

Uso e Cobertura da Terra na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas, Estado do Pará

Land Use and Coverage in the Itacaiúnas River Hydrographic Sub-Basin, State of Pará

Uso y Cobertura del Suelo en la Subcuenca Hidrográfica del Río Itacaiúnas, Estado de Pará

Recebido: 10/11/2021 | Revisado: 21/11/2021 | Aceito: 22/11/2021 | Publicado: 02/12/2021

Carlos da Silva Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5500-8390>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: cgarcia.engamb@outlook.com

Paulo da Silva Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9887-3173>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: eng.ambpaulogarcia@gmail.com

Sâmyra Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9507-5387>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: myra.lima.07533@gmail.com

Glauber Epifanio Loureiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0801-5296>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: epfanio@uepa.br

Resumo

Ações antrópicas têm provocado alterações no uso e cobertura da terra, que muitas das vezes, são difíceis de ser estimadas. Essas alterações podem ser reconhecidas e mitigadas através de dados espaço-temporais que possibilitam perceber alterações na paisagem, como subsídio, para o controle do uso e cobertura da terra. Este trabalho apresenta uma análise espaço temporal detalhada da dinâmica do uso e cobertura da terra, na sub-bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas, localizada na região Amazônica, Sudeste Paraense, entre os anos de 2004, 2010, 2012 e 2014. Para tanto, foram utilizados dados digitais do Topodata e classificação do projeto “terraclass” de satélites Lansat-5 e 8, assim como, ferramentas de sensoriamento remoto para calcular e mapear as classes de uso e a cobertura da terra, dentro da unidade da sub-bacia. Os resultados mostraram que durante o período estudado, as classes de uso e cobertura da terra passaram por uma grande variação, com a substituição progressiva de florestas por áreas com pastagem, mineração, e áreas urbanas. Junto com o rápido crescimento destas classes, a paisagem da vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem antropizada, de caráter heterogênea e fragmentada, como mostraram as variações de porcentagem das classes de uso e cobertura da terra.

Palavras-chave: Projeto “TerraClass”; Espaço-temporal; Sudeste Paraense.

Abstract

Human actions have caused changes in land use and coverage, which are often difficult to estimate. These changes can be recognized and mitigated through spatiotemporal data that make it possible to perceive changes in the landscape, as a subsidy, for the control of land use and coverage. This work presents a detailed time-space analysis of the dynamics of land use and coverage, in the Itacaiúnas River sub-basin, located in the Amazon region, Southeast Paraense, between the years 2004, 2010, 2012 and 2014. Topodata digital data and classification of the “terraclass” project from Lansat-5 and 8 satellites were used, as well as remote sensing tools to calculate and map the land use and land cover classes within the sub-basin unit. The results showed that during the studied period, the classes of land use and cover went through a great variation, with the progressive replacement of forests by areas with pasture, mining, and urban areas. Along with the rapid growth of these classes, the landscape of native vegetation has been replaced by an anthropized landscape, of a heterogeneous and fragmented character, as shown by the variations in the percentage of land use and cover classes.

Keywords: TerraClass Project; Space time; Southeast Paraense.

Resumen

Las acciones humanas han provocado cambios en el uso y la cobertura del suelo, que a menudo son difíciles de estimar. Estos cambios pueden ser reconocidos y mitigados a través de datos espacio temporales que permitan percibir cambios en el paisaje, como un subsidio, para el control del uso y cobertura del suelo. Este trabajo presenta un análisis tiempo espacio detallado de la dinámica de uso y cobertura del suelo, en la subcuenca del río Itacaiunas, ubicada en la

región amazónica, sureste de Paraense, entre los años 2004, 2010, 2012 y 2014. Para tal efecto, se utilizaron datos digitales Topodata y clasificación del proyecto “Terraclas” de Lansat-5 y 8 satélites, así como herramientas de teledetección para calcular y mapear el uso del suelo y las clases de cobertura del suelo, dentro de la unidad de subcuenca. Los resultados mostraron que durante el período estudiado, las clases de uso y cobertura del suelo sufrieron una gran variación, con el reemplazo progresivo de bosques por áreas con pastos, minería y áreas urbanas. Junto con el rápido crecimiento de estas clases, el paisaje de vegetación nativa ha sido reemplazado por un paisaje antropizado, de carácter heterogéneo y fragmentado, como lo demuestran las variaciones en el porcentaje de clases de uso y cobertura del suelo.

Palabras clave: Proyecto “TerraClass”; Tiempo espacial; Sureste Paraense.

1. Introdução

A intensa exploração dos recursos naturais na Amazônia, e, sobretudo na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (SBHRI), foi dominada por um processo de ocupação desordenada. Para Schlickmann e Schauman (2007), Lobato (2014), Da Silva e Medeiro (2014) e Dias et al., (2021), este fato resulta na degradação de grande parte da cobertura nativa, dando origem a novas classes de uso e cobertura da terra.

De acordo com Guimarães e Penha (2009) e Batista e Trindade (2020), o crescimento urbano em áreas de bacias hidrográficas representa transformações e alterações ambientais, resultantes da ocupação desordenada e indevida do solo. Desta forma, para Souza e Pereira (2008) e Andrade et al., (2015) os municípios de Parauapebas, Marabá e Canaã dos Carajás representam tais problemas induzidos pelo fluxo migratório.

Neste sentido, os processos de mudança do uso e cobertura da terra, além de influenciar na disponibilidade e qualidade dos recursos naturais, proporcionam a perda de biodiversidade (Adami, 2015). Para Cemin et al., (2007), a conversão de áreas florestadas é o reflexo da ação humana, por meio das suas atividades que têm ocasionado modificações na paisagem que influenciam em áreas de sensibilidade ambiental (*Ex: Área de Proteção Permanente-APP, Pousio, Nascente, Áreas de Interesse cultural*).

Estudos desenvolvidos por Mendonza et al., (2011), Coelho (2013) e Tremea e Silva (2020), visa mitigar esses problemas e incentivar o desenvolvimento de políticas públicas, contribui para uma gestão sustentável dos recursos naturais, por meio do uso de informações espaço temporais que se tornam imprescindíveis. Pois, as técnicas de sensoriamento remoto possibilitam recobrir grandes áreas com custos reduzidos (Rocha & Rosa, 2008). Para Coelho (2013) técnicas com o auxílio de geotecnologia facilitam a compreender capacidades e limitações de uma região.

Para a identificação de classes de uso e cobertura da terra em áreas de bacias hidrográficas, pode-se utilizar de imagens orbitais. Essas imagens permitem obter resultados precisos na identificação de elementos da paisagem e quantificar diversas classes de uso e cobertura da terra para um estudo mais detalhado (Vaeza et al., 2010 & Da Silva et al., 2016).

Atualmente, à Amazônia Legal conta com vários sistemas de monitoramento do território, que servem como ferramentas essenciais para o processo de gestão territorial. Dentre elas, têm-se as ferramentas de monitoramento de uso da terra ou classe denominado de projeto “TerraClass” (Inpe, 2015).

Para Almeida et al. (2016) projeto “TerraClass” representa um esforço combinado para monitorar o uso e a cobertura da terra na Amazônia legal brasileira. Este estudo oferece aos pesquisadores uma maior capacidade de traçar diferentes classes de mudança de uso do solo ao longo do tempo.

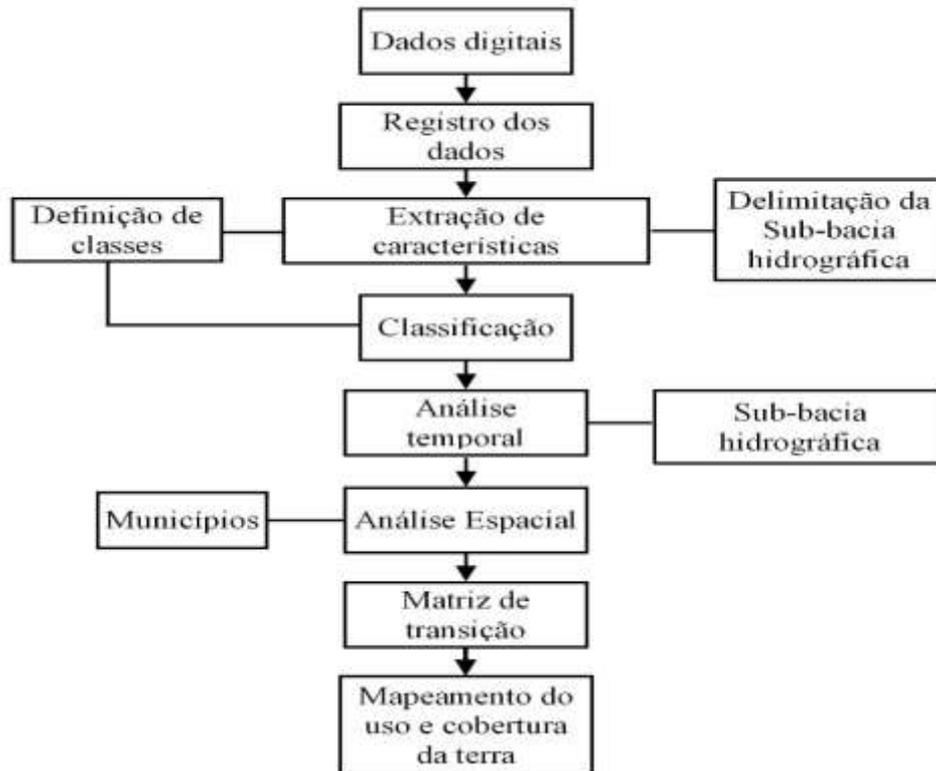
Nesse contexto, procurou-se realizar uma análise espaço temporal e de transição do Uso e Cobertura da Terra (UCT) na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (SBHRI), localizada na região Amazônica, Sudeste do Pará.

2. Metodologia

Para este trabalho foi utilizado à pesquisa com caráter científico original, por meio do método de pesquisa exploratória, para caracterização inicial da problemática correspondente a um estudo de caso, aplicado a sub-bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas, por meio de pesquisa bibliográfica com abordagem quali quantitativa (Rodrigues, 2007).

Os procedimentos utilizados para analisar as modificações ocorridas na SBHRI consistiram na elaboração e interpretação de mapas temáticos do UCT. A abordagem global da pesquisa, através do fluxograma metodológico (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma metodológico para elaboração dos mapas temáticos do uso e cobertura da terra na SBHRI.



Fonte: Autores (2016).

A sub-bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas (SBRHI), está localizada na região Amazônica do Sudeste Paraense, mais especificamente, nas microrregiões de Marabá, Parauapebas, Redenção e São Félix do Xingu, entre as coordenadas UTM 553424.23 e 704180.50 mN e 9212978.18 e 9408656.30 mE (22S) e possui uma área aproximada de 41.298 Km² (Figura 2).

Figura 2. Localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas.



Fonte: Autores (2016).

De acordo com os estudos desenvolvidos por Oliveira e Araújo (2013) e Rocha (2015), a área de estudo foi abordada como uma sub-bacia hidrográfica. Segundo a divisão hidrográfica da Agência Nacional das Águas (ANA), a sub-bacia pertence à Região Hidrográfica do Tocantins – Araguaia.

Conforme a classificação de Köppen, o clima da sub-bacia, pode ser enquadrada no tipo “Aw” e “Am”, que indica clima tropical e tropical úmido, respectivamente. Para Rolim et al. (2006), as duas tipologias de florestas dominantes na área de estudo são as Florestas Ombrófilas Densa e Aberta, diferindo-se, devido a floresta aberta apresentar menor densidade de grandes árvores, muitas espécies semidecíduas e ocorrência de palmeiras.

Os dados digitais do projeto “TerraClass”, utilizados para a classificação do uso e cobertura da terra encontram-se divididos em suas respectivas órbitas-ponto do satélite Landsat-5, sensor *Thematic Mapper* (TM) para os anos de 2004, 2010 e 2012 e Landsat-8 sensor *Operation Land Imager* (OLI) para o ano de 2014, no Sistema de coordenadas Lat/Long e Sistema Geodésico de Referência SAD 69. Esses dados, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), são das órbitas 223/64, 223/65, 224/64, 224/65 225/64.

Para a delimitação dos municípios, foi utilizado à malha municipal do ano de 2015, no formato de arquivo digital *shapefile*, obtido através da base cartográfica digital, do Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE).

Os dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), utilizados para delimitação da bacia hidrográfica, foram disponibilizados pelo projeto Topodata, no Sistema Geodésico de Referência WGS 84. As imagens digitais utilizadas foram 05S51, 05S495, 05S525, 06S51, 06S495, 06S525, 07S51, 07S495 e 07S525, com resolução espacial de 90 m.

Os erros geométricos das imagens digitais do projeto Topodata, foram sucessivamente inspecionados e revisados, com vistas a aprimoramentos e correções (Topodata, 2016). Foram criados mosaicos dos dados digitais e todo o banco de dados geográficos foi projetado no sistema *Universal Transverse Mercator* (UTM), *Datum SIRGAS 2000*, zona 22S.

A classificação das imagens para a geração dos mapas de UCT foi realizada por meio de ESRI (2015) pelo “TerraClass”. Os elementos presentes nos dados digitais desse projeto definiram as classes de uso e cobertura da terra, além das

classes mapeadas pelo *Projeto* de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES). Os nomes das classes de UCT (Quadro 1), conforme adaptado de Almeida et al., (2016), SFB (2010), Embrapa (2014) e Dipe (2009).

Quadro 1. Descrição das classes de uso e cobertura da terra (UCT) para a bacia hidrográfica em estudo.

Categorias Temáticas	Descrição
Área não observada	Áreas que não são possíveis de ser interpretado devido a nuvens ou sombra no momento da passagem do satélite ou recentemente áreas queimadas.
Área Urbana	Caracterizada pela concentração populacional formando habitações, vilas e cidades que apresentam infraestrutura diferenciada das áreas rurais e maior densidade de habitações, tais como casas, edifícios e outros espaços públicos.
Desflorestamento	Áreas recentemente desmatadas, coberta pelo solo, arbustos, ervas e árvores sem uso do solo definidos nesta fase, definidas como áreas que foram mapeadas pelo projeto PRODES.
Floresta	Grande área de terra coberta de árvores ou outra vegetação formando um "teto" verde.
Hidrografia	Área que recebe a drenagem de água da chuva, precipitada sobre determinada bacia hidrográfica.
Mineração	Áreas de extração mineral com a presença de solo exposto e desmatamento na proximidade de corpos d'água.
Pasto com Solo Exposto	Áreas de pastagem, exibindo sinais de degradação grave, contendo pelo menos 50% do solo nu.
Pasto Limpo	Áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de cobertura de espécies gramíneas.
Pasto Sujo	Áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de vegetação herbácea e cobertura de espécies gramíneas associada à vegetação arbustiva.
Reflorestamento	Replanteio de árvores em áreas anteriormente ocupadas por florestas e formações vegetais.
Regeneração com Pasto	Áreas que eram claras, mais tarde desenvolveu pastagem e estão no início de um processo de regeneração contendo arbustos e vegetação secundária precoce.
Vegetação Secundária	Áreas que eram claras e estão em um estágio avançado de regeneração com árvores e arbustos. Inclui áreas que eram usadas para a silvicultura ou agricultura permanente com o uso de espécies nativas ou exóticas.

SFB (2010), Embrapa (2014) e Dipe (2009). Fonte: Adaptado, Almeida et al., (2016).

Para a análise temporal, foram utilizadas as variações quantitativas percentuais dos anos de 2010/2012, 2012/2014 e 2004/2014 respectivamente, para as classes conforme o Quadro 1, da SBHRI.

Na análise espacial, foram utilizadas as variações quantitativas percentuais dos anos de 2004/2014, às classes conforme o Quadro 1, para os municípios de Água Azul do Norte, Marabá, Parauapebas e Canaã dos Carajás.

Para o cálculo da matriz de transição na SBHRI, foram adotados os anos de 2004/2014, por meio da criação de *shapefiles* a cada classe de 2004. Para tal, a sobreposição dos dados 2004 foi correlacionada com os dados de 2014, dessa forma analisou-se a relação da cobertura vegetal com uso e ocupação do solo.

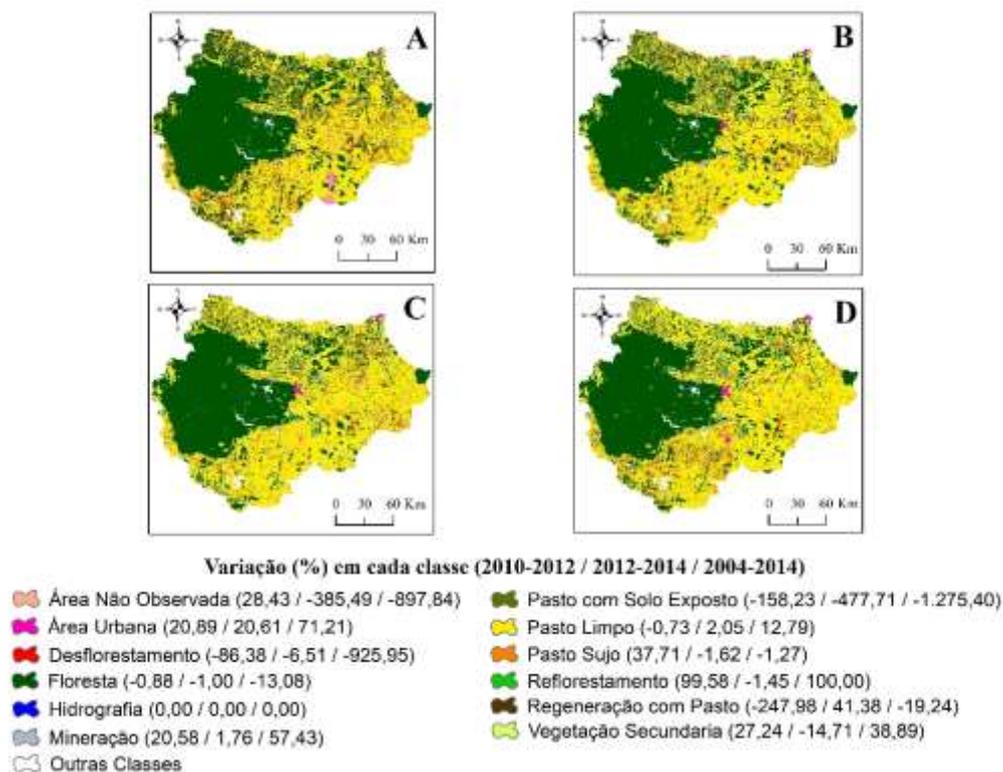
Tanto para análise temporal, espacial e de transição, as variações percentuais das classes do uso e cobertura da terra foram quantificadas por meio do cálculo de área dos polígonos conforme ESRI (2015).

3. Resultados e Discussão

Os cenários gerados pautaram-se na dinâmica de uso e cobertura da terra para a análise espaço temporal e de transição da SBHRI. A partir dos mapas temáticos (Figura 3), identificaram-se os resultados da análise temporal, encontrados nas classificações do uso e cobertura da terra para as classes mapeadas (Quadro 1).

A classe área não observada, apresentou as variações 28,43%, -385,89% e -897,84%. Tais valores refletem a presença de nuvens ou queimadas na Amazônia, pois de acordo com Nascimento et al., (2013), são comuns quantidades elevadas de nuvens e fogos acidentais no Pará, impondo limitações para as análises.

Figura 3. Variação (%) das classes de uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas (SBHRI).



Legenda: A) 2004; B) 2010; C) 2012; D) 2014. Elaborado: Autores (2016).

Observou-se também, o aumento da área urbana conforme os valores 20,89%, 20,61% e 71,21%. Tal fato, deve-se, a expansão e desenvolvimento econômico da região, que, sobretudo, impulsionou a migração de pessoas de várias regiões do Brasil. Para Andrade et al., (2015) e Da Silva (2009), a expansão é justificada pelo elevado fluxo migratório que ocorreu principalmente, em decorrência dos grandes projetos de mineração, no final da década de 1970 e início da década de 1980.

Para a classe desflorestamento observou-se reduções de 86,36%, 6,51% e 925,95%, isso se deve às políticas públicas, tais como, implementação do Código Florestal, Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC) e preservação das áreas indígenas, que contribuíram para a redução do desmatamento na região. Brasil (2012) e Brasil (2000), explicam essas políticas públicas.

Estudos semelhantes realizados por Bezerra et al., (2015), na sub-bacia hidrográfica do Rio Fresco, na mesorregião do Sudeste Paraense, apresentaram decréscimo dos valores de desflorestamento de 0,63% (273,03 km²), 0,18% (71,44 km²) e 0,16% (79,02 km²) para os anos 2008, 2010 e 2012. Barreto e Silva (2009) corroboram, também, ao afirmar que em 2009, o governo federal anunciou queda de 45% no desmatamento da Amazônia em relação a 2008.

A classe floresta apresentou diminuição significativa de 0,88%, 1,00% e 13,08% na área total da SBHRI, de tal maneira que podemos afirmar que essa diminuição se associa com crescimento da pecuária leiteira e de corte na região. Para Mattedi (2007) e Schlickmann e Schauman (2007), a expansão da pecuária é a principal causa do acelerado processo de desmatamento da Amazônia, cerca de 75 % das áreas desmatadas são ocupadas por agropecuária.

As áreas ocupadas por a classe hidrografia apresentaram valores estáveis de 50,01 Km² na análise temporal. Estes valores mantiveram-se constantes, devido representarem as áreas dos corpos d'água, logo, não corresponde o volume de chuvas ocorridas a cada ano.

Para a classe mineração, houve um incremento de 20,58%, 1,76% e 57,43%, os maiores acréscimos desta categoria foram sobre áreas de pastagens, neste sentido o avanço da mineração, se deve principalmente à exploração das grandes jazidas minerais, na região de Carajás. Conforme Bezerra et al., (2015), na sub-bacia do Rio Fresco, também houve crescimento relevante entre os anos de 2008 (0,07%), 2010 (0,13%) e 2012 (0,14%), no Sudeste do Pará.

Para a análise temporal da classe reflorestamento, nota-se que esta apresentou as variações 99,58%, -1,45% e 100,00%, logo, o crescimento desta categoria ocorreu principalmente devido à necessidade por carvão para abastecer as siderúrgicas da região de Carajás. A área plantada de eucalipto no Pará, em 2009, era de 139.720 mil ha, em 2010 saltou para 148.656 mil ha, caracterizando um aumento de 6,4 % em relação ao ano anterior (Abraf, 2011).

A classe pasto limpo com maior frequência na área da SBHRI, apresentou os valores de -0,73%, 2,05% e 12,79%, tais resultados refletem as necessidades por áreas produtivas para agropecuária. Em sentido oposto ao pasto limpo, com reduções de 37,71%, -1,62%, -1,27% e -158,23%, -477,71%, -1,275,40% encontram-se a classe pasto sujo e pasto com solo exposto, cujas as reduções evidenciam a perda de áreas dessas classes, principalmente para pasto limpo.

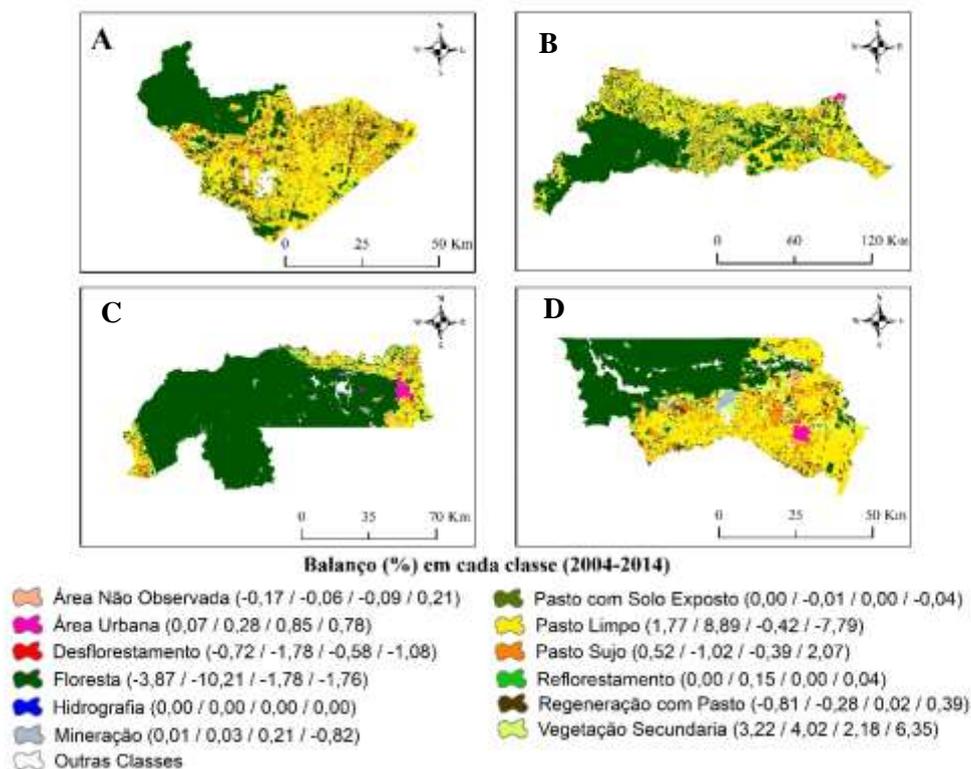
A classe regeneração com pasto apresentou os seguintes valores -247,98%, 41,38% e -19,24%, do total da área da SBHRI, neste sentido a variação da classe representa o crescimento de outras áreas como pasto limpo, pasto sujo e vegetação secundária.

Da mesma maneira que pasto limpo, a área de vegetação secundária exibiu um incremento de 27,24%, -14,71% e 38,89%, de tal forma que podemos afirmar que o avanço dessa categoria foi, sobretudo, em áreas de pasto sujo e regeneração com pasto.

Resultados encontrados por Adami et al., (2015), corroboram com valores encontrados para a SBHRI, pois as classes com maior frequência de ocorrência no estado Pará, são principalmente, áreas de pastagens, dentre elas, pasto limpo e vegetação secundária que ocupam 54% e 25%, respectivamente, das áreas antropizadas.

Com base nos mapas temáticos da análise espacial, para cada município, foram gerados os dados (Figura 4), que quantificam, em termos percentuais, cada classe de UCT, na SBHRI, durante os anos de 2004 a 2014.

Figura 4. Balanço (%) das classes de uso e cobertura da terra entre os anos de 2004 e 2014 na sub-bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas (SBHRI).



Legenda: A) Água Azul do Norte; B) Marabá; C) Parauapebas; D) Canaã dos Carajás. Fonte: Autores (2016).

No município de Água Azul do Norte (Figura 4-A) as classes pasto limpo, pasto sujo e vegetação secundária, obtiveram aumento significativo com valores 1,77%, 0,52% e 3,22%, respectivamente. Estes valores corroboram com a prática da agropecuária na região que necessita de grandes áreas relacionadas a pastagens.

Em sentido oposto as áreas de pastagens, a classe Floresta apresentou uma diminuição significativa de 3,87%, devido o avanço da atividade agropecuária. Conforme explica Figueiredo et al., (2011), classes relacionadas a pastagens, são bastantes expressivas no Sudeste do Pará, em 2009, Água Azul do Norte apresentava 48,5% do seu território usado por fins agropecuários.

Entre os municípios analisados, Água Azul do Norte apresentou o menor percentual para a classe área urbana com aumento de 0,07%, o que pode ter sido influenciado, principalmente, pela economia local e infraestrutura urbana.

Estes valores corroboram com os resultados, já que entre os anos de 2004 a 2014, a população de Água Azul do Norte era de 30.156 e passou a ser de 26.105, em contrapartida, o produto interno bruto do município para os anos de 2004 a 2010, caracterizou crescimento, passando de 95.878 para 179.842. (IDESP, 2014).

Para o município de Marabá (Figura 4-B), os valores foram ainda mais significativos, pois atividades interligadas a pastagem mostraram dominância. Podem-se observar as classes pasto limpo e vegetação secundária que apresentaram crescimento de 8,89% e 4,02%, respectivamente. Estes resultados representam uma área de 1.952,31 km² da superfície do município. A predominância de classes relacionadas a pastagens evidencia a forte pecuária na região.

Estudos realizados por Castro e Watrin (2011), no assentamento PA 26 de Março, em Marabá, justificam os resultados ao afirmar que as pastagens são elementos dominantes da paisagem antropizada.

As demais classes do uso e cobertura da terra no município de Marabá, como área urbana e mineração apresentaram crescimentos de 0,28% e 0,03%, relacionados principalmente, a presença de atividades de siderúrgicas e exploração mineral na

região. De acordo com Castro e Simões (2010), Marabá foi o Polo Siderúrgico do Estado do Pará e chegou a possuir nove Siderúrgicas instaladas para a produção de ferro-gusa, correspondendo a 12,8% do total de siderúrgicas instaladas em todo o País.

Para a classe reflorestamento em Marabá, vale ressaltar que esta, teve ganho de 0,15%, este acréscimo ocorreu devido a necessidade por carvão, para abastecer as indústrias de ferro-gusa. Carrera (2016), diz que somente o município de Marabá entre os anos de 1990-2014, produziu 8.987,84 toneladas de carvão vegetal para seu abastecimento.

Quanto ao município de Parauapebas (Figura 4-C), a classe mineração apresentou crescimento de 0,21%, este resultado foi influenciado principalmente pelas explorações de jazidas minerais da região, logo as atividades minerais demandaram mão de obra, induzindo um elevado fluxo migratório para o município, como demonstra o crescimento de área urbana 0,85%.

Para Pinheiro et al., (2012), a área onde se localiza Parauapebas é uma região que sofreu um grande dinamismo econômico, atraindo um grande contingente populacional, ligado aos setores da agropecuária e mineração.

A classe floresta em Parauapebas apresentou o menor decréscimo entre os municípios analisados 1,78%, isso se deve a políticas públicas, além da manutenção de áreas indígenas como Xikrin do Katete e áreas de conservação entre elas: Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado, Floresta Nacional de Carajás e Floresta Nacional do Itacaiúnas.

O município de Parauapebas até o ano de 2009 perdeu 19,7% de suas florestas, porém 78,8% do seu território estão dentro de áreas protegidas. Verifica-se que o desflorestamento dentro de áreas protegidas em Parauapebas é de apenas 2,6%, enquanto que o desflorestamento fora de áreas protegidas é de 82,5%, (Monteiro, 2012).

Os valores de crescimento obtidos em Canaã dos Carajás (Figura 4-D), para as classes área urbana e mineração foram de 0,78% e 0,82%, estes resultados demonstram uma realidade similar à de Parauapebas, devido estes municípios deterem em suas adjacências de grandes jazidas minerais.

Para Craice e Souza (2013) e Da Silva e Medeiros (2014) as cidades do Sudeste Paraense, entre elas Canaã dos Carajás, modificaram-se significativamente e atraíram um grande fluxo de pessoa, a partir dos grandes projetos voltados para a exploração dos recursos naturais. Da Penha (2015) corrobora que com a implantação da mina (S11D) em Canaã dos Carajás a acumulação de capital no município, favorecerá o desenvolvimento econômico e urbano, contudo implicará em conflitos com comunidades nativas.

Em analogia as demais classes identificadas no município de Canaã dos Carajás, as que obtiveram incremento foram vegetação secundária, pasto sujo, regeneração com pasto e área não observada, apresentando os respectivos valores 6,35%, 2,07%, 0,39% e 0,21%. Estes valores justificam a forte pecuária na região. Para Castelo & Almeida (2015), o município de Canaã dos Carajás e entre outros do Sudeste Paraense, como Marabá, merecem destaque, pois juntos apresentam cerca de 4,42% do rebanho bovino estadual.

Com relação à classe reflorestamento, esta teve aumento de 0,04%, no município de Canaã dos Carajás, este acréscimo relaciona-se a passivos ambientais aplicados a empresas mineradoras. Santos (2010), corrobora ao dizer que para a instalação de projetos mineralógicos na região de Carajás, teve de incluir-se a projetos agropecuários e de reflorestamento.

Por meio da análise espacial da Figura 4, torna-se visível que as classes que englobam áreas de pastagens, vêm tomando lugar de áreas florestadas, nos quatros municípios estudados. Esses avanços refletem uso intensivo dos recursos naturais. Na figura B e C, os reflexos do crescimento urbano e mineração tomam formas, e mostram o aumento das manchas. Algumas classes de uso e cobertura da terra apresentaram valores menores, logo, esses valores não deixam de caracterizar o antropismo nas áreas estudadas.

As transições entre os fragmentos ocorridas entre 2004 e 2014 (Tabela 1), que mostra a relação entre as classes de uso e cobertura da terra e uso e ocupação do solo. Essas transições indicam a perda bruta ou o ganho, representado pela classe de intersecção.

Tabela 1 – Matriz de transição entre os mapas dos anos 2004 e 2014, com áreas em Km² na sub-bacia hidrográfica. Onde: ANOB (Não Observada); AU (Área Urbana); DSF (Desflorestamento); FLO (Floresta); MINE (Mineração); PSE (Pasto com Solo Exposto); PL (Pasto Limpo); (Pasto Sujo); REFLO (Reflorestamento); RP (Regeneração com Pasto); VEG (Vegetação Secundária).

Classes		2014					
		ANOB	AU	DSF	FLO	MINE	PSE
2004	DSF	4,53	0,78	-	0,00	0,79	-
	FLO	7,56	3,68	60,44	16.645,72	16,79	0,00
	PSE	-	0,22	-	-	-	-
	PL	30,49	82,69	-	0,09	24,03	0,19
	PS	4,12	15,93	-	0,02	5,56	-
	RP	2,59	2,46	-	0,01	2,33	-
	VEG	3,37	17,11	0,02	0,02	4,44	-
Total Geral		52,66	122,87	60,46	16.645,86	53,95	0,20
Classes		PL	PS	REFLO	RP	VEG	
2004	DSF	415,07	53,17	0,00	37,00	107,30	
	FLO	1.413,46	156,62	0,31	128,21	366,30	
	PSE	2,17	0,41	-	0,00	0,40	
	PL	10.974,54	1.510,76	17,14	624,27	912,02	
	PS	1.449,74	411,59	0,85	0,85	464,18	
	RP	696,09	191,01	0,39	137,16	513,73	
	VEG	746,60	132,75	3,09	119,46	1.164,65	
Total Geral		15.697,66	2.456,32	21,78	1.046,95	3.528,56	

Fonte: Autores (2016).

Ao analisar a matriz de transição (Tabela 1) entre os dados do *TerraClass* 2004 e 2014 observa-se que 88,43% da área de floresta (16.645,72 km²) permaneceram estáveis e que 10,96% da perda se deram pelas classes de pastagens (2.064,59 km²) como pasto limpo, pasto sujo, regeneração com pasto e vegetação secundária. A classe floresta ficou deficitária em 2.178,05 km² com relação às áreas de uso e ocupação do solo.

A classe floresta apresentou redução, devido à necessidade de grandes áreas de pastagens, pois a SBHRI é caracterizada principalmente pela forte atividade da pecuária e agricultura. Castelo e Almeida (2015), corroboram com o exposto, ao afirmar, que mesmo políticas do governo de combate ao desmatamento na região, não afetaram diretamente a grande produção agrícola, nem o rebanho bovino, que continuaram em relativa expansão na região Sudeste do Pará.

Para a classe pasto limpo verificou-se que 77,23% de sua área, permaneceram estáveis (10.974,54 km²), no período analisado, com relação à transição desta categoria, 21,44% (3.047,05 km²), do que era pasto limpo deu origem a outras

categorias de pastagens, entre elas pasto sujo, regeneração com pasto e vegetação secundária (Tabela 1). Tais alterações sofridas por pasto limpo permitem afirmar, que atividades relacionadas a pastagens são predominantes na região da SBHRI.

Andrade et al., (2015), afirma que a dinâmica do comportamento das classes pasto limpo, regeneração com pasto e vegetação secundária, estão relacionadas, devido ao uso destinado às áreas em determinado momento, formando um ciclo de uso.

A classe vegetação secundária, quando analisada a transição entre 2004 e 2014, teve aproximadamente 53% de sua área (1.164,65 km²) sem alteração, de tal maneira que podemos afirmar que essa área possui no mínimo 10 anos. Com relação à transição, 45,29% da área de vegetação secundária deu origem a classes de pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto (Tabela 1). Os valores encontrados reforçam que áreas de pastagens continuam a dar origem a outras classes de pastagens.

Estudos realizados por Bezerra et al., (2015) e Adami (2015), corroboram ao afirmar que áreas de pastagens estão cedendo áreas para a agricultura e vegetação secundária, além do mais, a dinâmica do uso e cobertura do solo está baseado na consolidação da agricultura e pecuária no estado paraense.

4. Conclusão

Os usos desordenados da terra ao longo de Sub-Bacias hidrográficas têm proporcionado mudanças do cenário natural. Esta alteração favoreceu o crescimento de classes como áreas urbanas, mineração e pecuária. A utilização de ferramentas de Sensoriamento Remoto, no estudo da SBHRI, torna-se importante para ações de planejamento de recursos hídricos, visando à melhoria do uso e ocupação do solo.

Por meio da análise espaço temporal e de transição pode-se concluir que as áreas de pastagens estão avançando principalmente sobre áreas de florestas. Na análise espacial, os municípios de Água Azul do Norte e Marabá, apresentaram maiores áreas de pastagens devido à influência da pecuária. Em contrapartida, Parauapebas e Canaã dos Carajás apresentaram maiores áreas de florestas, pois abrigam áreas de conservação ambiental e áreas indígenas.

As mudanças observadas na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (SBHRI) demonstra que cada vez mais se torna imprescindível a gestão dos recursos hídricos. Tal fato, pode ser subsidiado pela aplicação de tecnologias de monitoramento do uso e cobertura da terra.

Dessa maneira, torna-se indispensável futuros trabalhos na área, com objetivo de conservar os recursos naturais, uma vez que, a região está suscetível a modificações pelo uso e ocupação da terra, estudos torna da (SBHRI) sobre a qualidade do solo, ar, vegetação, água, além disso monitorar o desenvolvimento econômico é um importante instrumento para o equilíbrio ambiental.

Tendo em vista, o uso e cobertura da terra, é imprescindível trabalhos futuros acerca da dinâmica dos recursos hídricos (chuva e vazão), mudanças climáticas, impactos das atividades agropecuárias, industriais e mineração sobre as áreas de influência em torno da sub-região Itacaiúnas, uma vez que, conhecer a região e suas características é fundamental para compreender as relações ambientais e auxiliar nos projetos e/ou estudos que visem a melhoria.

Referências

- Adami, M., Gomes, A. R., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., & Venturieri, A. (2015). Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012. João Pessoa – PB. In *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. (p.7028).
- Almeida, C. A., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C. G., Dessay, N., Durieux, L., & Gomes, A. R. (2016). High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazônica*: 46(3), 291-302. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504>
- Andrade, A. D., Miranda, M. V. C., Brandão, V. V. P., Braga, T. G. M., Pereira, B. W. F., & Marques, G. T. (2015). Avaliação do uso e cobertura do solo no município de Parauapebas-Pa utilizando dados do projeto terraclass. Poços de caldas – MG. In *Anais XII Congresso nacional de meio ambiente de poços de caldas*. (p.216).

- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF. (2016). *Anuário Estatístico*. <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3887>
- Barreto, P., & Silva, D. (2009). Os desafios para uma pecuária mais sustentável na Amazônia. *Série O Estado da Amazônia*, 14 (1).
- Batista Cirilo, B., & Trindade de Almeida, O. (2020). Os limites à atuação do poder público municipal na gestão de recursos hídricos das bacias hidrográficas do rio Marapanim e do rio Itacaiúnas, estado do Pará. *Geografares*: 1(31), 268–292. <https://doi.org/10.7147/geo.v1i31.31165>
- Brasil. (2000). *Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Presidência da República. Brasília – DF.
- Brasil. (2012). *Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio De 2012*. “Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências”. Presidência da República. Brasília – DF. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm
- Bezerra, P. E. S., Costa, A. M. S., Furtado, M. P., & Silva, W. R. S. (2016). Análise multitemporal do uso e ocupação do solo da sub-região hidrográfica do rio fresco, estado do Pará. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará*: 2(2), 1-16. [10.17553/2359-0831/ihgp.v2n2p1-9](https://doi.org/10.17553/2359-0831/ihgp.v2n2p1-9)
- Carrera, J. C., Rodrigues, E. A., Pereira, L. S., Ramos, C. J. G., & Silva, I. M. (2016). Análise das Taxas de Crescimento da Produção e dos Preços do Carvão Vegetal nos Principais Municípios Produtores do Estado do Pará, Brasil. Curitiba – PR. In *Anais XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira*.
- Castelo, T. B., & Almeida, O. T., (2015). Desmatamento e uso da terra no Pará. *Revista de Política Agrícola*: 24(1), 99-111.
- Castro, F. N., & Simões, A. V. (2010). A Criação do Território do Sudeste Paraense: um Estudo Sobre a Implementação dos Programas de Desenvolvimento Territoriais. Belém-PA. In *Anais II Encontro da Sociedade Brasileira de Sociologia da Região Norte*.
- Castro, A. R., Watrin, O. (2013). Análise espacial de áreas com restrição legal de uso do solo em projeto de assentamento no sudeste paraense. *Geografia Ensino & Pesquisa*: 17(2), 157-166. <https://doi.org/10.5902/2236499410779>
- Cemin, G., Perico, E., & Rempel, C. (2009). Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. Viçosa-MG: *R. Árvore*. 33(4), 705-711. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000400013>
- Coelho, V. H. R., Montenegro, S. M. G. L., Almeida, C. N., Lima, E. R. V., Neto, A. R., & Coelho, G. S. S. M. (2014). Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8(1), 64-72. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100009>
- Dias, L. B. A., Garcia, P. S., Pereira, L. C., & Pereira Junior, A. (2021). Multitemporal analysis of deforestation and burns in the Itacaiúnas sub-basin, Marabá - Para. *Research, Society and Development*, 10(3), e34010313255. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13255>
- Dipe, M. P. M. (2009). *Reflorestamento de Área Degradada em Propriedade Cafeeira*. Tecnologia em Cafeicultura. Muzambinho – MG. Instituto Federal do Sul de Minas Gerais.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (2016). *Gestão Ambiental e Territorial*.
- Esri. Environmental Systems Research Institute. (2015). Software *ArcGIS for Desktop*. Versão. 10.3.1 Redlands: Environmental Systems Research Institute.
- Figueiredo, D. C., Silva, M. R., & Bettiol, G. M. (2011). Mapeamento e monitoramento de pastagens no Sudeste do Pará. Curitiba – PR. In *Anais XV Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto*. (p.169).
- Gerhard, P.; Maciel, M. N. M.; & Watrin, O. S. (2009). Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. *Geografia*: 34(3), 455-472.
- Guimarães, N. A., & Da Penha, J. W. (2009). Mapeamento das áreas de risco de inundação com a utilização do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente: estudo de caso em Muriaé. *Revista Agrogeoambiental*: 1(2), 1-14.
- Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará - IDESP. (2016). *Estatística Municipal*. <http://basearch.coc.fiocruz.br/index.php/instituto-de-desenvolvimento-economico-do-para>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2016). Malhas Municipais. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-doterritorio/malhas-territoriais/15774malhas.html?=&t=o-que-e>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. (2014). *CRA - Centro Regional da Amazônia*. TerraClass. http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php
- Lobato, M. M. (2014). Reestruturação Produtiva na Amazônia: Contribuições Para o Debate Espacial do Sudeste Paraense. *Revista GeoAmazônia*: 1(2), 1-14. [10.17551/2358-1778/geoamazonia.n2v1p28-41](https://doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia.n2v1p28-41)
- Mattedi, J. C. (2007) *Pecuária é o motor do desmatamento na Amazônia*, diz secretário do MMA. <https://www.ecodebate.com.br/2007/02/05/pecuaria-e-motor-de-desmatamento-da-amazonia-diz-mma-secretario-de-rondonia-aponta-vantagem-do-desmatamento-recorde/>
- Mendoza, M. E., Granados, E. L., Geneletti, D., Pérez-Salicip, D. R., & Salinas, V. (2011). Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). *Applied Geography*: 31(1), 237-350. [doi:10.1016/j.apgeog.2010.05.010](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.05.010)

- Monteiro, E., F. (2012). *Análise do desflorestamento nos municípios do estado do Pará entre os anos de 2000 a 2009 e a importância das áreas protegidas na contenção do desflorestamento*. Belém – PA. *Dissertação de Mestrado*.
- Oliveira, R. C., & Araújo, R. C. (2013). Estudo da Ocorrência de Mudanças Temporais na Precipitação e Descarga da Sub-Bacia do Rio Itacaiúnas, Sudeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*: 6 (2), 148-156.
- Palheta, S. J. M., & Medeiros, G. R. N. (2014). Ordenamento Territorial e Mineração nas Cidades da Amazônia Paraense. São Paulo – SP. *In Anais VI Congresso Iberoamericano de Estudio Territoriales y Ambientales*. (p.4725).
- Palheta, S.J.M. (2009). Território e mineração na Amazônia paraense norte do Brasil. Montevidéu, Uruguay. *In Anais do 12º EGAL*.
- Pinheiro, A. C. L., Maia, B. E. C., Monte, L. F. O., Sabino, T. A. G., & Ribeiro. R. (2012). Dinâmica demográfica e políticas públicas urbanas em áreas de influência de grandes projetos econômicos no Estado do Pará: o estudo de caso de Altamira, Marabá e Parauapebas. *Encontro nacional de estudos populacionais*: 18(1), 1-12.
- Rocha, G. M. (2015). Usinas hidrelétricas e mudanças demográficas na Amazônia brasileira. *Nadir: rev. electron. geogr. Austral*: 7 (1), 0718-0730.
- Rocha, P. L., & Nogueira, A. P. F. (2015). Os impactos do desenvolvimento na área de influência da estrada de ferro Carajás. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*: 1(1), 212-225. DOI: 10.18766/2446-6549/interespaco.v1n1p212-225
- Rocha, M. B. B., & Rosa, R. (2008). Caracterização do Meio Físico e Monitoramento do uso da terra de 1985 e 2005 do Município de Araxá-MG: *Caminhos da Geografia*. 9(1), 95-107, 1-20.
- Rodrigues, W. C. (2007). Metodologia científica. *Paracambi: Faetec/ist*. 40(1) 1-32.
- Rolim, S. G., Couto, H. T. Z., Jesus, R. M., & França, J. T. (2006). Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Serra dos Carajás (PA). Manaus - AM: *Acta Amazônica*. 36(1), 107-114. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000100013>
- Santos, R. L. (2010). O projeto Grande Carajás - PGC e algumas consequências regionais. *Revista Eletrônica Boletim do Tempo*.5(7), 1-11.
- Schlickmann, H., & Schauman, S. A. (2007) Pecuária, desmatamento e desastres ambientais na Amazônia. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*. 3(2), 1-7.
- Serviço Florestal Brasileiro - SFB. (2016). *SNIF - Sistema de Informações Florestais*. <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/>
- Souza, C. B. G., & Pereira, T. C. B. (2008). A urbanização no entorno dos Grandes Projetos da Amazônia: As áreas de risco em Parauapebas (PA). Brasília – DF. *In Anais IV Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade-ANPPAS*. 4(5), 1-8.
- Souza, C. C., & Sudré, M. F. (2013). Entre minérios e rios: notas sobre urbanização, migração e consumo no sudeste do Pará. *In Anais XV Encontros Nacionais da ANPUR*. (p.892).
- Tremea, A., Gallo, J., & Silva, A. J. F. da. (2020). Análise espaço-temporal do desmatamento via sensoriamento remoto no projeto de assentamento Santa Júlia, sudoeste do estado do Pará. *Revista Meio Ambiente E Sustentabilidade*: 9(19). <https://doi.org/10.22292/mas.v9i19.895>
- Topodata. (2016). *Banco de Dados Geométricos do Brasil*. <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>
- Vaeza, R. F., Filho, P. C. O., Maia, A. G., & Disperati, A. A. (2010). Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. *Floresta e Ambiente*: 17(1), 23-29. 10.4322/loram.2011.003