



# Impactos do período seco e geadas no vigor da vegetação: estudo de caso para a bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

Impacts of dry and frost period on vigor of vegetation: a case study for the Guariroba watershed, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

Impactos del período seco y las heladas en el vigor de la vegetación: un estudio de caso para la cuenca del arroyo Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

Viviane Capoane  

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Campo Grande (MS), Brasil  
[viviane.capoane@uems.br](mailto:viviane.capoane@uems.br)

## Resumo

Períodos de estiagens ocorrem em todas as regiões, mesmo nas de clima úmido, em decorrência da sazonalidade climática e do dinamismo dos processos geradores de pluviosidade. Entretanto, as mudanças climáticas antropogênicas estão impactando os padrões de precipitação e temperatura e, algumas áreas do planeta estão passando por mudanças na frequência e severidade de extremos climáticos, como chuvas fortes, secas, ondas de frio e de calor, incêndios florestais e tempestades de poeira. A bacia hidrográfica do córrego Guariroba é um ambiente naturalmente frágil, altamente suscetível à erosão do solo, no entanto os usos da terra e as práticas de manejo não consideram as restrições e aptidões agrícolas. Diante de um contexto de mudanças climáticas, que constitui um poderoso estressor para os ecossistemas e a biodiversidade, este trabalho analisou a resposta da vegetação aos indicadores climáticos a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Os índices radiométricos de vegetação foram derivados de imagens Sentinel-2 do ano de 2021 no *software* SNAP 8.0. Os resultados obtidos mostram que o vigor da vegetação da região centro-oeste reflete o ciclo anual de padrões climáticos e às características de temperatura e precipitação. Contudo, para o ano de 2021, o vigor da vegetação foi severamente impactado em resposta à seca e às geadas. Embora o período de chuvas tenha iniciado na região e a vegetação responde às primeiras chuvas pela rebrota e emergência, o contexto de degradação ambiental na área e das mudanças climáticas antropogênicas, o cenário de 2021 tende a ser repetir e agravar nos próximos anos.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas. Seca. Geadas. Índice radiométrico. NDVI.



### Abstract

Dry periods occur in all regions, even in humid climates, due to climatic seasonality and the dynamism of the processes which generate rainfall. Meanwhile, anthropogenic climate change is impacting precipitation and temperature patterns, and some areas of the planet are experiencing changes in the frequency and severity of weather extremes such as heavy rains, droughts, cold and heat waves, forest fires and dust storms. The Guariroba watershed is a naturally fragile environment, highly susceptible to soil erosion, however current land management practices do not take into consideration agricultural restrictions and skills. Given a context of climatic change, which constitutes a powerful stressor for ecosystems and biodiversity, this work analyzes the response of vegetation to climatic indicators based on the Normalized Difference Vegetation Index. The radiometric vegetation indices were derived from Sentinel-2 images using the software SNAP 8.0 of the year 2021. The results obtained show that the vigour of the vegetation in the Midwest region reflects the annual cycle of climatic patterns and the characteristics of temperature and precipitation. However, for the year 2021, vegetation vigour was severely impacted in response to drought and frost. Although the rainy season has started in the region and the vegetation responds to the first rains by regrowth and emergence, in the context of environmental degradation in the area and anthropogenic climate change, the 2021 scenario tends to be repeated and worsen in the coming years.

**Keywords:** Climate changes. Dry. Frost. Radiometric index. NDVI.

---

### Resumen

Los períodos secos ocurren en todas las regiones, incluso en climas húmedos, como resultado de la estacionalidad climática y el dinamismo de los procesos que generan las lluvias. Entretanto, el cambio climático antropogénico está afectando los patrones de precipitación y temperaturas, y algunas áreas del planeta están experimentando cambios en la frecuencia y severidad de los extremos climáticos, como lluvias intensas, sequías, olas de frío y calor, incendios forestales y tormentas de polvo. La cuenca del arroyo Guariroba corresponde a un ambiente naturalmente frágil, altamente susceptible a la erosión del suelo, y los usos y prácticas de manejo de la tierra no consideran las restricciones y aptitudes agrícolas. Ante un contexto de cambio climático, que constituye un poderoso estresor para los ecosistemas y la biodiversidad, este trabajo analizó la respuesta de la vegetación a los indicadores climáticos utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada. Los índices de vegetación radiométricos se derivaron de imágenes Sentinel-2 en el *software* SNAP 8.0 del año 2021. Los resultados obtenidos muestran que el vigor de la vegetación en la región Medio Oeste refleja el ciclo anual de patrones climáticos y las características de temperatura y precipitación. Sin embargo, para el año 2021, el vigor de la vegetación se vio gravemente afectado en respuesta a la sequía y las heladas. Aunque la temporada de lluvias ha comenzado en la región, y la vegetación responde a las primeras lluvias por rebrote y emergencia, el contexto de degradación ambiental en la cuenca y el cambio climático antropogénico, el escenario 2021 tiende a repetirse y agravarse en los próximos años.

**Palabras-clave:** Cambios climáticos. Sequía. Escarcha. Índice radiométrico. NDVI.

---

## Introdução

A bacia hidrográfica do Córrego Guariroba é um dos mananciais superficiais de abastecimento público da cidade de Campo Grande, capital do estado de Mato Grosso do Sul, cuja população estimada para 2020 é de 906.092 habitantes (IBGE, 2020).

Segundo a Concessionária Águas Guariroba, esta bacia contribui com 34% da água bruta, que uma vez tratada pelo sistema convencional, chega às torneiras dos campo-grandenses.

Em função de sua importância para o abastecimento público e do desmatamento ocorrido quando a barragem estava sendo construída (OLIVEIRA et al., 2017), foi criada a Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Guariroba ou APA do Guariroba. No Decreto nº 7.183, de 21 de setembro de 1995, que instituiu a Unidade de Conservação (UC), consta no Art. 1 que o limite da APA compreende “[...] os mananciais de abastecimento público formados pela bacia do Córrego Guariroba [...]”, ou seja, a montante da barragem, perfazendo 98,0% da área da bacia hidrográfica.

A APA corresponde à categoria de UC de Uso Sustentável (BRASIL, 2000), que permite usos antrópicos, desde que atendido o estipulado no Plano de Manejo. Embora a APA tenha sido instituída em 1995, foi somente no ano de 2008 que o Plano de Manejo (PM) foi publicado (CAMPO GRANDE, 2008). Neste Plano, atividade que não é compatível com uma UC criada para proteger o principal manancial de abastecimento público, à época, aproximadamente 50%, como a silvicultura – que impacta o ciclo hidrológico – consta como “potencialidade”.

No PM revisado em 2020, e publicado em 2021 (CAMPO GRANDE, 2021), embora a silvicultura não conste como “potencialidade”, na Zona de Uso Controlado I, que engloba o entorno de todos os cursos d’água, o Conselho Gestor da UC considerou esses locais como “[...] áreas estratégicas para [...] implantação de projetos de silvicultura” (CAMPO GRANDE, 2021, pg. 69). Ainda, “os plantios silviculturais (monocultura) com uso especificamente para plantio de espécie do gênero *Eucalyptus* são permitidos em toda a área da Zona, condicionados a até 50% da área útil da propriedade” (CAMPO GRANDE, 2021, pg. 70); e “Usos Compatíveis – Silvicultura” (CAMPO GRANDE, 2021, pg. 70). Conforme dados do projeto MapBiomias para o ano de 2020, a silvicultura, composta pela espécie exótica eucalipto, ocupava 8,1% da área da bacia hidrográfica do córrego Guariroba.

A temática arenização, que é um problema prioritário a ser enfrentado na APA (CAPOANE, 2021), também não foi abordada no PM revisado (2021), e no de 2008

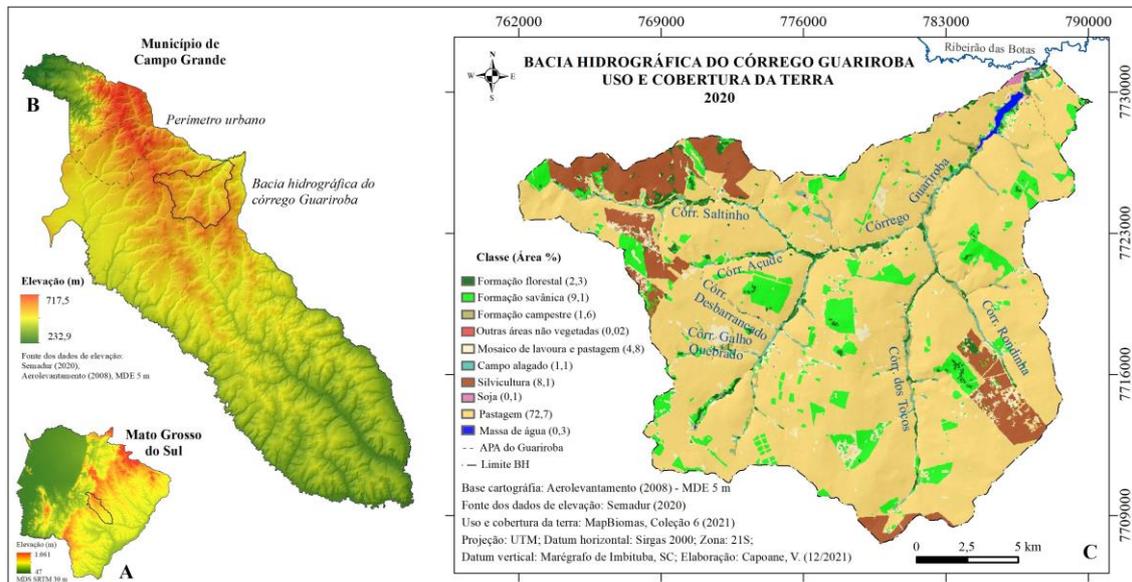
constava “risco de desertificação” (CAMPO GRANDE, 2008, pg. 119), cuja única região no Brasil em risco de desertificação é o semiárido nordestino. Segundo trabalhos de Capoane (2019; 2020; 2021; 2022), a bacia hidrográfica do córrego Guariroba corresponde a um ambiente naturalmente frágil e altamente suscetível ao desenvolvimento de processos erosivos em função da predominância de Neossolos Quartzarênicos (MOTTA et al., 2013) derivados dos arenitos do Grupo Caiuá e, dos usos antrópicos que não consideram as aptidões e restrições agrícolas. Na área ocorrem inúmeros focos em processo de arenização, pastagens degradadas com processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), presença de pequenos reservatórios em cabeceiras de drenagem que funcionam como drenos de sedimento e áreas degradadas no entorno dos reservatórios, nascentes e canais de cabeceira de drenagem (CAPOANE, 2021).

Considerando a degradação ambiental existente na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, a vulnerabilidade e susceptibilidade dos solos à erosão e arenização (CAPOANE, 2021), e que as mudanças climáticas constituem um poderoso estressor para os ecossistemas e a biodiversidade (ABBAS; NICHOL; WONG, 2021), neste trabalho é analisada a resposta da vegetação aos indicadores climáticos a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para o ano de 2021.

### **Área de estudo**

A bacia hidrográfica (BH) do Córrego Guariroba localiza-se integralmente no município de Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul, a leste da sede do município (Figura 1). A área da BH é de 369,7 km<sup>2</sup>, o perímetro de 130,0 km e a forma da BH é menos alongada, o que indica alta capacidade de infiltração, baixo escoamento, com pico de fluxo mais plano por mais tempo e menor propensão a inundações (CAPOANE, 2020).

Figura 1. A) Hipsometria de Mato Grosso do Sul com destaque para o município de Campo Grande; B) Hipsometria de Campo Grande com destaque para o perímetro urbano e bacia hidrográfica do córrego Guariroba; C) Uso e cobertura da terra na área de estudo para o ano de 2020



Fonte: Autora, 2022.

O substrato litológico é composto por rochas sedimentares do Grupo Caiuá indiviso (74,8%); Coberturas Detrito-Laterítica Neogênicas (23,8%) e; rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (1,4%) (IBGE, 2021). A classe de solo predominante é Neossolo Quartzarênico (98,5%). As demais classes mapeadas foram Latossolo Vermelho e Gleissolo Háptico (MOTTA et al., 2013). No contexto geomorfológico, a BH encontra-se no planalto de Campo Grande, com declives variando de 0 a 129,2% e classes predominantes: Suave ondulado (colinas) classe de 2-5 % em área de 56,39% da BH; Ondulado (morros e morrotes) classe 5-10% em 23,3% da área; e Plano (terraços), classe de 0-2% em 18,71% da área da BH (CAPOANE, 2020).

No contexto hidrográfico regional, o córrego Guariroba é afluente do Ribeirão das Botas, que por sua vez é afluente do Rio Pardo, que deságua no Rio Paraná. Os principais tributários do córrego Guariroba são os córregos Rondinha, Tocos, Galho Quebrado, Desbarrancado, Açude e Saltinho (Figura 1C). O clima da região é o monçônico (ALVARES et al., 2014) e a área encontra-se na ecorregião Planalto

Guimarães (SANO et al., 2019). A classe de uso predominante em 2020 era pastagem, em 72,7% da área da BH (Figura 1C). Formações florestais, savânicas, campestres e áreas de campo alagado perfazem apenas 14,1% da área da BH (Figura 1C).

## Imagens orbitais

O efeito da estiagem e geadas no vigor da vegetação é analisado a partir do índice radiométrico de vegetação derivado de imagens do satélite Sentinel-2 (ESA, 2021) do ano de 2021. O protocolo de processamento das imagens encontra-se no manual do usuário Sentinel-2 (ESA, 2015).

As datas das imagens analisadas foram: 13/07/2019, 28/04/21, 07/07/21, 12/07/21, 21/08/21, 31/08/21, 20/09/21, 30/09/21 25/10/2021 e 04/12/2021 (sensores S2A MSIL2A e S2B MSIL2A). A diferença entre as imagens dos sensores S2A e S2B está no comprimento de onda central das bandas espectrais. Para o presente trabalho foram utilizadas as bandas B4 (2A 664.6 nm, 2B 664.9 nm) e B8 (2A 832.8 nm e 2B 832.9 nm), pois, segundo Rosa (2009), as faixas do vermelho e do infravermelho próximo contém mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação, portanto, realçam o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos.

## Índice radiométrico de vegetação

Os índices espectrais de vegetação foram projetados para monitorar e detectar mudanças nas variações espaciais e temporais da composição da vegetação e atividade fotossintética (HENDRICKS, 2004). O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) é utilizado para avaliar se o alvo contém vegetação verde viva ou não. Para Zhong et al. (2017), áreas com vegetação mais densa tendem a apresentar valores próximos a 1, porque vegetação mais verde e com maior vigor mostram maior contraste na região visível, especificamente no vermelho e no infravermelho. Valores baixos de NDVI indicam vegetação com baixa atividade fotossintética (GESSESSE; MELESSE,

2019) e, à medida que os pigmentos de clorofila se degradam, a reflectância vermelha aumenta, produzindo uma aparência amarela senescente à vegetação. Valores negativos e próximos a zero (+) correspondem a água, área construída e solo exposto. Os alvos, água, área construída e solo exposto possuem comportamento espectral (reflectância) semelhante, o que resulta em confusão, por isso, outros fatores devem ser considerados para sua interpretação (DU et al., 2016).

No presente trabalho, o NDVI foi derivado de imagens do satélite Sentinel-2A no *software* SNAP v 8.0 (ESA, 2021). As bandas utilizadas - vermelho (B4) e do infravermelho próximo (B8) - possuem dez metros de resolução espacial ((NDVI=  $IR\_factor * near\_IR - red\_factor * red$ ) / ( $IR\_factor * near\_IR + red\_factor * red$ )). As imagens de satélite e o *software* de geoprocessamento são disponibilizados gratuitamente pela Agência Espacial Europeia.

A fim de ilustrar o impacto da estiagem no vigor da vegetação foram selecionadas duas imagens da estação seca em Campo Grande, 13/07/2019 e 12/07/2021, e gerado o histograma com a frequência de pixels. Para 2021, em situação de seca, classificada como severa a excepcional pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2021), e geadas, foram selecionadas imagens do final do período chuvoso até o início do período chuvoso do mesmo ano. Esse intervalo de tempo permite acompanhar a evolução sazonal do vigor da vegetação e o efeito da estiagem e geadas.

## Precipitação

As cartas temáticas com NDVI, que mostram as mudanças fotossintéticas sazonais, como emergência e senescência, os reservatórios (espelho d'água), solo exposto e focos em processo de arenização, são interpretadas utilizando como apoio os dados de precipitação disponibilizados pelo Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de MS (CEMTEC) e as ocorrências de geadas. Para os dados de precipitação, que é a principal característica climática responsável pelas mudanças na fenologia e produtividade da vegetação, foi gerado o gráfico *boxplot* no *software* PAST 4.03

(HAMMER; HARPER; RYAN, 2013) no intervalo de 2012 a 2020, que corresponde ao período sem lacunas no banco de dados disponibilizado pelo CEMTEC. Para 2021, foi gerado o gráfico com a precipitação mensal.

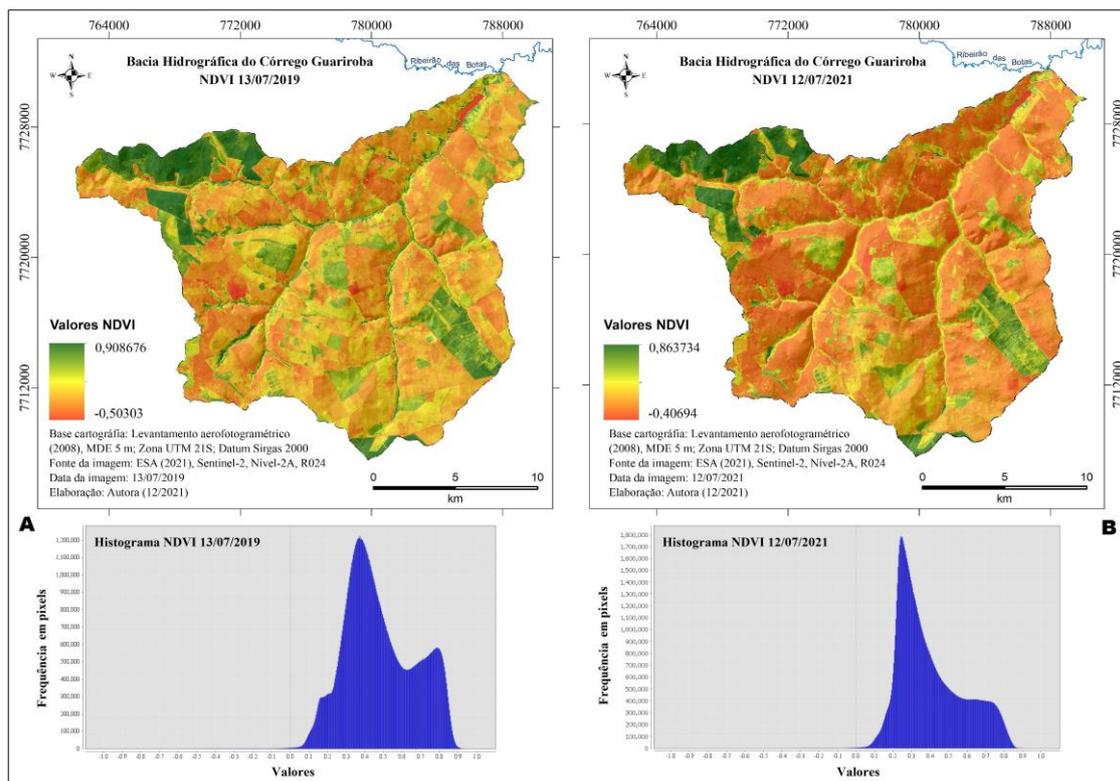
## Resultados

O recorte temporal (Figura 2) ilustra o vigor da vegetação em julho de 2019, e em julho de 2021 em situação de escassez hídrica. As imagens correspondem ao início da estação seca na região Centro-Oeste (CO). Em 13/07/2019 (Figura 2) os valores de NDVI variaram de  $-0,50$  a  $0,91$ , com média de  $0,45$  e desvio padrão de  $0,18$ . Em 12/07/2021 (Figura 2) os valores de NDVI variaram de  $-0,41$  a  $0,86$ , com média de  $0,35$  e desvio padrão de  $0,17$ . Para 2021, observa-se a partir da espacialização do NDVI e histograma com frequência de pixels que o vigor da vegetação estava muito abaixo do esperado para o período. Os valores negativos também demonstram que havia menos água armazenada nos reservatórios em 2021.

O predomínio de vegetação seca em áreas agrícolas (Figura 1C) no inverno está relacionado ao baixo volume de precipitação (Figura 4). Nas áreas de vegetação nativa, as fitofisionomias Cerradão, Mata Seca e Mata Ciliar são caracterizadas por diversos níveis de caducifolia durante a estação seca, dependentes das condições químicas, físicas e principalmente da profundidade do solo (RIBEIRO; WALTER, 2008). Segundo esses autores, a Mata Ciliar ocorre associada aos cursos de água, em terrenos bem drenados ou mal drenados. A Mata Seca e o Cerradão ocorrem nos interflúvios, em terrenos bem drenados.

Em 28/04/2021 (Figura 3A), final do período chuvoso, os valores de NDVI variaram de  $-0,79$  a  $0,93$ , com média de  $0,52$  e desvio padrão de  $0,20$ . Embora predomine na área baixos valores de NDVI (+), que correspondem ao baixo vigor da vegetação, observa-se o verdor da vegetação nativa ao longo dos cursos d'água, fragmentos florestais, e da vegetação composta pela espécie exótica eucalipto.

Figura 2. Índice de vegetação por diferença normalizada em 13/07/19 (A) e 12/07/21 (B)



Fonte: Autora, 2022.

Em 07/07/2021 (Figura 3B), estação seca na região, os valores variaram de  $-0,44$  a  $0,88$ , com média de  $0,38$  e desvio padrão de  $0,18$ . A partir do recorte temporal, abril e julho, é possível observar o decréscimo significativo no vigor da vegetação, tanto a nativa e exótica, quanto nas pastagens (Figura 1C). Em termos de água, a mudança de  $-0,794872$  para  $-0,441509$ , decorre da retração dos espelhos d'água.

Em 21/08/2021 (Figura 3C) os valores de NDVI variaram de  $-0,28$  a  $0,70$  com média de  $0,24$  e desvio padrão de  $0,12$ . Observa-se que o vigor da vegetação mantém a tendência de declínio, consequência da estiagem e geadas. Os maiores valores (verde) representam, predominantemente, a vegetação exótica composta por eucalipto. Em termos de lâmina d'água, a mudança de  $-0,441509$  para  $-0,28266$ , indica diminuição no volume de água armazenada nos reservatórios, tanto no grande (Guariroba) quanto nos pequenos. Conforme Nota do INMET (2021), entre 27/07 e 01/08 “uma intensa massa de ar frio predominou sobre o centro-sul do país e este sistema favoreceu o declínio

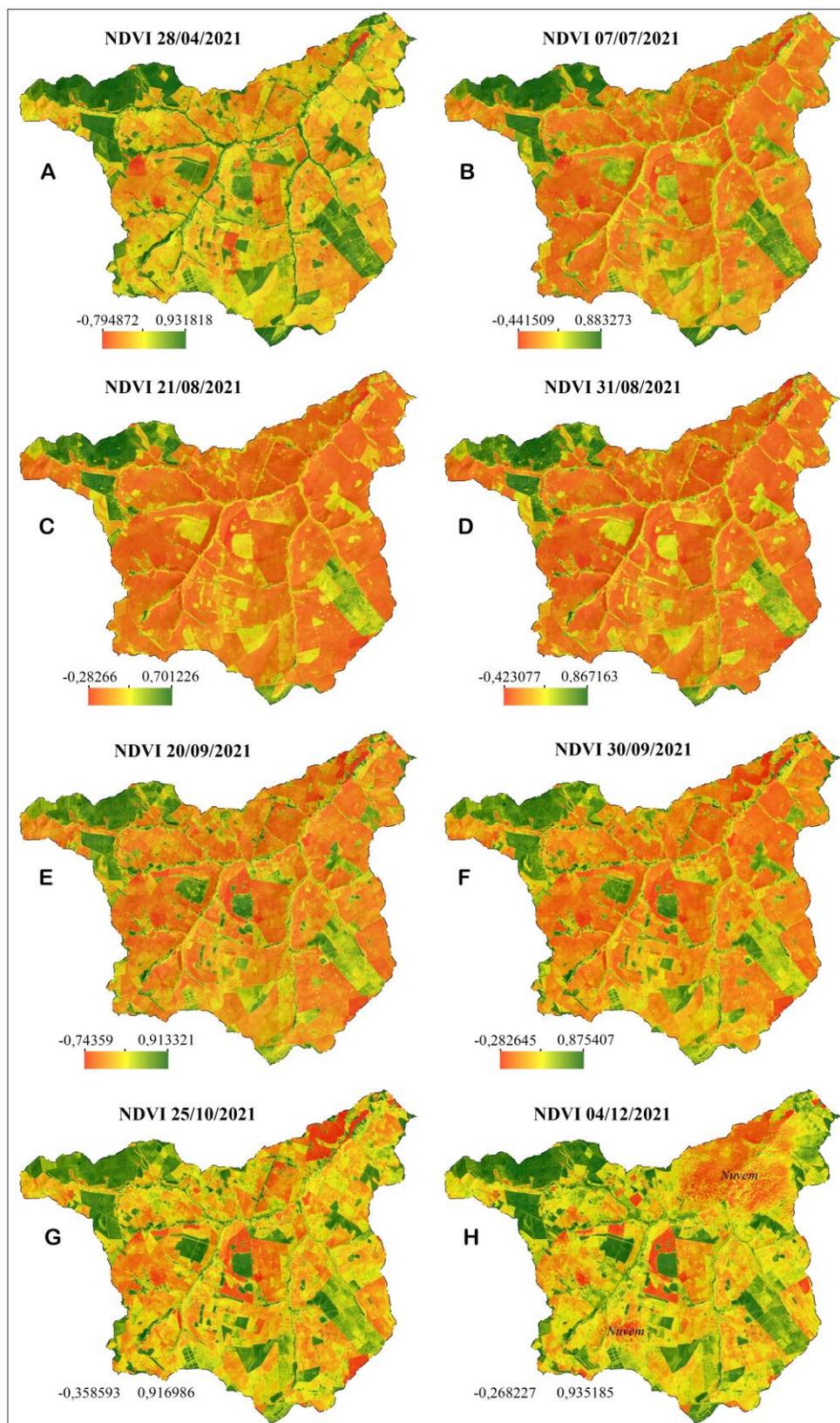
significativo das temperaturas do ar nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e também no sul e sudoeste da Amazônia Legal”. Na BH do Guariroba, as geadas também afetaram a vegetação ribeirinha, que são locais com melhores condições de umidade comparado aos demais compartimentos da vertente.

Em 31/08/2021 (Figura 3D) os valores de NDVI variaram de  $-0,42$  a  $0,87$  com média de  $0,30$  e desvio padrão de  $0,15$ . Observa-se que o valor máximo de NDVI aumentou em relação ao dia 21/08/2021. Esse aumento é consequência das precipitações dos dias 28/08 ( $30$  mm) e 29/08 ( $4,2$  mm), que influenciam o início da rebrota da vegetação. O valor mínimo, que em 21/08 era de  $-0,28$ , passou para  $-0,42$  indicando um pequeno aumento da lâmina d’água em função das precipitações. De modo geral, o vigor da vegetação está muito baixo, com cobertura morta, e a espécie exótica mostra-se menos afetada pela menor disponibilidade de água e geadas.

Em 20/09/2021 (Figura 3E) os valores de NDVI variaram de  $-0,74$  a  $0,91$  com média de  $0,36$  e desvio padrão de  $0,17$ . Observa-se que o valor máximo de NDVI aumentou em relação ao dia 31/08 e, a vegetação nativa, principalmente em fragmentos florestais, apresenta maior atividade fotossintética. A lâmina d’água nos reservatórios também apresenta aumento, resultado das precipitações dos dias 08/09 ( $0,40$  mm) e 09/09 ( $17,8$  mm).

Em 30/09/2021 (Figura 3F) os valores de NDVI variaram de  $-0,28$  a  $0,88$  com média de  $0,36$  e desvio padrão de  $0,17$ . O valor máximo de NDVI apresentou uma pequena diminuição em relação ao dia 20/09. Embora tenha chovido na sequência da derivação do índice de vegetação do dia 20/09 ( $0,40$  mm no dia 15/09,  $7,2$  mm em 26/09 e  $1,2$  em 28/09), esses valores estão abaixo do esperado. Além disso, os solos apresentam alta permeabilidade e a umidade antecedente estava muito baixa em função do longo período de seca, o que favorece a infiltração da água no solo. O mesmo comportamento é observado para os valores que representam os corpos d’água.

Figura 3. Índice de vegetação por diferença normalizada na bacia hidrográfica do córrego Guariroba no ano de 2021



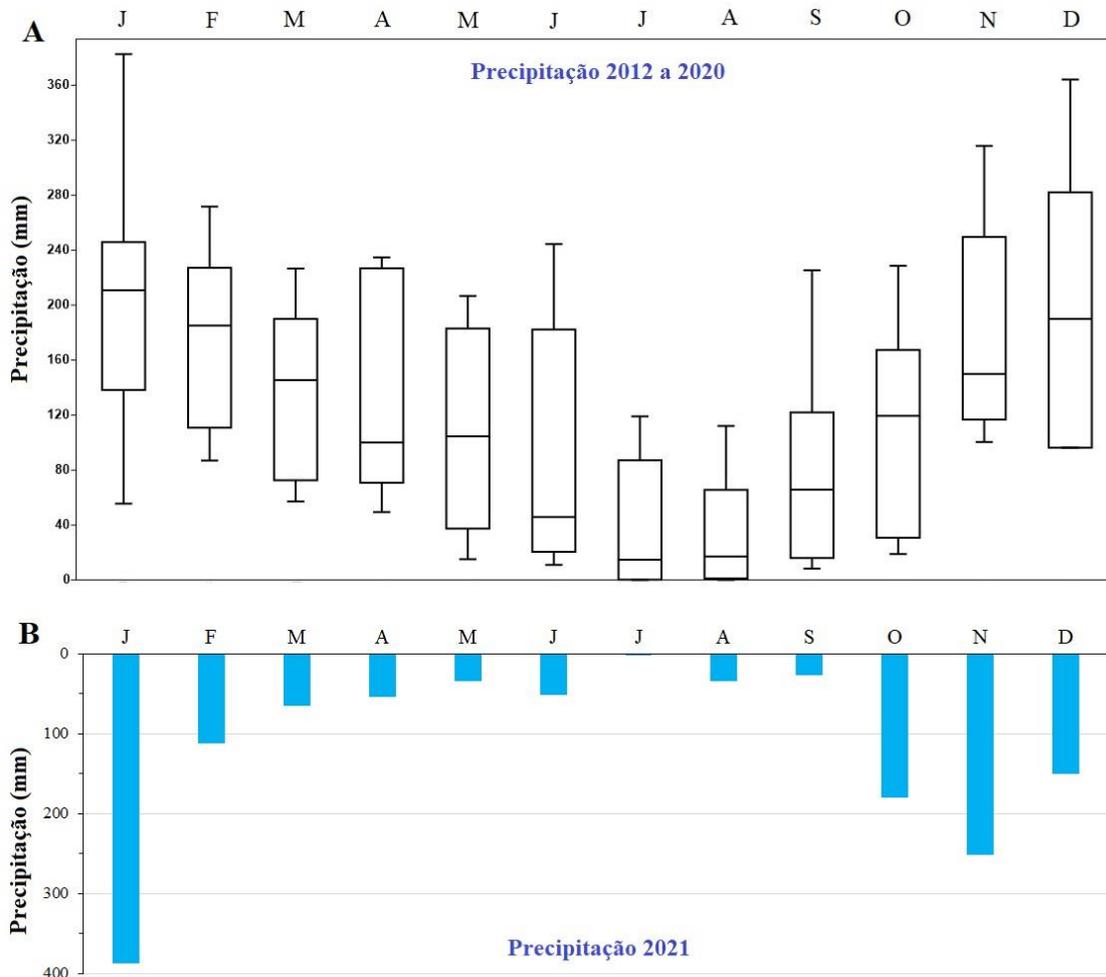
Fonte: Autora, 2022.

Em 25/10/2021 (Figura 3G) os valores de NDVI variaram de  $-0,36$  a  $0,92$  com média de  $0,46$  e desvio padrão de  $0,18$ . O valor máximo de NDVI aumentou em relação ao dia 30/09 e, a vegetação nativa, principalmente em fragmentos florestais e ao longo dos córregos, apresenta maior vigor, em resposta à rebrota da vegetação. A rebrota e emergência também é observada para as áreas de pastagens. A lâmina d'água nos reservatórios apresentou aumento em comparação a 30/09. O volume de precipitação entre os dias 30/09 e 25/10 foi de  $177$  mm, respectivamente nos dias 01 ( $1,2$ ), 02 ( $2,6$ ), 06 ( $20,4$ ), 07 ( $6,8$ ), 09 ( $5,4$ ), 10 ( $33,6$ ), 11 ( $4,0$ ), 14 ( $28,4$ ), 15 ( $1,8$ ), 16 ( $0,4$ ), 18 ( $3,2$ ) e 24 ( $68,4$  mm). Também é possível observar a partir de características lineares e polígonos, áreas de pastagens em recuperação ou renovação ou reforma.

De 25/10 a 30/12/21, todas as imagens disponíveis apresentavam nuvens e, a com menor cobertura de nuvem é a do dia 04/12 (Figura 3H). A precipitação acumulada entre 25/10 e 04/12 foi de  $277,6$  mm. Observa-se um pequeno aumento no valor máximo de NDVI, mostrando a resposta da vegetação ao fator climático precipitação. Nas pastagens também é possível observar o aumento no vigor da vegetação e áreas em recuperação, renovação ou reforma (polígonos com feições lineares). Contudo, os baixos valores de NDVI em áreas de pecuária, indicam pastagens degradadas e áreas em processo de arenização, como demonstrou o trabalho de Capoane (2021).

A Figura 4A mostra a precipitação mensal de Campo Grande para o intervalo de nove anos. A mediana indica que os dados possuem distribuição assimétrica e os meses de janeiro e dezembro são os que apresentam maior amplitude entre o valor mínimo e máximo. Os menores volumes de precipitação ocorrem nos meses de julho e agosto. Na Figura 4B é apresentada a precipitação mensal para Campo Grande no ano de 2021. Os valores de precipitação correlacionam-se com o vigor da vegetação apresentado na Figura 3.

Figura 4. Precipitação mensal no período entre 2012 e 2020 (A) e precipitação mensal em Campo Grande para o ano de 2021 (B)



Elaboração: Autora, 2022; Fonte dos dados: <https://www.cemtec.ms.gov.br/boletins-meteorologicos/>.

## Discussões

Inúmeros trabalhos mostram que os padrões de precipitação estão mudando, que as temperaturas estão subindo e que algumas áreas do planeta estão passando por mudanças na frequência e severidade de extremos climáticos, como chuvas fortes, secas, ondas de frio e calor, incêndios florestais e tempestades de poeira. Em trabalho desenvolvido por Lynas, Houlton e Perry (2021), os autores utilizaram um conjunto de

dados de 8.125 artigos relacionados ao clima publicados desde 2012 e examinaram aleatoriamente um subconjunto de 3.000 artigos. Os autores concluíram, com alta confiança estatística (superior a 99%), que há um consenso científico sobre as mudanças climáticas contemporâneas causadas pelos humanos, com tendência de aquecimento do clima no século passado. Fato também constatado no relatório do *Anthropocene Working Group* (AWG, 2021).

As mudanças climáticas impactam os ecossistemas terrestres e aquáticos em todas as regiões do planeta e, para a América Latina e Caribe, Rayer et al. (2017) demonstraram que o volume das geleiras andinas está diminuindo substancialmente. Para a América Central, sul da bacia amazônica e sul da América do Sul os autores projetam que o escoamento fluvial seja reduzido, enquanto a vazão pode aumentar na bacia amazônica ocidental e nos Andes na estação chuvosa.

As alterações na concentração atmosférica de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono e metano, também alteram a química e a temperatura dos oceanos, constituindo na maior ameaça global aos ecossistemas de recifes de coral (HOEGH-GULDBERG, 2011). O trabalho de Eccles et al. (2020) mostra que as zonas costeiras e planícies de inundação também serão impactadas pelo aumento no nível dos oceanos e mares.

No Brasil, dada a sua dimensão continental, períodos de estiagens ocorrem em todas as regiões, mesmo nas de climas úmidos, em decorrência da sazonalidade climática e do dinamismo dos processos geradores de pluviosidade. Entretanto, as mudanças climáticas antropogênicas resultantes da queima de combustíveis fósseis, desmatamento, mudanças no uso e cobertura da terra, atividades agropecuárias mal manejadas, drenagem de áreas úmidas, construção de barragens, dentre outras, estão diminuindo o tempo de recorrência de eventos climáticos extremos. Dados do MapBiomas água (2021), mostram a retração de 15,7% da superfície coberta com água no país no período entre 1990 e 2020. A tendência de perda de superfície de água foi observada em todas as regiões hidrográficas brasileiras.

Incêndios florestais, que também impactam o clima, a biodiversidade, o solo, água, e a saúde dos seres vivos, têm aumentado a ocorrência e, em abril de 2020, o

número de alertas de incêndio em todo o mundo aumentou 13% em relação ao ano anterior (WWF, 2020). O tempo mais quente e seco, com ondas de calor recorrentes e secas, são os principais responsáveis pelo aumento na incidência de incêndios florestais. Conforme relatório da WWF EU (2020), se a tendência atual continuar, haverá consequências devastadoras a longo prazo, pois um número maior de incêndios mais intensos irá liberar milhões de toneladas extras de carbono, dizimar a biodiversidade, destruir ecossistemas vitais, impactar economias e pessoas, ameaçar propriedades e meios de subsistência, e causar graves problemas de saúde de longo prazo em todo o mundo. Para o Brasil, o MapBiomass fogo (2021), mostrou que nos últimos 20 anos, 1,5 milhão km<sup>2</sup>, ou cerca de 17,5% do território, queimou pelo menos uma vez. A maior parte da área, 68%, estava coberta por vegetação nativa, enquanto 32% eram usadas para agropecuária, incluindo atividades como limpeza de pasto, roçado e terrenos recém-desmatados. O Cerrado, contexto do presente trabalho, foi o bioma mais afetado pelo fogo. Para o bioma Amazônia, a área total queimada em 20 anos foi de 28,7% e, em relatório divulgado pelo INPE em 18/11/2021, a estimativa da taxa de desmatamento para os nove estados da Amazônia Legal Brasileira foi a maior que a dos últimos 15 anos, sendo a invasão de terras públicas a principal causa de desmatamento.

As terras públicas no Brasil correspondem a 36,1% das áreas autodeclaradas no Cadastro Ambiental Rural (44,2% são privadas, 3,1% correspondem às áreas urbanas e massas de água e 16,6% não possuíam registros ou têm posse desconhecida) (SPAROVEK et al., 2019). Segundo esses autores, a extensão de sobreposições entre as categorias de posse da terra e as áreas sem registro evidenciam as fragilidades na posse da terra, o que provoca disputas que resultam em desmatamento e violência. Para Reydon; Fernandes; Telles (2020), a invasão de terras públicas tem como pano de fundo o poder político dos interesses privados que pressionam os reguladores a deixar as terras públicas sem registro, a fim de permitir a posterior apropriação privada dessas terras sem custo. O desmatamento também tem aumentado em resposta à governança ambiental que estimula a apropriação ilegal de terras públicas (BRITO et al., 2019), que no atual governo, tornou-se muito pior, pois “o Estado foi colocado explicitamente a serviço da grilagem e da legalização das terras públicas roubadas” (BRUM, 2021, pg. 165); a mineração ilegal e agronegócio dentro de territórios indígenas é incentivada (FERRANTE; FEARNSSIDE, 2019); áreas protegidas foram desclassificadas

(ROCHEDO et al., 2018); projetos de infraestrutura como novas estradas estão sendo abertas ou pavimentadas (VILELA et al., 2020); inúmeros projetos de barragens para a produção de energia hidrelétrica foram aprovados (ATKINS, 2020); e a mineração também avança na Amazônia (SONTER et al., 2017), com participação ativa de parlamentares e ministros (BRUM, 2021).

Na bacia hidrográfica do rio Paraná, onde a área de estudo do presente trabalho está inserida, o Sistema Nacional de Meteorologia (SNM) emitiu Nota Conjunta em 27 de maio de 2021, assinada pelo Instituto Nacional de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia, com Alerta de Emergência Hídrica associado à escassez de precipitação para a região hidrográfica da bacia do rio Paraná (INPE, 2021).

O colapso hídrico em curso na bacia hidrográfica do rio Paraná e agravamento das condições de seca severa na última década, como demonstrado em trabalho de Marengo et al. (2022), pode estar relacionado com a mudança do uso da terra para a expansão do agronegócio na zona de transição entre a Amazônia e Cerrado e, com as mudanças climáticas antropogênicas. Para esses autores, se o cenário atual persistir, isso pode acabar com *boom* do agronegócio e colocar em risco a segurança alimentar e a economia brasileira.

Além do colapso climático, também está em curso a sexta grande extinção em massa, que desafia os meios de subsistência humanos. Há evidências de que a saúde humana, as infraestruturas costeiras e os sistemas de energia também já estão sendo afetados negativamente (LYNAS; HOULTON; PERRY, 2021). Mesmo que a espécie humana pare de emitir todos os gases de efeito estufa, o aquecimento global e as mudanças climáticas continuarão a afetar as gerações futuras. Por isso, como menciona Nobre (2014) no relatório “O futuro climático da Amazônia”, estamos próximos ao ponto de não retorno e é preciso um esforço de guerra para minimizar os efeitos das mudanças climáticas. Para ele, a implementação eficaz das medidas de mitigação depende de políticas e cooperação em todas as escalas.

Na bacia hidrográfica córrego Guariroba, embora tenha iniciado o período de chuvas na região, o que para os céticos do aquecimento global é uma prova de que o

colapso climático não existe, a situação é crítica, e dado o contexto de degradação ambiental e mudanças climáticas, a seca e tempestades de poeira que ocorreram na região centro-oeste e sudeste do Brasil em 2021, tendem a se intensificar nos próximos anos.

## Considerações finais

Este trabalho constituiu uma tentativa de fornecer mais informações sobre o vigor da vegetação do Cerrado e sua dinâmica à luz das mudanças climáticas antropogênicas. Os resultados obtidos mostram que o vigor da vegetação da BH do córrego Guariroba reflete o ciclo anual de padrões climáticos e as características de temperatura e precipitação da região centro-oeste. Contudo, para o ano de 2021, o vigor da vegetação foi severamente impactado em resposta à seca e às geadas. No contexto de degradação ambiental existente na área e das mudanças climáticas, o cenário de 2021 (seca, geadas e tempestades de poeira) tende a se repetir e se agravar nos próximos anos.

## Referências

- ABBAS, S.; NICHOL, J. E.; FISCHER, G. A. Mapping and assessment of impacts of cold and frost on secondary forest in the marginally tropical landscape of Hong Kong. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 232, p. 543-549, 2017.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- AWG. Anthropocene Working Group. **Newsletter of the Anthropocene Working Group**. 2020. Disponível em: <http://quaternary.stratigraphy.org/wp-content/uploads/2021/03/AWG-Newsletter-2020-Vol-10.pdf>. Acesso: 10 dez. 2021.
- ATKINS, E. Contesting the 'greening' of hydropower in the Brazilian Amazon. **Political Geography**, [S.l.], v. 80, 102179, p. 1-10, 2020.
- BRASIL. **Lei Federal n. 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso: 22 nov. 2021.

BRITO, B. et al. Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, [S./l.], v. 14 064018, p. 1-8, 2019.

BRUM, E. **Banzeiro Òkòtó**: Uma viagem à Amazônia centro do mundo. São Paulo: Companhia das Letras, 2021.

CAPOANE, V. Classificação automatizada do relevo da bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande - MS. In: SANTOS, G. B.; FELIPPE, M. F.; MARQUES NETO, R. (Org.). XIII SINAGEO: **Geomorfologia**: complexidade e interesclaridade da paisagem. São José dos Campos: Comum Design, 2022, p. 2020-2030.

CAPOANE, V. Mapeamento dos pequenos reservatórios e análise dos impactos ambientais associados na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande - MS. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 39, e51688, p. 1-23, 2021.

CAPOANE, V. Implicações da resolução e fonte de modelos altimétricos na análise quantitativa de atributos geomorfométricos para bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S./l.], v. 13, p. 2417-2432, 2020.

CAPOANE, V. Susceptibilidade a erosão na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Acta Brasiliensis**, [S./l.], v. 3, n. 2, p. 49-55, 2019.

CAMPO GRANDE (Município). **Decreto n. 7.183, de 21/09/1995**. Campo Grande, 1995. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/planurb/downloads/decreto-n-7-183-de-21-de-setembro-de-1995-institui-a-area-de-protecao-ambiental-dos-mananciais-do-corrego-guariroba-apa-do-guariroba/> . Acesso: 11 agos. 2019.

CAMPO GRANDE (Município). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Guariroba – APA do Guariroba**. Campo Grande, 2008. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/planurb/downloads/plano-de-manejo-da-area-de-protecao-ambiental-dos-mananciais-do-corrego-guariroba-apa-do-guariroba/>. Acesso: 11 agos. 2021.

CAMPO GRANDE (Município). **Plano de manejo Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Guariroba – APA do Guariroba – revisão**. 2020. Portaria Planurb n.2, de 19 de março de 2021. Diogrande n.6.240, de 19 de março de 2021. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/planurb/downloads/plano-de-manejo-area-de-protecao-ambiental-dos-mananciais-do-corrego-guariroba-apa-do-guariroba-1a-revisao/>. Acesso: 11 jul. 2021.

CEMTEC. Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de MS. **Banco de dados**. Disponível em: <https://www.cemtec.ms.gov.br/boletins-meteorologicos/> Acesso: 11 agos. 2021.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Situação atual e previsão hidrometeorológica para a bacia do rio Paraná**. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/wp->

content/uploads/2021/06/NotaTecnica\_BaciaParana\_2021\_Maio31.pdf. Acesso: 11 agos. 2021.

DU, Y. et al. Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. **Remote Sensing**, [S./l.], v. 8, n. 4, p. 1-19, 2016.

ECCLES, R. et al. Impacts of climate change on streamflow and floodplain inundation in a coastal subtropical catchment. **Advances in Water Resources**, [S./l.], v. 147, 103825, p. 1-15, 2020.

ESA. European Space Agency. **SENTINEL-2 User Handbook**. Revision 2; ESA Standard Document; ESA: Paris, France, 2015.

FERRANTE, L.; FEARNSIDE, P. M. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. **Environmental Conservation**, [S./l.], v. 46, p. 261-3, 2019.

HAMMER, O.; HARPER, D. A.; RYAN, P. D. **PAST - Paleontological Statistics versão 4.0.3**. 2021. Disponível: <<http://www.folk.uio.no/ohammer/past>>. Acesso: 10 fev. 2021.

ESA. European Spatial Agency. Sentinel Application Platform – **SNAP Desktop implementation version 8**. 2021. Disponível em: <<http://step.esa.int/main/download/snappdownload/>>. Acesso em: 11 jan 2021.

ESA. European Spatial Agency. **Copernicus Open Access Hub**. Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Acesso em: nov. 2021.

GESSESSE, A. A.; MELESSE, A. M. Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. **Extreme Hydrology and Climate Variability**, p. 81-92, 2019.

HOEGH-GULDBERG, O. The Impact of Climate Change on Coral Reef Ecosystems. In: DUBINSKY, Z.; STAMBLER, N. (Org.). **Coral Reefs: An Ecosystem in Transition**, 2011. p. 391-403. [https://www.researchgate.net/publication/226289185\\_The\\_Impact\\_of\\_Climate\\_Change\\_on\\_Coral\\_Reef\\_Ecosystems](https://www.researchgate.net/publication/226289185_The_Impact_of_Climate_Change_on_Coral_Reef_Ecosystems)

HENDRICKS, D. M. Maps in Environmental Monitoring. In: ARTIOLA, J.F.; PEPPER, I. L; BRUSSEAU, M. L. (Org). **Environmental Monitoring and Characterization**, 2004. p. 69-84.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2020**. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2020/estimativa\\_dou\\_2020.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/estimativa_dou_2020.pdf). Acesso: 22 nov. 2021.

INMET / SNM. Instituto Nacional de Meteorologia / Sistema Nacional De Meteorologia. **Levantamento da onda de frio que atuou sobre o Brasil no final de julho de 2021**. Disponível em:

[https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/LEVANTAMENTO\\_MASSA-DE-AR-FRIO-FINAL-DE-JULHO\\_vCGMADP.pdf#page=1&zoom=auto,-100,842](https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/LEVANTAMENTO_MASSA-DE-AR-FRIO-FINAL-DE-JULHO_vCGMADP.pdf#page=1&zoom=auto,-100,842).

Acesso: 11 nov. 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Nota conjunta INMET / INPE / CENSIPAM**. 2021. Disponível em:

[http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/NOTA\\_Emergencia\\_Hidrica\\_v05.pdf](http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/NOTA_Emergencia_Hidrica_v05.pdf) Acesso: 22 nov. 2021.

LYNAS, M.; HOULTON, B. Z.; PERRY, S. Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature. **Environmental Research Letters**, [S.l.], v. 16, n. 11, p. 1-8, 2021.

MapBiomas. **Superfície de água no Brasil reduz 15% desde o início dos anos 90**.

Disponível em: <https://mapbiomas.org/superficie-de-agua-no-brasil-reduz-15-desde-o-inicio-dos-anos-90>. Acesso: 19 nov. 2021.

MARENGO, J. A. et al. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. **Scientific Reports**, [S.l.], v. 12, n. 457, p. 1-10, 2022.

MOTTA, P. E. F. da et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Município de Campo Grande, MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. São José dos Campos, SP: ARA: CCST-INPE: INPA, 2014.

OLIVEIRA, A. K. et al. Avaliação multitemporal das paisagens da Área De Proteção Ambiental (APA) dos mananciais do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, por meio de imagens de satélites. **Ra’e Ga**, Curitiba, v. 42, p. 8-20, 2017.

REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, [S.l.], v. 94, p. 1-13, 2020.

REYER, C. P. O. et al. Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. **Regional Environmental Change**, [S.l.], v. 17, p. 1601-1621, 2017. DOI 10.1007/s10113-015-0854-6

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado**: ambiente e flora. Embrapa Cerrados. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. P. 151-212.

ROCHEDO, P. R. et al. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil **Nature Climate Change**, [S.l.], v. 8, p. 695-8, 2018.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

SANO, E. E. et al. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, [S./l.], v. 232, p. 818-828, 2019.

SONTER, L. J. et al. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, [S./l.], v. 8, p. 1–7, 2017.

SPAROVEK, G. et al. Who owns Brazilian lands? **Land Use Policy**, [S./l.], v. 87, 104062, p. 1-3, 2019.

TRANCOSO, R. Changing Amazon deforestation patterns: Urgent need to restore command and control policies and market interventions. **Environmental Research Letters**, [S./l.], v. 16, n. 4, p. 1-6, 2021.

VILELA, T. et al. A better Amazon road network for people and the environment. A better Amazon road network for people and the environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S./l.], v. 117, n. 113, 7095-7102, 2020.

WWF EU. World Wide Fund for Nature Europe. **Fires, forests and the future: a crisis raging out of control?** 2020. Disponível em: [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/wwf\\_fires\\_forests\\_and\\_the\\_future\\_report.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/wwf_fires_forests_and_the_future_report.pdf). Acesso: 05 dez. 2021.

ZHONG, K. et al. Dynamic changes in temperature extremes and their association with atmospheric circulation patterns in the Songhua River Basin, China. **Atmospheric Research**, [S./l.], v. 190, p. 77-88, 2017.

---

#### Autora

---

**Viviane Capoane** – É Graduada em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestre em Ciência do Solo pela UFSM e Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Paraná. Atualmente é Professora no Curso de Geografia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Campo Grande.

**Endereço:** Avenida Dom Antônio Barbosa, 4155 - Vila Santo Amaro, Campo Grande - MS, 79115-898.

---

**Artigo recebido em: 30 de dezembro de 2021.**

**Artigo aceito em: 25 de setembro de 2022.**

**Artigo publicado em: 28 de setembro de 2022.**