



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

ANÁLISE TEMPORAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA  
DA TERRA UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT EM ÁREAS DE GARIMPO NA  
REGIÃO DE ITAITUBA-PARÁ

KÉSIA MAYARA MIRANDA ALMEIDA

BRASÍLIA  
2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

KÉSIA MAYARA MIRANDA ALMEIDA

ANÁLISE TEMPORAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA  
DA TERRA UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT EM ÁREAS DE GARIMPO NA  
REGIÃO DE ITAITUBA-PARÁ

Trabalho de especialização em especialização  
em Geoprocessamento Ambiental  
apresentada a banca examinadora do Instituto  
de Geociências como exigência para a  
obtenção do título de especialista em  
Geoprocessamento

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Tati de Almeida (Orientadora): \_\_\_\_\_

Prof. Dra. Suzan Waleska Pequeno Rodrigues: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Edilson de Souza Bias: \_\_\_\_\_

# ANÁLISE TEMPORAL A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT EM ÁREAS DE GARIMPO NA REGIÃO DE ITAITUBA-PARÁ

Késia Mayara Miranda **Almeida**<sup>1</sup>, Tati de **Almeida**<sup>2</sup>, Rejane Ennes **Cicerelli**<sup>3</sup>

(1- Universidade de Brasília –Programa de Especialização em Geoprocessamento Ambiental, e-mail: [kesiamayara@hotmail.com](mailto:kesiamayara@hotmail.com), 2- Universidade de Brasília. Prof. Dr<sup>a</sup> do Instituto de Geociências da UNB, e-mail: [tati\\_almeida@unb.br](mailto:tati_almeida@unb.br), 3- Universidade de Brasília. Prof. Dr<sup>a</sup> do Instituto de Geociências da UNB, e-mail: [rejaneig@unb.br](mailto:rejaneig@unb.br)).

O processamento digital de imagens consiste numa importante ferramenta para a identificação de problemas ambientais. O objetivo deste estudo foi a classificação supervisionada com a utilização do método Máxima Verossimilhança (MaxVer) na imagem de satélite com a utilização de imagens Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI), com uso do software ENVI 5.5 órbita-ponto 228/65 na região de garimpo conhecido como São Raimundo e suas intermediações no município de Itaituba, sudoeste paraense. As Classes escolhidas foram: Vegetação Nativa, Vegetação secundária, Drenagens, Solo Branco, Solo Consolidado e Garimpos. A metodologia foi baseada no processamento digital das imagens utilizando software de geoprocessamento ENVI 5.5, onde foram quantificadas as áreas das classes no período considerado. Através das formas de classificação de uso e ocupação da terra identificada no resultado final, percebeu-se que as áreas de garimpo configuram como sendo a principal forma de alteração da vegetação natural, principalmente ao longo das margens dos rios com crescimento de 55% ao longo de 11 anos.

**Palavra- chave:** Imagens de Satélite, Classificação, Uso e Cobertura do Solo, Geoprocessamento.

## INTRODUÇÃO

A região do Tapajós tem como principal atividade econômica a extração mineral, sobretudo de ouro, cujas primeiras ocorrências registradas remontam ao século XVIII (Fernandes & Portela, 1991).

Em 1970 o Presidente Médici anunciou um conjunto de medidas que visavam transformar a Amazônia a partir da criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômico da Amazônia (SPVEA). O Programa de Integração Nacional previu a construção de grandes rodovias. No caso dos garimpos do Tapajós, a

chegada da Transamazônica e da Santarém - Cuiabá facilitou a ligação de Itaituba aos mercados do sul do país. (Mathis, 2008).

Neste cenário, diversas obras foram planejadas para a região, atraindo assim imigrantes de diversas partes do país, o processo de urbanização foi acompanhado por profundas alterações no uso e ocupação do solo, que resultam em impactos ambientais criando áreas de expansão de forma desordenada. (Almeida, 2008).

As alterações que ocorrem na cobertura da terra nas regiões das florestas tropicais podem prejudicar severamente o funcionamento da Amazônia e, conseqüentemente, podem ocorrer diminuições na capacidade dessas florestas em absorver o carbono, atenuar o ciclo hidrológico regional, elevar a temperatura do solo e, gradualmente, ocasionar processos de savanização nessas áreas (Marengo et al., 2011).

As alterações físicas ou paisagísticas estão entre os impactos de grande importância nos casos dos garimpos, além dos desmatamentos resultantes da construção de pistas de pouso, dos acampamentos e do desmonte de barrancos, às margens; alteração física também considerável dos leitos dos cursos d'água pela atividade direta e diária do garimpeiro. Outros efeitos dos desmontes são o assoreamento e/ou alteração nos cursos naturais das águas, levando à inundação de áreas até então emersas e a formação de poças d'água isoladas ao longo do leito dos rios. (Caheté, 1995).

O sensoriamento remoto tem um papel fundamental no monitoramento do uso e cobertura da terra, pois permite obter informações históricas e atuais de ambientes com grandes dimensões territoriais e de difícil acesso. Para auxiliar nesta ação, é utilizada a classificação das imagens capturadas pelos sensores dos satélites. A Classificação é o processo de extração de informações que abrange um conjunto de técnicas que podem ser matemáticas ou estatísticas que automatiza a categorização de todos os pixels de uma imagem em temas ou classes de uso e cobertura da terra (Liang et. al, 2012).

Devido às dimensões continentais da Região Amazônica, o uso de sensoriamento remoto tem sido indispensável para o monitoramento ambiental, detecção de focos de queimadas e de ações de desflorestamento. Em associação, o uso de técnicas e ferramentas para a classificação de imagens de satélites vem se

tornando ferramenta poderosa de apoio ao estudo do uso e cobertura da terra e das mudanças ocorridas ao longo dos anos (Foody, 2002).

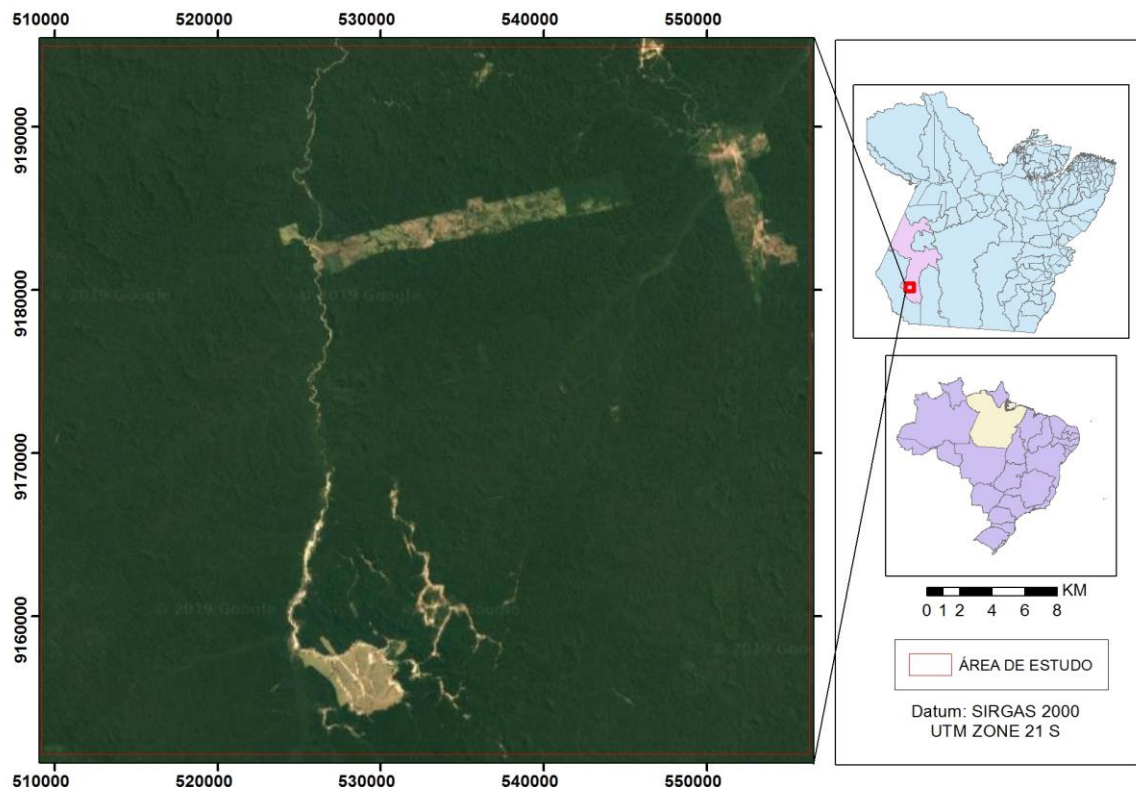
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar temporalmente as mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra utilizando a classificação de imagens multiespectrais Landsat-5.e Landsat-8 através do método MaxVer fazendo uma análise temporal, que vise identificar a evolução do crescimento das áreas de garimpo e posterior auxílio ao entendimento do processo de transformação do meio ambiente ao longo dos anos.

## LOCALIZAÇÃO

A região analisada, conforme mostrado na figura 01, está inserida no sudoeste paraense no município de Itaituba entre na área da órbita ponto 228/65 das imagens dos satélites Landsat 8 e Landsat 5, ambas Level-2 obtidas respectivamente em 26 de junho de 2018 e 15 de agosto de 2007. As imagens estão disponíveis na página U.S. Geological Service. Para a seleção das cenas, levou-se em consideração a cobertura de nuvem inferior a 10% e o período de estiagem na região.

As áreas garimpeiras investigadas localizam-se na bacia hidrográfica do Rio Tapajós, nos afluentes do Rio Crepori, tendo como ponto de referência a pista de pouso no Garimpo São Raimundo. A área estudada abrange também os vários núcleos de garimpagem dispostos ao longo das margens de diversos igarapés nas proximidades da região.

Figura 01. Localização da área de estudo. Fonte da imagem: Google Earth.



## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO

Para Crosta (1992), as técnicas de classificação de imagem consistem em associar a cada pixel uma informação qualitativa (atributo), na qual os valores de nível de cinza que cada pixel pode ser associado ao nível de reflectância dos materiais que compõem o terreno, estando cada pixel ou conjunto de pixels associado a uma classe ou tema.

As técnicas de classificação mais utilizadas para sensoriamento remoto estão divididas entre supervisionada e não-supervisionada. Na classificação supervisionada, cada pixel da amostra na base de treinamento tem a sua classe determinada. Essas amostras são escolhidas pelo operador, para que sejam definidas a quantidade e os tipos de classes que serão utilizadas para classificação. Na classificação não-supervisionada, a classificação é realizada de forma automática pelos algoritmos, que fazem a extração, identificação e classificação dos *pixels* e a geração das classes.

Na classificação da imagem, optou-se por utilizar o método da Máxima-

verossimilhança que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. É um classificador muito eficiente porque as classes de treinamento são utilizadas para estimar a forma da distribuição dos pixels contidos em cada classe no espaço de  $n$  bandas, como também a localização do centro de cada classe (Meneses; Sano 2012), sendo que, todos os pixels são classificados.

No processo de classificação o analista escolhe pequenas áreas de amostras na imagem, contendo poucas centenas de pixels que sejam bem representativos, espectralmente, de padrões ou feições dos alvos por ele reconhecidos, ou que podem ser identificados com a ajuda de outras fontes, tais como dados coletados no campo ou de mapas (MENESES; SANO, 2012).

De acordo com Yang (2002), a análise multi-temporal de imagens de satélites pode ser utilizada nas interpretações da evolução do uso do terreno e cobertura vegetal, possibilitando a detecção de padrões de mudança ao longo do tempo, tanto qualitativa quanto quantitativamente.

## MATERIAS E MÉTODOS

No presente trabalho, optou-se utilizar uma imagem do satélite Landsat-5 sensor Thematic Mapper (TM) referente ao mês de agosto de 2007 e uma imagem Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) referente ao mês de junho de 2018, ambas Level 2. Estes dados foram adquiridos, já ortorretificados, através do site Earthexplorer que é operacionalizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). A escolha das imagens baseou-se no fato de possuírem baixas coberturas de nuvens na área de interesse. Os períodos estabelecidos para análise compreenderam um intervalo de 11 anos.

Para a utilização das imagens, foi necessária a realização da reprojeção das mesmas visto que, apesar de já serem fornecidas corrigidas geometricamente, elas são posicionadas ao hemisfério norte. Assim, as imagens foram reprojctadas para o sistema UTM-Universal Transversa de Mercator, fuso 21S, datum planimétrico SIRGAS 2000. Após reprojctadas as imagens foram trabalhadas no *software* ENVI versão 5.5. Em seguida, para uma melhor visualização e análise dos alvos, as bandas de interesse para a realização do trabalho foram empilhadas para a

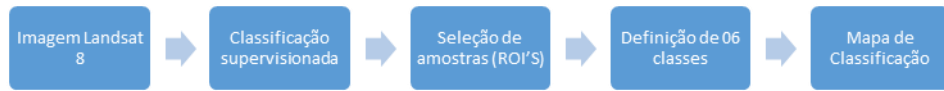
obtenção da composição colorida ou de falsa cor RGB (red, green, blue), para tanto, na imagem Landsat 8 utilizou-se as bandas sequência: B6G5B4 e na imagem Landsat 5 com a sequência R5G4B3.

Segundo Centeno (2004), o processo de classificação é iniciado com a definição das classes conhecidas ou de interesse do usuário. Neste sentido optou-se por 6 classes após várias tentativas que levaram a mapeamentos complexos, devido a confusão espectral. As classes definidas foram: 1) Vegetação Nativa, 2) Vegetação secundária, 3) Drenagens, 4) Solo exposto, 5) Solo consolidado e 6) Garimpos. O treinamento teve como base uma visualização prévia e detalhada das imagens, com apoio do software Google Earth, que conta com imagens com melhor resolução dos anos analisados. No software ENVI, através da ferramenta Classification Workflow, foram observadas algumas características que facilitassem a distinção entre as classes, como a cor, textura e forma dos alvos. Foram amostrados em média 25 polígonos por classe de modo que os algoritmos classificadores fossem “treinados” para alocar cada pixel em sua respectiva classe. As classes foram estabelecidas com base na interpretação visual das imagens, foram, assim, definidas as seis classes de uso e cobertura da terra. Características das classes:

- 1- Vegetação nativa: A área é composta principalmente por vegetação densa com coloração verde claro a tons escuros, com textura praticamente uniforme.
- 2- Vegetação secundária: As regiões apresentam tons esverdeados mais claros, de pequeno porte, com características de gramíneas.
- 3- Drenagem: Os rios da área estudada apresentam comportamento levemente sinuoso quando estão em áreas longe da ação antrópica. Os trechos de rios que estão localizados nas áreas das cavas de garimpos, encontram-se sem nenhum tipo de padrão.
- 4- Solo consolidado: São áreas possuem textura de solo mais compacto e desnudo, característica de áreas desmatadas.
- 5- Solo exposto: Neste item, optou-se por inserir as áreas características de garimpos, que apresentam solo úmido, devido a proximidade com os rios e bastantes revolvidos pelas balsas, caracterizando intensos movimentos de superfície no leito dos igarapés.

6- Garimpo: Nesta classe foram considerados os terrenos ao longo dos rios com atividades garimpeiras pretéritas.

Figura 03. Etapas do processo de classificação da imagem.



A figura 03 mostra o fluxograma com as etapas realizadas para a obtenção dos mapas finais da classificação. Os mesmos foram convertidos para o formato shapefile, para posterior manipulação e elaboração do mapa temático no *software* ARCGIS 10.6.1. Onde, os dados foram organizados de forma que facilitasse as análises finais, como mostrado nas figuras 04 e 05.

Figura 04: Mapa temático com a representação do uso e cobertura da terra para o ano de 2007.

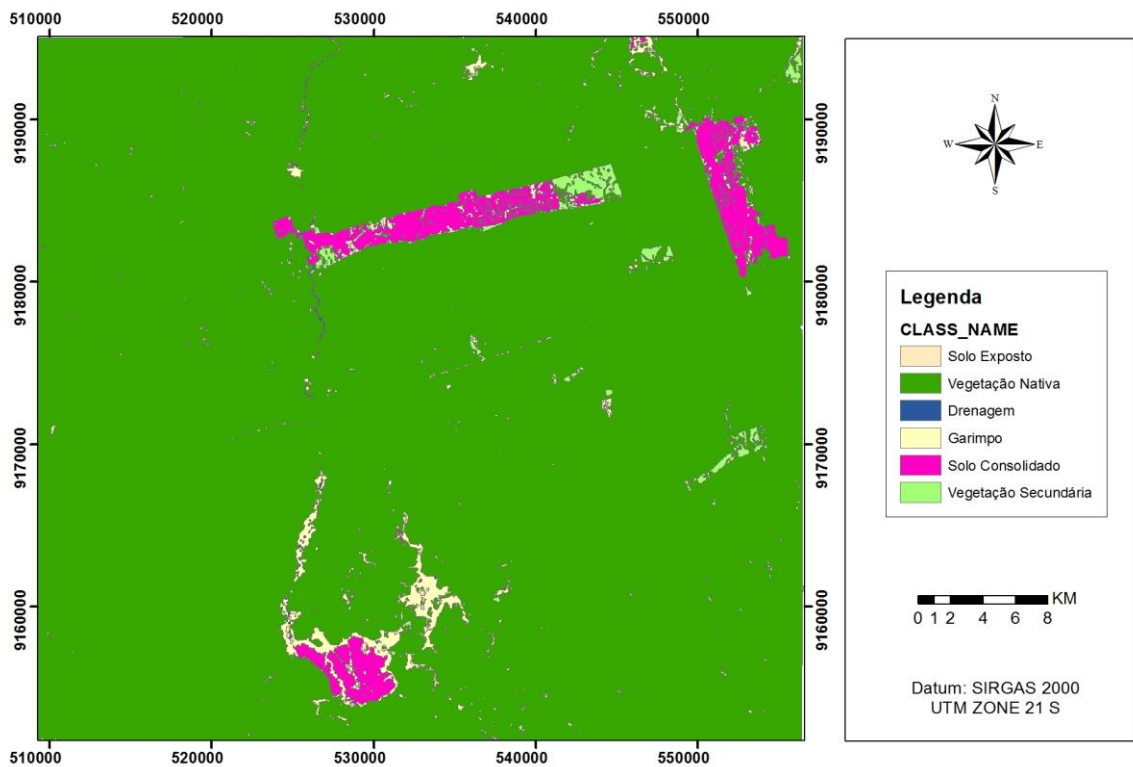
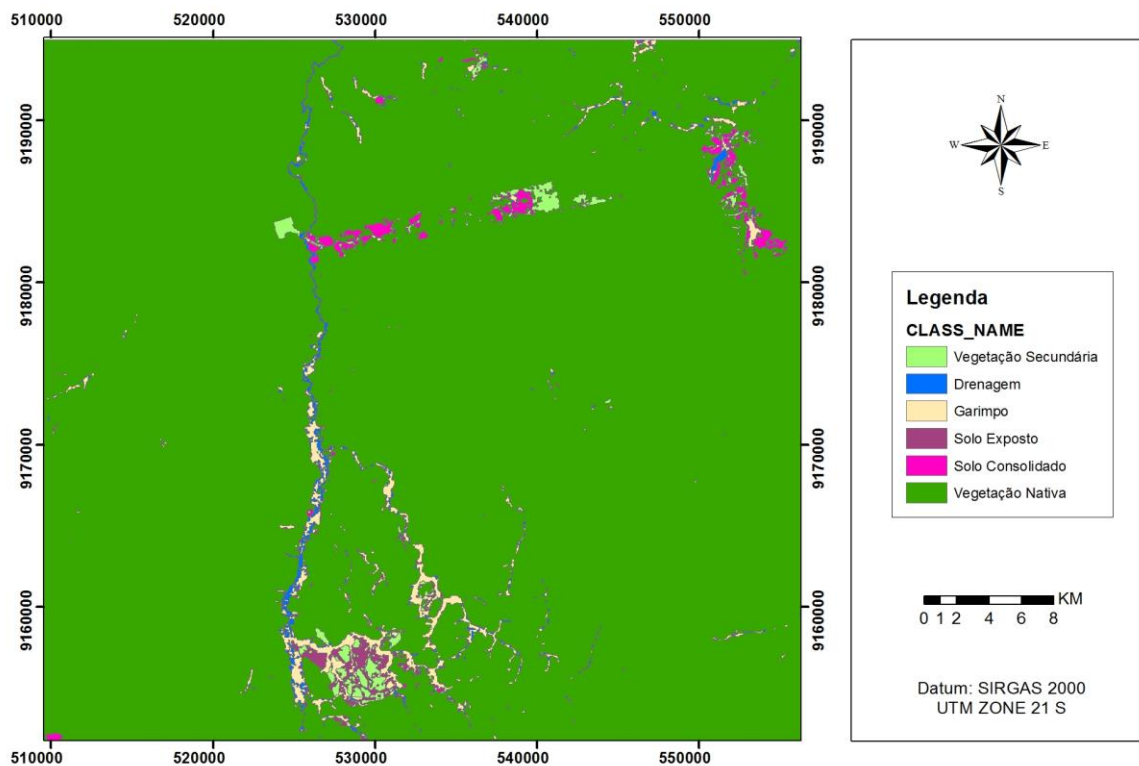


Figura 05: Mapa temático com a representação do uso e cobertura da terra para o ano de 2018.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As modificações ocorridas ao longo de 11 anos na área de estudo está vinculada ao principalmente ao extrativismo mineral e subordinadamente ao desmatamento de áreas para ser utilizada na agricultura/pecuária extensiva. O classificador apresentou desenvolvimento satisfatório onde foi obtido o mapa temático de uso e cobertura do solo, sendo possível avaliar a funcionalidade do método escolhido, inserindo nas classes determinadas os pixels a elas correspondentes. No entanto, observando a imagem de referência no Google Earth, verificou-se que houve confusão do classificador ao agrupar áreas com as mesmas atividades, porém que apresentavam comportamento espectral diferente, como o caso das classes de solo branco e garimpo que compreendem atividades garimpeiras. Em decorrência do processo natural de regeneração de áreas antigas ou devido a estágios de desenvolvimento inicial de novos garimpos, a resposta espectral condicionou a uma interpretação diferente para o mesmo alvo, pois a diferença era se o garimpo estava em atividade recente ou não.

A área de estudo possui algumas singularidades, que devem ser ressaltadas também, como por exemplo, a mescla em determinados trechos ao longo dos rios entre os elementos de garimpo e drenagem. Pois devido aos trabalhos de lavra no leito dos igarapés, o curso d'água acaba sendo desviado e/ou represado dificultando a classificação da imagem. É importante ainda salientar que as áreas de sombra foram consideradas no mapa de uso e cobertura do solo sendo incorporada a classe de vegetação nativa, uma vez que sua presença fora quase que integralmente detectada nessas áreas. A comparação dos resultados obtidos entre as imagens dos anos 2007 e 2018 e a geração dos valores que dá ênfase aos índices quantitativos das classes envolvidas na área estudada, foram fatores importantes que contribuíram para melhor percepção da análise como mostrado nas tabelas 8 e 9.

Tabela 01: Quantificação das classes de Uso e Cobertura do Solo no ano de 2007.

<b>2007</b>		
<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>(%)</b>
Vegetação Nativa	19469,4	66,06
Vegetação Secundária	1295,37	4,4
Drenagem	108,36	0,36
Solo Branco	481,41	1,63
Garimpo	2284,7	7,75
Solo Consolidado	5832,64	19,8

Tabela 01: Quantificação das classes de Uso e Cobertura do Solo no ano de 2018.

2018		
Classes	Área (ha)	(%)
Vegetação Nativa	14095,59	58,30
Vegetação Secundária	1370,34	5,66
Drenagem	1007,46	4,16
Solo Branco	899,01	3,73
Garimpo	2584,62	10,70
Solo Consolidado	4220,46	17,45

Na Vegetação Nativa foi percebida uma redução de 16,30% ha entre os anos de 2007 e 2018, ocorrendo um aumento do desmatamento ao longo do período analisado. Esta informação coincide com dados de aumento das áreas de garimpo em 5,7 % ocorridas no mesmo período.

A exposição do terreno decorrente dos desmatamentos condicionou o aumento da classe de drenagem em 3,8 %, devido ao desmatamento ao longo dos cursos dos rios deixando os cursos d'água mais expostos além do aumento das áreas de garimpo, com a consequente formação de barragens e desvio de cursos d'água para abertura de novas áreas de garimpo, ocorrendo a perda da cobertura vegetal.

A Classe de Vegetação Secundária aumentou em 1,26 % devido a retirada da cobertura vegetal para uso antrópico: pastagens e áreas de garimpo, ressalta-se que nesta classe existiram algumas confusões do classificador com a classe de solo exposto, pois a classe é caracterizada pela presença de gramíneas.

Os resultados encontrados com a validação apontem um nível de acerto considerado satisfatório no mapa de uso e cobertura da região dos garimpos em Itaituba, podemos apontar fatores de limitação do processo que talvez, hipoteticamente, pudessem elevar ainda mais a qualidade do produto gerado.

Destes, podemos elencar: o problema da escala e o a subjetividade da interpretação, haja vista que alguns elementos estão mesclados dificultando a análise do operador.

O problema da escala justifica-se pelo fato de que as imagens exibidas no Google Earth possuem um nível de detalhamento muito superior ao das imagens geradas pelo sensores TM e OLI, transportado pelo satélite Landsat. Esta diferença implica dizer que alguns possíveis “erros” podem estar relacionados a objetos que não podem ser observados na escala utilizada na classificação da imagem.

Comparando resultados para o período de 2007-2018 obtidas através dos mapas de uso e ocupação foi possível visualizar a dinâmica das classes analisadas, principalmente para verificar o crescimento desordenado das áreas de garimpo e consequentemente desequilíbrio ambiental na região de estudo. Deve ainda ser levado em consideração as suas proximidades, o qual é delimitado por uma rodovia federal BR-163, o que expõe a região como uma condição de alerta ao uso irregular do solo.

## CONCLUSÕES

A técnica supervisionada máxima verossimilhança (MAXVER) utilizada mostrou-se eficaz na avaliação da intensidade do crescimento das áreas de garimpo em que a pesquisa foi realizada, apresentando diferentes mudanças entre as áreas avaliadas no ano de 2007 e 2018.

Nesse contexto, o estudo mostra como o Geoprocessamento pode contribuir no mapeamento e controle da expansão espacial, sendo uma importante ferramenta para avaliação e monitoramento da qualidade ambiental, podendo auxiliar as políticas de gestão territorial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. J. A cidade de Marabá sob o impacto dos projetos governamentais. 2008. 272 f. Dissertação (Mestrado em História Econômica) – Universidade de São Paulo, Departamento de História, São Paulo, 2008.
- ARANTES, L. T.; ARANTES, B. H. T.; TONDATO, C. Análise multitemporal para o monitoramento de desmatamento através da imagem Landsat-5. Revista Eletrônica de Agronegócio [online], v. 5, 2016.
- CAHETÉ, F.L.S. A EXTRAÇÃO DO OURO NA AMAZÔNIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O MEIO AMBIENTE. Frederico Luiz Silva Caheté. Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido – NAEA/UFPA.1995. Disponível em [http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3087/1/Artigo\\_ExtracaoOuroAmazonia.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3087/1/Artigo_ExtracaoOuroAmazonia.pdf)
- CENTENO, J. A. S. Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais. 2.ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2004, 168p.
- CROSTA, A. P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas: IG/UNICAMP, ISBN 85-853-690-27, 1992.
- FACCO, D.S.; BENEDETTI, A. C.; KAISER, E. A.; FILHO, W. P. Avaliação dadinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no estado do Rio Grande do Sul. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento [online], v. 1, 2017.
- FERNANDES, R. C. F. & PORTELA, I. C. M. H., 1991. Recursos Minerais da Amazônia – Alguns Dados Sobre Situação e Perspectivas. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral. (Série Estudos e Documentos, 14)
- FOODY, G. M, Status of land cover classification accuracy assessment.Remote Sensing of Environment.2002 , 80(1). pp. 185-201.
- MATHIS, A. GARIMPAGEM DE OURO E VALORIZAÇÃO DA AMAZÔNIA: A FORMAÇÃO DE RELAÇÕES DE TRABALHO SOBRE O QUADRÂNGULO MERCADO INTERNACIONAL, ESTADO NACIONAL, REGIÃO E NATUREZA. Papers do Naea, Belém,n. 312 , dez. 2013.
- LANDIM, P.M.B. Análise Estatística de Dados Geológicos. Fundação Editora da UNESP, 2a. Edição. 2003.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977. LIMA, G. S. A prevenção de incêndios florestais no estado de Minas Gerais. Floresta, v. 30, n. 1 2, 2000.
- LIANG, Z.; JINPING,S.; HUIYOND,S.; GANG,Y.; YI,J. Large area Land Cover Classification with LANDSAT ETM+ Images based on Decision Tree., 2012 [International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B7].

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v.1, p.214.

MENESES, P. R.; SANO E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: Meneses, P. R., Almeida, T. (Org.), Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. 1 ed. Universidade de Brasília, Brasília, p.191-208, 2012

NIKNEJAD, M.; MIRZAEI, Z. V.; HEYDARI, M. 2014. Comparing different classifications of satellite imagery in forest mapping (Case study: Zagros forests in Iran). International Research Journal of Applied and Basic Sciences, v.8, p. 1407–1415, 2014.

RICHARDS, J.; JIA, X. 2006. Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using non-photographic sensors. Engineering & Remote Sensing. [online] v. 56, 2006.

USGS - United States Geological Survey. Landsat 8. Disponível: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: 22 jan. 2019.

YANG, X. Satellite Monitoring of Urban Spatial Growth In the Atlanta Metropolitan Area. PE&RS Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v.68, n. 7. p. 725-734, 2002