

● Resumo

O monitoramento do uso do solo por meio de sensoriamento remoto representa uma ferramenta importante para compreender a dinâmica das áreas agrícolas. Embora houve avanços no mapeamento do uso e cobertura da terra, a precisão dos mapeamentos de culturas permanentes ainda é baixa para algumas regiões do Brasil. Neste trabalho, utilizamos imagens de alta resolução da Maxar (~30 cm) disponibilizadas pelo Google para mapear três culturas permanentes (cítricos, dendê e pimenta-do-reino) no município de Santa Luzia do Pará, no nordeste paraense, para o delineamento manual dos polígonos de cada cultura utilizando o software QGIS. Com base no Cadastro Ambiental Rural (CAR), quantificamos o número de propriedades rurais cultivando cada uma das culturas. Considerando o Módulo Fiscal (MF) do município (75 ha) e informações do CAR classificamos as propriedades como pequenas (≤ 1 MF), médias (> 1 e ≤ 5 MF) e grandes propriedades (> 5 MF). Os resultados indicam uma área total de 1.491,5 ha das três culturas, sendo: 1.359 ha com dendê, 98,1 ha com pimenta-do-reino e 34,4 ha com cítricos. No total, identificamos 283 propriedades rurais registradas no CAR, onde 112 produzem dendê, 122 pimenta-do-reino e 49 cítricos. Contudo, 3,3% da área de cultura permanente do município (48,6 ha) está em propriedade não cadastradas no CAR, sendo a maioria dendê (19,5 ha), seguido por pimenta-do-reino (19,0 ha), e cítricos (10,1 ha). As informações geradas neste estudo podem contribuir para auxiliar os órgãos públicos e privados em decisões sobre a agricultura e regularização ambiental no município.

● Termos indexadores

Cítricos; Pimenta-do-Reino; Dendê; Sensoriamento Remoto; CAR

● Abstract

Monitoring land use through remote sensing represents an important tool for understanding the dynamics of agricultural areas. Although there have been advances in mapping land use and cover, the accuracy of mapping permanent crops is still low for some regions of Brazil. In this work, we used high-resolution images from Maxar (~30 cm) made available by Google to map three permanent crops (citrus, palm oil and black pepper) in the municipality of Santa Luzia do Pará, in the northeast of Pará, for manual delineation of the polygons of each culture using QGIS software. Based on the Rural Environmental Registry (CAR), we quantified the number of rural properties cultivating each crop. Considering the municipality's Fiscal Module (MF) (75 ha) and CAR information, we classify properties as small (≤ 1 MF), medium (> 1 and ≤ 5 MF) and large properties (> 5 MF). The results indicate a total area of 1,491.5 ha of the three crops, of which: 1,359 ha with oil palm, 98.1 ha with black pepper and 34.4 ha with citrus. In total, we identified 283 rural properties registered in CAR, where 112 produce oil palm, 122 black pepper and 49 citrus. However, 3.3% of the municipality's permanent crop area (48.6 ha) is on properties not registered in the CAR, the majority of which are oil palm (19.5 ha), followed by black pepper (19.0 ha), and citrus (10.1 ha). The information generated in this study can contribute to assisting public and private bodies in decisions about agriculture and environmental regularization in the municipality.

● Index terms

Citrus; Black pepper; Palm oil; Remote sensing; CAR

MAPEAMENTO DE CULTURAS PERMANENTES E CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA DO PARÁ, BRASIL

1. Introdução

O uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto, para monitorar o uso do solo é uma ferramenta vital na compreensão da dinâmica das áreas agrícolas (SILVÉRIO et al., 2022; PASSOS et al., 2023; CARNEIRO et al., 2023; OLIVEIRA, et al.; 2023). Esse monitoramento da vegetação oferece uma compreensão abrangente e estratégica, visando uma melhor qualidade de vida através do uso sustentável do solo e sua vegetação associada (SOUZA et al., 2011; JAHNZ & STOYCHEVA, 2023). No entanto, os mapeamentos de uso e cobertura do solo ainda são frequentemente realizados de maneira automática, sem validação visual, resultando em deficiências na precisão do mapeamento das culturas em pequena escala (MapBiomass, 2023).

A prática da agricultura com culturas permanentes desempenha um papel considerável na preservação do meio ambiente. Devido ao seu ciclo vegetativo mais longo, essas culturas reduzem a necessidade de intervenções frequentes no solo. Uma vez que o solo é preparado e as plantações estabelecidas, a produção pode perdurar por anos, minimizando o impacto ambiental das atividades agrícolas (MARTINEZ-CASTILLO, 2016). Destacamos as culturas permanentes de citros (gênero *Citrus* L.), pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e dendê (palmeiras do gênero *Elaeis* Jacq.) com relevância econômica na região do nordeste paraense pelo grande número de agricultores familiares que as utilizam esse tipo de cultura para sua subsistência. Contudo, no município de Santa Luzia do Pará, há poucas informações sobre a distribuição das culturas permanentes e o perfil das propriedades rurais.

Neste contexto, o objetivo deste relatório é fornecer uma estimativa da área com culturas permanentes de citros, dendê e pimenta-do-reino, sua distribuição espacial e a caracterização do perfil das propriedades rurais através do mapeamento visual utilizando imagens de satélite de alta resolução no município Santa Luzia do Pará. Essas informações podem ser favorecidas através da identificação e monitoramento através de imagens de satélites de alta resolução no mapeamento de culturas permanentes, como as culturas aqui delimitadas (SILVÉRIO et al., 2022; PASSOS et al., 2023; CARNEIRO et al., 2023; OLIVEIRA, et al.; 2023). Acreditamos que o acesso a essas informações capacita a sociedade civil, órgãos públicos e privados a compartilhar opiniões e implementar uma gestão agrícola de qualidade, promovendo o uso responsável e sustentável do solo.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

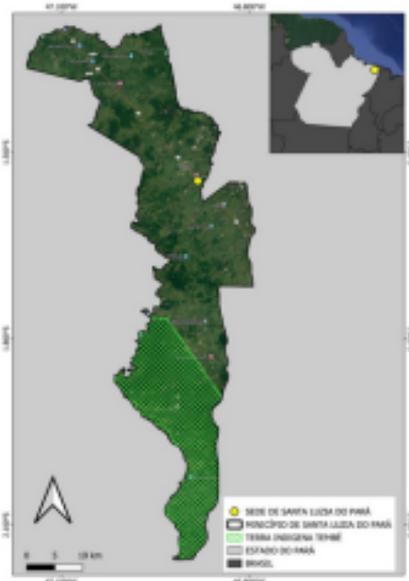
Realizamos esse estudo no município de Santa Luzia do Pará (Figura 1), criado em 1991, desmembrado do município de Ourém e fundado em 1727. Com três décadas de existência, ainda hoje pouco se conhece sobre a dinâmica do uso do solo desse município (TAVARES, 2008, CORDEIRO et al., 2017, SOUSA, 2021). O município apresenta, por um lado, uma área maior composta por propriedades rurais onde a agricultura, silvicultura e a pecuária desempenham um papel importante na economia local (IBGE, 2023).

MAPEAMENTO DE CULTURAS PERMANENTES E CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA DO PARÁ, BRASIL

Por outro lado, há a existência de uma área de preservação ambiental, o território indígena (TI) ocupado pelo povo Tembé (CORDEIRO et al., 2017).

O município localiza-se na microrregião do Guamá, inserida na mesorregião do Nordeste Paraense (1° 39' 23,9"S, -46° 55' 36,9"W), com altitude média de 50 metros acima do nível do mar. Possui uma área de 1.346,5 km² com população de 20.370 habitantes (IBGE, 2023). O solo dominante no município é o Latossolo Amarelo Distrófico (SANTOS et al., 2011). A média de precipitação é de 165,6 mm, os meses mais chuvosos vão de janeiro a maio e os menos chuvosos de julho a novembro (CLIMATEMPO, 2023).

Figura 1. Mapa do município de Santa Luzia do Pará, localizado no nordeste do estado do Pará.



A vegetação do município de Santa Luzia do Pará é formada originalmente por Floresta ombrófila densa, mas com remanescentes de floresta secundária (9,3%) e primária (1,5%) (CORDEIRO et al. 2017). Atualmente a agricultura e a pecuária se destacam na paisagem local (SOUSA, 2021).

2.2 Procedimentos de mapeamento

O mapeamento das culturas permanentes consiste em quatro principais passos: 1) A delimitação do limite do município de Santa Luzia do Pará, através do arquivo vetorial (formato shapefile) (IBGE, 2023); 2) O mapeamento das culturas permanentes de citros, dendê e pimenta-do-reino ocorreu por interpretação visual de imagens da Maxar (Maxar Technologies, 2023); 3) Classificação do tamanho das propriedades rurais utilizando o cadastro ambiental rural (CAR) para a caracterização do perfil das propriedades; e 4) Comparação com os dados do Mapbiomas e IBGE. As imagens Maxar possuem uma resolução de ~30 x 30 cm por pixel e uma janela temporal dos mosaicos de imagens entre agosto de 2017 a setembro de 2022, disponibilizadas no Google satélite e no Bing Virtual Earth.

Estas etapas foram realizadas nos softwares QGIS (QGIS, 2023) e R (R Core Team 2023).

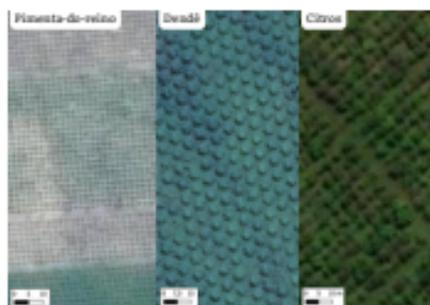
2.3 Interpretação dos padrões das culturas permanentes

A diferenciação das culturas de citros, dendê e pimenta-do-reino está associada aos padrões visuais de formato da copa das plantas e o espaçamento entre os indivíduos na mesma área da cultura. Em citros, variou em torno de 6 a 7 x 4 m, enquanto pimenta-do-reino apresentou diferentes espaçamentos, variando entre 0,4 e 2,5 m.

MAPEAMENTO DE CULTURAS PERMANENTES E CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA DO PARÁ, BRASIL

Já dendê apresenta espaçamentos maiores, em torno de 9 x 9 m, e é facilmente identificado pela uniformidade das copas em formato de estrela (DALAGNOL et al., 2022) (Figura 2). Medimos esse espaçamento utilizando a ferramenta “linha” do Software QGIS.

Figura 2. Exemplificação das culturas permanentes de pimenta-do-reino, dendê e citros através de uma imagem do Maxar (2021) disponível no Google Earth.



2.4 Dados do Cadastro Ambiental Rural

Para analisar o perfil das propriedades produtoras, utilizamos os dados do CAR, obtidos no site Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022) para o município de Santa Luzia do Pará. Classificamos o tamanho dos imóveis rurais de acordo com o número de módulos fiscais (MF), equivalente a 75 ha para o município de Santa Luzia do Pará (Embrapa, 2022). Consideramos as propriedades em três categorias de tamanho, de acordo com a quantidade de MF: pequenas (propriedades com área < 1 MF); médias (propriedades com área ≥ 1 e < 5 MF); e grandes propriedades (≥ 5 MF). Comparamos os resultados do nosso mapeamento com os dados disponíveis do Censo Agropecuário do IBGE 2017 (IBGE, 2017).

Esses dados quantificam a produção das atividades agropecuárias brasileiras, e apresentam a área plantada por municípios das culturas de citros, dendê e pimenta-do-reino. Também comparamos nossos resultados com o mapeamento realizado pelo projeto MapBiomass, que produz mapas anuais de uso e cobertura do solo para todo o Brasil, e apresenta as classes de agricultura permanente e citros como uma das subcategorias.

3. Resultados e discussão

Mapeamos uma área de 1.491,5 ha, onde 1.359 hectares são culturas de dendê, 98,1 ha de pimenta-do-reino e 34,4 ha de citros. O plantio de dendê abrange uma área total de 1.340 ha registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) (98,6%) distribuídos em 112 propriedades. Dessas, 84 são classificadas como pequenas propriedades rurais, 19 como médias e nove como grandes propriedades. Pimenta-do-reino possui 79,1 ha (80,7%) registrados no CAR em 122 propriedades, onde 101 são classificadas como pequenas, 19 como médias e duas como grandes propriedades. Já citros possui 24,3 ha (70,7%) registrados no CAR em 49 propriedades, onde 38 são consideradas pequenas, sete são médias propriedades e quatro são classificadas como grandes propriedades (Tabela 1).

Em relação à distribuição da área total de cada cultura entre as classes de tamanho, observamos que para a cultura de dendê, o maior percentual de área plantada ocorreu nas grandes propriedades (92,6%), seguida das pequenas (5%) e das médias propriedades (1%). Para a cultura de pimenta-do-reino, o maior percentual de área está nas pequenas propriedades (63,1%), seguida das médias (17%) e das grandes (0,5%).

MAPEAMENTO DE CULTURAS PERMANENTES E CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA DO PARÁ, BRASIL

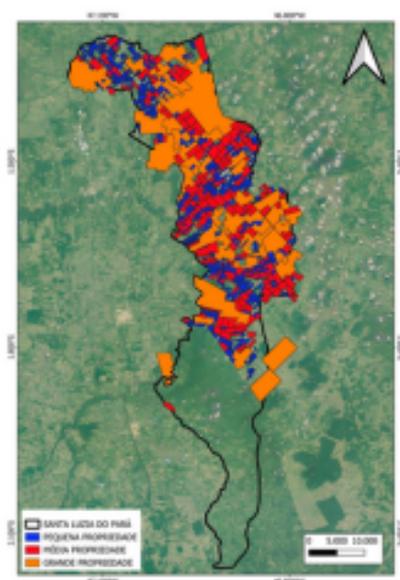
Tabela 1 – Número de propriedades e áreas (ha) com culturas permanentes de dendê, pimenta-do-reino e citros, mapeadas no município de Santa Luzia do Pará, conforme o tamanho das propriedades rurais em 2023 e utilizando imagens Maxar.

Classe	Dendê			Pimenta-do-reino			Citros		
	Nº imóvel	Área (ha)	Área (%)	Nº imóvel	Área (ha)	Área (%)	Nº imóvel	Área (ha)	Área (%)
Pequena Propriedade	84	68,0	3	101	61,9	63,1	38	20,4	39,4
Média Propriedade	19	13,0	1	19	16,7	17	7	2,2	6,4
Grande Propriedade	9	1.259,0	92,6	2	0,5	0,5	4	1,7	4,9
Imóveis com CAR	112	1.340,0	98,6	122	79,1	80,7	49	24,3	70,7
Área sem CAR	-	19,5	1,4	-	19,0	19,3	-	10,1	29,3
Total	112	1.359,0	100	122	98,1	100	49	34,4	100

Já para a cultura de citros, o maior percentual de área plantada também está nas pequenas propriedades (59,4%), seguida das médias (6,4%) e grandes (4,9%) (Tabela 1, Figura 3).

Ao compararmos nossos resultados com os dados do último censo agropecuário do IBGE, realizado em 2017 (IBGE, 2017), notamos discrepâncias em relação aos nossos resultados. Em relação ao plantio de dendê, registramos uma área de 1.359 ha, enquanto o IBGE não registrou nenhuma área de plantio para essa cultura. Já para pimenta-do-reino, identificamos uma área 98,1 ha, 22,9 ha menor que a declarada pelo censo. Por outro lado, encontramos uma área de 27,4 ha de citros maior do que a informação fornecida pelo Censo Agropecuário de 2017 (Tabela 2). Em comparação com os dados do MapBiomas (MapBiomas, 2023), notamos que grande parte das áreas de culturas permanentes são mapeadas como pastagem. Este erro de classificação representa 74,2% para a cultura de dendê, 93,7% para pimenta-do-reino, e 86,1% para citros (Tabela 3).

Figura 3. Distribuição das propriedades rurais de acordo com o tamanho do módulo fiscal no município de Santa Luzia do Pará, Brasil.



MAPEAMENTO DE CULTURAS PERMANENTES E CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA DO PARÁ, BRASIL

Tabela 2. Comparação entre o tamanho das áreas do Censo agropecuário 2017 (IBGE) e do tamanho da área mapeada neste estudo.

Cultura permanente	Censo Agropecuário 2017	Carneiro et al. (2023)
Dendê	-	1.359 ha
Pimenta-do-reino	121 ha	98,1 ha
Citros	7 ha	34,4 ha

Tabela 3. Classificação das áreas mapeadas equivalentes a pasto, floresta e culturas permanentes no MapBiomass.

Id	Classes	Dendê (ha)	Pimenta-do-Reino (ha)	Citros (ha)
3	Formação Florestal	113,4	5,8	4,8
9	Florestas Plantadas	-	0,4	-
15	Pasto	1.008,1	91,9	29,6
24	Área Urbana	-	0,01	-
30	Mineração	7,6	-	-
41	Lavouras Temporárias	2,3	-	-
48	Lavouras Permanentes	233,5	-	-

3. Conclusão

O mapeamento das culturas permanentes de dendê, pimenta-do-reino e citros, em Santa Luzia do Pará, ofereceu uma visão detalhada da distribuição espacial dessas três culturas no município. Dendê predomina em áreas de produção nas grandes propriedades rurais, enquanto pimenta-do-reino e citros destacaram-se nas pequenas e médias propriedades. Em termos de número de propriedades rurais, as pequenas destacam-se em todas as três culturas analisadas. No entanto, em relação ao CAR, constatamos maior ausência nas áreas de pimenta-do-reino e de citros.

A utilização de sensoriamento remoto através de imagens de satélite de alta resolução permitiu uma identificação mais detalhada das áreas com diferentes culturas. Recomendamos a adoção desse método não apenas para o mapeamento dessas culturas permanentes aqui estudadas, mas também de outras culturas, como o açaí, nas demais regiões do estado do Pará. Além disso, nossos resultados podem contribuir para o aprimoramento do planejamento estratégico no setor produtivo do município, bem como para o desenvolvimento de políticas públicas e a implementação de medidas de monitoramento e regulamentação ambiental em áreas de cultivo.

MAPEAMENTO DE CULTURAS PERMANENTES E CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA DO PARÁ, BRASIL

● Agradecimentos

Esse trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, por meio do programa de desenvolvimento da Pós-graduação-PDPG-POSDOC, projeto n.º 88887.691425/2022-00. E pela Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisa - FAPESPA, processo n.º 2022/1437893 - FAPESPA/CNPq do Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Regional - PDCTR.

● Referências bibliográficas

CARNEIRO, FS; RODRIGUES, R; MARQUES, EQ; PASSOS, FB; SILVÉRIO, DV. Mapeamento de culturas permanentes e caracterização os imóveis rurais no município de Aurora do Pará, Brasil: Relatório Técnico 04 /2023. Capitão Poço: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2117>.

CLIMATEMPO. 2023. Climatologia em Santa Luzia do Pará, BR. Disponível em: <https://www.climateempo.com.br/climatologia/6472/santaluziadopara-pa>. Acesso em 06/11/2023.

CORDEIRO, I. M. C. C., ARBAGE, M. J. C., & SCHWARTZ, G. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários. In I. M. C. C. CORDEIRO, L. G. T. RANGEL-VASCONCELOS, G. SCHWARTZ, & F. A. OLIVEIRA (Eds.), Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Ed. EDUFRA, pp. 19-58. 2017. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1073623>

DALAGNOL, R, WAGNER, FH, EMILIO, T, STREHER, AS, GALVÃO, LS, OMETTO, JPHB; ARAGÃO, LEOC. Canopy palm cover across the Brazilian Amazon forests mapped with airborne LiDAR data and deep learning. *Remote Sens Ecol Conserv*, 8: 601-614. 2022. <https://doi.org/10.1002/rse2.264>

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Módulos Fiscais - Portal Embrapa. 2022. Disponível em <<https://www.https://www.embrapa.br/en/codigoflorestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>>. Acesso em: 25/10/2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html>. Acesso em: 19/05/2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023, v4. 6.46. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/aurora-do-para/panorama>

JAHNZ, A; STOYCHEVA, D. Questions and Answers on a Directive on Soil Monitoring and Resilience. European Commission - Questions and answers. Brussels, 5 July 2023. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/%20en/qanda_23_3637

MAPBIOMAS - Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 13 abril 2023, através do link: ><https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>

MARTINEZ-CASTILLO, R. Sustainable agricultural production systems. *Tecnologia en Marcha*, Cartago, v. 29, supl. 1, p. 70-85, Feb. 2016. Available from <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000500070&lng=en&nrm=iso>. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i5.2518>.

MAPEAMENTO DE CULTURAS PERMANENTES E CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA DO PARÁ, BRASIL

OLIVEIRA, AF; SOUZA, FMS; CARNEIRO, FS; PASSOS, FB; ALMADA, HKS; SILVERIO, DV. Mapeamento das propriedades rurais com agricultura permanente no município de Garrafão do Norte-PA: Relatório Técnico 02/2023. Capitão Poço: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2115>

PASSOS, FB; RODRIGUES, R; CARNEIRO, FS; SILVA, RTL; SILVÉRIO, DV. Mapeamento de culturas permanentes e caracterização das propriedades rurais no município de Ourém-PA. Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Capitão Poço, 2022.

QGIS. <https://www.qgis.org/en/site/>. Consultado em 28 de março de 2023.

R CORE TEAM (2023) R: A language and environment for statistical computing

SANTOS, HG; CARVALHO JUNIOR, W; DART, RO; AGLIO, MLD; SOUSA, JS; PARES, JG; FONTANA, A; MARTINS, ALS; OLIVEIRA, AP. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67 p. (Embrapa Solos. Documentos, 130.) 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000.

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123772/1/DOC-130-O-novo-mapa-de-solos-do-Brasil.pdf>. Acesso em 20/04/2023.

SICAR-Sistema de Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/#/>>. Acesso em: 25/10/2022.

SILVÉRIO, DV; REBELATTO, BF; OLIVEIRA, A; PASSOS, FB; EMIDIO, C; SILVA, ACS; SILVA, BMS; FARIAS, RJR;

PRUDENTE, BS; LENZA, E; ALMADA, H. Mapeamento da agricultura perene no município de Capitão Poço: relatório técnico 01/2022. Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Capitão Poço, 2022. <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1703>.

SOUSA, DS. análise temporal do uso e ocupação do solo no município de Santa Luzia Do Pará, nordeste paraense. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Ambiental e Energia Renováveis, Campus Universitário de Capanema, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Capanema, 2021.

SOUZA, JLLL, GOMES, TS, DIAS, RS, SANTOS, RL. A utilização da Geotecnologia enquanto ferramenta de análise da suscetibilidade à erosão do solo no semi-árido baiano. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba-PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p. 4303.

TAVARES, MGC. A formação territorial do espaço paraense: dos fortes à criação de municípios. Revista ACTA Geográfica, Ano II, n.º 3, jan./jun. de 2008, p. 59-83.