

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS**

George Antonio Magalhaes Froes

**Análise de Geoprocessamento no IV inventário de uso e cobertura do Brasil
com Sensoriamento Remoto em séries temporais**

**Florianópolis
2021**

George Antonio Magalhaes Froes

**Análise de Geoprocessamento no IV inventário de uso e cobertura do Brasil
com Sensoriamento Remoto em séries temporais**

Relatório de Conclusão do Curso de Graduação
em Geografia apresentado ao
Centro de Filosofia e Ciências Humanas da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a obtenção do Título de
Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Everton da Silva
Coordenador na Concedente de Estágio:
Dr. Daniel Aguiar

**Florianópolis
2021**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Froes, George Antonio Magalhaes

Análise de Geoprocessamento no IV inventário de uso e
cobertura do Brasil com Sensoriamento Remoto em séries
temporais / George Antonio Magalhaes Froes ; orientador,
Everton Silva, 2021.

59 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia,
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Sistemas de
Informação Geográfica. 4. Biomas. 5. Uso da Terra. I.
Silva, Everton . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Geografia. III. Título.

George Antonio Magalhaes Froes

Análise de Geoprocessamento no IV inventário de uso e cobertura do Brasil com Sensoriamento Remoto em séries temporais

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Geografia.

Florianópolis – SC, 2021.



Documento assinado digitalmente
Maria Helena Lenzi
Data: 27/07/2021 16:37:20-0300
CPF: 036.233.599-04
Verifique as assinaturas em <https://w.ufsc.br>

Prof.^a Dr.^a Maria Helena Lenzi

Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Everton da Silva
Data: 27/07/2021 16:33:35-0300
CPF: 686.388.259-00
Verifique as assinaturas em <https://w.ufsc.br>

Prof. Dr. Everton Silva

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Tiago U. Pazolini

Me. Tiago Umberto Pazolini

Avaliador

Me. Rafael Cardão Augusto

Avaliador

RESUMO

Este trabalho descreve as atividades desenvolvidas na empresa Agrosatélite Geotecnologia Aplicada e apresenta os procedimentos, materiais, análises e resultados referentes ao IV inventário nacional de gases do efeito estufa decorrentes do uso e mudanças na cobertura da terra no Brasil. O mapeamento foi feito em ambiente SIG a partir de imagens LANDSAT 5 comparando as imagens de 1994, 2002 e 2010 das quais pertenceram aos inventários feitos até então, com as do LANDSAT 8 nas imagens de 2016. Os estudos sobre a certificação das interpretações das imagens contaram ainda com a ferramenta SATVeg que é feita pela Embrapa a partir dos sensores MODIS, estes atestam os índices de vegetação através de gráficos EVI (enhanced vegetation index) em séries temporais. Os produtos finais SIG foram gerados para uma escala 1:125000, sendo que a menor parcela de área mapeável por convenção foi da ordem de 6,25 hectares.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Sistemas de Informação Geográfica. Biomass. Uso da Terra.

ABSTRACT

This work describes the activities that were developed at the Agrosatélite Geotecnologia Aplicada company and presents the procedures, materials, analysis and results concerning the IV national inventory for the green house gases for the land use and changes in Brazil. The mapping was made at GIS environment with LANDSAT 5 imagery to compare years 1994, 2002 and 2010 which relate to the last inventory made until now, with the updating for the 2016 LANDSAT 8 imagery. The studies about the acknowledgement of the imagery interpretations had the aid of SATVeg tool by Embrapa made from MODIS sensors, these shows vegetation indexes through EVI (enhanced vegetation index) in time series. The final GIS products were generated for a 1:125000 scale, and the smallest portion of land permitted to map by agreement was 6,25 hectares (15.44409 acres or 62500 M²).

Keywords: Remote Sensing. Geographic Information Systems. Biomes. Land Use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de emissões globais de gases do efeito estufa ,	16
Figura 2 - Mosaico de desmatamento na Amazônia	20
Figura 3 - Seca na Caatinga.....	21
Figura 4 - Vegetação na Caatinga com boa disponibilidade hídrica	22
Figura 5 - Árvores do Cerrado adaptadas ao fogo.....	23
Figura 6 - Floresta ombrófila densa	24
Figura 7 - Contato entre os biomas Mata atlântica e Pampa.	25
Figura 8 - Período de vazantes	26
Figura 9 - Imagem Sentinel , classe urbana (S).....	28
Figura 10 - Transição entre diferentes usos da terra em gráfico do sensor MODIS	30
Figura 11 - Tela de trabalho utilizando SATVeg	32
Figura 12 - Landsat Explorer , Campo Grande-MS , 7 de junho de 2013	33
Figura 13 - Localização do Cerrado	34
Figura 14 - Cerrado , classe AC , SOJA	35
Figura 15 - Cerrado , classe CANA.....	35
Figura 16 - Cerrado , classe PER , Café.....	36
Figura 17 - Cerrado , classe SIL , silvicultura e reflorestamento	36
Figura 18 - Classes temáticas no bioma Caatinga	37
Figura 19 - Caatinga, AC culturas anuais	38
Figura 20 - Caatinga , PER culturas perenes ,.....	38
Figura 21- Caatinga , CANA cultivo de cana ,.....	39
Figura 22 - Caatinga , AP pastagem	39
Figura 23 - Caatinga , VNAT vegetação natural	40
Figura 24 - Caatinga , VSEC vegetação secundária	40
Figura 25 - Tela de trabalho , Landsat e delimitação de quadriculas	41
Figura 26 - Tela de trabalho , Classes do mapeamento sobrepostos à imagem Landsat.	42
Figura 27 - Imagem Landsat e delimitação dos polígonos . Na ponta da seta polígono com resposta espectral de vegetação densa , uniforme e jovem	50
Figura 28 - Classes do mapeamento..	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL :	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS :	8
3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA	9
4 REFERENCIAL TEÓRICO	10
4.1 SIG's.....	10
4.2 SENSORIAMENTO REMOTO.....	10
4.2.1 Satélites LANDSAT	12
4.2.2 Sentinel – Missão Sentinel	12
4.3 INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEES).....	13
4.4 CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	14
4.4.1 O sequestro de carbono nos ambientes terrestres	17
4.5 DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE BIOMA	17
5 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS TRABALHADAS	19
5.1 ASPECTOS GERAIS DAS FITOFISIONOMIAS DOS BIOMAS BRASILEIROS	20
5.1.1 Amazônia	20
5.1.2 Caatinga	20
5.1.3 Cerrado	22
5.1.4 Mata Atlântica	23
5.1.5 Pampa	24
5.1.6 Pantanal	25
6 PROCEDIMENTOS E TECNOLOGIAS EMPREGADOS NO MAPEAMENTO	27
6.1 COMPOSIÇÃO DAS BANDAS DAS IMAGENS DE SATÉLITE.....	27

6.2 SENSORIAMENTO DA COBERTURA VEGETAL.....	29
6.2.1 Sensor MODIS.....	29
6.2.2 SATVeg Embrapa	31
6.2.3 LANDSAT Explorer.....	32
6.3 CHAVES DE INTERPRETAÇÃO	34
6.3.1 Comportamento espectral e especificidade do mapeamento temático do bioma Cerrado	34
6.3.2 Caatinga (exemplo na chave de interpretação)	37
6.4 QGIS E SISTEMA OPERACIONAL LINUX UBUNTU	41
7 INSTRUMENTOS DE PESQUISA E ANÁLISE UTILIZADOS NO INVENTÁRIO	43
7.1 BASE DE DADOS	43
7.1.1 Prodes	43
7.1.2 Terraclass	44
7.1.3 Massa de águas ANA.....	45
7.1.4 SIDRA.....	45
7.1.5 Shape de silvicultura GFW	46
7.1.6 Sistema DETER.....	46
7.1.7 Mapbiomas	47
7.1.8 Bases incorporadas.....	48
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
8.1 TÉCNICAS DE DETECÇÃO VISUAL DE ERRO DE CLASSIFICAÇÃO	50
AUTOMÁTICA	50
9 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve as atividades que foram realizadas durante o mapeamento do IV Inventário nacional de gases do efeito estufa, relativo ao setor de uso e cobertura da terra, para que o Brasil possa apresentar os dados de emissões e sequestro de gases de efeito estufa de modo a se adequar a convenção das Nações Unidas em relação às mudanças climáticas globais.

Foram usadas imagens dos satélites LANDSAT dos anos 1994, 2002, 2010 e 2016, juntamente com dados de sensores NDVI, Imagens SENTINEL de 2016, bases de dados de empresas privadas, de órgãos nacionais e internacionais.

O mapeamento foi dividido em biomas, sendo feito um de cada vez pela equipe, marcando desta maneira as entregas que fizeram parte do projeto total.

O projeto teve por objetivo principal, atualizar os dados de mudança de uso e cobertura da terra e florestas para o ano de 2016 e aperfeiçoar os mapeamentos pretéritos com base em imagens de sensoriamento remoto, além de estimar as emissões e as remoções dos GEE para os seis biomas brasileiros em função das transições de mudança de uso da terra mapeadas para o período 2010-2016. Recentes avanços tecnológicos observados nos sistemas orbitais de aquisição de imagens e em plataformas de processamento de imagens resultaram em condições mais favoráveis para a atualização deste mapeamento, em particular no que se refere ao detalhamento da classe agricultura nas subclasses culturas temporárias de 1a e 2a safras, e culturas perenes.

O mapeamento de 2016 considerou e adotou os avanços tecnológicos e metodológicos observados na área de sensoriamento remoto nos anos recentes e que permitem realizar mapeamentos de melhor qualidade. Portanto, sempre que possível estas inovações foram repassadas para os mapeamentos anteriores a fim de que a diferença entre os mapeamentos ocorra por conta das mudanças de uso e cobertura da terra efetivadas em cada período, minimizando as diferenças de ordem metodológica não desejáveis. Buscou-se equilíbrio entre a atualização e o aperfeiçoamento dos mapeamentos para manter a aderência entre eles a fim de quantificar e qualificar devidamente as mudanças de uso e cobertura da terra observadas em cada um dos períodos analisados sem deixar de incorporar possíveis melhorias no mapeamento de 2016.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Mostrar a importância das técnicas de análises espaciais para estudos ambientais em escala nacional, mais especificamente sobre os Biomas brasileiros.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

a) Descrever as operações com os materiais cartográficos visando as correções em mapeamentos anteriores;

b) Discorrer sobre as análises espaciais e procedimentos de fotointerpretação visando atualizar as mudanças mais recentes no uso e cobertura da terra com o fim de possibilitar os cálculos de emissão e estoque de carbono no Brasil.

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA

A Agrosatélite reúne profissionais altamente qualificados na análise de imagens de satélites de sensoriamento remoto e no desenvolvimento de inteligência geográfica para os setores agrícola, florestal e ambiental. Os quatro sócios fundadores possuem um longo histórico de atuação no setor — todos estiveram na linha de frente de alguns dos principais projetos já postos em prática nessas áreas, seja na academia, no setor público ou na iniciativa privada. A empresa foi fundada em 2013, mas reúne décadas de experiência, aliando a pesquisa avançada do ambiente acadêmico às respostas rápidas para a tomada de decisões por empresas, governos e outras organizações. Por essa razão, a Agrosatélite acumulou num curto período de tempo um amplo portfólio de soluções em quatro linhas principais de produtos — SIMFaz (para monitoramento de fazendas), MapS (para mapeamento de territórios por meio de imagens de satélite), GISDev (para desenvolver *softwares* de informação geográfica sob medida para os clientes) e Safras (para monitorar o desenvolvimento das safras agrícolas usando geotecnologias). São ferramentas que usam a tecnologia e a inovação para promover o crescimento do agronegócio de forma sustentável. A missão a que se propõe a empresa é de Solucionar desafios da produção agrícola e conservação do meio ambiente por meio de inteligência geográfica.

No ano de 2018, A Agrosatélite venceu o certame promovido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para atualizar o mapeamento de toda a dinâmica de uso e cobertura da terra no Brasil, uma demanda do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Entre as atribuições à cargo da empresa está o cálculo das emissões de carbono provenientes da mudança de uso da terra no contexto da IV Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança climática. O número de colaboradores praticamente dobrou e uma nova unidade foi aberta. A Agrosatélite venceu a segunda licitação promovida pela Agência Nacional de Águas (ANA), desta vez para mapear a cana irrigada em todo o país e incluindo outras culturas agrícolas em polos de irrigação. Aconteceu o lançamento do Agroideal Pecuária para os biomas Cerrado e Amazônia e foi dado início à primeira versão do Agroideal Chaco (com foco na soja para a Argentina e na pecuária para o Paraguai). (AGROSATELITE, 2019).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 SIG's

Com o advento das inovações tecnológicas em conjunto com os conhecimentos geográficos previamente estabelecidos, é mostrada ao mundo uma nova ferramenta computacional aplicada aos conceitos das Ciências da Terra, os SIG's (Sistemas de informação geográfica) ou GIS (Geographic information systems). Mapas temáticos, bases de dados, sensoriamento remoto, funções tempo-espço, estatística e modelos de previsão, que traduzem-se em uma grande precisão e agilidade requerida pelo mercado e pela comunidade científica.

Atualmente existem centenas de SIG's desenvolvidos na história desde o ano de 1964, sendo que o primeiro a existir foi o CGIS (Sistema de informação geográfica Canadense).

“No Canadá formou-se uma parceria entre Roger Tomlinson e a IBM, que aprovaram junto ao Departamento de Agricultura do Governo Canadense um projeto que visava à criação do primeiro SIG. Assim, Tomlinson foi nomeado diretor do projeto designado de CARDA (*Canadian Agricultural Rehabilitation and Development Administration*), que visava minimizar impactos ambientais e subsidiar o planejamento territorial rural do Canadá. Dessa forma, em 1964, foi desenvolvido um sistema CGIS (*Canadian Geographical Information System*) fazendo parte de um programa governamental (*Canada Land Inventory*) para criar um inventário de recursos naturais e o cruzamento de mapas com diferentes “temas”. Este sistema se referia à utilização de um computador principal e equipamentos periféricos, inclusive com o desenvolvimento de um scanner para rápida digitalização de mapas, visando o manuseio das informações obtidas por meio de mapeamentos executados nesse programa do governo Canadense, e também para o processamento dos dados a fim de avaliar as diferentes áreas existentes para distintos usos. Este aplicativo foi considerado historicamente o primeiro SIG desenvolvido.” (BOLFE, 2008, p.75).

Modelos numéricos e digitais do terreno unem-se a atributos com valores textuais, planilhas, e a possibilidade de vetorizar feições sobre imagens georreferenciadas. A multifuncionalidade dos “layers”(camadas) interativos entre si, caracterizam esta poderosa ferramenta para as mais variadas tarefas, encontram-se relações entre os diferentes elementos formando uma rede entrelaçada, que permite a gestão ampla e dinâmica dos dados a serem operados pelo administrador deste sistema. Os resultados obtidos de um SIG podem ser utilizados para fins de planejamento territorial, monitoramento de agricultura, conservação ambiental, pesquisa científica e levantamentos sócio-espaciais.

4.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento remoto é definido pela aquisição de dados de um objeto na superfície terrestre sem que exista contato direto com o mesmo . Uma das principais vantagens do sensoriamento remoto por imagens orbitais é a possibilidade de analisar grandes áreas de forma relativamente rápida e com menor custo se comparado à fotos feitas de aeronaves ou averiguação em campo , sua principal desvantagem é quando ocorre cobertura de nuvens em determinadas imagens .

(NOVO, 2010) define Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície da Terra a partir do registro e da análise das interações entre radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações. (OLIVEIRA, 2014, p. 21).

Nos últimos anos, as aplicações de sensoriamento remoto têm ganhado cada vez mais espaço, tanto para usos no ambiente urbano quanto rural. Imagens aéreas de média e alta resolução se aplicam para o mapeamento em grandes escalas, tão necessário ao planejamento urbano para detectar o aparecimento de construções, canalizações de cursos d'água, abertura de ruas, ocupações irregulares, entre outros. (SELL, 2018)

Já no ambiente rural, o monitoramento do uso da terra é fundamental na medida em que os efeitos do uso desordenado, e em desacordo com as aptidões locais, causam deterioração desse ambiente e do seu entorno. A aplicação da fotointerpretação no controle do uso do solo tem se tornado cada vez mais habitual, havendo a necessidade de constante atualização dos registros para que suas tendências sejam analisadas e ações, propostas. (SELL, 2018).

O sensoriamento remoto pode ser utilizado na obtenção de informações precisas sobre as condições da superfície e processos de transferência solo-vegetação-atmosfera (BASTIAANSEN; MOLDEN; MAKIN, 2000). O uso do solo, área irrigada, tipo de cultivo, temperatura, salinidade, evapotranspiração, entre outros, podem ser investigados por meio de sensoriamento remoto, auxiliando na construção de políticas, planejamento e pesquisa. (FRANCO, 2017).

“Os dados gerados por sensoriamento remoto são potencialmente úteis na legislação, planejamento e alocação de recursos hídricos e avaliação de impactos ambientais. Além disso, podem ser aplicados para fornecer informações sobre desenvolvimento das culturas, balanço de carbono e uso da água em comunidades vegetais (Bastiaanssen, 2000).” (MARQUES, 2017, p. 01).

“O emprego de técnicas de processamento digital de imagens provenientes de sensoriamento remoto (imagens orbitais ou aerolevantamentos) possibilita segmentar e classificar uma determinada área em grupos ou regiões de maior homogeneidade de acordo com critérios pré-estabelecidos, considerando-se para isso semelhanças entre feições e objetos vizinhos (Delfiniens, 2003).” (SILVA, 2009, p. 02).

4.2.1 Satélites LANDSAT

LANDSAT 8 (Landsat Data Continuity Mission) é o oitavo satélite do projeto LANDSAT, lançado em 11 de fevereiro de 2013. O primeiro satélite do projeto LANDSAT foi lançado em 1972. O satélite possui órbita heliossíncrona, frequência de revisitação de 16 dias e altitude nominal de 705 km. LANDSAT carrega dois sensores, o OLI (Operational Land Image) com nove bandas multiespectrais e o TIRS (Thermal Infrared Sensor) que fornece duas bandas termais. Devido ao acesso livre, longo histórico de dados e alta resolução espacial dos produtos LANDSAT, sua utilização é bem difundida na comunidade científica (USGS, 2015).

“O sensor OLI (Operational Land Imager) e o sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) medem a radiância espectral dos alvos e armazenam-os na forma de níveis de cinza, com resolução espectral de 12 bits. A resolução espacial do sensor é de 30 m nas bandas 1 a 7 e 9, 15 m na banda 8 (pancromática) e de 100 m nas bandas 10 e 11 (canais termais)”. (MARQUES, 2017, p. 09).

4.2.2 Sentinel – Missão Sentinel

“A série de satélites SENTINEL começou a ser lançada em 2014, e se desenvolveu a partir de um projeto da Agência Espacial Europeia (ESA)/Comissão Europeia em atendimento ao Programa Copernicus. A série tem o objetivo de dar continuidade à algumas missões antigas gerenciadas pela ESA, como ERS, ENVISAT e SPOT ao monitorar os recursos naturais terrestres, o uso e ocupação das terras, os ambientes marinhos, clima e desastres naturais. Essa missão foi denominada Global Monitoring for Environment and Security (GMES) e em 2012 passou a se chamar Sentinel.

A missão é composta por pares de satélites especializados, adequados a temas de interesse distintos. Os satélites SENTINEL-1 são aplicados ao monitoramento terrestre e oceânico e levam a bordo sensores de radar. O par de satélites SENTINEL-2 foi direcionado ao monitoramento da vegetação, solos e áreas costeiras e é dotado com sensor óptico de alta resolução espacial. Já a terceira série é adequada ao monitoramento marinho e carrega sensores ópticos, radares adequados a esse fim. As séries 4 e 5 são aplicadas ao monitoramento da qualidade do ar.

O primeiro satélite da série foi o Sentinel-1A, equipado com o sensor de radar SAR, um sensor de abertura sintética que opera na banda C (entre 8 a 4 GHz ou 3,8 – 7,5 cm) lançado em 2014. O satélite Sentinel 1-B, lançado em 2016, também levava a bordo o mesmo sensor, mas também levou outros instrumentos como minissatélites, sensores de identificação de embarcações, entre outros equipamentos de diversas agências de pesquisa europeias (Agência Espacial

Francesa, Universidade de Aalborg (da Dinamarca) e Escola politécnica de Turin (Itália)).

O Sentinel-2A foi o primeiro satélite óptico da série a ser operado pela ESA. Ele foi lançado em 2015 e leva a bordo o sensor multiespectral MSI com 13 bandas espectrais, variando de 443 a 2190 nm, com resolução espacial de 10m para as bandas do visível, 20m para o infravermelho e 60m para as bandas de correção atmosférica. Suas aplicações são para o monitoramento da agricultura, florestas, zonas costeiras, águas interiores, desastres naturais e uso e ocupação das terras. Assim como seu antecessor, o Sentinel 2-B, lançado em 2017, também assume os mesmos objetivos inclusive com o mesmo sensor MSI.

Dando continuidade à missão, em 2016 foi lançado o Sentinel-3A e dois anos mais tarde o Sentinel-3B. Ambos equipados com sensores ópticos de mapeamento das terras e oceanos (OLCI), sensores de monitoramento de embarcações, radar de abertura sintética com um altímetro embutido (SRAL), idêntico ao sensor SAR, sensor de precisão orbitográfica (Laser Retro-Reflector – LRR), sensores de medição da temperatura dos oceanos e das áreas emersas dos continentes (SLSTR) dentre outros.

Atualmente (2020) a missão Sentinel possui 7 satélites em órbita. A ESA planeja ainda o lançamento de mais três satélites para os próximos cinco anos.” (EMBRAPA, 2021, p.01).

4.3 INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEES)

O projeto tem por objeto “Auxiliar o governo brasileiro a realizar as atividades necessárias para preparar a Quarta Comunicação Nacional (4CN) e os Relatórios de Atualização Bienal (BUR), a fim de atender às obrigações do país no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC em inglês ou CQNUMC em português)”.

A meta do projeto é “Permitir ao Governo do Brasil aperfeiçoar os dados disponíveis sobre emissões, realizar pesquisas orientadas, e fortalecer capacidades e instituições técnicas para lidar com mitigação e adaptação”, tendo como propósito a implementação da Convenção do Clima no Brasil. O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) desempenha função de agência executora desse projeto, enquanto o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) é a agência implementadora.

Um dos objetivos de desenvolvimento desse projeto é ampliar a cobertura do inventário nacional de emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEEs) para os anos de 2011 a 2016 e garantir a revisão e consistência temporal da série histórica (1990-2010), com ênfase nos setores/gases responsáveis por parcela significativa das emissões e/ou que apresentam grau elevado de incerteza de dados. O projeto engloba os seguintes componentes: Resultado 1 – Inventário Nacional de GEE aperfeiçoado e atualizado;

Resultado 2 – Circunstâncias Nacionais e Medidas Previstas para a Implementação da Convenção;

Resultado 3 – Avaliação à Vulnerabilidade e Medidas de Adaptação;

Resultado 4 – Estratégia de Conscientização e Educação do Público;

Resultado 5 – Publicação e Apresentação da Quarta Comunicação Nacional;

Resultado 6 – Publicação e Apresentação dos Relatórios de Atualização Bienal (BURs).

A Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) participou da preparação da 4CN e BURs, por meio da parceria do Projeto com suas inúmeras instituições de pesquisa e universidades, bem como foi necessário o envolvimento de outras instituições para auxiliar o projeto a abordar todas as iniciativas nacionais para a mudança do clima.

Os trabalhos foram integralmente realizados na sede da Agrosatélite Geotecnologia Aplicada Ltda., situada em Florianópolis, sob a liderança da Equipe-Chave do projeto. (AGROSATÉLITE, 2018).

4.4 CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas podem alterar a disposição geográfica das atividades de agricultura no Brasil, forçando a uma migração para os locais mais propícios para certas culturas agrícolas, que estarão mais adaptados climaticamente.

“O aumento da temperatura e as mudanças no regime hídrico, causados pelo aquecimento global, terão um grande impacto na produção agrícola do Brasil (Assad et al., 2004). O estudo sugere, que um forte rearranjo espacial poderá acontecer na geografia da produção agrícola brasileira, podendo alterar de modo expressivo o zoneamento agrícola brasileiro a partir de simulações feitas com base no aumento de temperatura de 1° C, 3° C e 5,8° C e no acréscimo de 5%, 10% e 15% na precipitação pluviométrica. Culturas como o café, poderão se deslocar para o sul do país devido as temperaturas máximas mais amenas. As elevadas temperaturas de verão vão condicionar a condução de culturas para a região Centro-Oeste, como arroz, feijão, milho e soja.

Haverá perdas na produção de algumas das principais culturas agrícolas do Brasil, com o aumento da temperatura em 1° e 3° C, sendo a cultura mais prejudicada a do café (23% e 58%), seguido pela soja (10% e 39%), arroz (4% e 18%), feijão (3% e 11%) e milho (2% e 7%) (SAFRA, 2007).” (MARQUES, 2017, p. 05).

A maior parte das emissões de gases do efeito estufa no Brasil são decorrentes dos setores da agricultura e a derrubada das florestas.

“Cerri e Cerri (2007), comentam em seu trabalho que 75% das emissões de GEE brasileiras são motivadas pela mudança no uso da terra e florestas, envolvendo o desmatamento e as práticas agrícolas. (MARQUES, 2017, p. 05)”.

O sensoriamento remoto por imagens de satélite é um dos métodos mais eficientes para quantificar e qualificar o fluxo de carbono terrestre.

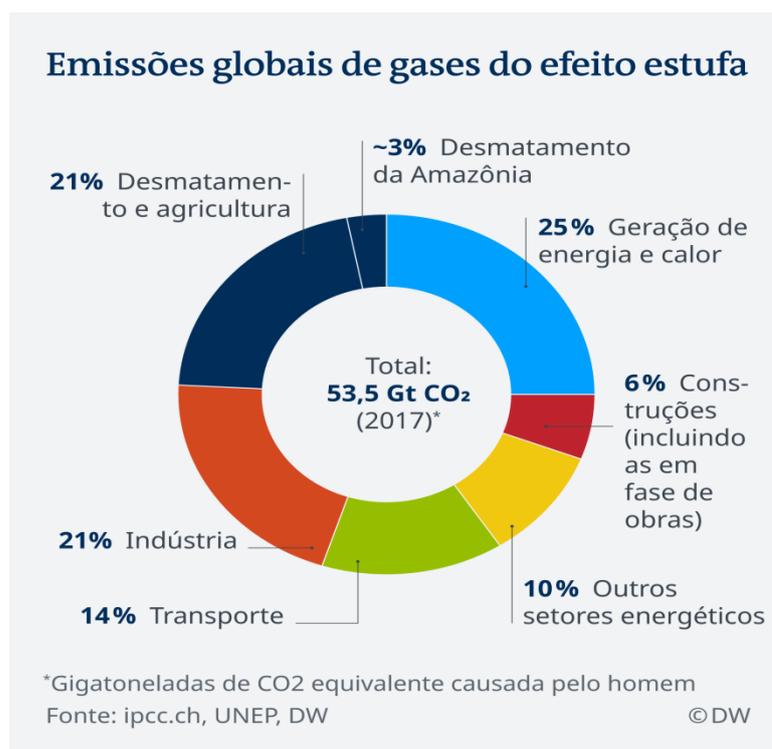
“A estimativa da quantificação de carbono e biomassa pode ser realizada por diferentes métodos, a partir de dados espectrais, dados de campo ou por modelos estatísticos (Cruickshank et al., 2000; Paruelo et al., 2000; Fonseca et al., 2006; Wolf et al., 2011). Em grandes áreas a utilização de imagens de satélite, dados climáticos e modelos do ciclo de carbono 13, combinadas permitem a estimativa indireta de fluxo de carbono terrestre (Running et al, 1999; Turner et al, 2006).” (MARQUES, 2017, p. 02).

O papel da Amazônia na regulação do clima mundial é fundamental, esse grande sistema florestal e ecossistêmico absorve 5% de todas emissões de CO₂ que a humanidade produz .

“As florestas e os solos absorvem em todo o mundo cerca de um terço das emissões de CO₂ produzidas por humanos, sendo a Amazônia responsável por um sexto desse montante, ou seja, a Amazônia absorve 5% das emissões provocadas pela ação humana”, afirma Höhne, que integra também o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Segundo uma análise do Instituto de Pesquisa sobre o Impacto Climático de Potsdam (PIK), a Floresta Amazônica armazena em sua biomassa e solo entre 290 bilhões e 440 bilhões de toneladas de CO₂, ou seja, entre 290 e 440 gigatoneladas, por isso é tão importante para o clima da Terra.” (DEUTSCHE WELLE, 2019, p. 01).

Figura 1 - Gráfico de emissões globais de gases do efeito estufa



Fonte: (<https://www.dw.com/pt->)

“Why is land use important and what is its relative contribution to GHG emissions? Our planet’s terrestrial ecosystem both absorbs and emits significant amounts of greenhouse gases. This arises from the role of the land sector as a biological reservoir of carbon, as part of the atmosphere-ocean-land system illustrated in Figure 5 on the following page. This exchange of greenhouse gases between land and the atmosphere takes place regardless of human activities, but can also be impacted by anthropogenic activities, i.e. the land reservoir of carbon can be increased or decreased due to human activities within the limits of available land area, nutrients, precipitation and wind which all determine boundaries for sequestration of CO₂. Climate change is also impacting these boundaries, for example some areas will have improved growth conditions or longer growing seasons, and others will experience a drier climate and more limited growth. Changes in pest and diseases affecting vegetation as well as changes in the frequency of forest fire and extreme wind storms are also likely to affect the land as a reservoir of carbon and its emissions and removals of greenhouse gases. Land currently sequesters around 27% of global CO₂ emissions, a similar amount to oceans, with the remaining 47% of emissions accumulated in the atmosphere”. (IVERSEN et al., 2014, p. 19, grifo nosso).

O trecho acima do Green House Gas Institute sumariza as relações de emissão e absorção de carbono na atmosfera e seus efeitos no equilíbrio climático global, ponderando que essas relações existem mesmo sem a ação antrópica, contudo, o comportamento ligado a ação das emissões por atividades humanas pode acelerar o declínio do equilíbrio climático.

4.4.1 O sequestro de carbono nos ambientes terrestres

O sequestro de carbono consiste no processo de absorção de CO₂ pela vegetação, pelos oceanos e outros organismos, ao absorver o CO₂ é liberado oxigênio.

“Um dos principais fatores prejudiciais ao meio ambiente é o acúmulo de gás carbono (CO₂) na atmosfera, aumentando o efeito estufa e conseqüentemente contribuindo para o aquecimento global. A mudança no uso do solo e principalmente a queima de combustíveis fósseis têm acelerado tal processo, o que já ocasiona perturbações climáticas e ecológicas (IPCC, 2001; 2007). O termo “sequestro de carbono” representa o processo realizado principalmente em oceanos, florestas e outros organismos que, por meio de fotossíntese, capturam o carbono e lançam oxigênio na atmosfera, permitindo conter ou reverter o (CO₂) da atmosfera. Alterações nos estoques de carbono da vegetação e do solo podem causar impactos expressivos na concentração de dióxido de carbono na atmosfera (Bernoux et al., 2002). O sequestro de carbono nos ambientes terrestres vem ganhando destaque como uma alternativa de diminuição dos efeitos das mudanças climáticas (Roscoe, 2003).” (MARQUES, 2017, p. 02).

“As tecnologias de satélite permitem monitorar periodicamente o avanço do desmatamento. Desde 1988, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), do Ministério da Ciência e Tecnologia, monitora, via satélite o desmatamento na Amazônia, obtendo informações a mais para orientar as políticas de Mudança do Clima que visam cumprir as metas voluntárias de redução gradativa de emissões de GEE até 2020 assumidas pelo Governo Brasileiro no final de 2009. As estimativas de biomassa e estoque de carbono se fazem necessárias para uma melhor compreensão sobre as mudanças ambientais globais (Silveira et al., 2008). Com isso para que haja uma contribuição para o desenvolvimento sustentável e a mitigação global da intensificação do efeito estufa, estudos acerca da quantidade de biomassa e carbono estocado em diferentes estágios sucessionais são de grande importância (Ribeiro et al., 2010).” (MARQUES, 2017, p. 05).

4.5 DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE BIOMA

Para fins do mapeamento ao qual é relatado neste trabalho, foi escolhida uma abordagem e delimitação de bioma em um conjunto de divisões fitogeográficas, climáticas e áreas de atividade antrópica, que houvesse alinhamento com os conceitos de bioma apresentados pelo IBGE.

Contudo, uma das definições mais elucidativas de conceito de bioma, está no conceito que Leopoldo Magno Coutinho aponta em seu artigo, que se aproxima de uma terminologia moderna e que se aplica a efeitos ecológicos e práticos.

[...] “Este conceito, conforme desenvolvido por Walter (1986) e adotado no presente trabalho, considera como bioma uma área do espaço geográfico, com

dimensões até superiores a um milhão de quilômetros quadrados, representada por um tipo uniforme de ambiente, identificado e classificado de acordo com o macroclima, a fitofisionomia (formação), o solo e a altitude, os principais elementos que caracterizam os diversos ambientes continentais.” [...] (COUTINHO, 2006, p.14).

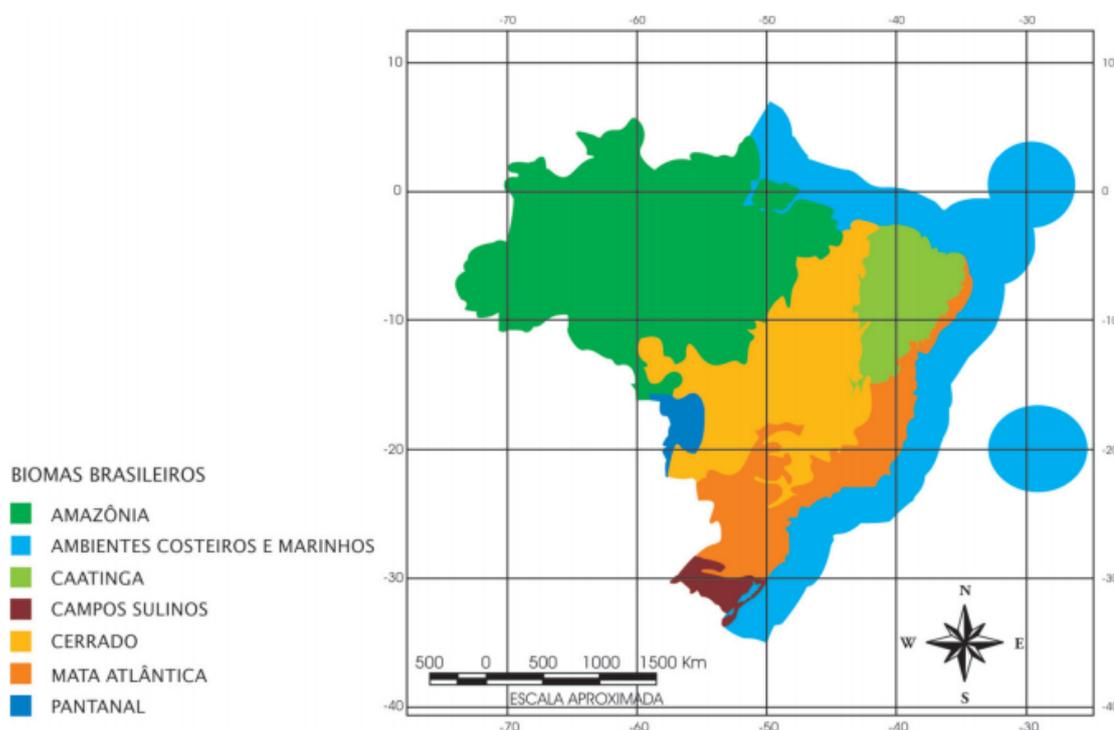
A classificação dos biomas perto dos seus limites territoriais em contato com outros biomas é uma tarefa que pode deixar algumas dúvidas, tal efeito pode ser diminuído ao considerar enclaves de um bioma distinto daquele denominado oficialmente, que se encontrem dentro da área do outro bioma. Isto ocorre porque a transição de um bioma ao outro não é exata em termos fitofisionômicos.

“Esta divisão pode provocar discordâncias quanto aos critérios de classificação, sobretudo nas áreas de transição entre um bioma e outro, porque as pessoas normalmente se baseiam no mapa de vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (Figura 1), que apresenta uma maior diferenciação da paisagem que o número de biomas. Um exemplo dessa simplificação é o fato de existirem enclaves ou fragmentos de Cerrado em meio à área demarcada como Bioma Amazônia, que são ignorados no mapa de biomas. Da mesma forma, as Florestas com Araucárias, também conhecidas como Floresta Ombrófila Mista, estão incorporadas à delimitação geográfica do Bioma Mata Atlântica. Os Campos de Cima da Serra, que são vinculados ao Bioma Campos Sulinos, ficaram diluídos como fragmentos de campos no Bioma Mata Atlântica, pois a delimitação apresentada pelo IBGE para os Biomas Brasileiros limita o Bioma Campos Sulinos à metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. Assim, apesar de adotado o mapeamento do IBGE, os conflitos socioambientais e as ações positivas relacionadas aos Campos de Cima da Serra, foram tratados, no portfólio, como parte do Bioma Campos Sulinos, devido ao vínculo cultural e paisagístico com este bioma.” (PROBIO, 2006, p. 08).

5 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS TRABALHADAS

A localização das áreas trabalhadas foram todos os biomas brasileiros (com exceção de ambientes costeiros e marinhos) mapeados a partir de sensoriamento remoto por imagens de satélite. Para tal realização ter efetividade e aderência, foram necessárias diversas habilidades e conhecimentos interdisciplinares inerentes ao campo das ciências da terra, tais como, análise geográfica dos contextos antrópicos, agronômicos, fitofisionômicos, climáticos e morfológicos, como também do campo das ciências da tecnologia da informação, tais como, tratamento digital de imagens, geoprocessamento em ambiente SIG e interpretação com auxílio de bases complementares.

Figura 2 - Delimitação dos Biomas brasileiros a partir do mapa do IBGE



Fonte: (PROBIO, 2006)

5.1 ASPECTOS GERAIS DAS FITOFISIONOMIAS DOS BIOMAS BRASILEIROS

5.1.1 Amazônia

“A Amazônia é a maior floresta tropical do mundo. No Brasil, a floresta originalmente ocupava mais de quatro milhões de quilômetros quadrados – uma área equivalente a quase metade da Europa continental. A taxa de desmatamento da Amazônia cresceu substancialmente no início dos anos 2000, atingindo um pico de mais de 27.000 km² em 2004, mas caiu de forma acentuada para cerca de 5.000 km² em 2011 (INPE [2012]). A evidência empírica apresentada em estudos anteriores do CPI/PUC-Rio sugere que mudanças nas políticas de conservação brasileiras ajudaram a enfrentar o desafio de proteger essa imensa área, contribuindo de maneira significativa para a recente desaceleração do desmatamento. [...]”. (ASSUNÇÃO et al., 2013, p.01).

Figura 2 - Mosaico de desmatamento na Amazônia



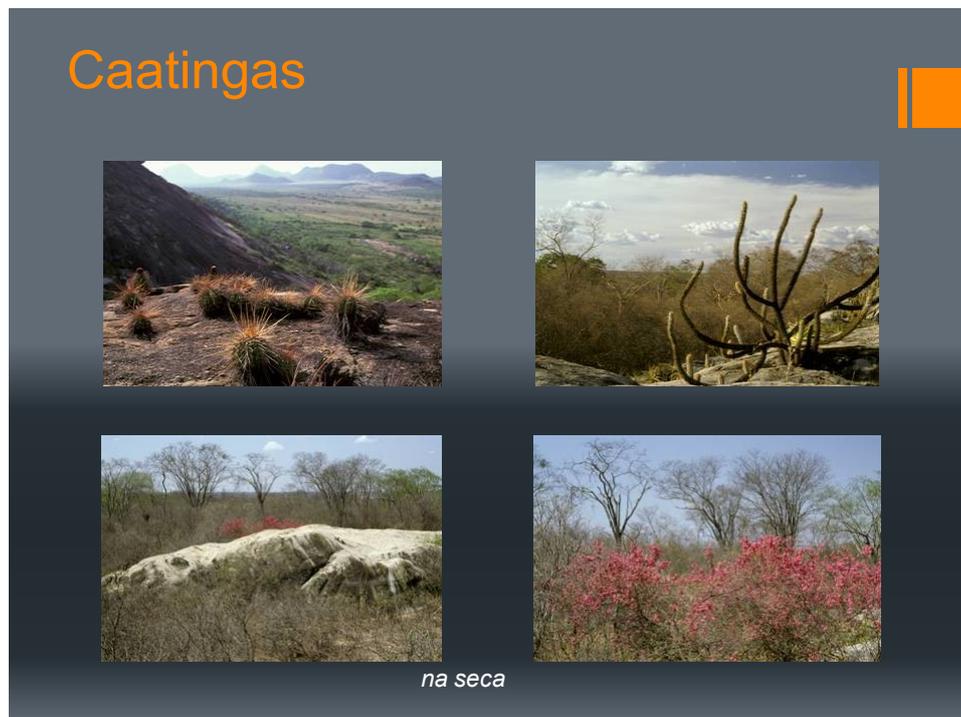
(Mosaico de imagens de satélites evidencia, em rosa, o desmatamento mapeado na Amazônia Legal, que afeta todo o ciclo das chuvas. Crédito: Inpe)

“Os Rios Voadores explicam o mistério para a região que vai de Cuiabá a Buenos Aires e São Paulo ser verde e úmida. Esse quadrilátero representa 70% do PIB da América do Sul, com hidrelétricas, indústrias, agricultura e grandes centros que dependem do equilíbrio climático e da provisão de água para existir. Os rios aéreos de vapor que a Amazônia exporta para essas áreas contraria a tendência normal dessa região de ser desértica. Essa imensa usina de serviços ambientais é o maior parque tecnológico que a Terra já conheceu”, explica Antônio Donato Nobre, cientista do Instituto Nacional de Pesquisas Científicas (INPE).” (OEKO, 2020, p. 01).

5.1.2 Caatinga

“A expressão bioma Caatinga é um termo abrangente para caracterização das diversas fisionomias da região semi-árida do Nordeste brasileiro, porém ainda é pouco conhecido apesar de ser mais diversa em espécies e endemismos que qualquer lugar do mundo que esteja exposto às mesmas condições de clima e de solo. O termo “caatinga” na língua indígena tupi-guarani quer dizer “Mata Branca”, com base em fenômeno que acontece nos períodos secos, pois ao chover imediatamente a vegetação se torna bastante verde. A vegetação típica da caatinga é constituída, especialmente, de espécies lenhosas de pequeno porte e herbáceas, geralmente dotadas de espinhos, sendo caducifólias (que perdem suas folhas no início da estação seca), e de cactáceas e bromeliáceas. Porém, a depender da área, é conhecida por vários nomes como agreste, sertão, cariri, seridó, carrasco, entre outros. A caatinga apresenta três estratos: arbóreo (8 a 12 m), arbustivo (2 a 5 m) e o herbáceo (abaixo de 2 metros). A vegetação adaptou-se ao clima seco por meio de estratégias para diminuir a perda de água, ou para aumentar a capacidade de armazenar a água proveniente da chuva. Além disso, é rica em espécies frutíferas e muitas plantas produzem fibras, ceras, óleos, produtos medicinais e vegetais.” (PROBIO, 2006, p. 62).

Figura 3 - Seca na Caatinga



Fonte: (TABACOW, 2019)

Figura 4 - Vegetação na Caatinga com boa disponibilidade hídrica



Fonte: (TABACOW, 2019)

5.1.3 Cerrado

“O bioma Cerrado está localizado no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior do país em área, apenas superado pela Floresta Amazônica. A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais (Mata ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sensu strictu, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo). As formações florestais do Cerrado apresentam predominância de espécies arbóreas e formação de dossel, enquanto as formações savânicas se caracterizam pela presença dos estratos arbóreo e arbustivo-herbáceo definidos, com as árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno em diferentes densidades ou ainda concentradas em locais específicos do terreno. Neste tipo de formação podem ser encontradas determinadas espécies de palmeira arbórea ou de uma única espécie de palmeira, o buriti (*Mauritia flexuosa*), sendo circundada por um estrato arbustivo-herbáceo característico. Já as formações campestres são caracterizadas principalmente pela presença de esparsos arbustos e subarbustos entremeados no estrato herbáceo.” (PROBIO, 2006, p. 76).

Figura 5 - Árvores do Cerrado adaptadas ao fogo



Fonte: (TABACOW, 2019)

5.1.4 Mata Atlântica

“A Floresta Atlântica é reconhecida como uma floresta tropical, que se encontra associada aos ecossistemas costeiros de mangues, restingas e às florestas com Araucária no planalto do Paraná, Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Por isso, o bioma Mata Atlântica é formado por um mosaico de ecossistemas, com estruturas e composições florísticas bastante diferenciadas, acompanhando a diversidade dos solos, relevos e características climáticas da vasta região onde ocorre, tendo como elemento comum a exposição aos ventos úmidos que sopram do oceano. Como a formação florestal é marcada por sua fisionomia alta e densa, com estratificação vertical, geralmente a vegetação dos estratos inferiores vive em um ambiente úmido e menos iluminado. As características das espécies vegetais que vivem nesses estratos inferiores, portanto, são de espécies de fase sucessional adiantada, podendo-se utilizar a presença de espécies pioneiras como indicadora da ocorrência de perturbação ambiental recente”. (PROBIO, 2006, p. 50).

Figura 6 - Floresta ombrófila densa

Fonte: (TABACOW, 2019)

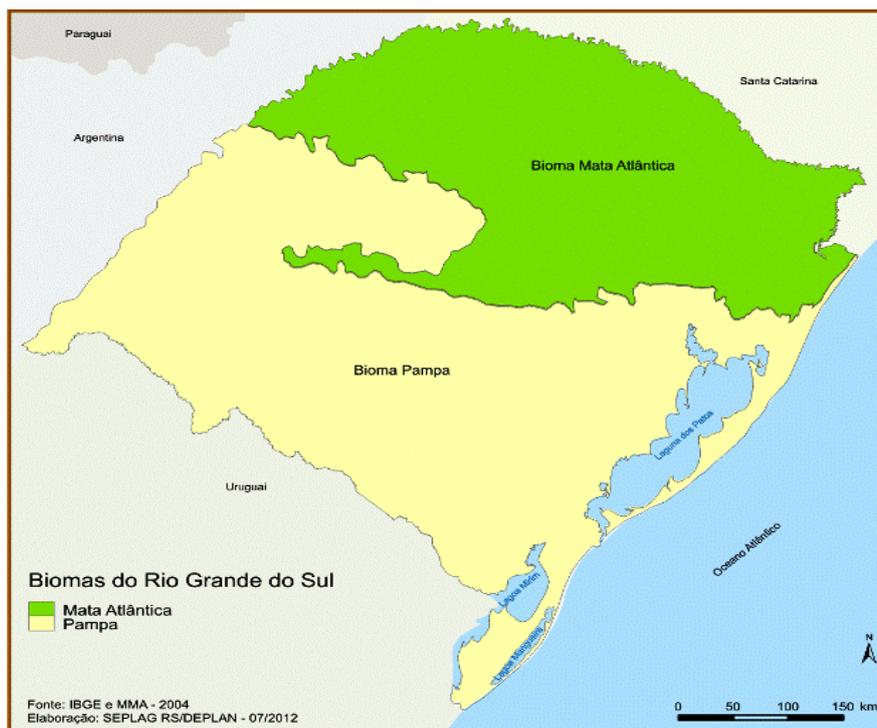
5.1.5 Pampa

“Os Campos da Região Sul do Brasil são denominados como ‘pampa’, termo de origem indígena para ‘região plana’.

Outros tipos conhecidos como campos do alto da serra são encontrados em áreas de transição com o domínio de araucárias. Em outras áreas encontram-se, ainda, campos de fisionomia semelhantes à savana.

Os campos, em geral, parecem ser formações edáficas (do próprio solo) e não climáticas. A pressão do pastoreio e os incêndios não permitem o estabelecimento da vegetação arbustiva, como se verifica em vários trechos da área de distribuição dos Campos do Sul. A região sul tem, na pecuária, uma tradição que se iniciou com a colonização do Brasil. O Pampa gaúcho da Campanha Meridional encontra-se dentro da área de maior proporção de campos naturais preservados do Brasil, sendo um dos ecossistemas mais importantes do mundo.” (IBF, 2020, p.01).

Figura 7 - Contato entre os biomas Mata atlântica e Pampa no estado do Rio Grande do Sul - Brasil .



Fonte: (IBF, 2020)

5.1.6 Pantanal

“A planície inundável que forma o Pantanal propriamente dito constitui uma das áreas úmidas de maior importância na América do Sul, tendo sido reconhecidos dois Sítios Ramsar (Unidade de conservação de terras úmidas criada pela UNESCO) nessa região. Esses ambientes, que atuam como grandes reservatórios de água, apresentam regime de inundação periódica, que determina uma alta produtividade biológica e grande diversidade de fauna. A ocupação da região se deu inicialmente com a implantação da pecuária na planície inundável que, nos dias de hoje, vem sofrendo os impactos socioambientais do garimpo de ouro e diamantes, caça, pesca e agropecuária extensiva.” (PROBIO, 2006, p. 88, grifo nosso).

Figura 8 - Período de vazantes



Fonte: (TABACOW, 2019)

6 PROCEDIMENTOS E TECNOLOGIAS EMPREGADOS NO MAPEAMENTO

A base de dados de 2010 e os shapes do mapeamento anterior vieram no sistema de datum SAD 69 , e para o quarto inventario , projeto atual , houve uma reprojeção para o sistema de datum SIRGAS 2000 , devido a isso houveram algumas inconsistências que tiveram que ser corrigidas e adaptadas. Nas análises comparativas entre bases vetoriais de 2010 e as que estão sendo criadas sobre as imagens de 2016 percebe-se um deslocamento considerável, o que acarretou a escolha de algumas estratégias de procedimento nos momentos em que isso fosse comprometer a exatidão global do mapeamento, visto que as bases pretéritas serão intersectadas com a de 2016.

“O ajuste de registro das bases pretéritas ao mapa de 2016 será realizado individualmente e de forma sistemática para cada uma das órbitas e pontos da base Landsat, buscando-se sempre o melhor ajuste espacial entre a base pretérita e as correspondentes feições do terreno, visíveis e facilmente individualizáveis nas imagens Landsat de 2016, que estão devidamente registradas na atual base de registro do GLS-2010. Tal ajuste deverá gerar uma enorme quantidade de problemas de topologia entre as linhas que dividem as órbitas e os pontos, especialmente vazios (gaps) e sobreposições (overlaps) que serão diagnosticados e corrigidos nesta etapa do trabalho.” (AGROSATÉLITE, 2018, p. 01).

Para o mapeamento do bioma Mata Atlântica foi utilizada uma nova e diferente metodologia da empregada ao mapeamento dos quatro biomas anteriores, as imagens LANDSAT passaram por um processo de segmentação e classificação automática tendo como parâmetros as respostas espectrais da imagem, bem como valores do sensor MODIS e outras bases complementares como CanaSat .

Esse processo gerou uma base de dados muito confiável e sem deslocamentos para as análises comparativas com anos pretéritos, o trabalho dos foto-intérpretes foi conferir e corrigir as imprecisões da classificação automática para posteriormente adequar os mapeamentos pretéritos a partir das mudanças retroativas em relação a 2016.

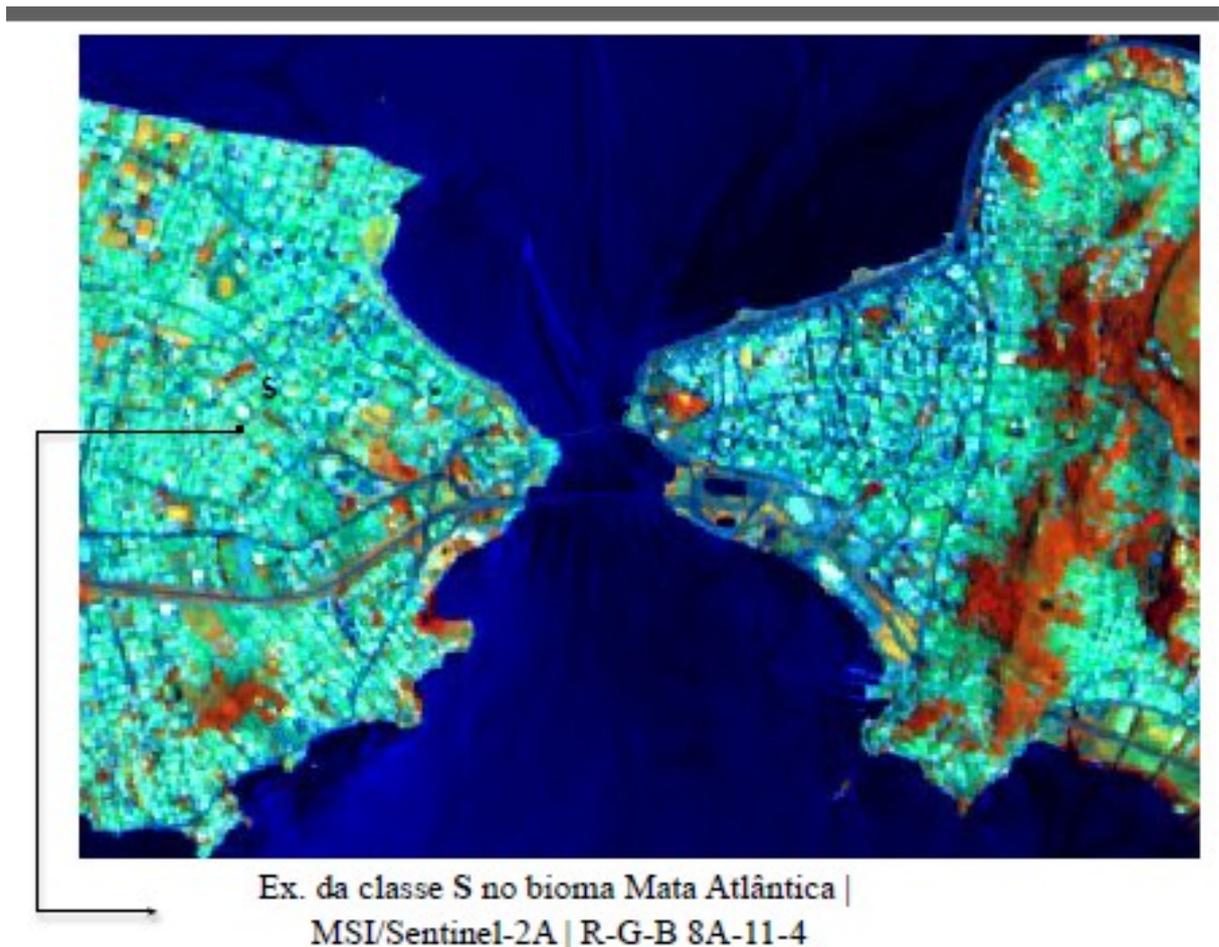
6.1 COMPOSIÇÃO DAS BANDAS DAS IMAGENS DE SATÉLITE

As bandas de todas as imagens LANDSAT utilizadas foram configuradas para a composição 5 NIR (infravermelho próximo), 6 SWIR (infravermelho de ondas curtas), 4 RED (vermelho). Esse modo torna em evidência as áreas de vegetação (verde em campo) que se traduzem em diversos graus de tonalidades vermelhas (na imagem).

As bandas para as imagens do Sentinel MSI-2A foram configuradas em R(8A) G(11) B(4), de modo a se assemelhar as configurações das outras imagens LANDSAT para facilitar a comparação.

Para os anos de 1994, 2002 e 2010 foram utilizadas imagens do LANDSAT 5 . Para o ano de 2016 foram utilizadas imagens geradas pelo satélite LANDSAT 8 e Sentinel , este último foi utilizado em menor quantidade porque a série histórica dos LANDSAT permite uma melhor comparação entre os anos que foram objetos desse mapeamento.

Figura 9 - Imagem Sentinel , classe urbana (S)



Fonte: (AGROSATÉLITE, 2018)

Houveram áreas do mapeamento suscetíveis a excessiva cobertura de nuvens, o que impossibilitou a interpretação visual por sensores passivos tais como os utilizados na série LANDSAT. Para as áreas em que houve muita cobertura de nuvens, foi realizado processamento de imagens através do Google Earth Engine obtendo resultados de mosaicos sem nuvens, essa técnica foi executada pelos analistas do projeto. Os mosaicos foram

formados a partir de pedaços de imagens em que não havia cobertura de nuvens e reunidos em uma única imagem mosaicada, esse procedimento foi realizado a partir de processamento digital de imagens.

6.2 SENSORIAMENTO DA COBERTURA VEGETAL

Por meio de uma relação entre índice de vegetação da cultura e a precipitação, é possível observar que o NDVI da cultura agrícola tem forte relação com a pluviosidade durante o início da safra, à medida que a cultura se desenvolve, atinge o pico vegetativo e quando a cultura entra na senescência a influência da chuva sobre a resposta NDVI é gradativamente menor.

6.2.1 Sensor MODIS

O sensor MODIS, tem uma câmera especial para captar índices vegetativos, no entanto sua resolução espacial máxima alcança uma área de 250 metros no alvo, sua grande vantagem é a taxa de revisita, que é de 1 a 2 dias.

“MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) é um sensor a bordo dos satélites AQUA e TERRA, plataformas do projeto EOS (Earth Observing System) da NASA. O sensor adquire dados em 36 bandas espectrais diferentes, com comprimentos de onda entre 0,4 μm e 14,4 μm . As bandas 1 e 2 possuem resolução espacial de 250 m, as bandas 3 a 7 possuem 500 m de resolução espacial e as bandas 8 a 36 possuem resolução de 1 km. Os satélites Aqua e Terra possuem órbita heliossíncrona, polar, circular, altitude nominal de 705 km, e resolução temporal de 1 a 2 dias (PARKINSON; WARD; KING, 2006).” (FRANCO, 2017, p. 29).

A seguir um trecho de um artigo de (RUDORFF, 2011) onde descreve o uso de dados MODIS utilizados no monitoramento da agricultura.

“Landsat images with spatial and temporal resolutions of 30 m and 16 days, respectively, have been shown to be useful for routine mapping of semi-perennial (e.g., sugarcane [29]) and perennial crops (e.g., coffee [30]) in Brazil. For annual crops with relatively short growth cycle during persistent cloud cover, especially in tropical regions [31,32,33], these images have limited use for mapping purposes.

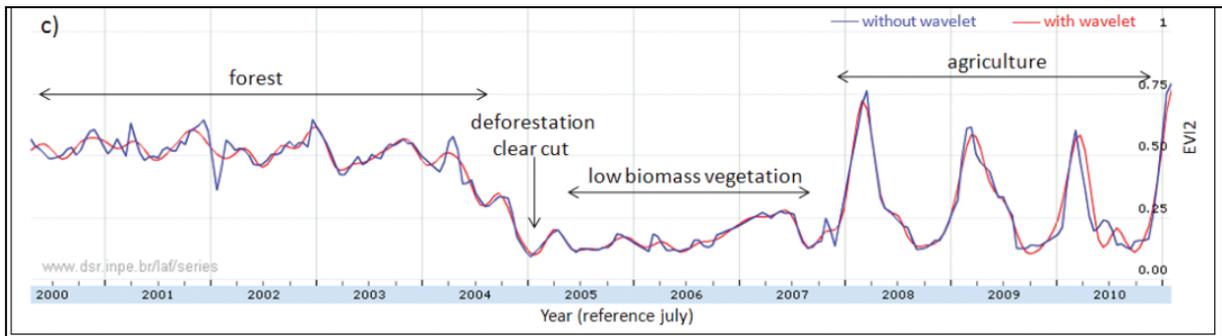
Cloud-free image acquisition can be partially solved by increasing temporal resolution such as the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), on board Terra and Aqua satellites that acquire images on an almost daily basis. The radiometric image characteristics of the MODIS products are of good quality with atmospheric and geometric corrections that allow performing time series analyses [34,35]. The high temporal resolution compromises the spatial resolution that is moderate with 250 m at nadir; however, this is not a major

shortcoming for the identification of soybean crops cultivated in large areas. For example, when comparing mapping results obtained with MODIS images and those supplied by the National Agricultural Statistics Service (NASS) of the United States of America, Chang *et al.* [36] observed a 6 and 4% difference for corn and soybean, respectively. Wardlow *et al.* [37] investigated the applicability of MODIS images to discriminate agricultural crops from other land uses and concluded that the 16-day mosaics provided good results. These authors also observed that MODIS images can provide information on vegetation phenology and on regional climatic characteristics. In Brazil, Rudorff *et al.* [38] assessed the potential of MODIS images to identify and map the soybean crop and observed that the mapping accuracy depended on field size as was also observed by Lobell & Asner [39]. Later, Rizzi *et al.* [26] used a procedure to classify soybean areas in Mato Grosso state, Brazil, based on Enhanced Vegetation Index (EVI) images from MODIS and obtained an overall accuracy of 91%.” (RUDORFF, 2011, p. 01).

Na figura 10 pode-se observar o gráfico de resposta do sensor MODIS em um exemplo contendo três transições de uso: floresta, corte raso e agricultura.

“Figure [...] shows the seasonality of a selected point from an area that was deforested in 2004 in the National Park of Xingu, Mato Grosso state, Brazil. The visual analysis of the time series indicates a land conversion from forest to pastures. It can also be observed that the deforestation process started in the first quarter of 2004 and ended in the last quarter of the same year.” (FREITAS *et al.*, 2011, p. 62, grifo nosso).

Figura 10 - Transição entre diferentes usos da terra em gráfico do sensor MODIS, Adaptado pelo autor de (FREITAS *et al.*, 2011).



“Os satélites de sensoriamento remoto, como CBERS, Landsat, Terra e Aqua, têm como principal característica a aquisição de imagens sistemática e repetitiva da superfície da Terra. Desta forma, é possível identificar mudanças na cobertura da Terra por meio de técnicas de detecção de mudança. Tais técnicas fazem uso de imagens tomadas da mesma área em diferentes períodos e têm como princípio que a mudança na superfície da terra resulta na alteração dos valores de radiância dos *pixels*. Existe uma gama de métodos para detecção de mudança, entre eles destacam-se a diferença e a razão entre bandas e índices de vegetação, análise por componentes principais e de vetores de mudança (MAS, 1999; ZHAN *et al.*, 2002; SILVA, 2004; LUNETTA *et al.*, 2006). Lyon *et al.* (1998) compararam sete técnicas que fazem uso de índices de vegetação, com base em dados de campo e laboratório, e concluem que a diferença entre imagens NDVI é a mais adequada à

detecção de mudanças. Lunetta *et al.* (2006) chegaram à mesma conclusão usando séries temporais de imagens do sensor MODIS/Terra.” (AGUIAR, 2007, p. 28).

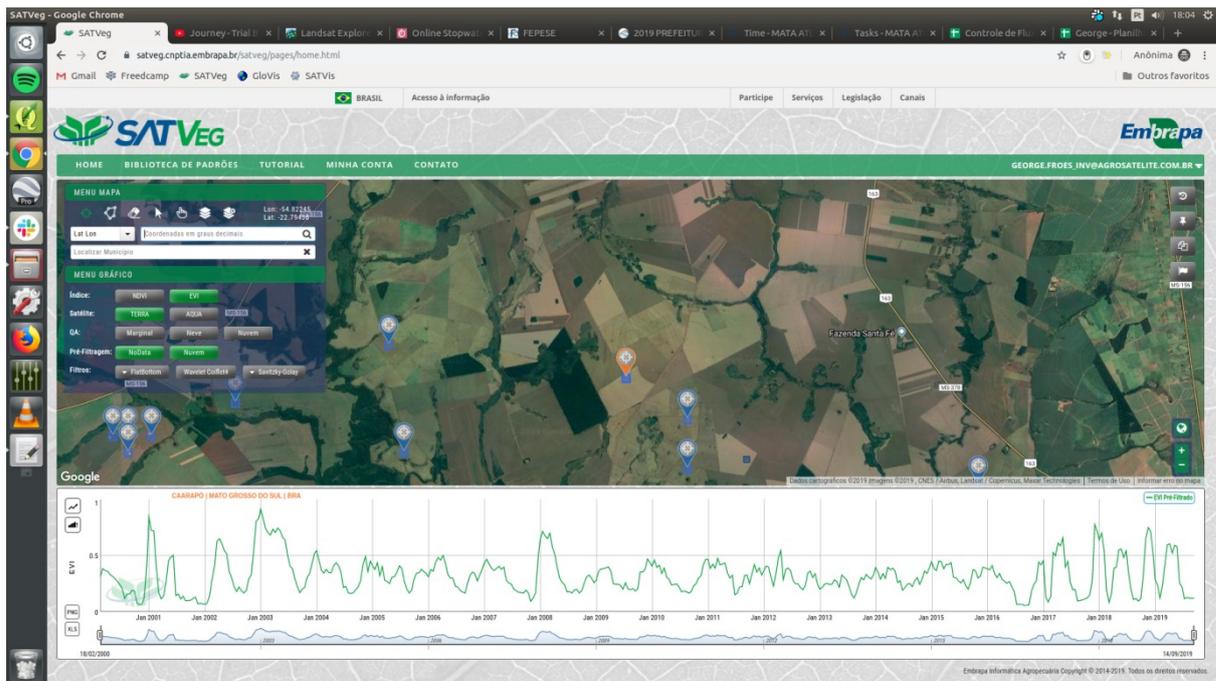
6.2.2 SATVeg Embrapa

A ferramenta Satveg criada pela Embrapa, é alimentada com dados obtidos do sensor a bordo dos satélites AQUA e TERRA, foi muito utilizada no mapeamento, permite averiguação do histórico de uso do solo através de gráficos NDVI e EVI em série temporal contínua, disponível desde o ano 2000. O uso do Satveg foi realizado de maneira manual, ponto a ponto pelos intérpretes, que tinham que obter as coordenadas no SIG e inserir no Satveg para averiguação e validação da escolha de classes para os polígonos, considerando as respostas espectrais das imagens orbitais LANDSAT e Sentinel.

“SATVeg - Sistema de Análise Temporal da Vegetação - é uma ferramenta Web desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária, destinada ao acesso e visualização de perfis temporais dos índices vegetativos NDVI e EVI do sensor MODIS em qualquer local da América do Sul. Com atualização regular, conforme disponibilidade de imagens pelo LP-DAAC/EOS-NASA, o SATVeg fornece ao usuário uma interface Google Maps para a localização das áreas de interesse, ferramentas para filtragem das séries temporais, módulos para carregamento de arquivos vetoriais, entre outras funcionalidades.” (SATVEG, 2019, p. 01).

“As diferenças na curva de reflectância da vegetação possibilitam a identificação, por meio de sensores remotos e técnicas de processamento de imagens, dos estágios de desenvolvimento da planta em diferentes épocas e lugares (PRICE, 2003). Outra possibilidade decorrente desta diferença é a criação de Índices de Vegetação (IV) que auxiliam na interpretação de imagens de sensores remotos (MENESES e NETTO, 2001)”. (AGUIAR, 2007, p. 27).

Figura 11 - Tela de trabalho utilizando SATVeg



Elaborada pelo autor (2019)

“Diversos trabalhos, dentre as aplicações agrícolas e florestais, têm feito uso de IV para estimar parâmetros biofísicos (IAF {índice de área foliar}, biomassa, atividade fotossintética e produtividade), que servem de indicadores do crescimento, do vigor da vegetação verde e para monitorar as condições da vegetação (HUETE *et al.*, 1997; LYON *et al.*, 1998; SEDANO *et al.*, 2005; CHUVIECO *et al.*, 2005; LIU e KAFATOS, 2005; XIAO *et al.*, 2005; XIAO *et al.*, 2006).

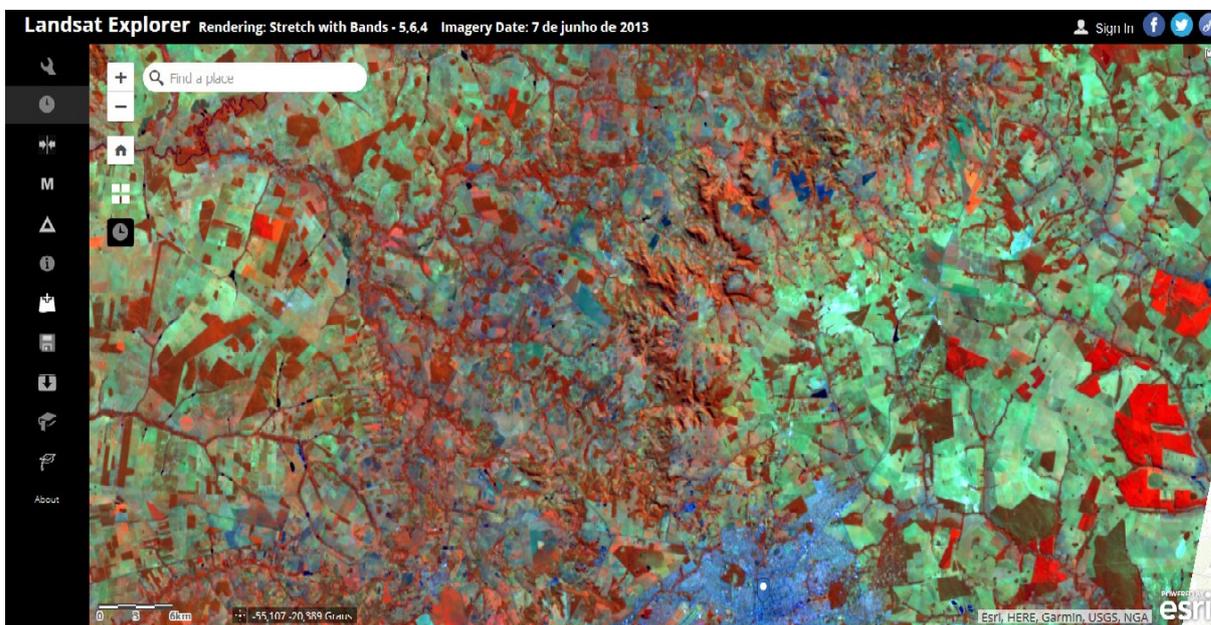
O índice de vegetação mais utilizado é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), inicialmente proposto por Rouse *et al.* (1973). Este índice consiste na normalização da diferença entre os valores de reflectância das bandas do infravermelho próximo e do vermelho, variando de -1 a 1. Para uma vegetação verde como, por exemplo, uma lavoura de cana bem desenvolvida, que reflete pouca radiação na banda do vermelho e muita radiação na banda do infravermelho próximo, os valores de NDVI tendem a 1. Já para um solo exposto, p ex. uma lavoura de cana logo após a colheita, que reflete bastante energia tanto no vermelho quanto no infravermelho próximo, os valores de NDVI tendem a zero (LILLESAND e KIEFER, 1999). Dessa forma, o índice de vegetação realça o contraste entre áreas vegetadas e não vegetadas”. (AGUIAR, 2007, p. 27).

6.2.3 LANDSAT Explorer

Essa é uma ferramenta de pesquisa muito utilizada para complementar os recursos oficiais disponíveis na metodologia do projeto, a sua série temporal abrange mais possibilidades de cenas auxiliando a desvendar certas questões da evolução do uso e ocupação do terreno que não foram suficientes com os recursos oficiais do projeto. Este software online é resultado de uma parceria entre a ESRI, LANDSAT missions Project e USGS (serviço geológico dos Estados Unidos).

A seguir exemplo na figura, imagem Landsat da cidade de Campo Grande-MS em 7 de junho de 2013. Tons de cor bordô representam vegetação natural, talhões em azul escuro solo fertilizado, talhões em alaranjado agricultura, pastagens em verde claro, silvicultura em vermelho e área urbana em azul com textura salpicada.

Figura 12 - LANDSAT Explorer , Campo Grande-MS , 7 de junho de 2013 .



Elaborada pelo autor (2019)

“Landsat sees things on the electromagnetic spectrum, including what's invisible to the human eye. Different spectral bands yield insight about our precious and continually changing earth. Landsat takes images of every location on earth once every 16 days, so we can see how places change over time.

Farmers and analysts can measure how crops are developing, different crops appear in different colors at specific times in their growth cycle. Variations indicate stress due to lack of water or fertilizer. This analysis helps not only farmers, but also analysts who predict market prices based on supply.” (ESRI, 2019, p. 01).

6.3 CHAVES DE INTERPRETAÇÃO

As chaves de interpretação foram os guias iniciais de reconhecimento das áreas a serem mapeadas. Esse era um material de estudo prévio sobre a dinâmica sazonal de cada bioma e apresentava os exemplos das respostas dos gráficos do SATVeg para cada área, estas chaves auxiliaram a interpretação das mudanças no uso e cobertura da terra encontrados nas imagens LANDSAT dos diferentes anos.

Para delimitação do escopo, nesta seção apenas serão demonstrados os exemplos de chave de interpretação dos biomas Caatinga e Cerrado, para os outros biomas houve abordagem semelhante, guardando-se as peculiaridades próprias de cada bioma, uso da terra e respostas espectrais das imagens.

6.3.1 Comportamento espectral e especificidade do mapeamento temático do bioma Cerrado

A seguir nas figuras (AGROSATELITE, 2018) as principais classes de mapeamento do Cerrado e suas relações imagem / gráfico.

Figura 13 – Localização do Cerrado.



Com 2 milhões de quilômetros quadrados, o Cerrado é um bioma que ocupa 22% do território nacional, composto por um complexo vegetacional formado por árvores, arbustos e gramíneas, formando diferentes fitofisionomias.

O Cerrado abrange a área do Planalto Central, e inclui 10 estados brasileiros, sendo o único bioma presente em todas as 5 regiões do Brasil (Norte, Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul), já que se estende desde o Maranhão até uma pequena porção do estado do Paraná.



Figura 14- Cerrado , classe AC , SOJA.

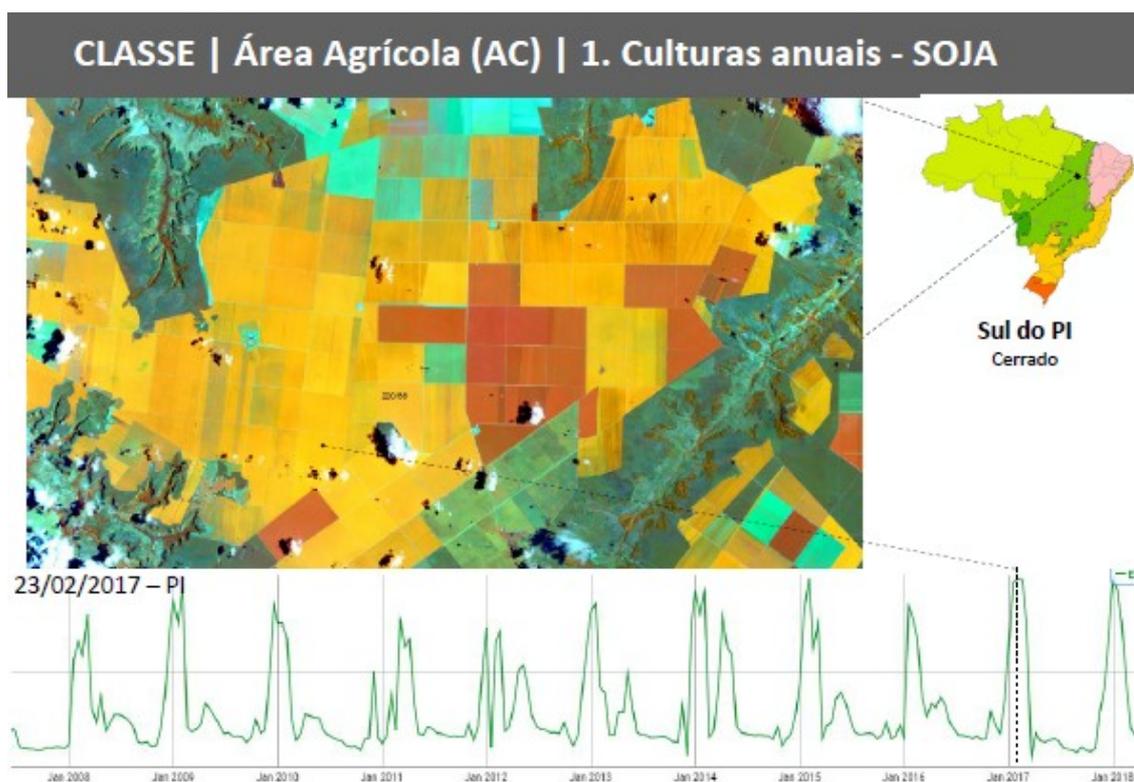


Figura 15 – Cerrado , classe CANA.

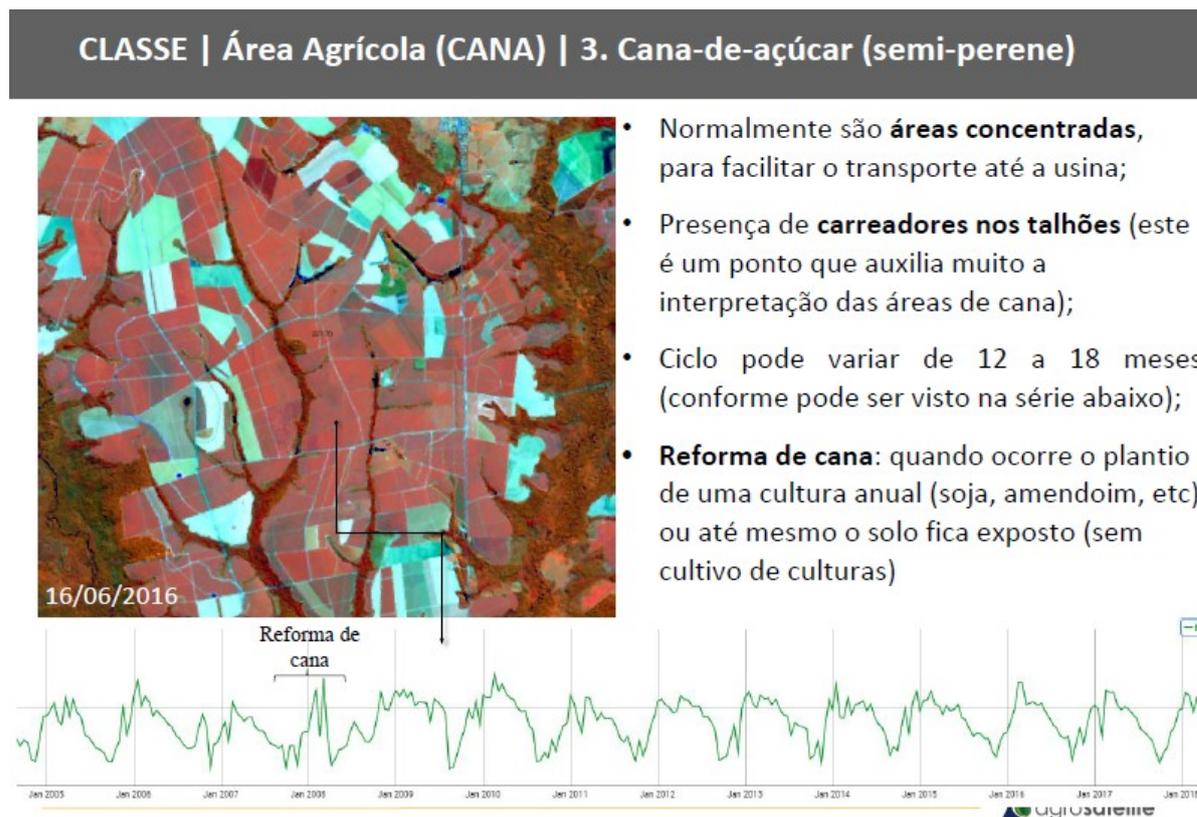


Figura 16 – Cerrado , classe PER , Café.

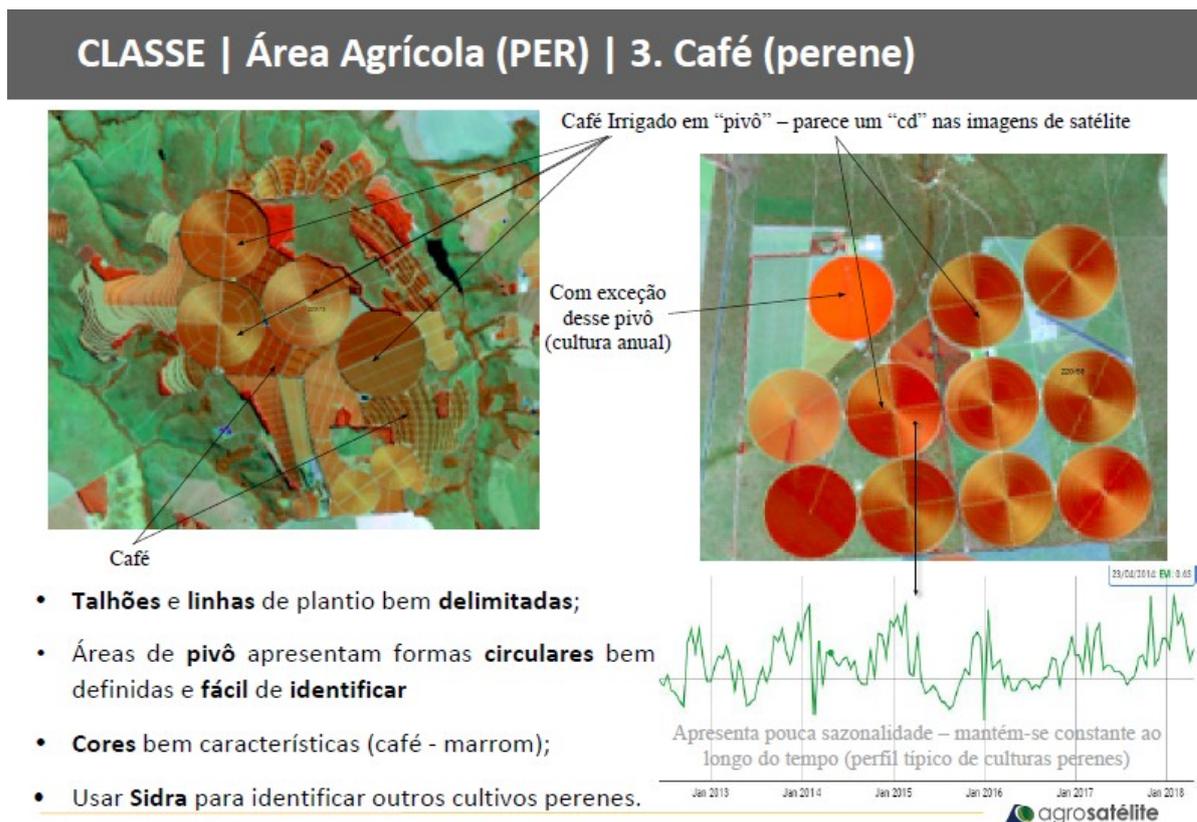
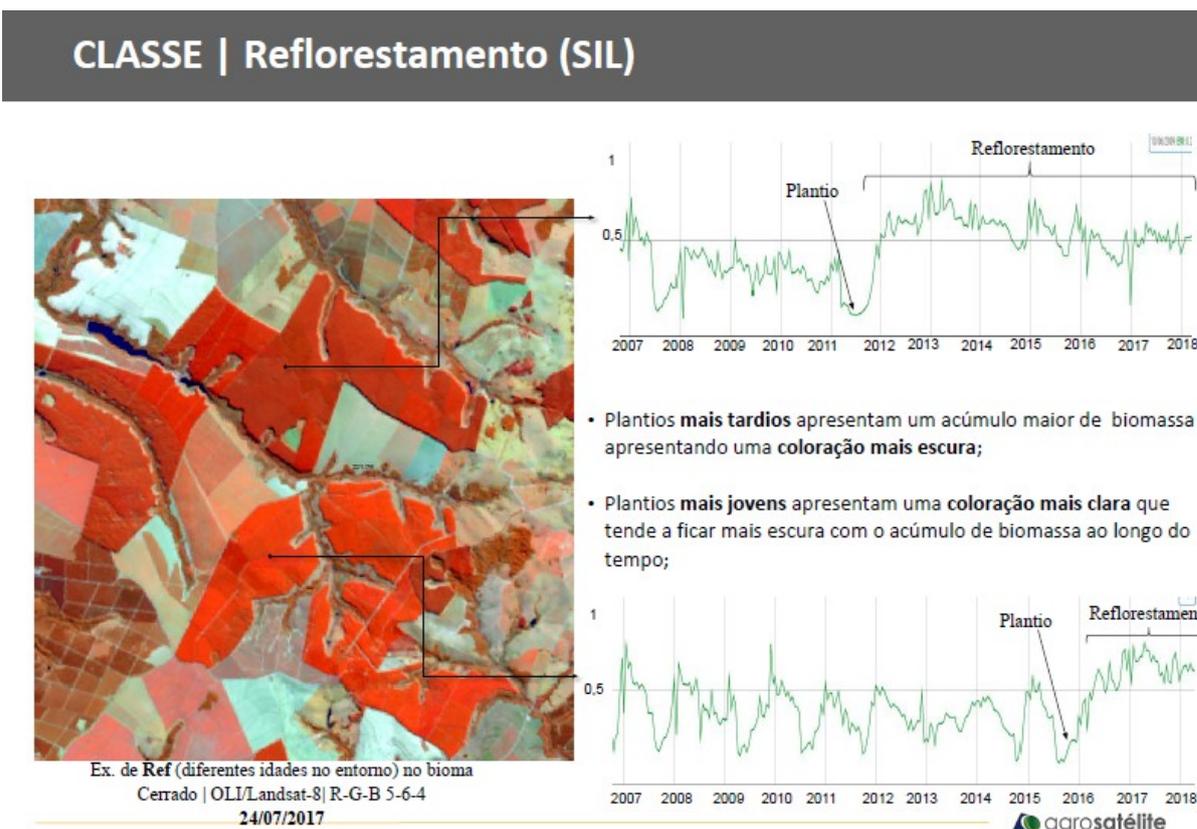


Figura 17 – Cerrado , classe SIL , silvicultura e reflorestamento.



6.3.2 Caatinga (exemplo na chave de interpretação)

A seguir nas figuras (AGROSATELITE, 2018) as principais classes de mapeamento da Caatinga e suas relações imagem / gráfico.

Figura 18 - Classes temáticas no bioma Caatinga

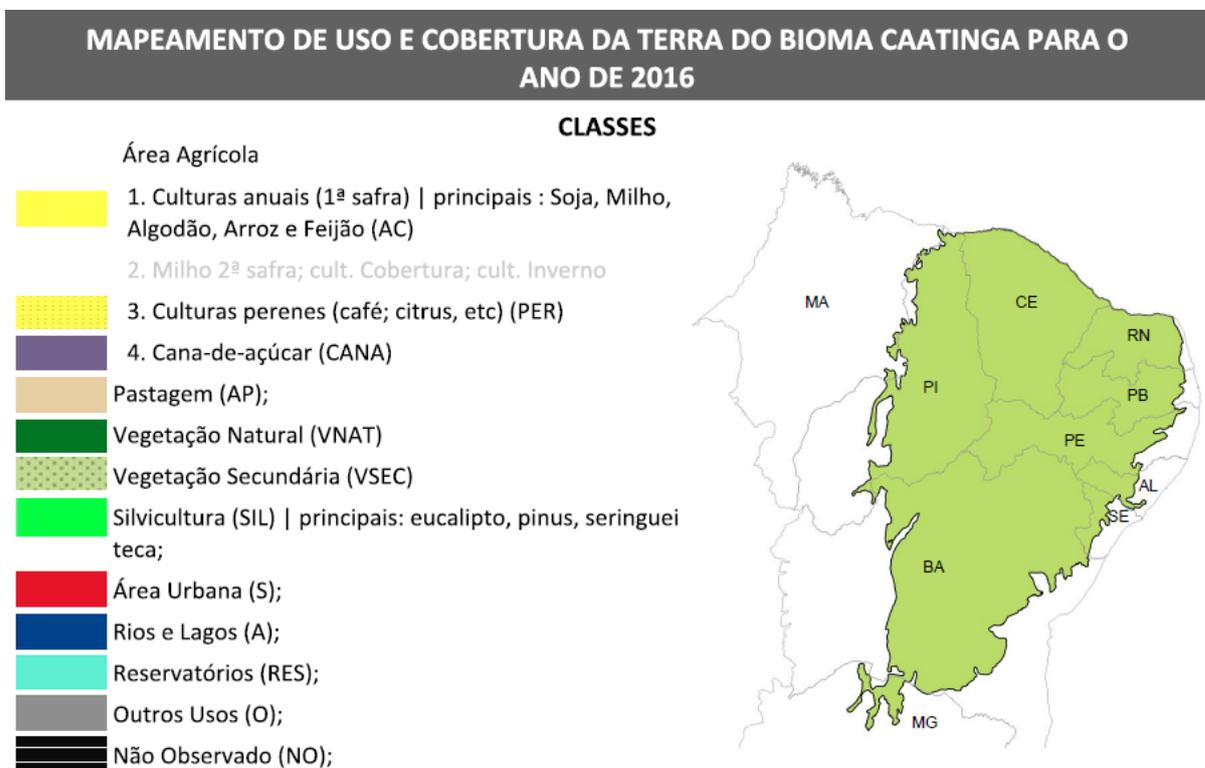


Figura 19 – Caatinga, AC culturas anuais.

CLASSE | Área Agrícola - Culturas anuais (AC)



- Apresenta um regime de disponibilidade hídrica extremamente variável, definido pelo acionamento ou não do sistema mecânico de irrigação, as áreas de pivô central têm características extremamente variáveis e não constituem, portanto, um padrão de comportamento típico. No caso de pivôs de uso agrícola, com vários ciclos produtivos de culturas anuais, os índices vegetativos apresentam extremas variações, correspondentes a cada cultura praticada ao longo do ano.

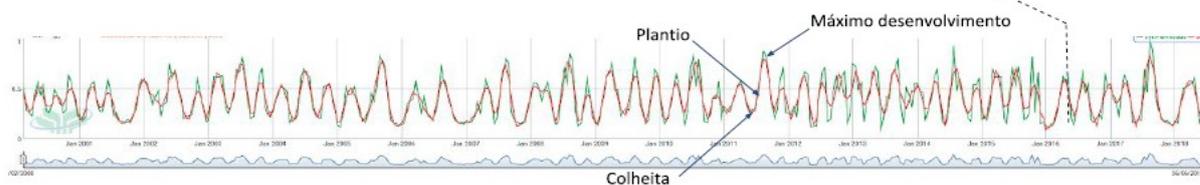


Figura 20 – Caatinga, PER culturas perenes.

CLASSE | Área Agrícola - Culturas Perenes (PER)

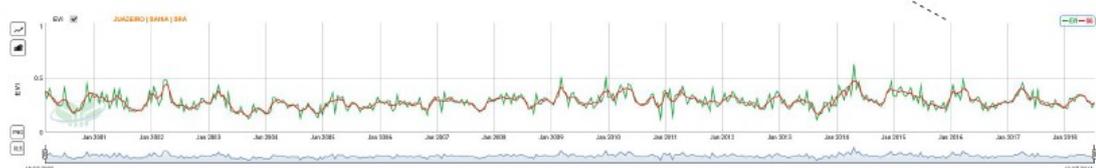
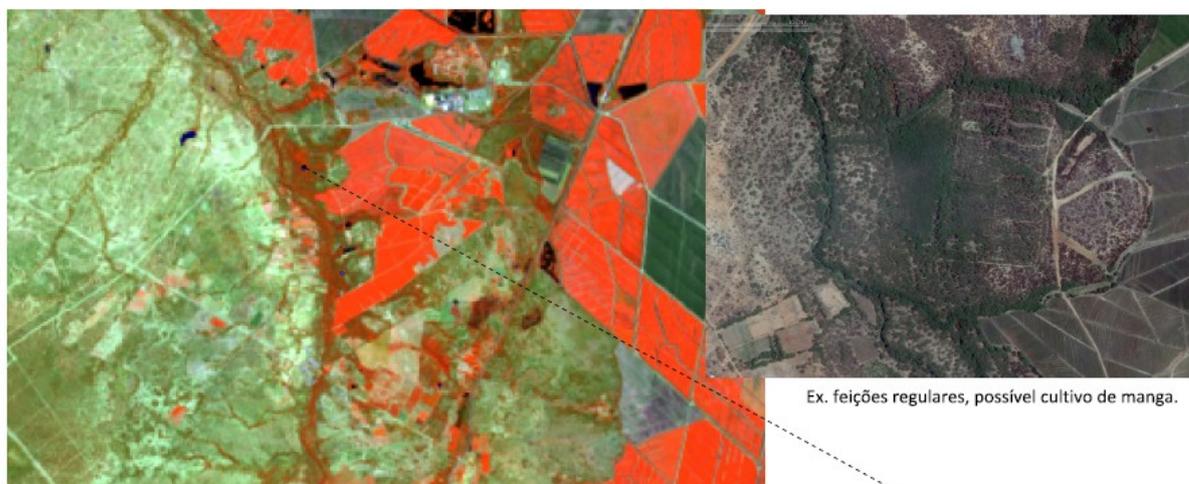


Figura 21- Caatinga , CANA cultivo de cana.

CLASSE | Área Agrícola - Cultivo de Cana (CANA)



- Por se tratar de uma espécie vegetal pertencente à família das gramíneas, as áreas de produção de cana-de-açúcar têm um comportamento espectro-temporal dos índices de vegetação muito semelhante àquele encontrado nas áreas de pastagem. A diferença entre estas duas classes é evidenciada na sazonalidade marcada pela queda dos índices de vegetação no período mais seco do ano e um crescimento desses valores no período chuvoso, essa cultura possui um ciclo de produção denominado semi-perene.

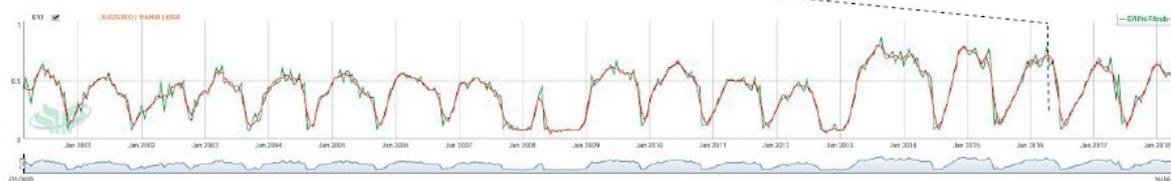


Figura 22 - Caatinga , AP pastagem.

CLASSE | Pastagem (AP)



- Caracterizados por apresentar uma cobertura vegetal herbácea com sistema radicular mais superficial, as pastagens sofrem com o estresse hídrico dos períodos mais secos e, portanto, apresentam uma variação sazonal significativa dos índices de vegetação ao longo do ano. Dessa forma, uma curva de pastagem deverá apresentar valores de índice de vegetação mais baixos no período de seca e valores relativamente mais altos nos períodos chuvosos, com transições gradativas.

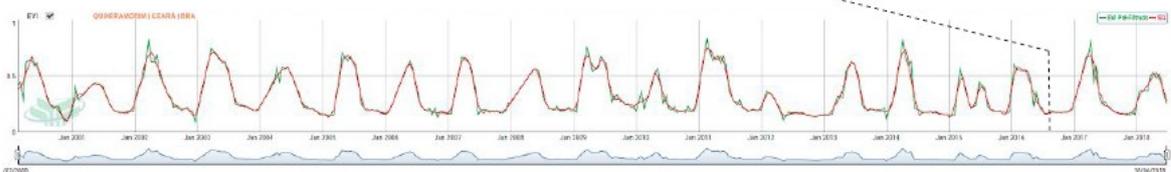
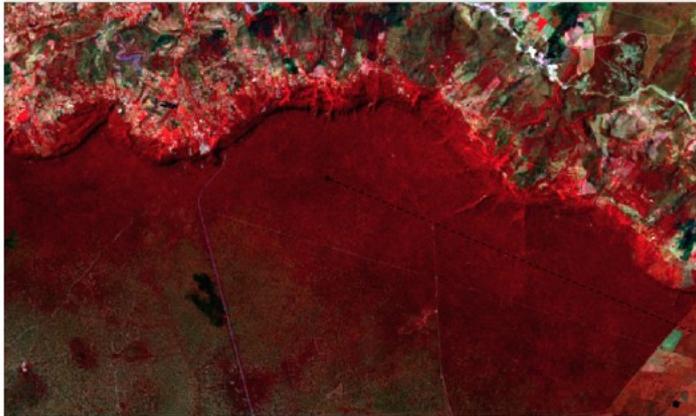


Figura 23 - Caatinga , VNAT vegetação natural .

CLASSE | Vegetação Natural (VNAT)



- Na Caatinga também é possível encontrar, sobre chapadas e topos de serras, formações florestais. Em função do clima mais úmido nessas regiões e da grande fitomassa presente, essa cobertura vegetal apresenta pouca variação nos valores dos índices de vegetação ao longo do ano e valores mais elevados durante o ano. Observe que na imagem Landsat-8 esse tipo de vegetação apresenta resposta em um tom mais avermelhado devido à densidade da vegetação dessa fitofisionomia.

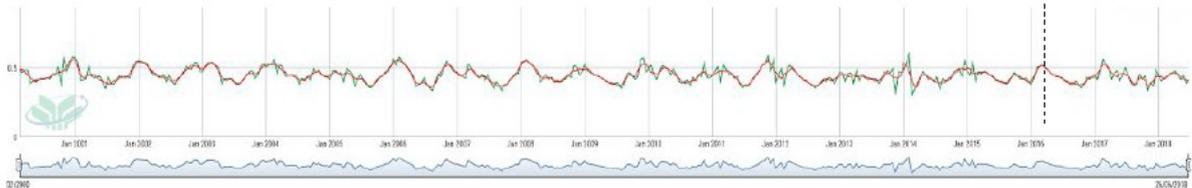
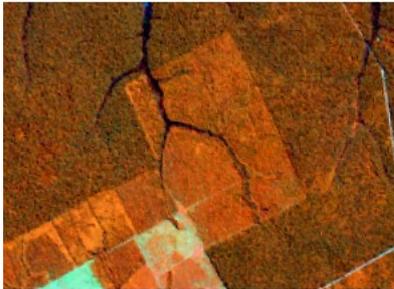


Figura 24 - Caatinga , VSEC vegetação secundária .

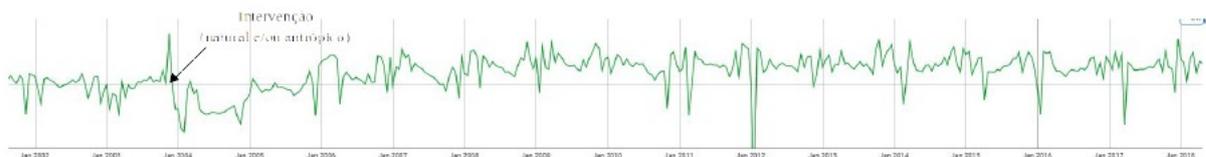
CLASSE | Vegetação Secundária (VSEC)



Ex. da classe VSec no bioma Amazônia |
Imagem OLI/Landsat-8 | R-G-B 5-6-4



Ex. da classe VSec no bioma Pantanal |
OLI/Landsat-8 | R-G-B 5-6-4



- Tons em vermelho médio a escuro; Textura rugosa;
- Podem apresentar linhas bem marcadas, quando adjacentes a formações primárias;
- Tons que variam de vermelho pouco intenso com mesclas de verde escuro a verde escuro predominante;
- Textura heterogênea e rugosa em formações mais arbustivas à homogênea e pouco rugosa em áreas que predominam formações de gramíneas;
- Podem apresentar linhas bem marcadas, quando adjacentes às formações campestres primárias

6.4 QGIS E SISTEMA OPERACIONAL LINUX UBUNTU

Foram utilizados o sistema operacional Linux Ubuntu e o software QGIS versão 2.18 Las Palmas, para todas as atividades do mapeamento e processamento dos dados.

A seguir nas figuras 25 (imagem LANDSAT) e 26 (Classes do mapeamento sobrepostas à imagem LANDSAT), visão da tela de trabalho completa usando QGIS e Linux. Na janela camadas: classes temáticas, shapes em edição, imagens de satélite e base de dados auxiliares. Na janela atributos: Duas tabelas de atributos em edição do mesmo shape em cópia com diferentes filtros de campo aplicados, sendo utilizadas ao mesmo tempo para realizar operações com tabela, uma para inserir dados e outra para calculadora de campos.

Figura 25 - Tela de trabalho, LANDSAT e delimitação de quadriculas. Elaborada pelo autor (2019).

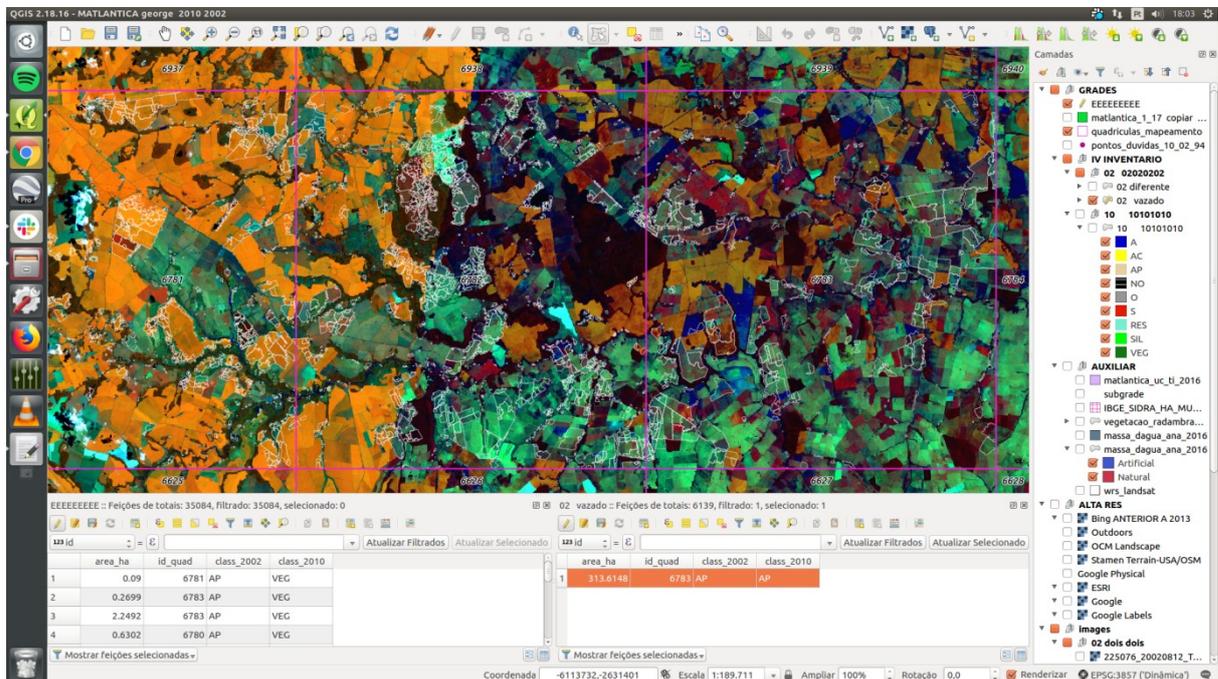
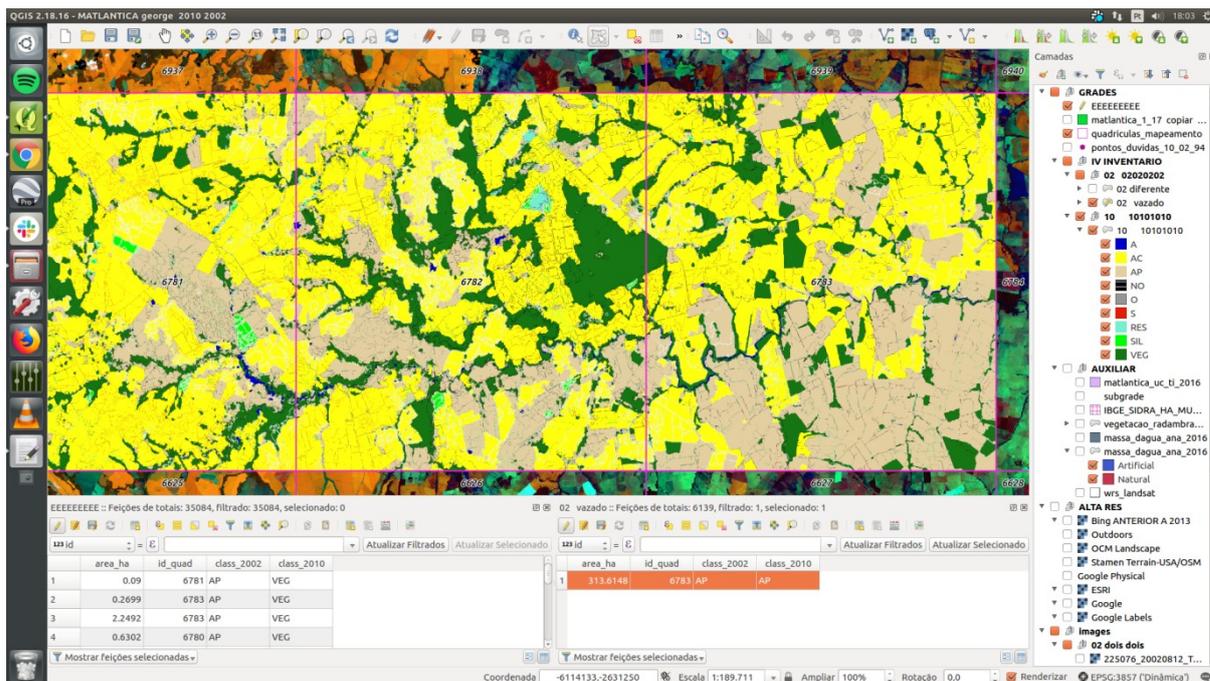


Figura 26 - Tela de trabalho , Classes do mapeamento sobrepostas à imagem LANDSAT. Elaborada pelo autor (2019).



7 INSTRUMENTOS DE PESQUISA E ANÁLISE UTILIZADOS NO INVENTÁRIO

A metodologia de mapeamento foi um conjunto de combinações entre, interpretação visual de imagens de satélite, pesquisas com informações complementares, análise das classificações e segmentações automáticas e análise dos gráficos EVI em séries temporais.

A seguir em um trecho da recém-publicada “Quarta comunicação nacional“, pode-se conferir algumas abordagens quanto as metodologias aplicadas para fazer o inventário.

“Estimates of CO₂ emissions and removals due to land use and land cover change and Harvested Wood Products, as well as non-CO₂ gases emissions, were based on the methodology suggested in the IPCC 2006.20. To better represent the carbon stock variations in its territory, the country estimated emissions and removals from the LULUCF sector by biome (Panel 2.9). For this, a spatial database was created composed of satellite images and layers of information highlighted in Figure 2.35. It is worth mentioning that natural formations protected, that is, within a Conservation Unit (UC) or Indigenous Land (TI), were classified as managed²¹ and, therefore, had their CO₂ removals accounted for. By crossing these layers of spatial information, more than 23 million polygons were generated, each representing a conversion of land use and cover for the periods evaluated (1994-2002, 2002-2010 and 2010-2016), which were presented in land use conversion matrices, by period (Tier 2) (Figure 2.35). Each land use and cover were associated with carbon emission and removal factors for the different pools (above and below-ground living biomass, dead organic matter, and soil). Values published in scientific 20 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. (IPCC, 2006). 21 According to the IPCC, managed areas are those that have relevant ecological, economic, and/or social interests. To learn more about Brazilian biomes, see item 1.1. 4NC – Chapter 2 | Fourth National Communication of Brazil to the UNFCCC 159 articles and national data for each biome were prioritized, adopting the IPCC 2006 default factors only when national information was not available (Tier 1 and 2). Thus, it was possible to estimate gross emissions and removals of vegetation, emissions and removals from the soil and, therefore, the net emissions and removals of each biome, by period.” (UNFCCC, 2021, p. 158).

7.1 BASE DE DADOS

7.1.1 PRODES

O PRODES é um sistema de monitoramento de áreas de florestas desmatadas, tem frequência de disponibilização de dados em taxa anual, foi usado e incorporado na base de mapeamento do IV inventário para posterior investigação visual e com validação a partir da resposta do gráfico do sensor MODIS de cada polígono para averiguar a sua consistência, visto que não é um sistema livre de erros, por isso a necessidade de confirmação.

Abaixo um trecho de um artigo de (RUDORFF, 2011) sobre uso do PRODES para detecção de áreas desmatadas no contexto da moratória da soja.

“The deforested PRODES polygons evaluated during the years 2007, 2008 and 2009 were selected following the criteria used to define the study area (section 3.2). The smallest size of a deforested polygon identified by PRODES is limited to at least 6.25 ha. Considering that the smallest pixel size of the MODIS images is also 6.25 ha, the smallest deforested polygon to be monitored in the present study was defined to be at least 25 ha. However, adjacent polygons deforested in different years were fused; therefore, deforestations of less than 25 ha per year were monitored if the sum of the adjacent deforestations, during the moratorium period, was greater than 25 ha. For example, Figure 2 illustrates the fusion of four adjacent polygons. Before fusion, two polygons measured less than 25 ha, but after fusion the new polygon measured more than 25 ha and consequently was monitored.”(RUDORFF, 2011, p. 189).

Algumas peculiaridades do efeito pixelado proveniente da conversão de vetor para matriz em relação a base histórica do PRODES, podem ser observadas neste trecho da proposta metodológica inicial do projeto.

“Cabe ressaltar que, recentemente, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realizou um ajuste semelhante ao acima descrito na base histórica de desflorestamentos do PRODES, melhorando a compatibilidade da base de registros GLS-2010. Contudo, a abordagem metodológica utilizada pelo INPE partiu de uma agregação da base histórica de desflorestamentos na Amazônia Legal em uma única classe de desflorestamento acumulado, seguida de uma conversão da base vetorial para uma base matricial. Isso gerou uma perda importante de informações ao: i) optar por ajuste único de toda a base, que não preservou o ano do desflorestamento (até 2012); ii) a simples conversão de vetor para matriz, com uma célula de tamanho arbitrário, gera um efeito “pixelado” que altera os limites originais da base histórica. Essa tomada de decisão do INPE acarretou uma série de dificuldades para usuários da base histórica de dados do PRODES. Por exemplo, para viabilizar o monitoramento da soja no bioma Amazônia, no contexto da Moratória da Soja, foi necessário empreender um enorme esforço para compatibilizar os desflorestamentos de cada ano da base histórica à nova base do PRODES, a fim de associar devidamente os desflorestamentos aos anos de sua ocorrência (Abiove, 2017).” (AGROSATELITE, 2018, p. 09).

7.1.2 Terraclass

O Terraclass é um produto gerado por um grupo de órgãos nacionais, foi utilizado como base complementar visto que a data é de 2013 para o Cerrado e 2014 para Amazônia, em alguns casos estava correto em relação ao mapeamento sendo feito para 2016, mas em muitas vezes houveram incongruências .

No Terraclass Cerrado para o ano base 2013 houve parceria entre UFU, UFG, IBAMA, Embrapa e INPE. O Terraclass foi utilizado como instrumento de pesquisa principalmente durante os biomas Amazônia e Cerrado.

“Projeto TerraClass 2014.

O projeto **TerraClass**, cujo objetivo é qualificar o desflorestamento da Amazônia legal, tendo por base as áreas desflorestadas mapeadas e publicadas pelo Projeto PRODES (Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) e imagens de satélite, apresenta os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal para todas as áreas desflorestadas mapeadas pelo PRODES até o ano de 2014.

A execução do projeto se deu através da mobilização das equipes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro Regional da Amazônia (INPE/CRCRA), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônia Oriental (CPATU), ambas localizadas em Belém – PA, além da Embrapa Informática Agropecuária (CNPTIA), situada em Campinas - SP.” (INPE, 2018, P. 01).

Os objetivos do TerraClass são:

Gerar mapas e estatísticas sobre o uso e cobertura da terra para a Amazônia e o Cerrado; visando promover subsídios para potencializar o monitoramento e a gestão, o TerraClass disponibiliza aos gestores, pesquisadores, produtores e população em geral, o mapeamento sistemático do uso e cobertura da terra, subsidiando a tomada de decisões e formulação de políticas públicas que visem ampliar a sustentabilidade dos recursos naturais e melhorar a paisagem produtiva dessas importantes regiões biogeográficas brasileiras.

- Identificar, delimitar e mapear, na escala 1:250.000, as áreas naturais e antrópicas da Amazônia e do Cerrado.
- Divulgar e disponibilizar, amplamente, os dados e as informações geradas.
- Mapear o uso e cobertura da terra nas áreas antropizadas da Amazônia e do Cerrado.
- Definir um protocolo metodológico para sistematizar o mapeamento do uso e cobertura da terra nas áreas antropizadas da Amazônia e do Cerrado.

7.1.3 Massa de águas ANA

O shape da agência nacional de águas foi importante para desambiguação entre polígonos de águas manejadas antropicamente e águas de ocorrência natural, que constam como artificial ou natural no shape, respectivamente classificadas em “RES” (reservatórios) e “A” (águas).

7.1.4 SIDRA

O banco de dados do SIDRA é um produto do IBGE , delimita as áreas dos municípios em relação a suas culturas agrícolas, desse modo pode se ter uma ideia da ocorrência de determinada cultura agrícola em hectares para a área de um município de forma generalizada e com ausência de georeferenciamento específico. Embora o SIDRA não tenha georeferenciamento para a escala dos polígonos, e sim dos limites de cada município, tem grande utilidade pois fornece um panorama geral da produção local e do que pode ser encontrado pelo foto intérprete. Esta é uma base complementar que de fato auxilia a interpretação das imagens, de modo a prever uma susceptibilidade a determinada ocorrência de classe temática .

7.1.5 Shape de silvicultura GFW

O Global Forest Watch (GFW), é um projeto colaborativo que envolve a Universidade de Maryland, o Google, o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e a NASA.

“As florestas plantadas envolvem um arranjo de possibilidades bastante complexo no que se refere ao seu mapeamento. Isso torna o desafio até maior do que o mapeamento de florestas naturais, se um certo nível de detalhamento for esperado. Há necessidade de investimento em tempo e em técnicas de processamento de imagens para execução da tarefa, em função das diferentes respostas espectrais correspondentes a diferentes gêneros ,espécies, classes de idade e regimes de manejo. [...]

A WRI acaba de disponibilizar (online - <http://www.globalforestwatch.org/>) e no contexto do seu programa Global Forest Watch (GFW) uma sessão em que espacializam as florestas plantadas de sete países, entre eles o Brasil. A metodologia foi documentada em Petersen et al., (2016) e apresenta dados bastante discrepantes em relação aos que o setor florestal tem divulgado. Considera que a área total de florestas plantadas no Brasil é de 9,5 milhões de hectares (eucalipto, pinus, acácia-negra, araucária, paricá, teca, dentre outras), Mesmo que aos dados adotados pela Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2015) –7,74 milhões possam ser incorporados plantios de pequenas e médias propriedades, etc... a diferença é grande.” (OLIVEIRA, 2019, p. 19).

7.1.6 Sistema DETER

DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real), é um sistema de alerta do INPE que revela a taxa de desmatamento em polígonos de 6,25 hectares com base em dados provenientes de sensores MODIS embarcados nos satélites Terra e Aqua da NASA , não indica o total de área desmatada, isso é realizado pelo PRODES, porém sua taxa de resultados

tem mais frequência, uma taxa de revisita temporal mais frequente, por isso é considerado como um sistema de alerta.

“O sistema DETER é uma contribuição do INPE para o plano de ação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Brasil através do Grupo de Trabalho Interministerial Permanente (GTPI) para reduzir os índices de desflorestamento da Amazônia Legal. Este sistema, em operação desde 2004, é uma importante ferramenta de alerta para monitoramento e controle do desflorestamento, especialmente para a Amazônia brasileira. O DETER utiliza dados com resolução espacial de 250 m a partir dos instrumentos MODIS - Espectro Radiômetro de Resolução Moderada de Imagem, a bordo dos satélites Terra e Aqua, dos Estados Unidos.” (INPE, 2020, p. 01).

Os dados servem como uma indicação da taxa de desmatamento, mas não representam toda a área cortada, que na verdade só é medida pelo sistema PRODES.

“Nossa análise revela que a implementação do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), que permite a frequente e rápida identificação de focos de desmatamento através do uso de informações de satélite, foi o principal motor da desaceleração do desmatamento nos anos 2000. Desde sua ativação, o DETER tem orientado a focalização de atividades de comando e controle na Amazônia.

Estimamos que as políticas de comando e controle baseadas no DETER impediram o desmatamento de mais de 59.500 km² de floresta amazônica entre 2007 e 2011. O desmatamento observado nesse período foi de 41.500 km² – 59% menor do que na ausência da mudança de política. Os resultados indicam, ainda, que a mudança não afetou a produção agropecuária na região.” (ASSUNÇÃO et al., 2013, p. 03).

7.1.7 Mapbiomas

O MapBiomas é uma iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) e é produzido por uma rede colaborativa de co-criadores formado por ONGs, universidades e empresas de tecnologia organizados por biomas e temas transversais.

Coordenação nos Biomas:

- Amazônia - Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON)
- Caatinga – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Associação Plantas do Nordeste (APNE) e GeoDatin
- Cerrado – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM)
- Mata Atlântica – Fundação SOS Mata Atlântica e ArcPlan

- Pampa – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e GeoKarten
- Pantanal – Instituto SOS Pantanal e ArcPlan

Coordenação Temas Transversais:

- Pastagem - Universidade Federal de Goiás (LAPIG/UFG)
- Agricultura - **Agrosatélite**
- Zona Costeira - Instituto Tecnológico Vale e Solved
- Áreas Urbanas - Terras App Solutions

“O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil.

O **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil** (MapBiomas) nasceu em um seminário realizado em março de 2015 onde especialistas em sensoriamento remoto e mapeamento de vegetação se reuniram em São Paulo a convite do SEEG/OC para responder à seguinte pergunta: É possível produzir mapas anuais de cobertura e uso do solo para todo o Brasil de forma significativamente mais barata, rápida e atualizada, comparativamente aos métodos e práticas atuais, e que possibilitem recuperar o histórico das últimas décadas? A resposta foi afirmativa, desde que houvesse uma capacidade de processamento sem precedentes e um alto grau de automatização do processo, além da participação de uma comunidade de especialistas em cada bioma e temas transversais.

A partir deste diagnóstico foi estabelecido um contato com a Google que gerou um termo de cooperação técnica para desenvolver a iniciativa tendo como base a plataforma Google Earth Engine. Especificamente, o projeto teve início em julho de 2015 com um treinamento da equipe do MapBiomas sobre o Google Earth Engine em Mountain View, Califórnia.” (MAPBIOMAS, 2020, p. 01).

7.1.8 Bases incorporadas

No Cerrado algumas bases complementares confiáveis foram incorporadas diretamente na base do Inventário, sendo possível observar que algumas classes já vieram preenchidas no mapa em 2016:

- O ‘Grãos Amazônia 2016’ incorporou polígonos de Agricultura Anual (AC) em 2016 onde há cultivo de soja, milho e algodão;
- O ‘CANASAT 2016’ incorporou polígonos de CANA em 2016 onde há cultivo de cana-de-açúcar.

As bases acima são da Agrosatélite. Além destas, foi incorporado um produto do INPE, combinado com um produto do LAPIG:

- ‘LAPIG PASTAGENS’ O ‘PRODES’ identificou polígonos onde houve corte raso da vegetação entre 2011 e 2017; Quando um polígono do ‘PRODES’ coincide com ao menos 60% de uma área de pastagem identificada pelo ‘LAPIG PASTAGENS’, este polígono é automaticamente classificado pelo algoritmo de geoprocessamento como Pastagem(AP).

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quanto ao andamento do projeto, as fases foram divididas por bioma mapeado , e cada bioma possui suas peculiaridades técnicas a serem consideradas , foram entregues os produtos de mapeamento atualizados relativos aos anos 1994 , 2002 , 2010 e 2016 dos biomas Pampa , Caatinga , Amazônia , Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica .

Como resultados dos produtos finais do mapeamento e análise para este inventário, foram gerados mapas, gráficos e matrizes de transição das mudanças de uso e cobertura da terra entre todas as classes.

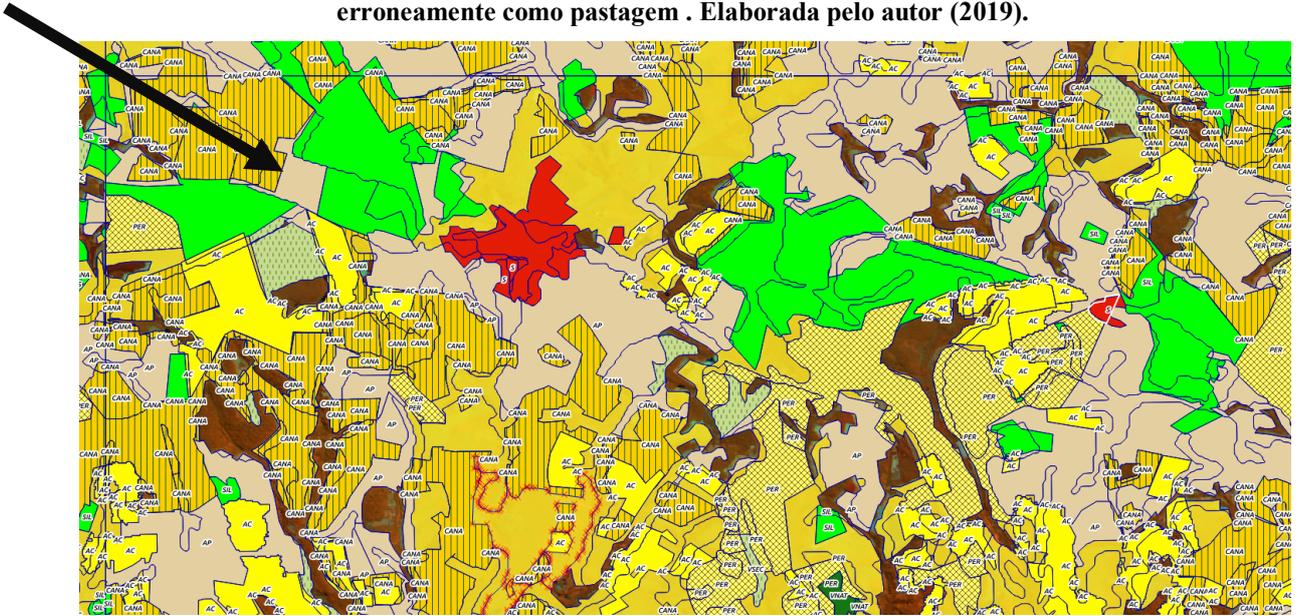
8.1 TÉCNICAS DE DETECÇÃO VISUAL DE ERRO DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

A seguir , note que próximo ao canto superior esquerdo das figuras 27 e 28 há um polígono mapeado como “AP” (pastagem) que conforme resposta da imagem LANDSAT e padrão de uso da terra do entorno , pode ser interpretado como “SIL” (silvicultura) , esse é um dos exemplos de correções e atualizações que visualmente o foto-intérprete teve que operar . A classe AP é representada pela cor bege, e a classe SIL pela cor verde.

Figura 27 - Imagem LANDSAT e delimitação dos polígonos .Na ponta da seta polígono com resposta espectral de vegetação densa , uniforme e jovem . Elaborada pelo autor (2019).



Figura 28 - Classes do mapeamento , na ponta da seta o polígono de silvicultura que estava mapeado erroneamente como pastagem . Elaborada pelo autor (2019).



A interpretação exige uma investigação da dinâmica de uso do terreno ao longo dos diferentes anos , contexto geográfico e atividades econômicas do entorno, no caso desse exemplo existem áreas de silvicultura que recebem corte raso das arvores em sua colheita e se algum classificador automático de processamento de imagem foi aplicado à uma imagem capturada no momento de corte certamente vai ser atribuído o valor de pastagem ou solo exposto , considerando isto para incongruências dentro do mesmo ano de mapeamento , entretanto , se a incongruência aparecer na comparação de um ano de mapeamento para outro (2010-2016) , aí sim pode se atribuir de forma correta a mudança no uso do terreno , após a devida investigação das imagens e dados complementares, se for o caso de uma mudança permanente e não um corte raso que dura um ou dois anos, ou pousio, pode-se atribuir a mudança de uso . No polígono em questão foi feita a correção de classe “AP” para classe “SIL”

9 CONCLUSÕES

O projeto que foi realizado é o IV inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa, o qual mensura as mudanças no uso e ocupação do solo de todos os biomas brasileiros com objetivo de calcular as emissões e sequestro de carbono decorrentes do setor de uso e cobertura da terra.

O estágio foi realizado na empresa Agrosatélite Geotecnologia Aplicada, situada na rodovia 401, em Florianópolis-SC. As atividades desenvolvidas no estágio consistiram em análise e tratamento de imagens LANDSAT e Sentinel, vetorização de polígonos, classificação visual de polígonos, análises de bases complementares, operações com banco de dados e tabela de atributos. A principal ferramenta de geoprocessamento utilizada foi o software QGIS, juntamente com programas da Embrapa como o SATVeg o qual demonstra índices de resposta espectral das dinâmicas temporais georeferenciadas através de gráficos de índices de EVI, muito utilizado para identificação de culturas agrícolas perenes ou anuais, vegetação nativa e pastagens.

Foram feitas análises comparativas entre imagens dos anos 1994, 2002, 2010 e 2016, e assim disponibilizaram novos dados que foram atualizados para as tabelas de atributos em edição, com referência de uma base vetorial temática pretérita, e a partir dessas informações formando novos mapas temáticos atualizados. Os produtos finais foram gerados para uma escala ideal de 1:125000 sendo que a menor parcela de área mapeável por convenção foi da ordem de 6,25 hectares .

Na fase final do projeto, no Bioma Mata Atlântica, foram feitas pré-classificações supervisionadas a partir das imagens e com o cruzamento de diversas bases de dados, desta forma atribuindo classes automaticamente com parâmetros previamente definidos e ajustados pela equipe , isso foi um fator que acelerou consideravelmente o mapeamento no bioma mata atlântica em relação aos outros biomas, nos quais em que mesmo havendo alguma pré-classificação anterior demandou grande esforço de mapeamento manual e visual humano e nas tomadas de decisão dada a vasta extensão territorial em questão, o projeto teve duração de 25 meses.

Em dezembro de 2020 foi lançada a publicação do quarto inventário nacional no site da convenção quadro das nações unidas para mudanças climáticas, o documento pode ser acessado [no endereço https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4a%20Comunicacao%20Nacional.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4a%20Comunicacao%20Nacional.pdf) .

Concluindo, no tocante a questão trabalhista e corporativa, desde que fui chamado a fazer parte da equipe do mapeamento do IV inventário de GEE, percebi a dimensão e importância desse projeto, e isso era exatamente o que eu buscava, fiquei muito entusiasmado com a oportunidade de por em prática grande parte do conteúdo que estudei por anos na graduação, de conhecer diversos perfis profissionais, práticas organizacionais inovadoras, novas tecnologias e gestão humana aplicadas a produção da equipe.

Sempre foi demonstrado por parte da empresa um comprometimento com a qualidade nos produtos e a abordagem correta para o cumprimento das metas, repetindo os colaboradores de forma humana e nutrindo as boas relações em um ambiente acolhedor e motivacional. O ambiente e o trabalho foram muito satisfatórios e sinto orgulho do trabalho dedicado que realizei ao longo desse tempo que foi transformador, os analistas e supervisores de geoprocessamento me auxiliaram em todas etapas do processo e a todo momento aprendi conhecimentos novos e práticas úteis pra minha vida e carreira profissional.

Espero que este trabalho acadêmico e seus respectivos resultados possam contribuir de forma a promover incentivo em produzir ciência, investimento em desenvolvimento humano e conservação da natureza.

REFERÊNCIAS

AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA. Banco de dados do projeto do IV inventário de emissão de gases do efeito estufa decorrentes das mudanças do uso e cobertura dos biomas do Brasil. (2018)

AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA. Disponível em: <<https://agrosatelite.com.br>>. Acesso em: 15/04/2020.

AGUIAR, Daniel Alves de. Monitoramento da área colhida de cana-de-açúcar por meio de imagens do Sensor MODIS - São José dos Campos: INPE, 2007. 99 p.; (INPE-14803-TDI/1246)

ASSUNÇÃO, Juliano; GANDOUR, Clarissa ; ROCHA, Romero . Como DETER o Desmatamento na Amazônia? O Impacto da Mudança na Política de Comando e Controle. PUC, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2013/05/Como-DETER-o-Desmatamento-na-Amazonia-O-Impacto-da-Mudanca-na-Politica-de-Comando-e-Controle-Sumario-Executivo1.pdf>>. Acesso em: 12/11/2019.

CARDOZO, Larissa Sell. O geoprocessamento no processo de tomada de decisão: relato sobre os estudos técnicos em meio ambiente do MPSC, TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Geografia 2018, UFSC, Florianópolis.

COUTINHO, Leopoldo Magno. (Acta Bot. Bras. vol.20 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2006). Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-33062006000100002&script=sci_arttext>. Acesso em: 12/09/2020.

DEUTSCH WELLE. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/a-amaz%C3%B4nia-%C3%A9-realmente-o-pulm%C3%A3o-do-mundo/a-50228818>>. Acesso em: 30/08/2019.

EMBRAPA SATÉLITES. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>>. Acesso em: 25/01/2021.

ESRI Landsat Explorer. Disponível em: <<https://www.esri.com/en-us/arcgis/landsat>>. acesso em 11/11/2019).

EVALUATION OF MODIS NPP AND GPP PRODUCTS ACROSS MULTIPLE BIOMES , David P.Turner , William D.Ritts, Warren B.Cohen, Stith T.Gower, Steve W.Running , Maosheng Zhao, Marcos H.Costa, Al A.Kirschbauma , Jay M.Ham ,Scott R.Saleska, Douglas E.Ahl , REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT VOLUME 102, ISSUES 3–4, 15 JUNE 2006, PAGES 282-292. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.02.017>

FRANCO, Ana Clara Lazzari. Calibração do modelo SWAT com evapotranspiração proveniente de sensoriamento remoto e vazão observada, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2017.

FREITAS, Ramon Morais de. et al. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America (, Ramon Morais de Freitas ,Egidio Arai , Marcos Adami , Arley Souza Ferreira , Fernando Yuzo Sato , Yosio Edemir Shimabukuro , Reinaldo Roberto Rosa , Liana Oighenstein Anderson ,and Bernardo Friedrich Theodor Rudorff . Manuscript received on February 4, 2011 / accepted on March 24, 2011).

OLIVEIRA, Fernando Garrido de. Análise Temporal Da Cobertura Florestal e Da Paisagem do Município De Palotina – PR, Utilizando Imagens do Landsat 5 e Landsat 8. , UFPR, Palotina-PR. 2014.

IBF, Instituto Brasileiro de Florestas. Disponível em: < <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-pampa>>. Acesso em: 12/09/2020.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: < http://www.inpe.br/amazonia1/usuarios_aplicacoes.php>. Acesso em: 25/01/2020.

IVERSEN, Peter; LEE, Donna; ROCHA Marcelo. Understanding Land Use in the UNFCCC. (2014). Disponível em: < https://ghginstitute.org/wpcontent/uploads/2015/04/Understanding_Land_Use_in_the_UNFCCC.pdf>. Acesso em: 07/03/2020.

LANDSAT EXPLORER. Disponível em: < <https://livingatlas2.arcgis.com/landsatexplorer/>>. Acesso em: 11/11/2019.

MAPBIOMAS. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 15/09/2020.

MARQUES, Douglas Vieira. 2017, Trabalho de conclusão de curso, Engenharia de agronomia, UFPB, Areias –PB.

MIRANDA, E. E. de; COUTINHO, A. C. (Coord.). Brasil Visto do Espaço. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 6 Dez. 2020.

OECD. Disponível em: < <https://www.oeco.org.br/noticias/florestas-tropicais-terao-arvores-extintas-devido-a-falta-de-chuva-aponta-estudo/>>. Acesso em: 23/09/2020.

OLIVEIRA, Yeda Maria Malheiros de. 2019, 24p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/florestas-plantadas/anos-anteriores/inventario-florestal-nacional-do-brasil.pdf>>. Acesso em: 12/11/2019.

PROBIO, Educação Ambiental: (coordenador): Carlos Hiroo Saito. Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília/MMA, 2006, 136p. Disponível em: < https://antigo.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/livroprofessuer.pdf>. Acesso em: 25/02/2020.

RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor ; et al .The Soy Moratorium in the Amazon Biome Monitored by Remote Sensing Images , Remote Sens., 3, 185-202; doi:10.3390/rs3010185, 2011. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/3/1/185/htm>>. Acesso em: 17/09/2019.

SATVEG. Sistema de análise temporal da vegetação. Disponível em: <
<https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 05/02/2019.

SILVA, Sergio Teixeira Da , Estratificação da Fitofisionomia Cerrado para inventário Florestal com emprego de geotecnologia. Dissertação de mestrado em engenharia florestal, Universidade Federal de Lavras. 2009.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NA HISTÓRIA, Édson Luis BOLFE. Lindon Fonseca MATIAS. Marcos César FERREIRA. GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 33, n. 1, p. 69-88, jan./abr. 2008.

TABACOW, José. Aspectos Fitofisionômicos das Paisagens Brasileiras (Álbum de Fotografias), Florianópolis, 2019.

TERRACLASS 2014. INPE. Última modificação em: Abr 02, 2018. Disponível em: <
http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php> . Acesso em: 13/04/2020.

UNFCCC. Fourth National Communication of Brazil. Disponível em: <
<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4a%20Comunicacao%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 05/02/2021.

USGS, United States Geological Survey (2015) . Disponível em:
<<https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat>> . Acesso em : 27/09/2019.

WOLF, Sebastian , et al. Carbon sequestration potential of tropical pasture compared with afforestation in Panama , Global Change Biology (2011) 17, 2763–2780, doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02460.x