

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO BACHARELADO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

RODRIGO ROVEDA

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DA VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA
NORMALIZADA (NDVI), NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA ÁREA
DA USINA HIDRELÉTRICA DE ITAIPU, FOZ DO IGUAÇU – PR.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**DOIS VIZINHOS
2022**

RODRIGO ROVEDA

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DA VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA
(NDVI), NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA ÁREA DA USINA HIDRELÉTRICA
DE ITAIPU, FOZ DO IGUAÇU – PR.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Trabalho de conclusão de curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Prof. Dra. Fabiani das Dores Abati Miranda.

DOIS VIZINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

RODRIGO ROVEDA

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DA VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA
(NDVI), NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA ÁREA DA USINA HIDRELÉTRICA
DE ITAIPU, FOZ DO IGUAÇU – PR.**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito para obtenção da aprovação na disciplina.

02 de dezembro de 2022

Fabiani das Dores Abati Miranda

Doutora

Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Raoni Wainer Duarte Bosquilia

Doutor

Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Alyne Raminelli Siguel Gemin

Doutora

Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS

2022

RESUMO

As usinas hidrelétricas proporcionam energia para a toda a sociedade para que seja utilizada para os mais diferentes fins, seja na indústria, comércio, em moradias. A implantação de usinas hidrelétricas, demanda de muito espaço para alocação e alagamento de muitas áreas para formar o lago que irá ser represado, além disso necessita de muito estudo, planejamento, medidas mitigatórias, e mapeamento dos locais, pois muitas áreas que possuem cobertura arbórea serão afetadas e dentro dessas áreas vão ocorrer impactos de grande escala na fauna, flora, solos e no ambiente como um todo. Este trabalho tem como finalidade avaliar os impactos da criação da usina na cobertura arbórea no seu entorno que foram modificadas pelo alagamento da Usina de Itaipu na região no município de Foz do Iguaçu-PR, através do índice de NDVI do Sensoriamento Remoto. Este índice é utilizado para mapeamento de áreas utilizando imagens de satélites que possuam as bandas do vermelho e infravermelho próximo nos seus sensores. Os satélites utilizados para obtenção das imagens foram: Landsat 5 sensor TM, para a obtenção das imagens referentes aos anos de 1985 e 2008 e Landsat 8 sensor OLI, para a obtenção das imagens referentes ao ano de 2021. O índice de NDVI foi aplicado em escala temporal para que gerasse mapas no sistema de referência SIRGAS 2000 com coordenadas geográficas, para que fosse possível analisar e estudar as áreas afetadas pelo alagamento provocado pela usina e o comportamento da vegetação no local, bem como se a cobertura arbórea foi afetada pelo crescimento e pela expansão do município. No ano de 1985 foi obtido um índice de NDVI máximo de 0,0466 e os demais índices também estão abaixo do adequado segundo a literatura. Para o ano de 2008 foi obtido um índice de máximo de 0,4433 e um índice mínimo de 0,0071 o que indicou um índice abaixo do adequado e uma redução de cobertura vegetal em toda área. No ano de 2021 obteve-se um NDVI máximo de 0,4206 e um índice mínimo de -0,0069, os valores gerados no ano de 2021 são os menores em relação aos anos de 2008 e 2021. Concluiu-se pelo trabalho que houve alteração na paisagem, os anos escolhidos foram representativos para a geração dos índices de NDVI, o que indicou diminuição da cobertura arbórea pela visualização dos mapas e pela diminuição dos valores de NDVI nas classes que representam a cor verde dentro da área de estudo.

Palavras-chaves: represa; impacto ambiental; sensoriamento remoto; vegetação.

ABSTRACT

The hydroelectric plants provide energy for the whole society to be used for the most different purposes, whether in industry, commerce, or housing. The implementation of hydroelectric plants requires a lot of space for allocation and flooding of many areas to form the lake that will be dammed, and also requires a lot of study, planning, mitigation measures, and mapping of sites, because many areas that have tree cover will be affected and within these areas there will be large-scale impacts on fauna, flora, soil, and the environment as a whole. This work aims to evaluate the impacts of the creation of the power plant on the tree coverage in its surroundings that have been modified by the flooding of the Itaipu Power Plant in the region in the municipality of Foz do Iguaçu-PR, through the NDVI index of Remote Sensing. This index is used for mapping areas using satellite images that have the red and near infrared bands in their sensors. The satellites used to obtain the images were: Landsat 5 sensor TM, to obtain images referring to the years 1985 and 2008, and Landsat 8 sensor OLI, to obtain images referring to the year 2021. The NDVI index was applied on a temporal scale to generate maps in the SIRGAS 2000 reference system with geographic coordinates, so that it was possible to analyze and study the areas affected by the flooding caused by the power plant and the behavior of the vegetation at the site, as well as whether the tree cover was affected by the growth and expansion of the municipality. For the year 1985 a maximum NDVI index of 0.0466 was obtained, and the other indices are also below what is adequate according to the literature. For the year 2008 it was obtained a maximum index of 0.4433 and a minimum index of 0.0071 which indicated an index below the adequate and a reduction of vegetation cover in the whole area. In the year 2021 a maximum NDVI of 0.4206 and a minimum index of -0.0069 were obtained, the values generated in the year 2021 are the lowest compared to the years 2008 and 2021. It was concluded from the work that there was a change in the landscape, the chosen years were representative for the generation of NDVI indices, the indices did not remain the same in the chosen years.

Keywords: dam; environmental impact; remote sensing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vertedouro da Usina de Itaipu aberto.....	05
Figura 2 – Obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto a nível orbital.	08
Figura 3 – Especificações das bandas do Sensor TM	10
Figura 4 – Mapa de NDVI de 1985 da região da Usina de Foz do Iguaçu.....	17
Figura 5 – Mapa de NDVI de 2008 da região da Usina de Foz do Iguaçu.....	18
Figura 6 – Mapa de NDVI de 2021 da região da Usina de Foz do Iguaçu.....	19

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação de NDVI.....	16
----------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 OBJETIVOS	02
1.1.1 Objetivo Geral.....	02
1.1.2 Objetivos Específicos.....	02
2 REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 Hidrelétricas	03
2.1.1 Usina de Itaipu.....	04
2.2 Impactos causados pelas hidrelétricas	06
2.2.1 Impactos causados pela usina de Itaipu.....	06
2.3 Sensoriamento Remoto	07
2.3.1 Sensores.....	11
2.3.2 Landsat.....	12
2.3.3 Processamento Digital de Imagens.....	14
2.3.4 Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI).....	16
3 METODOLOGIA	15
3.1 Descrição da área de estudo	18
3.2 Aquisição dos produtos e manipulação das imagens.....	15
4 RESULTADOS	17
5 CONCLUSÃO	20
6 REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

A construção de barragens e usinas hidrelétricas possuem a finalidade de proporcionar benefícios econômicos e sociais a humanidade, como: uso em indústrias, abastecimento humano, produção de energia elétrica e outros (MOTA, 1995).

As usinas que geram grande quantidade de energia elétrica, como a usina de Itaipu, localizada no município de Foz do Iguaçu-PR, necessitam de um amplo reservatório de água, e por este motivo é necessário o represamento de um rio com tamanho potencial para haver produção de energia com o máximo de aproveitamento possível (ANEEL, 2016).

O represamento de um grande volume de água ocasiona alterações na paisagem desde o momento do represamento do rio até a formação do lago. Quanto maior o lago, maior as alterações no clima que vem a ocorrer devido à grande lâmina de água que é formada, que gera aumento da umidade local, grande quantidade de nevoeiros, alterações nas direções dos ventos, desenvolvimento de pragas e doenças em plantações próximas, remoção da vegetação local (IPEA, 2015).

A vegetação em torno de um rio ou lago serve como proteção para evitar assoreamento, perda, desestruturação e empobrecimento do solo. Com isto tem-se a necessidade de manter e analisar a cobertura arbórea de uma determinada área em torno de um rio e que possui um lago artificial para manter o funcionamento de uma represa de grande porte como a usina hidrelétrica de Itaipu (MULLER, 1995).

A necessidade de estudo e determinação da cobertura arbórea pode ser analisada através de técnicas de Sensoriamento Remoto, que possui ferramentas importantes e precisas com o NDVI (Índice da Diferença Normalizada da Vegetação), que através dos índices de reflectância proporcionados pela vegetação permitem determinar a vegetação que foi removida de uma área, e posteriormente elaborado os mapas temáticos (PONZONI, 2007). Percebendo a necessidade de realizar um mapeamento da vegetação em escala temporal na região que compreende Usina de Itaipu, este trabalho teve por objetivo avaliar as possíveis alterações ocorridas na vegetação por meio do índice de NDVI.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as mudanças ocorridas na cobertura arbórea na área da usina de Itaipu, desde o período de implantação até os dias atuais, por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Calcular os índices de vegetação NDVI durante as escalas temporais, considerando a implantação da Usina até os dias atuais;
- b) Comparar visivelmente o desenvolvimento da cobertura arbórea do momento da implantação da Usina até os dias atuais.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Hidrelétricas

A energia elétrica no Brasil que parte das usinas hidrelétricas representa 75% da capacidade instalada, e pela existência de grandes canais fluviais, a geografia do território brasileiro juntamente com os índices pluviométricos em regiões específicas do país justificam a opção de instalar a matriz de geração de energia hidrelétrica (ANEEL, 2008).

As grandes usinas geradoras de energia elétrica no Brasil formam grandes reservatórios artificiais de água que inundam as áreas rurais e urbanas. Um reservatório propriamente dito é considerado uma construção de barramento artificial de um vale natural ou pela formação de lagos artificiais (SILVA, 2002).

Os motivos da construção de uma barragem seja ela grande, média ou pequena depende do volume do corpo d'água, características topoaltimétricas, objetivos econômicos e necessidades do mercado. As decisões de construção não devem ser apenas definidas por razões técnicas, deve-se importar um grande número de outras características e avaliações de ontem social, política e ambiental dos locais promissores a edificação de uma barragem, além do custo-benefício (SILVA, 2002).

Algumas questões podem impor restrições ao máximo aproveitamento do potencial de uma rede fluvial considerável, sendo elas: sociais, políticos, ecológicos e de oportunidades, que podem um aspecto subjetivo e que podem necessitar de avaliações e estudos específicos (TUNDISI, 1996). Pelo fato dos reservatórios alcançarem grandes extensões de área inundada, principalmente em regiões do norte do Brasil, onde a topografia do terreno é considerada mais plana. Várias questões por parte da comunidade científica e ambientalista são feitas, em virtude de que quanto maior a área inundada, maiores serão os impactos sobre o meio ambiente e as comunidades locais (MULLER, 1995).

Seguindo ainda o pensamento de Muller (1995), em 1990 os reservatórios das 60 maiores usinas hidrelétricas brasileiras inundavam uma área total de aproximadamente 24.000 km², isto, na época representava 0,28% do território nacional. Outro aspecto importante é a capacidade de armazenamento de grandes volumes de água dos reservatórios de hidrelétricas brasileiras, que segundo o

Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, as 120 usinas hidrelétricas do Brasil armazenavam cerca de 364 bilhões de metros cúbicos de água (MULLER, 199).

O grande número de reservatórios de grandes dimensões foram ecossistemas artificiais que alteram os sistemas hidrológico, biológico, atmosférico e social nas regiões onde estão inseridas as barragens e que formam os lagos artificiais. As principais interfaces em que as construções de barragens afetam são: a interface ar-água, interface organismo-água, interface sedimento-água, que afetam e provocam alterações sobre o ecossistema natural criando um novo ecossistema complexo (TUNDISI, 1986).

A demanda de crescimento econômico em grande parte requer em parte a exploração dos recursos naturais, neste âmbito surge a ideia de construir grandes empreendimentos que visam o uso de recursos naturais para tal crescimento. O grande potencial hidráulico oferecido pelas bacias hidrográficas, juntamente com os rios oferecem a oportunidade de construir barragens para utilizar a força da água para produzir energia elétrica, um modelo memorável é a usina hidrelétrica de Itaipu (MULLER, 1995).

2.1.1 Usina de Itaipu

A usina de Itaipu surgiu da necessidade de atender à crescente demanda do uso de energia para suprir o alto índice de desenvolvimento de urbanização das cidades que cresciam ao longo da década de 1970.

Para determinar o potencial energético das Sete Quedas foram realizados vários estudos na década de 60, e o local determinado para a construção da barragem e da futura usina hidrelétrica, foi um ponto do rio que no idioma tupi quer dizer “a pedra que canta” (ITAIPU, 2015).

O Tratado de 1973 formalizou o empreendimento que estabeleceu as normas para o financiamento da obra e a operação da empresa, num modelo de sociedade binacional, pertencendo às duas nações, Brasil e Paraguai, em partes iguais. A área ocupada pela hidrelétrica se estende desde Foz do Iguaçu, no Brasil, e Ciudad del’Este, no sul do Paraguai, até a Guaíra e Salto del Guairá, no norte desde país (IPEA, 2010).

Para a construção mais de 9 mil casas foram construídas nas margens do rio Paraná entre os anos de 1975 e 1978, que serviram para abrigar os trabalhadores

que construíram a usina. A obra também ajudou a dinamizar vários setores da economia brasileira.

As obras da barragem chegaram ao fim em outubro de 1982. Mas os trabalhos na Itaipu não pararam. O fechamento das comportas do canal de desvio, para a formação do reservatório da usina, deu início a uma operação que salvou a vida de 36.450 animais que viviam na área a ser inundada pelo lago (ITAIPU, 2015). O reservatório de Itaipu está localizado na porção central do vale do rio Paraná na fronteira do Paraguai com o Brasil. Segundo Stivari et al. (2005), o represamento do rio Paraná ocorreu em dois estágios; o primeiro em novembro de 1982, em que a superfície do lago alcançou 206 metros acima do nível do mar, e no segundo estágio, em junho de 1984, a superfície do lago atingiu o nível final de 220 metros, ocupando uma área total de 1.460 km² (ITAIPU, 2015).

Figura 01 - Vertedouro da Usina de Itaipu aberto



Fonte: Itaipu Binacional (2020)

2.2 Impactos causados pelas hidrelétricas

As grandes represas causam debates entre grupos de ecologistas e ativistas de direitos humanos, pois eles afirmam que as construções de usinas causam grandes deslocamentos da população, inesperados padrões de fluxo de sedimentação, alteração da temperatura da água o que faz com que a temperatura

no fundo do lago seja mais baixa e na superfície do lago seja mais quente. Esta situação faz com que o oxigênio da esteja em baixas proporções de concentração.

Margalef (1975) propõe que os reservatórios artificiais dependem da heterogeneidade espacial das características que o compõe. As características principais que podem ser observadas são: região de rio, zona de transição, região de lacustre, e o tempo de residência da água em que os reservatórios dependem dos mecanismos operacionais. Estes aspectos provocam alterações nos âmbitos físicos-químicos e biológicos que também influenciam os eventos climatológicos na região onde o lago artificial está inserido.

2.2.1 Impactos causados pela usina de Itaipu.

Os estudos realizados pelo Ipardes (1981), referente aos impactos ambientais provocados pela usina hidrelétrica de Itaipu contextualizam as necessidades energéticas juntamente com os impactos ambientais que são ocasionados devido a área que a barragem abrange.

A magnitude do reservatório de água de Itaipu provoca alterações na estrutura dinâmica na paisagem local. Para a construção de uma barragem é necessário realizar o desvio do rio onde será construído a barragem, neste processo a área onde o desvio será feito provocará toda a perda da fauna e flora, em consequência da inundação provocada pela água, ocorre o aumento da umidade ambiental em função do grande acúmulo de água represada, surgimento de nevoeiros, modificação do lençol freático, remoção da vegetação original da área abrangente do reservatório e outros efeitos (IPARDES, 1981).

Em trabalho realizado por Limberger (2007), a fim de avaliar o clima da região oeste do Paraná relacionado com a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu, a autora verificou registros de dados meteorológicos e realizou estudos sobre a percepção climática vista pela população local, em relação ao lago da represa e as influências no clima da região local referentes aos municípios de São Miguel do Iguaçu e Cascavel.

Através da análise dos dados obtidos de series anteriores e após a construção da Usina não foram verificadas muitas diferenças nos parâmetros climáticos das temperaturas mínimas, médias e máximas bem como não houve

também diferenças significativas em relação a precipitação e a umidade relativa do ar. Entretanto, a opinião da população local aponta que o lago interfere em alguns aspectos do clima local como sensação de que o dia ou a noite estar mais abafado, sensação térmica no inverno de estar mais frio e maior incidência de neblina em dias frios. O estudo aponta, ainda, a opinião da população em relação ao lago, quanto a perda de terras agrícolas produtivas, aumento de contrabando e grande deslocamento de pessoas (LIMBERGER, 2007).

2.3 Sensoriamento Remoto

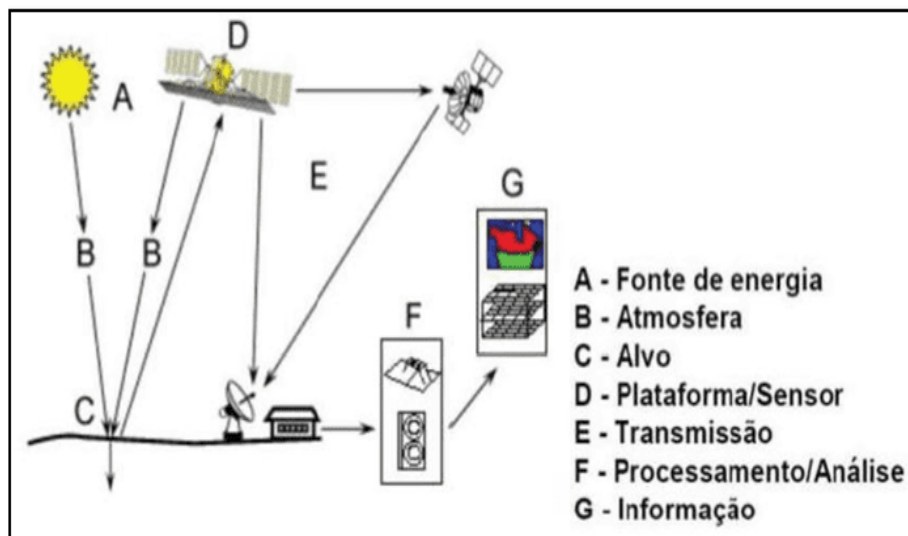
A obtenção de imagens e outros tipos de dados podem ser obtidos pelo Sensoriamento Remoto em função da captação da energia refletida ou emitida pelos objetos que compõe a superfície (FLORENZANO, 2002).

Ponzoni e Shimabukuro (2007), consideram que as técnicas computacionais de Sensoriamento Remoto podem ser usados para processar dados obtidos pelos sensores remotos dos satélites a fim de compreender e estudar o ambiente terrestre, devido as interações que ocorrem entre a radiação eletromagnética e a cobertura vegetal, assim como representa a (FIGURA 02).

O Sensoriamento Remoto, portanto, tem como base a concepção de que cada objeto tem uma característica própria em relação a emissão de energia eletromagnética (Figura 02), com isto os objetos interagem de forma diferente com a energia eletromagnética em determinados comprimentos de onda, o que proporciona, por exemplo, a identificação da vegetação (NOVO, 1992).

As técnicas de Sensoriamento Remoto, realizadas nas diferentes feições do terreno favorecem a obtenção de informações do comportamento espectral dos alvos (LACRUZ, 2003). As características químicas de uma folha, juntamente com pigmentos e a água caracterizam a interação da radiação eletromagnética no espectro óptico em associação com a organização e a estrutura dos tecidos.

Figura 02 - Obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto a nível orbital.



Fonte: Souza (2010)

2.3.1 Sensores

Para Rocha (2000), o grande progresso do Sensoriamento Remoto ao longo do tempo ocorreu devido aos sensores remotos que foram melhorados e tiveram as resoluções aprimoradas. Isto também, promoveu a evolução das técnicas para a extração de informações provenientes do processamento digital de imagens, que tornou essa ciência aplicada a vários objetivos de estudo, bem como em diversas áreas de trabalho no mercado profissional e para a pesquisa como análise ambiental agricultura, recursos ambientais, estudos urbanos, geologia, florestas, entre outros.

Os sensores orbitais geram dados pertinentes a superfície terrestre e sobre as características locais ou a nível regional, imageando as porções do espectro eletromagnético, além da região do visível. Isto proporciona maior detalhamento dos objetos da superfície, principalmente aqueles que possuem maior sensibilidade à região do infravermelho, em que o estudo da cobertura de vegetação pode ser citado como um exemplo de caso (JENSEN, 2009).

Novo (2007) aponta que os sensores possuem quatro tipos básicos de resoluções: a resolução temporal, resolução espacial, resolução espectral, e resolução radiométrica. Essas resoluções envolvem a maior ou menor capacidade de detectar e registrar as diferenças de reflectância e também de emitância dos elementos que compõe a paisagem, tendo em vista que o sensor tem a capacidade de registrar o número de níveis de intensidade que compõem o pixel.

Em estudos de Sensoriamento Remoto, os sensores podem ser classificados em relação a sua fonte de energia, sendo sensores ativos e passivos. Os sensores ativos, como por exemplo os RADAR (*Radio Detection and Ranging*) são os sensores que captam as ondas refletidas pelos objetos da superfície terrestre e emitem as ondas eletromagnéticas. Os sensores passivos são aqueles que não possuem uma fonte própria de energia e, portanto, captam a radiação eletromagnética que é refletida ou emitida pelo sol na superfície terrestre (MENESES; NETO, 2001).

Zengeya (2013), afirma que devido a evolução das técnicas de Sensoriamento Remoto nos últimos anos e pela variedade de sistemas sensores, a aplicação de produtos orbitais na agricultura e em outras áreas aumentaram. Isso é devido ao avanço significativo nas resoluções espaciais e radiométricas, além da adição de bandas multiespectrais específicas que são sensíveis a vegetação.

2.3.2 Landsat

O início da série Landsat (Figura 03) ocorreu em 1972 (COHEN; GOWARD, 2004), foi o programa mais longo de imageamento espacial e mais utilizados em pesquisas referentes ao uso da terra, atividades agrícolas e florestais pertence a série Landsat, desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Este satélite é muito utilizado pois possui uma boa resolução espacial, espectral, e temporal que são apropriadas à identificação de alvos agrícolas e florestais para monitorar as mudanças que ocorrem pelo uso da terra (LIMA, 2015). foi o primeiro veículo espacial implantado com a finalidade de monitorar a superfície terrestre, sendo que é utilizado até hoje, equipado com os sensores MSS (*Multispectral Scanner*) e RBV (*Return beam vidicon*) a bordo dos satélites Landsat 1,2 e 3. O Landsat 4 e o Landsat 5 possuem o sensor TM (*Thematic Mapper*) que possui 8 bits e 7 bandas espectrais, sendo que 3 estão na região do visível e com resolução espacial de 30m, 3 bandas espectrais na região do infravermelho próximo, também com 30m e uma banda espectral na região do infravermelho termal, com resolução espacial de 120m.

Um dos satélites mais recentes é o Landsat 8, teve início em fevereiro de 2013 e está em operação a uma altitude em torno de 705 km, com órbita heliossíncrona, ele faz o cruzamento na linha do Equador seguindo sentido Norte-Sul e possui

inclinação de 98,2°. O Landsat 8 possui resolução temporal, que é o tempo que leva para completar um ciclo orbital que tem duração de 16 dias, neste período ele consegue obter cerca de 400 cenas diariamente (COELHO,2013).

Para Coelho, (2013) o Landsat 8 foi desenvolvido para fornecer mais possibilidades, devido aos sensores OLI (*Operational Land Imager*) e o sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), que são capazes de grande contribuição para monitoramento e a geração dos índices de vegetação, recursos hídricos, solo, temperatura da superfície e outros. Na (FIGURA 03) exemplifica as bandas espectrais mais utilizada e suas aplicações (LIMA, 2015).

Figura 03 - Especificações das bandas do Sensor TM

Banda espectral	Comprimento de onda (micrômetros)	Resolução espacial (metros)	Uso
Banda 1 – azul-verde	0,45-0,52	30	Mapeamento batimétrico; distingue solo da vegetação, vegetação conífera de decídua.
Banda 2 – verde	0,52-0,61	30	Realça a vegetação, útil para avaliar o vigor da vegetação.
Banda 3 – vermelho	0,63-0,69	30	Realça os declives da vegetação.
Banda 4 – infravermelho	0,76-0,90	30	Realça o teor de biomassa e encostas.
Banda 5 – Infravermelho	1,55-1,75	30	Discrimina conteúdo de umidade do solo e da vegetação; capaz de penetrar nuvens finas.
Banda 6 – termal	10,4-12,5	120	Útil para mapeamento termal e estimativa da umidade do solo.
Banda 7 – Infravermelho	2,08-2,35	30	Útil para mapeamento de rochas alteradas hidrotermalmente, associadas com depósitos minerais.

Fonte: USGS (2014)

No sensor OLI do Landsat 8 estão presentes as bandas multiespectrais (1, 7 e 9), de resolução espacial de 30 metros, está incluso também no sensor a banda 8 pancromática que possui pixel de 15 metros. No sensor TIRS está incluso as bandas do Infravermelho termal 10 e 11 com resolução de pixel de 100 metros cada, depois de serem reamostradas pelo USGS, passaram a ter resolução espacial de 30 metros (LIMA, 2015).

2.3.3 Processamento Digital de Imagens

O termo Processamento Digital de Imagens (PDI) refere-se a manipulação de determinada imagem pelo computador afim de que a entrada do processamento seja uma imagem e a saída também uma imagem. O objetivo do uso do processamento digital de imagens é obter melhor qualidade do aspecto visual das feições estruturais que o analista humano tem como o objetivo de estudo e oferecer demais subsídios para a sua interpretação, inclusive gerar produtos posteriormente que possam ser aplicados a outros tipos de processamentos (SPRING, 1996).

Silva (2001), expõe que a função fundamental do processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto é de oferecer ferramentas que facilitam a identificação e a extração de informações contidas nas imagens, para posterior interpretação delas. Seguindo esse sentido, os sistemas dedicados de computação são utilizados para realizar as atividades interativas que ocorrem da análise e a manipulação das imagens brutas. O resultado obtido deste processo será a produção de outras imagens, estas já possuindo as informações específicas, que foram extraídas e realçadas a partir de imagens brutas.

As informações de interesse são caracterizadas em função das propriedades dos objetos ou os padrões que compõe a imagem. Contudo para extrair informações de imagens requer o reconhecimento dos objetos ou padrões. Em grande parte desta atividade, requer uma grande capacidade de domínio de observação da composição da imagem por parte do intérprete, isto está atrelado à complexidade dos processos envolvidos e os algoritmos computacionais precisos o suficiente para realizá-lo de forma automática (SILVA, 2001).

Queiroz (2003), aponta que o propósito do processamento de imagens é o de minimizar ao máximo ou até mesmo remover as barreiras referentes ao sistema de visualização humana a fim de facilitar a extração das informações a partir das imagens. Nesse âmbito, o processamento das imagens deve ser visto como um estágio de preparação, quase sempre fundamental, da atividade de interpretação das imagens de Sensoriamento Remoto.

As formas de manipulação de imagens são teoricamente inúmeras. Contudo de um modo geral, podem ser atribuídas categorias a elas em um ou mais procedimentos que incluem quatro tipos de operações computacionais abrangentes (QUEIROZ, 2003):

- a) **Retificação e Restauração de Imagens:** são operações realizadas a fim de minimizar as distorções e degradações dos dados de uma imagem, tem o objetivo de criar uma representação mais fiel de uma cena.
- b) **Realçamento de Imagens:** são procedimentos aplicados aos dados de uma imagem a fim de melhorar efetivamente a visualização da cena, para posterior interpretação visual.
- c) **Classificação de Imagens:** possuem o propósito de substituir a análise visual dos dados das imagens por técnicas quantitativas de análise automática, com a finalidade de identificar as regiões presentes na cena.
- d) **Combinação de Dados (*data merging*):** são os procedimentos para combinação de dados de uma imagem, pertencente a uma certa área geográfica, com demais conjuntos de dados que foram referenciados geograficamente, para a mesma área.

2.3.4 Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI)

Em meados da década de 60, pesquisadores e cientistas buscaram a obtenção de diversos parâmetros biofísicos referentes a vegetação através das técnicas de sensoriamento remoto. Deste modo utilizou-se as técnicas de índices de vegetação, que através de configurações de medidas radiométricas adimensionais foram capazes de indicar a abundância correspondente da vegetação e juntamente com índices de área foliar, teor de clorofila, percentagem de cobertura verde, biomassa verde e outros (JENSEN, 2009).

Tucker (1979), afirma que para a caracterização da detecção de mudanças da vegetação é utilizado o índice de vegetação da diferença normalizada. O NDVI, ou índice de vegetação da diferença normalizada foi atribuído por Rosue et al. (1974), sendo a normalização do Índice de Vegetação da Razão que possui o intervalo de -1 a +1, consistindo na relação entre as medidas espectrais da

reflectância de duas bandas, a banda do infravermelho próximo e a banda do vermelho.

Este parâmetro consiste na relação entre as medias espectrais de (reflectância – ρ) de duas bandas, que correspondem a banda do infravermelho próximo (ρ_{ivp}) e a do vermelho (ρ_v).

$$NDVI = (\rho_{ivp} - \rho_v) / (\rho_{ivp} + \rho_v) \quad (1)$$

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index;

ρ_{ivp} = banda do infravermelho próximo (841 – 876 nm);

ρ_v = banda do vermelho (620 – 670 nm).

Os valores numéricos do NDVI podem variar no intervalo acima mencionado e a vegetação está associada aos valores positivos. Ponzoni e Shimabukuro (2007) indicam que o limite superior se aproxima de 0,80, que de acordo com o proposto de Silva et al. (2007), está relacionado a vegetação vigorosa. Os corpos que refletem mais intensamente na região do vermelho em comparação com o infravermelho próximo (água, nuvens, neve) apresentam um índice negativos. Os solos descobertos e as rochas refletem os dois comprimentos de onda em intensidade parecidas, logo, o NDVI se aproxima do zero (RIZZI, 2001).

O NDVI é comumente utilizado para fazer estimativas de biomassa e mudanças no desenvolvimento de comunidades vegetais (VOLPATO, 2002). Para o monitoramento da vegetação o NDVI é empregado para construir perfis sazonais e temporais das atividades da vegetação com a possibilidade de realizar comparação dos perfis. Muitos trabalhos utilizam dados de NDVI em aplicações da agricultura para monitorar áreas de cana-de-açúcar, estimar a previsão de safras de café, soja, e áreas plantadas com arroz (Rosa, 2007).

O uso do NDVI também pode ser aplicado em estudos que envolvem variáveis hidrológicas como a precipitação (NEZLIN 2005). Assad et al. (1988) em um estudo pioneiro observaram a correlação entre dados de imagens de satélite com dados pluviométricos e concluíram que a pluviometria é um dos fatores mais limitantes para o processo de desenvolvimento da vegetação. Juntamente com este estudo, Batista et al. (1993), realizou o monitoramento de cobertura florestal através

de índices de vegetação do Sensor NOAA-AVHRR, e determinaram que as mudanças fenológicas, na vegetação, que ocorreram após períodos de seca provocados pelo fenômeno meteorológico EL Niño, podem ser verificados pelo NDVI.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo compreende a área da Usina Hidrelétrica de Itaipu, localizada no município de Foz do Iguaçu – PR e seu entorno. Ela está localizada em parte na região da Bacia hidrográfica do Paraná, sendo que na porção brasileira, possui em uma área de 879.860 km² e está situada geograficamente nas coordenadas de latitude Sul 15°25'47" e 26°50'55", e de longitude Oeste sendo 43°34'55" e 55°55'53". E a outra parte em que a usina se localiza na Bacia do Prata, que está situada no território paraguaio, com uma área de 3,1 milhões de km² que corresponde a 17% da superfície da América do Sul. A parte compartilhada com o Brasil corresponde a uma área de 1.415.000 km², esta parte se localiza as cabeceiras dos rios principais que formam a bacia (ITAIPU, 2016).

O clima de Foz do Iguaçu é considerado subtropical úmido, com precipitação em todos os meses do ano, sendo que os períodos de chuva são menos abundantes nos meses de julho e agosto, e o mês de precipitação mais intensa ocorre no mês de outubro. O período mais quente se estende de novembro a fevereiro com temperatura máxima que pode ultrapassar os 30°C. No inverno as geadas são pouco frequentes e os meses que possuem temperaturas mais amenas em torno de 13°C são os meses de junho, julho e agosto (ITAIPU, 2016).

3.2 Aquisição dos produtos e manipulação das imagens

As imagens foram escolhidas conforme a disponibilidade de datas, e pela presença das bandas do infravermelho e bandas do vermelho e pela menor quantidade de nuvens possível, para que não houvesse interferência na geração do NDVI. Os anos referentes a obtenção das imagens foram: 1985, 2008 e 2021. Para tanto, foi utilizado:

- sensor TM Landsat 4-5, com resolução espectral de 30m, com as bandas 3 (Vermelho) e 4 (Infravermelho para a obtenção das 4 imagens que compõe toda cena, as datas referentes a imagem são: 01/03/1985 e 20/12/2008 respectivamente, obtidas pelo site <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.

- sensor OLI Landsat 8, obtidas da composição das bandas 5 (NIR) e 4 (Vermelho), com resolução espacial de 30m, também disponibilizadas pela USGS, com as bandas 5 (Infravermelho próximo) e a 4 (vermelho), com data de aquisição de 08/07/2021 obtidas no site <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.

Após a obtenção das 4 imagens que compõe a cena toda, foi necessário reprojeter as coordenadas devido a posição da área de estudo abrangente, pois algumas imagens se encontravam em dois fusos diferentes, sendo 21N e 22N respectivamente.

A reprojeção das coordenadas foi realizada no software Qgis versão 3.22 LTR, utilizando da ferramenta Raster para reprojeter as coordenadas de 21N e 22N para o sistema EPSG 4674 SIRGAS 2000, em coordenadas geográficas.

Após realizada a reprojeção das coordenadas foram produzidos os mosaicos de cada ano separadamente, sendo: 1985, 2008 e 2021 com as bandas do vermelho e infravermelho próximo.

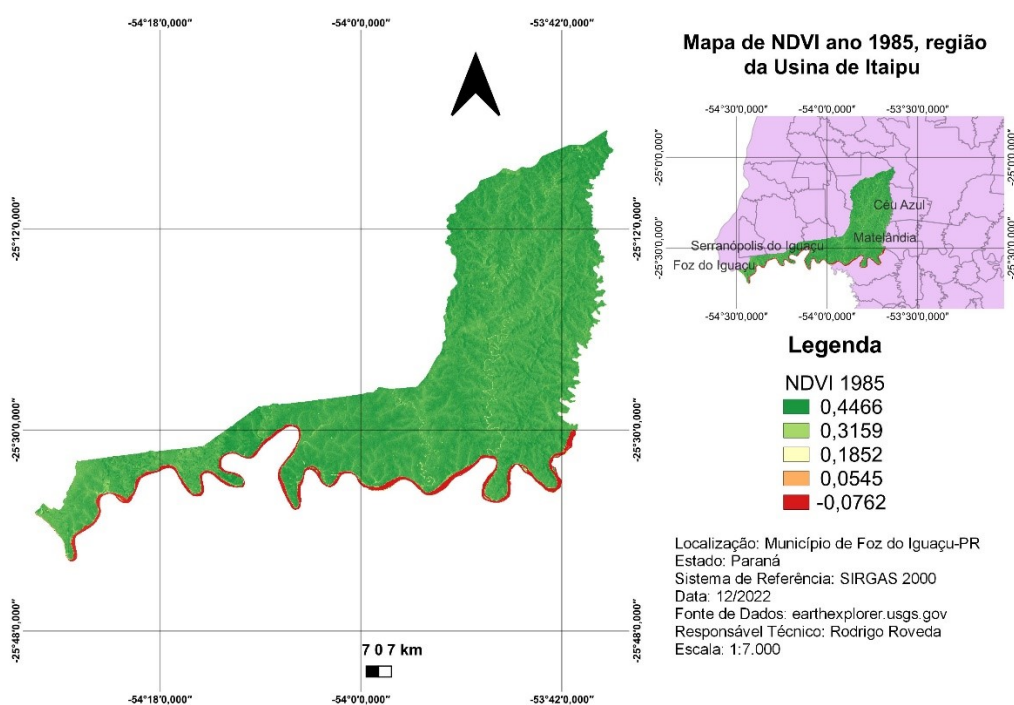
A produção dos mosaicos serviu para a geração dos índices de NDVI que foram determinados na calculadora Raster, através da equação 01.

4 RESULTADOS

No mapa de NDVI do ano de 1985 (Figura 04), verifica-se um valor de NDVI máximo de 0,4466, indicando um valor abaixo do adequado para uma vegetação adensada ou sadia. Os demais valores de NDVI das classes geradas também estão abaixo do indicado para uma vegetação mais densa para a região do Parque Florestal (DEMARCHI, 2011).

Rosendo (2007) propõe que o NDVI tem a propriedade de alternar entre -1 e 1, sendo que, quanto mais próximo de 1 maior será a densidade da vegetação numa área, e os valores de NDVI próximos ou menores que zero, representam que a pouca vegetação, ausência de vegetação ou corpos hídricos.

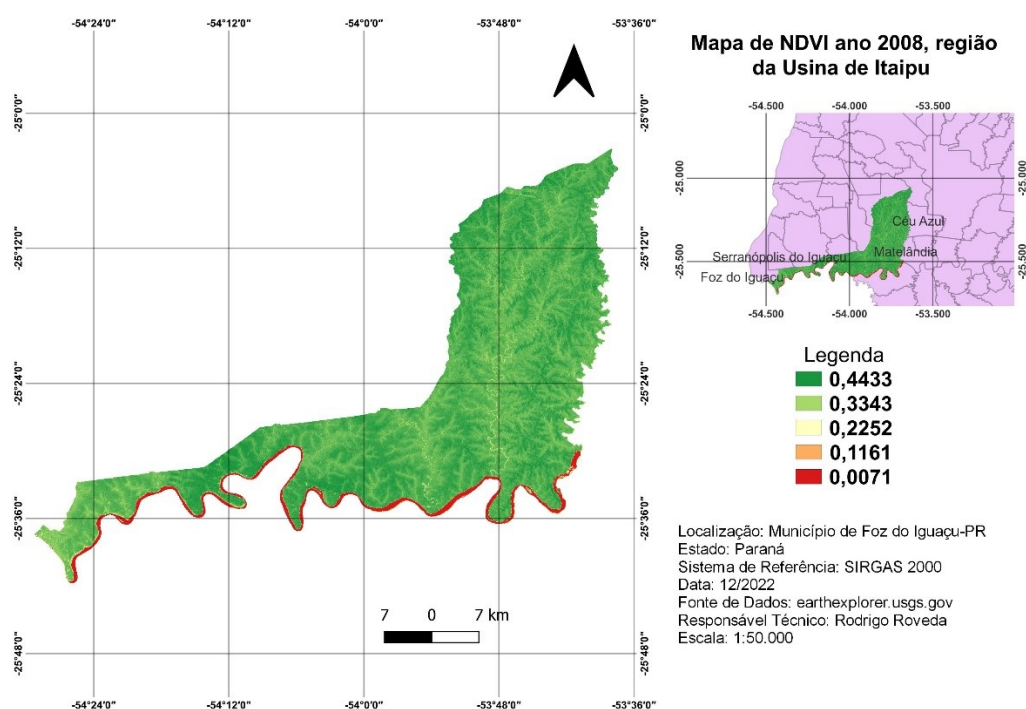
Figura 04 - Mapa de NDVI de 1985 da região da Usina de Foz do Iguaçu



Fonte: Autoria própria (2022)

No ano de 2008 (Figura 05), obteve-se um índice máximo de 0,4433 que indicou pouca densidade de vegetação no local do parque. Os demais índices também diminuíram em relação ao ano de 1985 para as demais classes. Através da visualização do mapa e dos valores gerados de NDVI, nota-se uma diminuição da densidade arbórea no parque.

Figura 05 - Mapa de NDVI de 2008 da região da Usina de Foz do Iguaçu



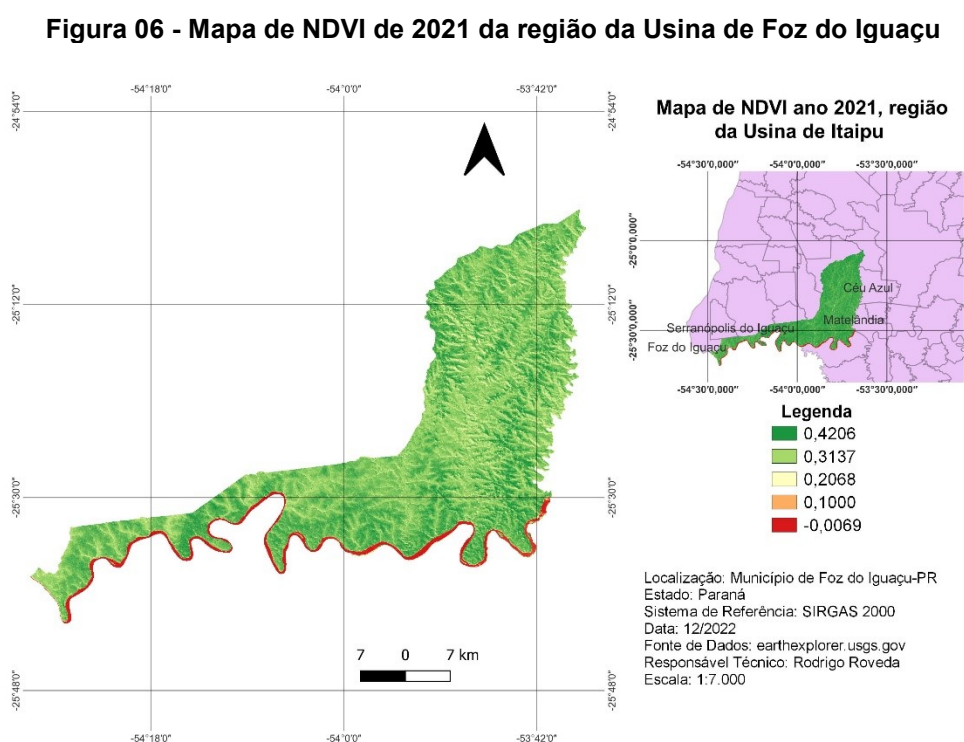
Fonte: Autoria própria (2022)

Os fatores que contribuem para o decaimento do NDVI são os corpos hídricos presentes, que são as áreas inundadas pelo lago da represa de Itaipu que aumentam os níveis de água dos rios na região, que contribuiu para a remoção de grande parte da cobertura arbórea local original.

Apesar do crescimento recorrente dos municípios, que se encontram dentro da área de estudo e nas proximidades, e da diminuição do NDVI em comparação com o NDVI de 1985, em algumas regiões do mapa, nota-se através da visualização da imagem, que houve um crescimento de cobertura arbórea no município de Foz do Iguaçu-PR. Essas regiões em que houve mais cobertura arbórea apresentada,

podem estar ligadas a regiões ainda não exploradas ou ainda regiões que se enquadram dentro de proteções ambientais.

O ano de 2021 (Figura 06), gerou um índice máximo de NDVI de 0,4206 e um índice mínimo de -0,0609. Através da visualização do mapa gerado e dos valores de NDVI indicaram que os índices decaíram em todas as classes, em comparação com os anos anteriores, obtendo mais áreas expostas.



Fonte: Autoria própria (2022)

Contudo vale salientar que o declínio dos índices de NDVI em alguns pontos podem estar atrelados as áreas que foram utilizadas para agricultura e também pelos diferentes estádios de desenvolvimento da vegetação.

5 CONCLUSÃO

Os índices gerados foram bem representativos, através dos índices e da visualização dos mapas pode-se observar como houve alteração na paisagem ao longo do tempo.

Os anos escolhidos foram representativos para a geração dos índices, eles não se mantiveram iguais ao longo do tempo, os valores foram decaindo conforme os anos passaram. Os índices de NDVI gerados não chegaram a serem considerados ideais pela literatura para uma boa densidade arbórea.

A manipulação das imagens foi possível pela disponibilidade das imagens no acervo do Earth Explorer USGS que forneceu imagens nas datas estabelecidas e com poucas nuvens que facilitou o trabalho para a manipulação das imagens, geração de mosaicos e a interpretação visual dos mapas.

O estudo e aplicação de NDVI pode ser empregado para projetos de identificação de áreas que necessitam de mais recuperação e plantio de árvores em áreas que necessitam de mais proteção.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf>.: acesso em 20 de setembro de 2016.

ASSAD, E. D.; SETZER, A.; MOREIRA, L. Estimativa da precipitação através do índice de vegetação do satélite NOAA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5. 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1988. p. 425-429.

BATISTA, G.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; LAWRENCE, W.T. Monitoramento da cobertura florestal através de índice de vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7,. 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. p. 30-37.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BOWKER, D. E. et al. **Spectral reflectances of natural targets for use in remote sensing studies**. Washington, D.C., NASA, 1985. 184 p. (NASA Reference Publication, 1139).

COELHO, A. L. N. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 31 - 45, 2013.

Castro, Dilton. **Práticas para restauração da mata ciliar**. - Porto Alegre : Catarse – Coletivo de Comunicação, 2012. 60 p.

CLICK PETROLEO E GAS – 2022. Disponível em: <<https://clickpetroleogas.com.br/usina-de-itaipu-passara-por-processo-de-modernizacao-apos-37-anos-do-inicio-de-sua-operacao-o-projeto-recebera-investimento-superior-a-3-bilhoes-de-reais/>>. Acesso em 09 de outubro de 2022.

CRÓSTA, A.P. (1992). **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/attachment.cgi?tid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.17.59/doc/3961.pdf>>. Acesso em 19 de outubro de 2016.

DEMARCHI, J. C. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens de satélite Landsat 5. **Revista RA'EGA - O espaço geográfico em análise** 21 (2011), ISSN: 2177-2738 p.234-271. Disponível em:< www.ser.ufpr.br/raega>. Acesso em 09 de novembro de 2022.

ENGE SAT - Satélites – 2022. Disponível em: < <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat/>>. Acesso em 09 de novembro de 2022.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. Revista *Árvore*. Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 617-623. JulAgo, 2004.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de textos 2002, p.97. Disponível em: < [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&id=14985&biblioteca=vazio&busca=autoria:"FLORENZANO,%20T.%20G."&qFacets=autoria:"FLORENZANO,%20T.%20G."&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&id=14985&biblioteca=vazio&busca=autoria:)>.

GAUSMAN, H. W. **Leaf reflectance of near infra-red. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 51(11):1725-1734, nov. 1985.

HOFFER, R. M. **Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data**, In: Swain P. H.; Davis S. M. ed. *Remote sensing: the quantitative approach*. s.l. **McGraw-Hill**. 1978. P. 227-290.

GUYOT, G.; GUYON, D.; RIOM, J. **Factors affecting the spectral response of forest canopies: a review**, *Geocarto International*, 4(3):3-18, sept.1989. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10106048909354217>>. Acesso em 07 de agosto de 2016.

IPARDES, 1981. Impacto ambiental de Itaipu. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/impacto_ambie_itaipu_06_81_v2.pdf >. Acesso em 05 de outubro de 2016.

IPEA – Usina Hidrelétrica de Itaipu, 2010 Disponível em: <http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2328:catid=28&Itemid=23>. Acesso em 15 de setembro de 2015.

Itaipu Binacional, 2016. Disponível em:<<https://www.itaipu.gov.br/nossa-historia>>. Acesso em 18 de setembro de 2016.

Itaipu Binacional – Prêmios, 2015. Disponível em: < <https://www.itaipu.gov.br/institucional/premios>> Acesso em 18 de setembro de 2016.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing a remote sensing perspective**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1986.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo – São José dos Campos, SP: Parêntese. 2009. 598p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica como subsídio para levantamentos fisionômico-estruturais em floresta tropical úmida** – estudo de caso: estação científica Ferreira Penna, PA. – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003. 114p.

MARGALEF, R. (1975) Typology of reservoirs. Verh. Internat. Verein. Limmol. 19, 1841-8.

LIMA, D. Comparação entre os métodos de fusão IHS, principal componente e gram-schmidt aplicados à imagem do satélite Landsat 8 sensor OLI. In: SEMANA DE GEOGRAFIA, 12., 2015, Ponta Grossa. **Anais**. Ponta Grossa: UEPF, v. 1 n. 1, p. 112 – 116.

LIMBERGER, L. **O clima do oeste do Paraná : análises da presença do lago de Itaipu**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

MATIELLO, C.; QUELUZ, G. L. Representações de tecnologia em narrativas sobre a implantação da usina hidrelétrica de Itaipu. **Dimensões**, Vitória, v.26, p.305-324, 2011.

MÜLLER, A.C., 1995, **Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo, Makron Books.

MENEGETTE, A. A. C. **Cartographic accuracy and information content of space imagery for digital map compilation and map revision**. 464 f. PhD Thesis – University College London, London, 1987.

MIRANDA, M. B. A Empresa Binacional Itaipu. **Revista Virtual do Direito Brasil**. **v.2, n.2, 2008**. Disponível em: <<https://irp-cdn.multiscreensite.com/951f8786/files/uploaded/v22art1a.pdf>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2009.

MULLER, Arnaldo Carlos Robert. Meio Ambiente e ciências humanas. São Paulo: editora Hucitec, 1997. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Meio_Ambiente_E_Ciencias_Humanas.html?hl=pt-BR&id=OYvjVs-f3b0C>. Acesso em: 16 de setembro de 2016.

MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262p.

MOTA.S. **Preservação e conservação de recursos hídricos/Suetônio mota-2**. ed.rev. e atualizada- Rio de Janeiro:ABES,1995. Disponível em: <<https://www.skoob.com.br/preservacao-e-conservacao-de-recursos-hidricos-95840ed106030.html>>. Acesso em 22 de novembro de 2016.

NEZLIN, N.P.; KOSTIANOY, A.G.; BAI-LIAN, L.I. Inter-annual variability and interaction of remote-sensed vegetation index and atmospheric precipitation in the Aral Sea region. **Journal of Arid Environments**, v. 62, n. 4, p. 677-700, 2005.

NOVO, E. Monitoramento de quantidade e qualidade da água e Sensoriamento Remoto, São Paulo, p.1- 20, In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17. – **Anais**: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2007.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308p. Disponível em: < https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_sensoriamento_remoto_isbn9788521204411 >. Acesso em 18 de outubro de 2016.

NUCLEO DO CONHECIMENTO, 2010. Disponível em: < <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/aplicado-aos-desastres>>. Acesso em 09 de novembro de 2022.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 135 p.

PONZONI, F.P.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira, 2007. 135 p.

RELATÓRIO DE CAMPO. Londrina, 2016. Disponível em: < http://tcfoz2010.zip.net/arch2010-11-21_2010-11-27.html>.

RICHARDS, J.A. (1986). **Remote sensing digital image analysis**: an introduction. 2nd.ed. Berlin: Springer-Verlag. Disponível em: < https://old.uqu.edu.sa/files2/tiny_mce/plugins/filemanager/files/4260086/8/RS%20Digital%20Image%20Analysis.pdf>. Acesso em 19 de outubro de 2016.

RIZZI, R.; FONSECA, E.L.da. Análise da variação espacial e temporal do NDVI no Estado do Rio Grande do Sul através de imagens AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: [s.n.], 2001.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora: Ed. Autor, 2000a. 220 p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6. ed. Uberlândia: EDUFU, 2007. 135p.

ROSA, V.G.C. **Modelo agrometeorológico-espectral para monitoramento e estimativa da produtividade do café na região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais**. 2007. 142 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 2007.

SANCHEZ, M. C. **Cartografia**. Rio Claro: Editora UNESP, 1973.

Salisbury, F.B.; Ross, C.W. **Plant physiology**. [s.l.], Wadsworth Pub., 1992. 682 p. Disponível em < <http://aob.oxfordjournals.org/content/71/1/91.full.pdf> >. Acesso em 19 de outubro de 2016.

SILVA, Antônio Machado e. **Curso Processamento digital de imagens de satélite**. Centro de Eventos da PUCRS – de 07 a 12 de outubro de 2001. Porto Alegre – RS. Disponível em <<http://www.cartografia.org.br>>. Acesso em: 13 de julho de 2021.

SILVA, Luciano Meneses Cardoso da. **Gestão sustentável de reservatórios. Conflitos e usos sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: **Garamont**, 2002. p. 29-51. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT12-179-614-20080511000156.pdf>>. Acesso em 19 de setembro de 2016.

SILVA, M.R.; RIBEIRO, M.G.; CENTENO, J.A.S. Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007. Florianópolis, SC, **Anais...** Florianópolis, SC: [s.n], 2007.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395- 403, May-Jun 1996.

STIPP, N.A.F.; OLIVEIRA, J. **Estudos Ambientais da Microbacia do Ribeirão dos Apertados** – Londrina – PR. *Geografia* v.3 n°2, 2004.

SWAIN, P. H.; DAVIS, S.M., Ed. **Remote sensing: the quantitative approach**. New York, **Mc Graw-Hill**, 1978. 396p. Disponível em: <<https://tidsskrift.dk/index.php/geografisktidsskrift/article/viewFile/6450/12260>>. Acesso em 15 de agosto de 2016.

SWEET, W. (2001) **China's big dams Spectrum**, Volume: 38, **Issue** .P. 46-51, Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/946638/?reload=true>>. Acesso em 28 de setembro de 2016.

TUNDISI, José G. Impacto das obras hidráulicas nas bacias hidrográficas. **IBILCE – Interfaces escritos e documentos**, n. 69, São José do Rio Preto, 1981. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/6763/1/Dissertacao_EstudolImpactoSocioeconomico.pdf>. Acesso em: 06 de setembro de 2016.

VALERIANO, D. M. **Interações da radiação solar com a vegetação**. São José dos Campos, set. 1988, 31p. (INPE-4697-MD/038). Disponível em: <<http://urlib.net/6qtX3pFwXQZ3r59YD6/GNAPF>>. Acesso em 06 de agosto de 2016.

VOLPATO, M.M.L. **Imagens AVHRR-NOAA para determinação do potencial de incêndios em pastagens**. 2002. 97 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP, Campinas, 2002.

XAVIER, A. C. and VETTORAZZI, C. A. **Mapping leaf area index through spectral vegetation indices in a subtropical watershed**, *International Journal of Remote Sensing*, v. 25, n. 9, p1661–1672, 2004. Disponível em: <

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160310001620803>>. Acesso em 29 de agosto de 2016.

ZENGEYA, F.M.; MUTANGA, O.; MURWIRA, A. Linking remotely sensed forage quality estimates from WorldView-2 multispectral data with cattle distribution in a savanna land-scape. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 21, p. 513-524, 2013.