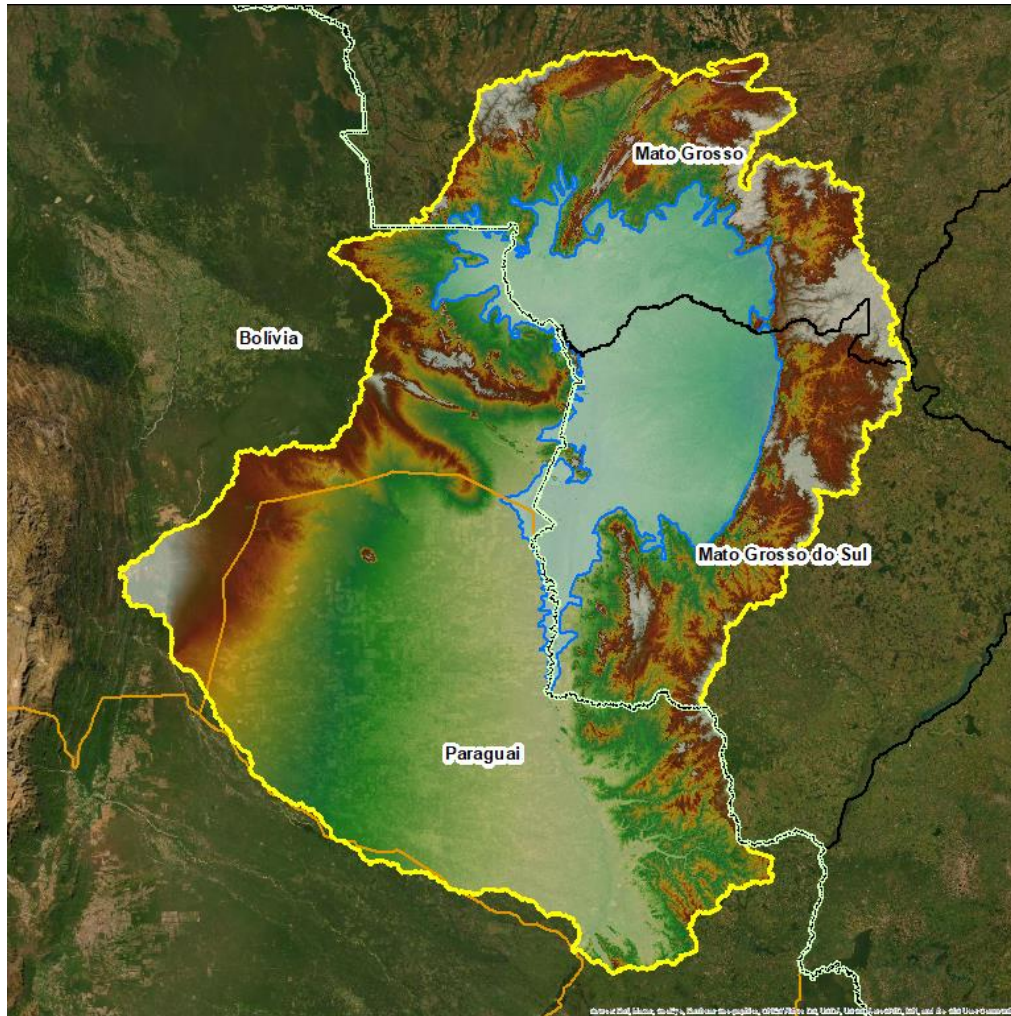


NOTA TÉCNICA

**DINÂMICA DE QUEIMADAS E INCÊNDIOS NA BACIA DO RIO PARAGUAI E
NO PANTANAL (2018 E 2020)**



Campinas (SP)

Janeiro - 2021



Territorial

NOTA TÉCNICA

DINÂMICA DE QUEIMADAS E INCÊNDIOS NA BACIA DO RIO PARAGUAI E NO PANTANAL (2018 E 2020)

Evaristo Eduardo de Miranda¹

Paulo Roberto Rodrigues Martinho²

Carlos Alberto de Carvalho³

1 - INTRODUÇÃO

Em função do aumento na ocorrência de queimadas e incêndios no Pantanal em 2020, a [Embrapa Territorial](#) recebeu diversas solicitações de dados numéricos e cartográficos sobre a dinâmica temporal e territorial desse fenômeno.

Várias demandas de instituições públicas e privadas foram atendidas ao longo de 2020, com base em dados de satélite, para recortes territoriais e temporais parciais associados ao [Pantanal](#) e à [bacia do rio Paraguai](#). Com o encerramento do ano de 2020, foi possível tratar por geoprocessamento a variabilidade temporal e territorial do fenômeno, ocorrido entre 01 de janeiro e 31 de dezembro, e compara-lo aos anos anteriores (2019 e 2018).

Esta Nota Técnica apresenta os principais resultados numéricos e cartográficos sobre a ocorrência e a dinâmica temporal e territorial das queimadas e incêndios em diversos recortes territoriais na bacia do rio Paraguai e no Pantanal entre 2018 e 2020, com dados obtidos por sensoriamento remoto e geoprocessamento, processados e analisados pela Embrapa Territorial.

¹ Doutor em ecologia, chefe geral da Embrapa Territorial

² Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical, analista de geoprocessamento da Embrapa Territorial.

³ Mestre em Ciência da Computação Analista de TI e geoprocessamento da Embrapa Territorial

2 - FONTES DE INFORMAÇÃO SOBRE OS RECORTES TERRITORIAIS UTILIZADOS

Os principais recortes territoriais analisados por geoprocessamento neste estudo foram: a bacia do Rio Paraguai, os limites internacionais do Pantanal e os limites do Pantanal no Paraguai, na Bolívia, e no Brasil. No caso do Brasil, os recortes do Pantanal do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul também foram analisados.

No estabelecimento e na qualificação cartográfica dos recortes territoriais, várias fontes foram consultadas. Os limites internacionais da bacia do Rio Paraguai foram definidos dentro do conceito de [bacia hidrográfica ottocodificada](#) (BHO) da [Agência Nacional de Águas](#) (ANA). Os limites nacionais e internacionais do [Pantanal](#) foram definidos a partir dos trabalhos sobre a dinâmica espaço-temporal das inundações na região realizados no âmbito do doutoramento de [Padovani \(2010\)](#) da [Embrapa Pantanal](#). Os dados altimétricos da bacia foram gerados a partir das informações do sistema [Shuttle Radar Topography Mission - SRTM](#) da NASA. Os recortes administrativos e geográficos geocodificados dos estados e países foram obtidos junto ao IBGE em [arquivo digital shapefile](#) com ajustes no [sistema de referência SIRGAS 2000](#) e com a projeção adotada pelo IBGE em todos os cálculos de áreas.

Todas as informações cartográficas foram incorporadas a um sistema de informações geográficas, instalado em equipamentos de informática com grande capacidade de armazenamento e de desempenho: Estações HP Intel *Core i7* de 3.4GHz com 16 Gigabytes de memória RAM, *hard drive* tipo SSD de 500 Gigabytes e *hard drive* de 2 Terabytes; Servidor *Blade SY480Gen10* com processadores Intel *Xeon Silver* de 10 núcleos, 192 Gigabytes de Memória RAM e 2 *hard drives* de 600 Gigabytes e um sistema de armazenamento de dados *Storage HP MSA-2050* com capacidade de 192 Terabytes. O principal programa utilizado no tratamento dos dados foi o [ArcGIS 10.7](#), em função de sua capacidade de lidar com grandes bases de dados espaciais e de seus módulos específicos de análise espacial.

A figura 1 ilustra, de forma resumida, parte da integração do conjunto desses dados territoriais e limites cartográficos no sistema de informações geocodificadas estruturado na Embrapa Territorial.

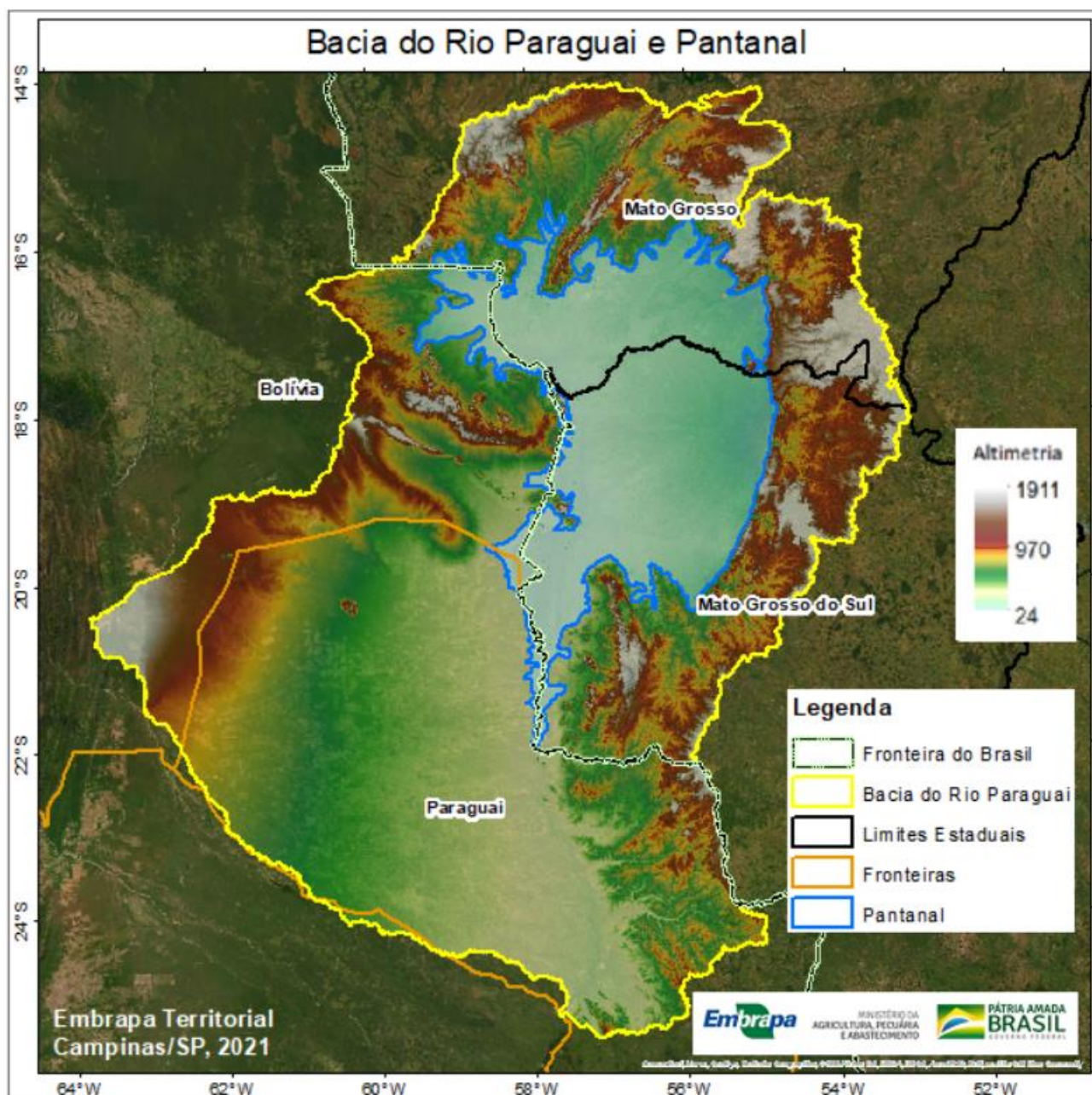


Figura 1. Limites geográficos e altimetria da bacia do Rio Paraguai e do Pantanal

3 – FONTES DE INFORMAÇÃO DOS DADOS QUEIMADAS E INCÊNDIOS UTILIZADOS

Os dados geocodificados da ocorrência anual de cada um dos pontos de calor (queimadas e incêndios) detectados na Bacia do Paraguai em 2018, 2019 e 2020 foram obtidos diretamente pela Embrapa Territorial, a partir do monitoramento

orbital realizado pelo [sistema internacional de referência](#) do satélite [MODIS-Aqua](#) da NASA, disponível ao acesso público no *website* [FIRMS](#). Parte desses dados, no tocante à porção brasileira da Bacia do Paraguai e do Pantanal, são tratados e publicados diariamente pelo [Sistema de Monitoramento Orbital de Queimadas](#) do [INPE](#).

Neste trabalho, a frequência absoluta de queimadas e incêndios em cada recorte geográfico corresponde aos pontos de calor detectados pelo sistema orbital MODIS-Aqua no período. A frequência relativa resulta da divisão do número de pontos de calor detectados um determinado recorte pelo total dos detectados no conjunto dos recortes estudados.

A frequência ponderada considerou a dimensão territorial de cada recorte geográfico para gerar uma informação analítica completar, ao equalizar de forma teórica o esforço amostral entre os recortes. A fórmula utilizada no cálculo das frequências relativas ponderadas dos pontos de calor pela área dos recortes territoriais foi:

Frequência relativa ponderada FRP_i: frequência relativa **i** dos pontos de calor (**P_i**) num recorte territorial **i**, dividida pela frequência relativa da superfície do recorte territorial **i** (**S_i**) e o resultado dividido pela somatória das frequências relativas dos pontos de calor em cada recorte territorial, variando de **P₁** a **P_n**, divididas respectivamente pelas frequências relativas das superfícies dos recortes territoriais, variando de **S₁** a **S_n**. Esse total é multiplicado por 100 para representar um valor em porcentagem.

$$FRP_i = \left(\frac{\frac{P_i}{S_i}}{\sum_{j=1}^n \frac{P_j}{S_j}} \right) * 100$$

4 – RESULTADOS

4.1 - Dimensões dos recortes territoriais utilizados

Na quantificação territorial, por geoprocessamento, a bacia do Rio Paraguai totalizou 78.931.623 ha. Desse total, 36.169.802 ha estão localizados no Brasil (45,8% da bacia), repartidos entre o Mato Grosso (22,0%) e o Mato Grosso do Sul (23,8%). O Paraguai ocupa 38,5% da bacia e a Bolívia 15,7% (Tab. 1).

O Pantanal, integralmente situado na bacia do Rio Paraguai, ocupa uma área de 15.050.153 ha ou 19,1% da bacia. Desse total, 13.665.879 ha (90,8%) estão situados no Brasil. Só o estado do Mato Grosso do Sul abrange 57,3% da área do Pantanal (Tab. 1).

Tabela 1. Repartição territorial da bacia do rio Paraguai e do Pantanal

	Área da bacia do rio Paraguai	%	Área do Pantanal	%
Brasil	36.169.802	45,8	13.665.879	90,8
Mato Grosso	17.403.219	22,0	5.049.306	33,5
Mato Grosso do Sul	18.766.583	23,8	8.616.573	57,3
Bolívia	12.411.715	15,7	1.124.663	7,5
Paraguai	30.350.106	38,5	259.611	1,7
Total	78.931.623	100,0	15.050.153	100,0

4.2 – Dinâmica dos pontos de calor na bacia do rio Paraguai entre 2018 e 2020

As figuras 2, 3 e 4 ilustram a repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados diariamente na bacia do rio Paraguai entre 01 de janeiro e 31 de dezembro de 2018, de 2019 e de 2020, respectivamente. Os três anos apresentaram padrões de repartição territorial do total das queimadas e incêndios observados muito diferenciados a cada ano entre os países da bacia.

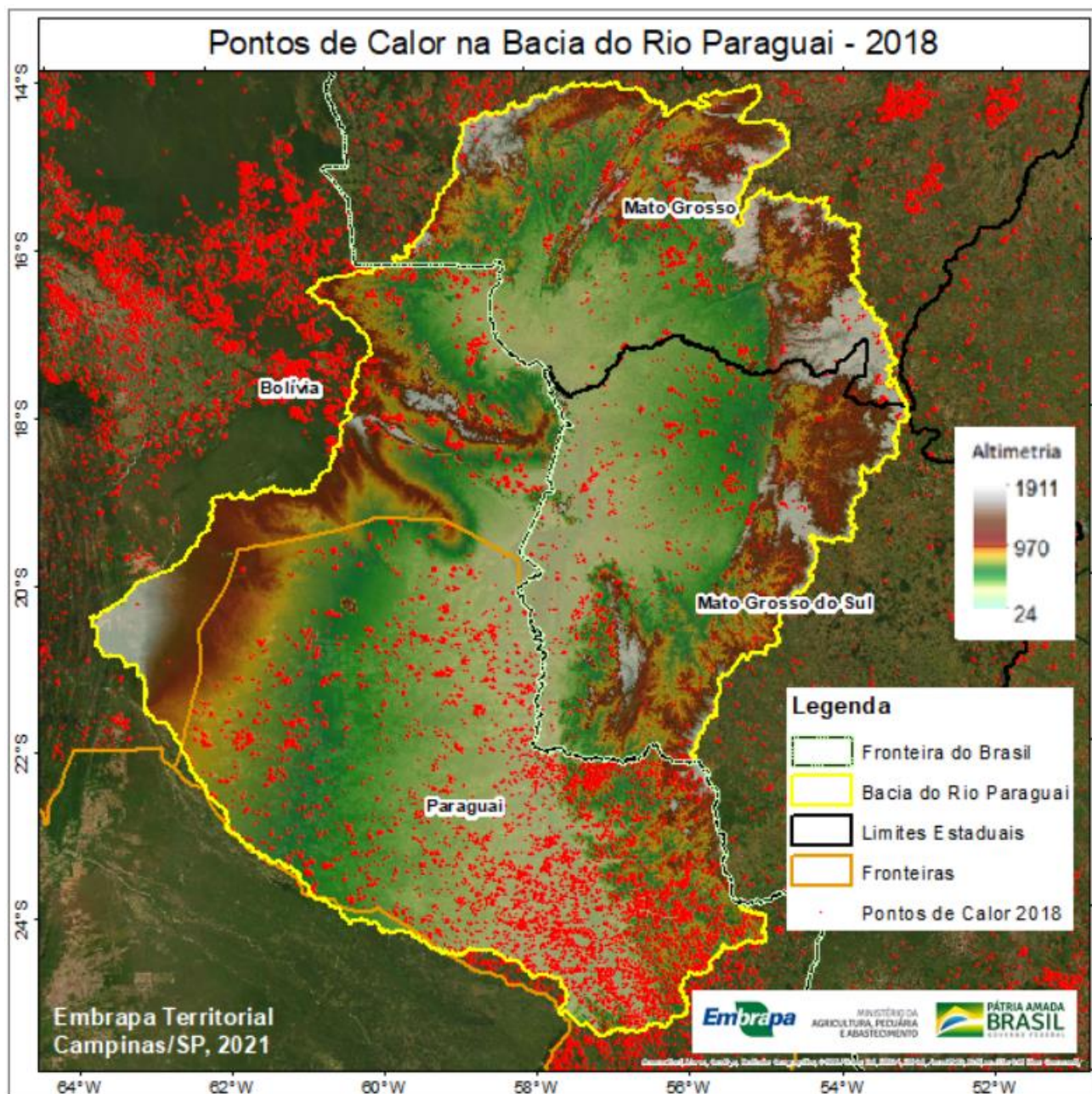


Figura 2. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados na bacia do rio Paraguai ao longo de 2018 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA

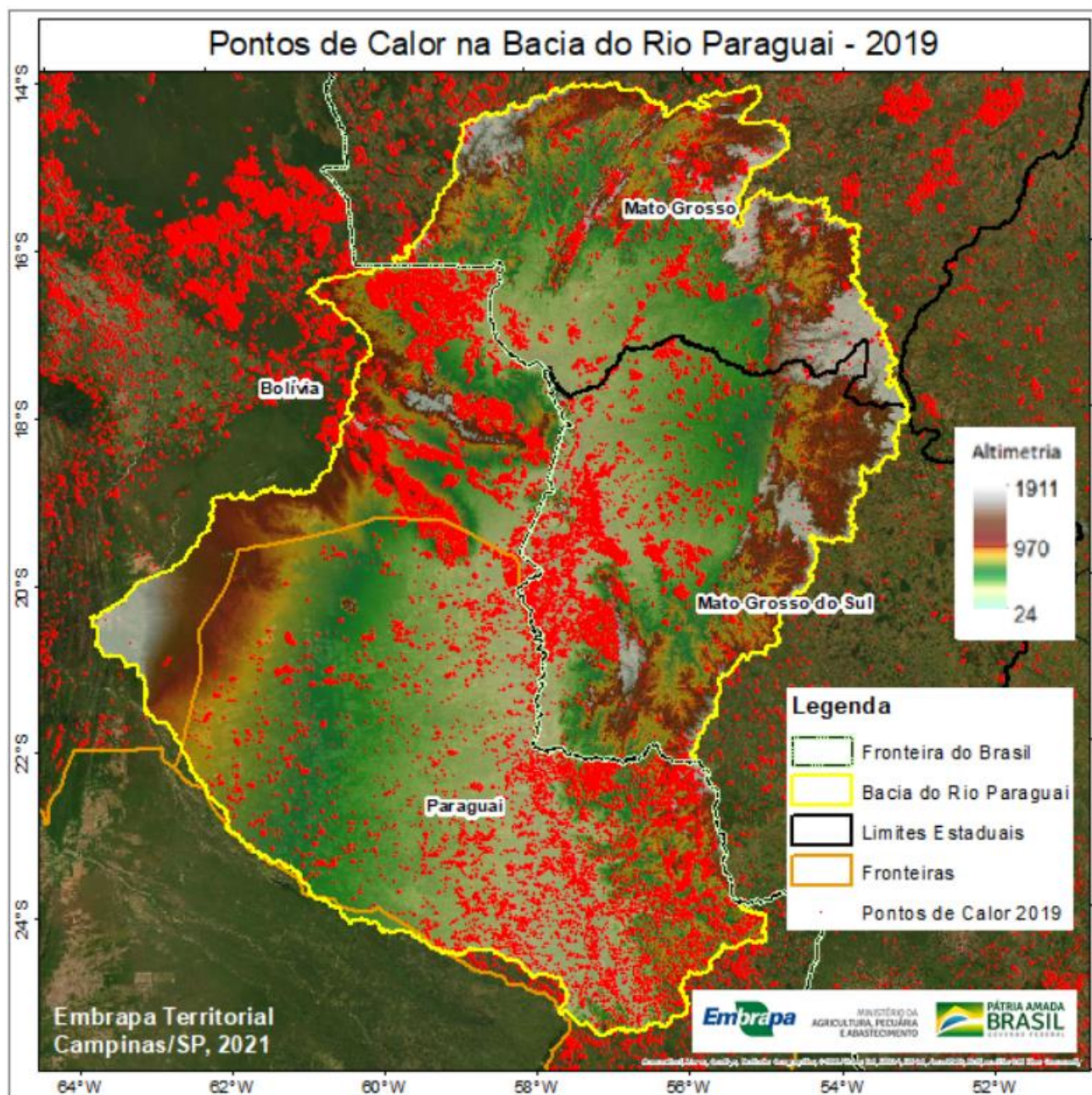


Figura 3 - Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados na bacia do rio Paraguai ao longo de 2019 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA

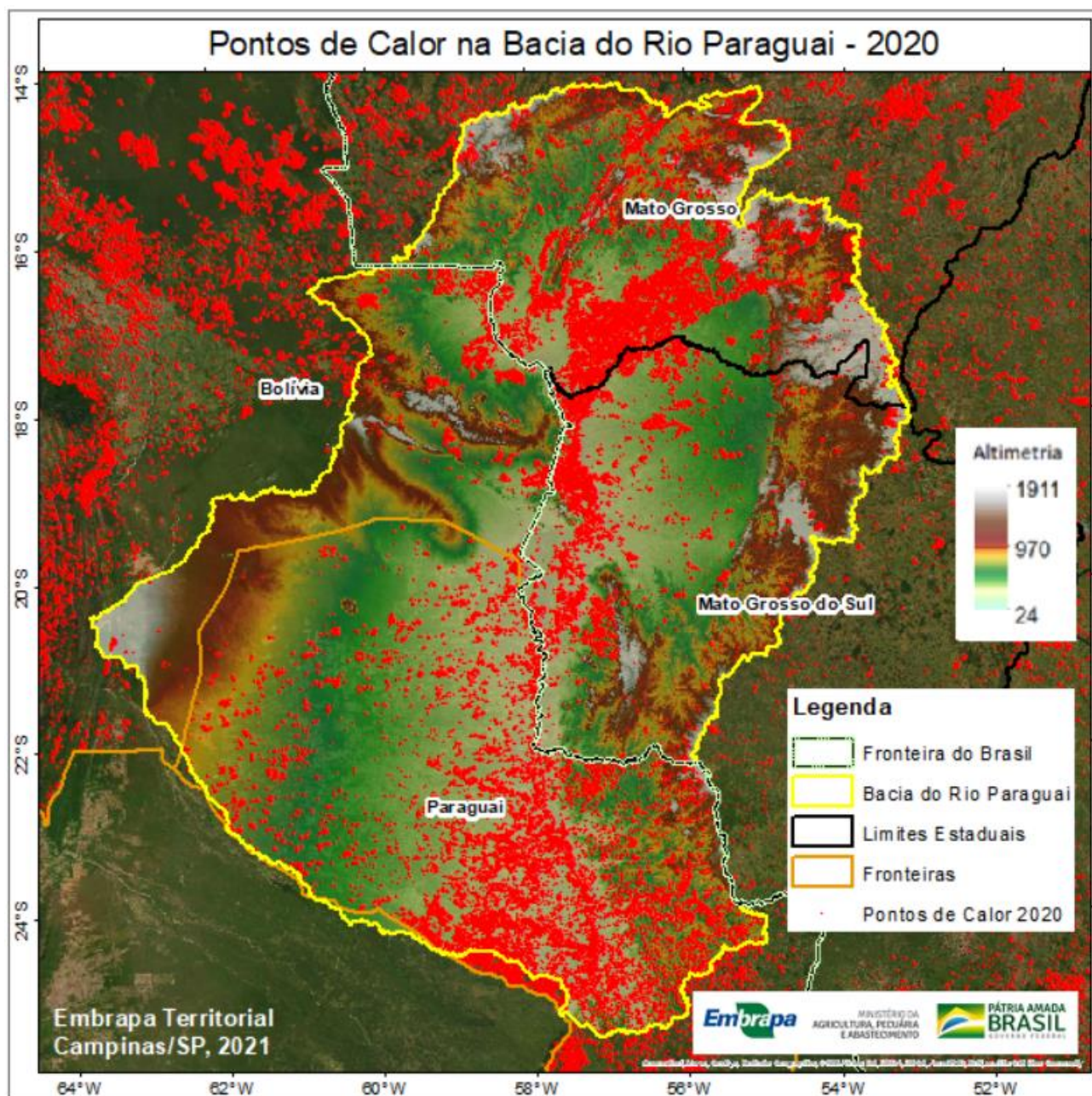


Figura 4. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados na bacia do rio Paraguai ao longo de 2018 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA em 2020



As Tabelas 2 e 3 resumem a detecção orbital de pontos de calor entre 2018 e 2020 no conjunto e em cada país da bacia do rio Paraguai, discriminadas em termos de frequências absolutas, relativas e de densidade.

Tabela 2. Repartição territorial das frequências absolutas e relativas de pontos de calor no conjunto e nos países da bacia do rio Paraguai em 2018, 2019 e 2020.

Países	Bacia do Rio Paraguai							
	Área da Bacia (ha)	%	2018		2019		2020	
			Pontos de Calor	%	Pontos de Calor	%	Pontos de Calor	%
Brasil	36.169.802	45,8	3.490	20,6	14.921	33,4	28.701	49,6
Bolívia	12.411.715	15,7	1.615	9,5	11.924	26,7	3.804	6,6
Paraguai	30.350.106	38,5	11.860	69,9	17.812	39,9	25.376	43,8
Total da Bacia	78.931.623	100,0	16.965	100,0	44.657	100,0	57.881	100,0

Entre 2018 e 2020, houve um crescimento progressivo e significativo nos pontos de calor detectados em toda a bacia do rio Paraguai. Os 16.965 pontos de calor detectados em 2018, dobraram em 2019 e chegaram em 44.657. De 2019 para 2020, o crescimento foi menor e ainda expressivo. Foram 57.881 pontos de queimadas ou incêndios detectados em 2020 no conjunto da bacia do rio Paraguai. O Brasil passou a representar quase metade (49,6%) das ocorrências em 2020 contra 20,6% em 2018 (Tab. 2).

Os números também foram crescentes em termos de densidade na ocorrência de pontos de queimadas e incêndios na bacia do rio Paraguai ao longo do triênio 2018-2020. As densidades territoriais mais que dobraram entre 2018 e 2019. Elas passaram de 2,1 para 5,7 pontos de calor por 100 km² (10 km x 10 km) detectados em 12 meses. E o fenômeno ainda cresceu em 2020 e chegou a uma média de 7,3 pontos de calor no conjunto da bacia. O Paraguai apresentou as maiores densidades de ponto de calor em 2018 e 2020. O Brasil multiplicou praticamente por 8 a

densidade de pontos de calor, e passou de 1,0 para 7,9 pontos anuais de calor por 100 km² em 2020, mesmo se ainda abaixo do Paraguai com 8,4 (Tab. 3). Para a Bolívia, 2019 representou o ano de maior densidade de queimadas com o valor recorde para a região de 9,6 queimadas ou incêndios por 100 km² ou praticamente um ponto de calor a cada 10 km² em 12 meses.

Tabela 3. Repartição territorial da densidade de pontos de calor por 100 km² no conjunto e nos países da bacia do rio Paraguai em 2018, 2019 e 2020.

Países	Bacia do Rio Paraguai				
	Área da Bacia (ha)	%	2018	2019	2020
			Pontos de Calor / 100 km ²	Pontos de Calor / 100 km ²	Pontos de Calor / 100 km ²
Brasil	36.169.802	45,8	1,0	4,1	7,9
Bolívia	12.411.715	15,7	1,3	9,6	3,1
Paraguai	30.350.106	38,5	3,9	5,9	8,4
Total da Bacia	78.931.623	100,0	2,1	5,7	7,3

O cálculo das frequências ponderadas busca dar uma visão equilibrada e comparável do fenômeno, ao eliminar o efeito da superfície territorial diferente entre os países. Essa visualização é um complemento à análise temporal e territorial comparativa do fenômeno entre os países na bacia do Paraguai (Tab. 4).

O Brasil, em frequências ponderadas, contribuiu com 15,6% dos pontos em 2018 e 41,0% em 2020, números inferiores aos das frequências relativas. O Paraguai, com 39% da área da bacia, apresenta valores de frequência ponderada de queimadas e incêndios com queda entre 2018 e 2019 (63% para 30%) e aumento entre 2019 e 2020 (de 30% para 43%). A Bolívia, por exemplo, apresentou em uma queda significativa de sua participação no fenômeno entre 2019 e 2020. Sua frequência ponderada de 49,0% para o conjunto dos pontos de calor de 2019 caiu para 15,8% em 2020 (Tab. 4).

Tabela 4. Repartição territorial das frequências ponderadas dos pontos de calor pela área relativa de cada país da bacia do rio Paraguai em 2018, 2019 e 2020.

Bacia do rio Paraguai		2018		2019		2020	
Países	Valor relativo da área (ha)	Frequência relativa das queimadas em 2018	Frequência ponderada das queimadas pela área	Frequência relativa das queimadas em 2019	Frequência ponderada das queimadas pela área	Frequência relativa das queimadas em 2020	Frequência ponderada das queimadas pela área
Brasil	45,8	20,6	15,6	33,4	21,0	49,6	41,0
Bolívia	15,7	9,5	21,1	26,7	49,0	6,6	15,8
Paraguai	38,5	69,9	63,3	39,9	29,9	43,8	43,2

4.3 - Dinâmica dos pontos de calor no Pantanal entre 2018 e 2020

A título de exemplo, as figuras 5, 6 e 7 ilustram a repartição territorial dos pontos de calor no Pantanal entre 01 de janeiro e 31 de dezembro de 2018, de 2019 e de 2020, respectivamente. A exemplo do ocorrido na bacia do rio Paraguai, os três anos apresentaram padrões de repartição territorial nas queimadas e incêndios muito diferenciados no conjunto do Pantanal.

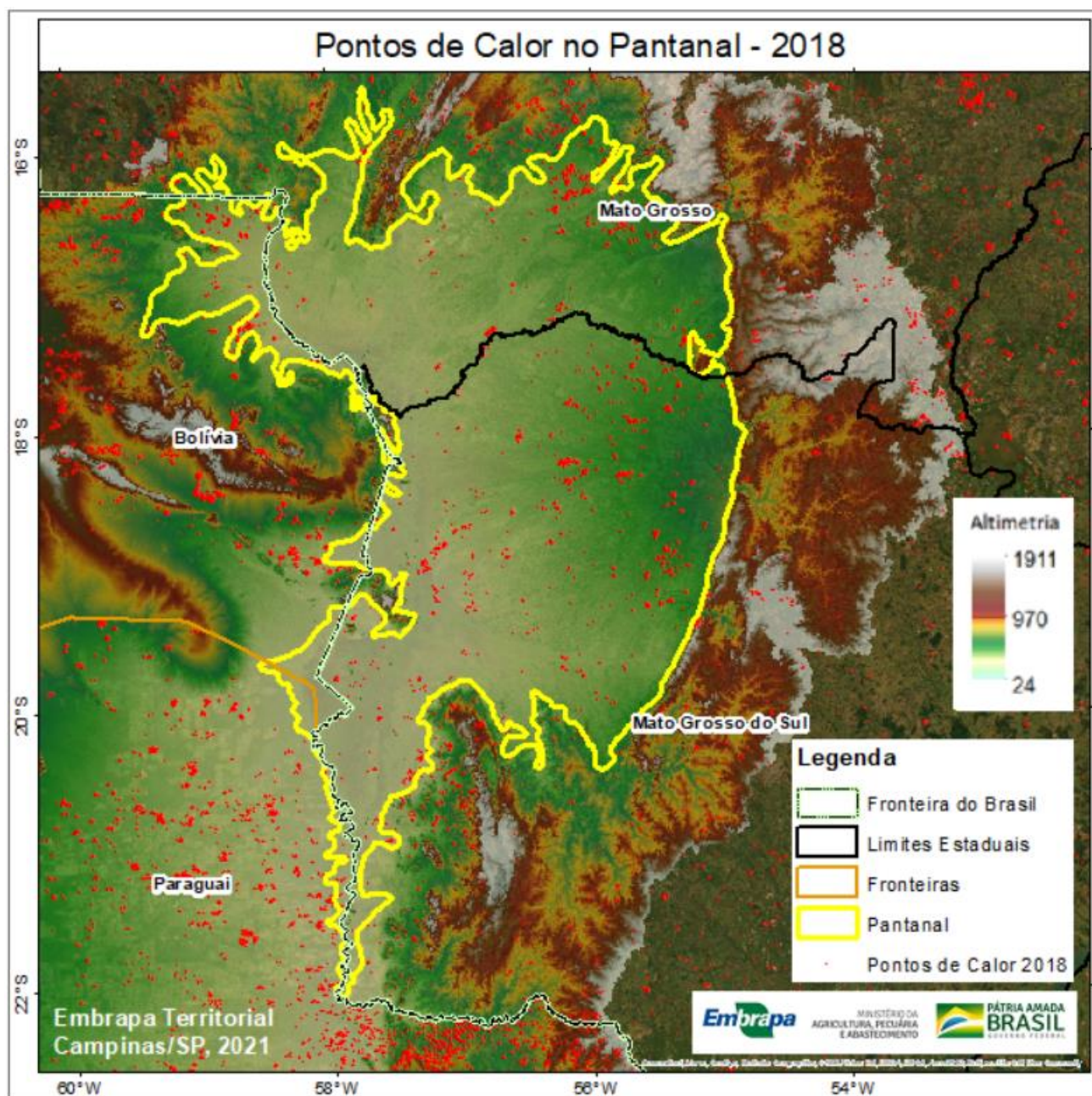


Figura 5. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados no Pantanal ao longo de 2018 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA

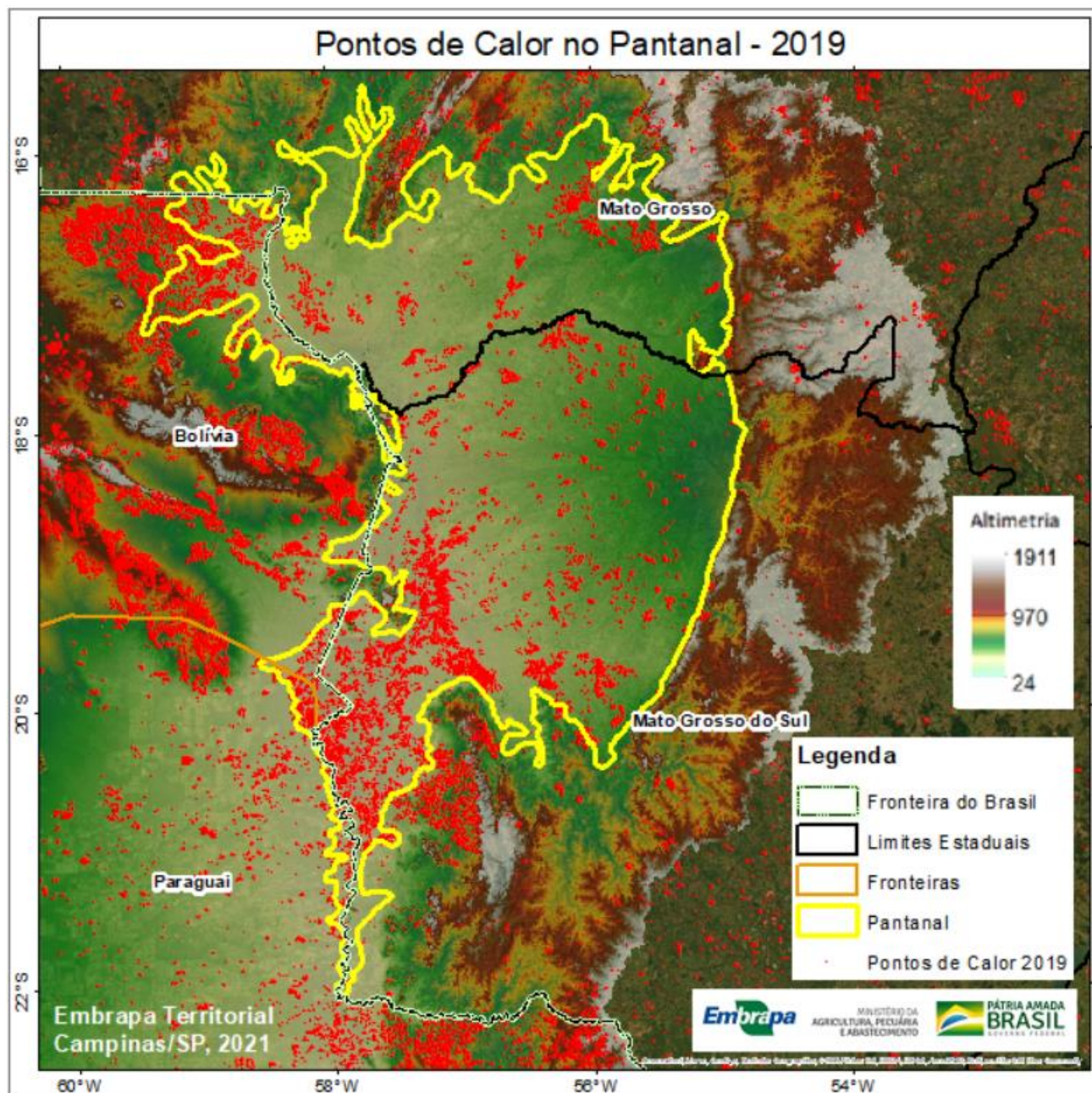


Figura 6. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados no Pantanal ao longo de 2019 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA

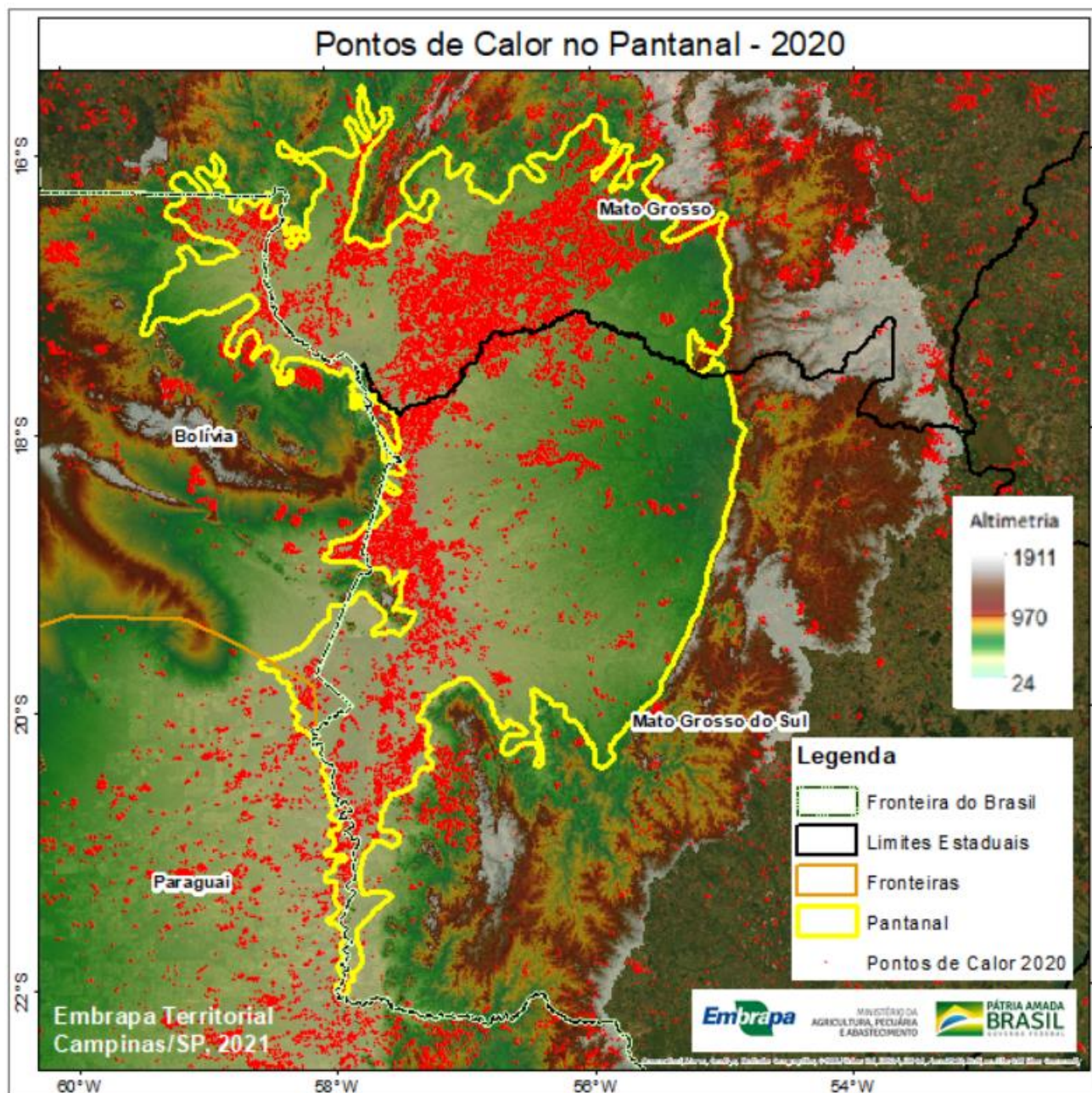


Figura 7. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados no Pantanal ao longo de 2020 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA



A Tabela 5 resume, em termos absolutos e relativos, a detecção orbital de pontos de calor entre 2018 e 2020 no conjunto do Pantanal. Entre 2018 e 2020, houve um crescimento progressivo e significativo nos pontos de calor detectados na área total do Pantanal, a exemplo do ocorrido na bacia do Paraguai. Foram 1.857 pontos de calor em 2018, 12.664 em 2019 e 23.040 em 2020. O maior aumento no Pantanal ocorreu entre 2018 e 2019 (582% ou 6,8 vezes). Entre 2019 e 2020, o crescimento prosseguiu na ordem de 81,9%. O Paraguai, por exemplo, apresentou sempre um percentual de pontos de calor superior ao de sua participação territorial no Pantanal.

Tabela 5. Repartição territorial das frequências absolutas e relativas de pontos de calor no conjunto e nos países do Pantanal em 2018, 2019 e 2020.

Países	Pantanal							
	Área (ha)	%	2018		2019		2020	
			Pontos de Calor	%	Pontos de Calor	%	Pontos de Calor	%
Brasil	13.665.879	90,8	1.541	83,0	9.815	77,5	20.977	91,0
Bolívia	1.124.663	7,5	260	14,0	2.192	17,3	1.470	6,4
Paraguai	259.611	1,7	56	3,0	657	5,2	593	2,6
Pantanal	15.050.153	100	1.857	100,0	12.664	100,0	23.040	100,0

A Tabela 6 apresenta a repartição temporal e territorial da densidade dos pontos de calor. Ocorreu um aumento considerável na densidade das queimadas e incêndios ao longo do triênio 2019-2020. A densidade de 1,2 pontos de calor por 100 km² em 2018 saltou para 8,4 em 2019, quase oito vezes mais. Em 2020, o valor ainda cresceu, quase dobrou e chegou a 15,3 pontos de calor por 100 km². No caso do Paraguai, por exemplo, a densidade de 22,8 pontos de calor por 100 km² foi superior à média da região (15,3) e quase o dobro do observado na Bolívia em 2020.

Tabela 6. Repartição territorial da densidade de pontos de calor por 100 km² no conjunto e nos países do Pantanal em 2018, 2019 e 2020.

Países	Pantanal				
	Área (ha)	%	2018	2019	2020
			Pontos de Calor / 100 km ²	Pontos de Calor / 100 km ²	Pontos de Calor / 100 km ²
Brasil	13.665.879	90,8	1,1	7,2	15,3
Bolívia	1.124.663	7,5	2,3	19,5	13,1
Paraguai	259.611	1,7	2,2	25,3	22,8
Pantanal	15.050.153	100	1,2	8,4	15,3

As frequências ponderadas buscam equilibrar matematicamente em termos territoriais a ocorrência das queimadas e incêndios. Elas trazem uma visão complementar à densidade de ocorrência territorial dos pontos de calor e à compreensão da dinâmica espaço-temporal do fenômeno no Pantanal (Tab. 7).

Tabela 7. Repartição territorial das frequências ponderadas dos pontos de calor pela área de cada país no Pantanal em 2018, 2019 e 2020.

Pantanal		2018		2019		2020	
Países	Valor relativo da área (ha)	Frequência relativa das queimadas em 2018	Frequência ponderada das queimadas pela área	Frequência relativa das queimadas em 2019	Frequência ponderada das queimadas pela área	Frequência relativa das queimadas em 2020	Frequência ponderada das queimadas pela área
Brasil	90,8	83,0	20,1	77,5	13,8	91,0	29,9
Bolívia	7,5	14,0	41,3	17,3	37,5	6,4	25,5
Paraguai	1,7	3,0	38,5	5,2	48,7	2,6	44,6

O Paraguai apresentou o recorde das queimadas e incêndios no Pantanal em 2020, com 44,6% em termos de frequência ponderada. A Bolívia, por exemplo, apresentou



em uma queda constante nos valores de frequência ponderada de 41,3% em 2018, para 37,5% em 2019 e 25,5% em 2020 (Tab. 7). O Brasil teve uma diminuição nos valores da frequência ponderada em 2019 (13,8%) e voltou a aumentar em 2020 (29,9%), num nível superior ao de 2018 (20,1%) (Tab. 7).

4.4 - Dinâmica dos pontos de calor no Pantanal Brasileiro entre 2018 e 2020

As figuras 8, 9 e 10, geradas pela Embrapa Territorial, ilustram a repartição geográfica dos pontos de calor detectados por satélite no Pantanal brasileiro entre 01 de janeiro e 31 de dezembro de 2018, de 2019 e de 2020, respectivamente.

Nesses mapas destaca-se a intensificação temporal na ocorrência das queimadas e incêndios no Pantanal Brasileiro entre 2018 e 2020, sobretudo no estado do Mato Grosso.

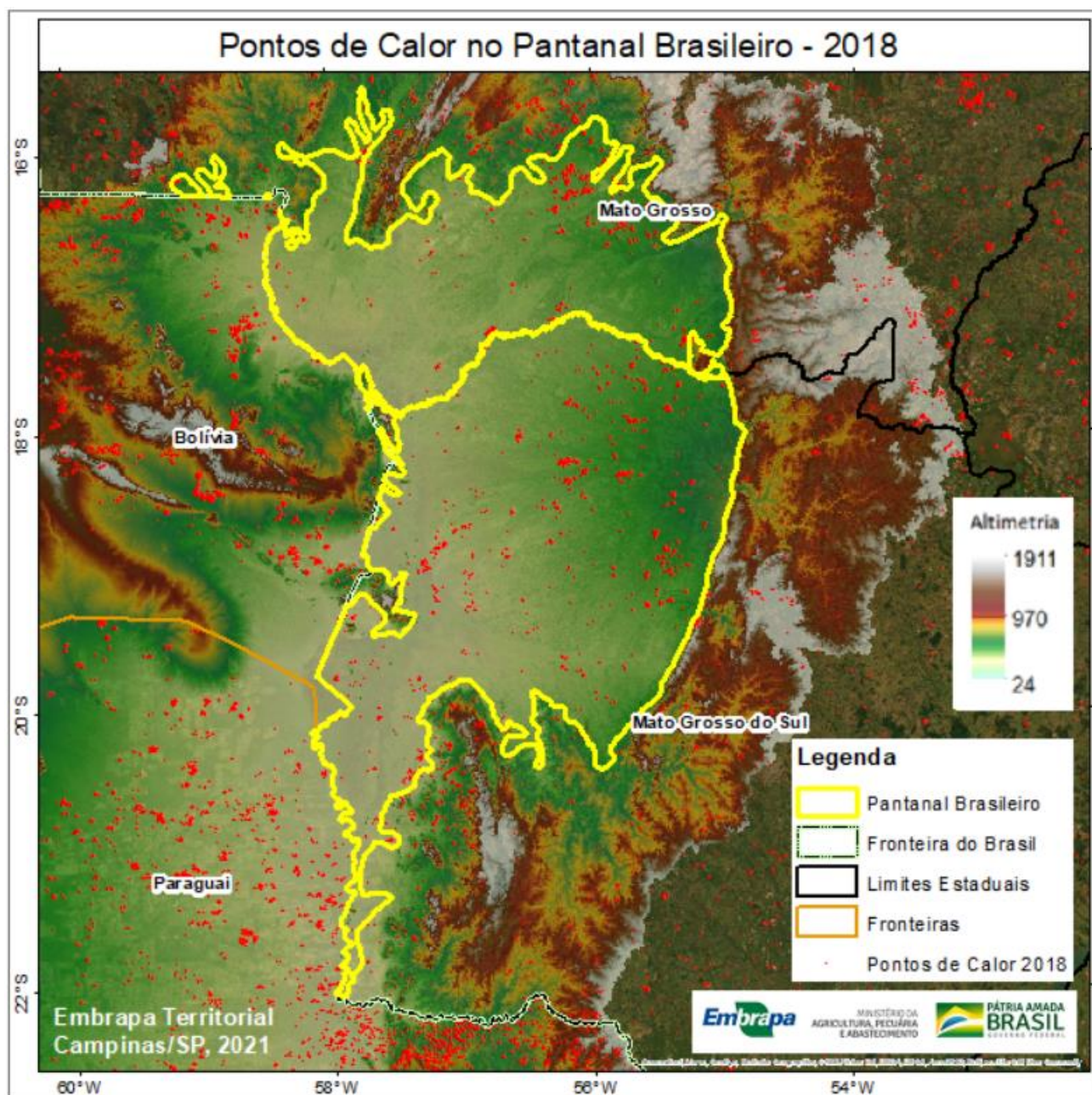


Figura 8. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados no Pantanal Brasileiro ao longo de 2018 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA

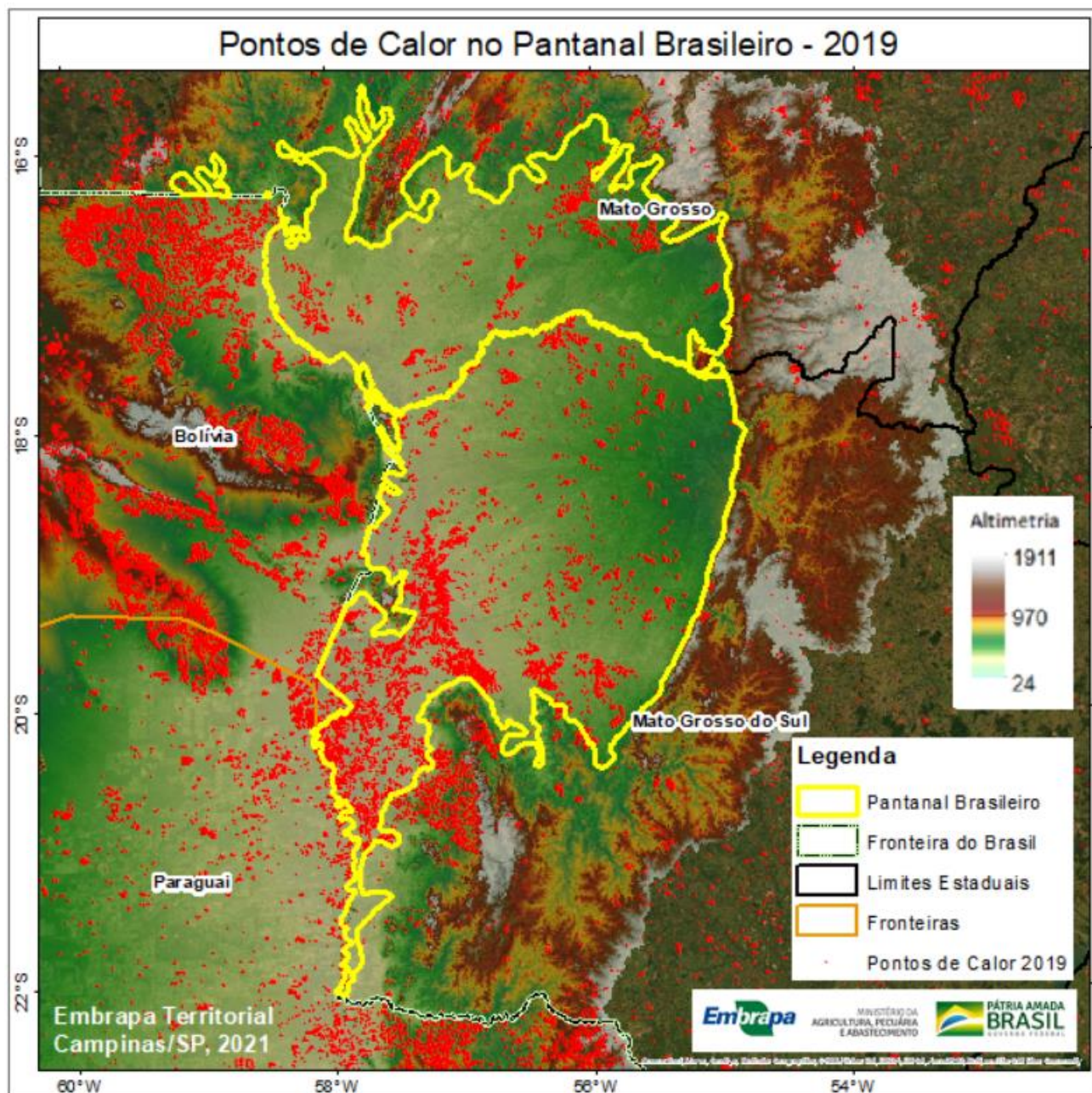


Figura 9. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados no Pantanal Brasileiro ao longo de 2019 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA

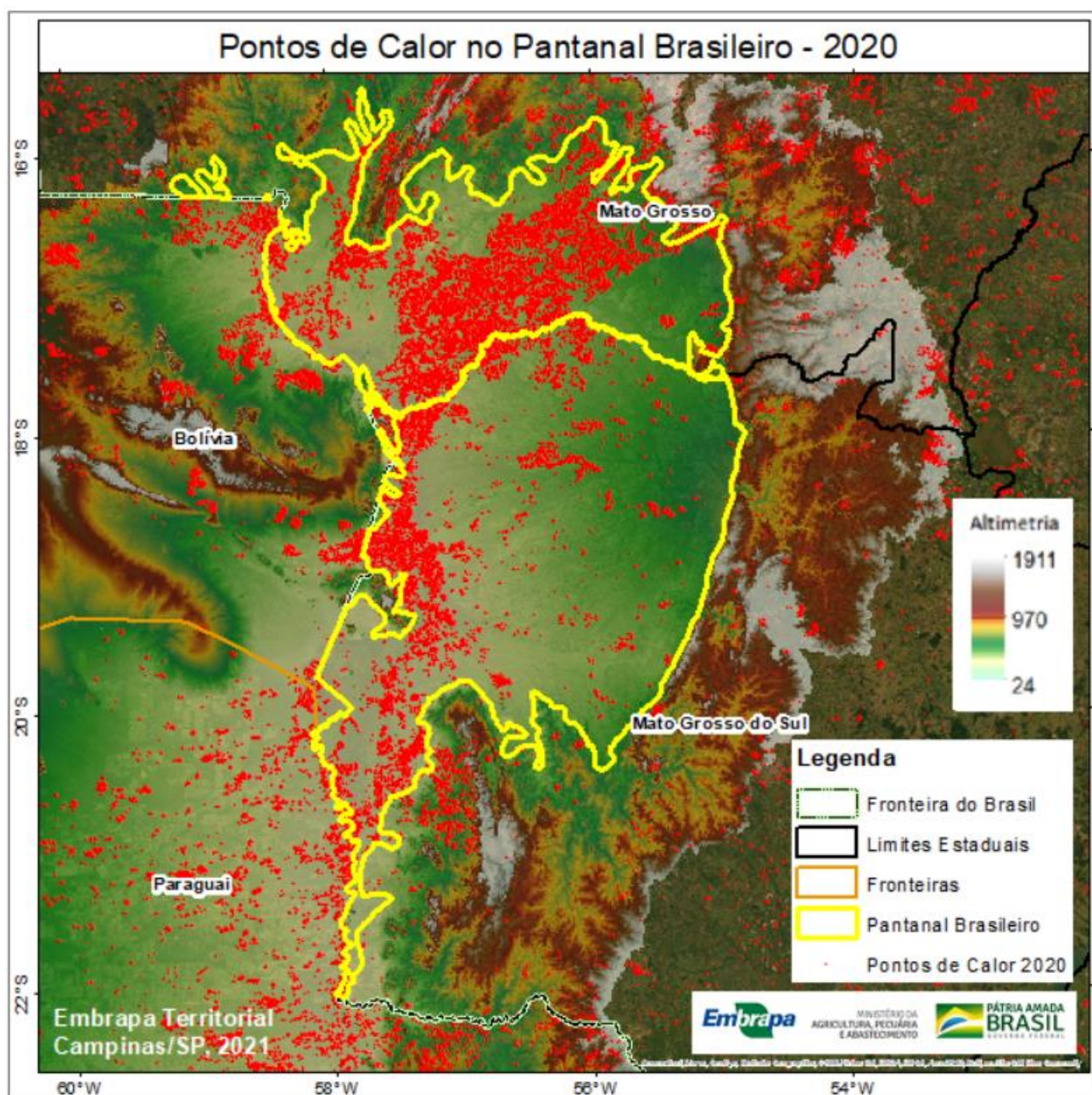


Figura 10. Repartição territorial da totalidade dos pontos de calor detectados no Pantanal Brasileiro ao longo de 2020 pelo sistema orbital de monitoramento de referência MODIS-Aqua da NASA



As Tabelas 8 e 9 resumem as frequências absolutas e relativas resultantes da detecção orbital dos pontos de calor entre 2018 e 2020 no conjunto do Pantanal brasileiro.

Em termos de frequência relativa ocorreu praticamente uma inversão na posição da contribuição dos dois estados na ocorrência de pontos de calor ao longo do triênio. Se em 2018 o Mato Grosso do Sul reuniu 64,8% dos pontos de calor, essa participação caiu para 41,1% em 2020. Já o Mato Grosso, passou de 35,2% em 2018 para 58,9% em 2020.

Tabela 8. Repartição territorial das frequências absolutas e relativas de pontos de calor nas áreas de pantanal nos estados do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul em 2018, 2019 e 2020.

Brasil	Pantanal Brasileiro							
	Área (ha)	%	2018		2019		2020	
			Pontos de Calor	%	Pontos de Calor	%	Pontos de Calor	%
Mato Grosso	5.049.306	36,9	542	35,2	1.746	17,8	12.353	58,9
Mato Grosso do Sul	8.616.573	63,1	999	64,8	8.069	82,2	8.624	41,1
Pantanal Brasileiro	13.665.879	100,0	1.541	100,0	9.815	100,0	20.977	100,0

Ao seguir e até determinar o ocorrido no conjunto do Pantanal, no Brasil houve um aumento considerável na densidade das queimadas e incêndios ao longo do triênio. Em 2018, a densidade era de 1,1 pontos de calor por 100 km² (10 km x 10 km) em 12 meses. Ela saltou para 7,2 em 2019. E, em 2020, o valor dobrou e chegou a 15,3 pontos de calor por 100 km² (Tab. 9).



Tabela 9. Repartição territorial da densidade de pontos de calor / 100 km² em áreas do Pantanal brasileiro no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul em 2018, 2019 e 2020.

Brasil	Pantanal brasileiro				
	Área (ha)	%	2018	2019	2020
			Pontos de Calor / 100 km ²	Pontos de Calor / 100 km ²	Pontos de Calor / 100 km ²
Mato Grosso	5.049.306	36,9	1,1	3,5	24,5
Mato Grosso do Sul	8.616.573	63,1	1,2	9,4	10,0
Pantanal brasileiro	13.665.879	100,0	1,1	7,2	15,3

Quando consideradas as densidades, as frequências ponderadas pela área dos estados do Pantanal brasileiro em 2018, 2019 e 2020 dos pontos de calor indicam o quanto o fenômeno se tornou preponderante no Mato Grosso (71%) em relação ao Mato Grosso do Sul (29%) em 2020, ao inverter a situação observada em 2019.

Tabela 10. Repartição territorial das frequências ponderadas dos pontos de calor pela área dos estados do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul no pantanal brasileiro em 2018, 2019 e 2020.

Pantanal Brasileiro		2018		2019		2020	
Estados	Valor relativo da área (ha)	Frequência relativa das queimadas em 2018	Frequência ponderada das queimadas pela área	Frequência relativa das queimadas em 2019	Frequência ponderada das queimadas pela área	Frequência relativa das queimadas em 2020	Frequência ponderada das queimadas pela área
Mato Grosso	36,9	35,2	48,1	17,8	27,0	58,9	71,0
Mato Grosso do Sul	63,1	64,8	51,9	82,2	73,0	41,1	29,0



5 - CONCLUSÕES

A caracterização da dinâmica dos incêndios e queimadas no Pantanal e na bacia do rio Paraguai entre 2018 e 2020 pela Embrapa Territorial foi efetiva graças a fonte primária e homogênea de dados: os pontos de calor detectados pelo monitoramento orbital do sistema internacional de referência, o do satélite MODIS-Aqua da NASA (FIRMS).

Os dados geocodificadas da ocorrência anual de cada um dos pontos de calor (queimadas e incêndios) detectados na Bacia do Paraguai e no Pantanal em 2018, 2019 e 2020 foram computados em diversos recortes territoriais e temporais. Eles estão resumidos de forma cartográfica e numérica neste trabalho. Os dados e fatos quantificados podem contribuir a uma compreensão mais objetiva dos eventos ocorridos no triênio em questão e servir a várias análises temporais e territoriais. Trata-se de uma primeira síntese publicada sobre esse fenômeno em bases científicas. Um resumo dos resultados obtidos é apresentado a seguir.

1 - Na bacia do rio Paraguai, entre 2018 e 2020, houve um crescimento progressivo e significativo na ocorrência de queimadas e incêndios. Os 16.965 pontos de calor detectados por satélite em 2018, mais que dobraram em 2019 e chegaram a 44.657. De 2019 para 2020 o crescimento foi menor, mas ainda expressivo. Foram 57.881 pontos de queimadas ou incêndios detectados em 2020 no conjunto da bacia do rio Paraguai. O Brasil passou a representar quase metade (49,6%) das ocorrências em 2020 contra 20,6% em 2018.

No triênio 2018-2020, a densidade na ocorrência de pontos de queimadas e incêndios na bacia do rio Paraguai foi crescente. As densidades dobraram entre 2018 e 2019, e passaram de 2,1 para 5,7 pontos de calor por 100 km² (10 km x 10 km). E o fenômeno ainda cresceu em 2020, e chegou a uma média de 7,3 pontos de calor por 100 km² detectados em 12 meses no conjunto da bacia. O Paraguai apresentou as maiores densidades em 2018 e 2020. O Brasil multiplicou praticamente por 8 a densidade de pontos de calor. Passou de 1,0 para 7,9 pontos anuais de calor por 100



Territorial

km² em 2020, mesmo se ainda abaixo do Paraguai com 8,4. Para a Bolívia, 2019 representou o ano de maior densidade de queimadas com o valor recorde para a região de 9,6 queimadas ou incêndios por 100 km² (10 km x 10 km) ou praticamente um ponto de calor detectado a cada 10 km².

2 - Os dados cartográficos e numéricos (frequências absolutas e relativas de pontos de calor) obtidos pela Embrapa Territorial mostram um fenômeno de comportamento regional, comum aos três países: o crescimento dos pontos de calor detectados em todo o Pantanal entre 2018 e 2020, essencialmente por razões climáticas (sucessão de anos secos). A título de exemplo, em Corumbá, cuja [média pluviométrica anual](#) é de cerca de 1.070 mm, choveu 743 mm em 2020, uma redução de 38%.

Resultado das condições climáticas favoráveis ao surgimento do fogo, o conjunto do Pantanal saltou de um total absoluto de 1.857 pontos de calor detectados pelo sistema de monitoramento orbital em 2018, para 12.664 (crescimento de 582% ou 6,8 vezes) em 2019 e alcançou 23.040 pontos de calor em 2020 (crescimento de 81,9% com relação a 2019 ou 1,8 vezes).

3 - Dadas as diversas proporções ocupadas nos três países pela bacia do rio Paraguai e pelo Pantanal, os cálculos de densidade de pontos de calor por cada 100 km² permitiram evidenciar significativas variações territoriais e temporais na densidade das queimadas e incêndios entre 2018 e 2020.

No conjunto do Pantanal, a média de pontos de calor por 100 km² (10 km x 10 km) saltou de 1,2 em 2018 para 8,4 em 2019. Um crescimento de 600% ou de cerca de 7 vezes. A tendência prosseguiu, menos intensa, de 2019 para 2020 com uma densidade média de 15,3 pontos de calor por 100 km² (um aumento de 82% e o dobro da média da bacia do rio Paraguai).



No Paraguai e na Bolívia, o maior aumento no triênio ocorreu em 2019 quando a densidade de queimadas e incêndios registrada foi de 25,3 e 19,5 pontos de calor por 100 km² respectivamente. Um recorde e valores nunca atingidos no Brasil. Em 2020, as densidades seguiram elevadas nos dois países, 22,8 pontos por 100 km² no Paraguai e 13,1 na Bolívia.

No Brasil, o maior aumento do triênio ocorreu em 2020. Houve um crescimento constante na densidade territorial da ocorrência de pontos de calor. A densidade no Pantanal brasileiro partiu de 1,1 pontos de calor por 100 km² em 2018, atingiu 7,2 em 2019 e culminou em 2020 para 15,3. Um comportamento diferenciado do Paraguai e da Bolívia, onde o crescimento culminou em 2019 e declinou em 2020, mantendo-se sempre com valores muito altos.

Se a dinâmica das queimadas no Pantanal da Bolívia e do Paraguai entre 2018 e 2019 pode ser considerada um pródromo do que ocorreria no Brasil em 2020, uma redução do fenômeno no Pantanal do Brasil seria provável em 2021, de forma análoga à dinâmica observada nos países vizinhos e já registrada no Mato do Grosso do Sul entre 2019 e 2020.

4 - Mesmo no interior dos 13.665.879 ha do Pantanal brasileiro foram observadas diferenças na repartição temporal e territorial das queimadas e incêndios entre os estados do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, ao longo do triênio 2018-2020. Houve uma inversão na intensidade de participação no fenômeno entre os dois estados entre 2018 e 2020.

Em 2018, a densidade de pontos de calor foi equivalente entre o Mato Grosso e o Mato Grosso do Sul: 1,1 e 1,2 pontos de calor por 100 km² respectivamente. Em 2019, ocorreu um crescimento significativo para 3,5 pontos de calor por 100 km² no Mato Grosso e um salto para 9,4 no Mato Grosso do Sul detectados em 12 meses. Já em 2020, ocorreu uma inversão: foram 10,0 pontos no Mato Grosso do Sul (valor próximo do ano anterior), contra 24,5 pontos de calor por 100 km² no Mato Grosso, quase duas vezes e meia o registrado no estado vizinho.



Em termos de dinâmica temporal dos pontos de calor, o Mato Grosso do Sul, de certa forma, seguiu um padrão análogo ao do Paraguai e da Bolívia e diferenciado com relação ao Mato Grosso.

5 - O cálculo das frequências ponderadas buscou dar uma visão equilibrada e complementar do fenômeno dos incêndios e queimadas para os analistas. Ele elimina matematicamente o efeito da superfície territorial diferente dos recortes territoriais estudados sobre a dimensão dos pontos de calor observados. Ao reequilibrar as frequências relativas em cada recorte territorial estudado, esse cálculo aproxima as classes estudadas de um extrato amostral, no sentido estatístico do termo. Essa visualização revelou-se um complemento relevante na análise temporal e territorial comparativa do fenômeno entre os países na bacia do Paraguai. E evidenciou, por exemplo, o quanto a ocorrência de queimadas e incêndios tem sido intensa no Paraguai.

Outros recortes espaciais, análises e escalas diferenciadas, bem como o acesso aos dados brutos, aos arquivos de geoprocessamento e a detalhes dos procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa podem ser obtidos por solicitação junto à Embrapa Territorial: gite@embrapa.br.