

## VI-049 - PEGADA ECOLÓGICA DA ÁREA CONSTRUÍDA DA CIDADE DE MARABÁ-PA

### **Glauber Epifanio Loureiro<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará e Mestre em Engenharia Civil com habilitação em Recursos Hídricos e Saneamento

### **Isabele Ferreira dos Santos<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Pará - UEPA.

### **Yasmim Silva de Oliveira<sup>(3)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Pará - UEPA.

### **Byanca Lorraine Bezerra Amador<sup>(4)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Pará - UEPA

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Hiléia, s/n - Amapá, Marabá - PA, CEP: 68502-100 - Brasil - Tel: (94) 3312-2100 - e-mail: [epfania@uepa.br](mailto:epfania@uepa.br)

### **RESUMO**

As áreas urbanas são centro das atividades humanas e da utilização de recursos naturais. Para alcançar a sustentabilidade da urbanização e manter padrões de consumo, a agenda mundial deve buscar alternativas do desenvolvimento atual com equilíbrio entre a prosperidade humana com a proteção do planeta. Urbanização em constante expansão devido ao crescimento populacional e desenvolvimento afetam fortemente o padrão espacial de mobilidade e consumo. Portanto, para mensurar o nível de sustentabilidade no município de Marabá-PA foi utilizado o indicador Pegada Ecológica (PE), sendo calculado o espaço que cada habitante ocupa e utiliza para consumir os recursos naturais necessários à sua sobrevivência. Para este cálculo foi estimada inicialmente a quantidade de área por habitante, dividindo a população urbana pela área urbana e rural. Para o tratamento e análise de imagens de satélite, adaptou-se a metodologia de conhecimento o software livre QGIS, o qual apresentou os resultados desejados, pôde-se quantificar e classificar as áreas de interesse contidas nas imagens de, o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e a plataforma de cobertura vegetal (MAPBIOMAS), foi possível verificar que pegada ecológica de 0,03 per capita de área construída. Resultado bem abaixo da média mundial. É importante enfatizar que as questões ambientais devem estar sempre inseridas no planejamento urbano, como nesta pesquisa, surge como peça fundamental na gestão ambiental da cidade de Marabá na qual as unidades de conservação e baixo crescimento econômico dos últimos 10 anos contribuem para PE baixa no município.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores de sustentabilidade, Área Construída, Pegada Ecológica.

### **INTRODUÇÃO**

As áreas urbanas são centro das atividades humanas e da utilização de recursos naturais. Para alcançar a sustentabilidade da urbanização e manter padrões de consumo, a agenda mundial deve buscar alternativas do desenvolvimento atual com equilíbrio entre a prosperidade humana com a proteção do planeta.

Urbanização em constante expansão devido ao crescimento populacional e desenvolvimento afetam fortemente o padrão espacial de mobilidade e consumo. O desenvolvimento em áreas urbanas é afetado por pressões de fatores externos adversos e super exploração de recursos (Poom; Ahas; Orru, 2014).

Nos últimos anos, o rápido desenvolvimento urbano e o aumento da demanda humana causaram enormes custos ecológicos. A este respeito, os estudos indicam claramente que o processo de urbanização descontrolado e não planejado coloca um fardo severo sobre biodiversidade e sustentabilidade ambiental, incluindo padrões de consumo de água, mudança no uso da terra, pressões sobre a biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa (Mir; Sobhani; Sayahnia, 2022).



Apesar da importância das consequências da urbanização, seu papel na contínua redução de recursos vem sendo negligenciado. No entanto, o modelo de Pegada Ecológica (PE) forneceu uma estrutura de avaliação quantitativa para o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas. Ou seja, a PE pode ser usada como uma ferramenta para descrever as pressões humanas sobre o meio ambiente e os recursos (Zhang; Chung; Qiu, 2016).

O pilar ambiental do desenvolvimento sustentável pode ser medido por duas métricas distintas: Pegada Ecológica (PE) e Biocapacidade (BC) (Wackernagel & Rees, 1996). A diminuição da BC, acompanhada pelo crescimento da PE e da urbanização, é o principal desafio ambiental que muitos países enfrentam no mundo (Ahmed et al., 2020).

O desenvolvimento urbano pode reduzir a disponibilidade per capita de recursos e aumentar a pegada das famílias no capital natural, o que pode afetar o meio ambiente e trazer prejuízos aos recursos naturais. O monitoramento dos impactos da urbanização e a análise dos métodos de avaliação têm sido realizados usando PE em vários estudos em cidades brasileiras, como Bezerra (2015), Andrade (2006), Oliveira (2012), Dias (2002).

Partindo desta perspectiva, a cidade de Marabá no Estado do Pará, é considerada como ponto estratégico, caracteriza-se como setor fronteiriço em virtude do fácil acesso à outras regiões brasileiras através das rodovias, hidrovias e uma ferrovia. Consolidou-se como receptora de grande contingente migratório, especialmente na década de 70, com a descoberta de grandes depósitos minerais. Até os anos 80, houve crescimento populacional de 72% na cidade. As falhas na implantação de planejamento urbano para absorver o fluxo migratório, perduram até os dias de hoje e fomentaram ainda mais as ocupações informais (Pontes; Cardoso, 2016).

O governo do Estado do Pará tem expressado sua preocupação em atingir a meta de sustentabilidade por meio de diversas estratégias formuladas em seus planos de desenvolvimento regional (PARÁ, 2020).

Recentemente o Governo o Estado, em cumprimento ao Art. 6º do Decreto Nº 941/2020, instituiu, o Plano Estadual Amazônia Agora (PEAA). Este buscará concretizar os Objetivos do desenvolvimento Sustentável, especialmente; Redução das Desigualdades; Consumo e Produção Responsável; Ação contra a Mudança Global do Clima; Vida Terrestre. Para isso, o Plano fomentará o desenvolvimento regional, com atenção ao estímulo da produtividade acompanhada de assistência técnica, à inovação tecnológica aliada às boas práticas socioambientais e à reestruturação da gestão ambiental estadual para alcançar as metas previstas nos acordos internacionais.

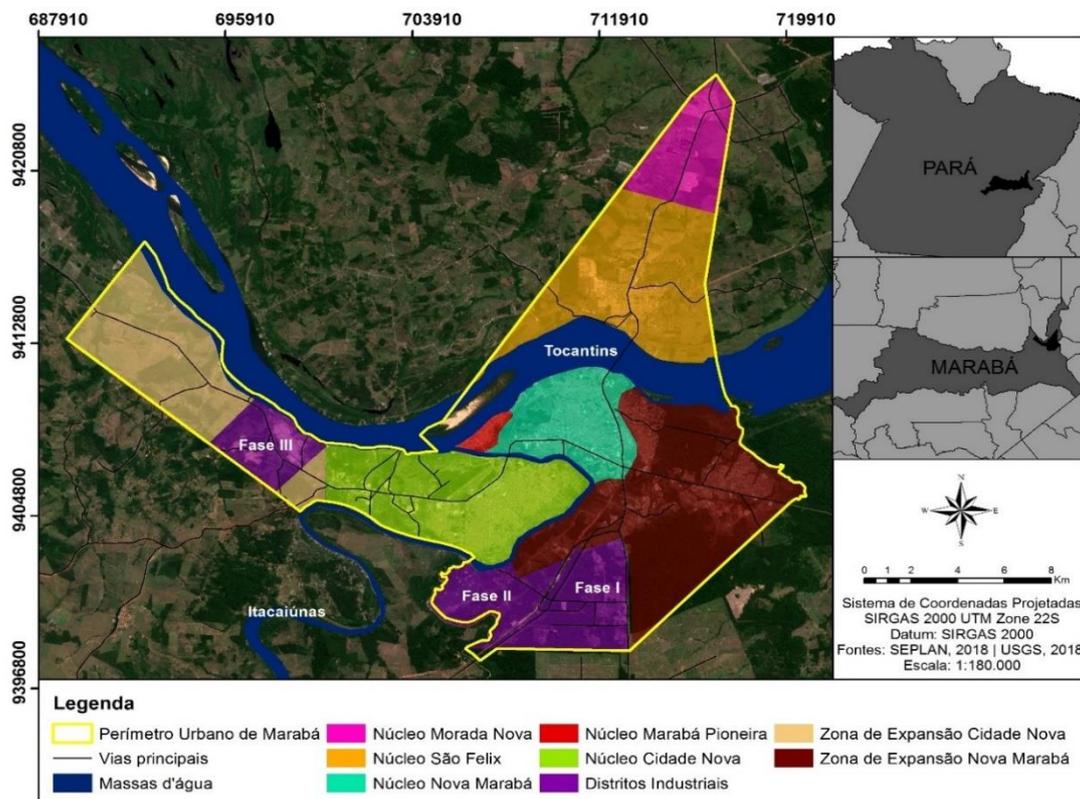
É consenso que o desenvolvimento urbano e a expansão do uso da terra aumentam a PE dos recursos naturais. Logo no presente estudo, a avaliação da pegada ecológica associada a expansão urbana ou melhor da área construída foi investigada para ano de 2022. O principal objetivo desta pesquisa foi abordar as seguintes questões: 1) Qual é a PE da expansão urbana da cidade de marabá? 2) Qual é a biocapacidade de acordo com a população residente e por cada pessoa?

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

A cidade de Marabá, no sudeste do Estado do Pará, nasceu em terras que se situam a confluência entre dois rios, o Itacaiúnas e o Tocantins. Essa localização geográfica mostrou-se economicamente favorável nas décadas de 1920 e 1980, para extração do caucho e castanha-do-pará, mas era inadequada para ocupações de crescimento populacional, pois as condições topográficas não permitiam suportar aglomeração urbana estável (Russi, 2014).

Nesse sentido, a descoberta de grandes jazidas minerais na área estimulou investimentos na cidade por meio da intervenção do Governo Federal, que iniciou o processo de planejamento urbano juntamente com implantação de infraestrutura e outros equipamentos urbanos.



**Figura 1: Localização da área de estudo Fonte, Costa et al. (2020)**

Em seu território estão presentes o rio Tocantins e o rio Itacaiúnas, sendo o rio Tocantins o que percorre 50km do território do município no qual todos os anos sucede as enchentes, um fenômeno natural consequente da topografia, afetando especialmente o Núcleo da Marabá Pioneira, ainda se encontra unidades de conservação indígenas e parques de conservação ambiental que somam 3.224,75 km<sup>2</sup> e representam 21,27 % da área total de Marabá (GEO Marabá, 2010).

Atualmente, Marabá detém posicionamento estratégico em virtude do entroncamento de estradas estaduais e federais, margem da estrada de Ferro Carajás e confluência entre rios. Desse modo, é ponto de conexão entre as demais regiões e estados brasileiros, fato que lhe torna setor fronteiriço (Russi, 2014).

O universo da pesquisa será a população da cidade de Marabá-PA, segundo dados estimados de IBGE (2020). Como amostra, optaram-se por incluir apenas a população dos limites do perímetro urbano de acordo com MARABÁ (2018), devido o enfoque dado a esses ecossistemas em estudos da PE, uma vez que configura geralmente, área de grande demanda de recursos que ultrapassam suas zonas limítrofes. Sabendo que marabá apresenta área rural considerável, mas por questões de critérios e limites da pesquisa apenas será considerado área urbana dos núcleos nova marabá cidade nova e velha marabá (figura 1).

Intuito de colher informações prévias sobre o campo de interesse, consiste na pesquisa de fontes primárias e secundárias. Além de dados do IBGE outros órgãos de governo e instituições civis são essenciais nesta pesquisa para informação como:

- A Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior, Profissional e Tecnológica (SECTET);



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL

- Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (Fapespa);
- Departamento Nacional de Trânsito do Pará e Marabá (DETRAN/DMTU);
- Sindicato de postos de combustíveis de Marabá;
- Secretaria Municipal de Meio ambiente (Sema/Marabá); e
- Secretaria Municipal de Saneamento ambiental de Marabá (SSMA).



O banco de dados para análise foi realizado com base no último ano disponível para cálculo da PE.

## MÉTODO UTILIZADO PARA PEGADA DE ÁREA CONSTRUÍDA

Junto à Superintendência de Desenvolvimento Urbano, foram solicitados dados de área construída na cidade de Marabá, ou informações a respeito, mas os dados requeridos não foram disponibilizados, o que levou à adoção de outras fontes para calcular essa área, uma vez que na POF aplicada, somente foram obtidos dados construídos de residências, ficando de fora o aparato intrínseco de urbanização como construção de estradas, praças, indústrias, comércios, órgãos e prédios públicos.

Nesse aparato, procedeu-se da seguinte forma:

- I. Através de projeção de mapeamento da cidade de Marabá no programa Gis3 QGis, calculou-se a área em hectares dos perímetros urbanos e rural do município de Marabá;
- II. Estabeleceu-se a área urbana como amplamente construída, tomando seu valor de área como área construída da cidade;
- III. Apropriando-se dos dados de áreas residenciais, fez-se a média uso da terra para construção de domicílios, e por habitante;
- IV. Em relação ao meio rural, por sua baixa densidade demográfica, calculou tal área através de multiplicação da média de área residencial do município, pela quantidade de domicílios existentes na zona rural;
- V. Somando-se as áreas rurais e urbanas construídas, tem-se a PE área construída da cidade, que dividindo pelo quantitativo da população, obtém-se a PE per capita.

## MÉTODO DE CÁLCULO DA PE

Devido A estes valores é aplicado o chamado fator de equivalência, que realiza a conversão do resultado em hectares (ha) para hectares globais (gha). Por fim, a Pegada Ecológica total (PE), em hectares globais, será a soma das Pegadas Ecológicas das áreas bioprodutivas.

Logo a  $PE_{total}$  para cidade de Marabá será realizada por meio de planilhas eletrônicas pelo cálculo da equação 1.

$$PE_{total} = \left[ \sum \left( \frac{C_i}{P_i} \right) \right] \times N$$

equação (1)

Em que:

$C_i$  = Consumo médio per capita de cada bem/ítem ou geração de resíduos;

$P_i$  = Produtividade média de cada bem/ítem, ou capacidade de assimilação;

$N$  = População da cidade de marabá-PA

A área construída não representa área de biocapacidade, por sua prática sobrepor bioprodutividade de outras áreas, uma vez que tendem a ocorrer em detrimento das paisagens naturais.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

## PEGADA DA ÁREA CONSTRUIDA

O município de Marabá passa por um intenso processo de urbanização, evidenciado pelos últimos censos do IBGE (2010) com 233.669 habitantes e densidade demográfica de 15,45 hab/km<sup>2</sup>. Já em 2021 a população estimada de 287.664 habitantes, aumento de 18%. O que suscita um aumento da área construída para a implantação de residências e manutenção do estilo de vida urbano, como praças, estradas, prédios, órgãos e estabelecimentos comerciais. Conforme projeções de IBGE (2021) 79% da população vive em perímetro urbano. Assim da área construída da cidade equivalem a uma média de uso de terra de 115.483,5 m<sup>2</sup> por pessoa, no total de 8.944,12 ha na zona urbana (tabela 1) (MapBiomias, 2021).

A área urbana e de expansão de consolidação de Marabá corresponde a menos de 20% da área total do município, abaixo da média brasileira de 37% (Embrapa, 2015).

A zona rural com informações obtidas de IBGE (2017) aponta uma área de 746,99 ha, agregando aquelas destinadas à construção de estabelecimentos agropecuários, benfeitorias ou caminhos, que identifica o uso de terra construída no campo. Em virtude da ausência de dados recentes, esses enredaram os resultados expostos na Tabela 1.

**Tabela 1: Área Construída de Marabá**

Área Construída (ha)	Urbana	Rural	PE total (ha/ano)	PE per capita
	8.944,12	746,998	9.690,12	0.033

Muitos autores como Carmo (2008) e Dias (2002) não considera essa área na PE, pois, a área construída se anula com a respectiva biocapacidade, uma vez que ambas se sobrepõem, referindo-se à mesma área. Porém, em estudos de Cervi e Carvalho (2010), a metodologia abordada foi feita a partir do somatório das áreas locais tidas como construídas, divididas pela população local, identificando-se a PE per capita.

A PE per capita de Marabá está baixa comparada ao valor global de área construída per capita de 0,06 ha, apresentado por Wackernagel et al. (1999), assim como as cidades de Londrina-PR (Lisboa, 2010) e Rio Claro-SP (Oliveira, 2012). Pode-se justificar pelas crises econômicas voltada a indústria guseira, indústria da siderurgia (Sousa, 2017) e conflitos de terra na região sudeste Paraense (Pereira, 2017). Em contraposição em Marabá não houve um grande crescimento populacional que justificasse grande demanda por recursos naturais aliado a grande área florestal pelas unidades de conservação federal e municipal conforme Dados do MapBiomias (2021), 47%.

As áreas de construção, além de consumirem energia e recursos minerais, proporcionam redução das áreas de biodiversidade e produtivas. Nesse sentido, Andrade (2006) apresenta como agravantes: a poluição, a retirada de florestas, além das edificações e estradas que geram ilhas de calor, a impermeabilização dos solos, reduzindo a proteção contra desastres ambientais, como enchentes e desabamentos.

## CONCLUSÕES

A Pegada Ecológica, como indicador, constituiu-se numa ferramenta útil para avaliar o grau de sustentabilidade da cidade de Marabá. Como visto anteriormente, em Marabá existe apenas 0,03 hectares por cada habitante de área construída para PE total de 9.690 ha.

A pegada da área construída encontrada para a cidade de Marabá nesta pesquisa configurou-se numa estimativa preliminar que pode servir de parâmetro para um cálculo posterior mais aprofundado da PE Total podendo incluir outras variáveis não utilizadas neste estudo, sugerindo-se assim, a realização de uma pesquisa mais detalhada que agregue outros dados e período de análise.

Marabá apresenta peculiaridade como grande área florestal e ciclos de economia em crise que contribuíram para menor PE comparada outros municípios brasileiros.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHMED, Zahoor; ZAFAR, Muhammad Wasif; ALI, Sajid; et al. Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: An empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, v. 55, p. 102064, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210670720300512>. Acesso em: 2 maio 2023.
2. ANDRADE, B. B. Turismo e sustentabilidade no Município de Florianópolis: uma aplicação do Método da Pegada Ecológica. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. (Dissertação de mestrado).
3. BEZERRA, Francisca Neiliane. A APLICABILIDADE DA PEGADA ECOLÓGICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE. 2015. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Cariri/Ufca, Juazeiro do Norte, 2015.
4. DIAS, G. F. 2002. Pegada ecológica e sustentabilidade humana. São Paulo: Editora Gaia, São Paulo, 2002.
5. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Síntese de Informações do Município de Marabá-PA. 2017. Disponível em: Acesso em: 05 de maio de 2023.
6. MARABÁ. Lei Municipal nº 17.846, de 29 de março de 2018. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor Participativo do município de Marabá, instituído pela Lei Municipal nº 17.213 de 09 de outubro de 2006, e dá outras providências. Marabá, PA, 2018. Disponível em: <[http://www.governotransparente.com.br/transparencia/documentos/4466490/download/29/Plano\\_Diretor\\_Participativo\\_%2017.846\\_Mar%C3%A7o\\_2018.pdf](http://www.governotransparente.com.br/transparencia/documentos/4466490/download/29/Plano_Diretor_Participativo_%2017.846_Mar%C3%A7o_2018.pdf)>. Acesso em: 27 de set. 2018.
7. MIR, Atefeh; SOBHANI, Parvaneh; SAYAHNIA, Romina. Assessment of the ecological footprint associated with consumption resources and urbanization development in Sistan and Baluchestan province, Iran. *Results in Engineering*, v. 16, p. 100673, 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2590123022003437>>. Acesso em: 5 maio 2023.
8. OLIVEIRA, Bárbara Li Sarti. A pegada ecológica: uma avaliação da metodologia através do estudo de caso da cidade de Rio Claro (SP). *Aleph*, p. 80 f., 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/120248>>. Acesso em: 2 maio 2023.
9. PARÁ. Relatório Local Voluntário sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Pará. 2020. Disponível em: [https://www.local2030.org/pdf/vlr/VLRState%20of%20Par%C3%A1\\_Brazil\\_Portuguese.pdf](https://www.local2030.org/pdf/vlr/VLRState%20of%20Par%C3%A1_Brazil_Portuguese.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.
10. POOM, Age; AHAS, Rein; ORRU, Kati. The Impact of Residential Location and Settlement Hierarchy on Ecological Footprint. *Environment and Planning A: Economy and Space*, v. 46, n. 10, p. 2369–2384, 2014. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a140059p>>. Acesso em: 5 maio 2023.
11. PONTES, L. B.; CARDOSO, A. C. D. Open spaces: windows for ecological urbanism in the Eastern Amazon. *Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba*, v. 8, n. 1, p. 96-112, 2016.
12. PROJETO MAPBIOMAS – Mapeamento das áreas construídas no Brasil (Coleção 7), Acessado em [01/05/2023] através do link: [<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>].
13. WACKERNAGEL, Mathis; REES, William E. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. Gabriola Island, BC ; Philadelphia, PA: New Society Publishers, 1996. (New catalyst bioregional series, no. 9).
14. ZHANG, Li-Ye; CHUNG, Shan-shan; QIU, Jian-wen. Ecological carrying capacity assessment of diving site: A case study of Mabul Island, Malaysia. *Journal of Environmental Management*, v. 183, p. 253–259, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479716306387>>. Acesso em: 5 maio 2023.
15. SOUSA, Alefe Mateus Silva et al. ECONOMIA REGIONAL: UMA ANÁLISE DOS SETORES QUE COMPÕE A ECONOMIA DA MICRORREGIÃO DE MARABÁ-PA. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 9., 2017, Serjipe. Anais [...] . Serjipe: Simprod, 2017. p. 568-581.
16. LISBOA, Cristiane Kleba; BARROS, Mirian Vizintim Fernandes. A pegada ecológica como instrumento de avaliação ambiental para a cidade de Londrina. *Confins*, n. 8, 2010. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/6395>>. Acesso em: 22 jun. 2023.
17. MAPBIOMAS. O Projeto. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>.



18. OLIVEIRA, Bárbara Li Sarti. A pegada ecológica: uma avaliação da metodologia através do estudo de caso da cidade de Rio Claro (SP). 2012 Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/120248>>. Acesso em: 22 jun. 2023.
19. PEREIRA, Airton dos Reis. A luta pela terra no sul e sudeste do Pará: migrações, conflitos e violência no campo. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11582>>. Acesso em: 22 jun. 2023. Accepted: 2017-03-10T11:51:10Z.