

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

STHÉPHANNY LARA SILVA

**USO DE IMAGENS *LANDSAT* PARA AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES
AMBIENTAIS CAUSADAS PELA USINA HIDRELÉTRICA DE NOVA PONTE/MG**

MONTE CARMELO

2017

STHÉPHANNY LARA SILVA

**USO DE IMAGENS *LANDSAT* PARA AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES
AMBIENTAIS CAUSADAS PELA USINA HIDRELÉTRICA DE NOVA PONTE/MG**

Monografia apresentada para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, pelo Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo.

Orientadora: Prof^ª. Dra Mirna Karla A. da Silva

Co-Orientador: Prof^º. Dr George Deroco Martins

MONTE CARMELO

2017

STHÉPHANNY LARA SILVA

**USO DE IMAGENS *LANDSAT* PARA AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES
AMBIENTAIS CAUSADAS PELA USINA HIDRELÉTRICA DE NOVA PONTE/MG**

Monografia aprovada para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, pelo Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, pela banca examinadora formada por:

Monte Carmelo, 01 de agosto de 2017.

Mirna Karla Amorim da Silva

Prof. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva, UFU/MG

George Deroco Martins

Prof. Dr. George Deroco Martins, UFU/MG

Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo

Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo, UFU/MG

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho teve a colaboração direta e indireta de diversas pessoas a quem manifesto meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente, agradeço a DEUS, por me dar saúde e sabedoria para superar todas as dificuldades.

Às minhas mães, Sueli e Luzia, por me darem todo suporte possível durante minha graduação e por serem minha referência e base, apoiando e me auxiliando em todos os momentos de minha vida. Aos outros membros da minha família, agradeço o carinho e expresso aqui minha admiração e respeito.

À minha orientadora Prof. Dr^a. Mirna Karla Amorim da Silva pelo apoio, e sua dedicada e atenciosa orientação e pela confiança depositada não apenas em mim, como também neste projeto. Ao meu co-orientador, Prof^o. Dr^o. George Deroco Martins, meu sincero agradecimento pela dedicação e pelos ensinamentos, por ser sempre solícito, me auxiliar e minimizar as minhas dúvidas.

À Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo – e todo o corpo docente que me proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos.

Aos meus colegas de graduação que compartilharam bons momentos, sem os quais, não tenho dúvida de que toda esta caminhada se tornaria mais difícil.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos meu muito obrigado!!!

“Qualquer coisa que seja escrita e dita, mesmo que não fale a seu respeito, contém algo sobre você”.

(Nando Reis, 2017)

RESUMO

O município de Nova Ponte – MG, área de estudo desta pesquisa, está inserido na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba e tem o uso da terra caracterizado pela utilização de áreas destinadas às atividades agropecuárias, bem como pelo barramento de água decorrido pela implementação de uma usina hidrelétrica na região. Sabe-se que a implementação de usinas hidrelétricas interfere drasticamente no meio ambiente devido à construção das represas, que provocam inundações em imensas áreas de matas, interfere no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, e interferem na ocupação humana. Deste modo, a necessidade de redução de impactos relacionados à obtenção de energia envolve interesses ambientais, sociais, políticos e econômicos. O presente trabalho descreve, sucintamente, distintos métodos para avaliar estes impactos, e utiliza um destes para atingir seu propósito principal. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar o uso e ocupação da terra, em um intervalo de 30 anos, iniciando no ano de 1985, em seguida 2000 e, por fim 2015, distinguindo com o auxílio de imagens orbitais dos satélites *Landsat5* e *Landsat8*, as alterações sofridas na área de estudo. Neste contexto, a metodologia utilizada nesta pesquisa empregou os dados advindos do sensoriamento remoto, uma vez que, os mesmos são ferramentas fundamentais para o desenvolvimento desse tipo de estudo, devido à frequência na disponibilidade de recursos ao custo relativamente baixo. Utilizou também, o processamento digital de imagens para a classificação das imagens pelo *software Envi Classic 5.1*, através de um classificador supervisionado para abstrair informações e quantificar as diferenças de uso e ocupação da terra, na área estudada. Por fim, os dados adquiridos neste trabalho foram importantes para avaliar como aconteceu a alteração da área urbana dentro do município, a qual cresceu, no intervalo estudado, um percentual de 0,36%. Foi possível ainda, quantificar a alteração das classes de agricultura/pastagem/ campos, corpos d'água, reflorestamento, solo exposto e vegetação arbórea, determinadas para uso e ocupação do solo, áreas estas que apresentaram variação de 10,24%, 3,17%, 5,29%, 0,08% e 1,34% respectivamente.

Palavras chave: Energia elétrica. Geoprocessamento. *Envi*. Uso da terra.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	20
Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos	24
Figura 3 - Imagens pré-processadas.	26
Figura 4 - Mapa de uso e ocupação da terra em 1985	30
Figura 5 - Gráfico de área (%) do uso e ocupação da terra em 1985	31
Figura 6 - Mapa de uso e ocupação da terra em 2000	32
Figura 7 - Gráfico de área (%) do uso e ocupação da terra em 2000	33
Figura 8 - Mapa de uso e ocupação da terra em 2015	35
Figura 9 - Gráfico de área (%) do uso e ocupação da terra em 2015	36
Figura 10 - Mapa de modificação da área urbana	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação de datas para a aquisição das imagens.....	22
Quadro 2 - Classes e categorias consideradas para classificação.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Sensores <i>Landsat</i>	23
Tabela 2 - Valores do índice Kappa e desempenho da classificação	28
Tabela 3 - Valores do índice Kappa e índice de Exatidão Global calculados.....	29
Tabela 4 - Ocupação das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 1985, 2000 e 2015 em Nova Ponte/MG	39
Tabela 5 - Variações no uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 e 2000 e, 1985 e 2015.	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	11
	2.1 OBJETIVO GERAL	11
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	JUSTIFICATIVA	12
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
	4.1 ELETRICIDADE NO BRASIL X PRODUÇÃO HIDRELÉTRICA	12
	4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE HIDRELÉTRICAS.....	13
	4.3 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	15
	4.4 FERRAMENTAS GEOESPACIAIS UTILIZADO NA AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS	17
	4.5 MÉTODO DA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA E ÍNDICE KAPPA.....	18
5	MATERIAL E MÉTODOS	19
	5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
	5.2 MATERIAL.....	21
	5.3 MÉTODOS.....	23
6	RESULTADOS.....	29
7	CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Ao analisar a produção de energia elétrica no Brasil, a partir do estudo teórico realizado (item 3 Fundamentação Teórica/3.1 Eletricidade no Brasil X Produção Hidrelétrica), observa-se que os empreendimentos hidrelétricos possuem grande representatividade no interesse coletivo da sociedade por ascender, através da oferta de energia, da oferta de empregos e arrecadação municipal, a qualidade de vida da população.

Todavia, além dos benefícios energéticos e econômicos devem ser considerados os efeitos prejudiciais do empreendimento ao meio ambiente. Este tipo de projeto deve ter como finalidade elevar a qualidade de vida da população, combinando o uso racional e sustentável do recurso e da área de instalação. Porém, como na maioria das grandes obras, a instalação de usinas hidrelétricas gera efeitos que ultrapassam os limites de sua abrangência, interferindo e alterando cenários ali existentes. Por outro lado, os impactos causados nestes locais são “justificados” como uma maneira de ofertar ou, até mesmo, ampliar o desenvolvimento das regiões de sua localização (Vide item 3 Fundamentação Teórica/3.2 Impactos Ambientais na construção de hidrelétricas).

Neste contexto, a Avaliação de Impacto Ambiental deve ser realizada para qualquer empreendimento que possa acarretar danos futuros ao meio ambiente, sendo executada antes, durante ou após a instalação do mesmo, utilizando-se instrumentos capazes de transpor o maior nível de informações possíveis dentro daquele estudo. Para tal, é necessário compreender que, impacto ambiental, segundo a Resolução do CONAMA nº 001/86 (BRASIL, 1986) trata basicamente de alterações sofridas no meio ambiente advindas de atividades antrópicas que, por vez, podem afetar a sociedade, a biodiversidade, as condições do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais dispostos no local.

A utilização de imagens orbitais para identificação de impactos ambientais causados pelo barramento de água para fins de produção energética, se mostra uma técnica capaz de gerar informações relevantes para os órgãos gestores do meio ambiente, visando trazer um maior controle sobre os impactos ambientais causados. Desta maneira, o uso de técnicas de processamento de imagens orbitais, como a classificação supervisionada, pode proporcionar grandes vantagens, que servirão para auxiliar em posteriores monitoramentos do avanço dessa ação antrópica sobre o meio ambiente.

Segundo Gomes et al. (2009), os produtos de sensoriamento remoto são uma das mais modernas ferramentas utilizadas para os monitoramentos ambientais e que possibilitam uma análise quantitativa das diferenças na paisagem ocasionadas pelos diferentes padrões de uso e

ocupação da terra. Incorporadas a isso, as técnicas de geoprocessamento e de processamento digital de imagens permitem a avaliação das alterações do ambiente.

Desta forma, este estudo foi conduzido a partir da seguinte hipótese: Em um cenário de diversas mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nativa, advindas da implantação do barramento de água da usina hidrelétrica de Nova Ponte, é possível mapear, quantificar, comparar e analisar as transformações ambientais ocorridas neste município, a partir de dados e ferramentas espaciais disponíveis para esse fim.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Dentro do contexto apresentado, esta pesquisa objetivou realizar, através do auxílio de imagens orbitais e técnicas de processamento digital de imagens, a avaliação da alteração ambiental sofrida a partir da implantação da usina hidrelétrica no município de Nova Ponte, Minas Gerais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral apresentado, foram realizados os objetivos específicos, a seguir:

- Elaborar os mapas temáticos da área de estudo, a partir das imagens *Landsat*: mapas estes de uso e ocupação da terra referentes aos anos de 1985, 2000 e 2015 e, de modificação da área urbana;
- Tabular e analisar dos dados encontrados, a partir dos mapeamentos realizados;
- Identificar os impactos ambientais causados pela implementação da usina hidrelétrica no espaço e período estudados.

3 JUSTIFICATIVA

Para escolha da área de estudo bem como, os objetos estudos e os objetivos estabelecidos foi considerada a possibilidade de contribuição, através da metodologia realizada, dos mapeamentos e resultados obtidos, com o acesso da população local às informações das alterações no uso e ocupação da terra causadas pela implementação da usina no município estudado. Além do mais, uma vez demonstrada a importância de estudos relativos à alteração no meio ambiente por atividade antrópica impactante, os mesmos auxiliam no gerenciamento e planejamento dos recursos naturais.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ELETRICIDADE NO BRASIL X PRODUÇÃO HIDRELÉTRICA

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizadas no mundo. Gerada, principalmente, nas usinas hidrelétricas, usando o potencial energético da água, essa geração é baseada na produção de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos.

No período entre 1980 e 2002, a geração de energia elétrica no Brasil cresceu, anualmente, uma taxa média de 4,2% (GOLDEMBERG, 2007).

Em projeção realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), na qual foram avaliados inclusive a contribuição dos setores industriais (grandes consumidores de energia, no que se refere ao montante de eletricidade que eles demandarão do sistema elétrico), a perspectiva de demanda de energia elétrica, entre a década de 2015-2024, será de 3,7%. Contudo, o BEN (Balanço Energético Nacional) do ano de 2016, referentes ao ano de 2015, aponta que o consumo final de eletricidade no país em 2015 registrou uma queda de 1,8% e que, os setores que mais contribuíram para esta redução foram o residencial (-0,7%) e o industrial (-5,0%).

Ainda, segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME), divulgados através do BEN, a participação de renováveis na matriz energética brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com um índice de 41,2%, no ano base. Dentro deste percentual, a fonte hidráulica representa o segundo lugar na oferta com 11,3%, ficando atrás da geração que utiliza a biomassa da cana, com 16,9%. Ainda conforme este relatório, em razão às condições hidrológicas desfavoráveis dos últimos tempos, pelo quarto ano seguido, houve diminuição da energia hidráulica disponibilizada no país. Comparado ao ano anterior, a queda foi de 3, 2%.

Contudo, foram gerados 359.743 Megawatt-hora (MWh) de energia oriunda da força das águas no país (MME, 2016).

Considerando as informações acima, é possível perceber a importância das usinas hidrelétricas para o setor de energia. Bortoleto (2001), afirma que, para a produção de energia elétrica no Brasil, as obras de instalação de usinas hidrelétricas foram consideradas adequadas e fundamentais devido à oportunidade de aproveitamento da riqueza de recursos hídricos disponíveis no país.

Atualmente, a indústria de energia elétrica é composta por um grupo de empresas que produzem, transformam, transportam, distribuem e comercializam a energia. São atividades inerentes a este setor a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica (PACHECO, 2015, p. 6).

Ainda, para Pacheco (2015), a função de transformar em energia elétrica qualquer outra forma de energia disponível na natureza, seja ela cinética, química, solar, eólica, térmica, hidráulica ou nuclear cabe à atividade de geração. No que se refere à atividade de transporte da energia elétrica, gerada até as subestações distribuidoras, a infraestrutura das redes de alta tensão necessárias ao escoamento da energia entre os pontos de geração e distribuição, a construção, a operação e a manutenção da infraestrutura das redes de média e baixa tensão é de total responsabilidade das empresas transmissoras.

Contudo, é necessário ressaltar que nos últimos anos, devido à escassez de água e, conseqüentemente, a diminuição da geração de energia hidrelétrica, o consumidor descobriu através de índices econômicos e informações diretamente relacionadas à instalação e operação de usinas hidrelétricas que, apesar da geração hidráulica de energia possuir custos de produção relativamente baixos, em comparação às demais fontes de energia elétrica adotadas e, da importância das hidrelétricas para o sistema elétrico brasileiro, a construção desses empreendimentos, há tempos, tem suscitado questionamentos da sociedade, haja vista os inúmeros impactos ambientais proporcionados por este tipo de projeto (PACHECO, 2015).

4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE HIDRELÉTRICAS

Os impactos ambientais causados por construções de usinas hidrelétricas têm sido motivo de discussões atuais sobre desenvolvimento sustentável, pois, assim como grande parte das atividades econômicas, as hidrelétricas causam efeitos negativos ao meio ambiente.

A questão principal é saber qual a verdadeira dimensão do impacto e como ele pode ser amenizado, uma vez que, dentro das fontes energéticas atuais, as hidrelétricas são consideradas

fontes de energia renovável, ao contrário das fontes energéticas à base de combustíveis fósseis, por exemplo.

Para Muller (1995, apud SOUSA, 2000, p. 9) “a hidroeletricidade é a base do suprimento energético do Brasil”.

“O impacto ambiental gerado durante a obtenção de energia vem sendo discutido mundialmente, mediante a conscientização da gravidade da questão” (INATOMI; UDAETA, 2007, s.p).

Segundo Sousa (2000) as obras em torno da instalação de uma usina hidrelétrica geram grandes impactos ao meio ambiente, os quais serão percebidos durante a construção onde ocorrem os impactos mais significativos e complexos e, ao longo do tempo de vida da usina, bem como por toda a extensão do espaço físico envolvido.

Para Oliveira (2014) dentre as formas de exploração de recursos naturais, o setor elétrico é o que mais se destaca. Este enfoque está diretamente ligado à instalação e operação das UHE's (Usinas Hidrelétricas). Porém, segundo a autora, mesmo contribuindo com o crescimento econômico do país, os processos relacionados ao funcionamento de uma usina, geram problemas ao meio ambiente e à sociedade, principalmente nos municípios onde as usinas são instaladas.

Inatomi e Udaeta (2007, s.p) afirmam que “as hidrelétricas, vistas por muitos como uma fonte de ‘energia limpa’, do ponto de vista ambiental não podem ser consideradas uma ótima solução ecológica”.

Elas interferem drasticamente no meio ambiente devido à construção das represas, que provocam inundações em imensas áreas de matas, interfere no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, e interferem na ocupação humana. As inundações das florestas fazem com que a vegetação encoberta entre em decomposição, alterando a biodiversidade e provocando a liberação de metano, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa e pela rarefação da camada de ozônio (INATOMI; UDAETA, 2007, s.p).

Os impactos ao meio ambiente decorrentes da implantação de uma hidrelétrica atingem, pontualmente, a hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora e fauna, além de causar alteração da paisagem local. Os efeitos variam desde a alteração do fluxo de corrente, alteração de vazão do rio, mudança na temperatura, perda dos solos, assoreamento, pequenos tremores de terra, elevação de carbono na atmosfera até a perda de biodiversidade, implicando no resgate e realocação das espécies (LEITE, 2005 apud INATOMI; UDAETA, 2007).

As usinas hidrelétricas são empreendimentos planejados para um horizonte de tempo longo. A energia hidrelétrica é um dos sistemas que se enquadram nos conceitos de operação ou desenvolvimento sustentável. No entanto, os impactos e consequências também devem ser sustentáveis (SOUSA, 2000, p. 10).

Em relação aos impactos sociais, esses têm se multiplicado ao longo dos anos. São cada vez mais escassas as alternativas para o aproveitamento dos potenciais hidráulicos, para instalação das usinas. Na maioria das vezes, os locais escolhidos para implantação das usinas estão ocupados e, todo o processo de relocação das pessoas e dos equipamentos de infraestrutura existentes, além da criação de outros, representam impactos significativos que aumentam as externalidades e custos sociais para compensação dos efeitos socioambientais desses projetos (PACHECO, 2015).

Ainda para Pacheco (2015), em todo o país, foi muito expressiva a quantidade de famílias e comunidades inteiras deslocadas de seu território tradicional por razão da implantação de usinas hidrelétricas na região de suas moradas.

Assim, com o intuito de minimizar os impactos ambientais, desde o início da década de 90, as empresas responsáveis pelos empreendimentos elétricos remuneraram o setor público (municípios, estados e união) com a CFURH - Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos. Estes valores são uma forma de recompensa pela degradação do espaço físico causada pelos alagamentos e também pela utilização dos recursos hídricos da região (OLIVEIRA, 2014).

4.3 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Recentemente, os métodos que avaliam os ambientes apresentam caráter particular na abordagem do meio físico, assim sendo, devem ser utilizados critérios bem definidos para a escolha do mesmo, visto que cada um tem uma aplicação definida. Tais processos surgiram com o intuito de sistematizar as análises realizadas, empregando, algumas vezes, técnicas de outras áreas do conhecimento.

“Os processos de avaliação são técnicas estruturadas para comparar, organizar e analisar informações sobre ambientes impactados, compreendendo elementos de apresentação escrita e visual dessas informações” (A ANÁLISE..., 2005, s.p).

Por haver um número relativamente amplo de métodos de avaliação, com distintas potencialidades e limitações, a opção do melhor envolve a disponibilidade de dados, propriedades essenciais do tipo de empreendimento e dos produtos finais almejados. Dessa

forma, a escolha da metodologia de avaliação de impactos ambientais consiste em definir os procedimentos lógicos, técnicos e operacionais capazes de permitir que o processo, antes referido, seja completado“ (SILVA; SILVA, 2016, p. 204).

Dentre as inúmeras pesquisas elaboradas sobre as maneiras de se realizar uma avaliação de impacto ambiental, alguns métodos mereceram maior destaque, tais como, o Método Baseado em Indicadores, Índices e Integração da Avaliação que, para Sousa (2000) deve ser bem detalhado quanto à escolha dos indicadores, uma vez que, se os mesmos forem muito superficiais, podem tornar os dados insuficientes para a comprovação do impacto do causado.

Outro método considerado, é o Método de Ad Hoc. Fundamentado no conhecimento empírico de profissionais experientes no objeto em questão, este processo torna-se adequado perante a escassez de dados e tempo curto para a avaliação. Aplicado por Baldissin Neto, no ano de 2010 ao realizar uma análise crítica do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) denominada Braço, localizada ente os municípios de Claro (RJ) e Bananal (SP), conforme o autor “o Método Ad Hoc não parece apropriado porque tem como desvantagem ser vulnerável a subjetividades e a ser tendencioso na escolha dos participantes e coordenadores” (BALDISSIN NETO, 2010, p.27).

Por fim, destacam-se os Sistemas Cartográficos, que visam a determinar a localização e extensão dos impactos sobre o meio ambiente, bem como identificar, espacialmente, as áreas territoriais de significância. Para isso, são utilizadas diferentes técnicas de cartografia, como fotografias, mapas e sensoriamento remoto. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um exemplo desta metodologia e vem sendo bastante usado para o planejamento ambiental e territorial. Tal instrumento consiste na utilização de *softwares* para o armazenamento e recuperação de informações geograficamente referenciadas. Ou seja, baseia-se na utilização do geoprocessamento, o qual determina as fragilidades e aptidões ambientais da área de estudo tratando-se de uma etapa essencial para auxiliar nas pesquisas relativas à alteração no meio ambiente (SILVA; SILVA, 2016).

Ainda em relação aos sistemas cartográficos, Pimentel e Pires (1992, p. 60) destacam o processo sendo realizado através da superposição de cartas que baseia-se na elaboração de uma série de cartas temáticas, sendo uma para cada classe a ser analisada, onde os dados são organizados categoricamente e essas cartas são sobrepostas representando assim a conjuntura ambiental da região determinada.

Os referidos autores ainda afirmam que “a superposição de cartas favorece bastante a representação visual e a identificação da extensão dos efeitos” e com uma visão otimista do futuro e do avanço das tecnologias, destacam ainda a “possibilidade de utilização de imagens

de satélite toma-se um recurso valioso para esse tipo de método” (PIMENTEL; PIRES, 1992, p. 60).

4.4 FERRAMENTAS GEOESPACIAIS UTILIZADO NA AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS

Dentro do contexto apresentado, a utilização de ferramentas destinadas à gestão ambiental têm sido matéria de inúmeros estudos e pesquisas. O uso destes instrumentos auxilia na diminuição de conflitos relacionados ao desenvolvimento sustentável uma vez que, estes instrumentos sendo bem definidos, oferecem a garantia de que os processos relativos à prevenção e avaliação de impacto ambiental não se distanciem do seu enfoque principal.

Dentre estas ferramentas, destacam-se a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) e o Sensoriamento Remoto que, apresentavam-se à época, em avançado estágio de desenvolvimento trazendo assim, maior acessibilidade de recursos para diversos fins (JACINTHO, 2003).

Dentro da avaliação de impactos ambientais, os SIG's tornaram-se relevantes por facilitarem a organização das informações espaciais e permitirem um diagnóstico, um prognóstico e, conseqüentemente, uma tomada de decisão consideráveis em relação ao tempo gasto para tal (JACINTHO, 2003).

“No SIG, o principal objetivo é o suporte à tomada de decisões, para gerenciamento de uso do solo, recursos hídricos, ecossistemas aquáticos e terrestres, ou qualquer entidade distribuída espacialmente” (CALIJURI; LORENTZ, 2003, p. 5).

Para Aronoff (1989, apud HAMADA; DO VALLE GONÇALVES, 2007), as razões principais para utilização de um SIG são:

- i. Os dados armazenados digitalmente encontram-se em uma forma mais compacta;
- ii. Grande quantidade de dados digitais pode ser mantida e recuperada com grande velocidade e a um custo menor por unidade de dado;
- iii. Gerenciar os dados espaciais e integrar diferentes tipos de dados em uma única análise, à alta velocidade, são incomparáveis com os métodos manuais; e
- iv. Realizar análises espaciais complexas rapidamente fornece vantagem em quantidade e qualidade.

Deste modo, o processo interativo de detecção e avaliação de mudança em um cenário torna-se mais prático quando o mesmo é realizado com o auxílio de um SIG, onde, o processamento digital é feito, em sua maior parte, rapidamente e a custos relativamente baixos.

Por outro lado, conforme Jacintho (2003, p. 1), “o Sensoriamento Remoto, devido à rapidez e periodicidade na obtenção de dados primários sobre a superfície terrestre, constitui-se numa das formas mais eficazes de monitoramento ambiental em escalas locais e globais”.

Para Grigio (2003), através de análises multitemporais, considerando o início dos processos antrópicos, com a utilização de técnicas e produtos do Sensoriamento Remoto, é possível realizar o estudo da evolução ambiental de determinada região. O autor pontua ainda, o fato de o Sensoriamento Remoto ser baseado na análise das imagens de satélites, como um meio atual de acelerar e reduzir os custos com mapeamentos, além de possibilitar a detecção de mudanças ambientais. Deste modo, combinadas às técnicas de processamento, as imagens de satélite geram informações sintéticas e precisas sobre a evolução da superfície terrestre, contribuindo de forma relevante, na gestão dos ambientes.

Objetivando alterar imagens para melhores qualidades espectrais e espaciais tornando-as mais apropriadas para certa aplicação, o processamento digital de imagens (PDI) através de diferentes técnicas, integra a execução de operações matemáticas dos dados, fazendo com que o processo possa ser aplicado para determinados e distintos tipos de problemas. Contudo, o que é realizado e apresentado pelo processamento não representa exatamente o que é a realidade, por isso, a análise dos dados obtidos bem como sua interpretação devem ser feitas também pelo usuário (MENESES; ALMEIDA, 2012).

4.5 MÉTODO DA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA E ÍNDICA KAPPA

Praticamente, todos os *softwares* qualificados em processamento de imagens de sensoriamento remoto permitem a aplicação de técnicas de classificação. Este procedimento é dividido em duas categorias, podendo ser supervisionada (com a atuação do usuário/operador) ou não-supervisionada (através de processo automático, sem participação do usuário/operador) (TOLENTINO; RAMOS; SILVA, 2014).

A classificação supervisionada exige um processo de treinamento onde o usuário utiliza informações que permitem o reconhecimento de suas classes de interesse. Por outro lado, a não-supervisionada utiliza algoritmos de agrupamentos baseando-se exclusivamente dos dados. (CORREIA et al., 2007).

O método de classificação por máxima verossimilhança, Maxver, trata-se de uma técnica baseada no valor radiométrico dos pixels e no princípio de distribuição das classes de treinamento. (CORREIA et al., 2007).

O classificador Maxver admite a medida das distâncias entre os valores médios dos pixels de cada classe, através de parâmetros estatísticos. Quando comparado a outros métodos, é considerado mais eficiente pois, os feitos de treinamento são usados para estimar a forma como cada pixel foi distribuído no espaço bem como, a localização do centro de cada classe (MENESES; ALMEIDA, 2012).

“Basicamente, esse método calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica” (TOLENTINO; RAMOS; SILVA, 2014, p.4).

Para validar a classificação de uma imagem com propósitos de se realizar um mapa temático é necessário adotar critérios capazes de avaliar os resultados do método.

Sendo assim, a avaliação é estabelecida através da precisão e da exatidão do mapeamento. A primeira diz respeito à parcela de classe obtida no mapeamento em relação à realidade da mesma na área vista em campo. Em contrapartida, a exatidão considera se realmente a categoria identificada na imagem encontra-se correta. Os dois fatores devem apresentar confiabilidade estatística plausível para que o resultado do mapa temático seja uma boa representação da realidade (ROSA, 2009).

Um indicador de aceitação frequentemente utilizado para qualificar o resultado é a estatística do Índice Kappa. Essa medida, é definida como “a proporção de concordância observada não decorrente do acaso (representada pelo valor 0), em relação à máxima concordância não devida ao acaso” (CORREIA et al., 2007, p. 1018).

Segundo Ribeiro, Batista e Bias (2007), por incorporar os pixels mal classificados, e não apenas os bem classificados, o índice Kappa apresenta uma melhor avaliação em relação ao índice de Exatidão global, pois esta, considera apenas as boas classificações de pixels sobrestimando o acerto da classificação. Sendo assim, o kappa apresenta uma vantagem na comparação dos resultados.

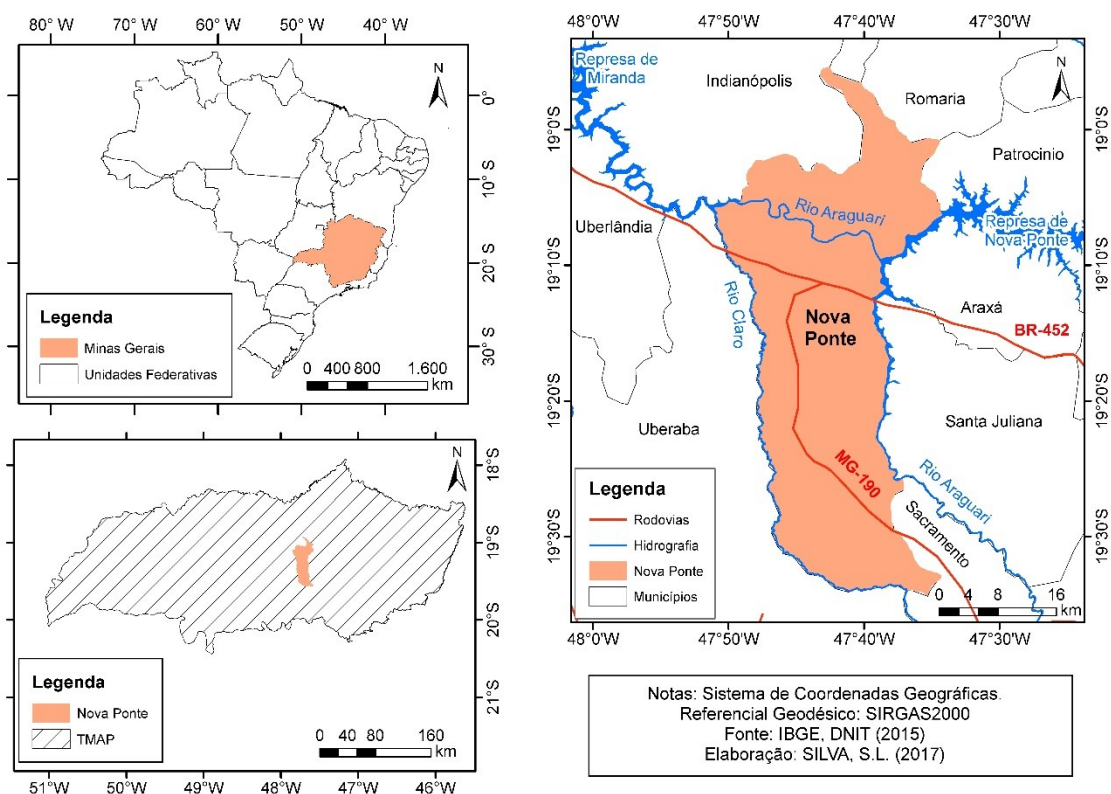
5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizado a oeste do Estado, na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (TMAP), o município de Nova Ponte está compreendido no bioma Cerrado e na Bacia

Hidrográfica do Rio Araguari/MG. A sede municipal está localizada pelas coordenadas geográficas 19° 9' 46" S e 47° 40' 42" W (**Figura 1**).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Elaboração: A autora.

Nova Ponte possui área equivalente à 1.111,011 km², população estimada pelo IBGE, no ano de 2016, de 14.715 habitantes (IBGE, 2010) e Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2014 de 50.578,41 reais *per capita* (IBGE, 2010).

A renda econômica municipal gira, basicamente, em torno de produções agrícolas, pecuárias e industriais, além de *royalties* repassados pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) em função de estar localizada no município uma das maiores usinas do seu parque gerador.

Para escolha da área, onde foram realizadas as análises de impacto ambiental, considerou-se o fato de a UHE Nova Ponte ter sido a primeira usina instalada pela CEMIG, onde foram cumpridos todos os processos formais de licenciamento ambiental previstos na legislação nacional da época de sua instalação, final da década de 80. Além disso, o município apresenta características, como por exemplo a transferência do posicionamento da cidade dentro do município, que permitem identificar, com maior clareza, os possíveis efeitos da instalação da usina hidrelétrica.

O fato da instalação da usina ser em uma localização onde o Cerrado apresenta-se de forma predominante, infere em um melhor conhecimento deste bioma uma vez que, o mesmo se mostra predominante no território nacional, em relação aos demais biomas, e sofre grandes influências através de empreendimentos como o estudado nesta pesquisa.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016), o Cerrado ocupa uma área de 2.036.448 km² em todo país, ou seja, aproximadamente, 22% do território Brasileiro e, trata-se de uma das mais importantes áreas prioritárias para conservação do mundo, onde existe grande diversidade de espécies animais e vegetais.

Dados do IBGE (2016) confirmam as projeções do MMA e ainda informam que sua localização principal dentro do território é Planalto Central Brasileiro e que este bioma constituído por árvores de até 20 metros de altura com troncos e ramos retorcidos além de cascas espessas e folhas grossas.

Para a sociedade, o Cerrado possui a função de auxiliar na economia de muitas populações que sobrevivem de seus recursos naturais. Além disso, algumas comunidades como as indígenas, quilombolas, ribeirinhas entre outras, possuem grande conhecimento deste bioma tornando-o parte da história e da cultura brasileira (MMA, 2016).

Contudo, este é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações com a ocupação humana. O Cerrado também vem sofrendo alterações devido às ações antrópicas que visam a produção agrícola e a exploração de suas espécies lenhosas para produção de carvão, além de sofrer alterações devido ao crescimento populacional que, conseqüentemente, aumentam as fronteiras urbanas (MMA, 2016).

5.2 MATERIAL

Os materiais utilizados para a realização deste estudo foram os seguintes:

- Dados matriciais: imagens orbitais dos satélites Landsat8 e Landsat5 referentes aos anos de 1985, 2005 e 2015 obtidas a partir do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE;
- Dados vetoriais (limite municipal e urbano) da área de estudo disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Nova Ponte e obtidos a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE;
- *Software ENVI Classic 5.1*, licenciado pelo laboratório SIGEO, situado na Universidade Federal de Uberlândia;

- *Software ENVI 5.1*, licenciado pelo laboratório SIGEO, situado na Universidade Federal de Uberlândia;
- *Software Arcgis Desktop 10*, licenciado pelo laboratório SIGEO, situado na Universidade Federal de Uberlândia.

5.2.1 AQUISIÇÃO DE IMAGENS

Ao escolher as imagens foram considerados os seguintes fatores:

1º. menor presença de nuvens, a fim de obter melhor precisão nas análises e dispensar correções de pré-processamento;

2º. distintas datas para análise temporal (antes e pós barramento da água), de modo que fosse possível verificar, visualmente, a alteração ocorrida pela barragem;

3º. períodos de recobrimento do sensor equivalentes para todas as datas, de forma que as condições ambientais fossem as mais similares possíveis considerando a cobertura do solo relacionadas às épocas de seca e chuva.

No **Quadro 1** são apresentadas as datas em que as imagens foram adquiridas, visando à composição da série histórica.

Quadro 1 - Relação de datas para a aquisição das imagens

Ano	Data para a qual a imagem foi adquirida
1985	15/02/1985
2000	29/02/2000
2015	25/02/2015

Elaboração: A autora.

Neste enquadramento, foram utilizadas imagens relativas aos sensores *TM* (*Thematic Mapper*) e *OLI* (*Operational Land Imager*), *Landsat 5* e *8*, respectivamente, fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Na **Tabela 1** é possível observar as principais características dos sensores utilizados na captação das imagens usadas neste trabalho.

Tabela 1 - Características Sensores *Landsat*.

	Sensor	Bandas Espectrais	Res. Espectral	Res. Espacial	Res. Temporal	Res. Radiométrica	Faixa Imageada
Landsat 5	<i>TM</i>	7 Bandas	0,45 a 2,35 μm	30m a 120 m (banda 6)	16 dias	8 bits	185 km
Landsat 8	<i>OLI</i>	8 bandas	0,43 a 1,39 μm	15m a 30m (banda 8)	16 dias	12 bits	185 km

Fonte: Adaptado de INPE (2017).

No imageamento, foram necessárias duas cenas para cobrir a área total do município (cenas 220_073 e 220_074), ambas as cenas referentes aos anos de 1985, 2000 e 2015.

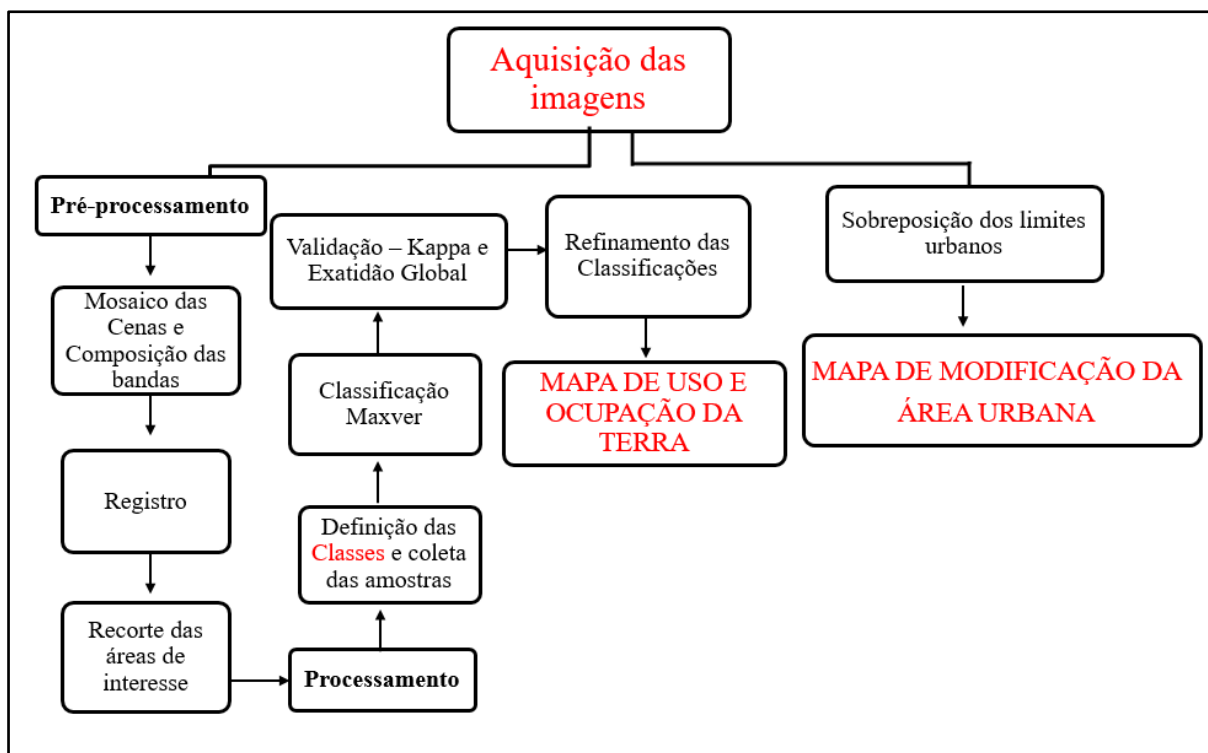
5.3 MÉTODOS

A elaboração desta pesquisa foi delineada a partir das etapas sequenciais, cujos procedimentos realizados estão descritos de forma sintetizada, a seguir.

Inicialmente, foram realizadas pesquisas em referenciais teóricos a fim de torná-las fontes de embasamento para o desenvolvimento do trabalho.

A metodologia seguiu baseando-se na utilização do geoprocessamento, o qual possibilitou a determinação dos impactos relacionados ao uso e ocupação da terra na área de estudo. Essa etapa mostrou-se essencial para auxiliar nos estudos relativos à alteração no meio ambiente. Para tal fim, foram elaborados mapas temáticos, sendo estes: mapas de uso e ocupação da terra e mapa de modificação da área urbana.

A **Figura 2** apresenta o fluxograma contendo as etapas metodológicas desenvolvidas nesta pesquisa.

Figura 2 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos

Elaboração: A autora.

5.3.1 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO

Pré-Processamento

a) Mosaico das cenas e Composição das Bandas

Foram utilizadas duas cenas do imageamento para cobrir a área total do município. Desta forma, o mosaico das cenas foi realizado com a utilização da ferramenta *Mosaic to New Raster*, disponível no *software Arcgis Desktop 10*. Esta etapa foi realizada nas três bandas, para as imagens das três datas estabelecidas anteriormente, obtendo ao final, apenas uma imagem relativa à cada banda, para cada data.

Após realizado o mosaico para cada uma das três bandas, foi possível efetuar a composição (RGB) das mesmas, onde foi considerada a composição falsa cor pois, esta permite um melhor contraste e identificação dos alvos. Este processo foi executado através da ferramenta *Composite Bands*, também no *software Arcgis Desktop 10*. Nas imagens *Landsat 5*, a composição foi: Banda 3 (*RED* – vermelho) na cor azul (*Blue*), banda 4 (*NIR* - Infravermelho próximo) na cor vermelha (*Red*) e, banda 5 (*MIR* - Infravermelho médio) na cor verde (*Green*). Para a imagem *Landsat 8*, a composição realizada foi: banda 6 (SWIR1 – infravermelho de

ondas curtas) na cor azul (*Blue*), banda 5 (*NIR* - Infravermelho próximo) na cor vermelha (*Red*) e, banda 4 (*RED* - vermelho) na cor verde (*Green*). Por fim, foram obtidas apenas três imagens referentes aos períodos determinados.

b) Registros das Imagens

Para registrar a imagem foi preciso estabelecer coordenadas conhecidas através de um determinado sistema de referência, o que permitiu a correção da posição espacial da área. Neste sentido, foi realizado o processo de transformação geométrica da imagem. Basicamente, o método verifica a semelhança entre duas imagens através do deslocamento existente entre as mesmas, ou seja, quanto maior for o paralelismo entre elas, maior será a similaridade das áreas podendo assim, identificar feições correspondentes no terreno mostradas nas duas imagens (MENESES; ALMEIDA, 2012).

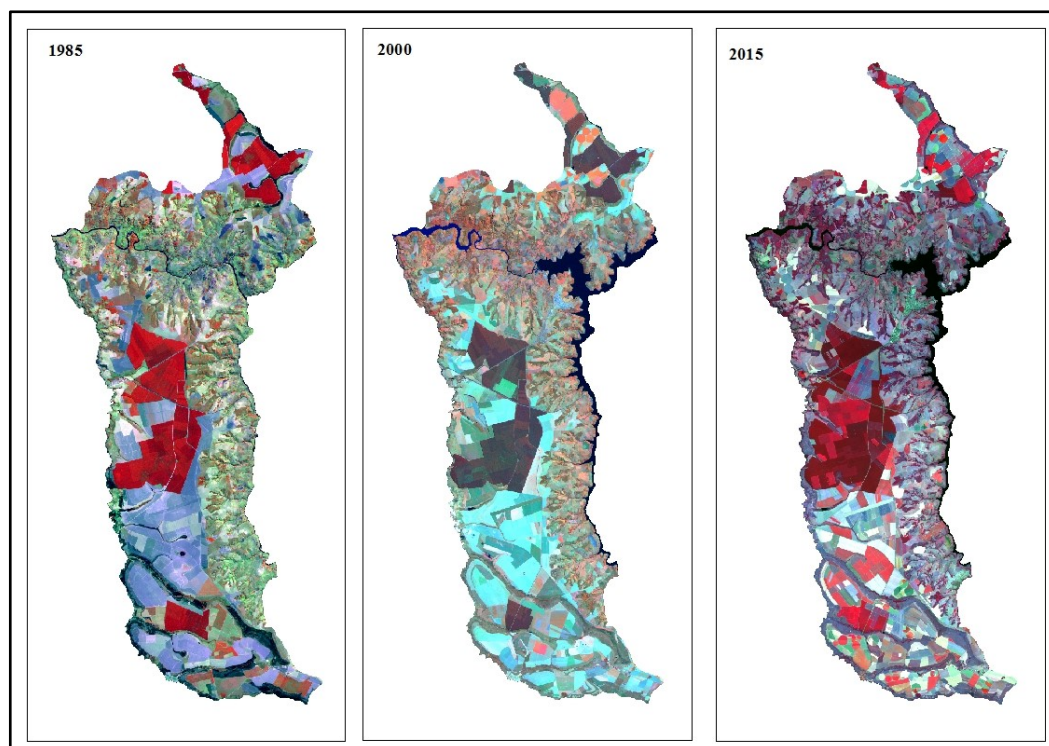
Esta etapa foi importante para a continuidade dos processos, pois, as imagens obtidas pelo sensor *Landsat 5* necessitavam de ajuste na precisão de suas coordenadas. A necessidade destes ajustes foi verificada através da sobreposição do arquivo vetorial de hidrografia (IBGE) em relação às imagens *Landsat 5* e 8, considerando o padrão de exatidão cartográfica utilizado pelo IBGE. Nesta sobreposição verificou-se que o vetor de hidrografia não apresentou sobreposição compatível com a imagem do sensor *TM*, desta forma, foi necessário utilizar a imagem do sensor *OLI* como base para realizar esta correção, pois, a mesma apresentou a compatibilidade adequada na sobreposição realizada.

Assim foi possível adequar as imagens *Landsat 5* ao referencial WGS 84. Para realizar este procedimento, recorreu-se ao *software* Envi Classic, através da ferramenta *Select GCPs (Ground Control Points): Image to Image*. Após, o registro das imagens, as mesmas foram reprojetaadas para o referencial geodésico mais adequado para a área de estudo: SIRGAS 2000.

c) Recorte da área de interesse

Após as imagens serem registradas, foi possível realizar o recorte da área de interesse relativa ao perímetro do município de Nova Ponte. Este passo foi feito no *Arcgis Desktop 10*, utilizando um arquivo *shapefile* (.shp) do limite municipal, e a ferramenta *Extract by Mask*. A partir destas novas imagens, a continuidade do processamento foi realizada.

A **Figura 3** apresenta as imagens após o mosaico das cenas, a composição das bandas e o recorte da área de estudo.

Figura 3 – Imagens pré-processadas

Elaboração: A autora.

Processamento de imagens

Para a produção dos mapas de uso e ocupação da terra foi utilizado o *software ENVI Classic* e o recorte da área de interesse pré-processado. Para o processo de coleta de amostras “pixel a pixel”, foi necessário um conhecimento prévio da área de estudo, bem como o auxílio da série histórica de imagens (referentes aos anos de aquisição das imagens) de satélite disponibilizadas pela plataforma *Google Earth*.

Foram selecionadas amostras que representem a classe para treinamento de maneira que outras feições da área equivalentes àquela classe pudessem ser identificadas através dos critérios do classificador adotado. O **Quadro 2** apresenta as classes admitidas, bem como, as categorias contidas nas mesmas.

Quadro 2 – Classes e categorias consideradas para classificação

Classe	Descrição	Categorias Inseridas
<u>Agricultura/</u> <u>Pastagem/</u> <u>Campo</u>	Área de cultivo agrícola com plantio para fins comerciais ou de consumo/ Áreas de vegetação rasteira, de 1 a 60 cm, podendo existir alguma vegetação arbórea esparsa com a presença de animais/ Área ou região cujo bioma é caracterizado pela vegetação rasteira e arbustiva constituída principalmente por gramíneas e arbustos esparsos.	Agricultura; Pastagem; Campo Limpo; Campo Sujo; Campo Cerrado.
<u>Corpos D'água</u>	Acumulação significativa de água, estabelecidas por meios naturais ou artificiais.	Rios, lagos e represas.
<u>Reflorestamento</u>	Área de vegetação homogênea regeneração natural ou intencional de florestas para fins comerciais ou de recomposição de flora.	Pinus e Eucaliptos.
<u>Solo Exposto</u>	Área sem cobertura vegetal.	Áreas de solo em exposição.
<u>Vegetação arbórea</u>	Vegetação predominantemente de médio a grande porte.	Cerrado; Cerradão; Mata Ciliar; Mata de Galeria e Solos hidromórficos.

Elaboração: A autora.

Ao fim, foi realizada a classificação supervisionada através do método de máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood Algorithm*).

Validação da classificação

O desempenho do classificador foi avaliado pelo Índice Kappa e pelo Índice de Exatidão Global.

Segundo Figueiredo e Vieira (2007) o coeficiente Kappa afere a concordância entre a verdade terrestre com o mapa temático, enquanto o índice de Exatidão Global, considera a porcentagem da área de mapa que foi corretamente classificada quando comparada com dados de referência ou “verdade de campo”.

Os índices utilizados são formulados conforme as equações a seguir:

- Exatidão Global:

$$G = \frac{[\sum_{i=1}^M n_{ii}]}{N} \quad (1)$$

Onde,

$[\sum_{i=1}^M n_{ii}]$ = somatório dos pontos corretamente classificados dentro de cada classe;

N = número total de pontos contemplados na matriz e,

M = número de categorias na classificação.

- Kappa:

$$K = \frac{[Po - Pc]}{[1 - Pc]} \quad (2)$$

Onde,

Po = proporção de unidades que concordam plenamente;

Pc = proporção de unidades que concordam por casualidade.

No índice de Exatidão Global, em uma escala de 0% a 100%, para que uma classificação seja considerada de boa aceitação o resultado obtido deve ser maior ou igual a 85%.

Já níveis de desempenho da classificação para o valor de Kappa são propostos por Figueiredo e Vieira (2007) conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2 - Valores do índice Kappa e desempenho da classificação.

Índice Kappa (k)	Desempenho
0,00	Péssimo
0,00 a 0,20	Ruim
0,20 a 0,40	Razoável
0,40 a 0,60	Bom
0,60 a 0,80	Muito Bom
0,80 a 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Figueiredo e Vieira (2007).

Refinamento das classificações

Embora o coeficiente Kappa seja muito utilizado na avaliação da exatidão de mapeamento, a classificação, mesmo que atinja valores extremamente positivos, não corresponde exatamente a realidade mostrada em campo.

Sendo assim, uma “correção” da classificação pode ser realizada caso o usuário julgue necessário. Nesta pesquisa, foram realizadas edições nas classificações brutas, afim de eliminar amostras incoerentes com a realidade.

Este processo, foi realizado no *software ArcGis*, através das ferramentas *Eliminate* e da barra de edição '*Editor*', onde as amostras incorretas foram substituídas pelas parcelas equivalentes à realidade da área de estudo.

5.3.2 MAPA DE MODIFICAÇÃO DA ÁREA URBANA.

Para confecção deste mapa foram utilizados os perímetros das áreas urbanas referentes aos anos de 1985, 2000 e 2015, adquirido através do acervo digital da Prefeitura Municipal de Nova Ponte. *A priori* os arquivos foram exportados para o formato *shp.*, pois, os mesmos encontravam-se em formato *dwg*. Em seguida, lançando mão do limite municipal obtido através do IBGE, foi possível inserir os limites urbanos e realizar a sobreposição áreas.

6 RESULTADOS

6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

O cálculo do índice Kappa e do índice de Exatidão Global para as imagens utilizadas na presente pesquisa resultou em um desempenho por classificação excelente e aceitável, respectivamente. Os valores obtidos encontram-se expressos na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Valores do índice Kappa e índice de Exatidão Global calculados

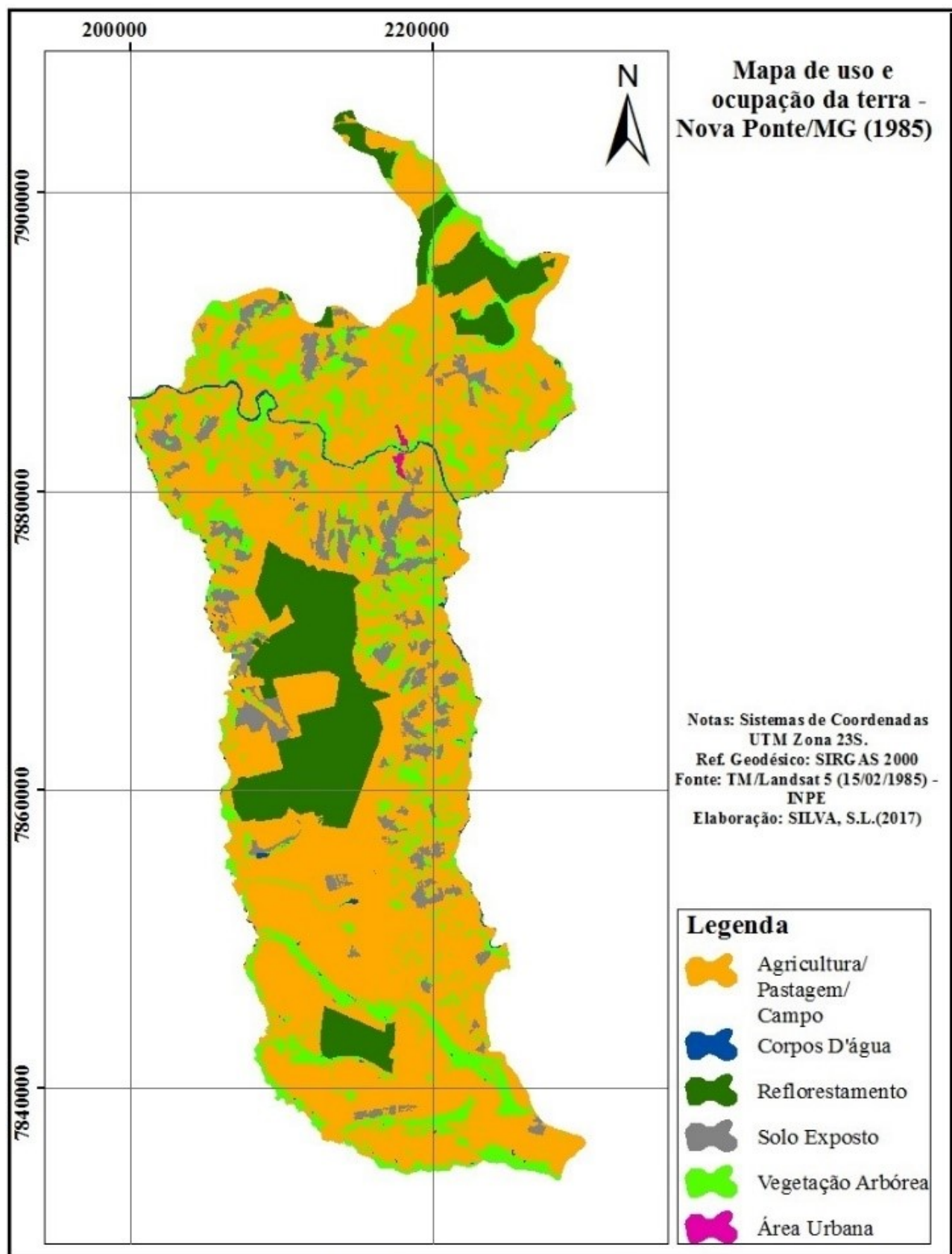
Data	Índice Kappa (k)	Desempenho	Índice de Exatidão Global	Desempenho
1985	0,9349	Excelente	94, 93%	Aceitável
2000	0.8931	Excelente	91.70%	Aceitável
2015	0.8844	Excelente	90.70%	Aceitável

Elaboração: A autora.

6.2 ANÁLISE DOS MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E MAPA DE MODIFICAÇÃO DA ÁREA URBANA

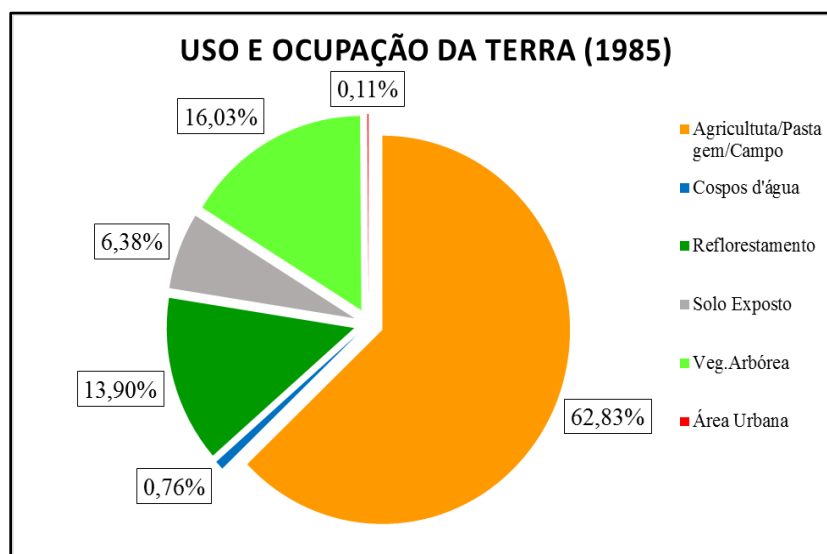
As **Figuras 4 e 5** representam o mapa e gráfico de área percentual para o uso e ocupação da terra, no ano de 1985.

Figura 4 - Mapa de uso e ocupação da terra em 1985



Elaboração: A autora.

Figura 5 - Gráfico de área (%) do uso e ocupação da terra em 1985



Elaboração: A autora.

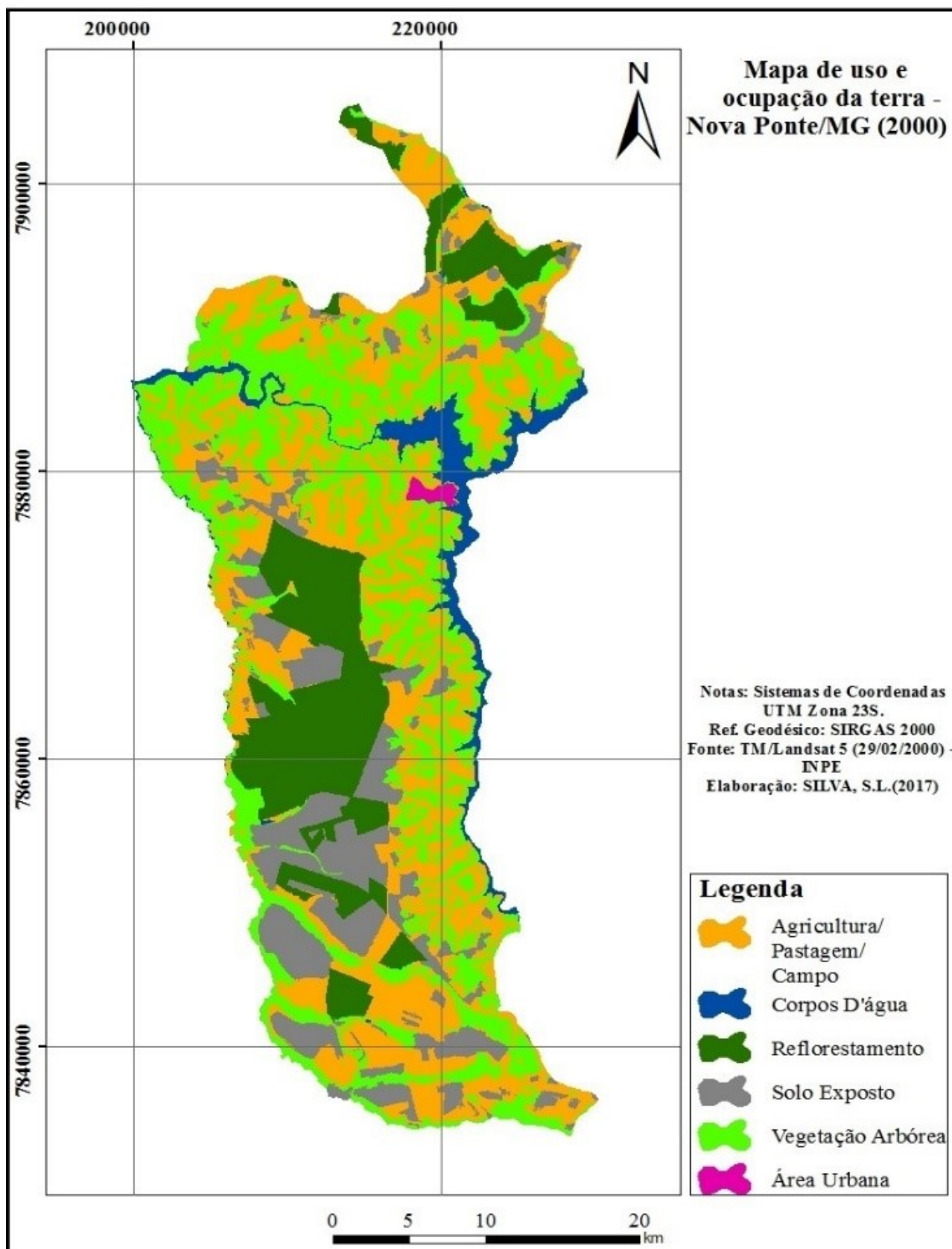
À época, como mostrado acima, as áreas de agricultura, pastagem e campos prevaleciam na região. O total ocupado por este tipo de cobertura equivalia a 62,83% do total da área estudada, este percentual corresponde a 698,05 km². Já a área ocupada por infraestrutura urbana, representava apenas, 0,11% do conjunto municipal, caracterizando 1,24 km² de cidade.

Os corpos d'água, constituíam 0,76% do município, ou seja, apenas 8,41 km². As áreas com vegetação homogênea, naturais ou intencionais, classificadas como reflorestamento, já compunham 13,90% do cenário, representando 154,42 km². Por outro lado, as áreas reconhecidas como vegetação arbórea, constituída por cerrado, cerradão, mata ciliar, matas de galeria e solos hidromórficos, cobriam 16,03% do território estudado, isto é, 178,05 km².

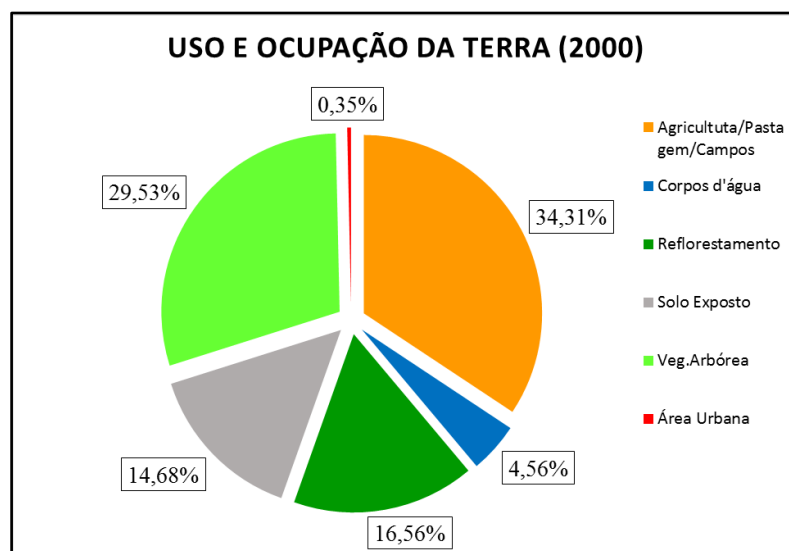
As áreas indicadas como áreas livres de cobertura vegetal, referiam-se a 6,38% da região.

As **Figuras 6 e 7** representam o mapa e gráfico de área percentual para o uso e ocupação da terra, no ano de 2000.

Figura 6 - Mapa de uso e ocupação da terra em 2000



Elaboração: A autora.

Figura 7 - Gráfico de área (%) do uso e ocupação da terra em 2000

Elaboração: A autora.

As alterações sofridas na área de estudo após a implementação da UHE no município ao fim da década de 80, começam a ser percebidas a partir do mapa e do gráfico referentes ao ano 2000.

As áreas de agricultura, pastagem e campos ainda constituem maior parte do território com 34,31% do montante, correspondendo a 381,20 km², porém, houve uma queda significativa de 28,52% em relação ao ano avaliado anteriormente. Esse fator pode ser considerado normal, pois está diretamente ligado a ação antrópica e variando conforme a sazonalidade das culturas criadas ali. Em contrapartida, a cobertura definida por reflorestamento passa a ocupar 183,98 km² do município, equivalendo a 16,56%, um acréscimo de 2,66%,

Análoga à classe de agricultura, a cobertura por vegetação arbórea também aponta relevante mudança de valores, contudo, as alterações representam desenvolvimento na categoria, neste momento, as áreas onde predominam a vegetação de grande porte cobre 29,53%, ou seja, aumentaram em 13,50% e ocupam 328,12 km² da região. Vale ressaltar que a expansão florestal representa a realidade de boa parte dos municípios brasileiros, pois a legislação ambiental nacional tornou-se bastante exigente quanto ao uso destas áreas.

Já as áreas atribuídas por solo exposto, caracterizam 14,68% do total. São 163,14 km² sem cobertura de vegetal no instante do recobrimento pelos sensores na região de estudo. O

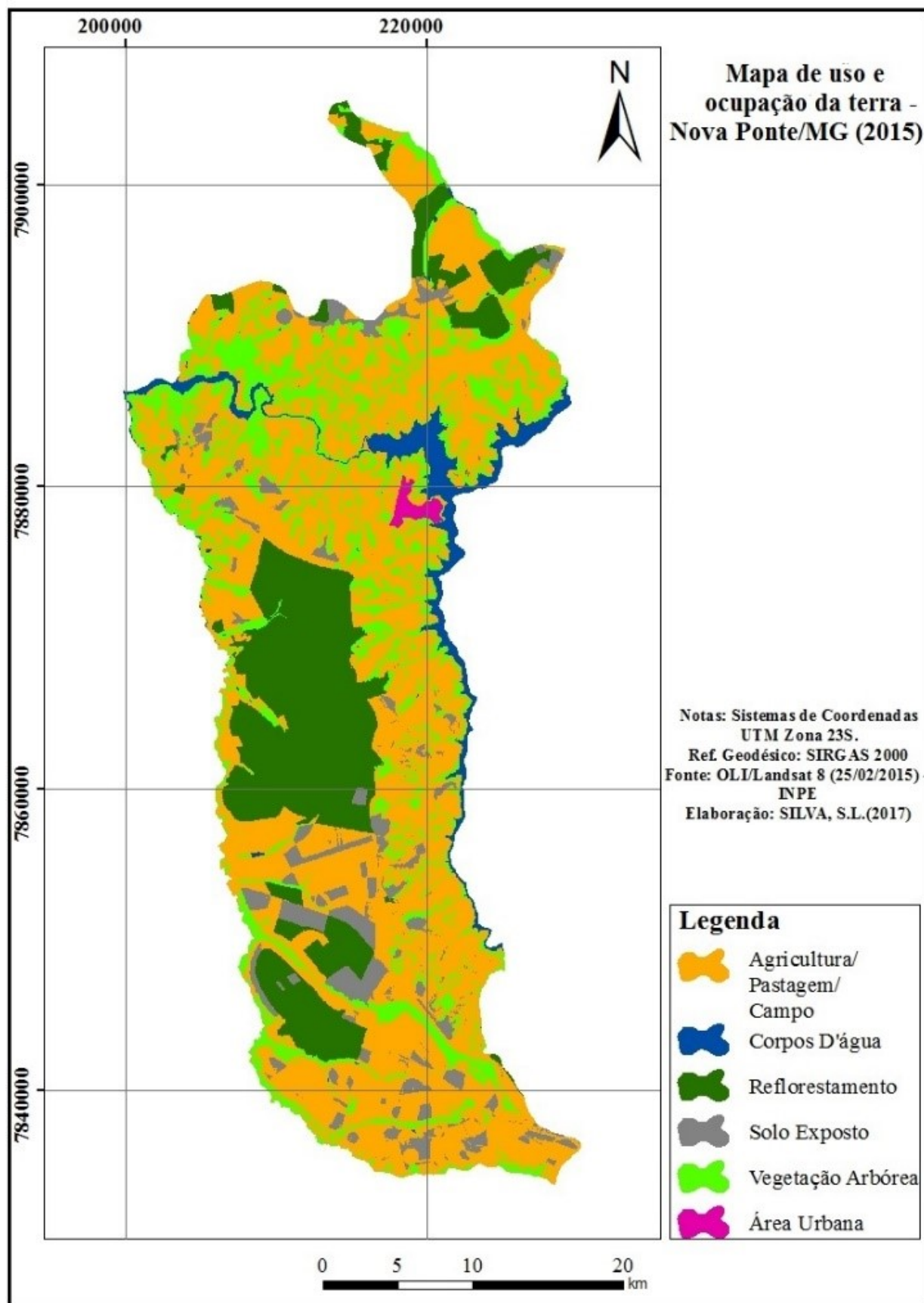
aumento de 8,31% desta classe, está relacionado aos processos de transição nas classes de agricultura e reflorestamento.

Os corpos d'água, similarmente, apresentam crescimento. Esta alteração é atribuída justamente, por um dos objetos motivadores deste estudo, o barramento da água no município. No ano de 2000, a classe representa 4,56% da extensão municipal, equivalente a 50,70 km² de área, houve então um aumento de 42,29 km² de cobertura hídrica.

A área urbana do município sofre então alterações significantes, a mais perceptível e importante é a relocação da mesma para o represamento de água. Houve também o crescimento da cidade em 0,23%, o que representa 2,64 km². Este fato é justificado pelo aumento da população, segundo dados do censo demográfico do IBGE do ano de 1991, no ano de 1987 a população residente no município era de 7.876 pessoas, já no ano de 2000, haviam 9.492 habitantes em Nova Ponte, segundo o censo 2000.

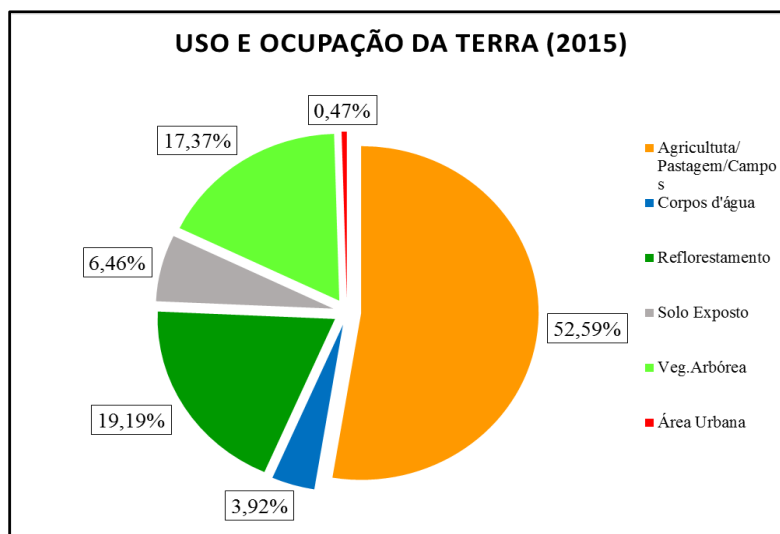
Por fim, as **Figuras 8 e 9** representam o mapa e gráfico de área percentual para o uso e ocupação da terra, no ano de 2015.

Figura 8 - Mapa de uso e ocupação da terra em 2015



Elaboração: A autora.

Figura 9 - Gráfico de área (%) do uso e ocupação da terra em 2015.



Elaboração: A autora.

A mudança no cenário estudado é analisada através dos resultados mostrados nas **Figuras 8 e 9**, que correspondem a aproximadamente 30 anos do início das obras de construção da Usina hidrelétrica em Nova Ponte.

Em 2015, as áreas de agricultura, pastagem e campos constituem então, 52,59% da região, ou seja, uma ocupação de 584,30 km². Comparada à época estudada em que ainda não havia o empreendimento hidrelétrico no município, o ano de 1985, esta classe foi reduzida em 10,24%. Este declínio pode ser explicado através da análise dos mapas, é possível verificar, por exemplo, que parte do território antes destinado a esta categoria foi ocupada por reflorestamento ou representa ausência de cobertura vegetal.

Considerando os espaços desocupados por cobertura vegetal, estes equivalem agora a 6,46% da área total, ou seja, 71,74km² de solo exposto. Como dito anteriormente, a diferença apontada tem relação direta com os processos de transição nas classes de agricultura e reflorestamento. São 91,40 km² a mais, comparados ao ano 2000, de área coberta por algum de tipo de vegetação, seja ela reflorestamento, agricultura, pastagem, campo ou até mesmo, vegetação arbórea.

Os corpos d'água, passaram por uma redução quando comparados ao ano de estudo anterior, a qual não é considerada significativa, em função dos períodos de estiagem e da flexibilidade de barragens e cursos d'água. Em 2015, a classe ocupa então 3,93% da região.

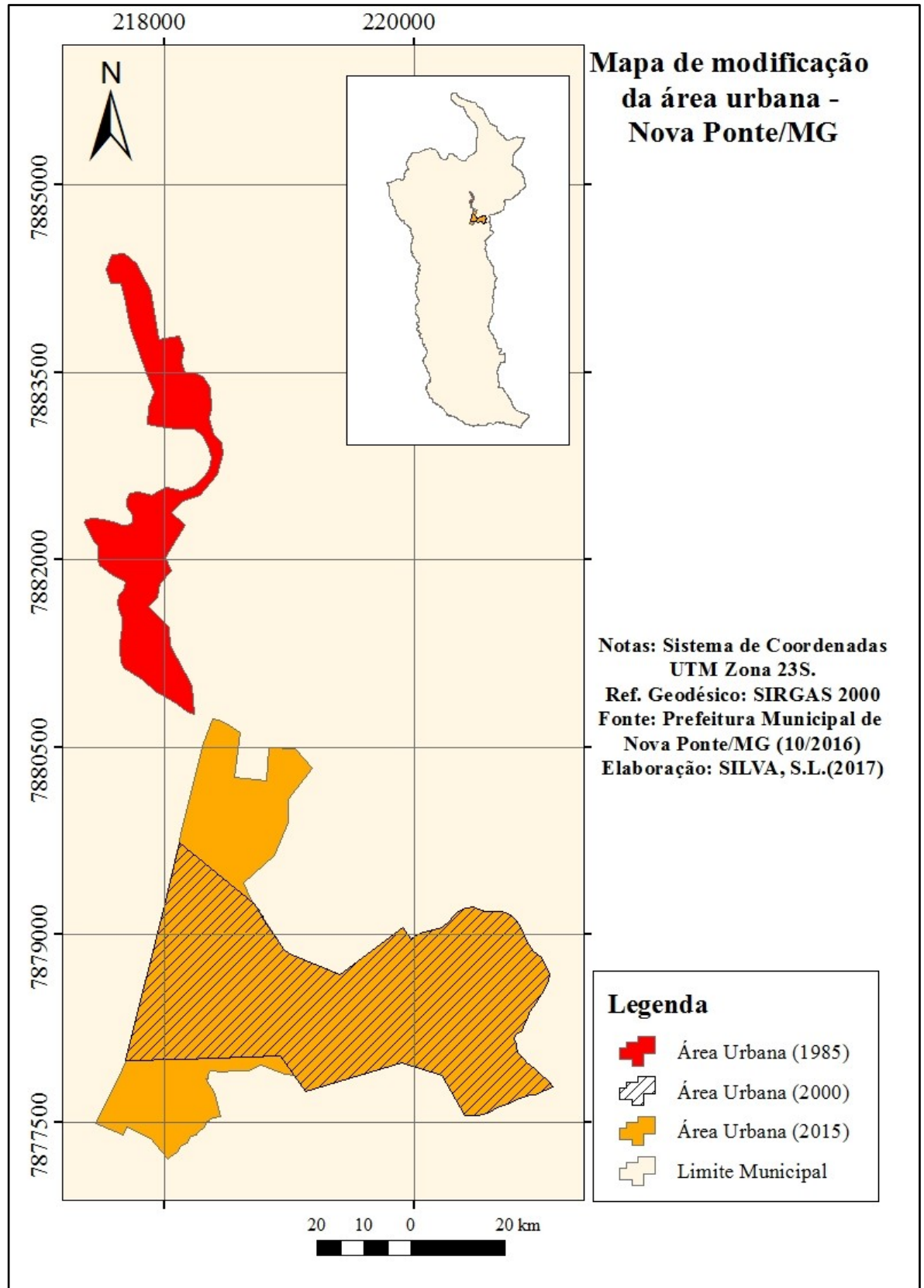
Por outro lado, as áreas dispostas por reflorestamento mantiveram a regularidade no crescimento, apresentando por fim, 213,20 km² de preenchimento, ou seja, 19,19% da área total do município, são 29,22 km² a mais que em 2000, quando parte deste montante era representado por solo exposto. Vale ressaltar que as alterações nesta ordem se devem ao fato de a classe ser constituída por espécies cultivadas para fins comerciais, logo, é normal a descaracterização da área uma vez que os processos de corte das árvores são frequentes.

Os fragmentos de vegetação arbórea, cobrem agora 192,97 km². Há uma queda de 12,16% em relação ao ano de 2000, quando a mesma ocupava 328,12 km², verifica-se através da análise visual dos mapas que devido a expansão das atividades produtivas na região, parte deste espaço deu lugar à agricultura, pastagem e campos.

Por outro lado, a cidade já atinge 5,21 km² como mostrado na **Figura 10**. Em percentual, a parcela territorial destinada a ocupação urbana representam, 0,47% da área municipal. O crescimento das atividades agrícolas, principalmente as que envolvem o cultivo e exploração da cana-de-açúcar (cultura presente na classe de agricultura), tem relação direta com este aumento pois, entre os anos de 2000 e 2015 foram instaladas usinas de beneficiamento de cana-de-açúcar na região, promovendo o aumento na oferta de empregos no município.

Deste modo, a população que, em 2000, era de 9.492 habitantes, foi estimada através do censo demográfico do IBGE para atingir os 14.715 habitantes para o ano de 2016. Ainda que o ano utilizado para estimativa não represente um período de estudo desta pesquisa, é possível sim, relacionar estes valores e usá-los para justificar o aumento de 0,12% na área urbana. Percebe-se então que o percentual de crescimento entre 2000 e 2015 é maior que o valor total do ano de 1985, quando a cidade ocupava 0,11% da região analisada.

Figura 10 - Mapa de modificação da área urbana



Elaboração: A autora.

Na **Tabela 4** são apresentados os valores correspondentes a cada classe em hectares e o percentual de cobertura das mesmas, exibindo uma comparação sucinta das alterações.

Tabela 4 - Ocupação das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 1985, 2000 e 2015, em Nova Ponte/MG

CLASSE	1985		2000		2015	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Agricultura/Pastagem/Campo	69804,65	62,83	38119,59	34,31	58430,24	52,59
Corpos d'água	841,32	0,76	5070,38	4,56	4358,81	3,92
Reflorestamento	15441,69	13,90	18398,17	16,56	21319,98	19,19
Solo Exposto	7084,29	6,38	16313,91	14,68	7173,73	6,46
Vegetação Arbórea	17805,31	16,03	32812,40	29,53	19297,49	17,37
Área Urbana	123,83	0,11	386,64	0,35	520,85	0,47

Elaboração: A autora.

Na **Tabela 5** são apresentadas as porcentagens correspondentes as variações sofridas em cada classe comparadas entre o ano anterior à instalação da barragem com o ano 2000 e, com o último ano estudado neste trabalho (2015).

Tabela 5 – Variações no uso e ocupação do solo entre os anos de 1985/2000 e 1985/2015

CLASSE	Diferença (%)	Diferença (%)
	1985/2000	1985/ 2015
Agricultura/Pastagem/Campo	-28,52	-10,24
Corpos d'água	3,81	3,17
Reflorestamento	2,66	5,29
Solo Exposto	8,31	0,08
Vegetação Arbórea	13,51	1,34
Área Urbana	0,24	0,36

Elaboração: A autora.

A análise das **Tabelas 4 e 5** mostra que, durante o período estudado, houve uma mudança considerável nas áreas destinadas à atividades agropecuárias e campos. Em comparação as outras classes a partir do ano base, estas áreas apresentaram maior alteração sofrida na primeira década e meia, contudo, entre 1985 e 2015, existiu um retorno de aproximadamente 18% do total “perdido” na checagem anterior.

A oscilação apresentada na classe de reflorestamento, ao contrário do apresentado na análise anterior, foi de crescimento e mais expressivo entre 2000 e 2015. Comparativamente, a diferença entre 1985/2000 e 1985/2015 atingiu 2,63%. Em contrapartida, nos corpos d'água as diferenças entre o ano base e os demais foram bem próximas, atingindo uma média de 3,49%.

Embora tenha existido uma variação grande de 8,31% nas áreas de solo em exposição entre os anos de 1985 e 2000, na comparação de realizada para 30 anos, a classe não atinge 1% de discrepância.

Já as áreas cobertas por vegetação arbórea, demonstraram uma variação média entre os períodos analisados de 7,42%, contudo, a diferença apresentada entre a metade da década de 80 e o ano 2000, atingiu maiores proporções.

Por fim, o crescimento da área urbana entre os períodos, varia conforme a divisão das épocas uma taxa de 0,12%, todavia, o ápice desta variação é ocorrido entre os anos 1985/2000.

7 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho propôs avaliar, através do auxílio de imagens orbitais e técnicas de processamento digital de imagens, as alterações ambientais sofridas a partir da implantação da usina hidrelétrica no município de Nova Ponte, Minas Gerais. Diante de tais considerações, observou-se que o estudo atingiu seus objetivos pois, o mapeamento temático permitiu analisar as categorias predominantes de uso e ocupação da terra no município, bem como detectar as modificações sofridas na paisagem em um período de 30 anos, abrangendo data anterior e posterior à instalação da usina hidrelétrica.

Todas as classes apresentaram uma variação significativa dentro do período estudado, fator diretamente relacionado ao empreendimento elétrico, bem como, ao aumento das atividades do setor de agronegócios no município.

Contudo não é possível afirmar que os impactos causados pelo empreendimento foram maiores que os benefícios levados à região. É necessário considerar o aumento da população e, conseqüentemente, o aumento do desempenho econômico municipal uma vez que, houve o reassentamento da parcela urbana em outra área e isto ofereceu ao município condições para que às margens da barragem fossem criados empreendimentos destinados a atividades turísticas.

Não obstante, qualquer análise criteriosa relativa a estas mudanças deverá ser levada em consideração além do mencionado, pois esta pode sofrer alterações. Recomenda-se em próximos estudos, pesquisas sobre influência destas modificações na sociedade, bem como a contribuição efetiva da hidrelétrica para a região.

Quanto ao método utilizado para os mapeamentos, conclui-se que a utilização do sensoriamento remoto e do processamento digital das imagens *Landsat* 5 e 8, aliado a outras ferramentas de geoprocessamento, foram consideradas eficazes na análise multitemporal, respondendo às necessidades exigidas nesta pesquisa, devido à praticidade com a qual os dados podem ser analisados.

Além disso, os resultados obtidos pelos coeficientes Kappa e Exatidão Global admitiram considerar a classificação digital realizada confiável. Contudo, é sugerido para estudos similares a este, que sejam realizadas operações aritméticas nas bandas para se obter melhores realces de alvos específicos como, por exemplo, vegetação onde posse ser aplicado o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e nos recursos hídricos, criando um índice de diferença normalizada da água (NDWI).

Por fim, foi constatada a importância de estudos como este para analisar o desenvolvimento da região afetada, tal como a atualização contínua dos resultados e métodos para o monitoramento do uso e ocupação da terra não apenas no em torno da usina hidrelétrica de Nova Ponte/MG, bem como em outras localidades em que se deseje realizar a verificação das alterações ocorridas.

Os resultados apresentados são de domínio público e podem servir para consultas dos órgãos gestores dos empreendimentos e das localidades que envolvem os objetos desta pesquisa, bem como de toda comunidade interessada.

REFERÊNCIAS

- A ANÁLISE e o uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. In: Encontro Nacional da ECOECO, VI, Brasília. **Anais...** Brasília, Brasil, 2005. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa3/aanalise_uso_metodologias_avaliacao_impacto_ambiental.pdf> Acesso em: set. 2016.
- BALDISSIN NETO, A. **Análise Crítica de Relatório de Impacto Ambiental de Pequena Central Hidrelétrica**. 2010. 94 f. Monografia (Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético) – Instituto de Eletroeletrônica e Energia, Universidade de São Paulo. 2010.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N°001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Resolução publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: maio 2017.
- BORTOLETO, E. M. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discursos impactos. **Geografares**, n. 2, 2001.
- CALIJURI, M. L.; LORENTZ, J. F. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas. **Núcleo SIGEO, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- CORREIA, V. R. M; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; WERNECK, G. L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p.1015-1017, 23 maio 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23n5/04.pdf>>. Acesso em: jul. 2017.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os Próximos 10 anos (2015-2024)**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.
- FIGUEIREDO, G. C., VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de exatidão global, kappa e tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. **Anais...** 2007, Florianópolis, 57-62p.
- FUCHS, A. M. S. **Guia para normalização de publicações técnico-científicas** / Ângela Maria Silva Fuchs, Maira Nani França, Maria Salete de Freitas Pinheiro. Uberlândia: EDUFU, 2013 286 p.: il.
- GOLDEMBERG, J; LUCON, O. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos avançados, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.
- GOMES, A. R.; OLIVEIRA, P. E.; SAAD, A. R.; SANCHES, R. C. Análise multitemporal utilizando imagens CBERS-2 e LANDSAT-TM no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacaré, São Paulo. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009. Disponível em: <

<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.16.21.45/doc/5827-5834.pdf>
Acesso em: jul.2017.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da Indústria Petrolífera**. 2003. 253 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2003.

HAMADA, E; DO VALLE GONÇALVES, R. R. **Introdução ao Geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. Embrapa Meio Ambiente, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases cartográficas**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>>. Acesso em: maio 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomassas**. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/biomassas.html>>. Acesso em: maio 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: maio 2017.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-paranaiba/pnl-cbh-alto-paranaiba>>. Acesso em: abr. 2017.

INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. São Paulo, 2007.

INPE, **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: jun 2017.

JACINTHO, L. R. de C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP**. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 2003.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomassas/cerrado>>. Acesso em: abr. 2017.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional – Ano base 2015**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: jul. 2017.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012.

OLIVEIRA, M. de J.; **Recursos Compensatórios Hidrelétricos: Avaliação do impacto sobre o desenvolvimento socioeconômico de municípios de Minas Gerais**. 2014. 117f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Viçosa, 2014.

PACHECO, S. A compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos: pela valorização do tributo socioambiental como fonte de desenvolvimento dos recursos hídricos. In: Congresso Nacional do CONPEDI, XXIV, UFMG/FUMEC, Dom Helder Câmara - Direito Ambiental e Socioambientalismo I, 2015, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, Brasil, 2015. Disponível em: <www.conpedi.org.br/publicacoes/66fsl345/8g6821fe/a8tHOTQAT2UcaoFV.pdf> Acesso em: jun 2017.

PIMENTEL, G; PIRES, S. H. Metodologias de avaliação de impacto ambiental: Aplicações e seus limites. Rio de Janeiro, **Revista de Administração Pública**, 26(1), p.56-68. Jan/Mar, 1992.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 262 p.

RIBEIRO, R.J.C; BAPTISTA, G.M.M; BIAS, S.E. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neutrais em ambiente urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2007. Florianópolis, **Anais...** INPE, 2007 p.5471-5478. Disponível em: <<http://migre.me/tIIqm>> Acesso em: jul. 2017.

SANCHÉZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SOUSA, W. L. **Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, S. L.; SILVA, M. K. A. Estado da arte sobre o estudo de avaliação de impactos ambientais em empreendimentos hidrelétricos. In: I Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia, 2016, Monte Carmelo - MG. **Anais...**, 2016. Disponível em: <http://www.eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/anais_sirac.pdf> Acesso em: jul. 2017.

TOLENTINO, F. M.; RAMOS, R.R.S; SILVA, C. R. Análise da Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Jordão - MG. In: Encontro Internacional de Vulnerabilidades e Riscos Socioambientais, 2014, Rio Claro - SP. **Anais...**, 2014. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0By5EpAtoDIP0YWJqekx1cnhKMTg/view>> Acesso em: jul.2017.