



Mapeamento e caracterização dos plantios florestais do Brasil: um inventário nacional por satélite

Tamires José¹
Fábio Gonçalves¹
Bruno Montibeller¹
Leon Marques¹
Igor Leite¹
Gilson Silva²
André Almeida³

¹Canopy Remote Sensing Solutions (tamires@canopyrсс.com, fabio@canopyrсс.com, bruno@canopyrсс.com, leon@canopyrсс.com, igor@canopyrсс.com), ²Universidade Federal do Espírito Santo (fernandes5012@gmail.com), ³Universidade Federal de Sergipe (andrega@gmail.com)

RESUMO: Informação acerca da distribuição espacial dos plantios florestais no Brasil é essencial para subsidiar a formulação de políticas públicas e novos investimentos no setor. Porém, não há atualmente no país uma metodologia operacional objetiva que disponibilize esse tipo de informação em escala nacional. Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo mapear e caracterizar plantios florestais homogêneos em todo o território nacional no ano base 2021 utilizando imagens coletadas pelos satélites Sentinel-2. Os resultados apontaram uma área total de floresta plantada no Brasil de aproximadamente 9,9 Mha, sendo o eucalipto o gênero predominante (76%), seguido do pinus (19%). Uma análise da acurácia do mapeamento indicou um valor global de 97%, confirmando a eficácia da metodologia empregada no levantamento de plantios florestais no país.

Palavras-chave: eucalipto, pinus, sensoriamento remoto, Sentinel-2, acurácia

Introdução

Ocupando uma área aproximada de 1% do território nacional, o setor florestal brasileiro contribui com ~6% do PIB industrial no país, se destacando não somente pela sua relevância econômica, mas também por se consolidar como uma das principais referências nacionais para o desenvolvimento sustentável e a chamada economia verde (IBA, 2021).

Impulsionado pelas condições edafoclimáticas e pelo amplo fomento do setor à pesquisa florestal, o Brasil ocupa uma posição de liderança em produtividade florestal. Essa posição busca ser mantida com a aprovação do Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas, que tem como meta ampliar área de produção em 2 milhões de hectares (20%) até 2030 (PNDFP, 2018). Dessa forma, informações estratégicas acerca da distribuição espacial, produção e consumo das florestas plantadas do país são essenciais para subsidiar a formulação de políticas públicas e o fomento de novos investimentos no setor (Rabelo et al., 2020). Atualmente, no entanto, não há no Brasil uma metodologia objetiva que forneça essas informações em escala nacional.



Nesse contexto, esse trabalho teve por objetivo mapear e caracterizar plantios florestais homogêneos em todo o território nacional utilizando imagens coletadas por satélite. Os objetivos específicos foram delimitar os plantios florestais e em escala de talhão e caracterizar o gênero plantado a partir de interpretação visual de imagens.

Material e métodos

Mapeamento dos plantios florestais

O mapeamento dos plantios florestais de área superior a 0,25 hectares para o ano base de 2021 foi obtido a partir da interpretação visual de imagens multiespectrais de média resolução espacial (10-20 m). Foram utilizadas imagens coletadas entre junho e setembro de 2019, 2020 e 2021 pelos satélites do programa Sentinel-2, em 13 bandas espectrais. As imagens foram adquiridas com nível de processamento Level-2A, incluindo correção radiométrica, geométrica e atmosférica.

Além das imagens Sentinel-2, foram empregadas imagens base de alta resolução espacial para refinar os limites dos talhões, o que resultou em uma escala de mapeamento superior a 1:30.000. O mapeamento incluiu todos os talhões com floresta plantada em ao menos um dos três anos (2019, 2020 e 2021). Assim, áreas de floresta plantada em pouso durante um ou dois anos foram incluídas no mapeamento.



Figura 8. Mapeamento dos plantios florestais e talhamento através da interpretação visual de imagens multiespectrais de média resolução espacial.

Determinação do gênero plantado

Todos os plantios florestais mapeados foram classificados em eucalipto, pinus ou “outros” (uma classe única incluindo todos os demais gêneros florestais menos representativos em área plantada, como acácia, teca, seringueira etc.). A definição do gênero de cada talhão foi realizada a partir da interpretação visual de padrões de tonalidade, textura e contexto, observados em composições coloridas de imagens Sentinel-2. Além das imagens Sentinel-2 e imagens base de alta resolução espacial, foram utilizadas como apoio, séries temporais do índice de vegetação por



diferença normalizada (NDVI). As séries de NDVI foram produzidas a partir de imagens coletadas entre 2000 e 2020 pelo sensor MODIS e ajudaram a identificar padrões que contribuem para a definição dos gêneros, como a velocidade de crescimento dos plantios e a duração dos ciclos de corte.

Determinação da acurácia do mapeamento

Para a avaliação da acurácia do mapeamento, foram distribuídos aleatoriamente entre 1.000 e 2.000 pontos amostrais por estado, com metade dos pontos lançados na área mapeada como floresta plantada e metade lançados fora destas áreas. Ao todo, foram distribuídos aleatoriamente 17.000 pontos em 14 estados. Cada um desses pontos foi avaliado por três analistas diferentes para determinar sua classe de uso/cobertura da terra a partir da interpretação visual de imagens Sentinel-2, imagens base de alta resolução espacial, séries temporais de NDVI e fotografias disponíveis no Google Street View. As classes de uso da terra foram: (i) eucalipto, (ii) pinus, (iii) “outros” e (iv) outras classes de uso/cobertura da terra ou “não floresta plantada”. A fim de aumentar o nível de confiança dos pontos de referência, apenas pontos que receberam a mesma classificação de uso/cobertura da terra pelos três analistas foram utilizados na validação. No total, foram utilizados 12.025 pontos ou 71% do conjunto de pontos original. Seguindo os métodos de Pontius Jr. & Millones (2011), a análise de acurácia do mapeamento foi realizada, em nível de estado e para todos os estados combinados, a partir do cálculo de estatísticas de acurácia global e erros de omissão e comissão para cada classe considerada.

Resultados e discussão

Área mapeada por gênero

Em 2021, a área total de florestas plantadas mapeada no Brasil foi de aproximadamente 9,9 milhões de hectares, com plantios de eucalipto representando 76% do total (7,54 Mha) e plantios de pinus representando 19% (1,93 Mha). Foram mapeados ainda 460 mil hectares de outros cultivos florestais, como seringueira, acácia-negra, teca, araucária, entre outros. O estado de Minas Gerais concentrou 23,3% da base florestal mapeada e se destacou como o principal produtor de florestas plantadas no país (Tabela 1; Figura 2A), seguido de São Paulo (12,7%), Paraná (11,9%), Mato Grosso do Sul (10,8%), Santa Catarina (10,4%), Rio Grande do Sul (9,4%) e Bahia (6,7%). Em termos relativos, o estado de Santa Catarina se destaca com a ocupação de 10,8% do seu território com plantios florestais (Figura 2B), seguido do Espírito Santo (6,1%), Paraná (5,9%) e São Paulo (5,1%). Na Figura 2C é possível observar a distribuição espacial das florestas plantadas.



Tabela 1. Área de floresta plantada para os gêneros Eucalipto, Pinus e demais plantios florestais (Outros) nos estados brasileiros no ano base 2021.

UF	Área (ha)				UF	Área (ha)			
	Eucalipto	Pinus	Outros	Total		Eucalipto	Pinus	Outros	Total
AC	22,8			22,8	PB	130,6			130,6
AL	14.200,3		11,9	14.212,2	PE	955,9		132,6	1.088,5
AM	348,8			348,8	PI	31.825,3		320,8	32.146,2
AP	83.253,5	39,8	3.594,1	86.887,4	PR	449.130,1	712.496,2	14.099,0	1.175.725,2
BA	647.912,0	34,0	13.377,5	661.323,6	RJ	29.879,6	29,7	340,0	30.249,3
CE	20,9			20,9	RN	43,7			43,7
ES	263.900,8	1.819,0	13.902,3	279.622,1	RO	2.062,5	6.414,0	1.887,7	10.364,2
GO/DF	162.792,0	6.661,2	21.714,4	191.167,6	RR			22.321,5	22.321,5
MA	286.815,4		10.281,5	297.096,9	RS	591.754,1	289.216,7	52.755,8	933.726,5
MG	2.236.659,5	38.444,6	30.478,3	2.305.582,4	SC	315.485,5	712.390,7	2.423,2	1.030.299,3
MS	1.042.014,4	6.636,8	24.757,5	1.073.408,7	SE	3.467,9			3.467,9
MT	127.267,6	780,5	79.725,8	207.774,0	SP	980.482,6	151.370,3	130.859,9	1.262.712,8
PA	169.635,1	28,2	31.548,4	201.211,7	TO	101.664,1		5.253,7	106.917,8

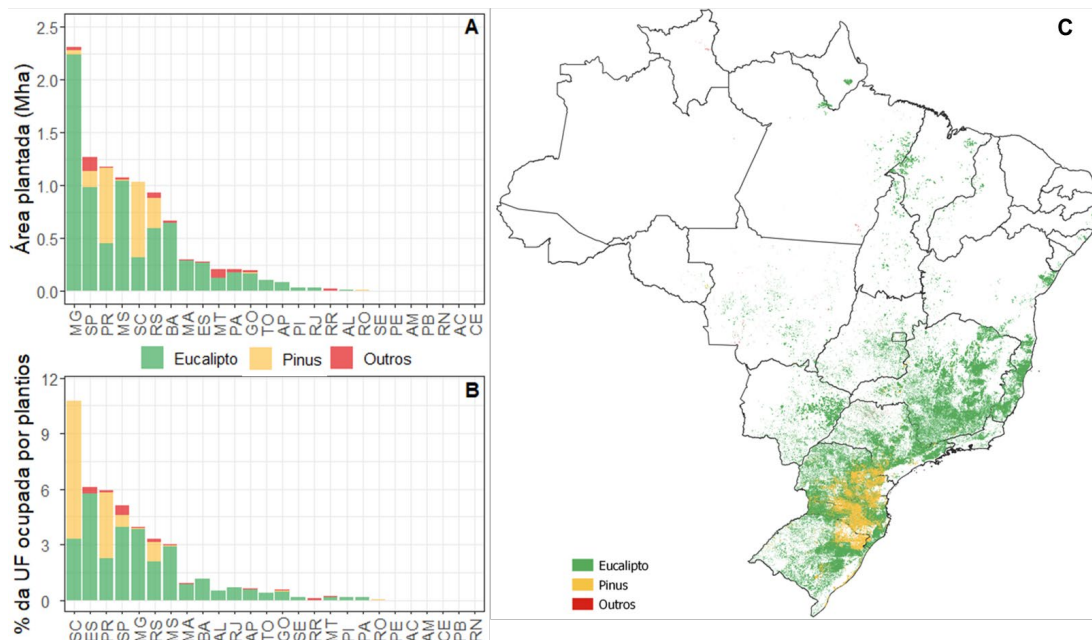


Figura 2. Florestas plantadas por estado. (A) Valores absolutos, (B) valores relativos à área total do estado e (C) distribuição espacial das florestas plantadas mapeadas nos estados.



Acuracidade do levantamento

A Tabela 2 apresenta a matriz de erros obtida a partir da análise dos 12.025 pontos amostrais distribuídos aleatoriamente. A acurácia global estimada para o mapeamento foi de 97%, indicando uma baixa confusão entre as classes consideradas. Os erros de omissão foram de 3,1%, 9,1%, 2% e 2,4% para as classes eucalipto, pinus, “outros” e “não floresta plantada”, respectivamente, enquanto os erros de comissão foram de 5%, 12,5%, 27,2% e 0,7%. Esses valores também indicam baixa taxa de omissão e comissão das classes, exceto para a classe “outros”, que apresentou um erro de comissão elevado com a baixa representatividade na amostragem (<1%).

Tabela 2. Matriz de erros obtida com a avaliação de 12.025 pontos de validação.

		Referência				Total
		Eucalipto	Pinus	Outros	Não FP	
Mapa	Eucalipto	3310	43	2	131	3486
	Pinus	54	617	0	34	705
	Outros	10	4	99	23	136
	Não FP	42	15	0	7641	7698
	Total	3416	679	101	7829	12025

A acurácia global por estado apresentou uma variação menor que 7%, com o menor valor observado em SC (93,1%) e o mais alto no PI (100%). Os erros de comissão e omissão demonstraram maiores variações entre os estados e classes.

Conclusões

O mapeamento apresentado é inédito e representa o primeiro do tipo conduzido no Brasil. A metodologia adotada possibilitou a produção de um raio-x completo das áreas de floresta plantada no país, com detalhamento em escala de talhão. Foram produzidas informações sistemáticas, com alto nível de acurácia, que devem ser atualizadas anualmente e incrementadas com informação de idade e produtividade para apoiar o desenvolvimento do setor.

Referências bibliográficas

IBÁ Relatório anual, 2019. Disponível em: <https://www.iba.org/publicacoes>. Acesso em: 01 abr. 2023.

PLANO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE FLORESTAS PLANTADAS (PNDFP). Brasília, DF: MAPA, 2018. 47 p. il. color. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/outras-publicacoes/plano-nacional-dedesenvolvimento-de-florestas-plantadas.pdf/view>. Acesso em: 21 set. 2022.

PONTIUS JR., R. G.; MILLONES, M. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, n. 15, p. 4407-4429, 2011.



Congresso
Plantações Florestais
23 a 25 de maio de 2023
Piracicaba - SP



RABELO, L.K.L.; MAESTRI, M.P.; DE AQUINO, M.G.C., BAUMANN, S.S.R.T. AND SANTA BRÍGIDA, C.A.
Cenário das árvores plantadas no Brasil. Biodiversidade, v.19, n.3, p. 170-179, 2020.

