



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

**O USO DE GEOTECNOLOGIA NO ESTUDO MULTITEMPORAL DAS
MUDANÇAS AMBIENTAIS NO ENTORNO DA HIDRELÉTRICA DE SANTO
ANTONIO NO RIO MADEIRA (RO)**

VINICIUS DE MOURA OLIVEIRA

Manaus – Amazonas

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PROGRAMA DE

VINICIUS DE MOURA OLIVEIRA

**O USO DE GEOTECNOLOGIA NO ESTUDO MULTITEMPORAL DAS
MUDANÇAS AMBIENTAIS NO ENTORNO DA HIDRELÉTRICA DE SANTO
ANTONIO NO RIO MADEIRA (RO)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, nível de Mestrado, como requisito para a obtenção do título de Mestre. Área de concentração Domínios da Natureza na Amazônia

Profª Drª Adorea Rebello da Cunha Albuquerque

Orientadora

Manaus

2015

VINICIUS DE MOURA OLIVEIRA

**O USO DE GEOTECNOLOGIA NO ESTUDO MULTITEMPORAL DAS
MUDANÇAS AMBIENTAIS NO ENTORNO DA HIDRELÉTRICA DE SANTO
ANTONIO NO RIO MADEIRA (RO)**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Amazonas,
nível de Mestrado, como requisito
para a obtenção do título de Mestre.
Área de concentração Domínios da
Natureza na Amazônia

Aprovado em 29 de setembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. ADOREA REBELLO DA CUNHA ALBUQUERQUE

Prof. Dr^a. MIRCIA RIBEIRO FORTES

Prof. Dr. MANUEL DE JESUS MASULO DA CRUZ

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e disposição para encarar este desafio.

Aos meus pais e irmãos, que apesar da distância, sempre me deram apoio e incentivo.

À minha orientadora, professora doutora Adorea Rebello, pela segurança, paciência e disponibilidade em me guiar nas sendas da pesquisa.

À secretária do Programa, M^a das Graças Luzeiro, pela atenção e prestatividade no que nos foi necessário durante o curso.

Aos meus amigos e colegas do mestrado pelo apoio e ajuda nos momentos de desespero e desânimo. Especialmente a Anne Dirane pelo valioso auxílio com na produção dos mapas deste trabalho. A Thaline, Juliana, Mônica, Sandra e Armando pelas noites de risos e apoio nos momentos de dificuldades.

Aos meus amigos Alexandre Aguiar, Paulo Rodrigues, Eliedem e tantos outros do CPM que me apoiaram e incentivaram a encarar esse novo desafio.

Aos amigos e colegas da E. E. Mayara R. A. Aziz, especialmente às gestoras Lenice Salerno e M^a Estelita Ferreira, pelo apoio e paciência.

À M^a Helena Mourão pelo incentivo e ajuda no início desta caminhada.

Aos meus grandes amigos Leslye, Tatianny, Nelson, Michele, Mohamad, Nayana e Pablo pelo apoio e incentivo.

A Alexandre Aguiar, Alexandre Miele e a Danielle Costa, por me ajudarem na revisão, correção e tradução dos textos e apoiarem durante esse processo.

Ao meu amigo Henrique da Hora que, apesar da distância, muito me motivou e aconselhou nesta longa caminhada.

Aos amigos Murilo Ferraz e Marcio Pacheco por me despertarem a vontade de vir para o Norte onde pude galgar esta etapa acadêmica.

A todos que, de perto ou de longe, ajudaram de uma forma ou de outra, meu sincero e profundo agradecimento.

“Ad maiorem Dei gloriam”

(S. Inácio de Loyola)

“Veni, vidi, vinci!”

“Si vis pacem, para belum!”

(Caesar Augustus)

RESUMO

A questão energética nacional tem sido pauta frequente do noticiário seja pelo seu custo ao consumidor final, seja pelo seu custo ao meio ambiente. Ao abordar a hidroelétrica Santo Antonio, situada no Rio Madeira, a 7 km de Porto Velho-RO, como agente principal desta dissertação buscou-se trazer à discussão a principal matriz energética brasileira, seus impactos na paisagem e na sociedade ao redor. Para instrumentalizar esta pesquisa, fez-se uso do geoprocessamento como principal fonte de dados e ferramenta de análise do ambiente afetado pelo empreendimento hidroelétrico. De posse dos dados disponibilizados por órgãos oficiais, tais como IBGE, INPE, ICMBio e outros, traçou-se um perfil espaço-temporal do uso e ocupação da terra na área de influência direta da Usina Hidroelétrica (UHE) Santo Antonio. Então, elaborou-se mapas temáticos, tabelas e gráficos que deram um indicativo da evolução do desflorestamento na área de influência direta da usina, bem como do uso dado à terra no período destacado da pesquisa, a saber: de 2000 a 2012. Como resultados da pesquisa verificou-se uma tendência de desflorestamento no sentido oposto ao esperado, isto é, percebeu-se um decréscimo na taxa de desmatamento na área estudada. Esse decréscimo representa cerca de 20% do desmatado no início da série que passou de 295 km² em 2000 para 60 km² em 2012. Grande parte desta área foi destinada a criação de pasto, especialmente para gado bovino. A UHE Santo Antonio desponta como um dos principais agentes a frear o avanço do desmatamento na área por seus programas de recuperação de área degradada e conscientização da população do entorno da UHE.

Palavras-chave: Uso e ocupação da Terra, análise espaço-temporal, UHE Santo Antonio, Geoprocessamento

ABSTRACT

The national energetic question has been a frequent schedule on headlines as for the final consumer cost, or for the cost of the environment. As it is approached to Santo Antonio's hydropower, situated in the Rio Madeira, 7 km from Porto Velho, as the main factor of this dissertation it is intended to discuss the main Brazilian energy matrix, its impacts in the landscapes and society around it. To instrumentalize this search, it has used the geoprocess as the initial data source and to analyse the effected environment by the hydropower enterprise. Having the data provided by the official departments, such as IBGE, INPE, ICMBIO and others, we traced a temporal space profile of usage and occupation on earth in the direct influence area at hydroelectric power plant (UHE) Santo Antonio. Then, we have elaborated thematic maps, tables and graphics which provided an indicative of evolution in the deforestation over the directed influenced area of the power plant, as the use given on earth in this period highlighted in this search specifically: from 2000 to 2012. As results of this search, it has observed a tendency of deforestation in the opposite sense of what has been expected, that is, it was noticed a decrease in the tax of deforestation in the area studied. This decrease represents about 20% of the deforestation in the beginning of the time which has reached 295 km² in 2000 to 60 km² in 2012. Most part of this area was destined for creating pasture, especially to the cattle. UHE Santo Antonio blunts as one of the main factors to stop the advance of deforestation in the area with its programs to recovery of degraded area and awareness of population around UHE.

Key words: Use and earth occupation, temporal space analysis, UHE Santo Antonio, Geoprocessing

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	17
3. PROCEDIMENTO METODOLOGICO.....	18
3.1 Área de estudo.....	19
3.2 Caracterização do objeto de estudo	22
3.3 Aquisição de dados.....	22
3.4 Tratamento e Sistematização dos Dados	23
4. APRIMORANDO A DISCUSSÃO	25
4.1 Geotecnologias e análise de dados geográficos	25
4.1.1 História.....	25
4.1.2 Conceito	27
4.1.3 Evolução e acesso	28
4.1.4 Sensoriamento Remoto	30
4.2 Discutindo a Questão Energética	31
4.3 Breve Histórico das Hidroelétricas no Brasil.....	34
4.4 Usina Hidrelétrica Santo Antonio	38
4.5 Transformações espaciais.....	40
5. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	43
5.1 Tecnologia e bases de dados.....	43
5.2 Dados do PRODES	44
5.3 Dados do TerraClass.....	62
5.4 Dados do ICMBio	70
5.5 Dados do IBGE	76
6. AMPLIANDO A DISCUSSÃO	79

7. REFERÊNCIAS	81
-----------------------------	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo delimitada com base em dados da Pacuera e do IBGE, localizada no município de Porto Velho-RO, 2014.....	20
Figura 2: AID delimitada pelo PACUERA da UHE Santo Antonio (2012, p. 11 e 12), adaptado pelo autor.	21
Figura 3: Configuração básica de um SIG (MIRANDA, 2005. p. 33).....	28
Figura 4: Representação do consumo de energia hidrelétrica no mundo	32
Figura 5: Apresentação dos valores de variação do PIB e consumo de energia (1998-2007). Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil – ANEEL (2008).....	32
Figura 6: Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil - Produzido pelo autor com base nos dados da ANEEL (2014).....	36
Figura 7: Participação na UHE Santo Antonio.....	38
Figura 8: Imagem em RGB da área de estudo extraída do banco de dados do Google pelo programa Google Earth	39
Figura 9: Vista parcial da Cachoeira Teotônio antes da cheia do reservatório (extraído do Google Earth) e vista atual do ponto onde se encontrava a Cachoeira Teotônio (foto do autor).....	42
Figura 10: Desmatamento entre 2000 e 2012 na AID da UHE Santo Antonio – elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes	45
Figura 11: Desmatamento na AID nos anos de 2000, 2006 e 2012. Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.....	47
Figura 12: Desmatamento na AID em 2000. 295 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.....	48
Figura 13: Desmatamento na AID em 2001. 173 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.....	49
Figura 14: Desmatamento na AID em 2002. 85 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.	50

Figura 15: Desmatamento na AID em 2003. 160 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.....	51
Figura 16: Desmatamento na AID em 2004. 231 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.....	52
Figura 17: Desmatamento na AID em 2005. 166 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.....	53
Figura 18: Desmatamento na AID em 2006. 149 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.	54
Figura 19: Desmatamento na AID em 2007. 72 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.	55
Figura 20: Desmatamento na AID em 2008. 68 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.	56
Figura 21: Desmatamento na AID em 2009. 20 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.	57
Figura 22: Desmatamento na AID em 2010. 46 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.	58
Figura 23: Desmatamento na AID em 2011. 107 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.....	59
Figura 24: Desmatamento na AID em 2012. 60 km ² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.	60
Figura 25: Desflorestamento na AID da UHE Santo Antonio entre 2000 e 2012, perfazendo um total de 1632 km ² . Elaborado com dados do Prodes.....	61
Figura 26: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.	65
Figura 27: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.	66
Figura 28: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.	67
Figura 29: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.	68

Figura 30: Elementos de Intervenção Antrópica - Produzido pelo autor com dados do IBGE.....	69
Figura 31: Unidades de Conservação no entorno da AID	71
Figura 32: Desflorestamento em Unidades de Conservação na AID com dados do Prodes e ICMBio editados pelo autor.	74
Figura 33: Desflorestamento no entorno de estradas e ferrovias na AID com dados do Prodes, ICMBio e IBGE editados pelo autor.	75
Figura 34: Pasto na AID próximo ao Rio Madeira. (Foto do autor - 2013)	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desflorestamento em Unidades de Conservação na AID.....	72
Tabela 2: Rebanho Bovino e Equino no Estado de Rondônia entre 2006 e 2012	77

LISTA DE SIGLAS

AID – Área de Influência Direta	PACUERA – Plano de Conservação e Uso do Entorno dos Reservatórios Artificiais
AII – Área de Influência Indireta	PBA – Projeto Básico Ambiental
ANA – Agência Nacional de Águas	PCH – Pequena Central Hidroelétrica
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica	PRAD – Plano de Recuperação de Área Degradada
CGH – Central Geradora Hidroelétrica	PRODES – Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite
EIA – Estudo de Impacto Ambiental	RGB – Red Green Blue
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
GIS – Sistema de Informação Geográfica	SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	SIG – Geographic Information System
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	TR – Tempo de Recorrência
ICMBio – Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade	UC – Unidades de Conservação
INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia	UHE – Usina Hidroelétrica
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	
MMA – Ministério do Meio Ambiente	
ONU – Organização das Nações Unidas	
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento	

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2013, o Brasil teve um consumo de energia elétrica total de 463.122 GWh e em 2014 esse consumo foi de 473.395 GWh, segundo dados do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2015). Espera-se que até 2019 o crescimento total do consumo de energia elétrica nacional seja de 3,8%, o que corresponderia a 571.529 GWh de consumo anual.

Assim, a necessidade de buscar melhores meios de suprir a demanda por energia elétrica leva-nos a questionar que tipo de matriz energética é mais eficiente para ser utilizada no Brasil. Neste contexto, é importante considerar além dos custos financeiros, que são impostos por esta demanda, outros fatores como a disponibilidade de recursos naturais e as situações de custo ambiental e social que se enquadram neste problema.

Quanto à disponibilidade de recursos naturais é válido destacar que o território brasileiro é dotado de grande potencial energético, que se expressa pelas fontes energéticas apresentadas pelos usos de combustíveis fósseis, rios de planalto, capacidade eólica por ventos litorâneos e insolação em grande parte do ano, para geração de energia solar. Entretanto, se considerarmos o custo de instalação e manutenção, bem como as tecnologias disponíveis, observa-se que o melhor uso de recursos se dá nas hidroelétricas. Não por acaso, já que o Brasil conta com o maior potencial de água doce do planeta (ANA, 2013). Sobre este assunto, dados indicam que cerca de 12% da água doce superficial do planeta corre em nossos rios. Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), esse percentual representa o dobro de todos os rios da Austrália e da Oceania, é 42% superior ao da Europa e 25% maior do que os do continente africano. E aproximadamente 90% do território brasileiro são atingidos por chuvas abundantes durante o ano, o que favorece a formação de uma extensa e densa rede de rios.

Nesta direção, ganham destaque as obras de infraestrutura energética de matriz hídrica, haja visto que sua construção oferece o melhor custo-benefício financeiro, entretanto, se deve identificar seus impactos sobre a natureza e a sociedade.

Na natureza, os maiores impactos ocorrem nas áreas destinadas à implantação das usinas hidroelétricas, onde geralmente, é necessário ocupar uma grande área que deve ser utilizada na formação do reservatório. Neste processo, parte do bioma natural é

alterado, mesmo em face à proteção legal, estabelecida para a preservação da fauna e flora nestes locais.

Nesta dissertação foi realizado um estudo, com o auxílio de geotecnologias, sobre o desmatamento e as mudanças no uso e cobertura do solo. Sendo assim, esta pesquisa observou as mudanças na paisagem no entorno da usina hidrelétrica (UHE) Santo Antonio no rio Madeira (Porto Velho-RO) no período de 2000 a 2012.

A instalação da Hidrelétrica de Santo Antonio no rio Madeira, gerou significativas mudanças na paisagem de entorno desta usina. Tais mudanças estão relacionadas às diversas formas de uso e ocupação da terra, e tornam-se evidentes por meio das modificações ambientais, como variações nas taxas de desmatamentos, que se apresentam neste local.

Questões relacionadas à geração e uso de energia hidrelétrica apresentam-se como temas recorrentes nos noticiários, seja pela necessidade de ampliação da oferta de energia no Brasil, seja pela grande quantidade de problemas que derivam de sua implantação. Esta temática além de ser abordada em notícias veiculadas em jornais, tem despertado interesse acadêmico nas mais diversas áreas do conhecimento científico, proporcionando assim, a publicação de artigos técnicos sobre o assunto.

Neste contexto, faz-se importante a obtenção de novas informações sobre um tema tão complexo. Entretanto, gerar tais informações, requer a inserção de propostas de análises interpretativas, que estejam associadas ao uso de metodologias e ferramentas distintas. O sensoriamento remoto, as geotecnologias, a produção, sistematização e geração de mapas constituem um conjunto de métodos e técnicas que podem ser utilizadas neste estudo.

Considerando que as mudanças na paisagem do entorno de grandes obras de infraestrutura é uma questão recorrente, a realização deste estudo torna-se relevante. Por meio deste, será possível, a constatação de tais mudanças nas áreas afetadas pela construção da hidrelétrica. A projeção espaço-temporal de tais mudanças foi relacionada à implantação da usina a partir da obtenção de dados obtidos no Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), imagens de satélite e dados quantitativos disponibilizados por outros órgãos públicos sobre a área.

As possíveis relações desta grande obra com tais mudanças poderão servir de base para novos empreendimentos, ações mitigatórias e posicionamento do poder público.

Além destes aspectos, o uso de dados e imagens de satélite possibilitou um estudo de baixo custo, uma vez que são dados disponíveis ao público e apresentam elevada credibilidade e precisão.

Merece ressalva que uma escassez dos dados foi identificada no decorrer do processo de desenvolvimento e construção deste trabalho, uma vez que a pesquisa aqui apresentada é recente e ainda em processo de consolidação; e que a UHE ainda está inconclusa e seus efeitos por consequência ainda não se evidenciam de forma clara e definitiva.

Desta forma este trabalho, longe de esgotar as possibilidades de análise do tema, abre caminho em um evento novo com desdobramentos ainda em curso. Isto permite afirmar que os dados e conclusões aqui apresentados serão parte de novas pesquisas sobre os efeitos que tal empreendimento na sociedade e no ambiente tanto a nível local como regional e nacional. Certamente outros trabalhos serão produzidos sobre este tema tão amplo, deseja-se que este seja de alguma forma um incentivo e um apoio à novas pesquisas.

2. OBJETIVOS

➤ Geral:

- Realizar uma análise temporal sobre as mudanças no uso e cobertura da terra ocorridas a partir da implantação da hidrelétrica (UHE) Santo Antonio no Rio Madeira

➤ Específicos:

- Identificar as transformações espaciais nas formas de uso e ocupação da terra na área de influência direta da UHE
- Mensurar as variações da ocorrência de desmatamento na área de influência direta da UHE
- Relacionar as possíveis alterações ambientais com a implantação da UHE Santo Antonio

3. PROCEDIMENTO METODOLOGICO

Identificar os impactos de um empreendimento do porte de uma usina hidroelétrica exige a obtenção de uma gama de informações que possibilite compreender as alterações impostas no espaço e na paisagem.

Para fundamentar a pesquisa presente foi levantado o referencial bibliográfico sobre os conceitos, categorias e métodos de análise de dados tendo por base produções acadêmicas como livros, artigos de revistas e congressos acadêmicos, dissertações e teses, a fim de determinar as principais correntes teóricas sobre a problemática da questão energética no Brasil e na Amazônia. Embasado por esta bibliografia justifica-se a opção preferencial pela implantação de hidroelétricas como matriz energética de maior destaque no suprimento da atual demanda elétrica brasileira.

Para analisar os impactos causados pela implantação de novas hidroelétricas na região amazônica foi levantado dados em pesquisa documental em órgãos públicos, tais como: Agência Nacional de Águas - ANA, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Programa de Monitoramento do Desmatamento das formações florestais na Amazônia Legal - PRODES, e os Estudos de Impactos Ambientais e Relatório de Impactos Ambientais - EIA/RIMA da usina hidroelétrica Santo Antonio .

Tendo em mãos os dados levantados dos órgãos oficiais procedeu-se a organização destes dados elaborando mapas temático-analíticos, que servem como auxílio na compreensão das mudanças espaciais ocorridas no período de tempo objeto de análise. Especificamente o mapa da mudança do uso e cobertura do solo no entorno da usina hidroelétrica Santo Antonio, bem como tabelas e gráficos explicitando a evolução do desmatamento na área de estudo.

3.1 Área de estudo

A área objeto de estudo (Figura 1) está localizada no município de Porto Velho, capital de Rondônia. Tendo como área de reservatório 271,3 km², a área de influência direta (AID) da UHE Santo Antonio (Figura 2), que está em fase de conclusão no Rio Madeira, é definida considerando o reservatório mais as áreas de proteção permanente (APP).

Assim, será considerado para este estudo a definição de Barthem e Goulding (2006, p. 5), que se fundamentou nos termos de referência do IBAMA de setembro de 2004, para conceituar a Área de Influência Direta (AID) dos Meios Abiótico e Biótico, a saber:

A área de inundação do reservatório na sua cota máxima acrescida da área de preservação permanente em projeção horizontal, bem como outras áreas contínuas de relevante importância ecológica, além das áreas situadas a jusante da barragem em uma extensão a ser definida pelo estudo. (BARTHEM & GOULDING, 2006, p. 5)

Tendo por referência esta definição foram usados os dados da UHE Santo Antonio onde determinam a cota máxima e a AID da usina. A cota máxima era de 70,5 m em 2012, mas a partir de um requerimento de revisão da cota enviado pela UHE Santo Antonio ao Ibama e a ANA, esta passou a ser de 71,3 m, contudo, a Santo Antonio Energia considerou, para efeitos de desapropriação, a AID na cota de 75,0 m que corresponde a cota do tempo de recorrência (TR) de 50 anos conforme solicitado pela ANA.

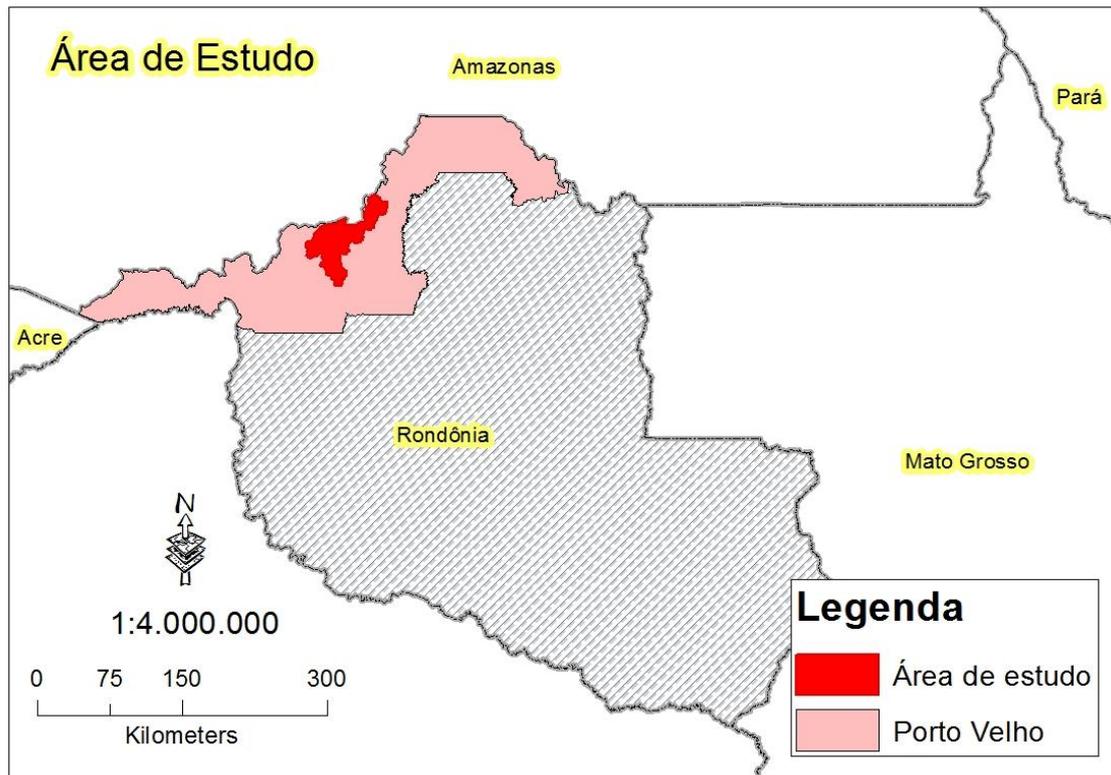


Figura 1: Área de estudo delimitada com base em dados da Pacuera e do IBGE, localizada no município de Porto Velho-RO, 2014.

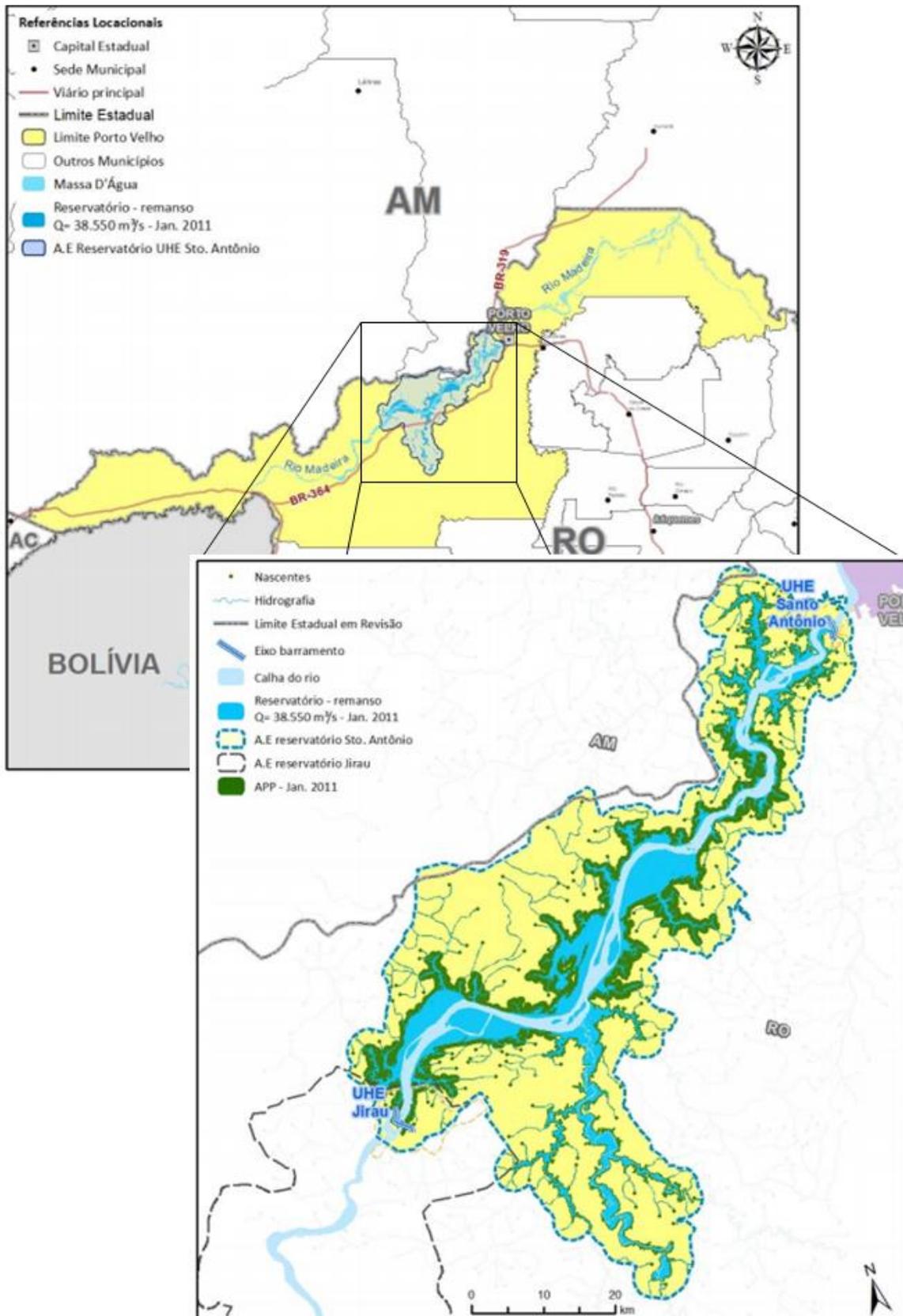


Figura 2: AID delimitada pelo PACUERA da UHE Santo Antonio (2012, p. 11 e 12), adaptado pelo autor.

3.2 Caracterização do objeto de estudo

A área de estudo está completamente inserida na região amazônica, seu relevo faz parte da depressão da Amazônia Ocidental (ROSS, 1996) e apresenta um clima equatorial úmido. A vegetação foi definida por Cavalcante (2012, p 104), que identificou a presença do tipo Floresta Ombrófila Densa e Savana, bem como uma grande área antropizada seja pela urbanização seja pela agricultura/pecuária na área de estudo e seu entorno.

Na caracterização da cobertura vegetal foram adotadas as seguintes classes: floresta primária, floresta degradada, solo exposto e agricultura. Prado et alii definem estas classes da seguinte forma:

A classe floresta primária consiste na formação vegetal arbórea original que não sofreu interferência ou degradação por uso antrópico. A classe floresta degradada abrange as formações florestais secundárias (resultantes dos processos naturais de sucessão) e as florestas degradadas propriamente ditas (submetidas a diferentes níveis de degradação gerados por fatores como o fogo e a exploração madeireira). A classe solo exposto é caracterizada por reduzida cobertura vegetal, encontrada em períodos de preparo do solo para plantio. Por sua vez, a classe Agricultura abrange as áreas de culturas agrícolas e as pastagens. (PRADO et al., 2010)

Com essas categorias definidas, buscou-se os dados referentes as mudanças da cobertura vegetal na área de estudo proposta.

Todavia, na classificação de uso dada pelo TerraClass aparecem outras denominações que serão apresentadas posteriormente quando for exposto a análise dos dados e as tecnologias utilizadas nesta dissertação.

3.3 Aquisição de dados

Na execução da pesquisa foram utilizadas:

- Imagens de satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE,
- Imagens e dados do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite - PRODES orbita/ponto 232/67, 233/67, 232/66 e 233/66,
- Imagens e dados do programa de monitoramento do uso e ocupação do solo, TerraClass,
- Dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA,
- As bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, bem como os dados do crescimento econômico e populacional da região obtidos do IBGE,
- Imagens e dados da Agência Nacional de Águas - ANA sobre a disponibilidade de recursos hídricos,
- Imagens e dados da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL sobre a produção e demanda energética do Brasil,
- Imagens e dados sobre as Unidades de Conservação que obteve-se do Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade – ICMBio.

Estes dados foram obtidos nos respectivos sites das instituições que os produziram, havendo necessidade, em alguns casos de cadastro prévio e identificação do usuário.

Para considerar as mudanças espaciais ocorridas, foram considerados os dados disponibilizados pelo PRODES no intervalo de tempo 2000 a 2012. Este intervalo contempla tanto o período anterior ao início das obras como o desenrolar das mesmas.

Considerando que o EIA-RIMA é datado de 2006, o início das obras deu-se em setembro de 2008, começou a funcionar parcialmente em março de 2012, e a conclusão está prevista para a final de 2016, esse intervalo de imagens trará uma perspectiva da mudança espacial ocorrida com a implantação da UHE.

3.4 Tratamento e Sistematização dos Dados

Com base no banco de dados do IBGE, nas imagens de satélite obtidas do PRODES e na Área de Influência Direta (AID) delimitada no Plano de Conservação e

Uso do Entorno dos Reservatórios Artificiais (PACUERA) foi traçada a área de estudo compreendendo o recorte reproduzido na Figura 1 e na Figura 2, no município de Porto Velho-RO.

Para o tratamento da imagem e obtenção dos dados estatísticos sobre a perda de cobertura vegetal na área delimitada foi utilizado o programa ArcGis 10.1, onde produziu-se mapas temáticos capazes de possibilitar uma melhor visualização e assimilação da mudança espacial ocorrida.

As imagens obtidas do PRODES contemplam a temporalidade de 2000 a 2012 possibilitando a observação da variação na cobertura vegetal deste período na área delimitada. Estes dados foram projetados em gráficos e tabelas para melhor entendimento do processo espaço-temporal do desmatamento na área observada nas imagens do PRODES.

Já as imagens fornecidas pelo TerraClass, possibilitaram uma visão do uso e ocupação da terra na área de estudo delimitada. O procedimento para o cruzamento dos dados foi o mesmo, sobreposição de imagens por meio do programa ArcGis 10.1.

4. APRIMORANDO A DISCUSSÃO

Quando se propõe uma questão geográfica, quase instintivamente busca-se espacializar a questão, e ao se fazer isto remete-se aos mapas e tecnologias que contribuem para sua confecção. Assim ferramentas necessárias para uma análise geográfica são as geotecnologias que contribuem para a espacialização dos fenômenos estudados permitindo uma análise mais precisa das questões abordadas.

No conjunto dessas tecnologias os mapas ganham destaque absoluto há muitos séculos e outras ferramentas vem ganhando espaço nesta área, como os sistemas de navegação por satélite conhecidos como GPS, os aplicativos de celular que utilizam mapas digitais para indicar serviços, entre outros.

4.1 Geotecnologias e análise de dados geográficos

Dentro deste campo surge o Sistema de Informação Geográfica (SIG) também conhecido pela sigla em inglês GIS (*Geographic Information System*). O SIG envolve uma série de geotecnologias que estão entrelaçadas e são cada vez mais utilizadas nos mais diversos âmbitos da sociedade, seja nos negócios, na política, na academia ou em qualquer área que haja necessidade de espacializar uma informação.

4.1.1 História

O desenvolvimento das geotecnologias recebeu grande contribuição com o surgimento, desenvolvimento e barateamento das tecnologias computacionais. Estas tiveram seu crescimento acelerado na década de 1980 quando surgiram os *Personal Computers* (PC) e o mercado de computadores evoluiu rapidamente tanto na qualidade dos *hardwares* como no seu custo final ao consumidor. Assim o custo de pesquisas em SIGs tornou-se mais acessível e possibilitou a eclosão de novas pesquisas acadêmicas na área.

A redução dos custos e o aumento do acesso a este tipo de tecnologia possibilitou a criação de novos SIGs ora pagos ora gratuitos. Entre esses pode-se citar: ArcGis (usado neste trabalho), QuantumGis, SAGA, TerraView, SPRING (estes dois últimos desenvolvidos pelo INPE), dentre outros.

Zimmermann ressalta que as melhorias nos aparatos tecnológicos e nos SIGs ampliaram as possibilidades de aplicação destas ferramentas.

Com o avanço da tecnologia e de metodologias aplicadas ao geoprocessamento, tornou-se possível analisar a geotopologia de um ambiente investigando sistematicamente suas propriedades e as relações posicionais de eventos e entidades sob a cobertura do solo, representados em uma base de dados georeferenciados, transformando dados em informações ao apoio à decisão. (ZIMMERMANN, 2012)

O uso dos SIGs não se aplica apenas a uma área, mas, ao contrário, tem estendido sua aplicabilidade às áreas mais diversas, como aponta o mesmo autor:

Atualmente, aplicações de SIG's podem ser muito versáteis e variadas, podendo-se utilizar como um componente espacial cartográfico até estudos de impacto ambiental ou vigilância epidemiológica de doenças, ou, ainda, em prospecção de recursos ao marketing, como sistemas de apoio à decisão, muito utilizados no mercado imobiliário. (ZIMMERMANN, 2012)

Com muita propriedade o SIG é usado como ferramenta neste trabalho que aborta as transformações da paisagem nas relações entre homem e natureza. Com a inserção dos dados espaciais do fenômeno e sua temporalidade é possível perceber a evolução dos eventos estudados.

4.1.2 *Conceito*

Ao buscar uma definição mais precisa para o SIG esbarra-se numa discussão ampla sobre o conceito e cada definição apresentada contempla objetos e objetivos diferentes dados ao SIG (MIRANDA, 2005). Desta forma, o presente trabalho usa a definição que mais se adequa ao seu objetivo, que é a análise espacial. Assim, após discorrer sobre as diversas correntes de definições, Miranda indica como definição mais adequada aquela que “ênfatiza a importância da análise que pode ser realizada com um SIG e se concentra na análise e modelagem na qual o SIG é visto mais como uma ciência de informação espacial do que uma tecnologia” (2005, p.26).

Neste sentido o Dicionário Breve de Geografia indica para o verbete “Sistema de informação Geográfica (SIG)” a seguinte definição:

Informação recolhida e processada em computador e organizada numa base de dados geográficos, que permite introduzir, aceder, manipular e visualizar a informação georeferenciada. As suas potencialidades permitem a análise espacial, para apoio ao ordenamento do território e à gestão de recursos e de actividades. Permite a aplicação em Cartografia e a construção de modelos de apoio a todas as acções de planeamento. [...]. (GARRIDO e COSTA, 2006)

Ainda conforme Miranda, um SIG deve ter “quatro subsistemas: entrada, gerência dos dados, análise e saída” (Figura 3). Na entrada insere-se os dados brutos coletados por vários meios e técnicas; na gerência e análise os dados são tratados, em geral em softwares específicos, para então chegar a última etapa; na saída surgem os produtos finais como mapas, tabelas e gráficos.

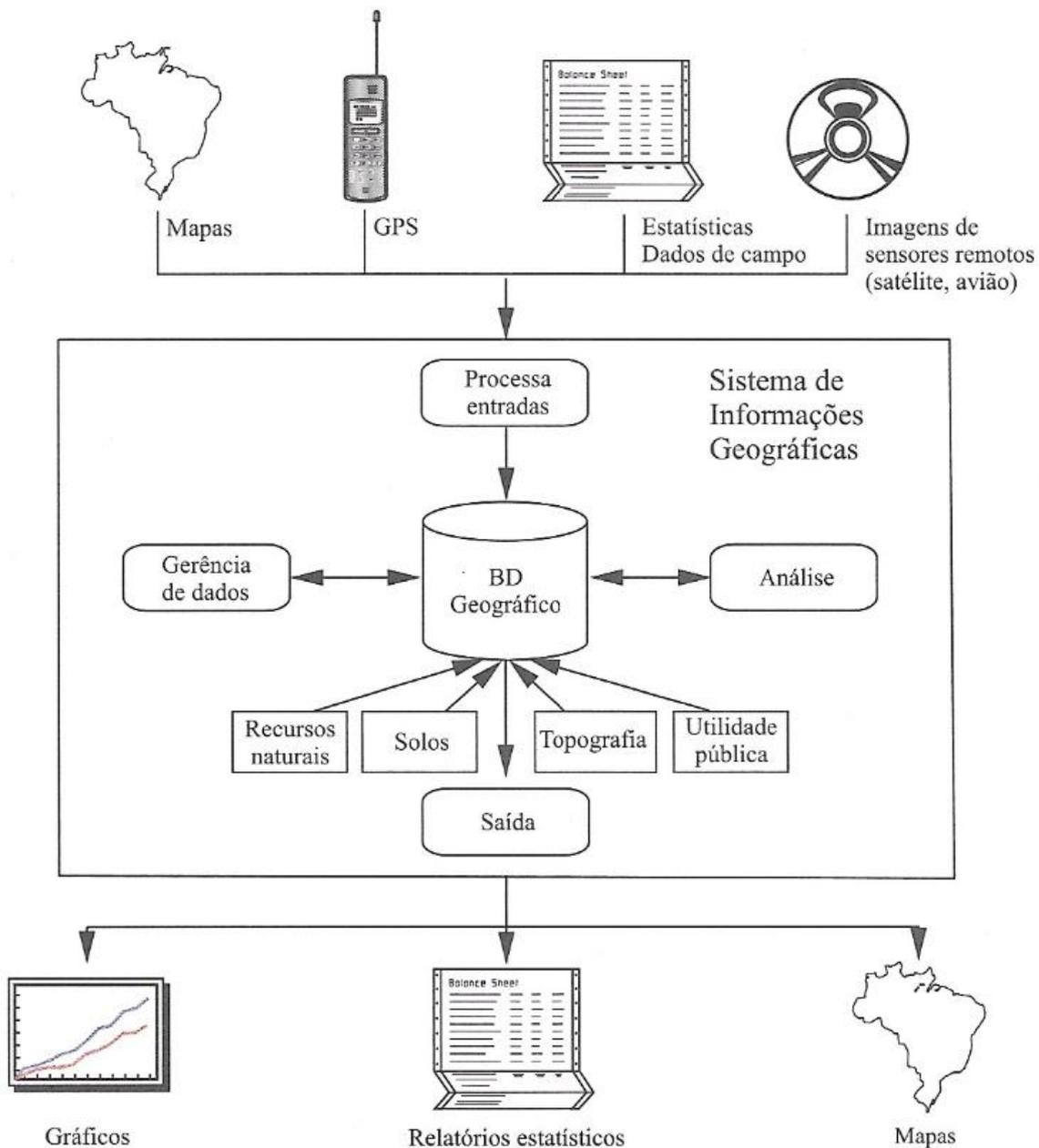


Figura 3: Configuração básica de um SIG (MIRANDA, 2005. p. 33)

4.1.3 Evolução e acesso

Florenzano (2005) destaca que as geotecnologias vêm incrementar o SIG e estão cada vez mais acessíveis ao público em geral, mas se faz especialmente útil ao público acadêmico. Ao abordar a importância do uso de tecnologias de sensoriamento remoto destaca que:

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (frequentemente agravados pela intervenção do homem) e antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2005)

Estas informações espaço-temporais são disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) algumas vezes em dados brutos outras já como produtos de um processamento em SIG, como é o caso dos dados produzidos pelo PRODES e pelo TerraClass.

O PRODES tem uma importância grande no cenário nacional pois permite que haja um conhecimento mais profundo dos recursos disponíveis, especialmente na Amazônia, como destacam Hayes e Rajão: *“Importantly, PRODES was also a way to ensure that the Brazilian government rather than foreign governments had the most accurate data pertaining to the Amazon”* (HAYES; RAJÃO, 2011).

Florenzano (2005) ainda ressalta que há uma disponibilidade de softwares gratuitos de processamento destes dados e cita os programas como o SPRING, TerraView e outros. Neste trabalho, o autor optou por utilizar o programa ArcGis por já estar familiarizado ao seu funcionamento.

Graças a grande quantidade de dados fornecidos por sensores remotos, tais como satélites, radares, aerofotografias e outros, ao longo do último século é possível mapear e acompanhar o desenvolvimento do uso dado a terra. Notadamente nas últimas décadas o volume de informações deste gênero tem crescido bastante, possibilitando um maior e melhor acesso a estas informações.

No Brasil, o uso do SIG tem sido particularmente fomentado pelo INPE que oferece cursos em níveis de especialização, mestrado e doutorado na área. Além de oferecer cursos ainda disponibiliza dados e programas que permitem a manipulação dos dados de forma gratuita.

4.1.4 Sensoriamento Remoto

Hoje, um dos dados de entrada nos SIGs que mais contribuem para o aprimoramento das técnicas e na ampliação das aplicações do sistema são os adquiridos por sensoriamento remoto. Nesta área, os investimentos têm sido crescentes e a aplicação de grande utilidade como destacam Rosenqvist *et alius*:

Over the past half century, a range of airborne and space-borne sensors has acquired remote sensing data, with the number of sensors and their diversity of capability increasing over time. Today a large number of satellite sensors observe the Earth at wavelengths ranging from visible to microwave, at spatial resolutions ranging from sub-metre to kilometres and temporal frequencies ranging from 30 min to weeks or months. In addition, archives of remotely sensed data are increasing and provide a unique, but not complete, chronology of the Earth during this time period. New sensors are continually being launched and existing sensors are often replaced to ensure continuity in the data record. (ROSENQVIST, Å. et al. 2003. p. 443.)

Ao falarem dos aspectos do sensoriamento remoto ressaltam entre as aplicações a “*detection and spatial quantification of change in land cover*” como um dos cinco usos desta ferramenta que faz parte do SIG.

Como toda ferramenta, o sensoriamento remoto tem suas limitações e que passam desde a qualidade até a frequência das imagens/dados obtidos. Além das limitações técnicas, a coleta destes dados está sujeita às condições atmosféricas uma vez que alguns dados necessitam de pouca nebulosidade sobre a área de interesse. Assim alguns dados são coletados apenas anualmente para aproveitar as características sazonais de cada região, sendo mais frequente a coleta de imagens no período de estiagem.

Para perceber as alterações de uso e cobertura da terra com maior eficiência utiliza-se os dados do Landsat com uma frequência anual. Assim:

Observations should preferably occur on an annual basis and at a similar time of year to minimise the effects of seasonality in the data. [...] Spatial resolutions less than ~20–25 m are generally required to detect changes in the smallest Kyoto land parcels at 0.05 ha, although

integration within coarser spatial resolution data may be useful for detecting large disturbances or changes in land cover. (ROSENQVIST, Å. et al. 2003. p. 445)

Como o custo da aquisição destes dados são muito altos, geralmente são feitas capturas de dados em menor resolução a fim de identificar os *hotspots* de desmatamento e a partir de então refinar a resolução, conforme explica Rosenqvist (2003).

4.2 Discutindo a Questão Energética

Energia é a capacidade de fornecer trabalho mecânico ou equivalente. Esta é essencial à vida e está presente em abundância na natureza. Mas nem toda energia é utilizável ou utilizada pelo homem para os fins que desejamos. Assim, desde que o homem percebeu como usar algumas formas de energia as técnicas avançaram no decorrer da história. A princípio, empregava a própria energia muscular em atividades como a caça na longínqua pré-história, posteriormente descobriu o poder do fogo derivado da queima de madeira. Com o domínio do fogo, o surgimento de novas técnicas e tecnologias aumentou exponencialmente, em especial, com o uso de combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo com seus derivados. Mas o uso indiscriminado desta energia causou entre outros problemas o esgotamento de recursos naturais. Assim, na medida em que foi necessário, o homem foi buscando novas fontes de energia que facilitassem sua vida cotidiana, minimizassem seus esforços e maximizasse seus lucros.

Talvez tão antiga como a utilização do fogo seja a utilização da água como fonte de energia. Inicialmente como força de produção agrícola ou impulsionador de moinhos. Mas com o passar dos séculos e a descoberta da eletricidade a força da água, ao lado dos combustíveis fósseis, passa ser um importante recurso na obtenção de energia elétrica para o abastecimento dos centros urbanos. Por ser considerada uma energia limpa e renovável tem sido preferida em alguns países, especialmente aqueles que, como o Brasil, apresentam condições geográficas favoráveis como a abundância de rios de planalto que facilitam o aproveitamento dessa matriz energética.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2008, p. 39-40) em seu *Atlas de energia elétrica do Brasil*, o consumo de energia tem crescido muito no último meio século e esse crescimento é evidente, se observados os usos deste recurso nos países desenvolvidos (Figura 4).

O mesmo trabalho apresenta um gráfico (Figura 5) produzido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) no qual fica evidente que quanto maior o crescimento econômico, maior se torna a demanda por consumo de energia.

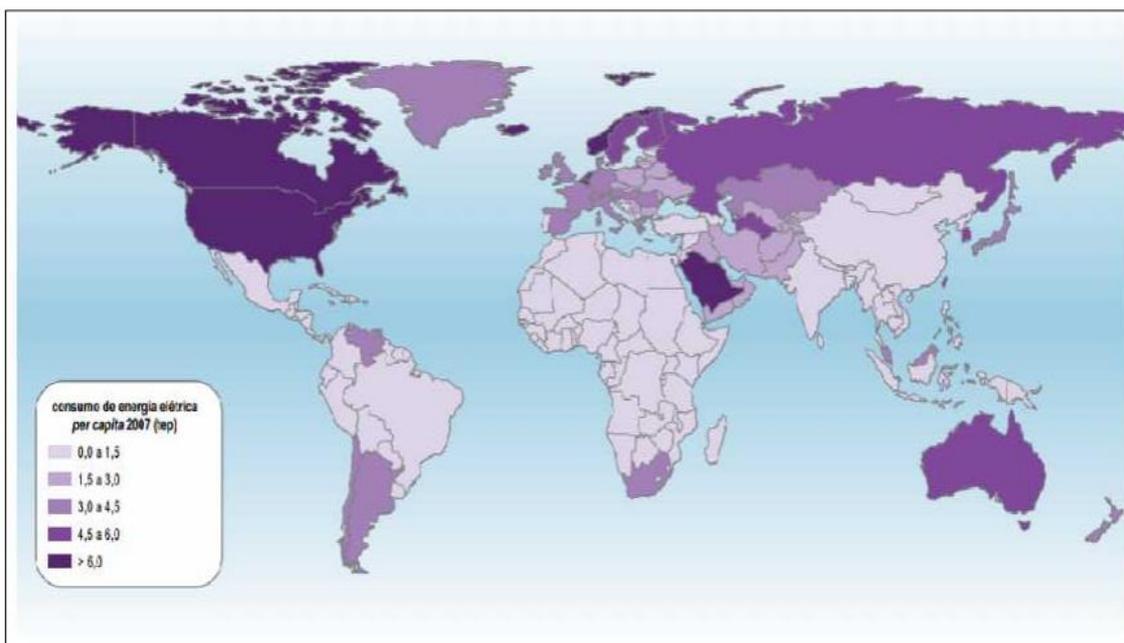


Figura 4: Representação do consumo de energia hidrelétrica no mundo

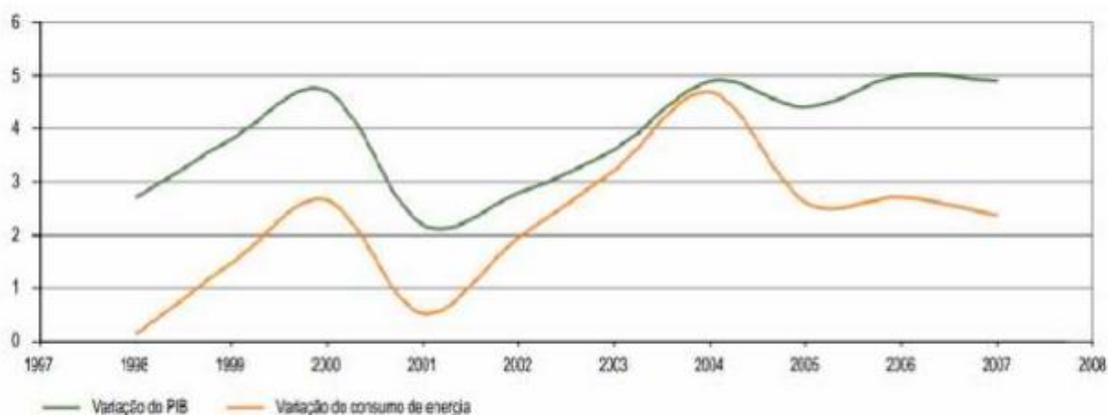


Figura 5: Apresentação dos valores de variação do PIB e consumo de energia (1998-2007). Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil – ANEEL (2008).

O *Atlas de energia elétrica do Brasil* (ANEEL, 2008) indica que em 2007, a matriz hidráulica ocupa a quarta posição no ranking energético, estando à frente apenas da matriz nuclear. Este contexto evidencia a extrema dependência da fonte energética de combustíveis fósseis, principalmente do petróleo que lidera a lista do mais consumido. A propósito deste assunto, informações contidas nos relatórios técnicos da ANEEL (2008), destacam que em 2006, apenas 1,8% da matriz energética mundial era obtida do potencial hídrico, estando à frente de fontes alternativas que ainda estão com produção incipiente.

No que diz respeito à situação brasileira, é importante mencionar que fatores como: a abundância de recursos hídricos, a relativa facilidade de instalação, o baixo custo de manutenção e a energia de origem hídrica, permitem que o país ocupe um patamar mais elevado. Porém há de se atentar à insustentabilidade de alguns projetos hidroelétricos brasileiros como destaca Bermann:

Este carácter insustentável pode ser estabelecido a partir de critérios que identificam os problemas físico-químico-biológicos decorrentes da implantação e operação de uma usina hidrelétrica, e a sua interação com as características ambientais do seu “locus” de construção (...). Critérios que se estendem aos aspectos sociais, particularmente com relação às populações ribeirinhas atingidas pelas obras, e invariavelmente desconsideradas frente à perspectiva da perda irreversível das suas condições de produção e reprodução social, determinada pela formação do reservatório. (BERMANN, 2003. p. 20)

Bermann ainda ressalta que independentemente de a hidroeletricidade corresponder a maior fonte de energia elétrica, as matrizes de origem fóssil prevalecem na indústria pesada e no transporte (2003. p. 31). Todavia, a energia hidrelétrica continua a ganhar espaço no consumo nacional. Esse crescimento tem gerado preocupação no setor de planejamento energético do país. Tal situação pode ser identificada conforme informações expressas pela ANEEL (2008) expostas a seguir:

Em função do racionamento de 2001 – e das correspondentes práticas de eficiência energética adotadas, como utilização de lâmpadas econômicas no setor residencial –, em 2002 o consumo de energia elétrica verificado no país, de 321.551 GWh, segundo série histórica

constante do BEN 2008, estava em níveis próximos aos verificados entre 1999 e 2000. A partir desse ano, porém, ingressou em ritmo acelerado de crescimento – 6,5% em 2003; 5,2% em 2004; 4,2% em 2005 e 3,9% em 2006 – o que provocou, inclusive, preocupações com relação à capacidade de a oferta acompanhar esta evolução (ANEEL, 2008, p.45)

Essa tendência a aumentar o consumo energético no Brasil chamou a atenção das autoridades para o incremento da produção energética nacional. A partir do ano 2001 vários projetos foram implementados para ampliar a oferta energética no país.

A necessidade de ampliar a oferta de energia tem produzido novas obras no setor elétrico. Segundo a ANEEL (2014) a capacidade instalada saltou de 74.876,7 MW em 2001 para 126.754.66 MW em 2013. Deste total atual 63,98% correspondem a UHE. Além disso espera-se que até 2019 haja um implemento de mais 18.963,8 MW na oferta de energia elétrica nacional proveniente de UHEs. Do total de projetos de produção elétrica previstos para serem instalados até 2020 mais de 70% são de UHEs.

4.3 Breve Histórico das Hidroelétricas no Brasil

Para a compreensão do processo de inserção e consolidação do uso de energia hidrelétrica no país, Almeida (2008), subdividiu a história de implantação das hidrelétricas do Brasil em quatro períodos distintos.

O primeiro período (1879-1933) é caracterizado pela implantação no país das primeiras instalações de iluminação pública e das primeiras usinas geradoras de eletricidade, além do surgimento das primeiras empresas do setor. No segundo período (1934-1961), houve o processo inicial de regulamentação do setor e o surgimento de algumas das maiores empresas de energia elétrica. No terceiro período (1962-1979), foram criados órgãos governamentais e também grandes empresas estatais, consolidando o processo de estatização do setor elétrico. No quarto período (1980-2001), houve o início e o desenvolvimento do processo de privatização do setor e o surgimento da mais recente crise de abastecimento de energia elétrica. (ALMEIDA, 2008. p.17)

Com base no exposto, e partindo da compreensão de que o desenvolvimento de um país está relacionado à capacidade de auto abastecimento por meio de recursos energéticos suficientes para manter uma produção industrial, os recursos hídricos devem ser alvo de maior atenção do estado.

O território brasileiro apresenta um vasto potencial de riquezas minerais. Sem dúvida a maior destas riquezas é a disponibilidade de recursos hídricos, tendo em vista que o Brasil possui a maior reserva de água doce líquida do mundo e boa parte de seu território é formado por planaltos que possibilitam o aproveitamento energético das quedas d'águas.

O Brasil apresenta uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos. A disponibilidade hídrica per capita, determinada a partir de valores totalizados para o País, indica uma situação satisfatória, quando comparada aos valores dos demais países informados pela Organização das Nações Unidas (ONU). (BRASIL, 2013. p. 37.)

Contudo, o aproveitamento da força gravitacional sobre as águas teve seu início no final do século XIX no Canadá junto às cataratas do Niágara. No Brasil a primeira obra desse gênero foi realizada durante o período do Império, no reinado de D. Pedro II, quando foi inaugurada uma pequena hidroelétrica na cidade mineira de Diamantina, no Ribeirão do Inferno. Esta hidroelétrica apresentava uma potência instalada de 0,5 MW (megawatt) e apenas 2 km de linhas de transmissão (ANEEL, 2008, p.53). A partir dessa instalação, a produção deste tipo de energia só cresceu e hoje contamos com 85.948,5 MW de produção hidroelétrica no país (ANEEL, 2014).

Com base nessa capacidade natural para o desenvolvimento de hidroelétricas é que hoje temos um total de 1090 hidroelétricas em funcionamento no país sendo distribuídos em 433 CGHs (Central Geradora Hidrelétrica), 462 PCHs (Pequena Central Hidrelétrica) e 195 UHEs (Usina Hidrelétrica) (Figura 6), tudo isso perfazendo um total de 63,81% da potência instalada no Brasil em 35,95% dos empreendimentos de produção elétrica do país.

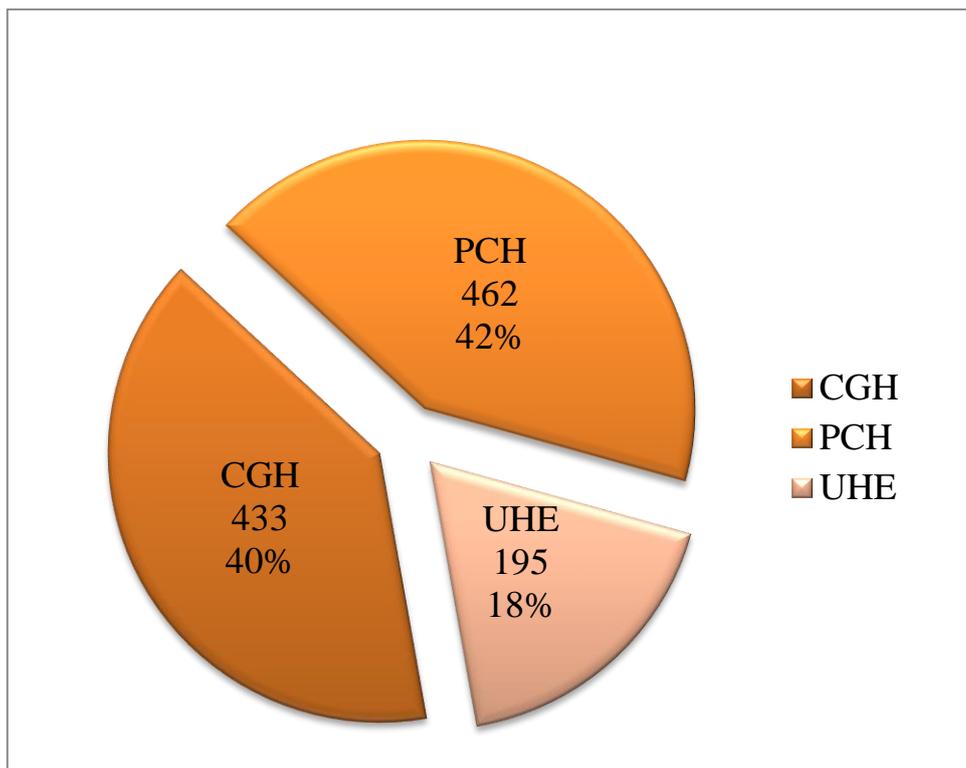


Figura 6: Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil - Produzido pelo autor com base nos dados da ANEEL (2014)

Ter todo esse potencial e parte dele sendo aproveitado não quer dizer que seja necessariamente sustentável. Ainda que muitos a considerem como uma fonte de energia renovável e sustentável, isso está longe de ser uma unanimidade. Referindo-se ao tema BERMANN (2003, p. 20) menciona que as hidroelétricas são insustentáveis por apresentarem diversos problemas desde sua implantação até sua operação. Sejam “problemas físico-químico-biológicos”, sejam questões sociais, “particularmente com relação às populações ribeirinhas atingidas pelas obras”. Apesar desses fatores negativos hoje o governo brasileiro tem especial empenho na ampliação da rede de hidroelétricas nacionais.

Um dos empreendimentos que mais tem chamado a atenção da mídia nacional é a usina de Belo Monte, uma obra de grande porte sendo instalada no Rio Xingu, no estado do Pará, que impactará enormes áreas de floresta, bem como comunidades inteiras de índios e não-índios. Mas este não é o único caso desse período, nem o único na região amazônica. A região amazônica é dotada de uma variada diversidade em termos de fauna, flora e minerais, mas ganha destaque especial para sua capacidade hídrica, seja nas chuvas abundantes, seja nos grandes rios.

Dos recursos hídricos brasileiros, aqueles localizados na Amazônia são os mais abundantes, porém devido a sua distância dos grandes centros populacionais e a baixa densidade demográfica de 2,51 hab/km², representando apenas 5,1% da população nacional em 2010 (ANA, 2014), e sua dificuldade de aproveitamento com riscos mínimos ao meio ambiente e ao bioma amazônico, tais recursos são subutilizados ou tem sua utilização limitada pelas legislações ambientais e/ou dificuldades naturais de implementação. Há de se notar que apesar da grande oferta de água *per capita* a distribuição geográfica deste recurso é desigual como demonstra o relatório da ANA:

O Brasil apresenta uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos. [...] Entretanto, apesar desse aparente conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro. Cerca de 80% de sua disponibilidade hídrica estão concentrados na região hidrográfica Amazônica, onde se encontra o menor contingente populacional e valores reduzidos de demandas consultivas. (ANA, 2013. p. 37)

Independente de apresentar muitas possibilidades de uso, há de se considerar a quantidade e qualidade de impactos que o uso desses recursos hídricos amazônicos pode ocasionar, de forma a minimizar, quanto possível, tais impactos negativos sobre o ambiente físico e social.

No entanto tais riscos foram assumidos por diversos governos brasileiros, desde o governo militar com a construção das usinas de Tucuruí-PA, Samuel-RO e Balbina-AM, consolidando a ocupação territorial no norte do país e impulsionando o desenvolvimentismo característico desse período histórico, até os governos recentes com a implantação de obras não menos grandiosas e impactantes como as UHEs Belo Monte-PA, Santo Antonio-RO e Jirau-RO.

Para entender a dimensão das questões envolvidas é necessário um olhar mais atento sobre a grandeza de tais obras. Para tanto segue um panorama do objeto do presente estudo.

4.4 Usina Hidrelétrica Santo Antonio

A UHE Santo Antonio está localizada a cerca de 7 km da cidade de Porto Velho-RO (Figura 8), 1.063 km da foz do Rio Madeira, possui uma área de drenagem de 988.873 km² sendo que seu reservatório cobre a área de 271,3 km². Esses números fornecidos pela Aneel (2014) dão uma noção de quão grande é esse negócio.

Está é uma das mais recentes obras de desenvolvimento energético na região amazônica e está ao encargo da Santo Antonio Energia que é um consórcio entre as empresas Furnas (39%), Caixa FIP Amazônia Energia (20%), Odebrecht Energia (18,6%), Andrade Gutierrez (12,4%) e Cemig (10%) (Figura 7). Esta obra faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal.

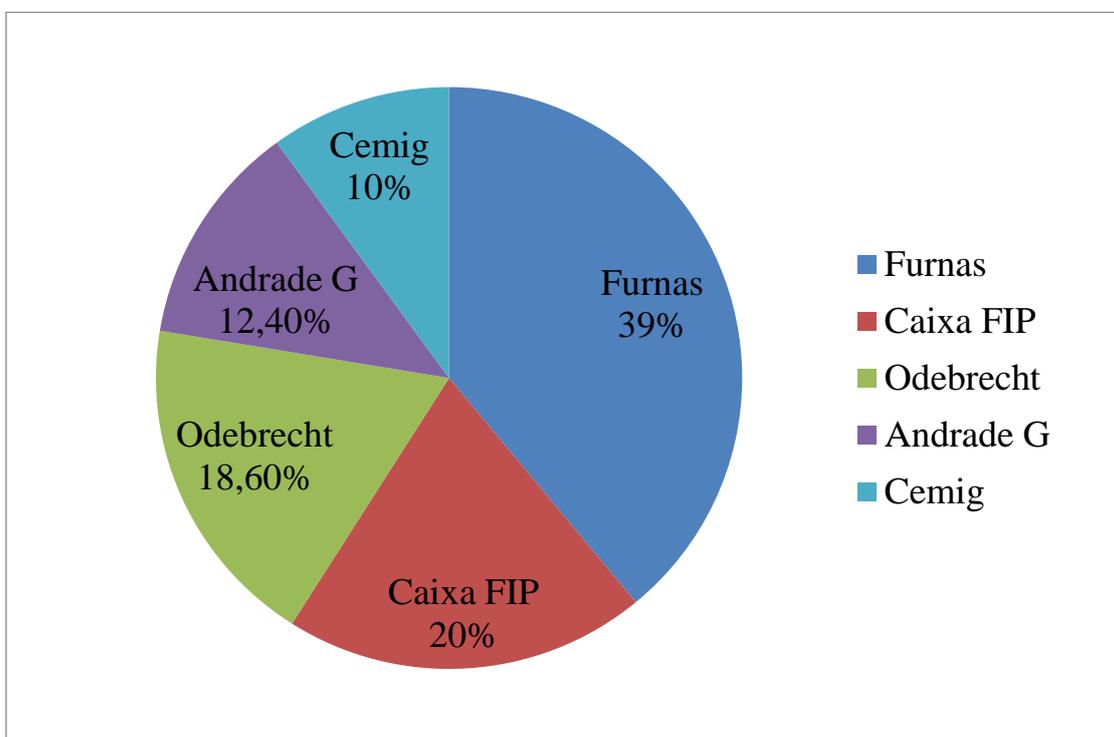


Figura 7: Participação na UHE Santo Antonio

Com o EIA-RIMA aprovado em 2006, suas obras ainda não estão 100% concluídas, mas já está em operação com 16 turbinas em funcionamento desde 30 de março de 2012, e produz aproximadamente 1.140 *megawatts* de energia. A previsão de conclusão da obra é para novembro de 2016, quando funcionarão 50 turbinas produzindo cerca de 3.568 *megawatts*. Essa potência é capaz de abastecer 45 milhões de pessoas.

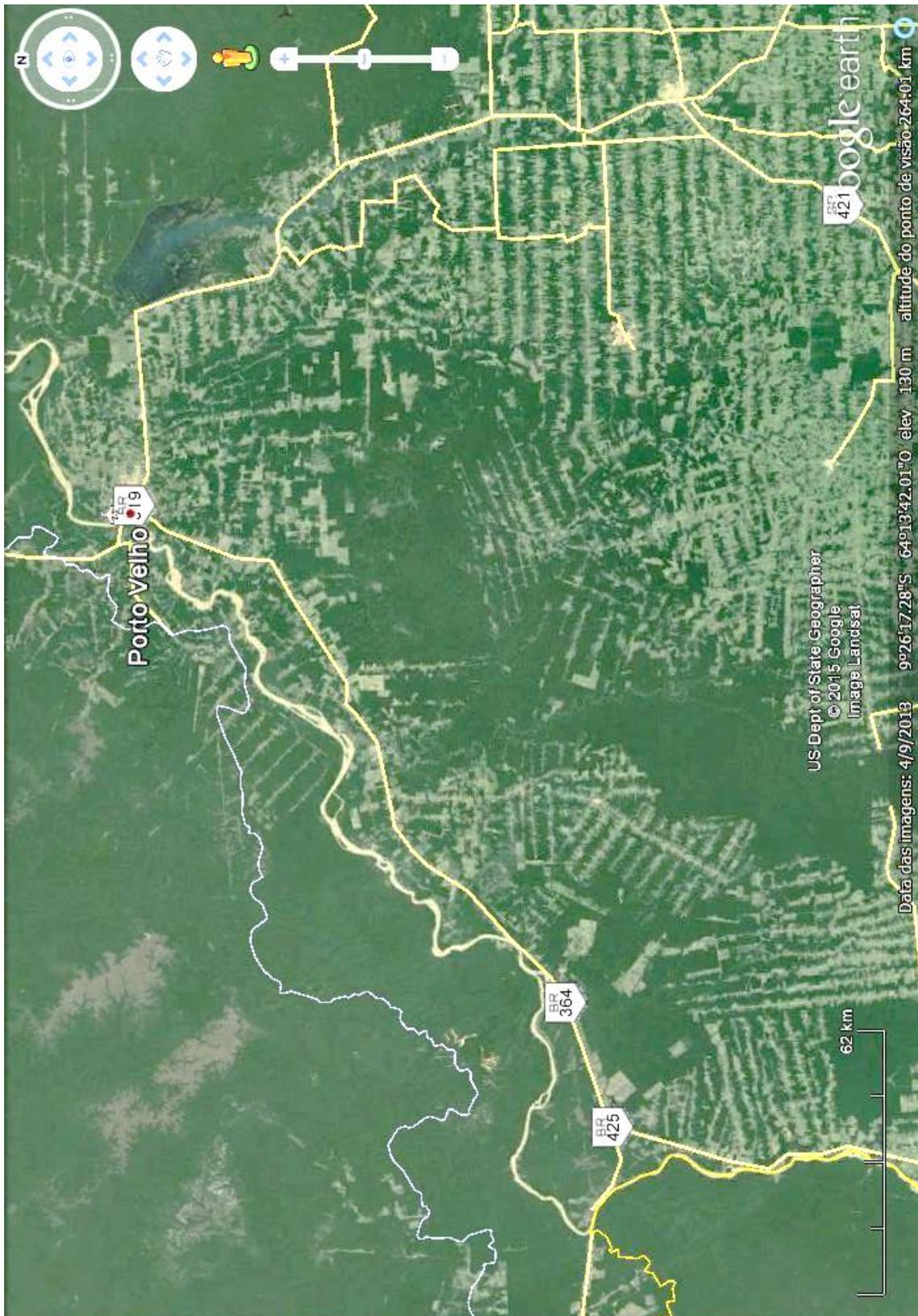


Figura 8: Imagem em RGB da área de estudo extraída do banco de dados do Google pelo programa Google Earth

4.5 Transformações espaciais.

Obviamente uma obra de tal magnitude não passa isenta de impactos consideráveis tanto em sua área de influência direta (AID) como na área de influência indireta (AII). Portanto, faz-se necessário observar atentamente não apenas as transformações no espaço físico, mas também no espaço social. Como afirma Cavalcanti (2011)

Pesquisas relativas à dinâmica da paisagem devem estar direcionadas a uma caracterização do conjunto, compostas pelos diferentes compartimentos naturais e suas interdependências, aliados aos fatores de ordem socioeconômica e político-administrativa e suas interfaces com as possíveis alterações. (CAVALCANTI, 2011, p. 121)

Considerando esta corrente de pensamento faz-se necessário observar tanto os aspectos físicos como humanos de um empreendimento para perceber os reais impactos dele, como argumentam Santos e Souza:

(...) a análise geoambiental fornece elementos para o conhecimento sobre a estrutura e funcionamento da natureza e suas interconexões com a sociedade, proporcionando um planejamento racional de uso e ocupação do solo, de acordo com a capacidade de resiliência e homeostase de cada sistema ambiental, definidas pela estabilidade do ambiente. (SANTOS e SOUZA, 2011, p. 90)

No mesmo sentido Silva aponta que estes empreendimentos causam grandes mudanças muitas vezes irreparáveis.

[...] a construção de grandes empreendimentos hidrelétricos é um dos setores quem mais promovem acentuadas mudanças estruturais em comunidades ribeirinhas e que causam severos impactos ambientais, que afetam tanto o meio físico como o biológico. (SILVA, 2010, p. 197)

No entanto, o presente trabalho não realiza uma análise geoambiental completa sobre o empreendimento da UHE Santo Antonio, mas fornece uma visão diferenciada sobre o que já foi feito, percebendo as transformações na cobertura vegetal no entorno da UHE Santo Antonio a partir do uso de imagens de satélite.

Ao restringir o objeto de análise aos impactos na vegetação do entorno da UHE Santo Antonio, pretende-se explorar a degradação imposta pela construção da usina, pois, conforme Florenzano (1996) expõe, "a participação da cobertura vegetal na caracterização das unidades de paisagem está, portanto, diretamente ligada à sua capacidade de proteção [...]".

Assim, observando a variação da cobertura do solo no período poder-se-á perceber a grandeza do impacto gerado pela implantação desta hidroelétrica.

Este impacto é percebido não só na cobertura vegetal, mas também na alteração de outras paisagens como é o caso da Cachoeira Teotônio (Figura 9) que deixou de existir após a formação do lago, que, apesar de muito inferior a outros lagos de hidroelétricas, é um dos principais fatores de mudanças na paisagem.



Figura 9: Vista parcial da Cachoeira Teotônio antes da cheia do reservatório (extraído do Google Earth) e vista atual do ponto onde se encontrava a Cachoeira Teotônio (foto do autor)

5. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

A demanda por energia cresce a cada ano no Brasil, isso leva-nos a buscar a ampliação da capacidade de geração elétrica do país. Dentro deste cenário surge a necessidade de construção de novos empreendimentos de produção energética, entre eles novas hidroelétricas, como a UHE Santo Antonio, que, apesar de ainda inconclusa, já opera gerando energia para o sistema nacional integrado desde 2012.

Usando o recurso de geotecnologias, especialmente imagens de satélite tratadas pelo PRODES, é possível identificar as mudanças no uso da terra no entorno da obra e relacionar tais mudanças à instalação da UHE.

Tendo estabelecido a área de estudo com base nos dados fornecidos pela própria UHE Santo Antonio, destacou-se a área de influência direta (Figura 2) da hidroelétrica como o principal delimitador da área de estudo. Desta forma todos os dados obtidos foram filtrados e adequados a esta área.

5.1 Tecnologia e bases de dados

Tomando como base a área de influência direta (AID) foi definida a área de interesse do presente estudo. Para tanto buscou-se referência nos documentos produzidos pela própria UHE Santo Antonio, especialmente o PACUERA onde esta área está delimitada com base na legislação ambiental vigente e nas características topográficas locais.

Definida esta área foram cruzados com os dados produzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no Programa de Monitoramento do desmatamento (PRODES), do projeto TerraClass que também é desenvolvido pelo INPE e busca “qualificar o desflorestamento da Amazônia legal, tendo por base as áreas desflorestadas mapeadas e publicadas pelo Projeto PRODES [...] e imagens de satélite, apresenta os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal [...]” (INPE, 2015)

A base cartográfica utilizada foi a disponibilizada pelo IBGE em seu site. Do INPE foram utilizados os dados de desmatamento, fornecidos pelo PRODES e os dados

de uso e ocupação da terra, fornecidos pelo projeto TerraClass. Os dados referentes às Unidades de Conservação foram coletados no site do Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade (ICMbio) vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA)

Para o tratamento dos dados utilizou-se o programa ArcGis 10.1, onde foram sobrepostas as imagens da área de estudo e as imagens produzidas pelo PRODES, gerando como resultado a totalidade do desmatamento nos anos de 2000 a 2012 na área de interesse do presente estudo.

5.2 Dados do PRODES

Os dados extraídos do PRODES possibilitam um acompanhamento anual da evolução do desmatamento na Amazônia Legal desde 1988 com base em imagens de satélites Landsat em resolução espacial de 20 a 30 metros. Novas imagens são feitas a cada 16 dias, o que possibilita formar um mosaico mais preciso após a retirada dos dados comprometidos pela cobertura de nuvens. Após a coleta das imagens um novo produto é gerado apresentando a taxa anual de desmatamento na região.

Com base nestes dados, utilizando o programa de edição de tabelas, Excel, criou-se um gráfico (Figura 10) onde fica evidente a redução do desmatamento no período de 2000 a 2012, na AID da UHE Santo Antonio. É importante notar que independente da redução no período citado, o desmatamento não parou e houve um novo aumento de desmate nos últimos anos, ainda que no geral tenha havido uma queda.

Ao traçar a curva percentual do desmatamento foi considerado que o primeiro ano da série corresponde ao valor de 100% e as variações a partir deste ano são contabilizadas com base no ano anterior. Desta forma a evolução do desmatamento varia para mais ou menos a cada ano, ocorrendo em alguns anos uma variação elevada como é o caso dos anos 2010 e 2011. Por conta desta discrepância aparente, o dado mais relevante neste estudo é o valor absoluto de desmate anual, bem como a linha de tendência, que aponta para uma constante redução do desflorestamento na área estudada.

No ArcGis 10.1, destacou-se as áreas onde houve desflorestamento, traçando um perfil geral de áreas desmatadas no período anterior à UHE Santo Antonio (2000), no ano da realização do EIA-RIMA (2006), no ano do início das obras (2008), quando inundou

o reservatório (2011) e em data mais recente dos dados disponíveis (2012), quando a UHE já opera, ainda que inconclusa. Trabalhando desta forma os dados fornecidos, percebe-se as alterações no uso e ocupação da terra em escala temporal tendo por parâmetro o início das obras da UHE.

Para um melhor entendimento dos dados foi elaborado um mapa (Figura 11) temático com destaque para o desmatamento em cada um dos anos supracitados e o gráfico seguinte (Figura 10) com o total de desmatamento em cada ano. Considerando todo o período abordado pelo estudo, houve uma queda no desmatamento da área com algumas variações no intervalo das datas. As variações em sentido oposto foram registradas nos anos 2003, 2004, 2010 e 2011.

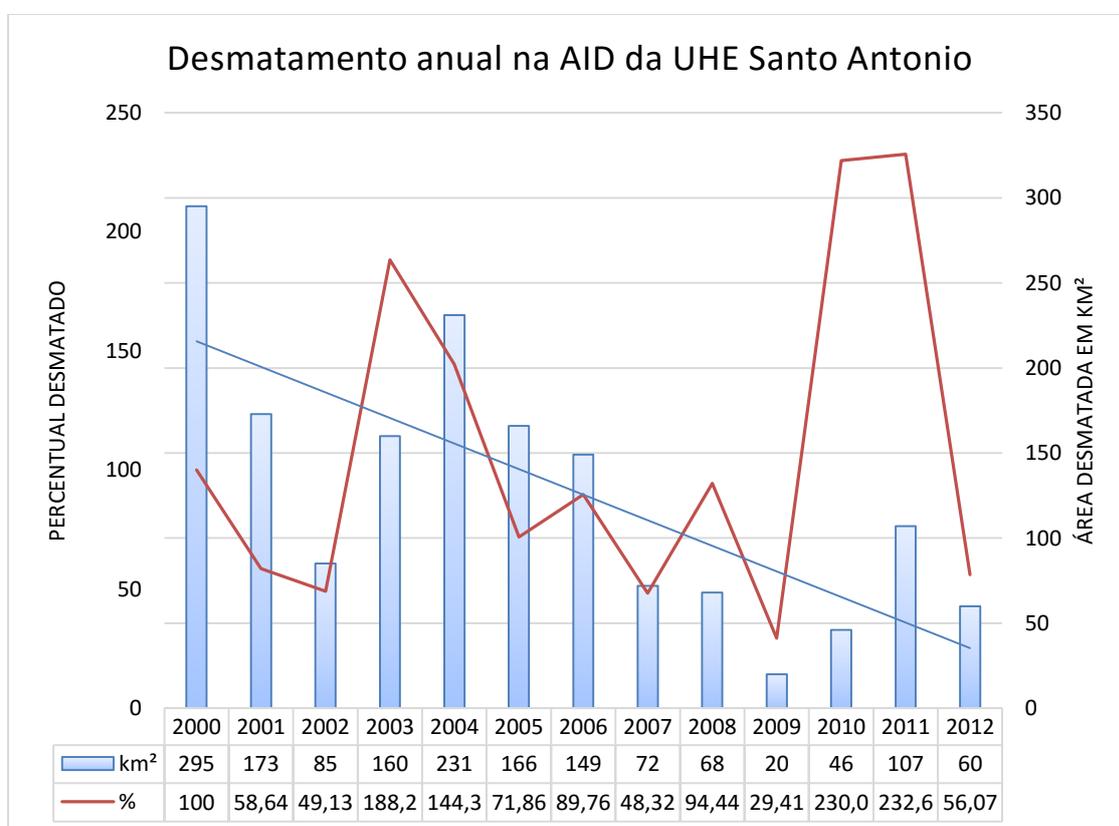


Figura 10: Desmatamento entre 2000 e 2012 na AID da UHE Santo Antonio – elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes

Com os dados trabalhados observou-se que, diferente da expectativa, ocorreu uma redução no desmatamento após a implantação da UHE Santo Antonio, ao menos em sua área de influência direta.

Contudo, é importante observar que houve repiques de desmatamento mais acentuado especialmente nos anos de 2004 e 2011. Portanto, devemos considerar que a redução do desmatamento não é algo linear, mas que apresenta forte declínio na área estudada.

Além disso, deve-se notar que dentre os anos em que houve crescimento do desmatamento apenas 2010 e 2011 se encontram no período de construção da UHE Santo Antonio. Este fato permite supor que a UHE Santo Antonio não agravou o desflorestamento da área, mas, ao contrário, pode fazer parte dos agentes que frearam o desflorestamento da área.

É perceptível pelos mapas abaixo que não houve grandes áreas desmatadas de uma única vez, ao contrário, vários pequenos fragmentos de desmatamento são registrados de forma descontínua em cada ano, variando entre a margem direita e esquerda do Rio Madeira.

Parte da área apresentada como desmatamento no ano de 2011 (Figura 23) corresponde a área de inundação do reservatório da UHE e estava previsto no EIA-RIMA da obra. Esta área é identificada por estar mais próxima ao rio. Nos anos de 2009 e 2010 (Figura 21 e Figura 22) é possível observar a redução do desflorestamento de forma significativa. Há de se observar que no ano de 2010 (Figura 22) o desflorestamento se concentra próximo a UHE Jirau que fica junto ao limite oeste da AID da UHE Santo Antonio e onde foi instalado o canteiro de obras. Para o ano de 2011 (Figura 23) a causa do aumento da área impactada é a cheia do reservatório da UHE Santo Antonio que já se prepara para iniciar a produção energética no ano seguinte.

Finalmente é apresentado um mapa (Figura 25) com o total do desflorestamento no período analisado. Este mapa permite ter uma noção do real impacto do desflorestamento na AID por trazer a totalidade do desmatamento que foi de 1632 km² entre os anos de 2000 e 2012. Isto nos faz refletir sobre a grandeza de pequenos impactos ao longo dos anos, que pode não ser percebido se observados a cada ano isoladamente.

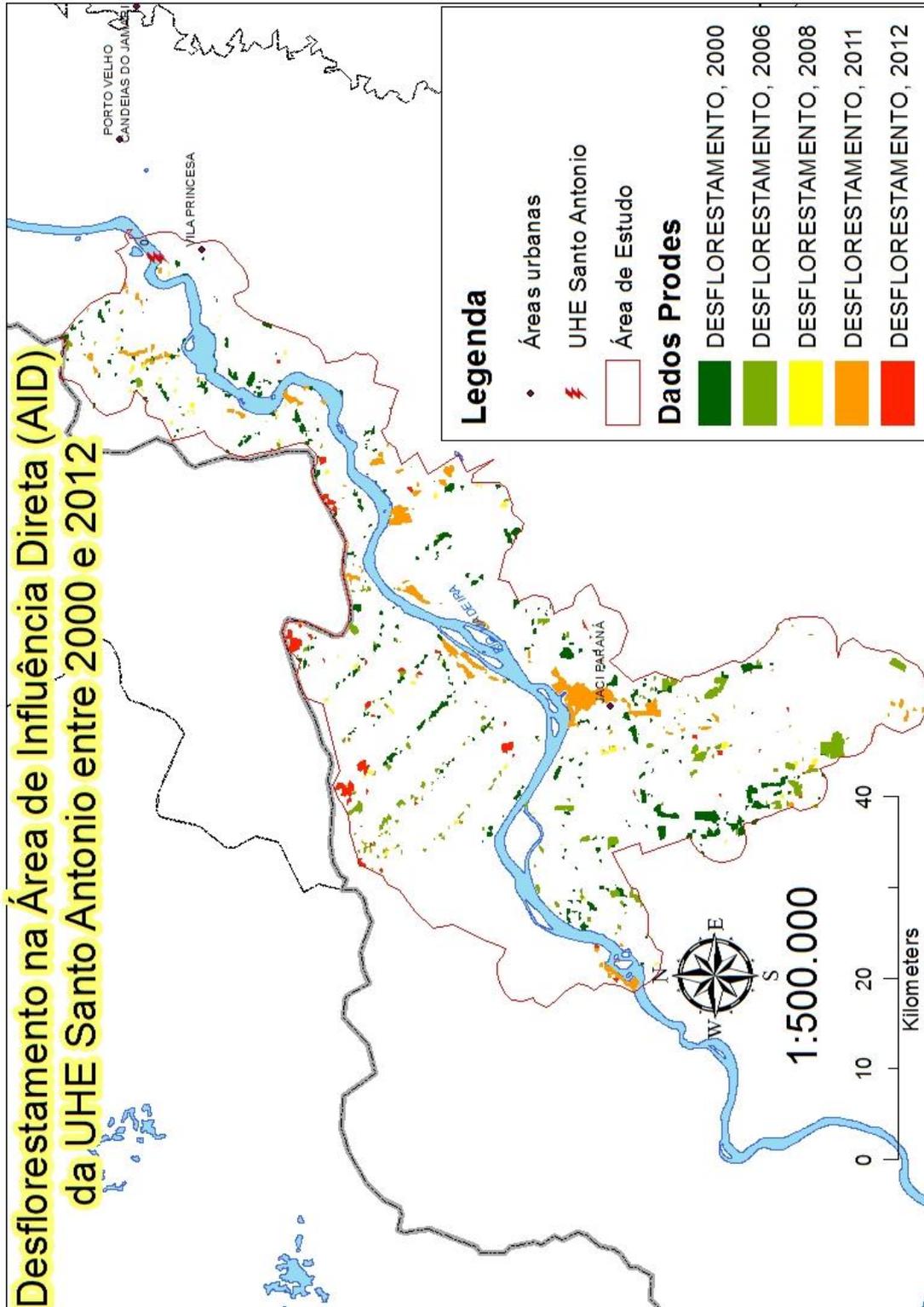


Figura 11: Desmatamento na AID nos anos de 2000, 2006 e 2012. Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

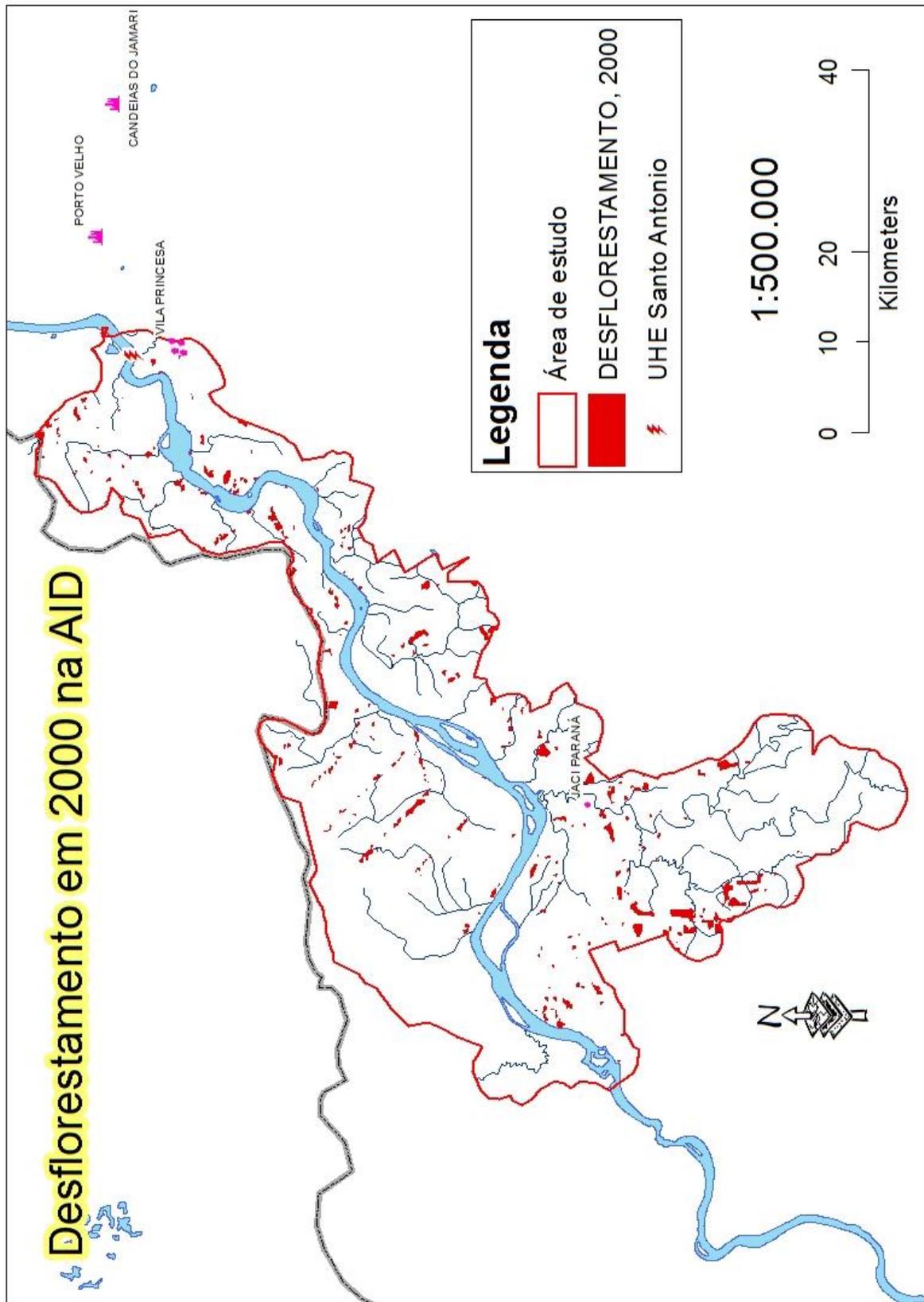


Figura 12: Desmatamento na AID em 2000. 295 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

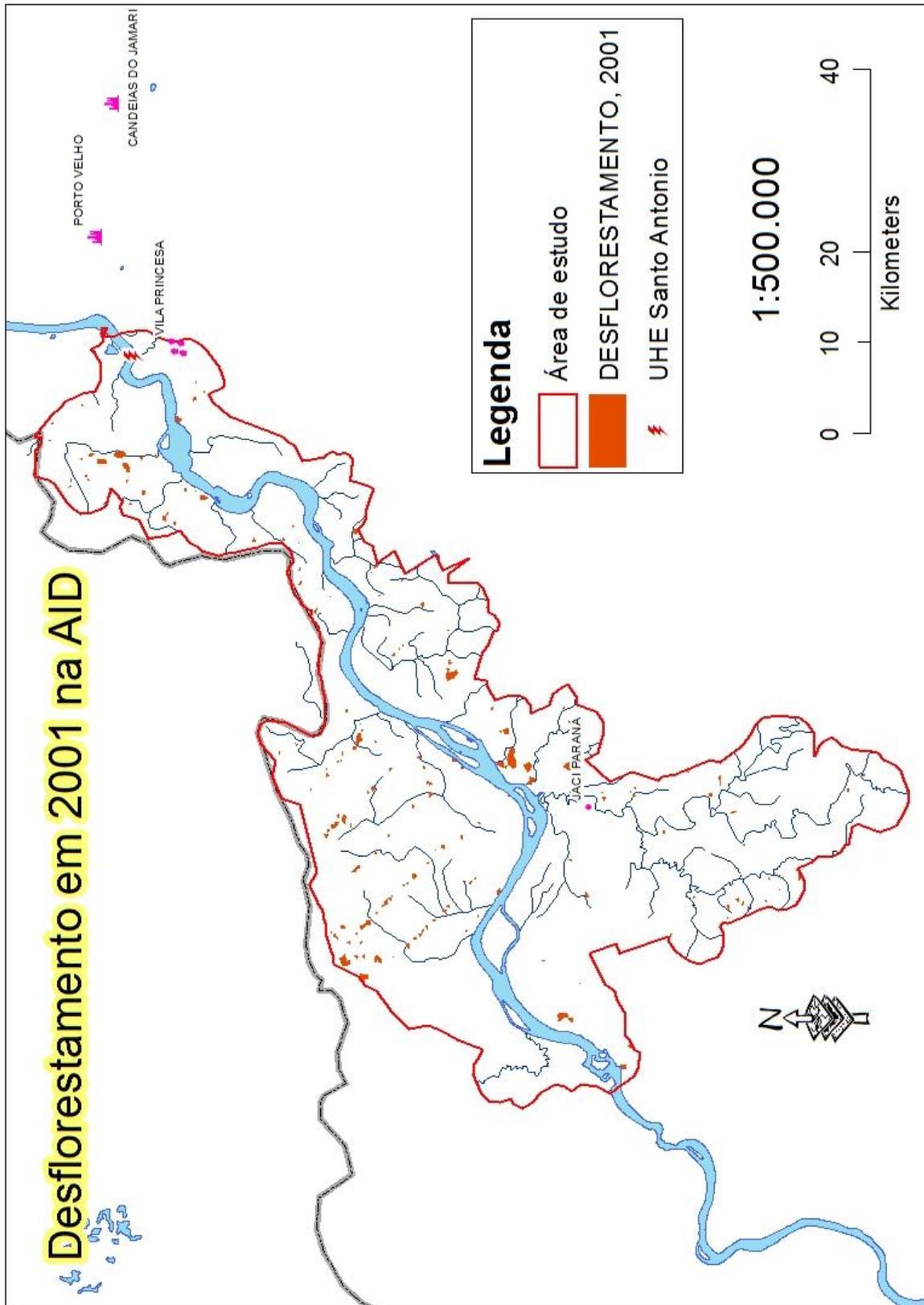


Figura 13: Desmatamento na AID em 2001. 173 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

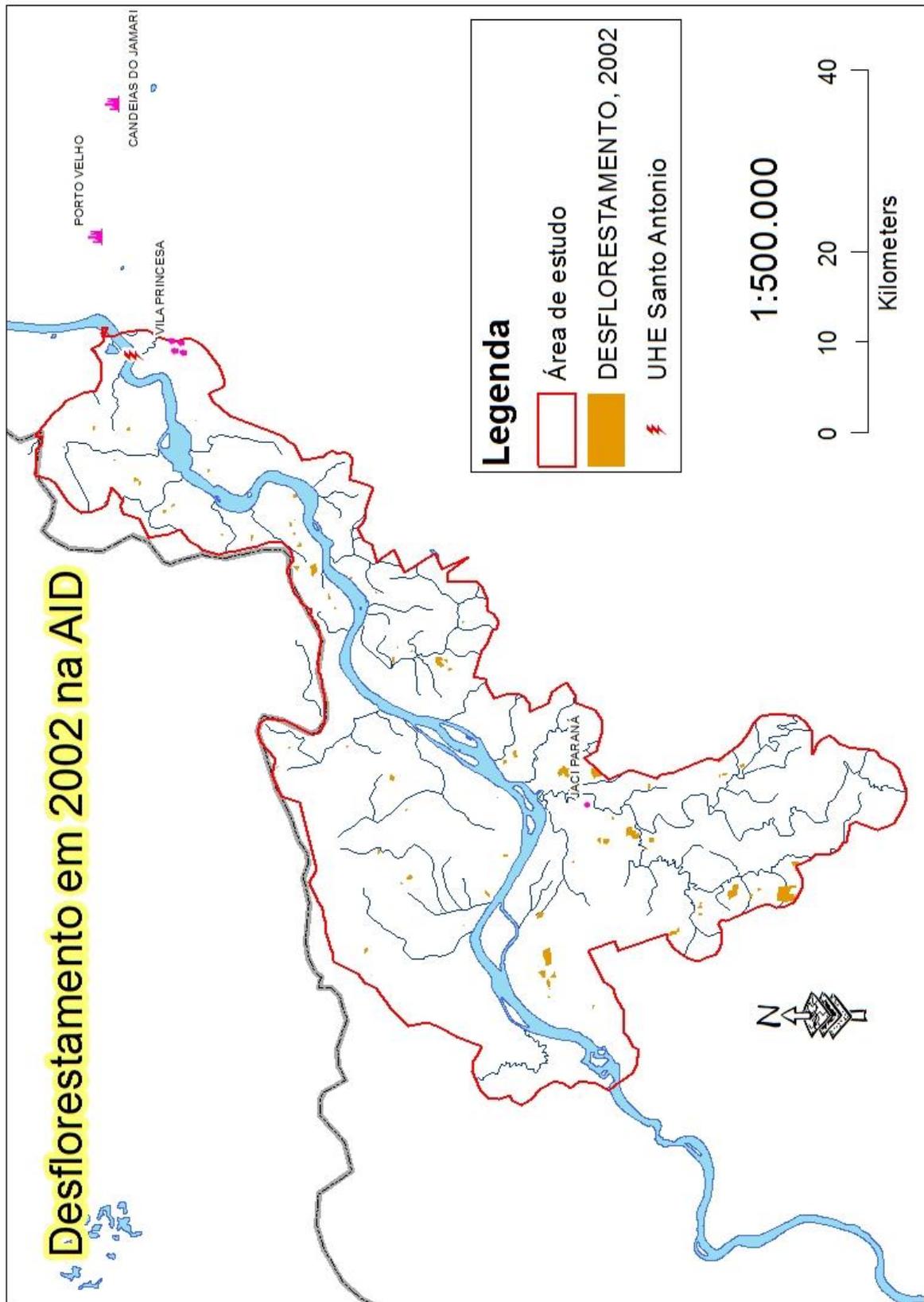


Figura 14: Desmatamento na AID em 2002. 85 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

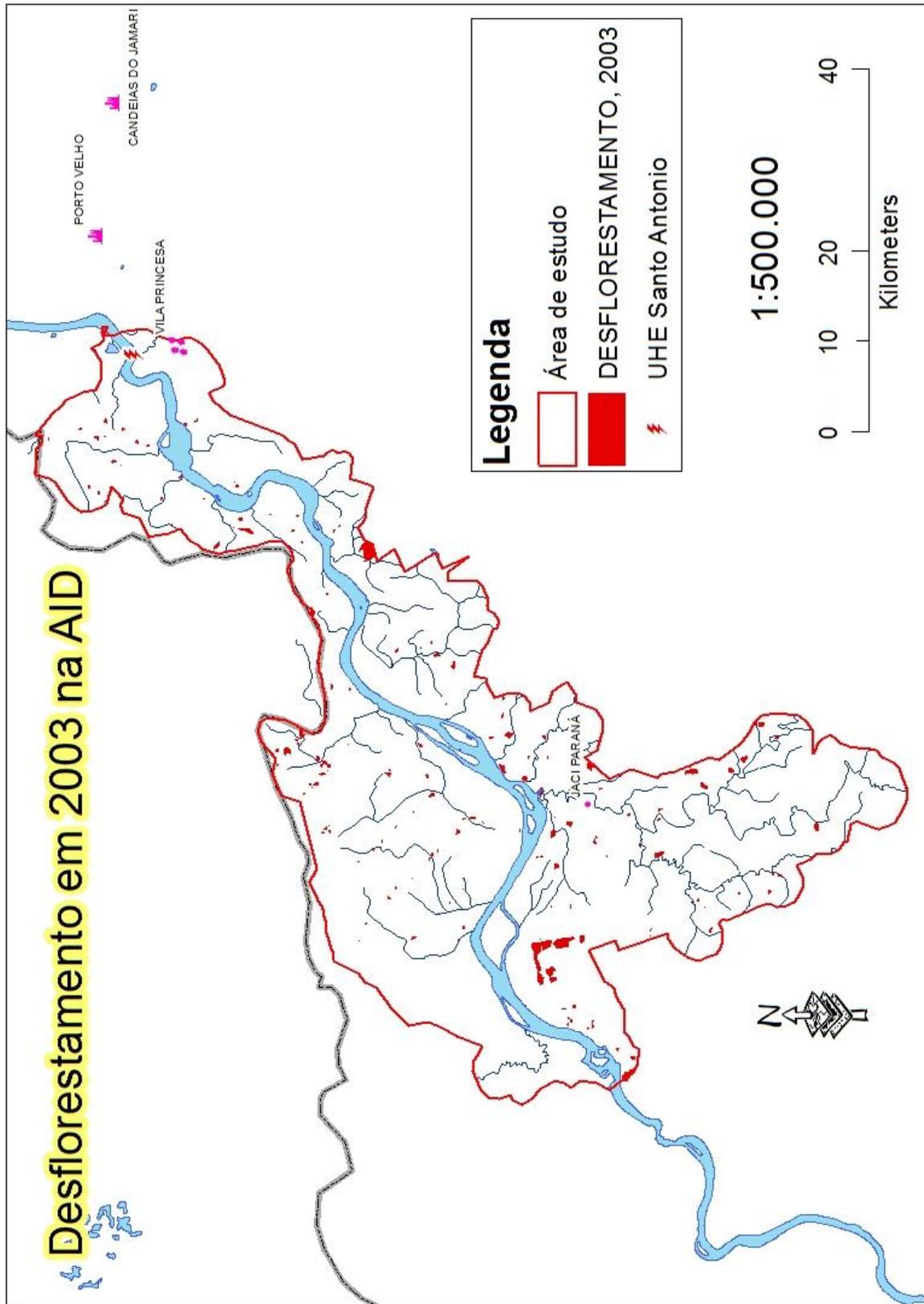


Figura 15: Desmatamento na AID em 2003. 160 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

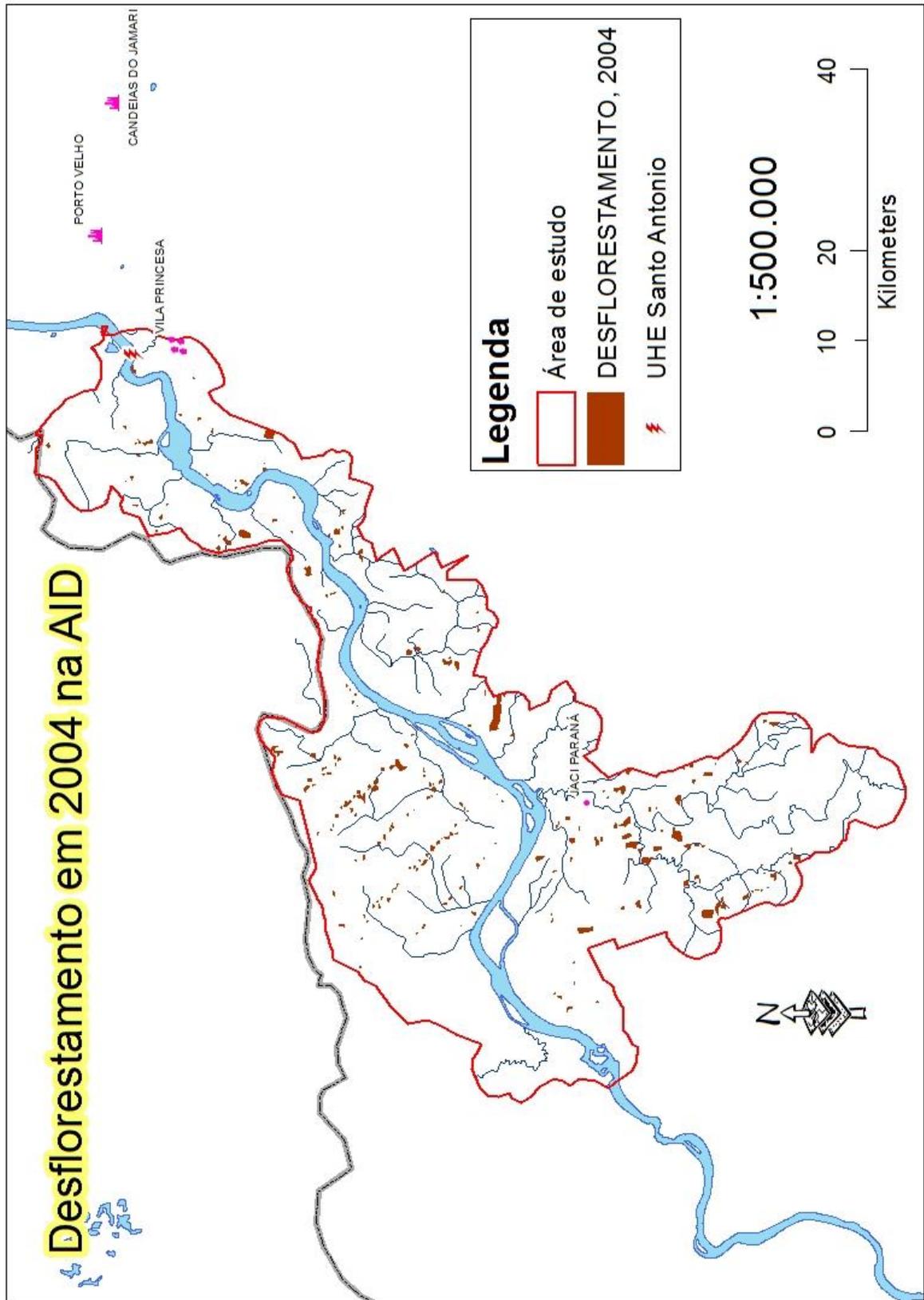


Figura 16: Desmatamento na AID em 2004. 231 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

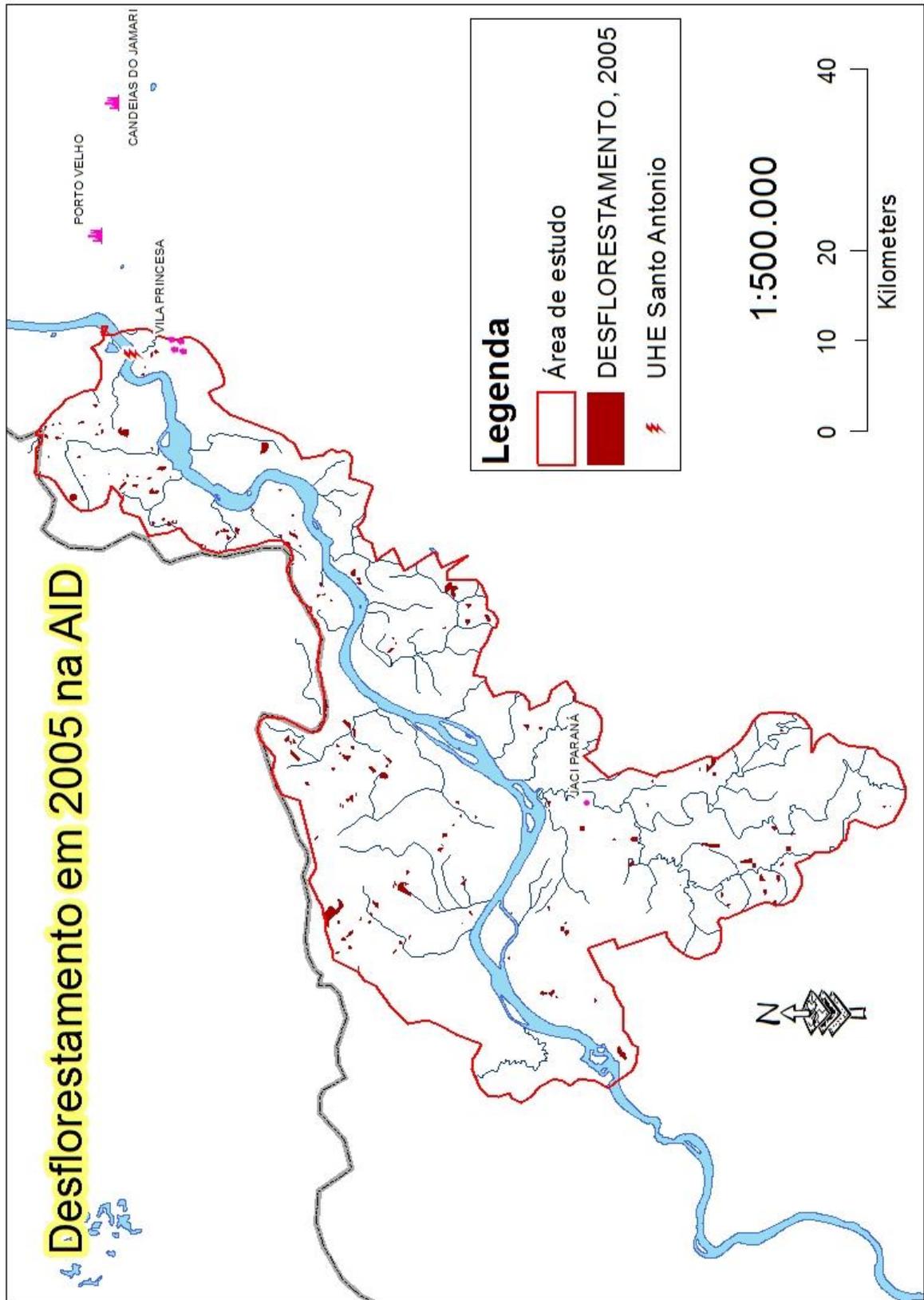


Figura 17: Desmatamento na AID em 2005. 166 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

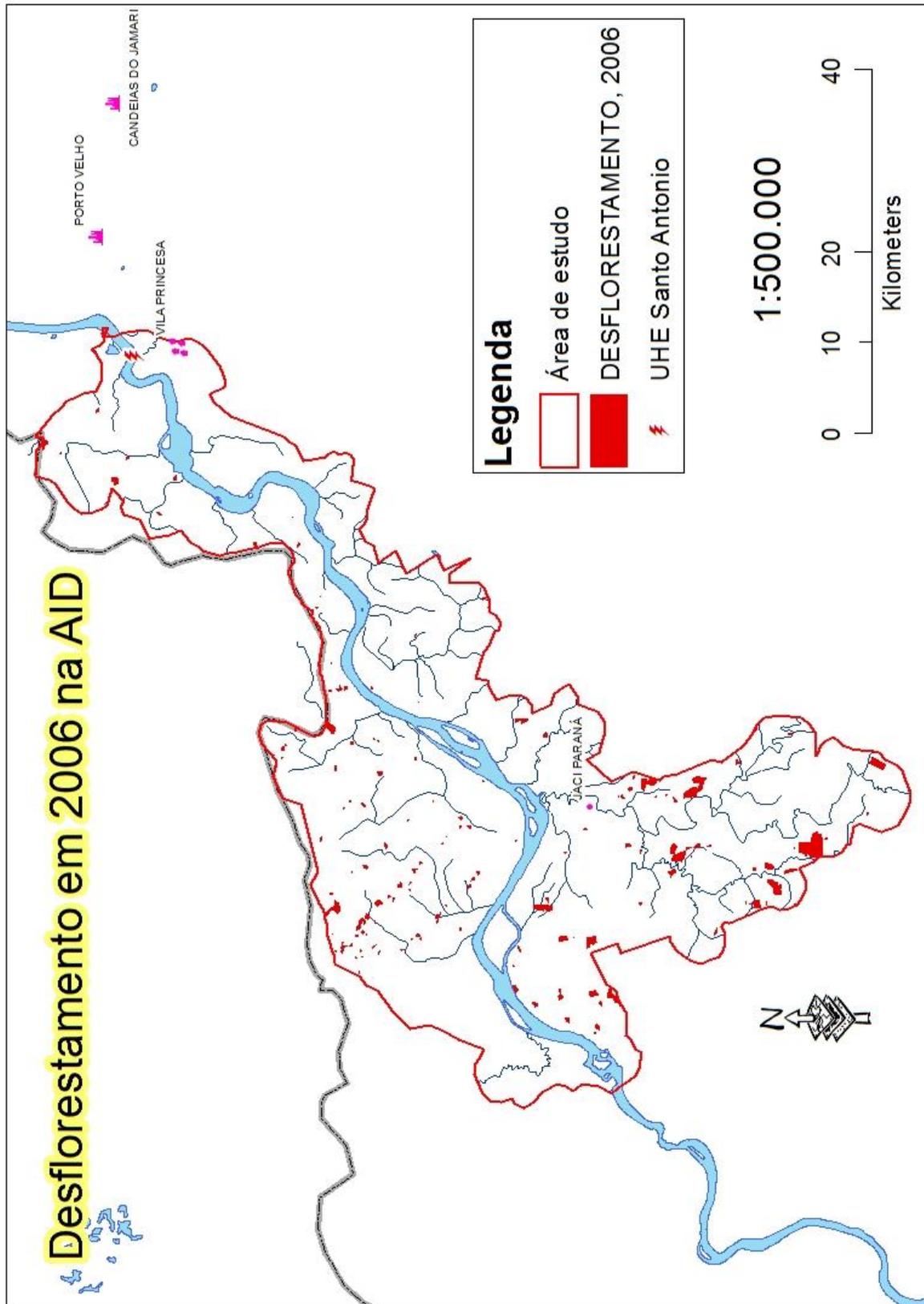


Figura 18: Desmatamento na AID em 2006. 149 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

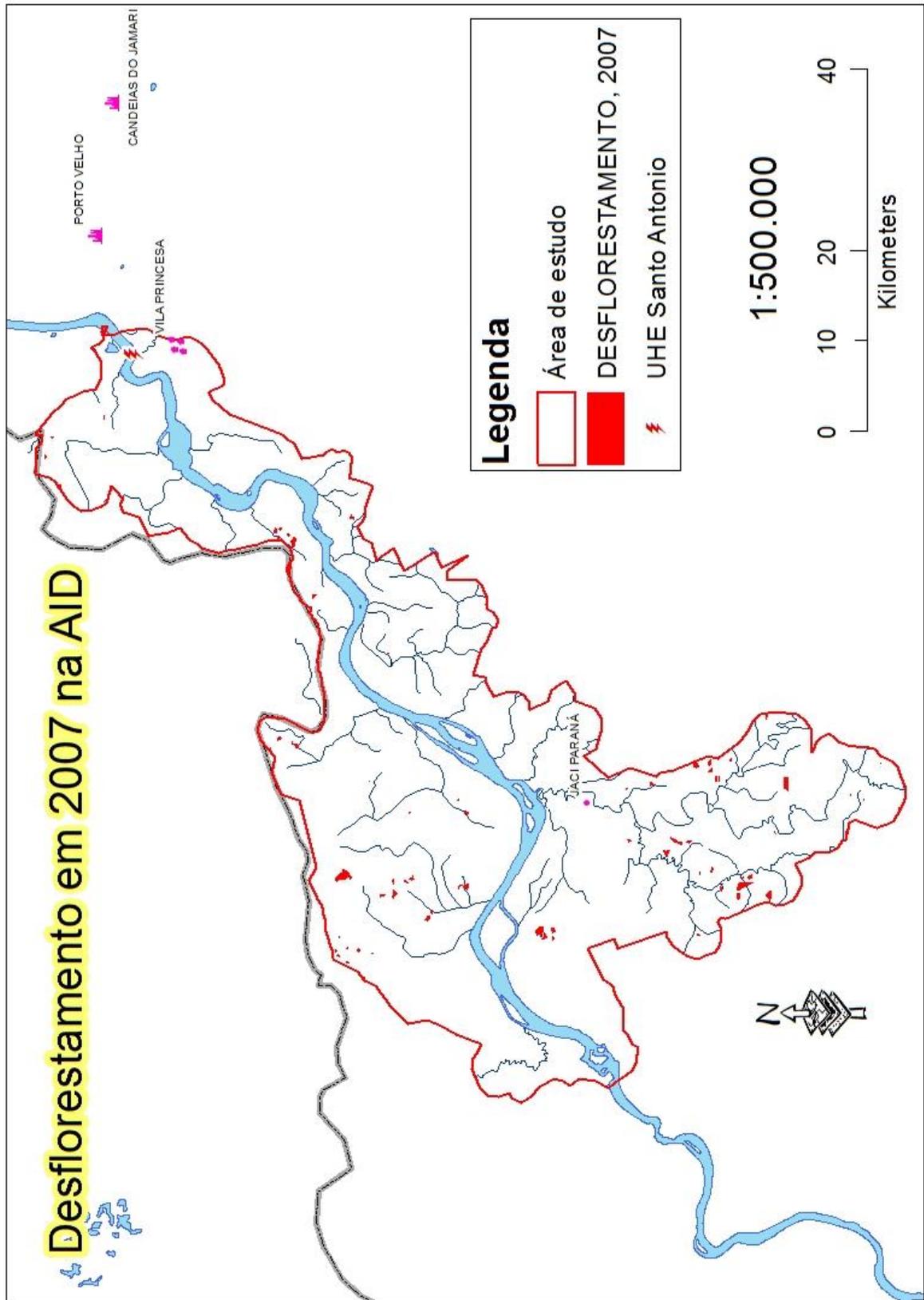


Figura 19: Desmatamento na AID em 2007. 72 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

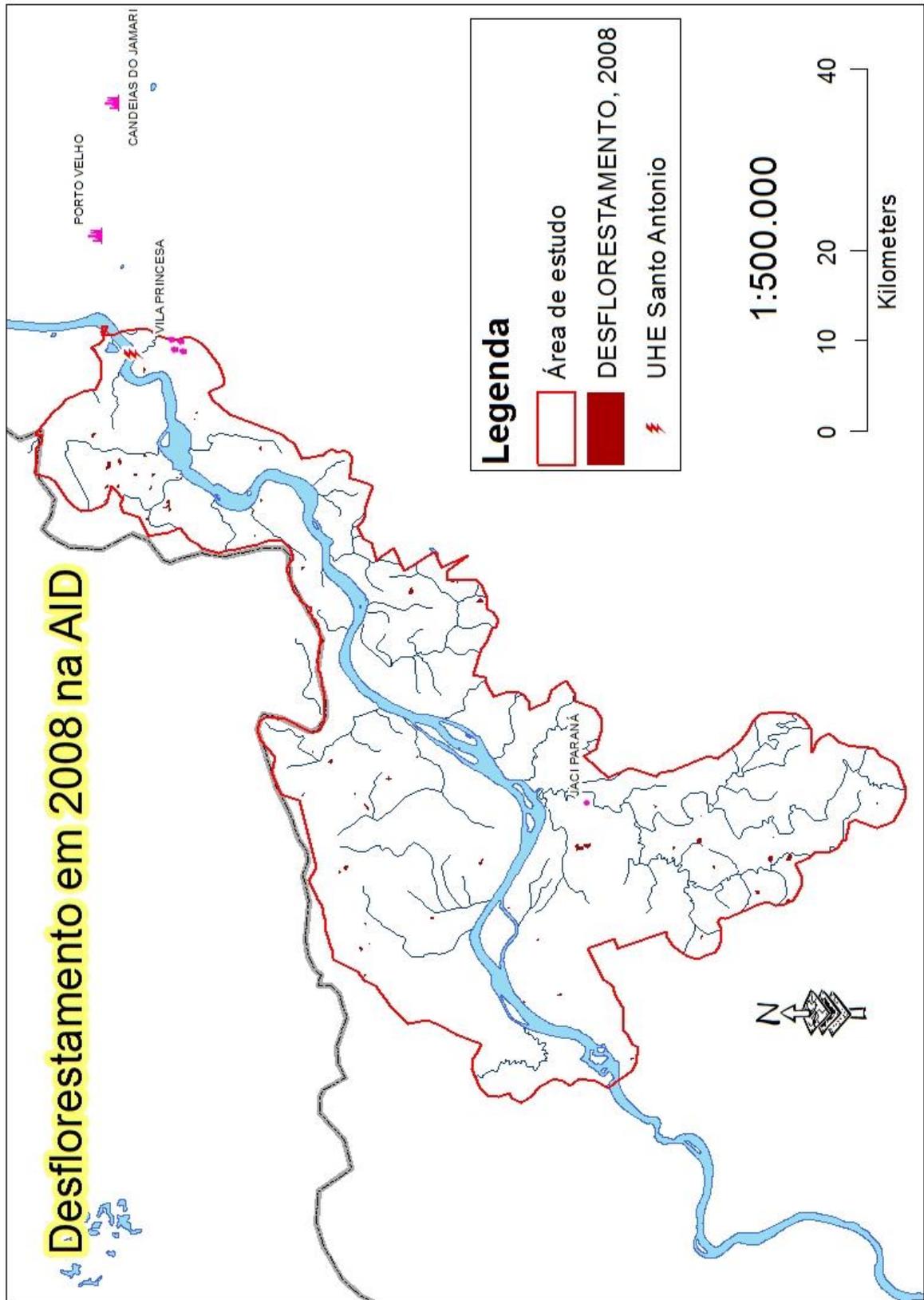


Figura 20: Desmatamento na AID em 2008. 68 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

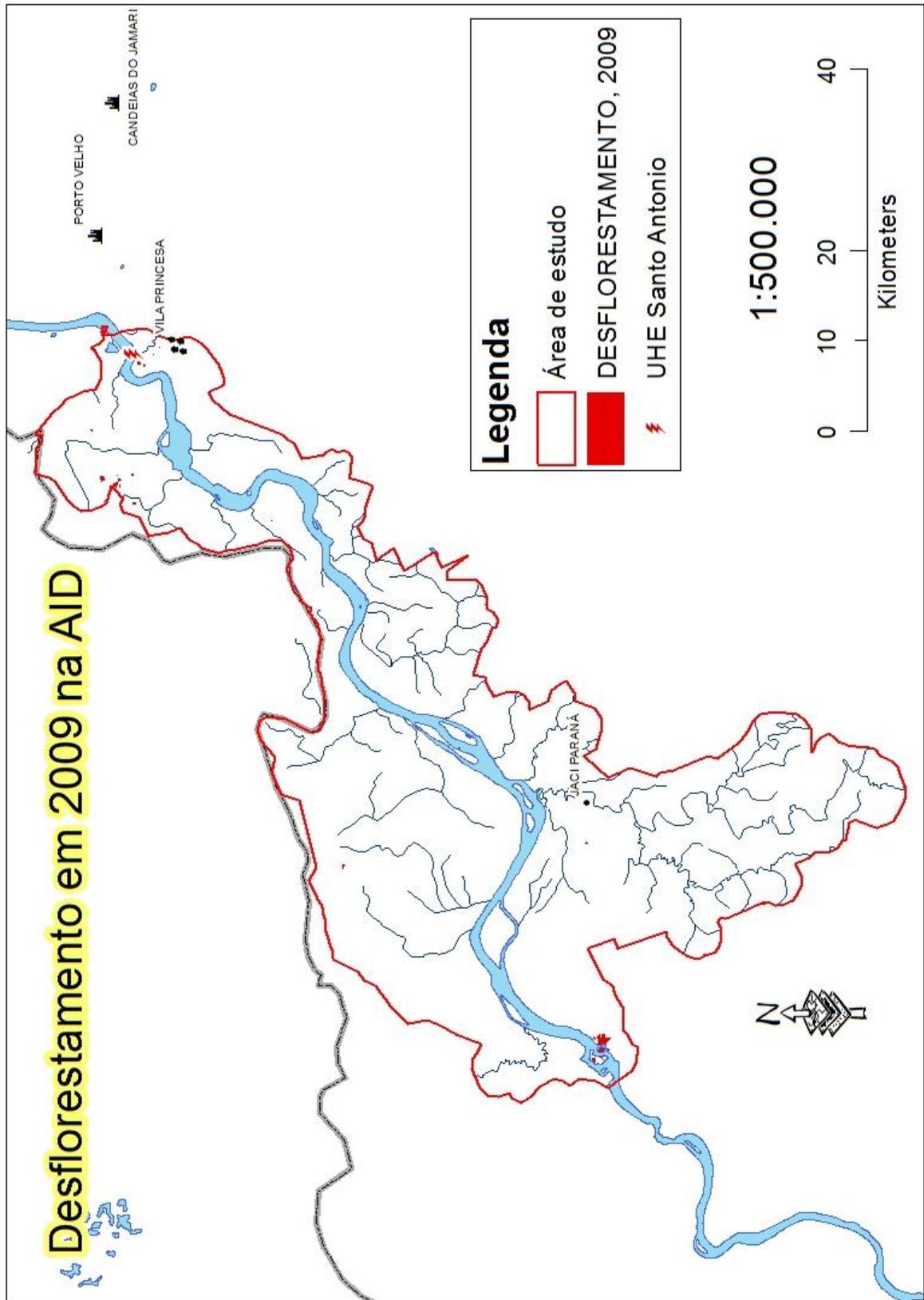


Figura 21: Desmatamento na AID em 2009. 20 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

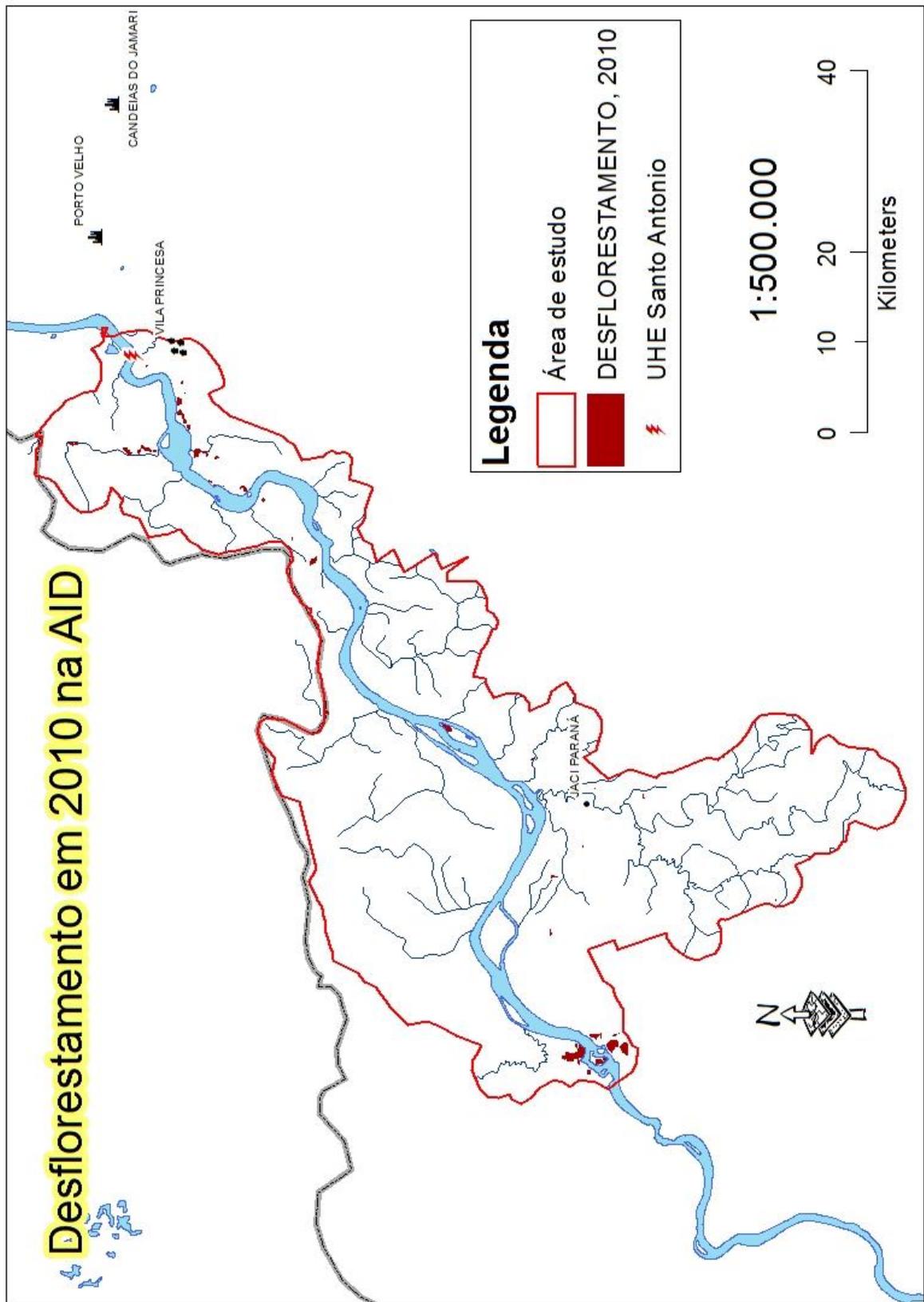


Figura 22: Desmatamento na AID em 2010. 46 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

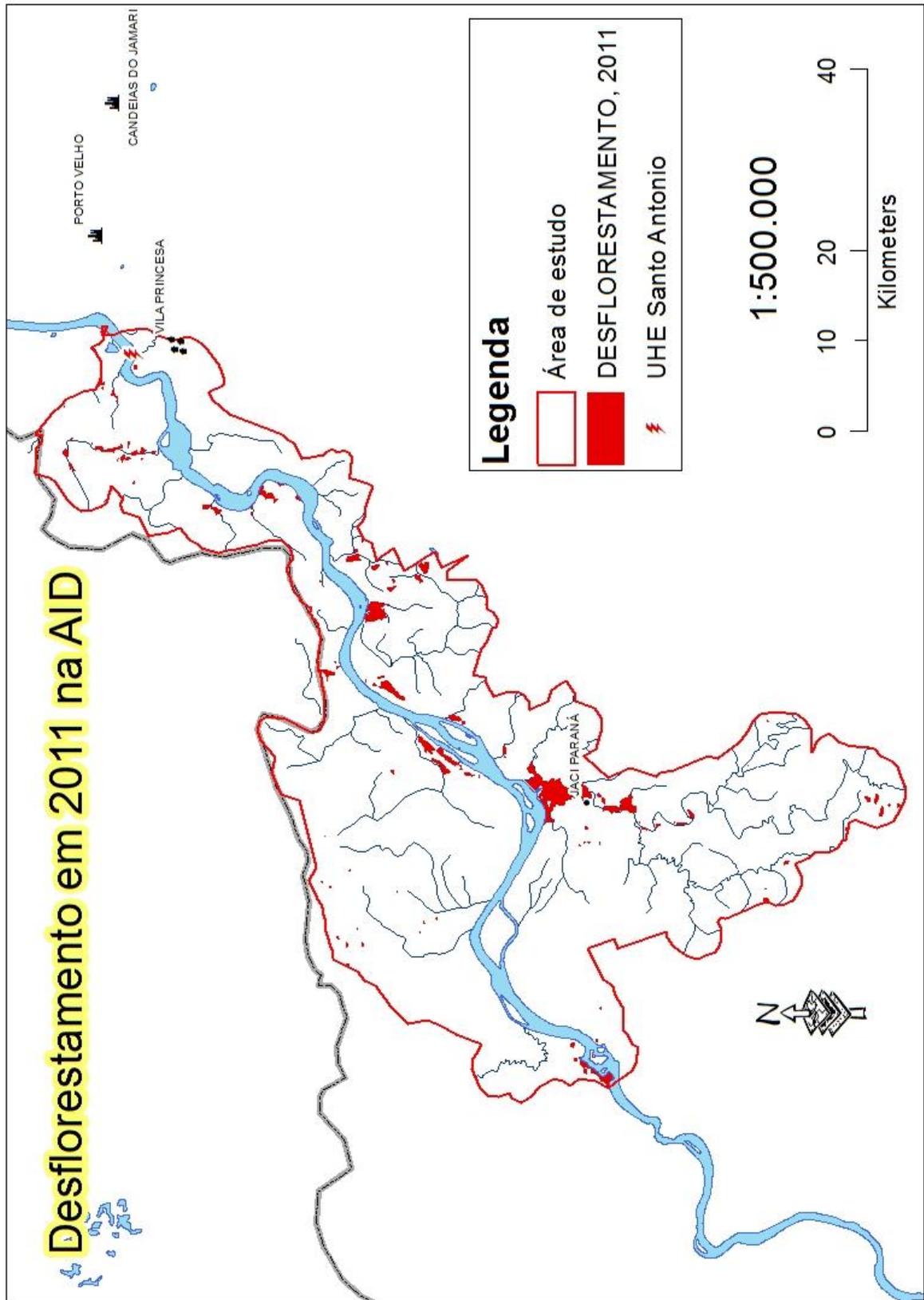


Figura 23: Desmatamento na AID em 2011. 107 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

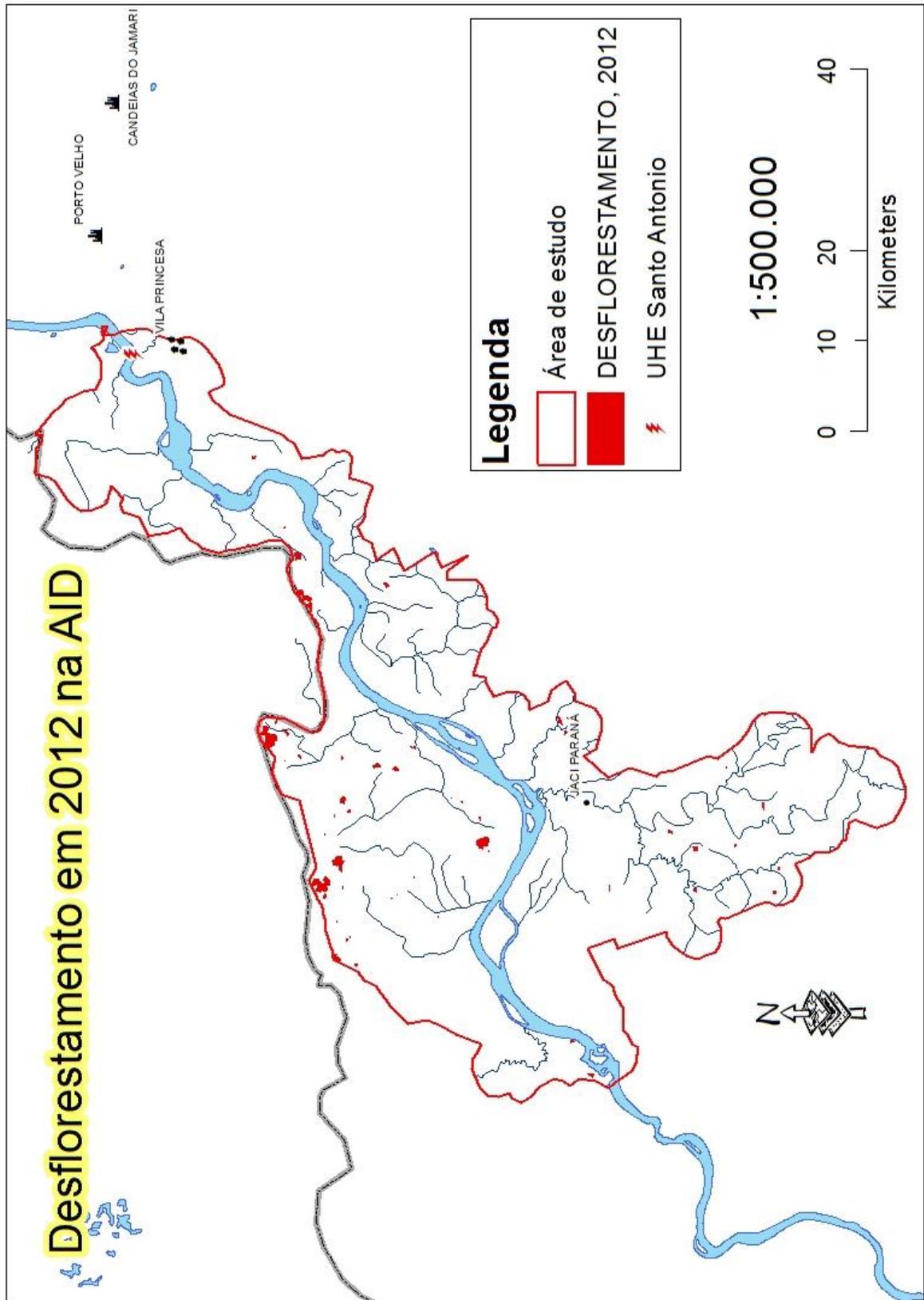


Figura 24: Desmatamento na AID em 2012. 60 km² - Elaborado pelo autor com base nos dados do Prodes.

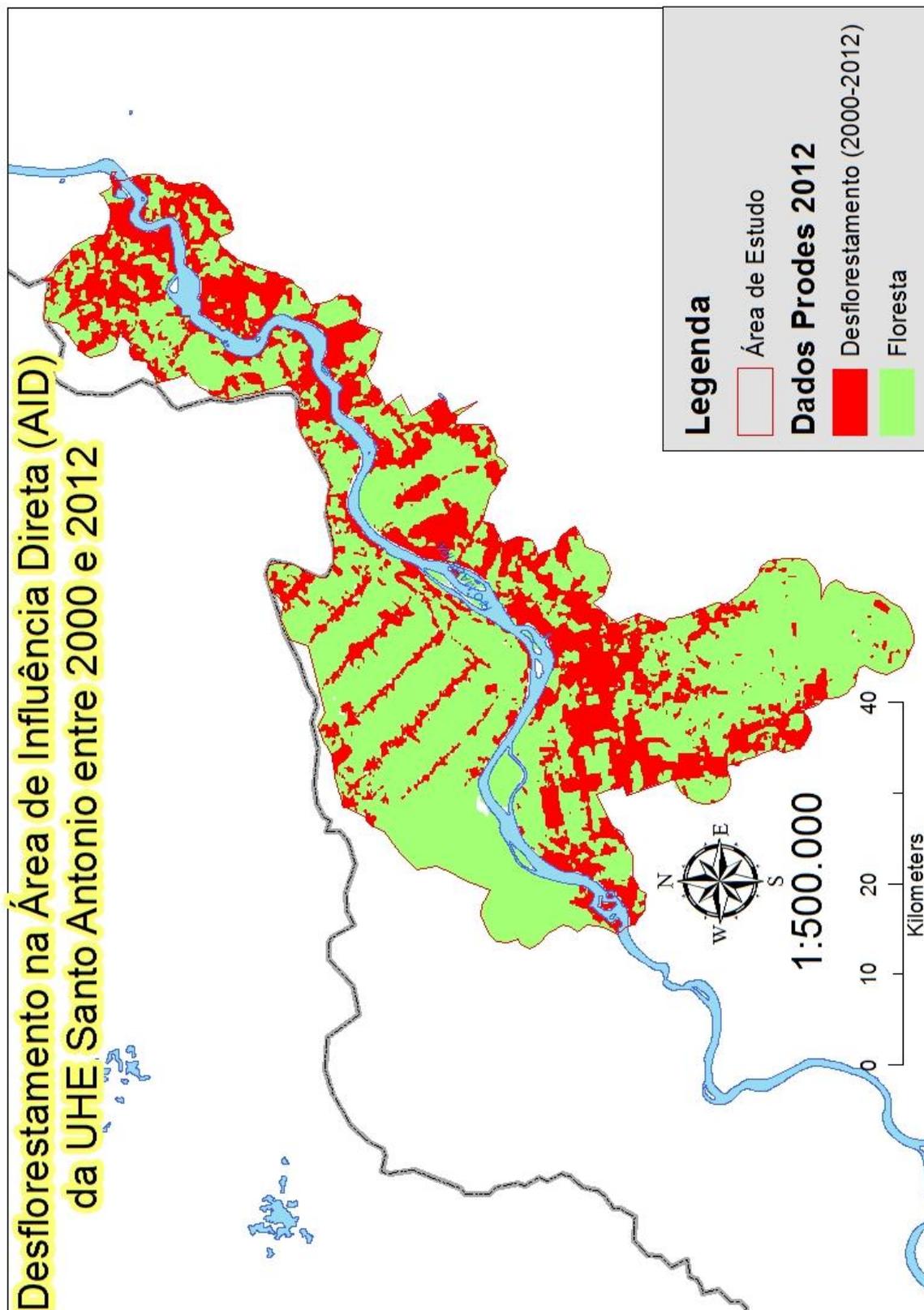


Figura 25: Desflorestamento na AID da UHE Santo Antonio entre 2000 e 2012, perfazendo um total de 1632 km². Elaborado com dados do Prodes.

5.3 Dados do TerraClass

Também foram utilizados os dados do TerraClass (Figura 26 à Figura 29), projeto de parceria do INPE com a Embrapa que busca identificar o uso e ocupação das terras em áreas já desmatadas e identificadas pelo PRODES, bem como quantificar o percentual e distribuição espacial das áreas desmatadas que estão em processo de regeneração e em uso agrícola/pecuário.

As imagens do projeto são produzidas com resolução espacial de 30 m a partir de dados do satélite Landsat. Os dados do TerraClass contribuem sobretudo na identificação e quantificação do uso que se refere às áreas desmatadas revelando assim alguma das possíveis causas do desmatamento. Obviamente este não é o único critério a ser considerado, mas demonstra-se de grande importância principalmente por espacializar esses dados de forma mais precisa.

Essa espacialização se dá por meio da delimitação dos polígonos de intervenção antrópica como explicam Crepani et al.:

As atividades desenvolvidas dentro dos polígonos de intervenção antrópica introduzem novas forças que podem alterar, em escala variável, as condições de equilíbrio do sistema representado pela unidade de paisagem natural. A agricultura, a pecuária, a silvicultura, a mineração e as obras de engenharia civil são exemplos de atividades que, em maior ou menor escala, introduzem estímulos externos ao sistema.

No Brasil, e particularmente na Amazônia, a agricultura e a pecuária são as atividades mais importantes na introdução de estímulos externos, devido a seu caráter extensivo que envolve grandes áreas e busca sempre novas fronteiras. (CREPANI et al., 2001, p. 16)

Os dados do TerraClass utilizados são divididos em 12 categorias das quais utilizou-se as seguintes no presente trabalho:

Área Urbana: manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam

infraestrutura diferenciada da área rural apresentando adensamentos de arruamentos, casa prédios e outros equipamentos públicos.

Pasto com solo exposto: áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam uma cobertura de pelo menos 50% de solo exposto.

Pasto limpo: áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de vegetação herbácea e cobertura de espécies de gramíneas entre 90% e 100%.

Pasto sujo: áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de vegetação herbácea e cobertura de espécies de gramíneas entre 50% e 80%, associado à presença de vegetação arbustiva esparsa com cobertura entre 20% e 50%.

Regeneração com pasto: áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontra-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa, apresentando dominância de espécies arbustivas e pioneiras arbóreas. Áreas caracterizadas pela alta diversidade de espécies vegetais.

Vegetação secundária: áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas. (INPE, 2014)¹.

Estas categorias aparecem elencadas nos mapas temáticos a seguir (Figura 26 a Figura 29).

Sobre os dados obtidos do TerraClass pode-se afirmar que na área objeto deste estudo o predomínio do uso da terra está na categoria de “pasto limpo”. O uso dado a terra nesta paisagem está intimamente ligado à infraestrutura rodoviária, isso pela necessidade de escoar a produção de carne bovina, que está entre as principais atividades econômicas do Estado de Rondônia, como já foi constatado pelo INPE nos dados relacionados a 2012 quando 63,73% da terra do Estado era classificada como “pasto limpo” (INPE, 2014).

Observando os pontos de intervenção antrópica (Figura 30) foram destacadas as áreas urbanizadas, as rodovias, as ferrovias e as obras de infraestrutura de grande escala,

¹ Algumas categorias não aparecem nos dados cartográficos por apresentarem valores iguais a zero, e outras não são explanadas no documento referido a cima como é o caso dos termos: não floresta e desflorestamento. Estes são entendidos como áreas onde podem ocorrer rochas e/ou areia e áreas onde a vegetação original foi retirada, respectivamente.

neste caso as UHEs Santo Antonio e Jirau. Ao observar as rodovias é perceptível a formação “espinha de peixe” característica de áreas desmatadas, especialmente na área conhecida como “arco do desmatamento da Amazônia”, o que se revela real ao cruzar as imagens das rodovias com as do desmatamento. Este efeito também pode ser visualizado em imagens RGB² como a Figura 8 disponibilizada pelo Google em seu programa de imagens de satélite interativo, o Google Earth.

² RGB é a sigla inglesa para Red Green Blue, que são imagens compostas pelas três bandas de luz, vermelho, verde e azul, permitindo um produto final em cores.

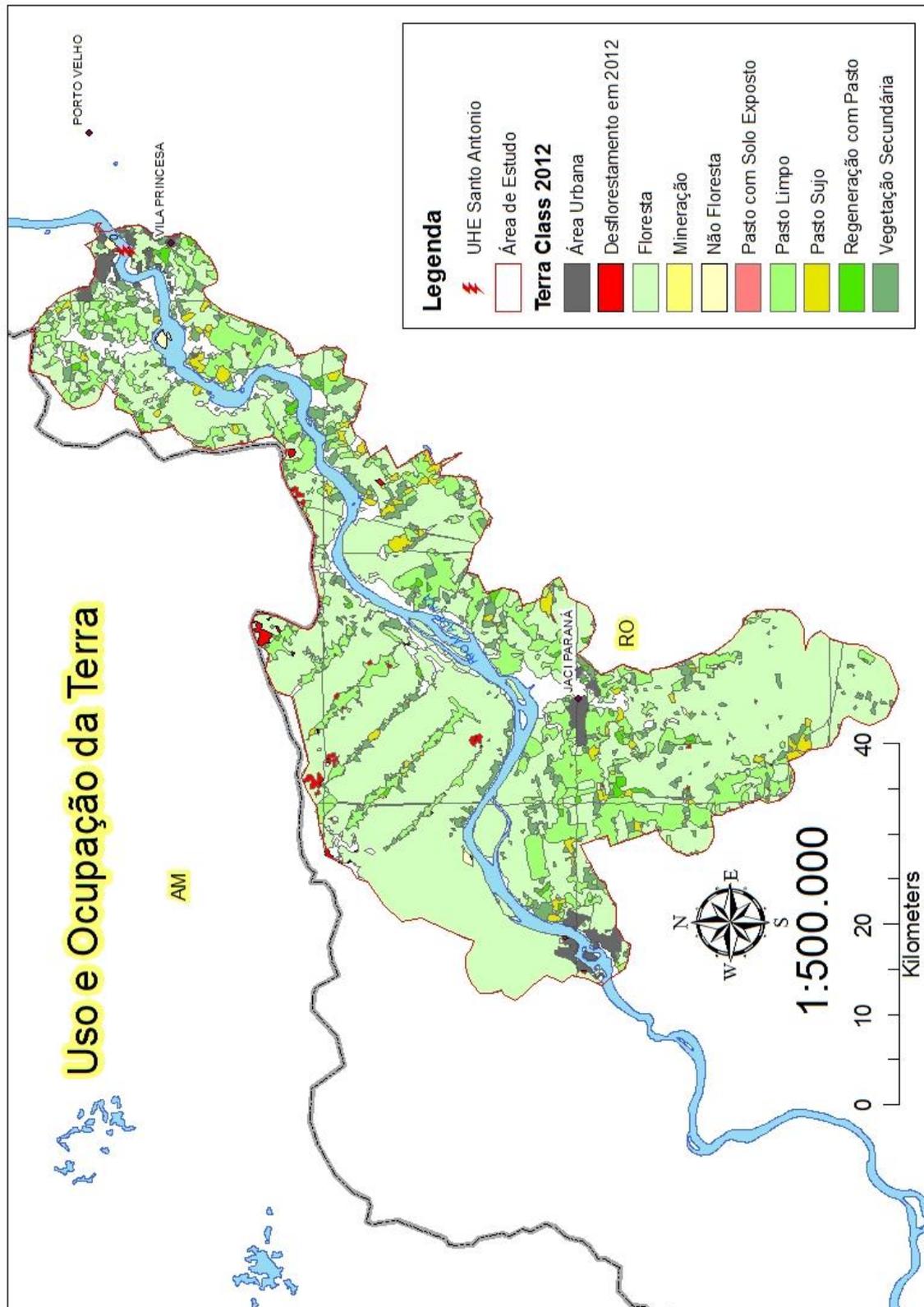


Figura 26: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.

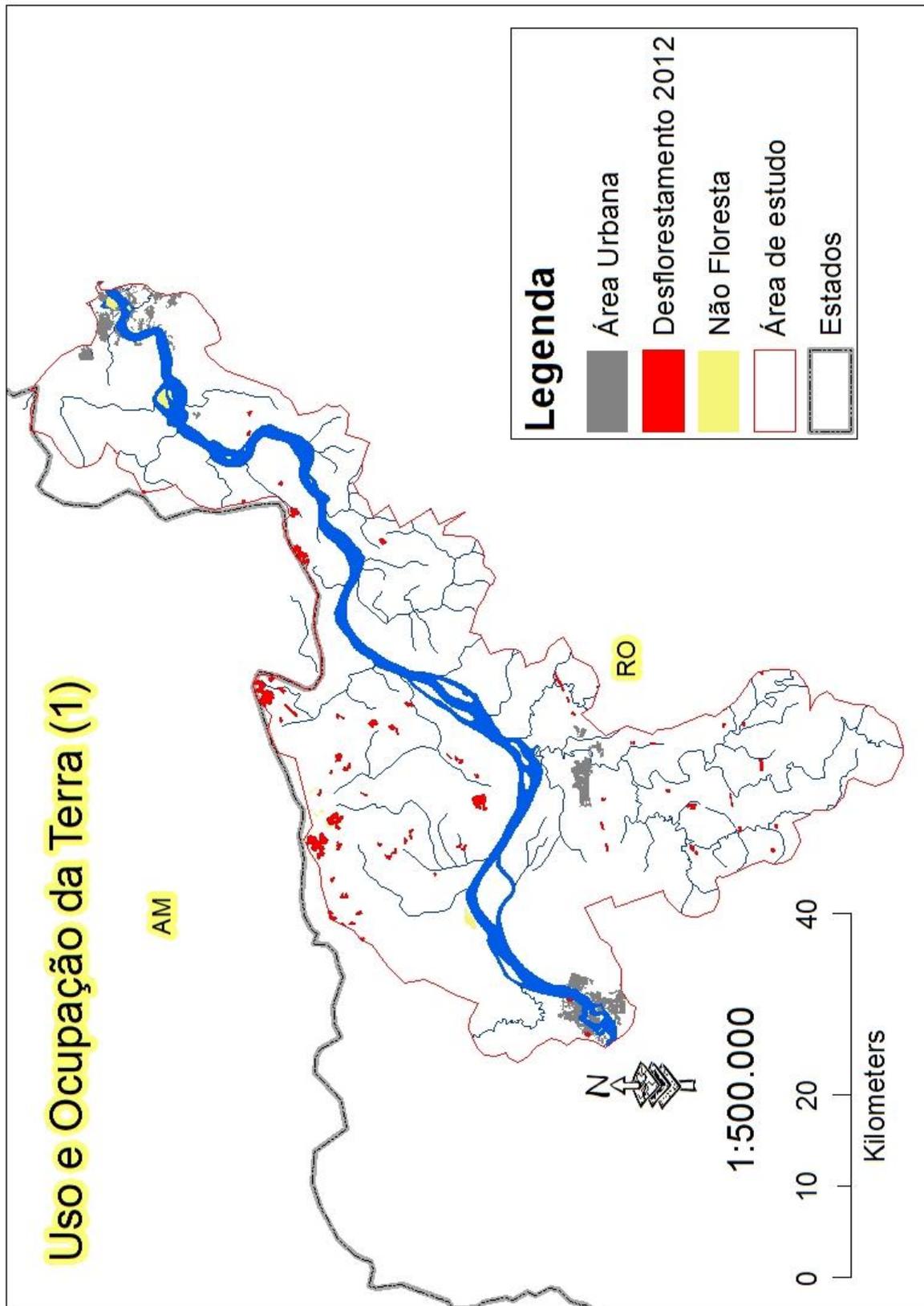


Figura 27: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.

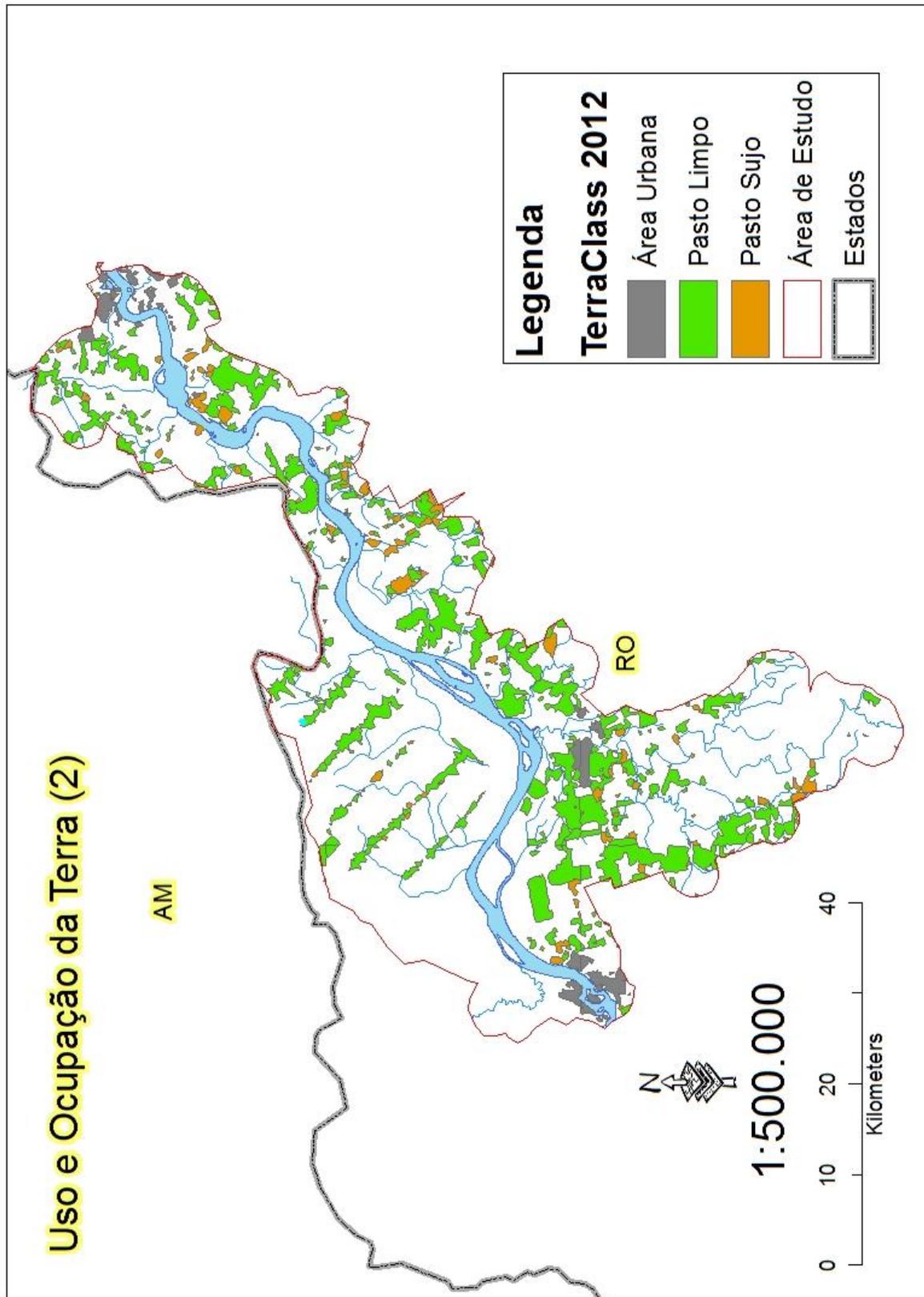


Figura 28: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.

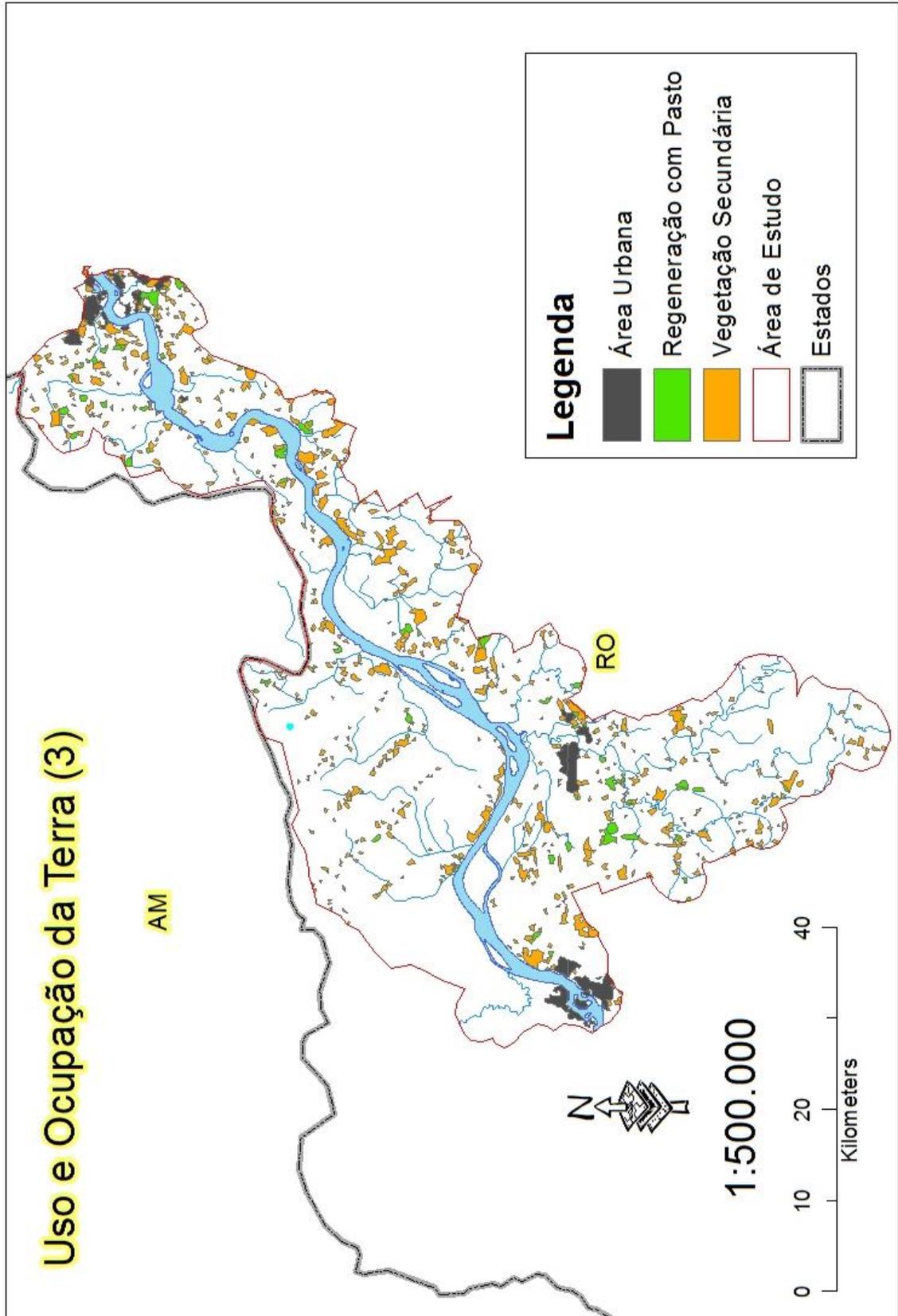


Figura 29: Uso e ocupação do solo na AID com dados do TerraClass 2012, editados pelo autor.

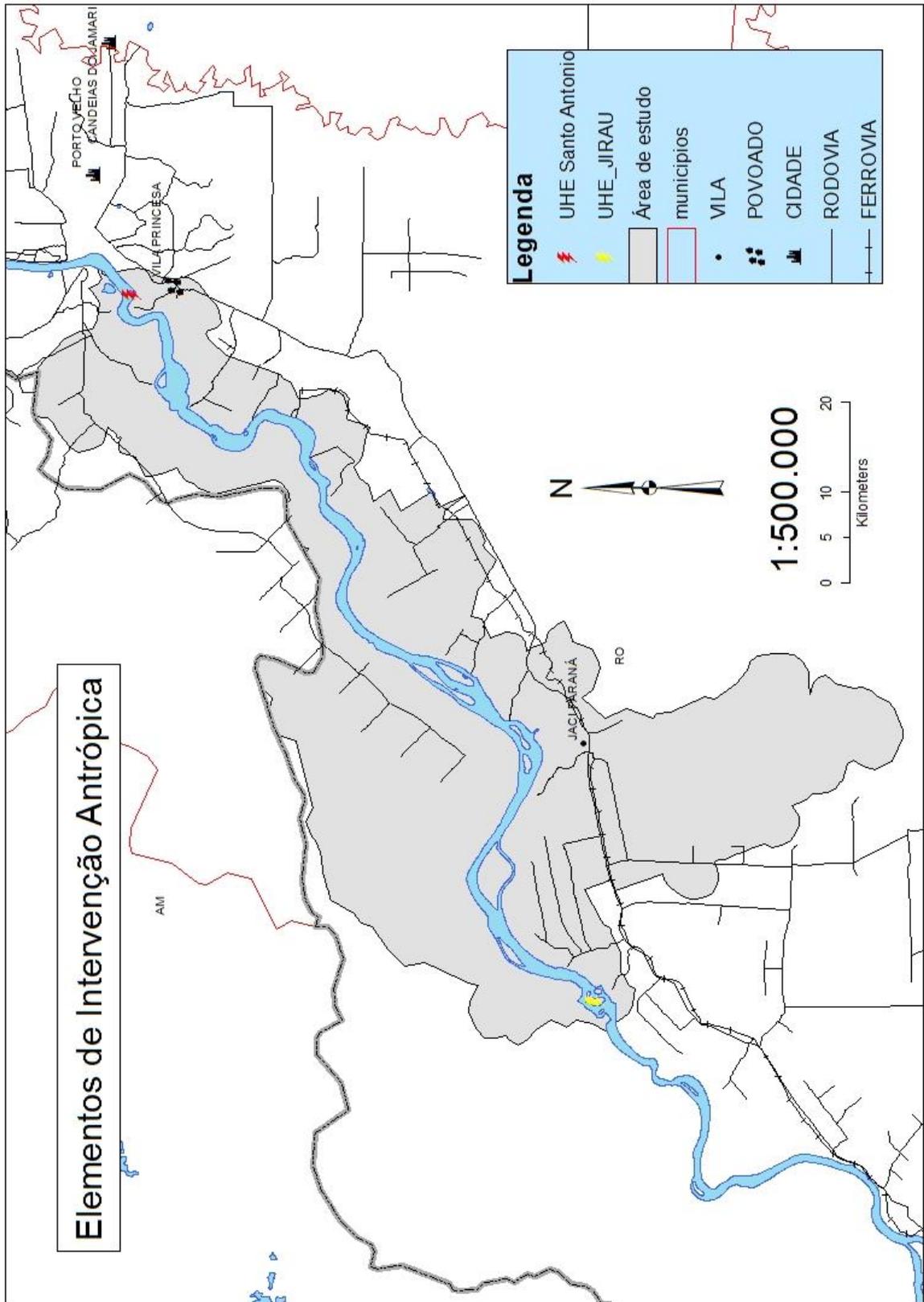


Figura 30: Elementos de Intervenção Antrópica - Produzido pelo autor com dados do IBGE

5.4 Dados do ICMBio

Outro dado de interesse no presente estudo é a presença de unidades de conservação. Segundo o Instituto Chico Mendes (ICMBio) em seu site, as Unidades de Conservação “são áreas de rica biodiversidade e beleza cênica. Criadas por Decreto presidencial ou Lei, essas unidades estão divididas em dois grandes grupos – o de Proteção Integral e o de Uso Sustentável - e ao todo em 12 categorias” (Brasil, 2015). Estas Unidades de Conservação não são exclusivas da Amazônia, mas tem sido uma estratégia utilizada pelo poder público para preservar estes ambientes de patrimônio natural do país.

No que se refere a AID da Usina Santo Antonio foram destacadas as seguintes Unidades de Conservação (UC): *Parque Nacional Mapinguari* e *Estação Ecologica Serra dos Três Irmãos* que se localizam a noroeste da AID; *Reserva Extrativista Jaci-Paraná* e *Floresta Nacional de Bom Futuro* que se encontram ao sul da AID; e finalmente a *Floresta Estadual de Rendimento Sustentado Rio Vermelho* e a *Área de Proteção Ambiental do Rio Madeira* localizadas a nordeste da AID (Figura 31).

Considerando que tais áreas, em tese, são mais protegidas, espera-se que haja pouco desmatamento e ocupação antrópica neste espaço. Isso permitiria uma conservação maior dos recursos naturais específicos de cada paisagem. Contudo, de uma obra do vulto de uma hidroelétrica espera-se grandes impactos ambientais e sociais que podem ocasionar um avanço da ocupação antrópica sobre áreas de preservação.

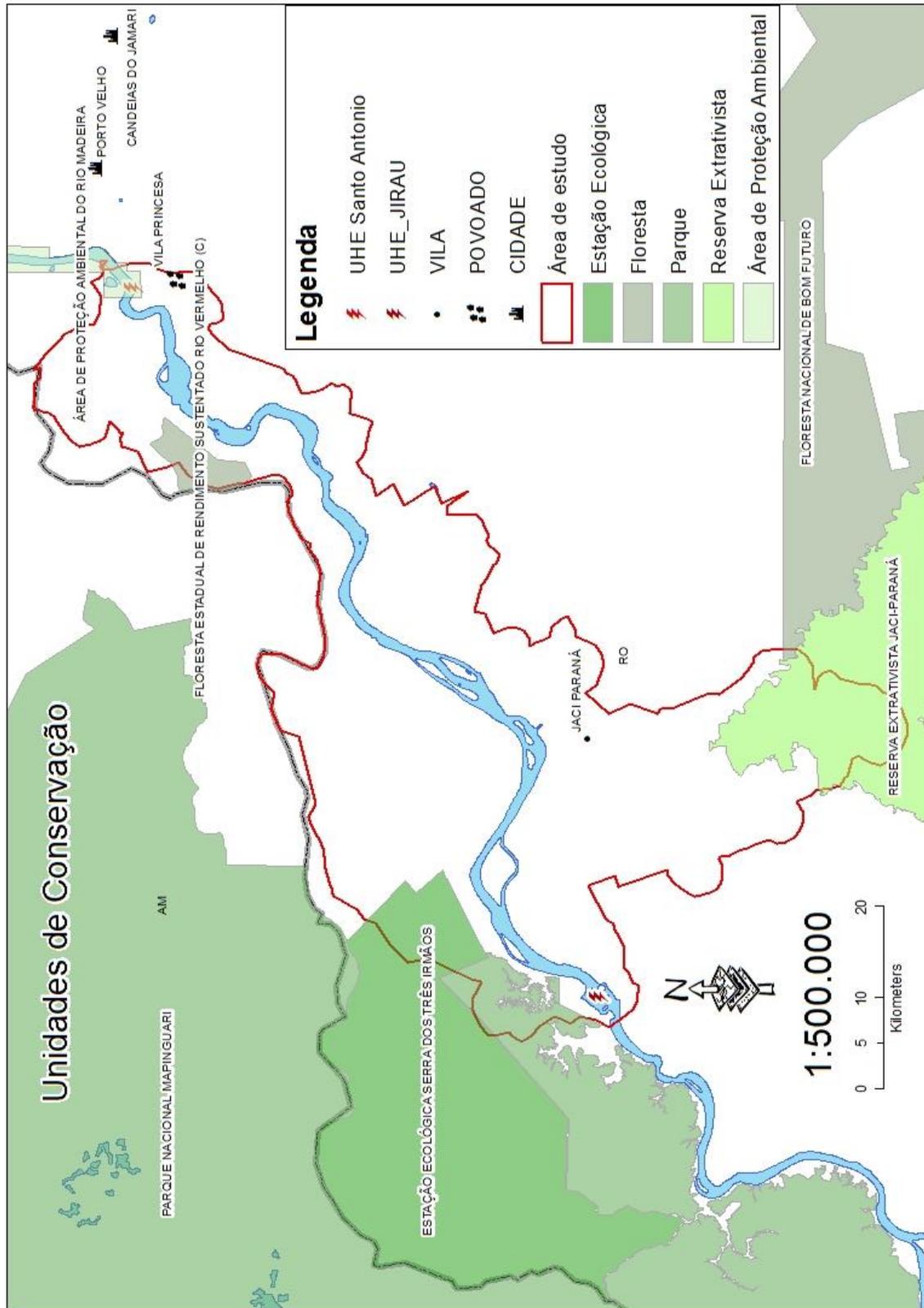


Figura 31: Unidades de Conservação no entorno da AID

De fato, ao cruzar os dados do desmatamento na AID com as áreas que tem algum tipo de proteção governamental são obtidos os seguintes resultados:

Tabela 1 - Desflorestamento em Unidades de Conservação na AID³

Unidade de Conservação	Intensidade de desmatamento
Parque Nacional Mapiguari	Não registrado
Estação Ecológica Serra dos Três Irmãos	Não registrado
Floresta Nacional de Bom Futuro	Não registrado
Reserva Extrativista Jaci-Paraná	Leve
Floresta Estadual de Rendimento Sustentado Rio Vermelho	Moderado
Área de Proteção Ambiental do Rio Madeira	Intenso

Observando o mapa a seguir (Figura 32), é possível perceber que o desmatamento que atinge as Unidades de Conservação é mais intenso nas proximidades da área urbana de Porto Velho-RO.

Outro fator percebido nas imagens, como já afirmado anteriormente, é a presença de rodovias e ferrovias nas proximidades das áreas desmatadas (Figura 33). Estas, especialmente as rodovias, contribuem para a expansão da antropização do espaço, pois facilitam o escoamento de produtos e melhoram significativamente a mobilidade das pessoas. Essa influência das estradas na ampliação do desflorestamento é percebida ao sobrepor as imagens das estradas que estão localizadas na AID da UHE Santo Antonio e das áreas desflorestadas até o ano de 2012. Esta sobreposição de imagens permite vislumbrar o impacto das estradas na ampliação dos limites do desflorestamento.

³ Como critério para a elaboração desta tabela foi a observação direta das imagens e dados obtidos do PRODES e do ICMBio.

Corroborando esses dados, são apresentados na Figura 26 o mapa com o uso e a ocupação do solo. Se comparado com o mapa do desflorestamento até o ano de 2012 (Figura 32) é possível verificar que quase a totalidade da área desmatada está sendo empregada como área de “pasto limpo”.

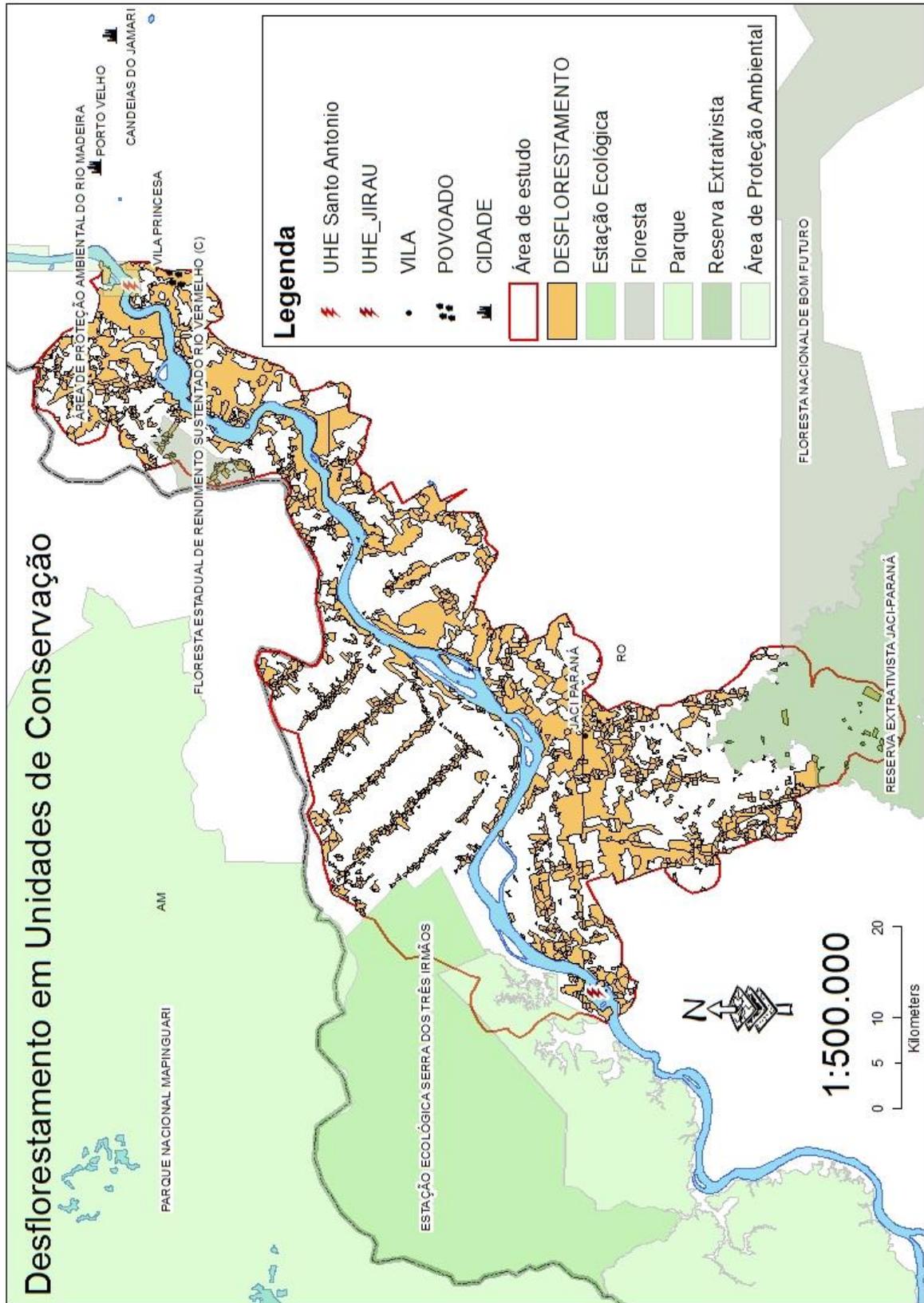


Figura 32: Desflorestamento em Unidades de Conservação na AID com dados do Prodes e ICMBio editados pelo autor.

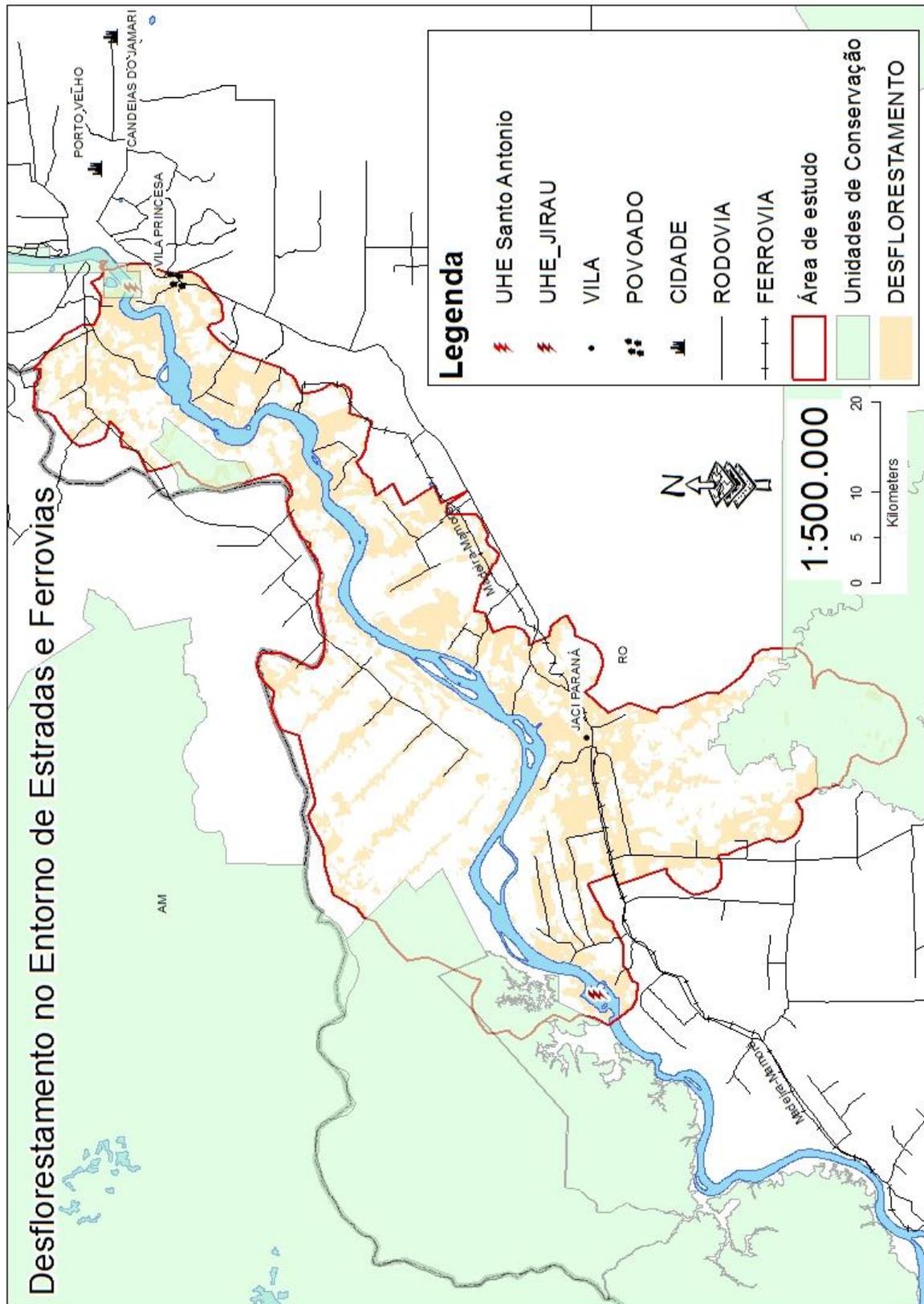


Figura 33: Desflorestamento no entorno de estradas e ferrovias na AID com dados do Prodes, ICMBio e IBGE editados pelo autor.

5.5 Dados do IBGE

Para perceber as mudanças sociais e econômicas da região foram utilizados os dados do IBGE referentes ao estado de Rondônia também extraídos do SIDRA, porém observou-se, considerando o período de 2000 a 2012, os dados referentes à dinâmica migratória da região, a geração de empregos na construção civil e na agricultura.

Não obstante, tais dados carecem de consistência para o presente estudo, uma vez que se referem apenas ao Estado de Rondônia, o que poderia ocasionar uma grande discrepância entre a realidade estudada e os dados obtidos. Este estudo teria resultados melhores e mais precisos se houvesse disponibilidade de dados a nível municipal, uma vez que a AID da UHE Santo Antonio encontra-se em sua totalidade dentro do município de Porto Velho (Figura 1).

Como não foram encontrados, em tempo hábil, tais dados municipais optou-se por não incluir os dados do IBGE nesta pesquisa, ficando aberta esta vertente de análise para pesquisas posteriores.

Tendo presente o exposto acima, buscou-se relacionar o principal uso da terra apresentado pelos dados do TerraClass com os dados econômicos do estado de Rondônia extraídos do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). É perceptível que há um crescimento constante dos rebanhos de bovinos. No período de 2006 a 2012 os rebanhos bovino e equino de Rondônia (Tabela 2) apresentaram um crescimento significativo, sendo o do gado bovino de 43,03% e o do equino de 26,74%.

O crescimento da área de pastagem e do número de cabeças de gado (Figura 34) no Estado de Rondônia não podem ser considerados fatores determinantes do desflorestamento da AID da UHE Santo Antonio por se tratarem de dados referentes ao Estado todo e não apenas do município de Porto Velho, do qual a AID faz parte (Figura 1). Mas é um dos fatores que contribuem, de modo geral, para o desmatamento na borda da floresta amazônica, conhecido como “arco do desmatamento”.

Fearnside (2005) destaca como outras causas do avanço do “arco do desmatamento” a especulação imobiliária, o alto preço das terras, a expansão do agronegócio, em especial a exportação de soja e carne bovina, a ampliação de

infraestrutura de transportes como facilitador da expansão do desmatamento e extração ilegal de madeiras de lei.

Tabela 2: Rebanho Bovino e Equino no Estado de Rondônia entre 2006 e 2012

Tipo de Rebanho	2006	2008	2009	2010	2011	2012	Crescimento acumulado no período
Bovinos (Cabeças)	8.542.726	11.176.201	11.532.891	11.842.073	12.182.259	12.218.437	3.675.711
Crescimento percentual	---	30,83%	3,19%	2,68%	2,87%	0,30%	43,03%
Equinos (Cabeças)	138.461	160.583	162.654	161.050	169.585	175.484	37.023
Crescimento percentual	---	15,98%	1,29%	-0,99%	5,30%	3,48%	26,74%



Figura 34: Pasto na AID próximo ao Rio Madeira. (Foto do autor - 2013)

Tendo presente que este não é o único fator a influenciar o desmate da área e percebendo que houve uma redução da área desmatada nos últimos anos pode-se apontar como possível causa desta redução a proposta ambiental da UHE Santo Antonio. Esta

proposta é representada pelo Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) da UHE Santo Antonio.

Poder-se-ia argumentar que as UC seriam inibidores do desmatamento, uma vez que são áreas protegidas e supostamente monitoradas. Todavia observa-se que todas as UC dentro da AID da UHE Santo Antonio foram criadas antes do ano 2000, exceto o Parque Nacional do Mapinguari que teve sua criação no ano de 2008 e não apresenta área desmatada nas imagens do Prodes (Figura 32). Portanto, não se pode relacionar a diminuição do desmatamento com a criação destas UC.

Por outro lado, a implantação da UHE Santo Antonio traz ao mesmo tempo um grande impacto ambiental e uma obrigatoriedade de medidas compensatórias e mitigadoras desses impactos.

Dentre as medidas adotadas pela UHE Santo Antonio podem se destacar, no que se refere à preservação da cobertura vegetal os programas socioambientais que integram o Projeto Básico Ambiental (PBA) pelos quais a empresa se compromete a investir na redução dos impactos ocasionados pela obra e preservar o meio ambiente, entre outras medidas. Esse projeto é parte do processo requisitado pelo IBAMA para a liberação da obra e aparece resumidamente exposto no site da Santo Antonio Energia onde também pode-se verificar a disposição da empresa sobre o que se refere a área de influência direta (AID): “Este programa tem por objetivo manter a qualidade da água, a beleza cênica e a balneabilidade na área de influência direta da hidrelétrica Santo Antônio (reservatório e entorno). Para tanto, foram desmatados 12 mil hectares ao longo do reservatório.”(2015)⁴

É importante notar que apesar desses programas de preservação serem uma iniciativa da Santo Antonio Energia, como parte do processo de licitação do empreendimento, é fundamental a participação da população da área uma vez que a AID da UHE Santo Antonio não torna a área propriedade da UHE, o que não torna a usina responsável exclusiva pela preservação do patrimônio ambiental da região.

⁴ Dados compilados a partir da consulta ao site oficial da Santo Antonio Energia, consórcio responsável pelo empreendimento hidroelétrico. <http://www.santoantonioenergia.com.br/sustentabilidade/programas-socioambientais/>

6. AMPLIANDO A DISCUSSÃO

Este tema demonstrou-se muito extenso ao longo desta pesquisa e longe de ser finalizado pode ser explorado em muitas vertentes.

O que se percebe com clareza pelos dados apresentados é que o empreendimento hidroelétrico estudado, UHE Santo Antonio, trouxe algum benefício à região de Porto Velho, especialmente no que se refere a conservação da vegetação nativa e sobretudo na diminuição do desmatamento.

Não se pode atribuir todo o crédito à UHE Santo Antonio, uma vez que a sociedade é complexa demais para que apenas um agente social seja responsabilizado pelas mudanças, boas ou ruins, da paisagem que a cerca, mas sem dúvida pode-se atribuir parte importante desta mudança às políticas ambientais promovidas pela usina.

As políticas públicas têm seu papel relevante nesse processo ao legislar sobre as práticas ambientais das empresas que causam maior impacto no ambiente onde são implantadas. Mas também contribuem em muito com a fiscalização de órgãos como o IBAMA, que mantém uma vigilância constante, ainda que em muitos casos insuficiente, sobre o patrimônio natural brasileiro.

Todavia fica aberta a discussão do tema para incluir outros agentes sociais e outros fatores locais, regionais, nacionais ou quiçá globais, na responsabilidade compartilhada pelas mudanças da paisagem do município de Porto Velho-RO.

Outro aspecto a ser ressaltado é a importância dos mecanismos de monitoramento remoto das áreas de desmate da Amazônia, especialmente os programas coordenados pelo INPE, que, a despeito do pouco investimento público, se comparado a outros países desenvolvidos, conseguem fazer um excelente trabalho de monitoramento do avanço do desmate na Amazônia. Estes dados produzidos com extrema competência e usando tecnologias de ponta na área de sensoriamento remoto permitem um constante acompanhamento da evolução do quadro ambiental do país. Além disso a disponibilidade destes dados ao público permite uma ampliação da aplicabilidade destes dados em diversos temas e trabalhos, sejam acadêmicos ou profissionais.

Graças a essa disponibilidade de dados e tecnologia foi possível verificar a espacialidade e temporalidade do fenômeno observado neste trabalho.

De forma objetiva pode-se concluir que:

- Houve uma redução no desflorestamento na área de estudo
- O principal uso e ocupação da terra desflorestada é o pasto, especialmente de gado bovino.
- Em toda a área observada o total de desmatamento no período de 2000 à 2012 foi de 1632 km².
- Parte deste desmatamento ocorreu próximo ao Rio Madeira como consequência do aumento do nível do rio ao formar o reservatório da UHE.
- Observou-se que após a publicação do EIA-RIMA em 2006 e início das obras em 2008, o desmatamento apresenta um declínio significativo.
- A falta de dados a nível municipal foi um grande complicador para uma análise mais precisa, especialmente nos aspectos econômicos e sociais.
- As Unidades de Conservação não são capazes de, sozinhas, inibirem o desmatamento.
- As ações da UHE Santo Antonio propostas e realizadas com base no Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) podem ser consideradas efetivas na redução do desmate
- A UHE Santo Antonio não é o único ator social sobre as transformações na paisagem estudada, mas apresenta papel de destaque por suas ações ambientais.

Em suma, a instalação da Hidrelétrica de Santo Antonio no rio Madeira, proporcionou significativas mudanças na paisagem de entorno desta usina. Tais mudanças estão relacionadas às diversas formas de uso e ocupação da terra, e se tornam evidentes por meio das modificações ambientais, como variações nas taxas de desmatamentos, que se apresentam neste local. Desta forma, a hipótese original de que a instalação da UHE Santo Antonio seria um fator de aceleração do desmatamento na região mostrou-se equivocada.

Portanto, fica aberta a possibilidade de novas investigações sobre as causas e efeitos das alterações na paisagem analisada.

Que esse trabalho sirva de incentivo ao mundo acadêmico para novas produções que tragam contribuições na gestão dos recursos naturais e na conservação de uma paisagem harmônica entre o homem e a natureza.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A. J. **P&D no setor elétrico brasileiro: um estudo de caso na companhia hidroelétrica do São Francisco**. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. p.17

BARTHEM, R. B.; GOULDING, M. Parecer técnicos sobre a ictiofauna. In: RONDONIA. Ministério Público Estadual. **Relatório de análise do conteúdo dos estudos de impacto ambiental (EIA) e do relatório de impacto ambiental (RIMA) dos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antonio e Jirau, no Rio Madeira, Estado de Rondônia**. Porto Velho, 2006.

BERMANN, Célio; **Energia no Brasil: para quê? Para quem?**, São Paulo: Editora Livraria da Física: FASE, 2001.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico**, R. RA E GA Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Águas –ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**/ Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2013.

_____. Agência Nacional de Águas – ANA. 2014. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx> acessado em 27/01/14.

_____. Banco de Informações de Geração da ANEEL – BIG. 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/> , acessada em 18/07/14

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>, acessado em 18/07/2014

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=37> acessado em 18/07/2014

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ª edição, Brasília, 2008.

_____. Ministério de Minas e Energia - MME, **SÉRIE ESTUDOS DA DEMANDA, NOTA TÉCNICA DEA 03/15** Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024), fevereiro de 2015

_____. Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade - ICMBio, 2015. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>

CAVALCANTE, Maria Madalena de Aguiar. **Hidrelétricas do Rio Madeira-RO: território, tecnificação e meio ambiente**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná - UFPR. Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG. Curitiba, 2012.

CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. Dinâmica da paisagem: uma análise integrada da planície fluvio-marinha – área de proteção ambiental (APA) Delta do Rio Parnaíba, Piauí/Maranhão – Brasil. In: SILVA, Edson V., RODRIGUEZ, José M. M., MEIRELES, Antonio J de A. (org.) **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas**. Tomo 1. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

CREPANI, E. et al.. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico - IN: **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 129-135.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, Jul. 2005.

FLORENZANO, Teresa G. **Geotecnologias na geografia aplicada**: difusão e acesso, Revista do Departamento de Geografia, 17. 2005. p. 24-29. Disponível em: http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_17/Teresa_Gallotti_Florenzano.pdf

GARRIDO, Dulce. COSTA, Rui. **Dicionário Breve de Geografia**, 2. ed. Lisboa: Editorial Presença, 2006. p. 118.

HAYES, N.; RAJÃO, R. **Competing institutional logics and sustainable development**: the case of geographic information systems in Brazil's Amazon region. *Information Technology for Development*, v. 17, n. 1, p. 4–23, 2011.

INPE. **PROJETO TERRACLASS 2012**: Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra na Amazônia Legal Brasileira. Brasília. 2014. Disponível em http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/TerraClass_2012_26nov2014.pdf acesso em 07 de abril de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Atlas Nacional do Brasil**, Brasília, 2010. p. 123.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; In: BRASIL. ANEEL, **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ª edição, Brasília, 2008.

MIRANDA, José I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

PRADO, B.R. et al. **Identificação de classes de cobertura da terra na Amazônia utilizando imagens alos/palsar e classificação orientada a objeto**. *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 62/3. p. 563-569.

RONDONIA. Ministério Público do Estado de Rondônia, **Relatório de análise do conteúdo dos estudos de impacto ambiental (EIA) e do relatório de impacto ambiental (RIMA) dos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antonio e Jirau, no Rio Madeira, Estado de Rondônia**. Porto Velho: Cobrape – Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos, 2006.

ROSENQVIST, Å. et al. **A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol**. *Environmental Science and Policy*, v. 6, n. 5, p. 441–455, 2003.

ROSS, J. L. S. (Org.) . **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996. v. 1.

SANTO ANTONIO ENERGIA, **PACUERA**, Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial. Junho/2012.

SILVA, Ana Karine Souza. CAVALCANTE, Arnóbio de Mendonça Barreto. Geoprocessamento aplicado à detecção de paisagens insulares na bacia do Parnaíba. In: **12º ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA**, 2009.

SILVA, Edima Aranha. As usinas hidrelétricas e a (des) territorialidade no Brasil. In: PEREIRA, S. R.; COSTA, B. P.; SOUZA, B. C. (Org.). **Teorias e práticas territoriais: análises espaço temporais**. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

TRICART, J. Paisagem & Ecologia. São Paulo: IGEOG-USP, 1981. 157p. *Apud* SILVA, Ana Karine Souza. CAVALCANTE, Arnóbio de Mendonça Barreto. Geoprocessamento aplicado à detecção de paisagens insulares na bacia do Parnaíba. In: **12º ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA**, 2009.

ZIMMERMANN, V. **O uso da análise multicritério em ambiente SIG na setorização das áreas de risco do distrito administrativo do Pântano do Sul, município de Florianópolis, sc**. Florianópolis: UFSC, 2012.

SITES:

<http://terraclass.cpatu.embrapa.br/objetivos> acessado em 06/05/15

http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012.php acessado em 01/05/15

<http://www.santoantonioenergia.com.br/empresa/perfil/> acessado em 27/1/14

<http://www.santoantonioenergia.com.br/sustentabilidade/programas-socioambientais/> acessado em 09/07/14

<http://www.sidra.ibge.gov.br/> acessado em 13/03/15