



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PROBABILIDADE DE CULTIVO
DO CACAU PARAENSE: Análise para os municípios de
Medicilância e Brasil Novo**

Guilherme Gomes Correia

Monografia de conclusão de curso do
Curso de Introdução ao
Geoprocessamento (SER-300) da Pós-
Graduação em Sensoriamento Remoto
ministrado pela Profa. Dra. Silvana
Amaral Kampel e pelo Prof. Dr. Marcos
Adami.

INPE
São José dos Campos
2023

RESUMO

A demanda por commodities agrícolas é crescente e muitas vezes para atendê-la ocorrem choques entre a produção agrícola e a preservação ambiental. Existem esforços para mitigar os efeitos negativos, especialmente o desmatamento, sendo uma das soluções encontradas a implementação de agroflorestas através o manejo zonas de pastagens degradadas. O cacau tem sido bastante utilizado como uma das culturas na recuperação dessas áreas, porém o uso de imagens de satélite para identificação de áreas de cultivo de cacau em agroflorestas apresenta uma série de dificuldades, devido sua assinatura espectral. Métodos de suporte a decisão podem servir como ferramentas de auxílio na identificação de áreas de interesse para determinado objetivo. O objetivo deste trabalho foi comparar métodos suporte de decisão na identificação de áreas que apresentam alto potencial de cultivo cacau nos municípios de Medicilândia e Brasil Novo por meio de dados de solo, CAR, uso e cobertura da terra e declividade O processo de análise hierárquico mostra grande parte da área avaliada foi classificada com média chance de cultivo de cacau, o que pode ser abstraído da pouca interseção entre os imóveis rurais minifúndios e pequenos com áreas de vegetação secundária. O resultado obtido através da Lógica Fuzzy há uma concentração na classe muito baixa, indicando como o tamanho dos imóveis obteve um peso relevante, sendo mais preponderante que o uso e cobertura da terra. A classe alta entre os dois métodos possui uma interseção baixa, indicando como os fatores avaliados se comportam espacialmente muito diferentes. A discrepância entre os métodos AHP e Fuzzy, além do dado de área colhida obtida pelo censo agrícola de 2017, indica que as técnicas escolhidas necessitam ser melhor definidas e estabelecer uma melhor metodologia.

Palavras-chave: Cacau, Sensoriamento Remoto, Suporte de decisão.

ABSTRACT

The demand for agricultural commodities is constantly growing and to meet it there are clashes between agricultural production and environmental preservation. There are efforts to mitigate the negative effects, especially deforestation, one of the solutions found being the implementation of agroforestry through the management of degraded pasture areas. Cocoa has been widely used as one of the crops in the recovery of those areas, but the use of satellite images to identify areas of cocoa cultivation in agroforests presents a series of difficulties, due to its spectral signature. Decision support methods can serve as tools to help identify areas of interest for a given objective. Thus, the objective of this work was to compare decision support methods in identifying areas that have a high potential for cocoa cultivation in the municipalities of Medicilândia and Brasil Novo using soil data, CAR, land use and cover and slope. The hierarchical analysis process shows a large part of the evaluated area was classified as having a medium chance of growing cocoa, which can be explained by the little intersection between smallholdings and small rural properties with areas of secondary vegetation. The result obtained through Fuzzy Logic has a concentration in the very low class, indicating how the size of the properties obtained a relevant weight, being more preponderant than the land use and cover. The high class between the two methods has a low intersection, indicating how the evaluated factors behave spatially very differently. The discrepancy between the AHP and Fuzzy methods, in addition to the harvested area data obtained by the 2017 agricultural census, indicates that the chosen techniques need to be better defined and establish a better methodology.

Keywords: Cocoa, Remote Sensing, Decision support.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1: Localização da Área de Estudo.....	10
Figura 2.2A: Relação de prioridade da técnica AHP.	13
Figura 2.2B: Pesos das camadas da técnica AHP	13
Figura 3.1: Mapas de Hidrografia e Solo.....	15
Figura 3.2: Mapas de Imóveis cadastrados no CAR e Declividade.....	16
Figura 3.3: Mapa de Uso e Cobertura do Solo	17
Figura 3.4: Mapa de chance de cultivo de cacau – técnica AHP.....	18
Figura 3.5: Mapa de chance de cultivo de cacau – lógica Fuzzy.	20
Figura 3.6: Interseção do método AHP e Lógica Fuzzy	22

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1: Base de dados utilizada.	11
Tabela 3.1: Área total por classe obtida na técnica AHP	18
Tabela 3.2: Área total por classe obtida na lógica Fuzzy	20
Tabela 3.3: Área total por classe das áreas de interseção.....	21

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ANA	Agência Nacional de Águas
SFB	Sistema Florestal Brasileiro

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 METODOLOGIA	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1 Características físicas da área.....	15
3.2 Processo de Análise Hierárquico.....	17
3.3 Lógica Fuzzy.....	19
4 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

A demanda por commodities agrícolas é crescente e muitas vezes para atendê-la ocorrem choques entre a produção agrícola e a preservação ambiental (SCHROTH *et al.*, 2015). Nos últimos anos, existem esforços para mitigar os efeitos negativos, especialmente o desmatamento, deste embate sobre áreas florestadas. Uma das soluções encontradas foi a implementação de agroflorestas (CALVI *et al.*, 2010; PORRO *et al.*, 2012) através o manejo zonas de pastagens degradadas (SCHROTH *et al.*, 2015), ou seja, áreas que já sofreram desmatamento e atualmente estão com pouco ou nenhum uso, sendo, portanto, um incentivo para não desmatar novas regiões de floresta.

A Amazônia é uma zona conflito por terras que geram, entre outros problemas, desmatamento da floresta (CASTRO; CASTRO, 2022; NUMBISI *et al.*, 2019), portanto uma alternativa para esse conflito é de interesse da sociedade brasileira (ROSSONI; MORAES, 2020), como é possível observar nos programas de monitoramento do território realizados pelo INPE. O cacau tem sido bastante utilizado como uma das culturas da recuperação das pastagens degradadas (CALVI *et al.*, 2010; DUTRA *et al.*, 2017), uma vez que possui fatores positivos como mercado consumidor doméstico e internacional aquecidos (SCHROTH *et al.*, 2015), adaptado as condições edafoclimáticas locais e podem ser cultivados em sistemas agroflorestais. Entretanto o uso de imagens de satélite para identificação de áreas de cultivo de cacau em agroflorestas apresenta uma série de dificuldades, devido sua assinatura espectral semelhante (ABU *et al.*, 2021; BATISTA *et al.*, 2022), sendo necessário lançar mão de diversas técnicas como aprendizagem de máquina na classificação, imagens de alta resolução espacial e multiespectrais (CAVALCANTE *et al.*, 2023) e uso de radar (NUMBISI *et al.*, 2019).

O cacau é uma cultura que necessita de solos argilosos, devido a sua demanda hídrica (IPEAN; CAR-PARÁ, 1973), porém solos muito argilosos ou próximos a corpos de água podem ser inapropriados devido ao excesso da água subsuperficial. O cacau, porém, depende de áreas com pouca declividade

(SENAR, 2018), além de ser tipicamente encontrado na Amazônia em áreas de floresta secundária que foram recuperadas de pastagens degradadas (VENTURIERI et al., 2022), sendo encontrado em áreas de menores propriedades (DUTRA et al., 2017).

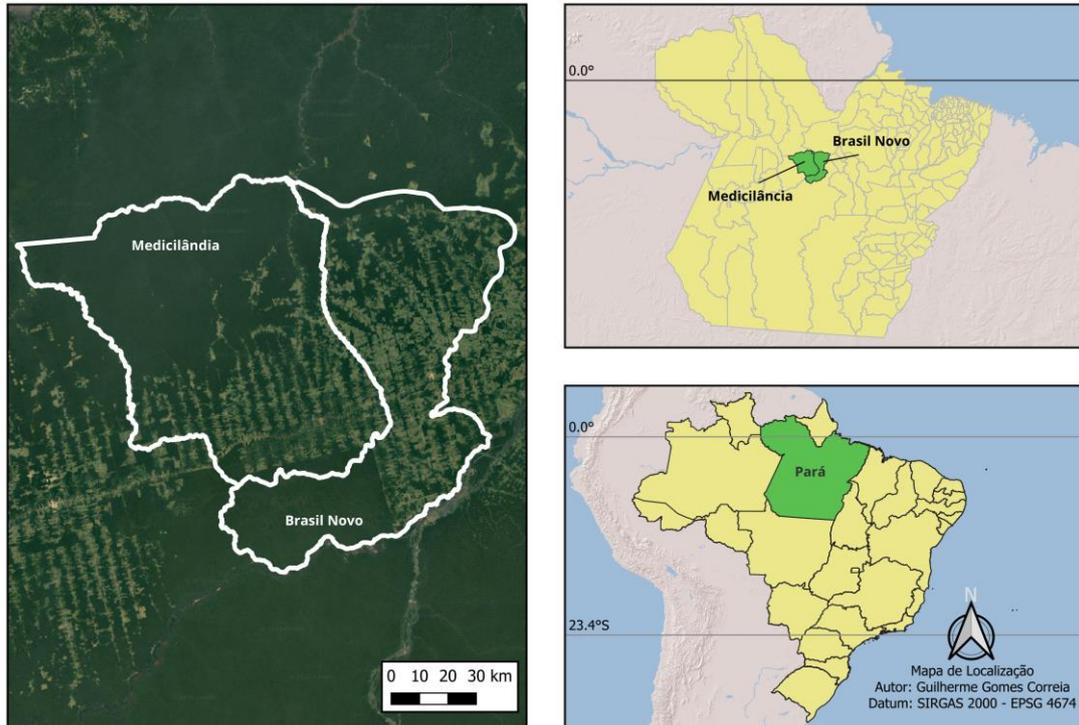
Métodos de suporte a decisão podem servir como ferramentas de auxílio na identificação de áreas de interesse para determinado objetivo. Muitos estudos contam com técnicas como o processo de análise hierárquico (AHP) e, mais recentemente, a lógica Fuzzy, que sobrepõe várias camadas de dados diferentes que devem ser escolhidas pelo pesquisador.

O objetivo geral deste trabalho, portanto, é comparar métodos suporte de decisão na identificação de áreas que apresentam alto potencial de cultivo cacau nos municípios de Medicilândia e Brasil Novo, ambos localizados no estado do Pará e cortados pela rodovia Transamazônica (BR-230).

2 METODOLOGIA

A área escolhida para avaliação da chance de produção de cacau foram os municípios limítrofes de Medicilândia e Brasil Novo, ambos no estado do Pará, com população em 2021 estimada pelo IBGE (2017) em 32.347 e 14.883 pessoas, respectivamente. A área combinada dos dois municípios é de 14.635 Km², sendo 730.388 ha de área de estabelecimentos agropecuários, segundo o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2018). É possível destacar, também, que foram produzidas 22.703 toneladas e colhidos 31.592 ha de amêndoas de cacau somando Brasil Novo e Medicilândia. A Figura 2.1 apresenta a localização da área de estudo.

Figura 2.1: Localização da Área de Estudo.



Foi realizada uma busca dos dados nas suas respectivas bases para construir uma base de dados própria para realização do estudo. Foram levantados dados de divisão política, dados físicos, uso e cobertura do solo, infraestrutura e estrutura fundiária. A tabela 1 apresenta os dados levantados, instituição que os gerou, onde pode ser encontrado, ano de obtenção do dado e sua escala.

Tabela 2.1: Base de dados utilizada.

Dados	Instituição	Fonte	Ano	Escala
Solo Amazônia Legal	IBGE	https://inde.gov.br/	2012	1:250.000
Rodovias	IBGE	https://inde.gov.br/	2016	1:1.000.000
Divisão Política	IBGE	https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html	2022	1:250.000
Declividade	INPE	http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/	2011	30 m
Uso e Cobertura do Solo Amazônia	INPE	http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/	2020	30 m
Hidrografia	ANA	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork	2017	1:1.000.000
CAR	SFB	https://www.car.gov.br/publico/ismoveis/index	2023	-

Fonte: autoria própria.

O software para realização das funções de geoprocessamento foi o QGis versão 3.28.4. O Datum escolhido para execução do projeto foi o SIRGAS 2000 (EPSG 4674), portanto os arquivos shapefile, geopackage e GeoTIFF que não estavam nesse DATUM foram reprojitados. Para cálculo da área final das classes de chance de encontrar plantio de cacau os shapefiles foram reprojitados para o EPSG 31982 (SIRGAS 2000 / UTM zone 22S).

A primeira etapa realizada após aquisição dos dados foi colocar todos os arquivos no EPSG do projeto, posteriormente foi realizado o recorte espacial dos dados para os limites dos dois municípios avaliados. Os dados utilizados para o processo de decisão foram os dados de solo, uso e cobertura do solo,

tamanho das propriedades pelo CAR e declividade. Para tratamento dos dados do CAR foi utilizado o plugin do QGis Q-Clean CAR, desenvolvido por Matias *et al.* (2022), que também indica a classe dos imóveis rurais em: minifúndio, pequeno, médio e grande. Em seguida, foram realizadas as técnicas de suporte de decisão: Processo de Análise Hierárquico (AHP) e lógica Fuzzy.

A técnica AHP consiste em realizar uma sobreposição ponderada de diversas camadas de dados afim de mostrar as áreas de maior interesse do estudo em questão. Para normalizar os pesos dos diferentes tipos de dados, eles foram classificados entre 1 e 3, no qual 1 é menos suscetível e 3 é mais suscetível.

A classificação para as camadas foi definida segundo os critérios abaixo:

- a) Solo:
 - 1 - Água, afloramento de rochas, neossolo, plintossolo;
 - 2 – Gleissolo e nitossolo;
 - 3 – Argissolo e latossolo;
- b) CAR:
 - 1 – Grande;
 - 2 – Médio;
 - 3 – Pequeno e minifúndio;
- c) Declividade:
 - 1 – Acima de 13%;
 - 2 – Entre 8% e 13%;
 - 3 – Até 8%;
- d) Uso e Cobertura do Solo:
 - 1 – Mineração, urbanizada, outros usos, desflorestamento no ano, corpo d'água, não observado, não floresta;
 - 1,5 – Silvicultura, pastagem arbustiva/arbórea, pastagem herbácea, cultura agrícola semiperene, cultura agrícola temporária de um ciclo, cultura agrícola temporária de mais de um ciclo;
 - 2 – Cultura agrícola perene;
 - 3 – Vegetação natural florestal secundária.

Para os dados vetorizados, após a classificação das feições por esses pesos, foram rasterizados, enquanto os dados raster foram reclassificados. Em mão das novas camadas, foi, então, realizado, através da calculadora raster, a ponderação que gera a camada indicando os locais com maior chance de encontrar plantações de cacau. Os pesos da prioridade da técnica AHP foram decididos com auxílio do site <https://bpmmsg.com/ahp/ahp-calc.php>, que ao elencar a relação de prioridade entre as variáveis, indica os seus pesos dentro de um índice de consistência, que deve ficar abaixo de 10%. A figura 2 mostra os pesos aplicados.

Figura 2.2A: Relação de prioridade da técnica AHP.

A - wrt AHP priorities - or B?		Igual	Quanto mais?
1	<input type="radio"/> CAR <input checked="" type="radio"/> solo	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input type="radio"/> CAR <input checked="" type="radio"/> Terraclass	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> CAR <input type="radio"/> declividade	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input type="radio"/> solo <input checked="" type="radio"/> Terraclass	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> solo <input type="radio"/> declividade	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Terraclass <input type="radio"/> declividade	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9

CR = 2.3% OK

dec. comma

Figura 2.2B: Pesos das camadas da técnica AHP

Cat		Prioridade	Rank
1	CAR	11.4%	3
2	solo	16.2%	2
3	Terraclass	65.4%	1
4	declividade	6.9%	4

A camada final foi reclassificada em quatro níveis:

- Muito baixa: valores até 1,5;
- Baixa: valores entre 1,5 e 2;

- Média: valores entre 2 e 2,5;
- Alta: valores acima de 2,5.

A técnica Fuzzy funciona de modo que os dados necessitam estar em uma ordem de prioridades entre as feições para gerar valores entre 0 e 1 após as funções Fuzzy, no qual 0 indica menor afinidade e 1 indica maior afinidade. Assim, como na AHP, os dados vetorizados foram rasterizados. Para os dados de solo e declividade foi utilizada a associação pequena, para os dados do CAR foi utilizada a associação grande e para os dados de uso e cobertura do solo a associação gaussiana. A operação para gerar a camada final, fuzzy overlay, foi a operação gama, com gama de 0,6.

A operação gama consiste em:

$$g_f = \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - g_i) \right)^\gamma \cdot \left(\prod_{i=1}^n \right)^{1-\gamma}$$

(Eq. 1)

A camada final foi reclassificada em quatro níveis:

- Muito baixa: valores até 0,25;
- Baixa: valores entre 0,25 e 0,5;
- Média: valores entre 0,5 e 0,75;
- Alta: valores acima de 0,75.

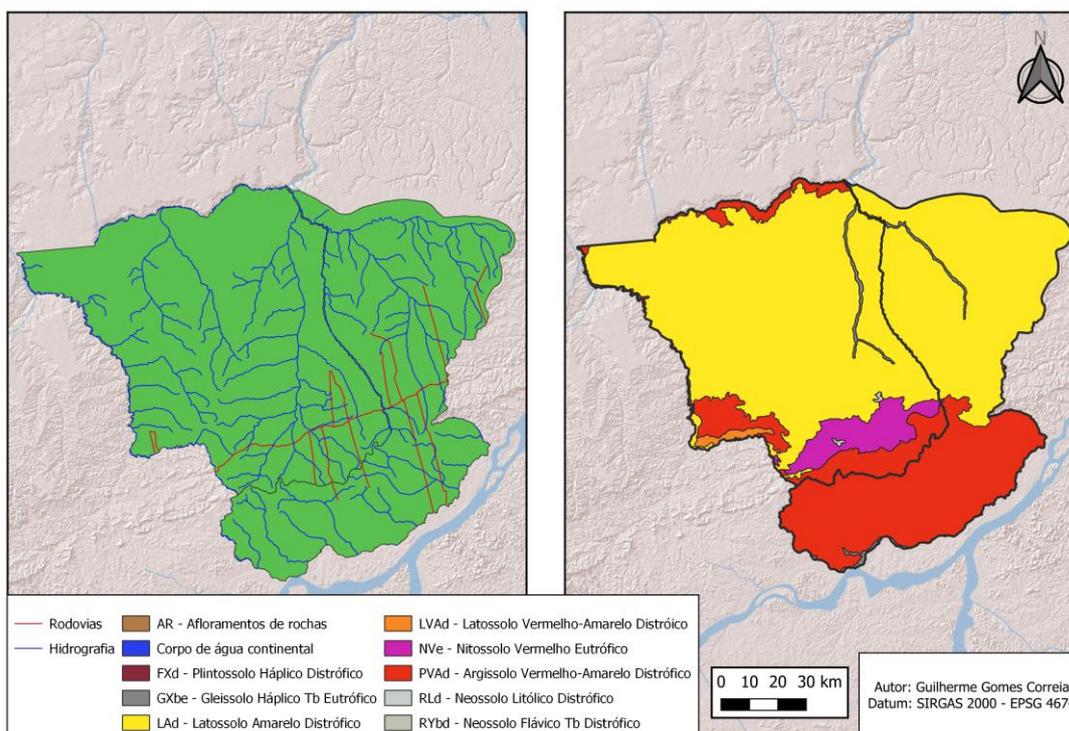
As áreas resultantes dos métodos Fuzzy e AHP foram calculadas pela própria calculadora de campo após reprojeção para projeção UTM, por fim, as áreas de interseção entre as classes dos diferentes métodos também foram calculadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas da área

A área de estudo está presente no bioma da Floresta Amazônica, e suas outras características físicas tais como pedologia local e hidrografia podem ser vistas na figura 3.1. Há a ocorrência de oito tipos de solo, praticamente todos com textura argilosa, além disso é possível observar a preponderância do Latossolo Amarelo Distrófico e do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, que combinados correspondem a 93,9% do terreno. O principal rio que corta a região é o Rio Jarauçu, que desagua no Rio Xingu, que pode ser encontrado pouco ao sul do limite de Brasil Novo. A principal via rodoviária de acesso é a BR-230, conhecida como “Transamazônica”, que corta os núcleos urbanos dos municípios.

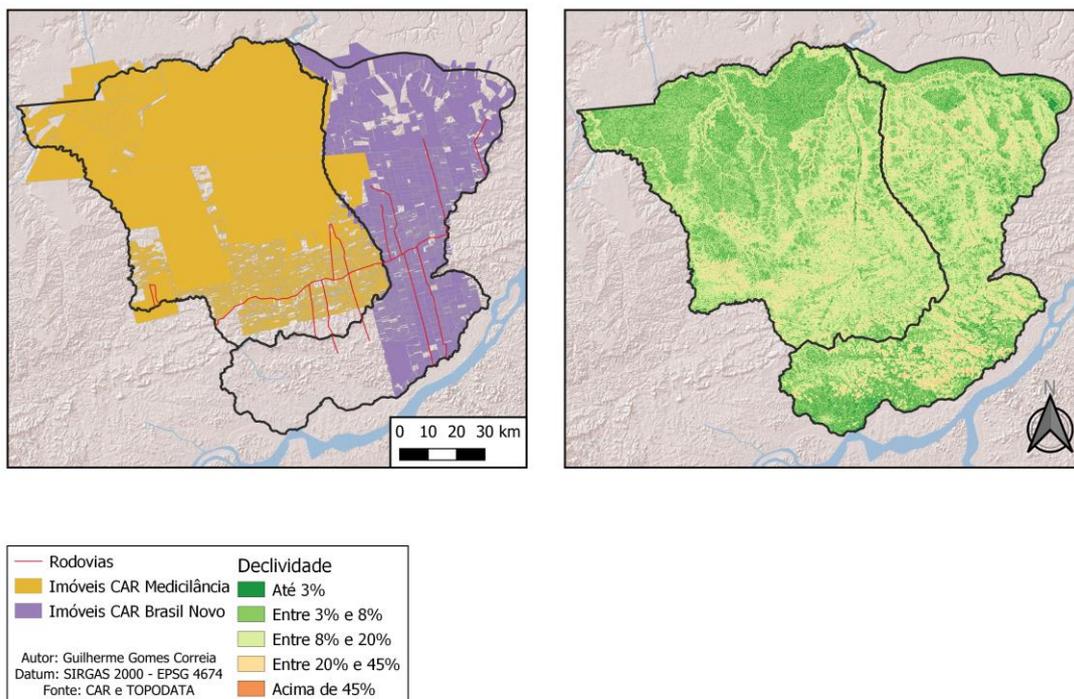
Figura 3.1: Mapas de Hidrografia e Solo.



Fonte: INDE

Outras características importantes são em relação a declividade e aos imóveis rurais cadastrados no CAR. A declividade média da área é de 10%, sendo o ponto mais íngreme de 68%, demonstrando como é uma região considerada plana, favorecendo uso agrícola. Na figura 3.2 é possível perceber como a maior concentração de imóveis rurais está presente ao longo dos eixos rodoviários, principalmente da BR-230, porém possuem menor área, indicando uma valorização do terreno ao longo da rodovia. Foram encontrados um total de 5.792 imóveis rurais, sendo 489 minifúndios, 4.932 pequenas propriedades, 275 médias propriedades e 88 grandes propriedades.

Figura 3.2: Mapas de Imóveis cadastrados no CAR e Declividade.

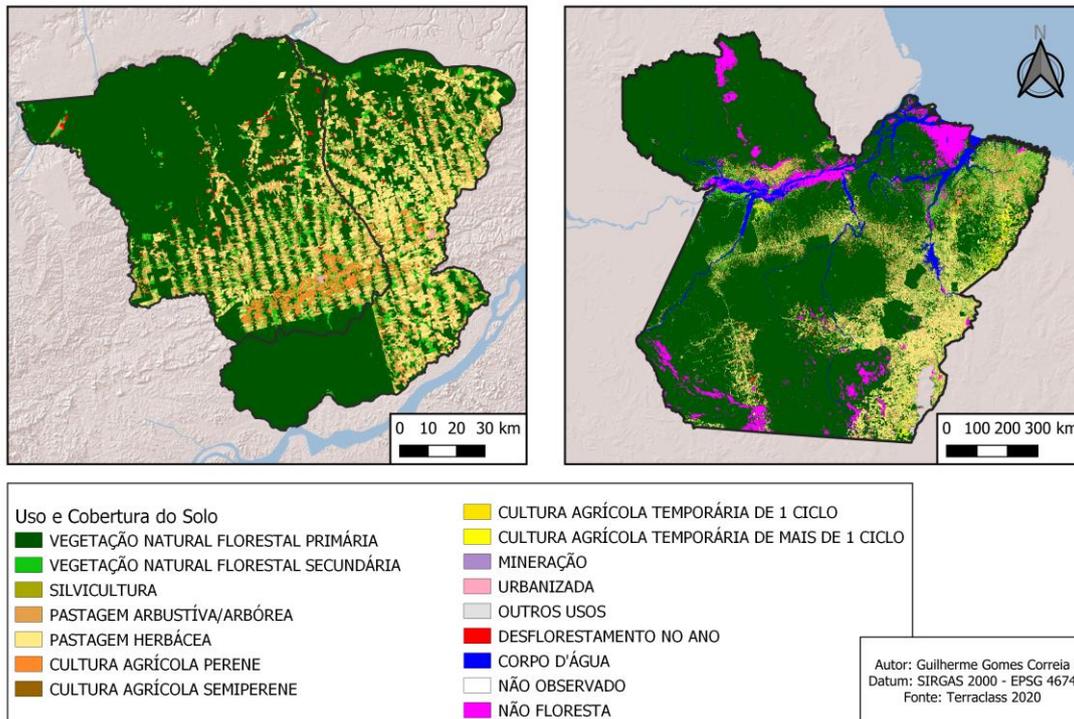


Fonte: CAR e INPE

O dado mais importante encontrado foi de uso e cobertura da terra, que possui o maior peso na indicação de áreas com altas chances de cultivo de cacau. Como apresentado na metodologia, foi obtido do terraclass e tem como ano de análise 2020. A figura 3.3 possibilita visualizar as áreas com maior concentração de imóveis rurais apresentam pouca vegetação de floresta primária, com forte presença de pastagens, segunda maior classe de cobertura

com 386.697 ha, e cultura agrícola perene, dado o forte cultivo de soja e milho nos municípios. Além disso é pertinente notar o fenômeno de espinha de peixe na mudança da cobertura da terra, contudo a área de floresta primária ainda é preponderante com 925.893 ha. A floresta secundária, importante para o cacau, apresenta 106.810 ha.

Figura 3.3: Mapa de Uso e Cobertura do Solo



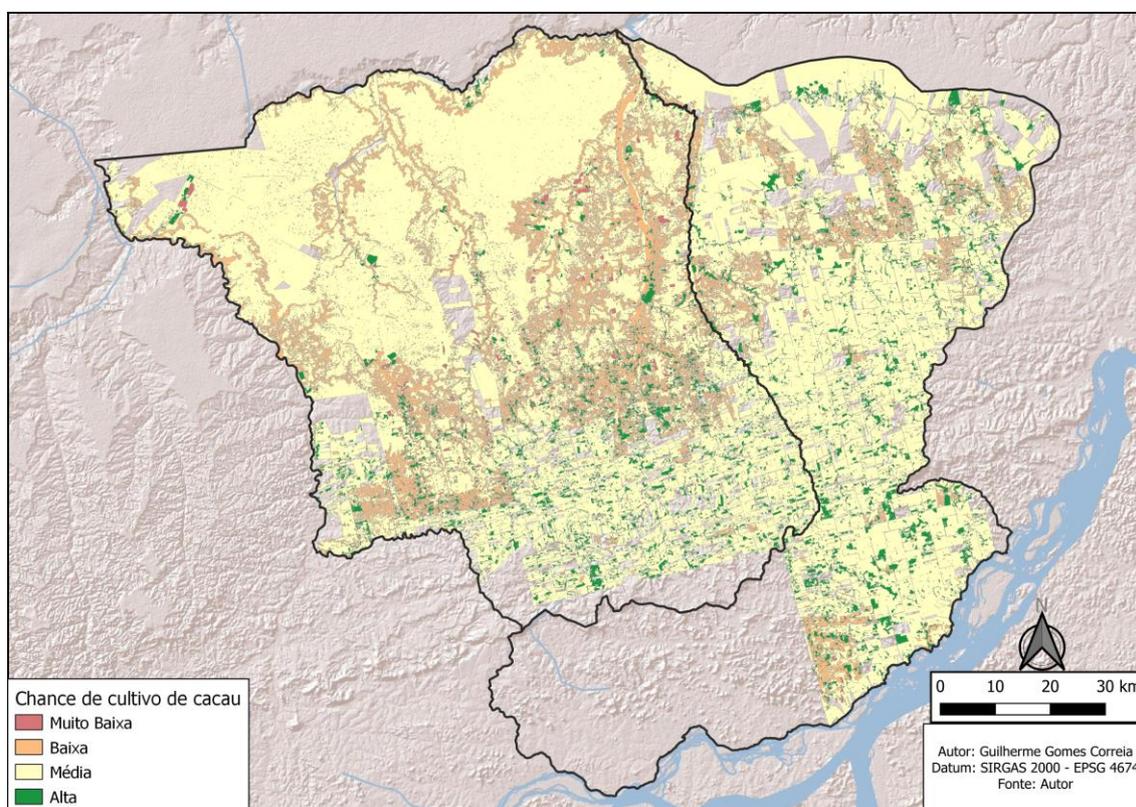
Fonte: Terraclass, 2020.

3.2 Processo de Análise Hierárquico

O processo de análise hierárquico mostra, primeiramente, alguns buracos em relação à área total do estudo, isto acontece, pois nesses lugares não haveria nenhum imóvel rural cadastrado, um dos fatores levados em conta na análise. Grande parte da área avaliada foi classificada com média chance de cultivo de cacau, o que pode ser abstraído da pouca interseção entre os imóveis rurais minifúndios e pequenos com áreas de vegetação secundária. As áreas de maior chance estão próximas aos eixos rodoviários, onde apresentam imóveis menores, ao passo que das de menor chance estão próximas a rios e áreas de

maior declividade, na área sul de Brasil Novo. A figura 3.4 mostra a distribuição espacial das áreas de cacau, enquanto a tabela 3.1 descreve a área obtida por categoria.

Figura 3.4: Mapa de chance de cultivo de cacau – técnica AHP.



Fonte: Autoria própria

Tabela 3.1: Área total por classe obtida na técnica AHP

Chance de Cultivo de Cacau	Área (em ha) AHP
Muito Baixa	5.805
Baixa	166.372
Média	890.744
Alta	88.970

Fonte: Autor.

É possível notar como a escolha da prioridade de cada critério é preponderante, como o uso e cobertura da terra foi, de fato, o principal fator na localização das áreas ótimas, com outros fatores não conseguindo se sobressair, o que pode ser uma hipótese para a elevada área da classe média apresentada. Mesmo o solo sendo a segunda variável com maior peso, devido a uniformidade da sua distribuição espacial, o tamanho do imóvel rural se mostrou com outro fator preponderante, com as áreas de alta chance mais concentradas, em geral, na região onde há a maior presença de imóveis minifúndios ou pequenos.

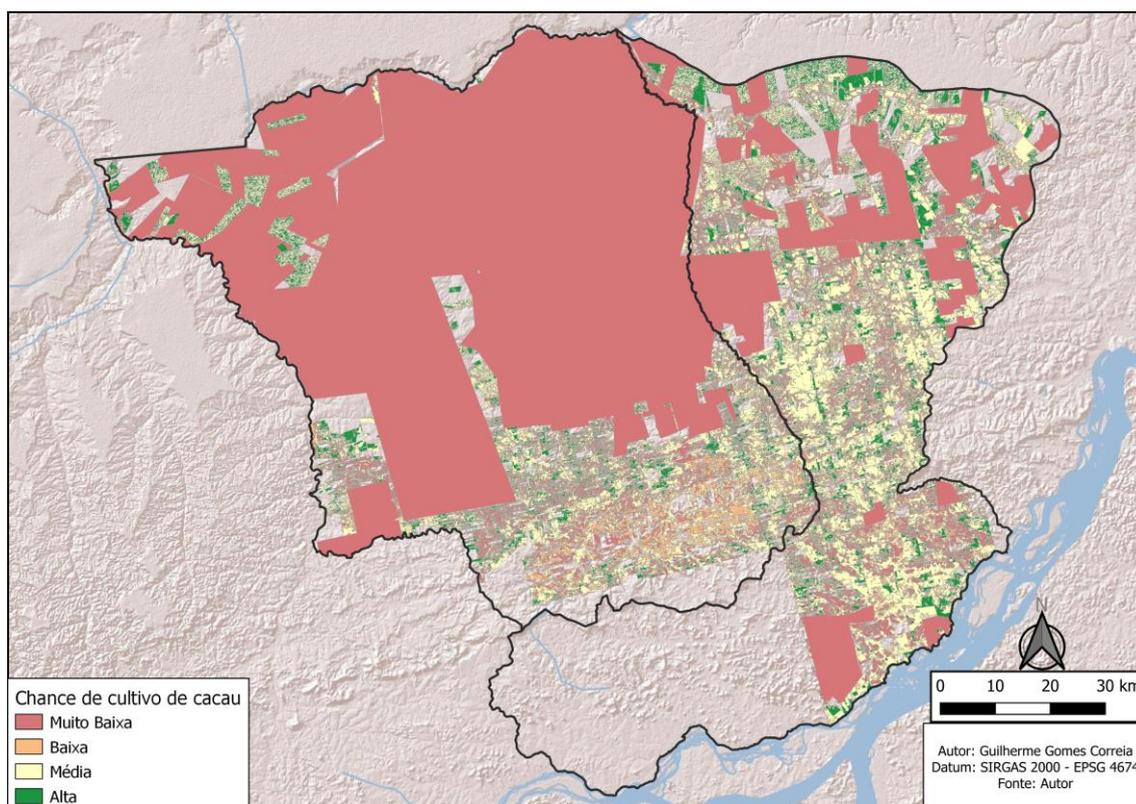
É possível notar como a AHP provavelmente deve estar superestimando as áreas de cacau. Isso ocorre pois o dado do censo agropecuário é de 2017, enquanto de uso e cobertura da terra foi obtido em 2020, um intervalo de tempo curto para uma discrepância de mais de 50 mil hectares, porém reduz significativamente a área potencial em relação a área de estudo total.

3.3 Lógica Fuzzy

O resultado obtido através da Lógica Fuzzy se diferencia bastante em relação ao resultado obtido pela AHP. Enquanto no primeiro modelo os resultados estão concentrados nas classes baixa e média, no segundo modelo há uma concentração na classe muito baixa, indicando como o tamanho dos imóveis obteve um peso relevante, sendo mais preponderante que o uso e cobertura da terra. Contudo, o fator solo pode ser percebido em algumas áreas, pois nas regiões de plintossolo, mesmo imóveis rurais minifúndios e pequenos, não houve superestimação, além de se diferenciar de locais com latossolo e argissolo.

Quando é observada o tamanho das áreas com alta chance de cultivo de cacau, é possível notar que elas são maiores, possivelmente pela relação com a área do imóvel rural. Por fim, não é possível notar relações com a declividade ou padrões de outros usos e cobertura do solo, como áreas de rio. A figura 3.5 indica a distribuição espacial da lógica fuzzy,

Figura 3.5: Mapa de chance de cultivo de cacau – lógica Fuzzy.



Fonte: Autoria própria

A tabela 3.2 mostra a área obtida por classe. Em relação ao obtido pelo método AHP, os números apresentam diferença significativa, demonstrando como os modelos se comportaram de forma bem diferente. Contudo, o total de área classificada como baixa ou alta não apresentou diferença na magnitude vista nas classes média e muito baixa.

Tabela 3.2: Área total por classe obtida na lógica Fuzzy

Chance de Cultivo de Cacau	Área (em ha) Fuzzy
Muito Baixa	750.848
Baixa	114.025
Média	208.505
Alta	78.108

Fonte: Autor

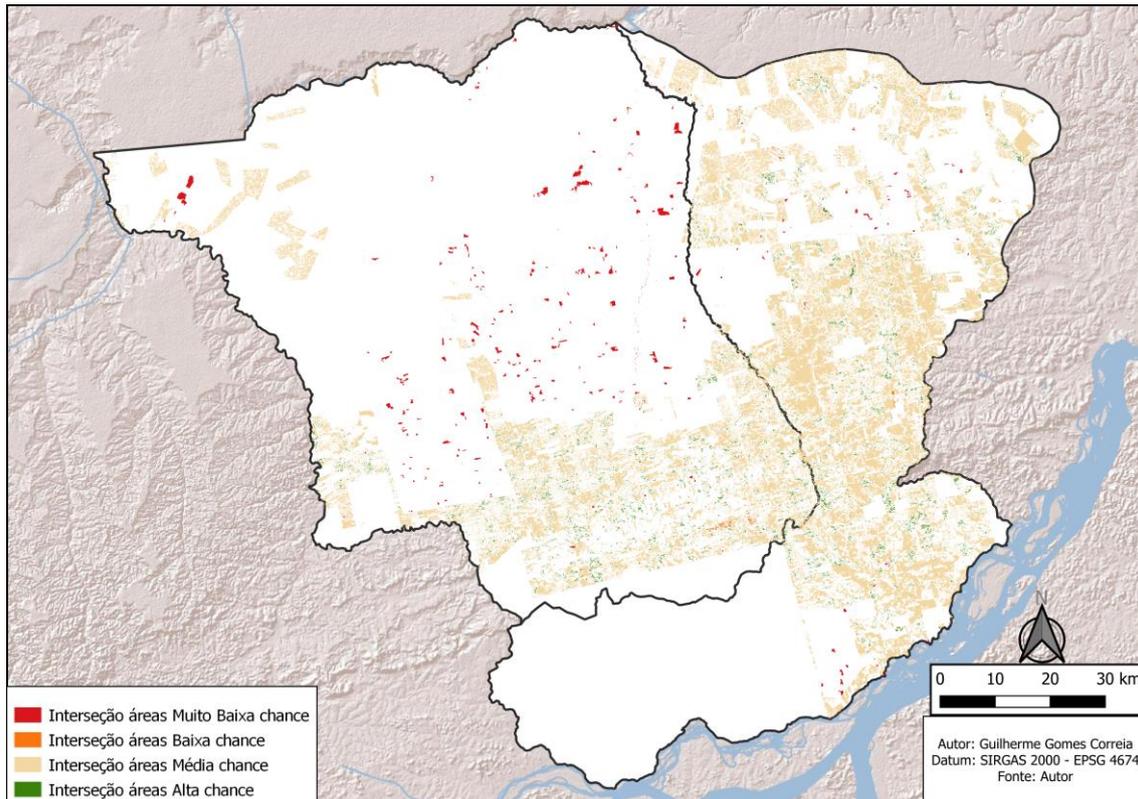
Os resultados, porém, quando são comparados de forma espacial mostram uma discordância ainda maior do que a vista já na área total. Com exceção da área média, que apresenta interseção por boa parte da área de estudo, as outras classes concordam muito pouco. Mesmo possuindo áreas de mesma ordem, a classe alta entre os dois métodos possui uma interseção baixa, indicando como os fatores avaliados se comportam espacialmente muito diferentes entre si, a classe baixa praticamente não possui interseção dada a dimensão da área de estudo. A tabela 3.3 apresenta os valores das áreas de interseção das classes entre os dois métodos utilizados e a figura 3.6 a distribuição espacial dessas áreas.

Tabela 3.3: Área total por classe das áreas de interseção

Chance de Cultivo de Cacau	Área (em há) de interseção
Muito Baixa	5.798
Baixa	601
Média	192.095
Alta	12.105

Fonte: Autor

Figura 2.6: Interseção do método AHP e Lógica Fuzzy



Fonte: Autoria própria

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através de técnicas de suporte de decisão são de extrema relevância para o objeto de análise, no caso identificar possíveis áreas de cultivo de cacau. Ao restringir para áreas que demonstram maior interesse, permite ao tomador de decisões focar em entender melhor o comportamento específico dessas e trabalhar com métodos mais adequados para compreendê-la.

Contudo, é necessário ter um conhecimento do funcionamento das técnicas, tais como suas vantagens, desvantagens e limitações a fim de não produzir resultado imprecisos que levem a conclusões equivocadas. Além disso, é preciso compreender parâmetros que serão utilizados, tais como suas variações no espaço, a sua real influência no objeto de estudo, a sua interação com outras variáveis e a forma como processá-lo. Apesar de ser simples, não é

trivial pensar em métodos nos quais minimize-se possíveis vieses causados por parâmetros mal alocados ou selecionados.

A discrepância entre os métodos AHP e Fuzzy, além do dado de área colhida obtida pelo censo agrícola de 2017, indica que as técnicas escolhidas pelo autor precisam ser melhor definidas e estabelecer uma melhor metodologia. O tratamento dos dados para as especificidades de cada método é essencial, ao passo que o mesmo dado pode impactar de formas diferentes, assim podendo gerar resultados conflitantes. A escolha de quais parâmetros utilizar para o cacau ainda é uma área que necessita de mais pesquisa, portanto esse exercício realizado trás um norte de que forma os dados devem ser entendidos e processados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU, Itohan-Osa *et al.* Detecting cocoa plantations in Côte d'Ivoire and Ghana and their implications on protected areas. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 129, p. 107863, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107863>. Acesso em: 7 jun. 2021.

BATISTA, João E.; RODRIGUES, Nuno M.; CABRAL, Ana I. R.; VASCONCELOS, Maria J. P.; VENTURIERI, Adriano; SILVA, Luiz G. T.; SILVA, Sara. Optical time series for the separation of land cover types with similar spectral signatures: cocoa agroforest and forest. **International Journal of Remote Sensing**, [S. l.], v. 43, n. 9, p. 3298–3319, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2022.2089540>. Acesso em: 7 abr. 2023.

CASTRO, Edna Maria Ramos de; CASTRO, Carlos Potiara. Desmatamento na Amazônia, desregulação socioambiental e financeirização do mercado de terras e de commodities. *Novos Cadernos NAEA*, [S.l.], v. 25, n. 1, abr. 2022. ISSN 2179-7536. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/12189>>. Acesso em: 07 abr. 2023. doi:<http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v25i1.12189>

CAVALCANTE, Pedro Jeronimo de Carvalho Neves; MICHEL, Roberto Ferreira Machado; MOREAU, Maurício Santana; PAIVA, Arlicélio de Queiroz; NORONHA, Rafael Henrique de Freitas; SILVA, Tássio Moreira. Spectral Evaluation of Cocoa: A Methodological Proposal for its Management and Application of the Cabruca Decree. **Floresta e Ambiente**, [S. l.], v. 30, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-floram-2022-0050>. Acesso em: 7 abr. 2023.

CALVI, M. F. *et al.* Diagnóstico do arranjo produtivo local da cultura do cacau no território da Transamazônica - Pará. Altamira: SEBRAE / UFPA. 2010.

DUTRA, Luciano *et al.* Cocoa agroforest systems classification with high resolution images. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 2017, Santos. Anais [...]. Santos: INPE, 2017 p. 304–311.

IBGE. IBGE Cidades. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 25 maio. 2023.

_____. Censo Agropecuário de 2017. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 25 maio. 2023.
IPEAN/CAR-PARÁ. **Cultura do Cacau**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146496/1/CACAU.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2023.

IPEAN; CAR-PARÁ. **Cultura do Cacau**, 1973. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146496/1/CACAU.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2023.

MATIAS, M. R.; MILARE, G.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Q-CleanCAR: Um complemento QGIS para remoção guiada de sobreposições de polígonos de imóveis rurais do Cadastro Ambiental Rural (CAR). *GEOINFO*, 2022

NUMBISI, Frederick N.; VAN COILLIE, Fieke M. B.; DE WULF, Robert. Delineation of Cocoa Agroforests Using Multiseason Sentinel-1 SAR Images: A Low Grey Level Range Reduces Uncertainties in GLCM Texture-Based Mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 179, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8040179>. Acesso em: 23 fev. 2022.

ROSSONI, R. A.; LOPES DE MORAES, M. AGROPECUÁRIA E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA: uma análise espacial entre 2007 e 2017. *Geografia em Questão*, [S. l.], v. 13, n. 3, 2020. DOI: 10.48075/geoq.v13i3.23536. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/23536>. Acesso em: 7 abr. 2023.

PORRO, Roberto et al. Agroforestry in the Amazon Region: A Pathway for Balancing Conservation and Development. *In*: NAIR, P.K.; GARRITY, D. (org.). **Agroforestry - The Future of Global Land Use**. Dordrecht: Springer, 2012. v. 9. p. 391–428. ISBN: 9789400746756. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4676-3_20.

SCHROTH, Götz; GARCIA, Edenise; GRISCOM, Bronson Winthrop; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldês; BARROS, Lucyana Pereira. Commodity production as restoration driver in the Brazilian Amazon? Pasture re-agroforestation with cocoa (*Theobroma cacao*) in southern Pará. *Sustainability Science*, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 277–293, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-015-0330-8>. Acesso em: 13 set. 2021.

SENAR. Cacau: produção, manejo e colheita. Brasília: SENAR, 2018.

VENTURIERI, Adriano et al. The Sustainable Expansion of the Cocoa Crop in the State of Pará and Its Contribution to Altered Areas Recovery and Fire Reduction. *Journal of Geographic Information System*, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 294–313, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4236/jgis.2022.143016>. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=118147>. Acesso em: 15 maio. 2023.