



## ZONEAMENTO DE APTIDÃO À INSTALAÇÃO DE SAF NA REGIÃO NORDESTE DO PARÁ

Hana Saiumy Favacho dos Santos<sup>1\*</sup>, João Gabriel Ferreira Colares<sup>1</sup>, Duanne Karine dos Anjos Colares<sup>1</sup>, Camila Vitória Santos Aquino<sup>1</sup>, José Maria Franco Santos Junior<sup>1</sup>, Wesley Lopes Pinto<sup>1</sup>, Yasmim Guedes da Silva<sup>1</sup>, Iolanda Laranjeira Mota<sup>1</sup>, Antonio Henrique Cordeiro Ramalho<sup>1</sup>

Universidade Federal do Oeste do Pará<sup>1</sup>

hanasaiumy2003@gmail.com\*

### RESUMO

Sistemas Agroflorestais (SAFs) contribuem à segurança alimentar, conservação ambiental e redução da pobreza rural na Amazônia. Este estudo mapeou a aptidão para SAFs de cacau e mogno-africano na Mesorregião Nordeste do Pará (82.571 km<sup>2</sup>; clima Af/Am; relevo de tabuleiros de baixa declividade). Utilizaram-se dados de precipitação e temperatura (WorldClim), malha viária (OpenStreetMap), uso e ocupação do solo (MapBiomas), Modelo Digital de Elevação (SRTM) e mapa de solos (Embrapa), padronizados a 30 m via interpolação IDW. A proximidade a estradas foi calculada por distância euclidiana, e as variáveis edafoclimáticas reclassificadas em graus de pertinência *Fuzzy* (0–1). As grades foram combinadas por sobreposição *Fuzzy Gamma* ( $\gamma = 0,9$ ) para gerar mapas de aptidão individuais e, ao cruzá-los, um *raster* final de consórcio, reclassificado em cinco categorias. Constatou-se que 76,5 % da área apresenta aptidão alta ou muito alta, concentradas a leste; as áreas de baixa aptidão correspondem a leitos de rios e locais com déficit hídrico ou acesso restrito. A lógica *Fuzzy* revelou-se viável para orientar expansão de SAFs.

**Palavras-chave:** Sistemas Agroflorestais; Geotecnologias; Lógica Fuzzy; Interpolação IDW.

### INTRODUÇÃO

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são importante instrumento para a garantia da segurança alimentar e nutricional, para a conservação e melhoria ambiental e na luta contra a pobreza rural (CAMARGO *et al.*, 2019). Na Amazônia, há inúmeras experiências de sucesso com SAFs de cacau e madeiras nobres. Nesse sentido, o avanço da pesquisa pode ajudar a identificar áreas carentes de informações e promover consolidação de conhecimento para promover a expansão da prática (BRIENZA *et al.*, 2010; PARAENSE *et al.*, 2022).

Para o sucesso da implantação do sistema é preciso conhecer as condições biofísicas e micrometeorológicas locais. Nesse sentido, o zoneamento ambiental surge como uma excelente ferramenta para identificação de locais adequados para a instalação de SAFs com base em variável edafoclimáticas (ALVES, 2022). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar um zoneamento de áreas com aptidão para a implantação de SAFs com Cacau (*Theobroma cacao* L.) e Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na região Nordeste do estado do Pará.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Descrição da área de estudo

A área de estudo compreende a Mesorregião Nordeste do Pará, localizada entre as coordenadas aproximadas 0°36'S a 2°57'S e 46°08'W e 49°51'W (Figura 1).

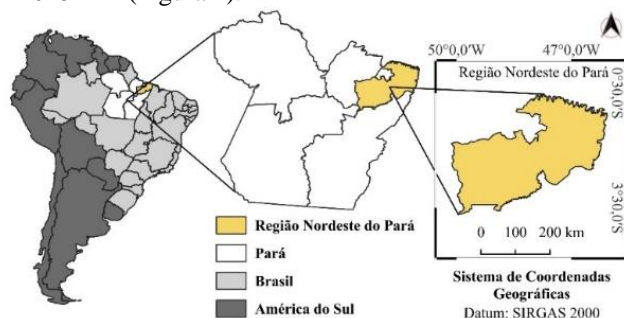


Figura 1. Localização da área de estudo.

Figure 1. Location of the study area.

A área de estudo abrange 5 microrregiões e 49 municípios, totalizando cerca de 82.571 km<sup>2</sup>, com relevo dominado por tabuleiros de baixa declividade (0–3°), amplitude topográfica de 20–50 m e altitude abaixo de 200 m. Segundo Köppen, o clima é do tipo Af/Am, com 9–12 meses chuvosos e umidade excessiva (exceto em Guamá, com déficit grau 2, e Salgado, com excesso grau 3), e precipitação anual média de 1.750–2.500 mm (CODEVASF, 2022; CORDEIRO *et al.*, 2017).

#### Elaboração do banco de dados

Dados de precipitação (PREC) e temperatura média do ar (TEMP) – série histórica 1960–2018 – foram obtidos no WorldClim, recortados à área de estudo, convertidos ao formato pontual e remostrados por Interpolação por Ponderação Inversa da Distância IDW a 30 m de resolução. A malha viária do *OpenStreetMap* foi recortada ao limite da área para avaliar a logística de insumos e escoamento da produção. O Uso e Ocupação da Terra (UOT) de 2024, foi baixado do *MapBiomas* (30 m de resolução espacial) e reclassificado segundo a aptidão para implantação de SAFs. O Modelo Digital de Elevação (SRTM/NASA) teve falhas dos arquivos corrigidas e, no QGIS, gerou-se o *raster* de declividade em radianos. Por fim, a classificação de solos da Embrapa, escala 1:5.000.000, (SiBCS, 2006) foi reamostrada por IDW (fator 3) para 30 m.

#### Processamento

A Distância Euclidiana foi aplicada ao *raster* de estradas (vetor convertido a 30 m) via ferramenta *Proximity* do QGIS (CHUMA *et al.*, 2021; EUGENIO *et al.*, 2016) para gerar um mapa de proximidade. Com base nas exigências edafoclimáticas de Mogno-Africano e Cacau, cada variável foi reclassificada em escala menos favorável (0) a mais favorável (1), por funções de pertinência *Fuzzy* (ABEDI *et al.*, 2020; RAMALHO, 2020), gerando um mapa por variável e cultura. As grades reclassificadas foram então combinadas por sobreposição *Fuzzy Gamma* ( $\gamma = 0,9$ ; Equação 1), que combina produto e soma algébrica difusa para obter o grau de pertencimento de cada pixel ao conjunto de áreas aptas, produzindo mapas de aptidão para cada cultura. que foram cruzados em um único *raster* de aptidão ao consórcio Mogno Africano e Cacau.

$$\mu(x) = \left\{ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right\}^y \times \left( \prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-y} \quad (1)$$

Em que:  $\mu_i$  são os valores de associação difusa para  $i = 1, 2, \dots, n$ , o  $n$  é o número de variáveis no estudo e o  $y$  é o valor de coeficiente padrão (0,9).

Por fim, os mapas foram cruzados e o *raster* resultante foi reclassificado em cinco classes de aptidão para o consórcio: Muito Baixa (0–0,2), Baixa (0,2–0,4), Moderada (0,4–0,6), Alta (0,6–0,8) e Muito Alta (0,8–1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado final do processo está representado no mapa abaixo (Figura 2).

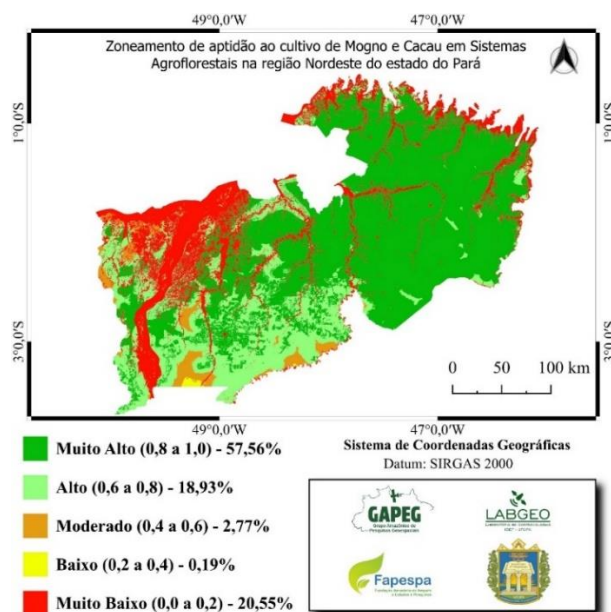


Figura 2. Zoneamento de aptidão a SAF de Mogno e Cacau.

Figure 2. Zoning of SAF suitability for Mahogany and Cocoa.

O zoneamento de aptidão para Sistemas Agroflorestais (SAFs) consorciando Mogno-Africano e Cacao na Mesorregião Nordeste do Pará indicou que 76,49 % da área possui alta (0,6–0,8) ou muito alta aptidão (0,8–1). Essas zonas concentram-se no leste e sudeste, onde solos bem drenados, textura média a argilosa, declividade suave (0–3°) e proximidade (inferior a 2 km) às principais rodovias favorecem o estabelecimento das culturas e a logística de produção.

Cerca de 20,6 % da região foi classificada como de muito baixa aptidão (0–0,2), correspondendo a planícies de inundação, margens de rios e áreas hidromórficas sujeitas a alagamentos, que limitam o crescimento radicular. Áreas de aptidão baixa a moderada (0,2–0,4), somando 2,8 %, sofreram redução devido à maior distância de estradas ou déficit hídrico sazonal, especialmente a sudoeste da mesorregião estudada.

O uso de funções de pertinência *Fuzzy* na reclassificação de temperatura, precipitação, declividade, tipo de solo, uso do solo e proximidade a estradas permitiu representar de modo contínuo a influência de cada critério, evitando divisões abruptas. A sobreposição *Fuzzy Gamma* ( $\gamma = 0,9$ ) integrou essas variáveis heterogêneas, gerando mapas temáticos em alta resolução (30 m) e mais realistas.

Este zoneamento, ao revelar grande disponibilidade de áreas aptas, enfatiza o valor da lógica *Fuzzy* difusa como ferramenta de planejamento territorial e fomento à agricultura sustentável na Amazônia. Os resultados subsidiarão políticas públicas e orientarão produtores na expansão de SAFs, promovendo conservação ambiental, ciclagem de nutrientes e geração de renda rural.

## CONCLUSÕES

- O uso da lógica *Fuzzy* para produção de zoneamento de aptidão de múltiplas culturas mostrou-se viável.
- Mais de 50% da região Nordeste do Pará possui aptidão na classe “muito alta” para a implantação de SAF de cacao e mogno-africano.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo fomento à pesquisa; ao Grupo Amazônico de Pesquisas Geoespaciais (GAPEG) e ao Laboratório de Geotecnologias (LABGEO/IBEF/UFOPA) pelo apoio e pelas valiosas trocas científicas; e à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) e ao Instituto de Biodiversidades e Florestas (IBEF) pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABEDI GHESLAGHI, H.; FEIZIZADEH, B.; BLASCHKE, T. GIS-based forest fire risk mapping using the analytical network process and fuzzy logic. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 63, n. 3, p. 481–499, 2020.

ALVES, A. F. Zoneamento Ambiental: ferramenta de ordenamento e gestão ambiental. João Pessoa, PB: **Editora IFPB**, 2022. p. 30-52.

CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; SCWARTZ, G.; OLIVEIRA, F. de A. Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: **Edufra**, 2017. 328 p.

BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R. Q.; JUNIOR, M. M.; FILHO, A. B. G.; YARED, J. A. G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M. B. G. B. **Sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira: análise de 25 Anos de pesquisas**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n. 60, p. 67-76, dez. 2009.

CAMARGO, G.M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; SILVA, L. F. DA. **Sistemas agroflorestais biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 15, p. 34-46, jan. 2019.

CHUMA, B. G.; CIREZI, C. N.; MONDO, M. J.; MUGUMAARHAHAMA, Y.; GANZA, M. D.; KATCHO, K.; MUSHAGALUSA, N. G.; SCHMITZ, S. Suitability for agroforestry implementation around Itombwe Natural Reserve (RNI), eastern DR Congo: Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) approach in geographic information system tool. **Trees, Forests and People**, v. 6, p. 100125, dez. 2021

NASCIMENTO, R. L. X.; SOUZA, C. C.; GRASSI, G.; OLIVEIRA, M. A. N.; Caderno de Caracterização Estado do Pará. Brasília: **Codesvaf**, 2022. 146 p.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. G.; JUVANHOL, R. S.; SCHETTINO, V. R.; MACATTI, G. E.; DOMINGUES, G. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEDRA, B. D.; BANHOS, A.; MARTINS, L. D. GIS applied to location of fires

detection towers in domain area of tropical forest. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 562, p. 542–549, 2016.

MAPBIOMAS. **Uso e Ocupação da Terra**. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/#>>. Acesso em: 5 de mai. de 2025.

OPENTOPOGRAPHY. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Global [base de dados]** <https://portal.opentopography.org/datasetMetadata?otCollectionID=OT.042013.4326.1>. Acesso em: 5 de maio de 2025.

PARAENSE, V. C.; SANCHES, P. A. P.; FREITAS, A. D. D.; SILVA, J. W. P.; Viabilidade econômica de cacauzeiros em sistemas agroflorestais no projeto de desenvolvimento sustentável Virola Jatobá, Anapu – PA. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 8, n. 9, p. 63270-63285, 21 set. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n9-189>.

RAMALHO, Antonio Henrique Cordeiro. **Zoneamento de áreas potenciais para implantação de fomento florestal no estado do espírito santo por intermédio da lógica fuzzy**. 2020. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2020.