

Classificação e análise de imagens multiespectrais do triênio 2018-2020 do bioma Pantanal: caso do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense

Leandro José de Oliveira Boaventura^{1*}, Fabrícia de Almeida Cortez Pereira²

¹*Pós Graduando em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Instituto Federal do Tocantins, Brasil. (*Autor correspondente:leandro.boaventura@ifto.edu.br.)*

²*Doutora em Física e Astronomia, Professora no Instituto Federal de Alagoas, Brasil.*

Histórico do Artigo: Submetido em: 13/06/2021 – Revisado em: 04/08/2021 – Aceito em: 13/09/2021

RESUMO

O Pantanal é tido como a maior planície alagável do Planeta e a saúde do bioma imprescindível para a preservação de diversas espécies. Logo é importante um monitoramento do bioma e de suas reservas e parques, já que no ano de 2020 este fora muito atingido por incêndios florestais. O Sensoriamento Remoto se mostra uma potente ferramenta para este fim, capaz de monitorar grandes áreas por meio de imagens orbitais. O presente artigo faz uso de imagens multiespectrais do satélite Sentinel 2, para uma análise temporal do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense. Detectou-se no ano de 2020 uma acentuada diminuição nas áreas de água do Parque o que propiciou a que o fogo se alastrasse e o destruiu quase totalmente. No entanto, foi também detectado uma resiliência incrível do bioma, já que este já demonstra sinais de regeneração da paisagem.

Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Satélite Sentinel 2, monitoramento por satélite, imagens multiespectrais, Pantanal, incêndios florestais.

Classification and analysis of multispectral images of 2018-2020 triennium of the pantanal biome: Case for Parque Nacional do Pantanal Matogrossense

ABSTRACT

The Pantanal is considered the largest floodplain on the planet and the health of the biome is essential for the preservation of several species. Therefore, it is important to monitor the biome and its reserves and parks. In 2020, the park was hit by forest fires. Remote Sensing proves to be a powerful tool for this purpose, capable of monitoring large areas with orbital images. The article uses multispectral images from the Sentinel 2 Satellite for a temporal analysis of the Pantanal Matogrossense National Park. In the year 2020, a decrease in the water areas of the Park was detected causing the fire to spread and destroy it almost totally. However, an incredible resilience of the biome was also detected, which already shows signs of landscape regeneration.

Keywords: Remote Sensing, Sentinel 2 Satellite, satellite monitoring, multispectral images, Pantanal, Forest fire.

Boaventura, L.J.O., Pereira, F.A.C. (2021). Classificação e análise de imagens multiespectrais do triênio 2018-2020 do bioma Pantanal: caso do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense. Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto, v.2, n.2, p.79-98



Direitos do Autor. A revista utiliza a licença *Creative Commons* - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC.

1. Introdução

Incêndios florestais geram prejuízos ambientais, econômicos e sociais todos os anos mundo afora e no ano de 2020 uma série de incêndios acometeram fortemente o Pantanal, dados registrados pelo Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE já evidenciavam uma escalada dos focos de incêndio no bioma, dados mostram que no ano de 2018 foram 21.918 focos, em 2019 este número saltou para 230.295 e em 2020 o INPE registrou 742.977 focos de incêndio no Pantanal (INPE, 2021).

Devido ao fato de no ano de 2020 terem ocorrido esta grande quantidade de queimadas na região pantaneira, torna-se relevante uma investigação científica quanto aos ciclos de secas e cheias aos quais todos os anos a região é submetida e relacioná-la com a saúde do bioma.

Para isso, os estudos se localizaram no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense, que diferentemente de muitas áreas do bioma que queimam anualmente, grandes incêndios são raros no Parque proporcionando analisar uma área sem interferências que neste dado ano de 2020 incêndios florestais o consumiram em sua quase totalidade, evidenciando a vulnerabilidade do bioma, o trabalho delineará, portando, dados dos ciclos de inundação que regem a região de dois anos anteriores (2018/2019) a catástrofe para colher parâmetros que se possam ser comparados ao pós-incêndio, propondo assim uma análise temporal por meio de imagens orbitais.

Com a finalidade de compreender os impactos sofridos na região do Parque Nacional Matogrossense, o presente trabalho tem como objetivos realizar uma análise temporal dos últimos três anos, no intuito de verificar o comportamento do ciclo pantaneiro e analisar a saúde do Parque Nacional Matogrossense por meio da quantificação da paisagem em diferentes estações pantaneiras (seca /cheia).

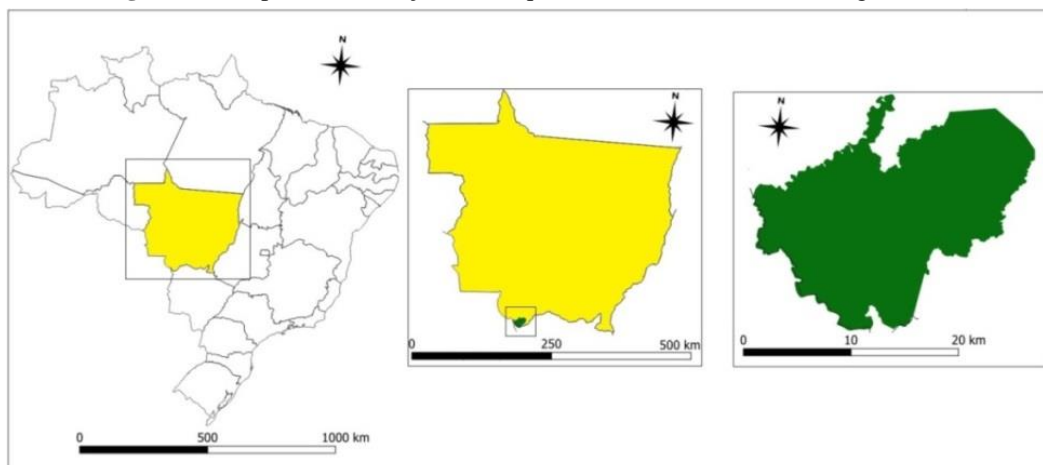
No Sensoriamento Remoto a análise temporal consiste em comparar imagens de uma mesma região em diferentes épocas, tornando assim possível verificar diferenças no dossel, a técnica é muito útil para se determinar degradações ambientais (Lorena et al., 2001), monitorar catástrofes (Da Silva et al., 2019), analisar crescimento e urbanização de cidades e variações de geleiras (Ahlert et al., 2004).

No caso do presente trabalho o objetivo é determinar quantitativos da composição da paisagem do Parque em diferentes épocas, para assim determinar e propor parâmetros condizentes com o Parque em situação de normalidade. Refletindo assim parâmetros esperados para considerar o Parque saudável.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O Parque Nacional do Pantanal Matogrossense objeto de estudo do trabalho foi criado pelo Decreto nº 86.392, de 24 de setembro de 1981, com área de 135.000 hectares (ICMBIO, 2020). Está localizado no município de Poconé/MT, no estado do Mato Grosso já na divisa com o estado do Mato Grosso do Sul e a 3 quilômetros da divisa da Bolívia (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.

Fonte: Autores (2021).

Com muitos corpos d'água, vastas áreas de florestas, savanas, campos e áreas alagadiças o Parque Nacional Matogrossense é uma área de preservação de abundante fauna e flora a qual abriga várias espécies protegidas como o tatu canastra, jaguatirica, tamanduá bandeira e possui a maior concentração mundial de onças pintadas. Seu clima possui duas estações bem definidas de chuva e seca, as quais propiciam características únicas ao bioma, e que também o expõem a riscos de incêndios nas épocas de seca, incêndios estes sazonais na região, mas raros dentro do parque. No entanto neste ano de 2020 acometeram parque e impactaram fortemente todo o bioma.

2.2 Procedimentos Metodológicos

No bioma pantanal ocorre uma transformação anual ditada pelas chuvas, sendo que em maio as chuvas cessam dando início ao período da seca e retornando em outubro para inundar as planícies, transformando o pantanal segundo *World Wide Fund for Nature* (WWF, 2017) a na maior área inundável do planeta segundo. De acordo com este ciclo o trabalho consistiu em quantificar a paisagem nos dois períodos (de cheia e de seca), em anos consecutivos para determinar se as mudanças sempre retornam a um mesmo padrão indicando um equilíbrio no bioma. Para isso foram utilizadas técnicas e equipamentos de sensoriamento remoto e interpretação de imagens na determinação das classes e quantitativos (Ravaglia et al., 2010). As imagens utilizadas foram obtidas pelo sensor orbital Sentinel-2 da missão Copernicus da Agência Espacial Europeia (ESA).

Os satélites Sentinel são sensores multiespectrais que vão do visível até o infravermelho próximo de ondas curtas. Para o trabalho foram utilizadas as bandas 2, 3, 4 no espectro visível e de resolução espacial de 10 m, as bandas 5, 6, 7, 8, 8A, 11 e 12 no espectro do infravermelho próximo com resolução espacial de 20 m (SENTINEL, 2015). As imagens estão disponíveis para *download* gratuitamente no site da missão (COPERNICUS, 2021). A Tabela 1 apresenta a aquisição de imagens com suas respectivas datas.

No trabalho foram utilizadas 5 cenas da mesma área onde se localiza o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense de coordenada central (lat 17°40'11" S e long 57°26'56"W) em diferentes épocas no intuito de realizar uma avaliação temporal do parque.

O software utilizado na manipulação, análise e interpretação das imagens foi o Qgis, bem como o *plugin* SCP (Congedo, 2016). As imagens passaram por um pré-processamento para que fosse feita uma

calibração radiométrica das imagens convertendo número digital (ND) em reflectância, bem como aplicadas correções que eliminassem as interferências atmosféricas e topográficas, trazendo aos alvos características biofísicas, para então a realização da classificação supervisionada (Oliveira, Abrantes e Pithan, 2018).

Tabela 1 – Aquisição das imagens.

Imagem	Data de aquisição
I1	22/05/2018
I2	21/09/2018
I3	01/06/2019
I4	24/10/2019
I5	22/11/2020

Fonte: Autores (2021).

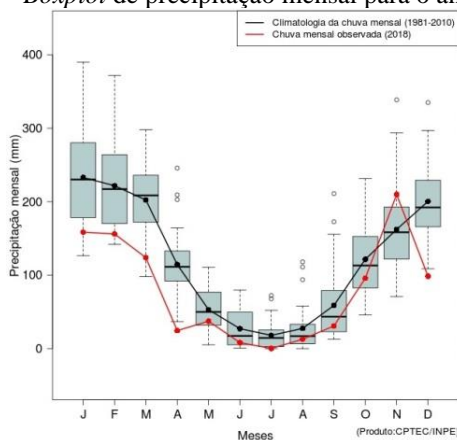
O Parque foi segmentado em 7 classes: Água, Vegetação Aquática, Florestas, Savana, Solo Exposto, Área Alagada e Gramínea, sendo estas as principais macrovegetações existentes no Pantanal (Neves et al., 2006; Vieira et al., 2006). Estas classes foram determinadas por classificação supervisionada no intuito de quantificar a vegetação possibilitando investigar alterações de paisagens relevantes ao estudo do bioma, sendo as classes representadas nos mapas temáticos padronizados conforme IBGE (2013).

2.3 Séries Climatológicas

Os períodos anuais para tomada das imagens de satélite foram determinados segundo o comportamento pluviométrico de cada ano, conforme dados meteorológicos publicados pelo INPE (2021). As imagens foram preferencialmente tomadas ao final do respectivo período cheia/seca, quando são mais visíveis características típicas de cada estação. Considerou-se ainda as limitações impostas pelo sistema de imageamento como tempo de revisita dos satélites e condições meteorológicas como o predomínio de nuvens.

Conforme nota-se no *boxplot* na Figura 2 acima no ano de 2018 as chuvas diminuíram no mês de abril sendo a imagem do satélite Sentinel para o período de cheia tomada na data de 22/05, enquanto a imagem para visualizar o período de seca na data de 21/09, dado que no ano as chuvas começaram a ter mais vigor no mês de outubro.

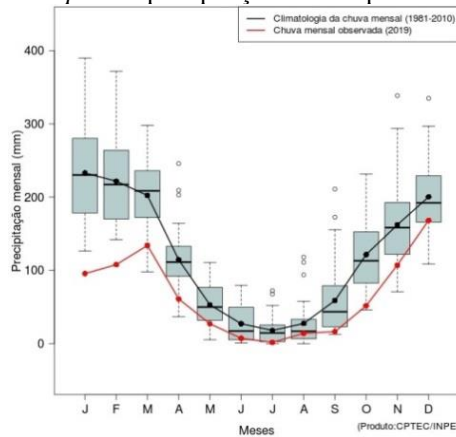
Figura 2 – *Boxplot* de precipitação mensal para o ano de 2018.



Fonte: CPTEC/INPE (2021)

Evidencia-se no *boxplot* da Figura 3 que o período de estiagem no ano de 2019 perdurou de maio até outubro, visto que no mês de setembro as chuvas se mantiveram estáveis em relação ao mês de julho. Sendo, portanto, as imagens para o período de chuva e seca tomadas nas datas 01/06 e 24/10, respectivamente.

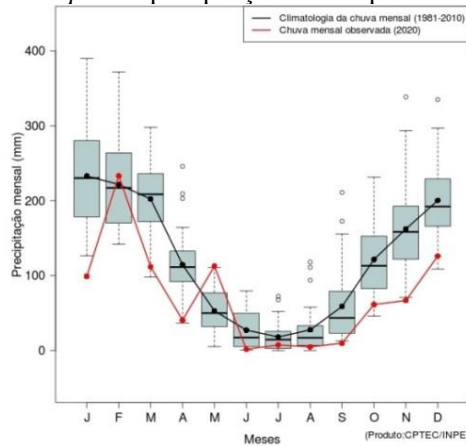
Figura 3 – *Boxplot* de precipitação mensal para o ano de 2019.



Fonte: CPTEC/INPE (2021)

Em 2020 conforme observa-se no *boxplot* da Figura 4 houve uma alternância de chuvas no início do ano e uma estiagem mais acentuada e prolongada, sendo tomada apenas um conjunto de imagens para o ano na data de 22/11.

Figura 4 – *Boxplot* de precipitação mensal para o ano de 2020.



Fonte: CPTEC/INPE (2021)

3. Resultados

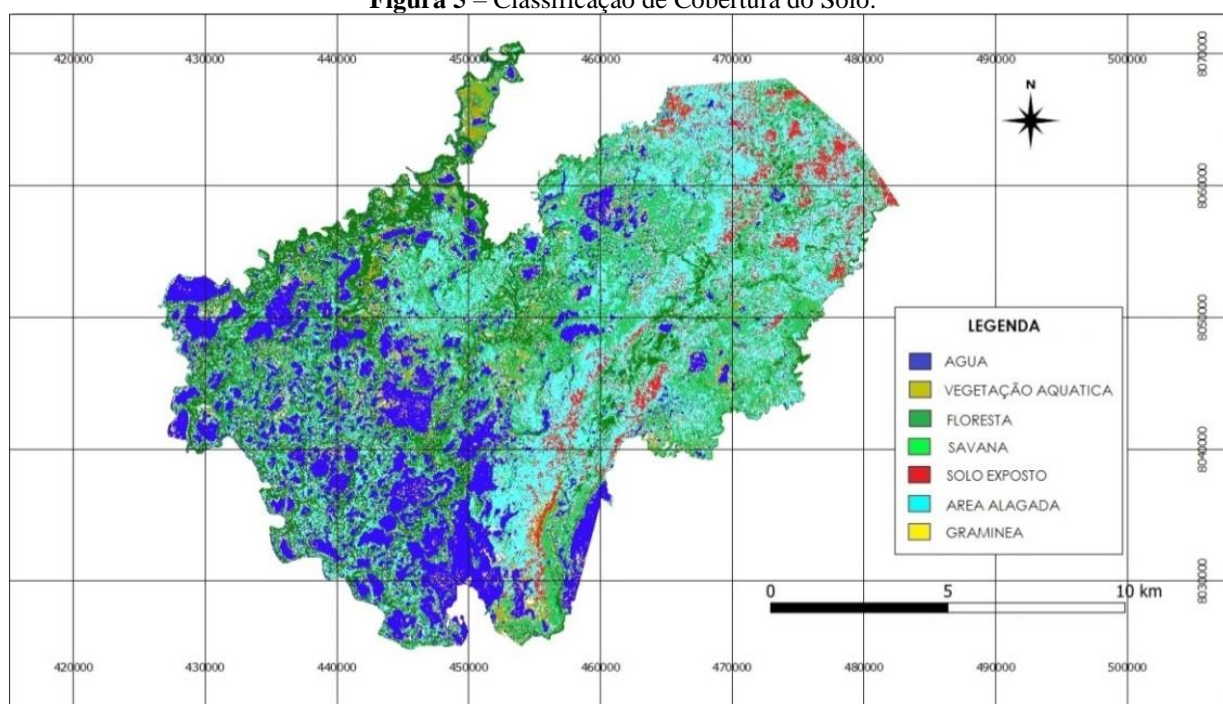
3.1 Ciclo 2018

3.1.1 Estação de chuva

Na data de 22/05 do ano de 2018 compreendido já no final do ciclo de chuvas para o ano foram tomadas as imagens multiespectrais, no intuito de observar a ação da umidade e inundações na paisagem do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.

Na Figura 5 observa-se a distribuição espacial da cobertura do solo representado pelas 7 classes as quais foram segmentadas o parque, predominando ao sul e sudoeste lagos e rios e lagoas, enquanto ao leste áreas de solo exposto, savanas e áreas alagadas.

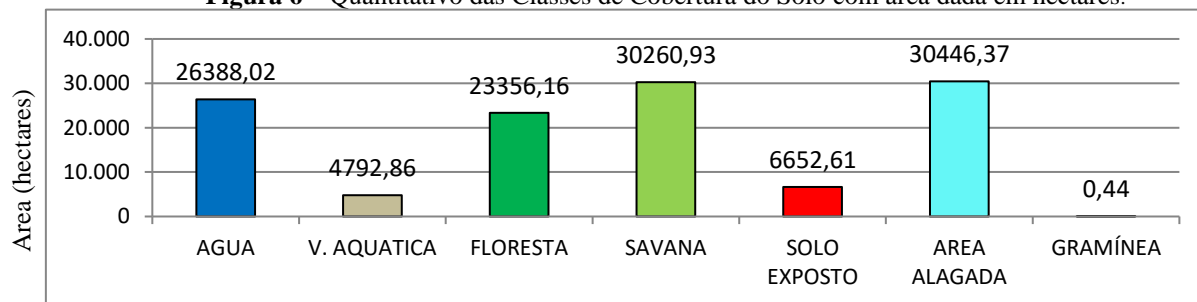
Figura 5 – Classificação de Cobertura do Solo.



Fonte: Autores (2021).

Observa-se na Figura 6 que a área alagada ultrapassa a área da classe de água, que compreende rios e lagos. Somadas estas classes chegam a um total de 56.784,39 hectares, referendando a característica do bioma como a maior planície alagada do planeta.

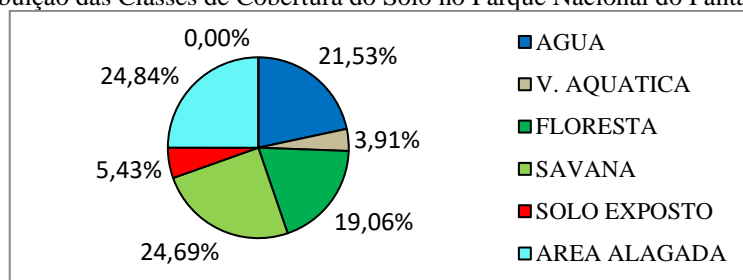
Figura 6 – Quantitativo das Classes de Cobertura do Solo com área dada em hectares.



Fonte: Autores (2021).

Verificando a distribuição das classes no Parque mostradas na Figura 7 nota-se um predomínio de área com água e uma quantidade mínima de pastagem representada pela classe gramínea.

Figura 7 – Distribuição das Classes de Cobertura do Solo no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.



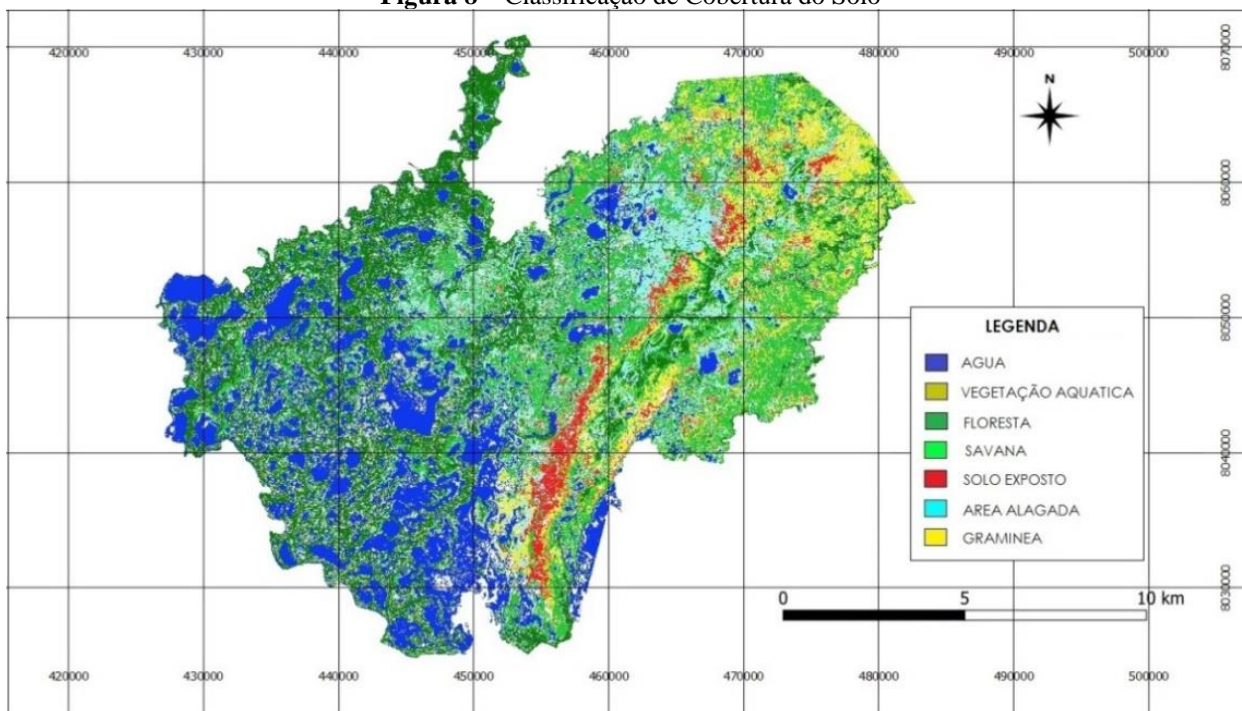
Fonte: Autores (2021).

3.1.2 Estação de seca

Ainda no ano de 2018, no período final do ciclo de secas para observar a ação da estiagem na paisagem do Parque, tomou-se na data de 21/09/2018 as imagens multiespectrais.

Na Figura 8 é possível observar a distribuição espacial das classes as quais foram segmentadas o parque, sendo a parte leste a que sofreu as maiores transformações visto que as áreas alagadas se converteram em pastagens, bem como alguns trechos de solo exposto. Nota-se ainda um alargamento da faixa sul de solo exposto quando comparado a mesma região na época de cheias.

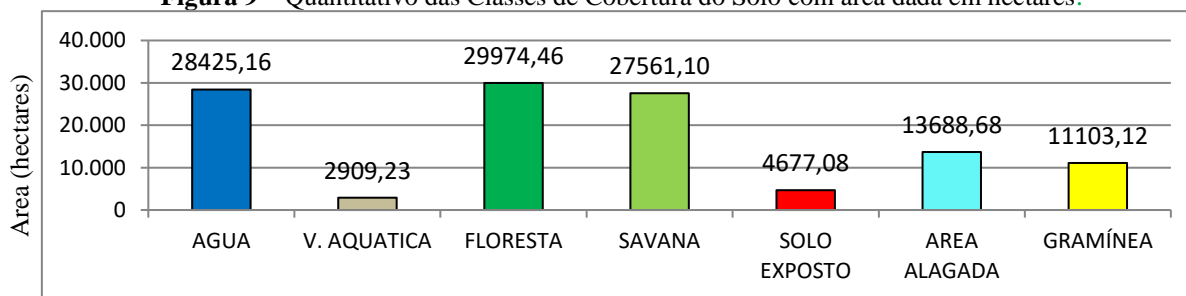
Figura 8 – Classificação de Cobertura do Solo



Fonte: Autores (2021).

Nota-se na Figura 9 uma expressiva diminuição na área alagada na mesma proporção em que se aumenta a área de pastagens, uma pequena queda na área de savanas devido ao fato destas perderem folhas durante a estiagem, bem como uma queda na área de vegetação aquática quando comparadas ao período de cheias do mesmo ano.

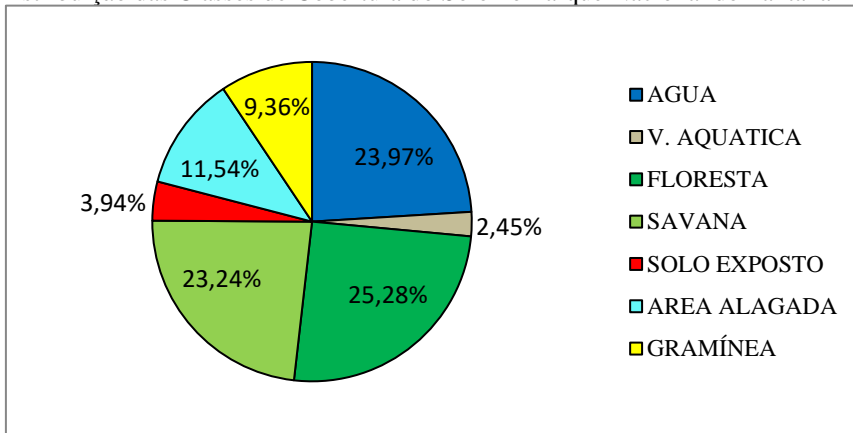
Figura 9 – Quantitativo das Classes de Cobertura do Solo com área dada em hectares.



Fonte: Autores (2021).

Verifica-se no gráfico representado na Figura 10 que áreas de gramíneas estão em 9,36% da área do Parque, que cresce com a baixa das águas e a deposição de sedimentos das inundações, proporcionando pastagens aos animais herbívoros, base alimentar para carnívoros e mostrando porque o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense possui a maior concentração de onças pintadas do mundo, exemplificando como esta ciclagem é importante para a saúde do bioma.

Figura 10 – Distribuição das Classes de Cobertura do Solo no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.



Fonte: Autores (2021).

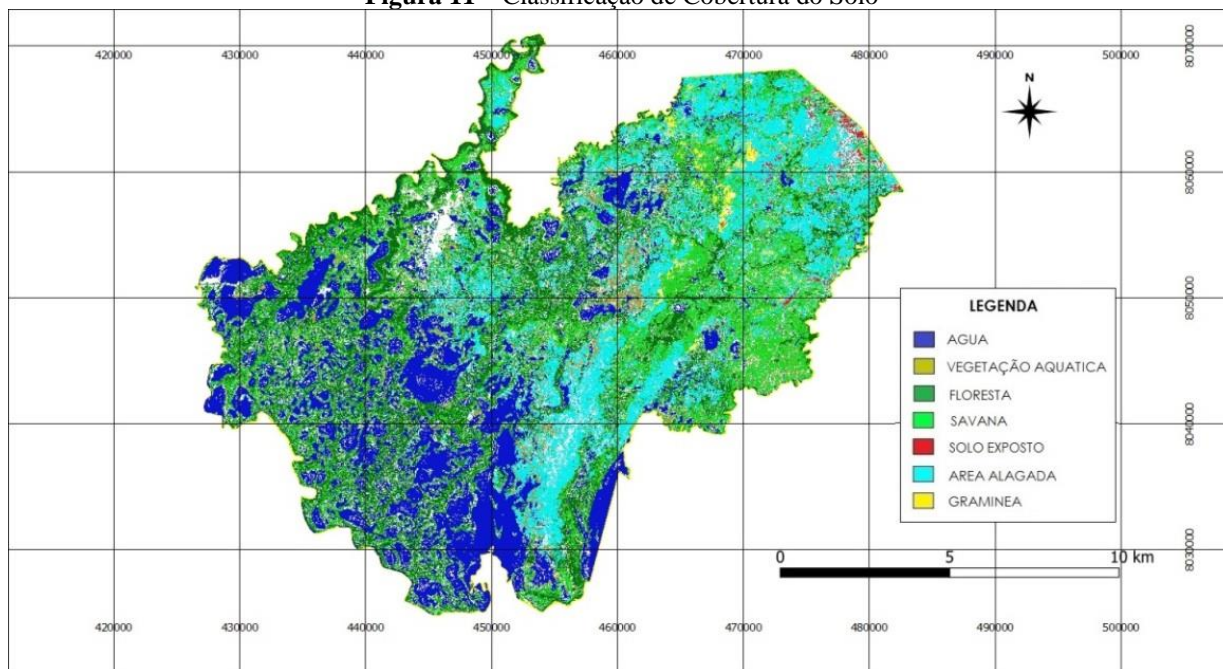
3.2 Ciclo 2019

3.2.1.1 Estação de chuva

Ao final do ciclo de chuvas na data de 01/06 do ano de 2019 foram tomadas imagens multiespectrais, para a observação dos efeitos do ciclo chuvoso na paisagem do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.

Na Figura 11 estão descritas a distribuição das classes de cobertura do solo que compõem o parque e denotam poucas porções de solo exposto e áreas de pastagens.

Figura 11 – Classificação de Cobertura do Solo

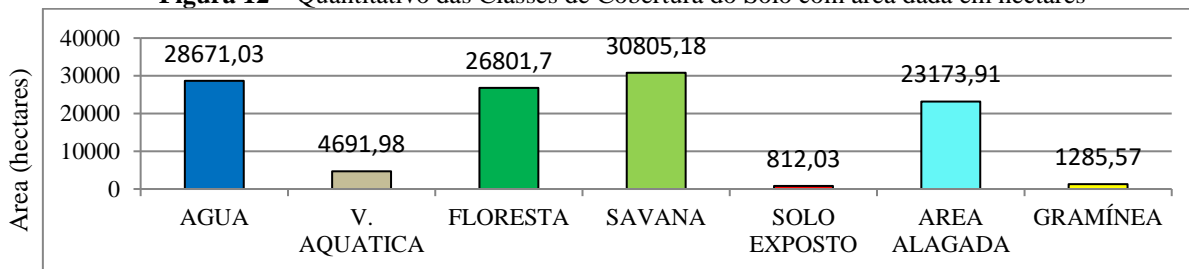


Fonte: Autores (2021).

Na Figura 12 pode-se notar uma grande porção de área alagada e uma baixa quantidade de áreas de pastagens e solo exposto e quando comparado a mesma estação do ano anterior nota-se, uma quantidade equivalente de vegetação aquática.

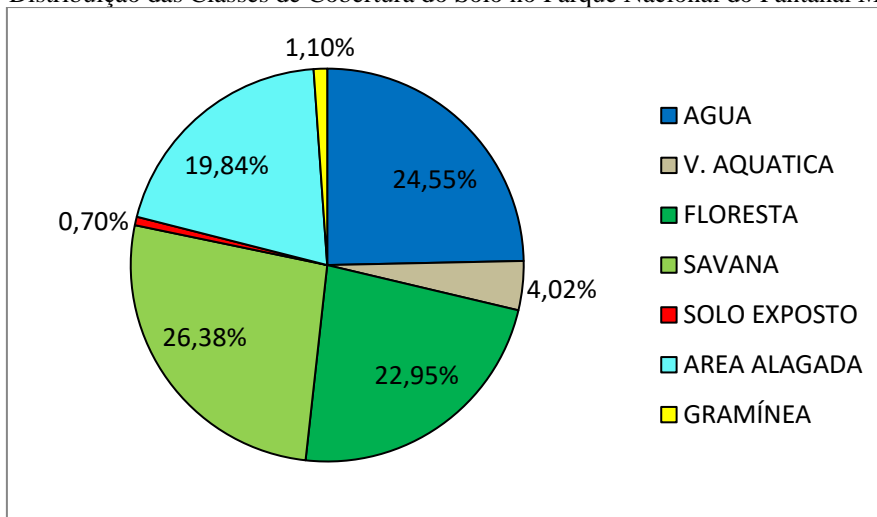
No gráfico representado na Figura 13 as áreas de gramíneas e solo exposto compõem apenas 1,1% e 0,7% da paisagem respectivamente, ao passo que 19,84% das áreas estão alagadas, tornando o valor de corpos d'água em 44,39% do Parque na estação.

Figura 12 – Quantitativo das Classes de Cobertura do Solo com área dada em hectares



Fonte: Autores (2021).

Figura 13 – Distribuição das Classes de Cobertura do Solo no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.



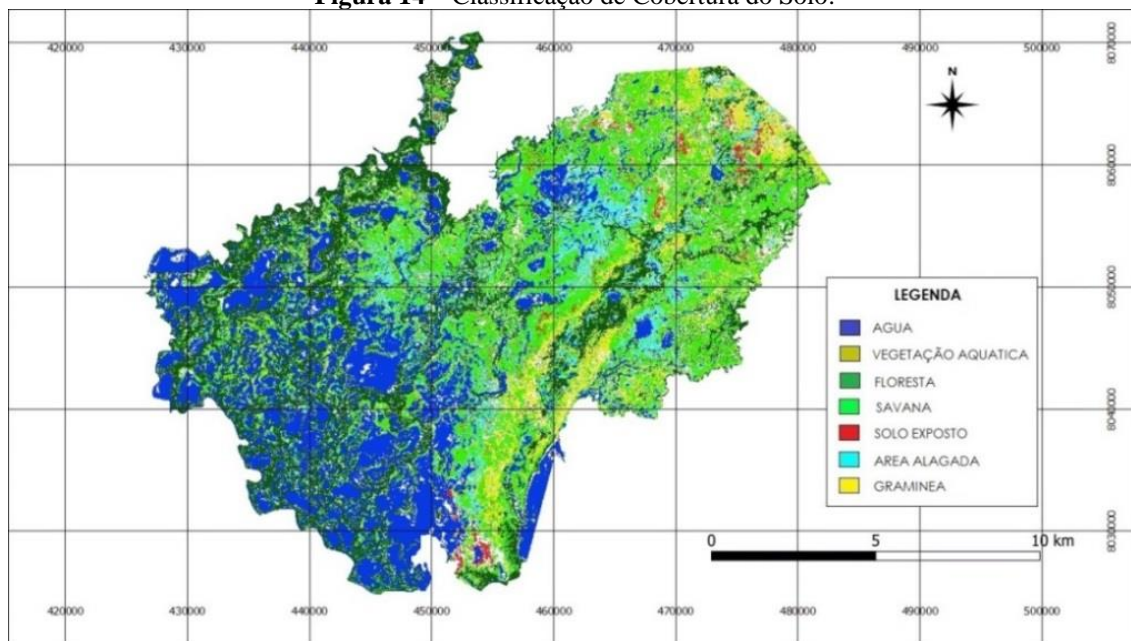
Fonte: Autores (2021).

3.2.2 Estação de seca

Na data de 24/10 de 2019, relativo ao fim do ciclo de seca para o ano, foram tomadas as imagens multiespectrais.

Na Figura 14 observa-se como estão distribuídas as classes de cobertura do solo que compõem o parque. Onde nota-se algumas porções de solo exposto ao sul e a nordeste, bem como algumas áreas ainda alagadas no centro leste do Parque.

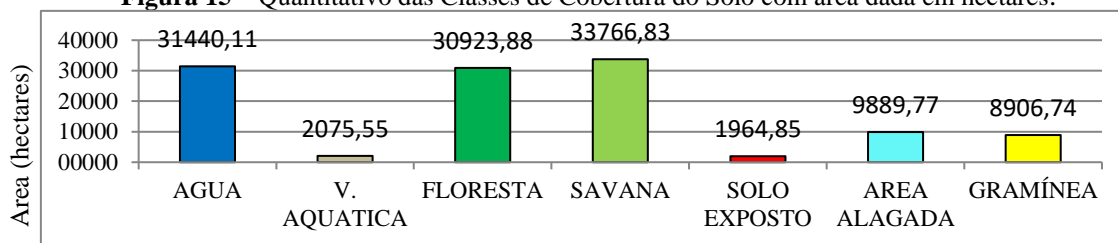
Figura 14 – Classificação de Cobertura do Solo.



Fonte: Autores (2021).

Observa-se na Figura 15 a presença de muitos corpos d’água, o predomínio de savanas e florestas e o surgimento de porções de gramíneas.

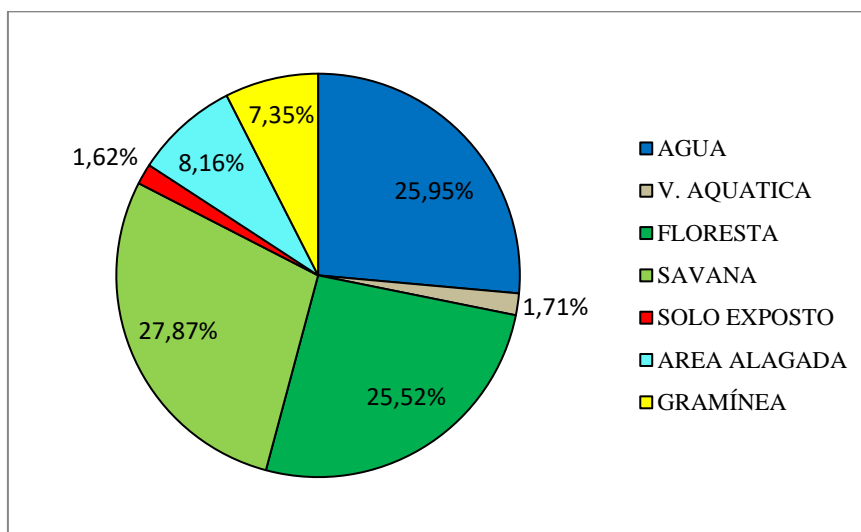
Figura 15 – Quantitativo das Classes de Cobertura do Solo com área dada em hectares.



Fonte: Autores (2021).

Os dados da Figura 16 quando comparados ao mesmo período do ano anterior demonstram uma queda nas áreas de solo exposto e área alagada de 2,32% e 3,38%, respectivamente. Enquanto as áreas de rios e lagos apresentaram aumento de 1,98%, áreas de savana se expandiram em 4,63% e as áreas de vegetação aquática e florestas se mantiveram estáveis com variações abaixo de 1%.

Figura 16 – Distribuição das Classes de Cobertura do Solo no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.



Fonte: Autores (2021).

3.3 Ciclo 2020

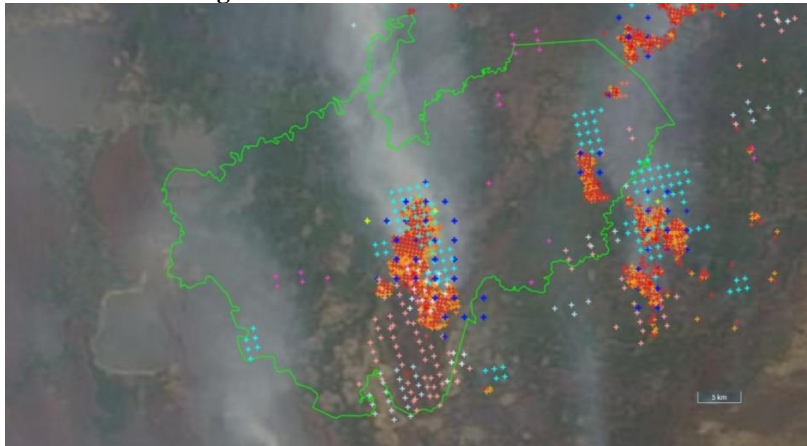
No ano de 2020 o ciclo hidrológico anual do Parque foi interrompido por uma estiagem prolongada e este foi acometido por um desastre ambiental, incêndios atingiram o parque em sua totalidade, conforme demonstram as imagens do sensor Modis, utilizadas e disponibilizadas pelo INPE em seu banco de dados de monitoriamento de queimadas, conforme mostrados na sequência de Figuras 17-22.

Figura 17 – Focos de incêndio – 01/out.



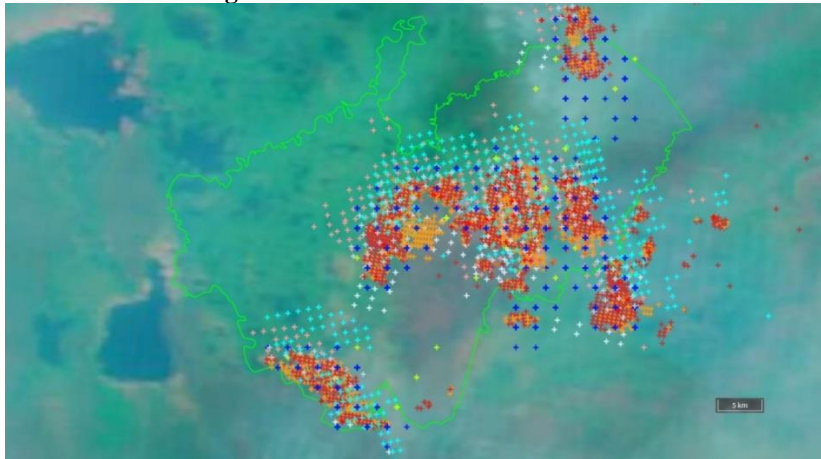
Fonte: BDQueimadas (2021).

Figura 18 – Focos de incêndio – 05/out.



Fonte: BDQueimadas (2021).

Figura 19 – Focos de incêndio – 10/out.



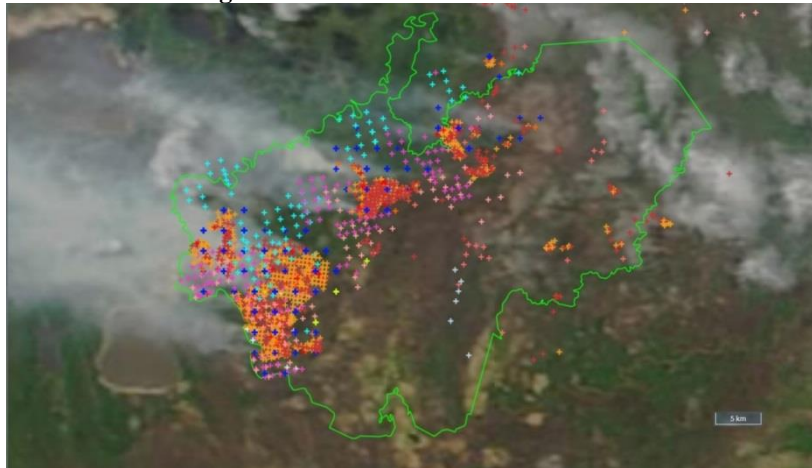
Fonte: BDQueimadas (2021).

Figura 20 – Focos de incêndio – 20/out.



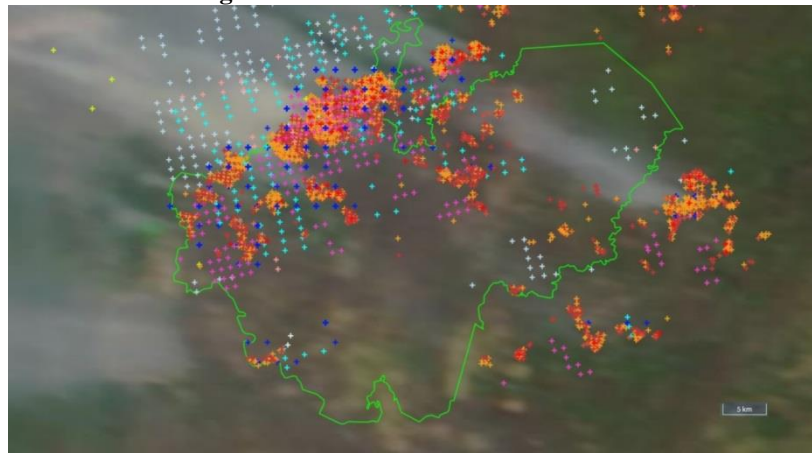
Fonte: BDQueimadas (2021).

Figura 21 – Focos de incêndio – 01/nov.



Fonte: BDQueimadas (2021).

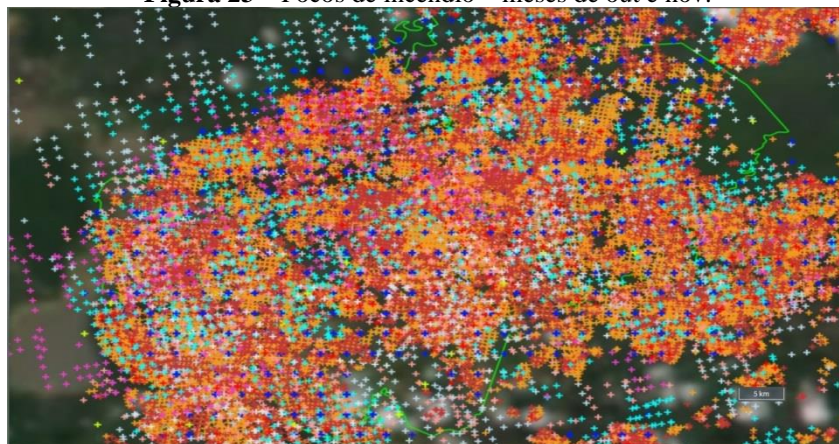
Figura 22 – Focos de incêndio – 05/nov.



Fonte: BDQueimadas (2021).

Conforme pode ser observado na sequência cronológica das Figuras 17-22, no início de outubro em período de extrema estiagem os incêndios invadem o Parque Nacional por duas frentes; sul e leste, e se disseminam rapidamente rumo ao centro consumindo a vegetação castigada pela estiagem, até que chuvas se precipitam na terceira semana de outubro e aliviam o flagelo da fauna e flora, no entanto no início de novembro novos focos de incêndios se espalham e voltam a consumir a vegetação do parque, que é praticamente todo destruído. A Figura 23 representa a junção de todos os focos de incêndio detectados pelo INPE durante o período acima mencionado compreendido entre o início de outubro e final de novembro.

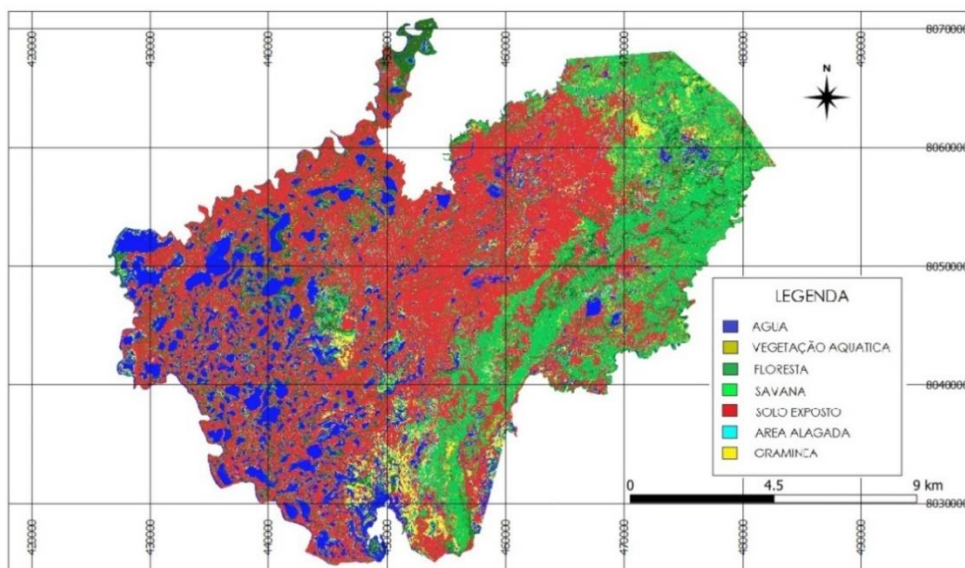
Figura 23 – Focos de incêndio – meses de out e nov.



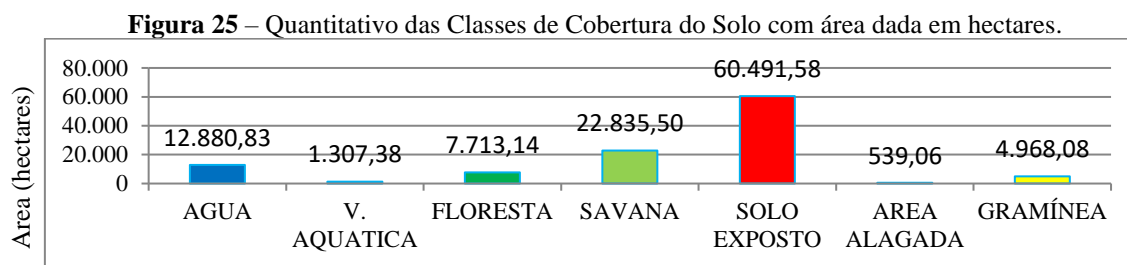
Fonte: BDQueimadas (2021).

Na data de 22/11 do ano de 2020, foi tomada a imagem multiespectral de alta resolução pelo satélite Sentinel 2-B, na qual foi observado o impacto da destruição causada ao parque e descrito pela Figura 24 referente a distribuição espacial das classes de ocupação do solo após os incêndios consumirem a vegetação nativa.

Figura 24 – Classificação de Cobertura do Solo.



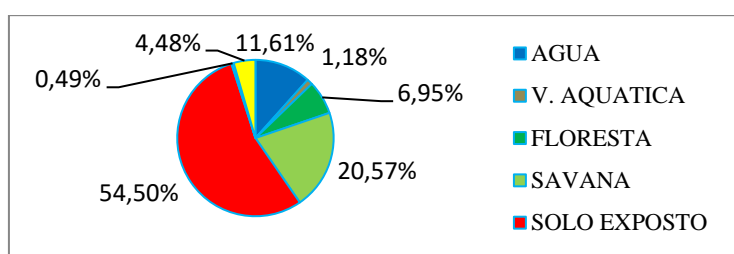
O gráfico da Figura 25 descreve o quão foi severa a estiagem dado que a área de água é menos da metade do que ocorrerá em anos anteriores para a mesma época, bem como a destruição da vegetação pelas chamas e exposto o solo, visto o aumento expressivo da área de solo exposto, a destruição das florestas e a perseverança das savanas.



Fonte: Autores (2021).

Na Figura 26 demonstra-se no gráfico que áreas de solo exposto compõem 54,50% da área do Parque, sendo que para o mesmo período em anos anteriores esta porcentagem variou entre 1,62 e 3,94%, evidenciando a catástrofe ambiental.

Figura 26 – Distribuição das Classes de Cobertura do Solo no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.



Fonte: Autores (2021).

4. Discussão

As unidades de conservação dos biomas amazônia e cerrado possuem maior quantidade de focos de incêndios detectados, segundo análises estatísticas determinadas por Jesus et al., (2020). Fato que pode ser constatado na Figura 23 a qual descreve os incêndios na Unidade de conservação no lapso temporal outubro e novembro de 2020.

Tendo em vista que o Pantanal sofre influência direta destes dois biomas e também da mata atlântica segundo o Ministério do Meio Ambiente (2020), torna-se essencial uma análise no intuito em se determinar parâmetros médios (Tabela 2) para as diferentes estações dos anos 2018/2019 na qual espera que a distribuição da paisagem retorne após a metamorfose imposta todos os anos pelas estações.

Tabela 2 – Parâmetros médios 2018/2019.

Classe	Chuva Quantitativos (ha)	Seca Quantitativos (ha)
Água	27529,53	29932,64
Vegetação Aquática	4742,42	2492,39
Floresta	25078,93	30449,17
Savana	30533,06	30663,97
Solo Exposto	3732,17	3320,965
Área Alagada	26810,14	11789,23
Gramíneas	643,005	10004,93

Fonte: Autores (2021).

Espera-se que ao completar seu ciclo hidrológico de forma saudável e sem intercorrências o Parque reestabeleça sua paisagem em valores constantes ao final de cada estação, já que por definição um ecossistema deve possuir uma relação estável entre o espaço físico e o fluxo de energia, possuindo autorregulação e autossuficiência (Ramos & Azevedo, 2010).

A Tabela 2 descreve os parâmetros médios esperados para a paisagem do parque em situação de normalidade, dado que o Parque completou seu ciclo hidrológico anual sem intercorrências, apesar de chuvas abaixo da média histórica, e reestabeleceu sua paisagem nos anos de 2018 e 2019. Em consonância com o estabelecido por Ramos & Azevedo (2010).

Logo, se ao final de cada estação seca/chuva a paisagem do Parque for quantificada espera-se que os valores encontrados sejam próximos aos demonstrados na Tabela 2 para considerar o parque saudável e menos vulnerável. De forma que todos os sistemas têm a capacidade de reagir a um estímulo, buscando reduzir consequências negativas provocadas pelo estímulo, como destacado por Krug (2008). Já à medida que sejam identificados quantitativos afastados dos valores parametrizados (Tabela 2), verifica-se uma preocupação quanto à saúde, equilíbrio e vulnerabilidade do Parque.

Exemplificando; caso seja identificado ao final da estação de chuvas volumes de água abaixo dos parametrizados, denota-se uma baixa recuperação dos níveis de água, logo estima-se uma vulnerabilidade do Parque, conforme Krug (2008) e Costa (2012).

Logo, se faz necessário redobrar a atenção ou mesmo soluções paliativas e técnicas de prevenção e controle de incêndios descritas por Nepstad et al (1999) para a proteção do Parque quanto ao risco de incêndios como os que foram identificados e tratados no presente trabalho para o ano de 2020.

Ao mesmo tempo, não identificando intercorrências entre os ciclos, e o Parque retornando aos seus valores médios de paisagem, considera-se este saudável e os valores encontrados podem ser incorporados aos parâmetros e refinando-os de forma a trazer a cada nova observação inserida mais precisão aos parâmetros esperados, estabelecendo com o tempo uma média histórica.

Infelizmente no ano de 2020, o que fora identificado já seria uma paisagem de devastação devido às chuvas abaixo da média para a região e intensos incêndios que castigaram o Parque.

Para abordar a situação de devastação encontrada, recorre-se ao Relatório Técnico sobre a Análise de Risco Ecológico da Bacia do rio Paraguai que traz luz sobre o índice de risco ecológico e avalia as ameaças com base em seu potencial de causar danos à integridade dos ecossistemas hídricos considerando a frequência e severidade dos fatores estressores em face à sensibilidade do bioma (WWF, 2017).

Os dados representados na Tabela 3 constataam os severos danos sofridos pelo Parque Nacional do Pantanal Matogrossense pelas diferentes vegetações presentes na Unidade de Conservação, representadas pelas classes estabelecidas no presente trabalho, que por não possuírem mesma sensibilidade, reagiram de maneiras diferentes, conforme já pode ser notado na Figura 24 onde nas áreas de cerrado já se observa uma recuperação. Demonstrando assim a importância dos dados levantados, quanto a cena de severa devastação, para análise da capacidade e velocidade de regeneração do Parque em cada uma das diferentes vegetações ao efetuar análises temporais advindas de trabalhos posteriores com os quantitativos determinados no presente trabalho.

Tabela 3 – Quantitativos de 2020. *Fumaça dos incêndios impediram a captação das imagens multiespectrais pelo satélite Sentinel 2.

Classe	Chuva Quantitativos (ha)	Seca Quantitativos (ha)
Água	*	12880,83
Vegetação Aquática	*	1307,38

Floresta	*	7713,14
Savana	*	22835,50
Solo Exposto	*	60491,58
Área Alagada	*	539,06
Gramíneas	*	4968,08

Fonte: Autores (2021).

5. Conclusão

Os resultados demonstram ciclos hidrológicos bem definidos nos anos de 2018 e 2019, apesar de chuvas abaixo da média histórica, os ciclos completaram-se permitindo ao Parque Nacional do Pantanal Matogrossense renovar sua fauna e flora, mantendo a saúde do bioma.

Já no ano de 2020 o parque passou por um período de estiagem e incêndios florestais que consumiram todo o parque, o desastre ambiental quebra o ciclo, fato extremamente preocupante já que o Bioma Pantanal depende do constante movimento das águas que sobem em novembro e baixam em maio para manter seu equilíbrio ecológico. Este desequilíbrio foi potencializado pelo fogo que consumiu o parque. Ainda assim este frágil ecossistema nos mostra resiliência, já que, conforme observado na Figura 24 – Classificação de Cobertura do Solo, o leste do Parque consumido por incêndios no início do desastre já demonstra recuperação de sua flora ao final de novembro o que traz esperanças de que o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense possa se regenerar e se reestabelecer como um bioma saudável.

6. Referências

Ahlert, S.; Simões, J. C. **O sensoriamento remoto como recurso no estudo da Antártica**. 4ª Jornada de Educação em Sensoriamento Remoto no Âmbito do Mercosul – 11 a 13 de agosto de 2004 – São Leopoldo, RS, Brasil.

BDQueimadas. (2021). **Programa Queimadas**. Brasil. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 28 fev. 2021.

Congedo, L. (2016). **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.294>.

Copernicus (2021). **Copernicus open Access Hub**. Paris. Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu/>. Acesso em: 28 fev. 2021.

Costa, C. D. F. (2012). **Vulnerabilidade ao fogo de florestas intactas e degradadas na região de Santarém - Pará**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém.

Da Silva, G. F.; Alves, M. V.; Cruz, M.; Bernardete, C.. **Análise espaço-temporal do desastre ambiental em Mariana-MG a partir das geotecnologias**. [S.l.], n. 13, p. 49-67, fev. 2019. ISSN 2317-8825. Disponível em: <http://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/198>. Acesso em: 26 jul. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2013). Manuais técnicos em geociências. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO. (2020). **Parque Nacional do Pantanal Matogrossense**. Brasil. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/visitacao1/unidades-abertas-a-visitacao/195-parque-nacional-do-pantanal-matogrossense>. Acesso em: 28 fev. 2021.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. (2021). **Evolução Mensal e Sazonal das Chuvas**. São José dos Campos. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/evolucao/pt>. Acesso em: 28 fev. 2021.

Jesus, J. B.; Rosa, C. N.; Barreto, I. D. C.; Fernandes, M. M. (2020). **Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil**. Ci. Fl., Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 176-191.

Krug, T. (2008). **Impacto, vulnerabilidade e adaptação das florestas à mudança do clima**. Parcerias Estratégicas Brasília. n.27, p.43-72.

Lorena, R. B.; Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Sant’Anna, H. M.; Sant’Anna, H. S. S.; Menezes, R. S. (2001). **Dados multitemporais de sensoriamento remoto para a análise da dinâmica do uso e da cobertura da terra na região do Peixoto (ac)** Anais X SBSR, Foz de Iguaçu, 21-26 abril, 2001, INPE, p1653-1656, Sessão Poster.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2020). **Pantanal**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/pantanal.html>. Acesso em: 01 set. 2021.

Nepstad, D. C., A. Moreira & A. A. Alencar. 1999. **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil.

Neves, S. M. A. S.; Cruz, C. B. M.; Neves, R. J.; Silva, A.; Cochev, J. S. (2006). **Mapeamento e quantificação do uso da terra e cobertura Vegetal do pantanal de Cáceres-MT, Brasil: através de Imagens de sensoriamento remoto e pesquisa de campo**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>. Acesso em 20 jan. 2021

Oliveira, R. F.; Abrantes, T. C.; Pithan, P. A. (2018). **Influência da correção atmosférica 6s na derivação de índices físicos em imagens Rapideye-REIS**. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Jardim, Mato Grosso do Sul. p. 779-788.

Ramos, M. G. O; Azevedo, M. R. Q. A. (2010). **Ecosistemas Brasileiros**. Campina Grande. Natal: EdUEPB. 248 p.

Ravaglia, A. G.; Santos, S. A.; Pellegrin, L. A.; Rodela, L. G.; Barbosa, A. de J. (2010). **Classificação preliminar das paisagens da sub-região do Abobral, Pantanal, usando imagens de satélite**. Corumbá: Embrapa Pantanal. 4 p.

Sentinel (2015). **Sentinel-2**. Paris. Disponível em: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>. Acesso em: 28 fev. 2021.

Vieira, R. M. S. P.; Alvalá, R. C. S.; Ferraz Neto, S.; Mello, E. M. K. (2006). **Metodologia para mapeamento da vegetação e uso da terra da região do Mato Grosso do Sul para utilização em modelagem meteorológica**. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campo Grande. Brasil. p. 405-414.

World Wide Fund for Nature – WWF. (2017). **WWF-Brasil**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/>. Acessado em 14 abr. 2021.