



Universidade de São Paulo

www.revistas.usp.br/rdg - ISSN 2236-2878

Volume 44 (2024), e217450

DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2024.217450

Trabalho de campo em fitofisionomias florestais e não florestais de Roraima, no âmbito dos projetos PRODES e DETER

Fieldwork in forest and non-forest phytophysionomies in Roraima, within the scope of the PRODES and DETER projects

Cassiano Gustavo Messias¹ ; Haron A. Magalhães Xaud²; ; Maristela Ramalho Xaud² ; Douglas Rafael V. de Moraes¹ ; Raissa Caroline dos S. Teixeira¹ ; Vivian Renó¹ ; Noeli Aline P. Moreira¹ ; Deborah L. Correia-Lima¹ ; Jefferson J. de Souza¹ ; Lucélia S. de Barros¹ ; Ana Carolina S. de Andrade¹ ; Amanda P. Belluzzo¹ ; Delmina Carla M. Barradas¹ ; Thiago C. de Lima¹ ; Igor P. Cunha¹ ; Luiz Henrique A. Gusmão¹ ; Leticia P. Perez¹ ; Maira Ramalho Matias¹ ; João Felipe S. K. C. Pinto¹ ; Manoel R. Ribeiro Neto¹ ; Vagner Luis Camilotti¹ ; Evandro Carlos Costa Neves³ ; Fábio Corrêa Alves⁴ ; Arlesson Antonio de Almeida Souza¹ ; Libério J. da Silva⁵ ; Luciana Soler¹ ; Luiz Eduardo Maurano¹ ; Cláudio Aparecido de Almeida¹ ; Marcos Adami¹

¹Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, Brasil

³Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil

⁴Centro de Humanidades, Universidade Federal do Oeste da Bahia, Barreiras, BA, Brasil

⁵Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Recebido (Received): 28/10/2023

Aceito (Accepted): 01/08/2024

E-mail: haron.xaud@embrapa.br (HAMX); maristela.xaud@embrapa.br (MRX); douglas.moraes@inpe.br (DRVM); raissa.teixeira@inpe.br (RCST); vivian.reno@inpe.br (VR); noeli.geo@gmail.com (NAPM); deborahlclima@gmail.com (DLCL); jeff.azuos@gmail.com (JJS); luceliasbarros@gmail.com (LSB); anacarolinasantos580@gmail.com (ACSA); amanda.belluzzo@gmail.com (APB); delmatosb@gmail.com (DCMB); carvalholimatcl@gmail.com (TCL); igorperezcunha@hotmail.com (IPC); luizgusmao.geo@gmail.com (LHAG); leticia.palazzi@gmail.com (LPP); mairamatias.geo@gmail.com (MRM); jfkneipp@gmail.com (JFSKCP); manoelnt93@gmail.com (MRRN); vagner.camilotti@gmail.com (VLC); evandrocneves@outlook.com (ECCN); fabio.alves@ufob.edu.br (FCA); liberiojunior25@gmail.com (LJS); lusoler@gmail.com (LS); maurano@dpi.inpe.br (LEM); claudio.almeida@inpe.br (CAP); marcos.adami@inpe.br (MA)
*Email para correspondência: cassiano.messias@inpe.br (CGM).

Resumo: O presente relatório traz o registro de observações e análises de um trabalho de campo realizado entre 20 e 28 de março de 2023, no estado de Roraima, em parceria entre as instituições INPE e Embrapa Roraima. Os objetivos do trabalho foram checar in loco feições pré-selecionadas, localizadas em áreas florestais e não florestais do estado, comprovando serem ou não antropizadas, conforme a sua classificação nos programas de monitoramento PRODES e DETER (INPE), além de verificar quais são os usos e coberturas presentes nas áreas observadas. Foram percorridos 2.288 km em Roraima, em oito dos quinze municípios do estado, sendo que a maior parte das observações em locais classificados no PRODES como “não floresta” foram em áreas naturais, enquanto, em áreas florestais, a maioria dos pontos se relacionam a áreas desmatadas. Os resultados trazem contribuições para melhorias na detecção pelos programas de monitoramento da Amazônia, chaves de interpretação com exemplos de feições e o link para acesso a um documento com a descrição dos 1.042 pontos visitados.

Palavras-chave: Amazônia; Não-floresta; Lavrado; Monitoramento dos biomas.

Abstract: This report documents observations and analyses from fieldwork conducted between March 20 and 28, 2023, in the state of Roraima, as a collaboration between the National Institute for Space Research (INPE) and the Brazilian Agricultural Research Agency of Roraima (Embrapa Roraima). The study investigated selected features in both forested and non-forested areas, confirming their anthropization status according to the PRODES and DETER monitoring programs (INPE). Additionally, it aimed to identify land

uses and land covers in these areas. The fieldwork covered 2,288 km across eight out of fifteen municipalities in Roraima. Most observations in locations classified as "non-forest" by PRODES were in natural areas, while in forested regions, the majority of points were linked to deforested areas. The results provide valuable insights to enhance Amazon monitoring programs, including interpretation guidelines with feature examples and a detailed document describing the 1,042 visited points.

Keywords: Amazon; Non-forest; Lavrado; Biome monitoring.

1. Introdução

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza o monitoramento da cobertura da terra na Amazônia Legal Brasileira (ALB) desde 1988 através do Programa de Monitoramento da Amazônia Brasileira por Satélites (PRODES). O desenvolvimento desta metodologia iniciou na década de 1970 em um projeto que monitorou o desmatamento em algumas regiões da Amazônia (TARDIM et al., 1979). As competências e a experiência do INPE nas áreas de observação da Terra por sensoriamento remoto, ciências da vegetação e no desenvolvimento de sistemas de gerenciamento e de processamento de dados geográficos, conferem ao instituto um papel central no monitoramento das florestas tropicais (ALMEIDA et al, 2022a; MESSIAS et al., 2021; SOLER et al., 2021). Outro programa de monitoramento da Amazônia que vem sendo desenvolvido pelo INPE, desde 2004, é o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), que emite avisos diários de desmatamento e de degradação das florestas primárias, sendo base para o planejamento das ações de fiscalização ao longo de todo o ano (DINIZ et al., 2015).

Os dados do PRODES apontam que o desmatamento de fisionomias florestais atingiu 769.930,88 km² do bioma Amazônia no Brasil até 2022, o que corresponde a 20,09% das florestas originais (MESSIAS et al., 2024; TERRABRASILIS, 2023). Por um lado, esse monitoramento anual é realizado há mais de 35 anos, o que permite conhecer os valores de desmatamento no bioma. No entanto, o programa de monitoramento da Amazônia não realizava mapeamentos sistemáticos de perda de vegetação com fitofisionomias não florestais, as quais cobrem cerca de 280 mil km² (6,6% da área do bioma). Após os esforços do INPE em monitorar 100% do território brasileiro, apenas no ano de 2023 foi publicada uma série histórica de supressão de vegetação natural não florestal na Amazônia, apontando que, até 2022, houve a perda de 29.247,44 km² (10,46%) dessas formações. Este programa ficou conhecido como PRODES Amazônia “não floresta” (PRODES NF) (ALMEIDA et al., 2022b; MESSIAS et al., 2024; TERRABRASILIS, 2023). Além disto, a partir de 1º de agosto de 2023, o INPE passou também a operar o DETER Amazônia “não floresta” (DETER NF), o qual passou a enviar avisos diários de queimada e supressão de vegetação não florestal original.

As áreas classificadas no PRODES como “não floresta” se distribuem por todo o bioma amazônico. As maiores extensões dessas fitofisionomias estão localizadas no Pará (66.845,29 km²), Roraima (60.902,10 km²) e Amazonas (48.506,45 km²). Roraima, Amapá e Rondônia apresentam as maiores proporções de suas áreas com coberturas não florestais, sendo que essas representam 27,26%, 18,23% e 9,91% de seus territórios, respectivamente (**Tabela 1**).

Tabela 1: Área dos estados no interior do bioma Amazônia, área de hidrografia (superfície hídrica) e área original de vegetação com fisionomia florestal e não florestal, segundo a classificação do PRODES.

Estado	Área do estado no bioma Amazônia (km ²) ^a	Área de hidrografia (km ²)	Área original de floresta (km ²)	Área de não floresta (km ²) ^b	Proporção de não floresta (%) (b/a*100)
Acre	164.075,0	113,33	163.891,62	70,05	0,04
Amapá	141.993,0	3.461,35	112.648,43	25.883,22	18,23
Amazonas	1.558.956,0	51.077,53	1.459.372,02	48.506,45	3,11
Maranhão	112.592,0	4.818,94	99.606,86	8.166,20	7,25
Mato Grosso	511.979,0	1.728,34	465.181,69	45.068,97	8,80
Pará	1.236.970,0	44.115,66	1.126.009,05	66.845,29	5,40
Rondônia	234.974,0	1.766,08	209.912,52	23.295,40	9,91
Roraima	223.428,0	1.753,15	160.772,75	60.902,10	27,26
Tocantins	24.678,0	395,63	23.350,29	932,08	3,78
Amazônia	4.209.645,0	109.230,01	3.820.745,23	279.669,76	6,64

Para o desenvolvimento do PRODES NF, necessitou-se adaptar para as áreas não florestais a metodologia já estabelecida e reconhecida do PRODES Amazônia em caracterizar a supressão em áreas florestais. Nesse processo, um dos desafios foi o de elaborar chaves de interpretação para diferentes feições não florestais. Discernir entre feições naturais e antrópicas exigiu a interação dos intérpretes do PRODES NF com especialistas nesses ecossistemas, bem como trabalho de campo em locais específicos para melhor caracterizar tais feições. Dentre esses locais, a interpretação de feições naturais e antrópicas em imagens orbitais em Roraima, em especial no Lavrado, de acordo com a visão dos intérpretes e auditores do PRODES e DETER, é de elevada complexidade quando comparada às que se desenvolvem em outros estados. Nesse sentido, o trabalho de campo pode auxiliar na melhor compreensão de feições que ocorrem com frequência nas imagens e melhorar a qualidade dos dados produzidos pelos programas de monitoramento da Amazônia.

O presente relatório traz o registro de observações e análises, fruto de um trabalho de campo realizado entre 20 e 28 de março de 2023 em Roraima, no âmbito do programa de monitoramento da Amazônia - INPE, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, unidade Embrapa Roraima. Os seus objetivos foram: 1) Avaliar *in loco* a ocorrência das supressões detectadas no PRODES NF e no mapeamento do projeto piloto DETER NF, identificando possíveis incongruências, como omissões e inclusões, evitando-se sub ou superestimativas; 2) Observar *in loco* feições que causam dúvidas na interpretação de imagens de satélite, previamente levantadas por intérpretes e auditores do INPE, e refinar as chaves de interpretação para diferenciação de fitofisionomias naturais, supressão e degradação; 3) Verificar quais são os usos e coberturas presentes nas áreas observadas; 4) Percorrer também áreas constituídas por vegetação florestal e comprovar *in loco* a ocorrência de desmatamento e/ou degradação detectadas pelo PRODES e DETER nessas formações.

2. Caracterização e justificativa da escolha da área de estudo

A escolha da área de estudo para realização do trabalho de campo levou em consideração diferentes fatores. A primeira razão para a escolha de Roraima é devido ao fato de ser o estado com maior proporção de áreas não florestais no interior do bioma Amazônia, sendo 27,26% de sua área incluída na máscara de “não floresta” do PRODES (Tabela 1; Figura 1A).

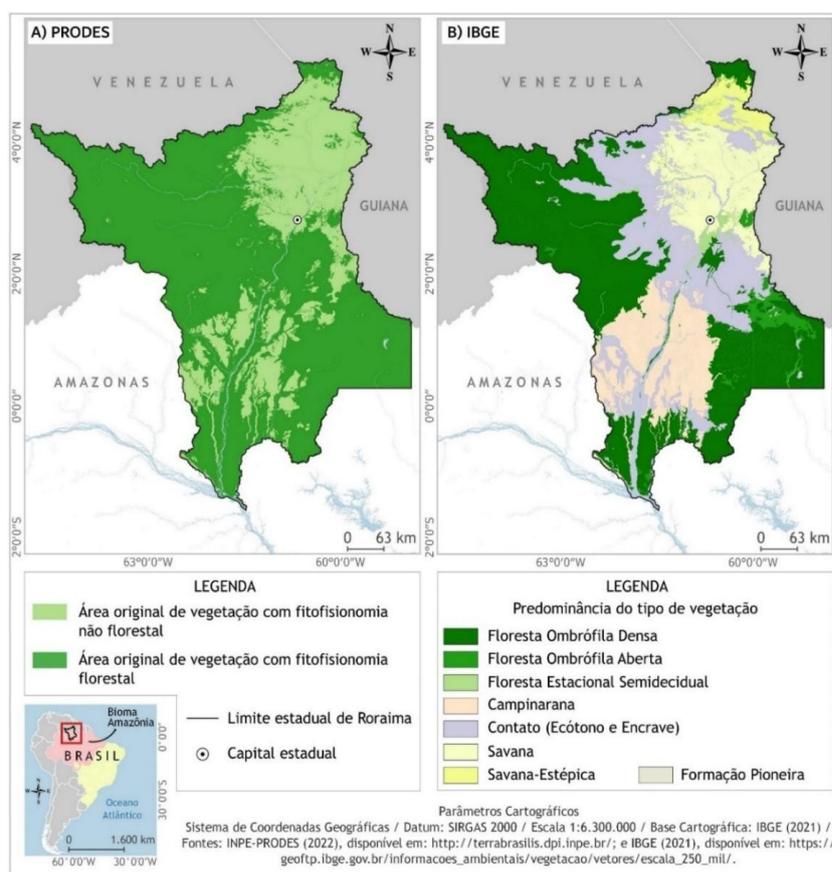


Figura 1: A) Localização das áreas originalmente constituídas por fitofisionomias florestais e não florestais em Roraima, segundo o PRODES (ALMEIDA et al, 2022a); B) Classificação da vegetação de Roraima, segundo o IBGE (2022).

O maior bloco contínuo de vegetação aberta, no extremo norte da Amazônia, está situado em Roraima (BARBOSA et al., 2007). Este bloco é nomeado localmente como “Lavrado”, sendo classificado pelo PRODES como “não floresta” e como savana pelo IBGE (IBGE, 2012, 2022) (**Figura 1B**). Na porção sul do estado, ocorrem áreas representativas de vegetações não florestais, as Campinaranas. Há também Savana Estépica ao norte e áreas de contato (ecótono) ao centro. Porém, a vegetação predominante no estado é de cerca de 71% de Floresta Ombrófila com variações de Densa, Aberta, Estacional Semidecidual e Ecótonos e Encraves com predomínio florestal (IBGE, 2022; INPE, 2022), todas agrupadas pelo PRODES como de fitofisionomia florestal.

Desde a década de 1970, o Lavrado vem sofrendo mudanças decorrentes da construção de estradas e a expansão agrícola nesse local ocorreu na ausência de um programa efetivo de planejamento regional para o uso econômico sustentável e de sistemas de monitoramento como o PRODES e DETER (BARBOSA; CAMPOS, 2011). A região dos Lavrados tem sido um *hotspot* de supressão da vegetação não florestal natural nas duas últimas décadas. Em 2022, a supressão de vegetação não florestal em Roraima atingiu valores antes não observados e o estado apresentou os maiores valores de supressão de vegetação não florestal na Amazônia. O valor de supressão em áreas de não floresta no estado ultrapassou, inclusive, o valor absoluto de perda florestal naquele ano – 302,9 km² e 293,18 km², respectivamente (MESSIAS et al., 2024; TERRABRASILIS, 2023).

3. Materiais e métodos

O planejamento de campo teve início a partir da interpretação das imagens de Roraima no âmbito do PRODES NF e do projeto piloto DETER NF para o ano de 2023. No PRODES NF, a supressão é atualmente detectada por meio de interpretação visual de imagens do satélite Sentinel 2A e 2B, sensor MSI, na composição colorida RGB SWIR 1/NIR/Red e com escala máxima em 1:75.000 (até 2014, foram empregadas imagens obtidas pela série Landsat, dos sensores MSS, TM, ETM+ e OLI, empregando composições de banda similares à anteriormente citada). A banda SWIR 1 do Sentinel foi reamostrada para 20 m para compatibilização com as demais bandas. No caso do DETER NF, são empregadas imagens do sensor WFI (satélites Amazônia 1, CBERS 4 e 4A), na composição colorida RGB Red/NIR/Green, além de frações solo e sombra geradas por Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), analisadas em escala máxima 1:100.000.

Os intérpretes e auditores (INPE) elencaram dúvidas no processo de interpretação de imagens para serem checadas em campo. Na sequência, especialistas da Embrapa Roraima foram convidados para realizar uma validação externa do dado, levantando mais pontos para checagem em campo. Na sequência, foi gerado um mapa de calor dos polígonos de supressão detectados pelo PRODES NF 2022 no QGIS 3.14.16, visando localizar as áreas de maior concentração espacial dos eventos, utilizando estimador de densidade Kernel. Este mapa de calor e os pontos de dúvidas previamente levantados foram insumos para que os pesquisadores da Embrapa Roraima, que têm amplo conhecimento da área de estudo, selecionassem oito rotas para serem percorridas em campo.

Após selecionadas as rotas, foram organizados dados espaciais vetoriais contendo as vias a serem percorridas, os pontos de dúvidas previamente levantados, polígonos de desmatamento do PRODES e DETER, além de imagens de satélites utilizadas pelo PRODES em 2021 e 2022 e imagens com datas próximas do trabalho de campo (**Tabela 2**). Foi montada uma base de dados em um *tablet*, empregando o software *Locus Map Free*, o que permitiu acesso durante o trabalho de campo a todos os dados cartográficos anteriormente levantados, assim como o registro das observações de campo. Durante todo o trabalho de campo, a equipe de apoio alocada em escritório no INPE processou novas imagens orbitais disponíveis, visando observar as áreas em composições com datas mais próximas.

Seis das oito rotas que se planejou percorrer estavam localizadas em áreas prioritariamente constituídas por fitofisionomias não florestais e duas florestais, segundo a classificação do PRODES. A metodologia empregada propunha visitar os pontos pré-selecionados e sanar as dúvidas de interpretação, verificar se os polígonos de supressão mapeados pelo PRODES e de supressão e degradação detectados pelo DETER correspondiam à realidade, além de identificar o uso atual nas áreas em que houve supressão e fotografar as áreas de interesse. Optou-se, porém, por coletar informações não apenas dos pontos pré-selecionados, mas quantos fossem possíveis ao longo das rotas, visando obter o máximo de registros de campo.

Após o término do trabalho, a equipe de intérpretes do PRODES realizou uma análise das informações obtidas em campo e elaborou um documento tabular que contém a coordenada de cada ponto, o tipo de fitofisionomia, informação se a área foi detectada no PRODES e DETER, a descrição do que foi observado, a visualização da feição em imagem MSI (utilizada no PRODES) e WFI (utilizada no DETER) e foto de

campo. Foram também refinadas as chaves de interpretação utilizadas para os sistemas PRODES e DETER, assim como polígonos que foram constatados como falsos positivos (erros de comissão), isto é, relacionados à supressão de vegetação natural, que foram apagados do banco de dados do PRODES.

Tabela 2: Dados espaciais e produtos de sensoriamento remoto utilizados na organização do campo

Produto	Resolução/escala	Órbita/ponto	Data	Fonte
Mosaico de imagens do satélite Sentinel (MSI)	20 m	232/58*	06/08/2022, 08/08/2022, 21/03/2023, 24/03/2023, 26/03/2023, 29/03/2023, 30/09/2022 - 07/10/2022, 21/03/2023, 24/03/2023, 26/03/2023, 29/03/2023	Agência Espacial Europeia (ESA)
Imagem do satélite Amazônia (WFI)	64 m	038/15 039/15	23/03/2023 25/03/2023	INPE/CAST
Estradas percorridas em campo	1:100.000	-	-	SEPLAN/RR
Pontos de dúvida (PRODES)	-	-	-	INPE
Pontos de dúvida (Embrapa RR)	-	-	-	Embrapa RR
Polígonos PRODES floresta	1:250.000	-	1988 - 2022	INPE
Polígonos DETER floresta	1:250.000	-	2016 - 2022	INPE
Desmatamento PRODES NF	1:250.000	-	2000 - 2022	INPE

* Os mosaicos são construídos no PRODES NF para compor uma imagem com área similar às obtidas pelos satélites Landsat. São compostos por imagens Sentinel, com menor cobertura de nuvem possível em cada órbita/ponto, dentro de um período pré-definido.

4. Resultados e discussões

4.1 Execução do trabalho de campo

O trabalho de campo ocorreu entre 20 e 28 de março de 2023, com uma equipe formada por um pesquisador do INPE e um auditor do PRODES, conhecedores dos produtos gerados pelos programas de monitoramento do INPE, além de dois pesquisadores da Embrapa Roraima, que são usuários dos dados e têm amplo conhecimento sobre fitofisionomias florestais e não florestais no estado (**Figura 2**).

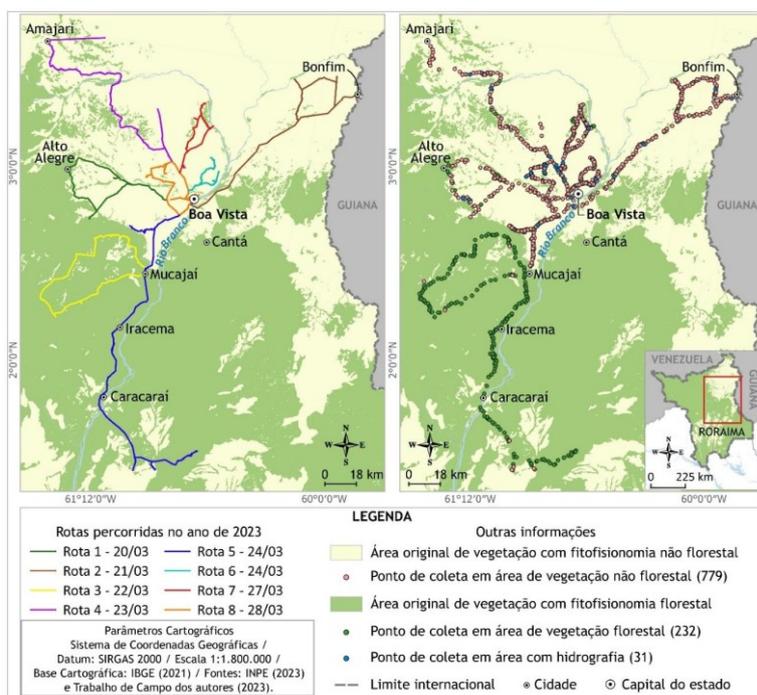


Figura 2: A) Localização espacial das oito rotas percorridas em trabalho de campo em Roraima, superfície hídrica e delimitação das áreas originalmente florestais e não florestais; B) Distribuição espacial dos pontos obtidos em campo e a sua classificação segundo o PRODES.

Foram percorridos 2.288 km em Roraima, em oito dos quinze municípios do estado (Amajari, Alto Alegre, Boa Vista, Bonfim, Cantá, Caracarái, Iracema e Mucajaí) (**Figura 2A**). Foram coletadas informações em 1.042 pontos ao longo das oito rotas, distribuídos, segundo a classificação do PRODES, em: A) Áreas não florestais (779); B) Áreas florestais (232); e C) Hidrografia (31) (**Figura 2B**).

4.2. Paisagens naturais e antrópicas observadas em campo

Ao longo das oito rotas percorridas, foram observadas e registradas informações referentes a paisagens naturais e antrópicas, em áreas florestais e não florestais. Na área do Lavrado, nos municípios de Boa Vista, Alto Alegre, Bonfim e Amajari, as paisagens savânicas têm destaque, por exemplo, as fitofisionomias Savana Florestada, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa e Vereda (**Figura 3A, 3B, 3C e 3D**). Em Caracarái foram observadas Campinaranas (**Figura 3E**). Por sua vez, em Mucajaí, Iracema e Caracarái foram observadas extensas paisagens florestais, cuja Floresta Ombrófila Densa é predominante (**Figura 3F**). Paisagens semelhantes podem ser visualizadas no relatório de campo de Silva e Maceli (2023), realizado na região fronteira de Lavrado entre o Brasil e a Venezuela.

Muitas das feições antrópicas observadas tratam de conversão de uso da terra, sendo os principais a inserção de cultivos agrícolas, de pasto plantado e de silvicultura (**Figura 4A, 4B e 4C**). Em diversos locais, observou-se também a remoção da vegetação natural no momento do trabalho de campo, tanto em áreas não florestais (**Figura 4D**), como florestais (**Figura 4E**). Em áreas florestais foi também comum visualizar áreas já desmatadas sendo queimadas, com o objetivo de realizar a limpeza dos resíduos remanescentes acima do solo (**Figura 4F**).

Durante o trabalho de campo, foram visualizadas extensas áreas de queimadas em locais com vegetação não florestal (**Figura 5A**). No caso das áreas de vegetação florestal, ao longo das estradas foram observadas florestas com sinais de degradação, seja pela entrada do fogo proveniente das áreas já desmatadas e/ou pela retirada seletiva de madeira (**Figura 5B**). Durante o período seco, o perigo de propagação de queimadas na região do Lavrado aumenta porque a vegetação herbácea se torna senescente e disponibiliza alta quantidade de material combustível seco sobre o solo. O fogo é comumente utilizado neste período como uma ferramenta de manejo em criações extensivas de gado, empregando-o para eliminar a forragem não consumida e senescida (COSTA et al., 2012). O fogo também é elemento da cultura indígena, utilizado para reduzir o material combustível, caçar, confeccionar rota de fuga para os animais em caso de incêndios e para limpeza de roça e de áreas ao redor das aldeias (XERENTE; OLIVEIRA, 2021). O fogo pode ocorrer também de maneira criminoso.

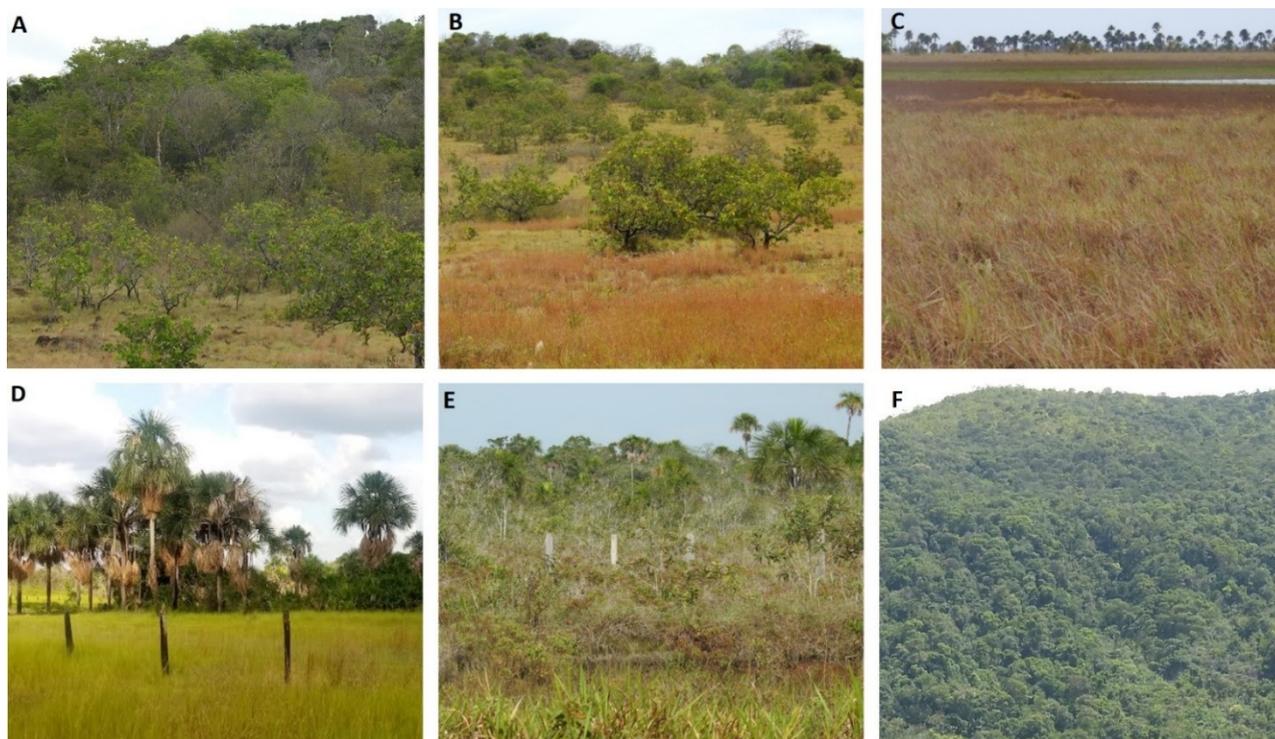


Figura 3: Exemplos de paisagens naturais observadas em trabalho de campo. **A)** Savana florestada; **B)** Savana parque; **C)** Savana gramíneo-lenhosa; **D)** Vereda; **E)** Campinarana; **F)** Floresta Ombrófila Densa.

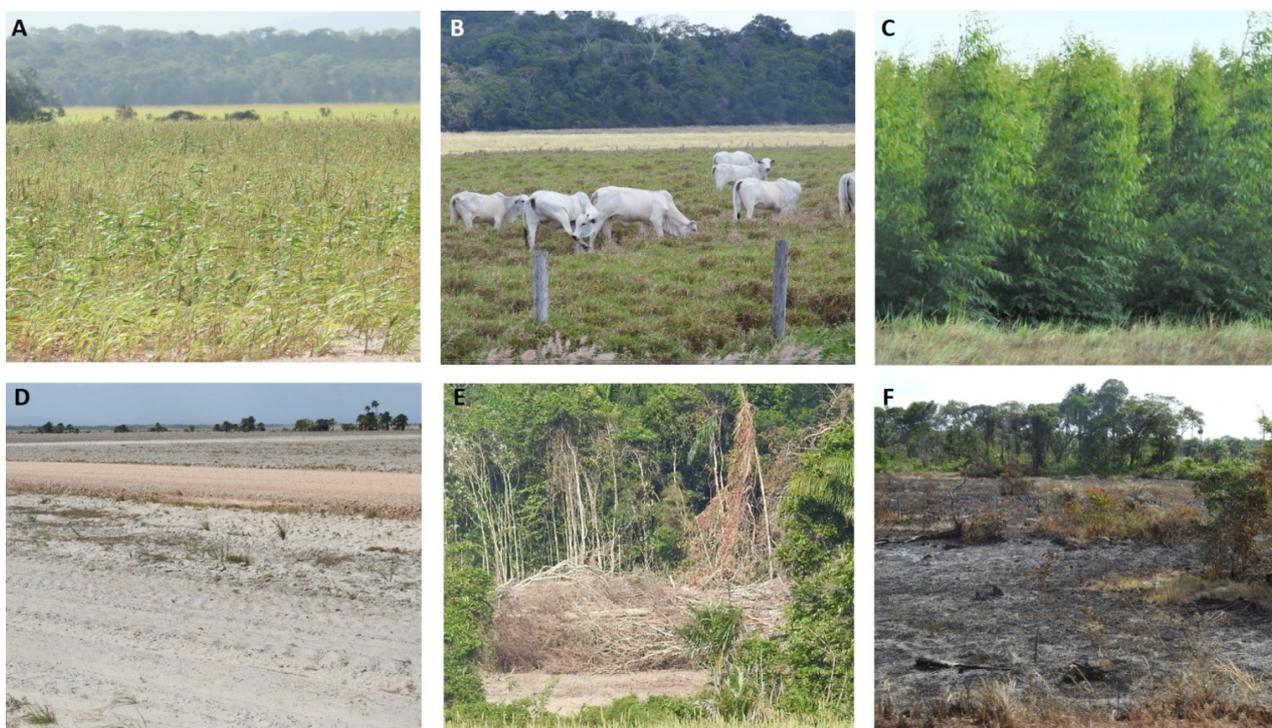


Figura 4: Exemplos de paisagens antrópicas observadas no trabalho de campo em Roraima. **A)** Cultivo agrícola (milheto); **B)** Pasto plantado; **C)** Silvicultura (eucalipto); **D)** Supressão de vegetação com fisionomia não florestal com solo exposto; **E)** Desmatamento recente em área florestal; **F)** Desmatamento seguido da queima.

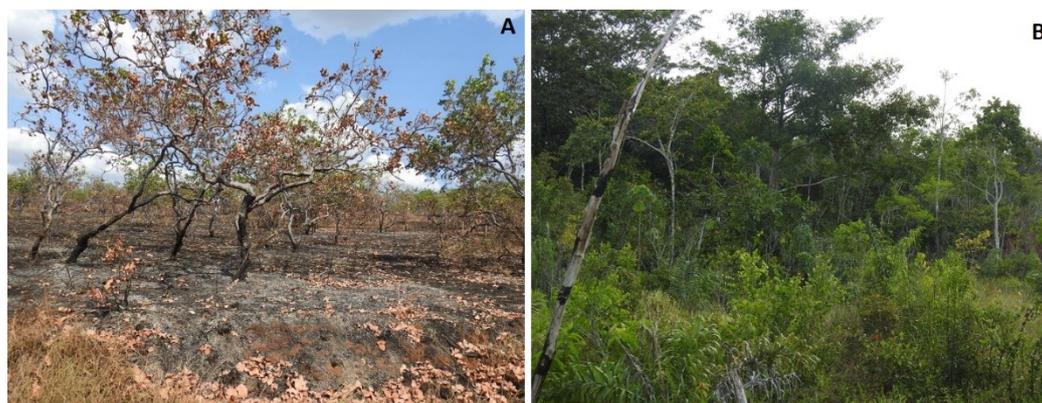


Figura 5: Exemplos de vegetação natural degradadas observadas no trabalho de campo em Roraima. **A)** Savana arborizada queimada na região do Lavrado; **B)** Floresta degradada no município de Caracarái.

4.3. Análise das observações realizadas em campo

A **Figura 6** mostra que as observações realizadas em áreas não florestais ocorreram de forma mais representativa em locais com presença de vegetação natural (55,22%), independentemente de tais áreas terem ou não passado por algum processo de degradação. Parte das observações confirmaram as ocorrências de supressões detectadas pelo PRODES NF em 2022 (12,7%), outras que foram detectadas pelo PRODES NF em 2023 (3,85%), assim como aquelas ocorridas em anos anteriores a 2022 (23,62%). Foram observadas também omissões (0,26%), ou seja, supressões que não foram detectadas pelo PRODES NF, as quais serão classificadas no PRODES 2024 como resíduo.

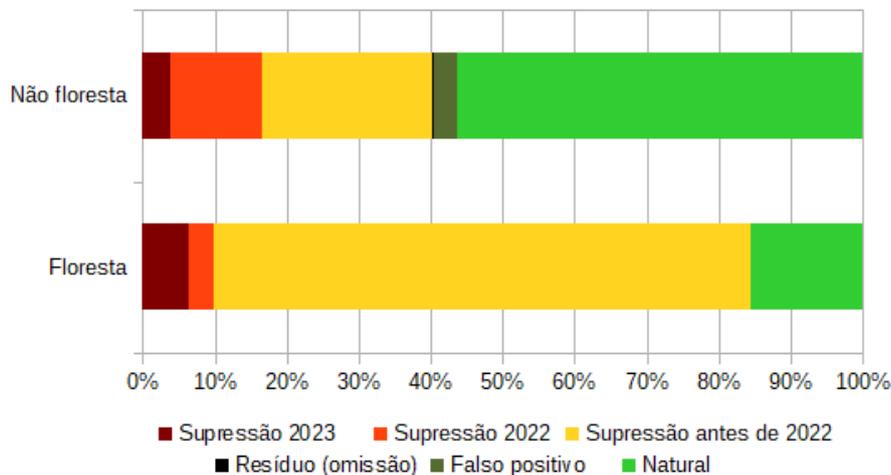


Figura 6: Classificação dos pontos observados em campo como natural, supressão, resíduo e falso positivo.

Uma nova análise foi realizada para locais onde, em anos anteriores a 2022, foram detectadas supressões pelo PRODES NF, mas que no trabalho de campo foi observada vegetação constituída por espécies naturais. Desde a década de 1980 até 2014, como expresso no item 3, a área de cada um desses polígonos foi observada em imagens do satélite Landsat; no caso de polígonos posteriores a 2016, em imagens do Sentinel, além de imagens multitemporais em alta resolução espacial disponíveis no Google Earth e da constelação Planet. Considerando os conhecimentos adquiridos ao longo do desenvolvimento dos programas de monitoramento e no trabalho de campo, a equipe de auditores do PRODES reavaliou se houve a ocorrência de tais supressões, sendo que: 1) Quando confirmada a remoção da vegetação nativa, o polígono foi mantido na base de dados do PRODES NF e, neste relatório de campo, ele passou a ser considerado como vegetação secundária; 2) Quando os auditores consideraram que houve detecção de um falso positivo de supressão pelo PRODES, o polígono foi apagado na base de dados do PRODES e voltou a ser considerado natural (3,33% das observações).

No caso das observações em áreas florestais, foram visitados locais nos quais houve desmatamentos detectados pelo PRODES em 2022 (3,44%), que foram recentemente mapeados no PRODES em 2023 (6,46%) e desmatamentos de anos anteriores (74,56%). As florestas primárias corresponderam a 15,51% das observações e, no caso das áreas florestais, não foram identificadas omissões e nem falsos positivos. É importante destacar que tais observações não representam a acurácia de tais sistemas de monitoramento, sendo que para as áreas florestais foi observada precisão geral de 98,8% (INPE, 2022) e 96,5% para áreas não florestais (MESSIAS et al., 2024).

4.3.1. Usos e coberturas observados em áreas não florestais

No que se refere aos usos e coberturas observados nas áreas não florestais (**Figura 7**), a classe Não Floresta Natural (NFN) foi a mais frequente (186 pontos), referindo-se a fitofisionomias com predominância de espécies herbáceas e sem indícios da ocorrência de fogo recente. Foram também observadas áreas representativas de vegetação natural degradadas pelo fogo, sendo elas: i) Não Floresta Natural com Fogo (NFF) (93 pontos) em locais onde a queimada ocorreu recentemente à data do trabalho de campo e não foi observada a regeneração das herbáceas, e ii) Não Floresta Natural Pós Fogo (NFPP) (46 pontos), quando foi observada a presença de cinzas de um fogo recente, porém tendo a rebrota das herbáceas. Outras observações de vegetação natural observadas foram Não Floresta Natural Úmida (NFU) (18 pontos), Vereda (NFV) (20 pontos), Campinarana (NFC) (8 pontos) e Mata (NFM) (6 pontos).

A maior parte das observações em áreas antropizadas foi de Supressão com Solo Exposto (SSE) (130 pontos). As classes Supressão com Agricultura (SAG) e Supressão com Pasto Plantado (SPP) foram também representativas, com 111 e 67 pontos, respectivamente. Números importantes de pontos foram registrados em áreas de vegetação secundária, sendo Não Floresta Secundária (NFS) (29 pontos), Não Floresta Secundária com Fogo (NFSF) (22) e Não Floresta Secundária Pós-fogo (NFSPF) (7). Houve ainda pontos em que foram observadas Áreas Urbanizadas (SUR) (14), Silvicultura (SSI) (13), Reservatório (SER) (5) e Mineração (SMI) (1). Outros três pontos estão relacionados a discordâncias em relação à delimitação do que é vegetação florestal e não florestal (CLFN), com indícios de confusão com áreas muito degradadas por fogo, não consensuadas na etapa de campo.

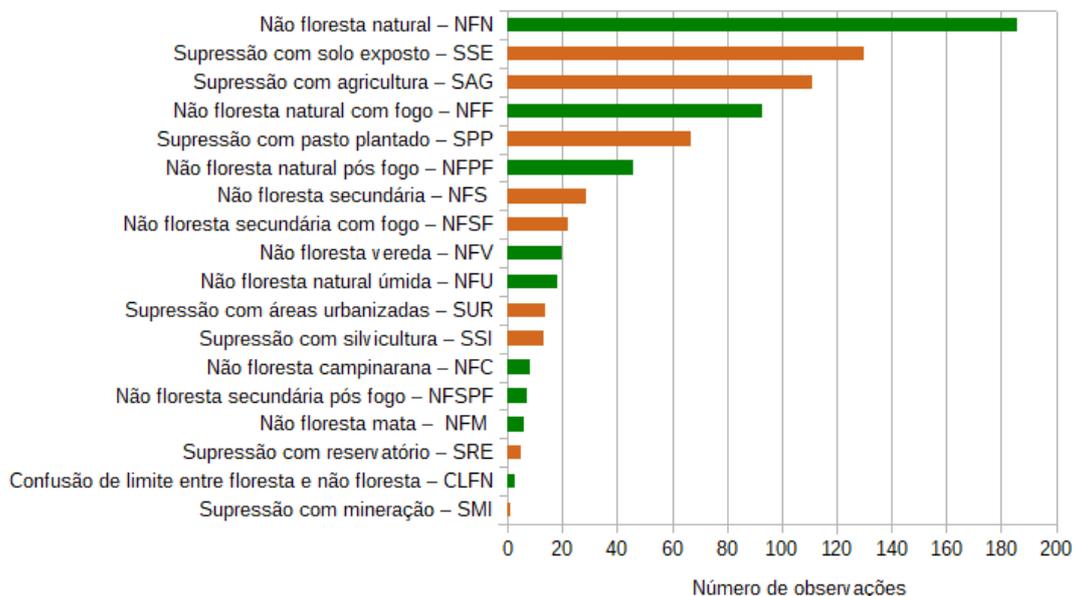


Figura 7: Usos e coberturas associados aos pontos observados em áreas não florestais. As classes em verde são naturais e em marrom são aquelas em que houve supressão detectada anteriormente pelo PRODES NF.

4.3.2. Usos e coberturas observados em áreas florestais

No caso das áreas florestais (**Figura 8**), as áreas com desmatamento associado a Pasto Plantado (DPP), Solo Exposto (DSE), Resíduos Queimados (DRQ) e Agricultura (DAG) tiveram alta frequência de observações, com 70, 48, 22 e 21 pontos, respectivamente. Foram identificados também desmatamentos associados a Florestas Secundárias (DFS) (18 pontos), Áreas Urbanizadas (DUR) (6), Reservatório (DRE) (5), Desmatamento com Resíduos Sobre o Solo (DRS) (3), Silvicultura (2) e Mineração (1).

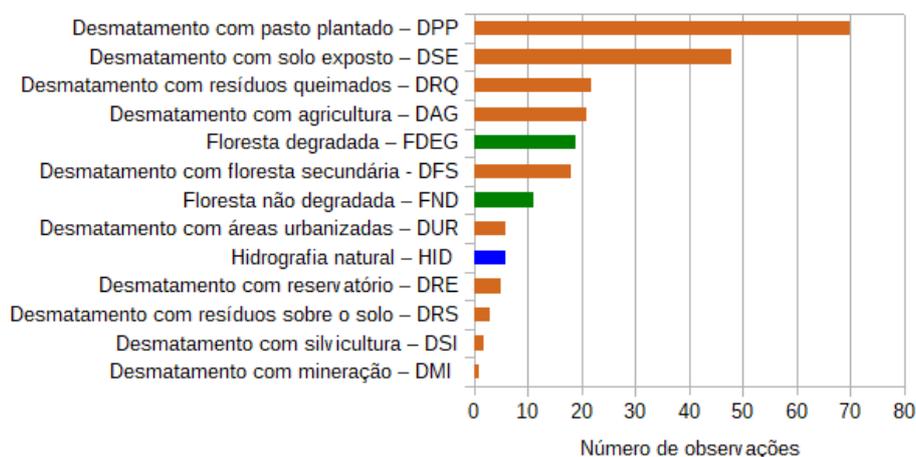


Figura 8: Usos e coberturas associados aos pontos observados em áreas florestais. As classes em verde são naturais e em marrom são aquelas em que houve supressão detectada anteriormente pelo PRODES.

Foram observados locais com presença de Florestas Degradadas (FDEG), cujos sinais de degradação foram visualizados tanto identificados nas imagens de satélite como em campo (19 pontos), e também Florestas Não Degradadas (FND) (11 pontos). Outros seis pontos são de Hidrografia Natural (HID) que não compõem a máscara de hidrografia do PRODES, devido à escala.

4.4. Melhorias na detecção pelo PRODES NF e DETER NF

O trabalho de campo permitiu constatar que a maior parte dos erros identificados no PRODES NF ou DETER NF está relacionada com confusões entre supressão em áreas predominantemente constituídas por vegetação herbácea e a sua degradação por fogo. Por essa razão, buscou-se observar diversos exemplos de áreas naturais em diferentes condições de degradação por fogo e, por conseguinte, propor estratégias metodológicas que auxiliem os intérpretes e auditores em sua diferenciação.

A vegetação não florestal natural com predominância de herbáceas, tal qual a Savana Gramíneo Lenhosa, acumula material combustível seco após atravessar períodos de estiagem (COSTA et al., 2012). Quando a área apresenta aspecto marrom escuro na imagem de satélite WFI (composição RGB 3-4-2), constatou-se em campo presença de elevada quantidade de biomassa morta sobre o solo (**Figura 9A**). Após a vegetação acumulada ser queimada, as cicatrizes ficam evidentes (cor magenta escuro) por meio das composições coloridas (**Figura 9B**).

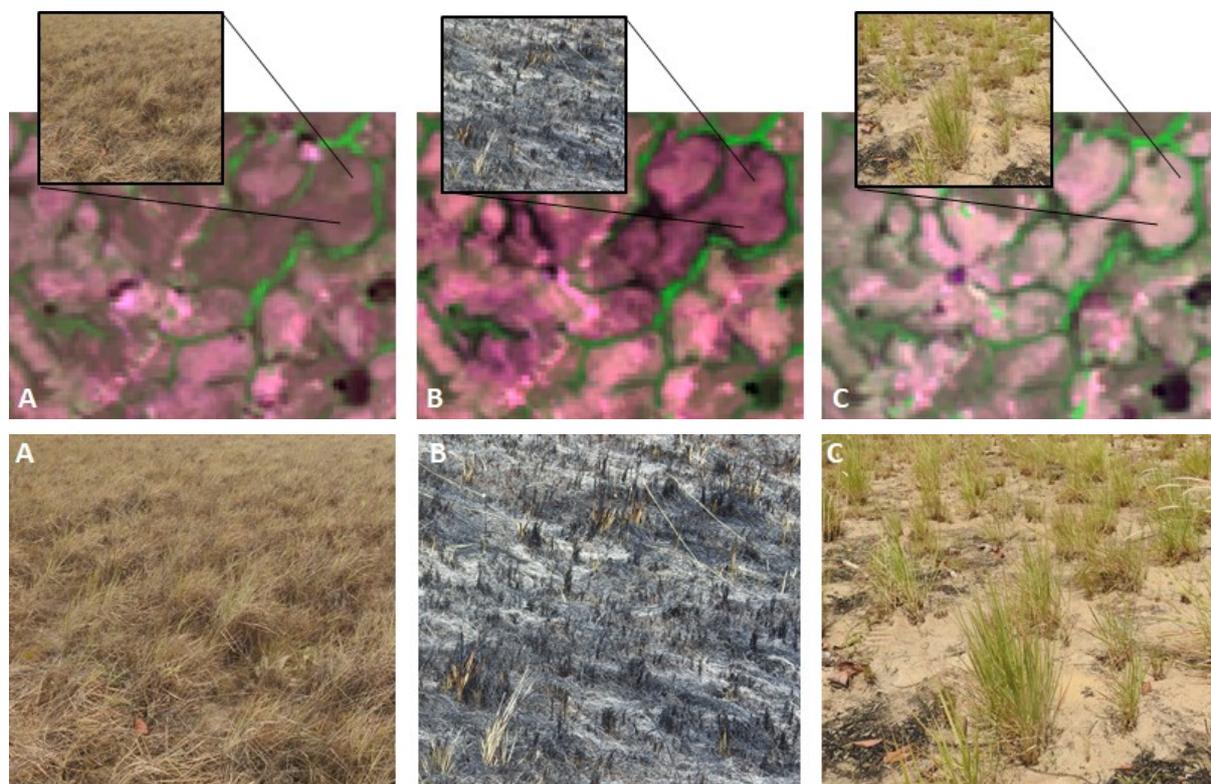


Figura 9: Recortes de imagens de satélite Amazonia-1/WFI com detalhamentos de fotografias de campo de feições não florestais em Roraima. A) Área com elevada acumulação de herbácea seca; B) Ocorrência de fogo recente na área; C) Início de rebrota das herbáceas, porém, com visibilidade de solo exposto. Composições coloridas RGB 3-4-2.

Com o passar do tempo (ou mesmo após uma chuva) ocorre redução de cinzas e eleva-se a reflectância de solo, muitos deles com características arenosas e apresentando-se com alta reflectância nas bandas do visível e infravermelho médio. Até que haja o domínio dessas áreas pelas herbáceas, estes locais se destacam nas imagens com tonalidade magenta mais claro (**Figura 9C**), o que leva à confusão com áreas de supressão. Por essa razão, indica-se que os focos de calor acumulados ao longo do ano, disponibilizados pelo Programa Queimadas (QUEIMADAS, 2023), assim como imagens de satélites complementares distribuídas em diferentes meses, sejam utilizadas pela equipe de monitoramento do INPE, visando identificar se a área foi queimada anteriormente e, desta forma, reduzir a detecção equivocada de áreas degradadas por fogo como supressão.

4.5. Chave de interpretação para identificação de feições naturais e antrópicas em Roraima

Por meio das observações realizadas durante o trabalho de campo, foram criadas chaves de interpretação para identificação de feições naturais, de degradação e de supressão da vegetação natural em Roraima. A **Tabela 3** apresenta a chave para identificar diferentes padrões de vegetação com fitofisionomia não florestal e florestal natural. A **Tabela 4** apresenta a chave para identificação de vegetação degradada. A **Tabela 5**, por sua vez, traz a chave de interpretação para identificação de feições relacionadas com a supressão de vegetação não florestal ou desmatamento.

Tabela 3: Chave de interpretação para identificação de vegetação com fitofisionomia não florestal e florestal natural, em Roraima

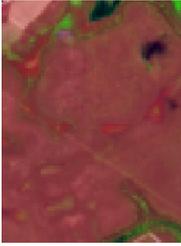
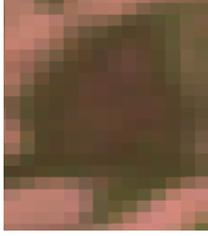
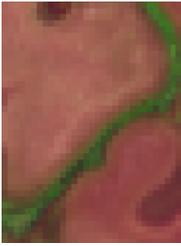
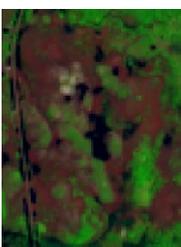
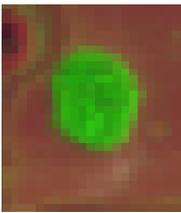
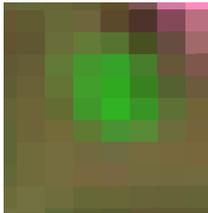
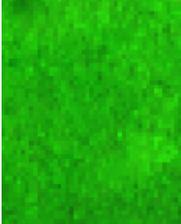
Feição observada	MSI 11R/8G/4B	WFI 3R/4G/2B	Foto de campo	Elementos visuais para identificação das feições nas imagens de satélite (com foco nas imagens do Sentinel-2/ sensor MSI)
Vegetação não florestal natural, com alta acumulação de biomassa morta				A resposta espectral de fitofisionomias não florestais, com predomínio de herbáceas nativas, varia de acordo com o período do ano. No período de menor pluviosidade, a biomassa seca leva à coloração marrom médio a escuro. A textura varia de lisa a média e a forma é irregular.
Vegetação não florestal natural, com menor acumulação de biomassa morta				Após uma queimada, eliminam-se as herbáceas secas acumuladas. Depois de haver rebrota e essa vegetação se tornar senescente no período seco, haverá também reflectância também de solo. Por essa razão, a coloração é marrom com tonalidade mais clara, a textura é lisa a média e forma irregular.
Vegetação não florestal natural, em área úmida				Vegetação não florestal natural, na composição da MSI (que emprega infravermelho médio), apresenta cor marrom ou magenta escura, devido à presença de água. Na WFI, que usa o canal do verde, ganha destaque a vegetação verde observada em campo. Textura lisa a média e forma irregular.
Mata ciliar ou vereda				As matas ciliares, muitas delas veredas, são observadas nos fundos de vale acompanhando os cursos d'água, com cor verde, tonalidade média e textura rugosa, devido à reflectância de vegetação fotossinteticamente ativa e água. Forma irregular.
Campinarana				As Campinaranas têm associação de vegetação herbácea e arbustiva/arbórea e ocorrem em áreas úmidas. Locais onde predominam herbáceas têm cor marrom ou magenta escuro, e locais com adensamento de árvores e arbustos cor verde médio ou escuro, a textura é rugosa e a forma é irregular.
Ilhas de mata				No interior das áreas não florestais, ocorrem ilhas de mata isoladas na paisagem. A vegetação arbórea ou arbustiva aparece em cor verde, tonalidade média e forma irregular.
Florestas				As áreas cobertas por floresta predominam no estado de Roraima em especial, Floresta Ombrófila Densa, mas também Fl. Ombrófila Aberta, Fl. Ombrófila Estacional Semidecidual e Ecótonos/Encraves com predomínio florestal. As florestas aparecem nas imagens em uma tonalidade que varia de verde médio a escuro, a textura é rugosa e a forma irregular.

Tabela 4: Chave de interpretação para identificação de vegetação com fitofisionomia não florestal e florestal natural, com presença de degradação (não configura supressão), em Roraima

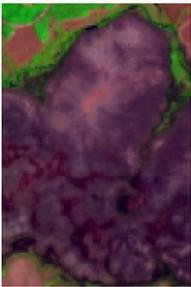
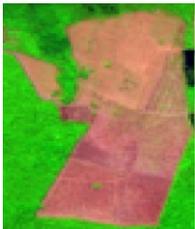
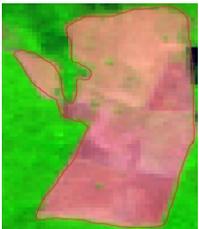
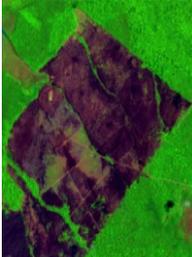
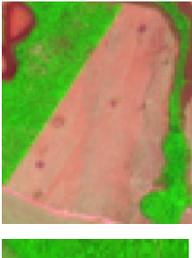
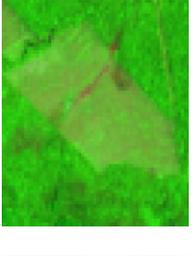
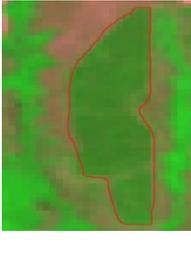
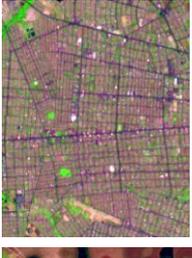
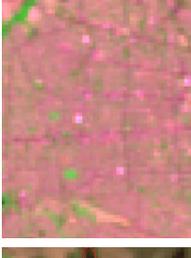
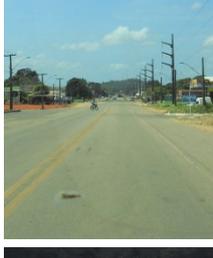
Feição observada	MSI 11R/8G/4B	WFI 3R/4G/2B	Foto de campo	Elementos visuais para identificação das feições nas imagens de satélite (com foco nas imagens do Sentinel-2/ sensor MSI)
Vegetação não florestal natural, com fogo recente à data do campo				Vegetação não florestal natural com ocorrência de fogo recente, o que não configura supressão em NF. Queimadas recentes apresentam cor magenta a marrom, tonalidade escura devido à grande quantidade de cinzas e ausência de vegetação fotossinteticamente ativa. Textura lisa a média e forma irregular.
Vegetação não florestal natural, com fogo recente e início da rebrota				Vegetação não florestal com ocorrência de fogo um pouco menos recente. Apresentam cor magenta a marrom, tonalidade média, devido à grande quantidade de cinzas, porém, com vegetação herbácea em rebrota, já fotossinteticamente ativa. A textura é lisa a média e a forma é irregular.
Florestas degradadas				As florestas densas podem sofrer degradação pela retirada seletiva de madeira e/ou por entradas sucessivas de fogo. Em estágio de degradação, as florestas aparecem nas imagens em verde que varia de médio a escuro, com pontos magenta relacionados com clareiras no dossel e textura rugosa.

Tabela 5: Chave de interpretação para identificação de feições relacionadas com a supressão de vegetação não florestal ou desmatamento (quando relacionado à vegetação florestal), em Roraima

Feição observada	MSI 11R/8G/4B	WFI 3R/4G/2B	Foto de campo	Elementos visuais para identificação das feições nas imagens de satélite (com foco nas imagens do Sentinel-2/ sensor MSI)
Supressão de vegetação não florestal com solo exposto				Após a supressão de toda a vegetação não florestal, identifica-se um solo exposto em magenta, em tons claros a escuros, a depender das características físicas do solo e teores de matéria orgânica e umidade. A textura é lisa ou média (caso haja arbustos remanescentes) e a forma é regular.
Desmatamento com solo exposto				No caso da remoção de florestas, a aparência do desmatamento é semelhante à supressão não florestal. Porém, há destaque visual maior em relação à vegetação do entorno, devido à cor dos remanescentes florestais.

Desmata- mento seguido do uso do fogo				Após realizado um desmatamento, o fogo é comumente empregado como uma ferramenta para eliminar resíduos. No caso de vegetações florestais, é possível perceber se uma queimada foi antecedida por desmatamento; ela terá cor magenta escuro devido à abundância de cinzas, com uma textura lisa e com forma regular.
Supressão não florestal com herbácea secundária ou agricul- tura verde				Quando o intervalo de tempo entre a supressão da vegetação natural e a sua detecção permitem a regeneração da vegetação ou a inserção de cultivo agrícola ou pasto. Este uso se difere das herbáceas naturais por apresentar cor verde claro a médio, geralmente textura lisa ou média e forma regular.
Supressão de vegeta- ção não florestal com pasto ou agri- cultura seca				Durante o trabalho de campo, foi bastante comum observar áreas de plantio seco, em especial milho. Aparecem nas imagens em magenta claro, textura geralmente lisa, forma geométrica. Nas imagens, muitas vezes se confundem com o solo exposto.
Desmata- mento com herbácea secundária ou agricultura				Quando ocorre nas áreas florestais, o desmatamento seguido da inserção de agricultura, pasto ou crescimento de herbáceas pode ser diferenciado da floresta natural do entorno pela sua textura mais lisa e tonalidade de verde mais claro e pela forma geométrica.
Silvicultura				Áreas cobertas por silvicultura ou reflorestadas com espécies nativas podem variar em tons de verde até verde escuro, apresentam textura lisa até medianamente rugosa (idades avançadas) e a forma pode ser regular ou irregular.
Área urbana				Áreas urbanas são cobertas por superfícies de várias composições, como concreto, telhado, solo e vegetação. A refletância é variável, resultando em diferentes cores e tons, com predomínio de tons magenta. São visíveis os arruamentos lineares e a textura é rugosa.
Represas artificiais				Represas artificiais que, por inundarem áreas de vegetação, são consideradas como supressão. Têm cores que variam de preto a azul-escuro, quando têm menor teor de sedimentos. A textura é lisa e a forma é irregular, geralmente apresenta ao menos uma faixa linear que caracteriza o barramento.

4.6. Descrição completa dos pontos de campo

Informações detalhadas dos pontos de campo podem ser acessadas no relatório técnico descritivo (MESSIAS et al. 2023, online), o qual traz a descrição dos 1.042 pontos percorridos, além da visualização da

feição em imagem Sentinel (MSI) e Amazônia (WFI) e de fotos de campo. Este produto está sendo empregado de forma operacional no monitoramento PRODES NF e DETER NF, permitindo aos intérpretes e auditores adquirirem conhecimento prático e checarem dúvidas por meio de pontos validados em relação à sua descrição observada *in situ*. O documento anexo pode ser acessado em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4ABMREB>.

5. Conclusões

As paisagens em Roraima, em especial aquelas relacionadas com as fitofisionomias não florestais, são complexas do ponto de vista de interpretação via dados de sensoriamento remoto. O trabalho de campo neste estado permitiu uma melhor compreensão de feições antrópicas e naturais visualizadas em imagens orbitais, proporcionando melhorias no âmbito do programa de monitoramento da Amazônia - INPE, evitando sub ou superestimativas. Este relatório trouxe a contribuição científica de registrar as descrições de 1.042 pontos de observações em Roraima, com a descrição dos elementos para identificação e diferenciação de tais feições em imagens de satélite e a sua caracterização na paisagem, além do que, traz uma versão ampliada das chaves de interpretação utilizadas pelos programas PRODES e DETER. As observações em campo foram essenciais para reduzir a confusão entre supressão de vegetação não florestal e degradação após a ocorrência de fogo, dificuldade mais comum encontrada na interpretação de imagens na região do Lavrado e em outras formações não florestais na Amazônia. Os falsos positivos detectados foram corrigidos no banco de dados do PRODES.

Ademais, as observações serão também úteis para a expansão para as áreas não florestais da Amazônia do projeto TerraClass (INPE/Embrapa), que visa qualificar os usos e coberturas da terra em áreas nas quais houve supressão de vegetação nativa, bem como para o fortalecimento das pesquisas na área de sensoriamento remoto e gestão territorial da Embrapa Roraima e unidades parceiras.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, projeto número 422354/2023-6 (MONITORAMENTO E AVISOS DE MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA NOS BIOMAS BRASILEIROS – CAPACITAÇÃO E SEMIAUTOMATIZAÇÃO DO PROGRAMA BIOMASBR), apoiado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Agradecimentos especiais à Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) por fornecer suporte financeiro para o trabalho de campo. Agradecemos à Embrapa Roraima pela parceria, incluindo o apoio de seus pesquisadores e a disponibilização de um veículo para o trabalho de campo.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, C. A.; MAURANO, L. E. P.; VALERIANO, D. M.; CAMARA, G.; VINHAS, L. et al. **Metodologia utilizada nos sistemas PRODES e DETER** – 2ª ed. São José dos Campos: INPE, 2022a.

ALMEIDA, C.; SILVA, D.; MESSIAS, C. G.; SOLER, L. S.; GUSMÃO, L. H.; MAURANO, L. E. P.; SOUZA, T.; SOARES, I.; BARRADAS, D.; CUNHA, I. P.; BASTOS, E.; BELLUZO, A.; QUADROS, C.; PECHINI, B.; SILVA, L. J. Mapping natural non-forest vegetation removal in the Brazilian Amazon – a pilote project. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLIII-B3-2022, p. 1341-1348, 2022b. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-1341-2022.

BARBOSA, R. I.; CAMPOS, S.; PINTO, F.; FEARNSSIDE, P. M. The "Lavrados" of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2007.d

BARBOSA, R. I.; CAMPOS, C. Detection and geographical distribution of clearing areas in the savannas ('lavrado') of Roraima using Google Earth web tool. **Journal of Geography and Regional Planning**, v. 4, n. 3, p. 122-136, 2011. DOI: 10.5897/JGRP.9000038.

COSTA, N. L.; MORAES, A.; GIANLUPPI, V.; BENDAHAN, A. B.; MAGALHÃES, J. A. Acúmulo de forragem e características morfogênicas e estruturais de *Trachypogon plumosus*, durante o período seco, nos Cerrados de Roraima. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 515-526, 2012.

DINIZ, C. G.; SOUZA, A. A. A.; SANTOS, D. C.; DIAS, M. C. et al. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. **IEEE J-STARS**, v. 1, p. 1-10, 2015. DOI: 10.1109/JSTARS.2015.2437075.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Brasília: IBGE, 2012.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Vegetação 1:250.000**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html?=&t=acesso-ao-produto>>.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Avaliação da acurácia do mapeamento do PRODES 2022**. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/download/terrabrasilis/technicalnotes/nota_tecnica_avaliacao_PRODES2022.pdf>.

MESSIAS, C. G.; SILVA, D. E.; SILVA, M. B.; LIMA, T. C.; ALMEIDA, C. A. Análise das taxas de desmatamento e seus fatores associados na Amazônia Legal Brasileira nas últimas três décadas. **Revista Ra'e Ga: Espaço Geográfico em Análise**, v. 52, p. 18-41, 2021. DOI: 10.5380/raega.v52i0.74087.

MESSIAS, C. G.; XAUD, H. A.; XAUD, M. R.; ADAMI, M.; MORAES, D.R.V; TEIXEIRA, R. C. S. et al. Relatório técnico descritivo de pontos de trabalho de campo: observações em áreas constituídas por fitofisionomias florestais e não florestais em Roraima, no âmbito dos projetos PRODES e DETER. São José dos Campos: INPE, 2023. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4ABMREB>>.

MESSIAS, C. G.; ALMEIDA, C. A.; SILVA, D.; SOLER, L.; MAURANO, L. E.; CAMILOTTI, V. et al. Unaccounted for natural vegetation loss in the Brazilian Amazon. **Communications Earth & Environment**. No prelo, 2024.

SILVA, G. V.; MACELI, C. D. Crônicas de campo na Guiana venezuelana: Natureza, circulação e garimpos na rodovia Troncal 10. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, e208231, 2023. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.208231.

SOLER, L. S.; SILVA, D. E.; MESSIAS, C.; LIMA, T. C.; BENTO, B. M. P.; DE SOUZA, J. J.; DOBLAS, J.; MORAES, D.; ALMEIDA, C. Promising advances of Amazonian monitoring systems throughout vanguard technology and scientific knowledge. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLIII-B3-2021, 2021. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-843-2021

TARDIN, A. T.; SANTOS, A. P.; LEE, D. C.L. et al. **Levantamento de áreas de desmatamento na Amazônia Legal através de imagens do satélite Landsat**. São José dos campos: INPE, 1979.

TERRABRASILIS. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>>.

QUEIMADAS. Disponível em: <<https://www.inpe.br/queimadas/>>.

XERENTE, P. P. G. S.; OLIVEIRA, R. C. S. Abordagem indígena sobre manejo integrado do fogo em terras indígenas no estado do Tocantins – Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 67-74, 2021.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attribution/Atribuição- NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).