3 - 3 - 3 | | | | |
| | | 4 - 3 - 3 - 3 - 5 | | | | |
| | | | 4 - 4 - 3 - 3 - 3 | | | |
| | | 4 - 5 - 5 - 5 - 5 | | | | |
| Sucessão campo nativo -->floresta | 8 | | | 2 - 2 - 2 - 1 - 1 | | |
| Campo Nativo | 9 | | | | | 2 - 2 - 2 - 2 - 2 |

| | | | | | |
|---|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Antropização Campo Nativo | 10 | | 2-2-2-3-5 | | |
| | | | 2-2-2-4-3 | | |
| | | | 2-2-2-5-5 | | |
| | | | 2-2-3-3-3 | | |
| | | | 2-2-3-3-5 | | |
| | | | 2-2-3-5-5 | | |
| | | | 2-2-5-5-5 | | |
| | | 2-3-3-3-3 | | | |
| | | 2-3-3-3-5 | | | |
| | | 2-3-3-5-5 | | | |
| 2-5-5-5-5 | | | | | |
| Urbanização--> Campo Nativo transição | 11 | | 2-2-2-3-7 | | |
| | | | 2-2-3-3-7 | | |
| | | | 2-2-3-7-7 | | |
| | | | 2-2-5-3-7 | | |
| | | | 2-2-5-5-7 | | |
| | | | 2-2-5-7-7 | | |
| | | 2-3-3-3-7 | | | |
| | | 2-3-3-5-7 | | | |
| | | 2-3-3-7-7 | | | |
| | | 2-3-7-7-7 | | | |
| 2-5-5-5-7 | | | | | |
| Expansão silvicultura--> campo nativo | 12 | | 2-2-2-4-4 | | |
| | | | 2-2-3-4-4 | | |
| | | | 2-2-4-4-4 | | |
| Urbanização--> Campo Nativo | 13 | | 2-2-2-7-7 | | |
| | | | 2-2-7-7-7 | | |
| Regeneração Florestal | 14 | 3-1-1-1-1 | | | |
| | | | 3-3-1-1-1 | | |
| | | | | 3-3-3-1-1 | |
| | | | 4-3-1-1-1 | | |
| | | | | 4-3-3-1-1 | |
| | | 5-1-1-1-1 | | | |
| | | | 5-3-1-1-1 | | |
| | | | | 5-3-3-1-1 | |
| | | | | | 5-3-3-3-1 |
| | | | | 5-4-4-1-1 | |
| | | | 5-5-1-1-1 | | |
| | | | | 5-5-3-1-1 | |
| | | | | | 5-5-3-2-1 |
| | | | | | 5-5-3-3-1 |
| | | | | | 5-5-3-5-1 |
| | | 5-5-5-1-1 | | | |
| | | | 5-5-5-3-1 | | |
| | | | 5-5-5-5-1 | | |
| Urbanização--> Recuperação | 15 | 3-1-1-7-7 | | | |
| | | | 5-5-1-1-7 | | |
| | | | 5-5-1-7-7 | | |
| | | | 5-5-3-1-7 | | |
| | | | | 3-3-3-3-5 | |
| | | | | 3-3-3-5-5 | |
| | | | | 3-3-5-5-5 | |
| | | | | 5-3-3-3-3 | |

Campo Antropizado

16

| | | | | |
|--|--|--|--|-----------|
| | | | | 5-3-3-3-5 |
| | | | | 5-3-3-5-3 |
| | | | | 5-3-3-5-5 |
| | | | | 5-3-5-5-3 |
| | | | | 5-3-5-5-5 |
| | | | | 5-4-3-3-3 |
| | | | | 5-4-4-3-3 |
| | | | | 5-4-4-3-5 |
| | | | | 5-4-4-4-3 |
| | | | | 5-4-4-4-4 |
| | | | | 5-4-4-4-5 |
| | | | | 5-4-4-5-5 |
| | | | | 5-5-3-3-3 |
| | | | | 5-5-3-3-5 |
| | | | | 5-5-3-5-3 |
| | | | | 5-5-3-5-5 |
| | | | | 5-5-5-3-3 |
| | | | | 5-5-5-3-5 |
| | | | | 5-5-5-4-5 |
| | | | | 5-5-5-5-3 |
| | | | | 5-5-5-5-4 |

Urbanização--> Campo antropizado

17

| | | | | |
|-----------|-----------|--|-----------|-----------|
| | | | | 3-3-3-3-7 |
| | | | | 3-3-3-4-7 |
| | | | 3-3-3-7-7 | |
| | 3-3-7-7-7 | | | |
| 3-7-7-1-7 | | | | |
| 3-7-7-7-7 | | | | |
| | | | | 4-3-3-3-7 |
| | | | 4-3-3-7-7 | |
| | 4-3-7-7-7 | | | |
| | | | | 4-4-4-4-7 |
| | | | | 4-4-3-3-7 |
| | | | 4-4-3-7-7 | |
| | | | 4-4-4-7-7 | |
| | | | | 4-4-5-5-7 |
| | | | 4-4-5-7-7 | |
| | 4-4-7-7-7 | | | |
| | | | 4-5-5-7-7 | |
| 4-7-7-7-7 | | | | |
| | | | | 5-3-3-3-7 |
| | | | | 5-3-3-5-7 |
| | | | 5-3-3-7-7 | |
| | | | | 5-3-3-8-7 |
| | | | 5-3-5-7-7 | |
| | 5-3-7-7-7 | | | |
| | | | | 5-4-4-4-7 |
| | | | | 5-4-4-5-7 |
| | | | 5-4-4-7-7 | |
| | | | | 5-5-3-3-7 |
| | | | | 5-5-3-5-7 |
| | | | 5-5-3-7-7 | |
| | | | | 5-5-4-4-7 |
| | | | | 5-5-5-3-7 |
| | | | | 5-5-5-4-7 |

| | | | | | |
|--|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | 5-5-5-5-7 | |
| | | | 5-5-5-7-7 | | |
| | | 5-5-7-7-7 | | | |
| | | 5-7-7-7-7 | | | |
| Silvicultura-- >Campo Antropizado | 18 | 3-3-4-4-4 | | | |
| | | | | 5-3-3-3-4 | |
| | | | 5-3-3-4-4 | | |
| | | 5-3-4-4-4 | | | |
| | | 5-5-4-4-4 | | | |
| | | | 5-5-5-4-4 | | |
| Slvicultura | 19 | | | | 4-4-4-4-4 |
| Regeneração -- >degradação recente | 20 | | | 5-1-1-1-3 | |
| | | | 5-1-1-3-3 | | |
| | | | 5-1-1-3-5 | | |
| | | | 5-1-1-4-5 | | |
| | | | 5-1-1-5-3 | | |
| | | | 5-1-1-5-4 | | |
| | | | 5-1-1-5-5 | | |
| | | | | 5-5-1-1-3 | |
| | | | | 5-5-1-1-5 | |
| campo antrópico estável | 21 | | | | 3-3-3-3-3 |
| agricultura estável | 22 | | | | 5-5-5-5-5 |

ANEXO C – TABELA DE CODIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE TRAJETÓRIAS DO ENTORNO DO MSP

| cod_ap | Processos de Trajetórias | cod_p |
|--------|---|-----------------------------------|
| 1 | Urbanização (sob cobertura de floresta ou campo em algum ponto da trajetoria) | 2 - 3 - 11-13 -15 |
| 2 | Urbanização (sob antropizado) | 17 |
| 3 | Antropização (silvicultura) de cobertura florestal e campo | 4 - 5 - 6 - 7 - 10 - 12 - 18 - 20 |
| 4 | Regeneração florestal | 8 - 14 |
| 5 | Cobertura estável | 1 - 9 |
| 6 | Uso estável | 21 - 22 |
| 7 | Uso instável | 16 |

| cod_ap | Processos de Trajetórias | cod_p |
|--------|---|-----------------------------------|
| 1 | Urbanização (sob cobertura de floresta ou campo em algum ponto da trajetória) | 2 - 3 - 11-13 -15 |
| 2 | Urbanização (sob antropizado) | 17 |
| 3 | Antropização (silvicultura) de cobertura florestal e campo | 4 - 5 - 6 - 7 - 10 - 12 - 18 - 20 |
| 4 | Regeneração florestal | 8 - 14 |
| 5 | Cobertura estável | 1 - 9 |
| 6 | Uso estável | 21 - 22 |
| 7 | Uso instável | 16 |