

## Análise do NDVI nos municípios de Canudos, Jeremoabo e Uauá (Setor Sul Do Polo Jeremoabo – Bahia) como subsídio à caracterização do uso do solo e cobertura vegetal

Maiara Cruz Menezes<sup>1</sup> João Henrique Moura Oliveira<sup>2</sup> Daniel de Oliveira Souza Freitas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Discente do curso de Licenciatura em Geografia – Universidade Estadual de Feira de Santana; Bolsista no Programa de Iniciação Científica (FABESB) (\*Autor correspondente: maymenez2017@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Assistente B – Dr. – (DCHF-UEFS); Docente dos Cursos de Bacharelado e Licenciatura em Geografia - Universidade Estadual de Feira de Santana – (jhmoura@uefs.br)

<sup>3</sup> Discente do curso de Licenciatura em Geografia – Universidade Estadual de Feira de Santana; Bolsista no Programa de Iniciação Científica (PROBIC-UEFS) (daniel020501freitas@gmail.com)

Histórico do Artigo: Submetido em: 20/04/2023 – Revisado em: 12/06/2023 – Aceito em: 07/07/2023

### RESUMO

A caracterização do uso do solo e da cobertura vegetal do Polo Jeremoabo é fundamental para identificar áreas marcadas pela intensa ação agropecuária que tem causado pressão sobre o bioma local, que no caso é a Caatinga. Portanto, o objetivo deste trabalho é calcular o NDVI para caracterizar o uso do solo e a cobertura vegetal dos municípios de Canudos, Jeremoabo e Uauá, pertencentes ao setor sul do Polo Jeremoabo, localizado em uma Área Suscetível à Desertificação (ASD), uma região fragilizada pela ocupação e uso acelerado e predatório do solo. Para isso, foram utilizadas ferramentas fundamentais de sensoriamento remoto e geotecnologias, que permitiram a aquisição de dados de forma relativamente simples e econômica, coletados e processados gratuitamente, tornando-os mais acessíveis. As imagens de satélite utilizadas foram do CBERS 4, câmera PAN 10 metros, com o objetivo de avaliar o vigor vegetativo a partir das variações dos valores de NDVI dos municípios em uma série temporal de três anos: 2019, 2020 e 2021. Grande parte da área apresentou valores relativamente baixos, denotando uma fragilidade na recuperação da atividade fotossintética da vegetação. Dessa forma, os resultados obtidos podem contribuir para o desenvolvimento de ações mais efetivas de gestão e conservação do solo e da vegetação, além de fornecer informações importantes para a conscientização da sociedade e do poder público sobre a importância da preservação da Caatinga e da prevenção da desertificação nessa região.

**Palavras-Chaves:** Desertificação, NDVI, Caatinga.

### Analysis of the NDVI in the municipalities of Canudos, Jeremoabo and Uauá (Setor Sul do Polo Jeremoabo – Brazil) as a subsidy to characterization of land use and vegetation cover

### ABSTRACT

The characterization of land use and vegetation cover at the Polo de Jeremoabo is essential to identify areas marked by intense agricultural activity that has caused pressure on the local biome, which in this case is the Caatinga. Therefore, the objective of this work is to calculate the NDVI to characterize the land use and vegetation cover of the municipalities of Canudos, Jeremoabo and Uauá, belonging to the southern sector of the Polo de Jeremoabo, located in an Area Susceptible to Desertification (ASD), a region weakened by the occupation and accelerated and predatory use of the soil. For this, fundamental tools of remote sensing and geotechnologies were used, which allowed the acquisition of data in a relatively simple and economical way, collected and processed free of charge, making them more accessible. The satellite images used were from the CBERS 4, PAN 10-meter resolution, with the objective of evaluating the vegetative vigor from the variations of the NDVI values of the municipalities in a three-year time series: 2019, 2020 and 2021. The area presented relatively low values, denoting a fragility in the recovery of the photosynthetic activity of the vegetation. In this way, the results obtained can contribute to the development of more effective actions for the management and conservation of the soil and vegetation, in addition to providing important information for raising the awareness of society and public authorities about the importance of preserving the Caatinga and preventing desertification in this region.

**Keywords:** Desertification, NDVI, Caatinga.

Menezes, M. C., Oliveira, J. H. M., Freitas, D. O., (2023). Análise do NDVI nos municípios de Canudos, Jeremoabo e Uauá (Setor Sul Do Polo Jeremoabo – Bahia) como subsídio à caracterização do uso do solo e cobertura vegetal.

Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto., v.4, n.2, p.21-38.



## 1. Introdução

O conhecimento do uso da terra é fundamental para garantir a sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas que estão relacionadas ao desenvolvimento sustentável (IBGE, 2013). Portanto, torna-se indispensável a caracterização da cobertura vegetal e do uso do solo, a fim de identificar possíveis ações antrópicas predatórias que contribuam para a degradação do meio ambiente.

À medida que a sociedade se desenvolve tecnologicamente, uma pressão cada vez maior é exercida sobre os recursos naturais, ocasionando problemas ambientais. A humanidade apresenta uma relação exploratória e degradadora desses recursos (Nascimento, 2012), o que pode ser exemplificado pela desertificação.

A desertificação é constituída pela degradação dos recursos naturais, que resulta no ressecamento dos solos e na destruição da cobertura vegetal em zonas climáticas áridas e subúmidas secas (Nascimento, 2012). Isso leva à escassez de água e de organismos vivos, principalmente vegetais, além da perda da capacidade de regeneração dos mesmos (Conti, 2008). Trata-se de um assunto alarmante que merece atenção da sociedade em relação à ação humana, a fim de evitar problemas climáticos no futuro.

O uso das geotecnologias, bem como softwares de geoprocessamento e o sensoriamento remoto, são ferramentas imprescindíveis para realizar pesquisas nessa área. Os dados gerados pelo sensoriamento remoto, como fotografias aéreas e imagens de satélite, podem ser correlacionados com a cobertura da terra e usados para mapear o tema ou variável ambiental em investigação (IBGE, 2013).

Segundo Ponzoni (2002), os estudos relacionados à vegetação envolvem a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, que se baseiam na compreensão da “aparência” que uma determinada cobertura vegetal assume em um certo produto de sensoriamento remoto, a qual é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais.

Por meio do geoprocessamento de imagens obtidas pelo sensoriamento remoto, é possível produzir índices físicos de vegetação. Esses índices são baseados na divisão de bandas com o objetivo de realçar as variações de densidade da cobertura vegetal (MENESES, 2012). Na área de estudo em questão, foi utilizado o NDVI (Índice de Vegetação por diferença normalizada), que é calculado pela diferença e soma entre as bandas do infravermelho próximo e do vermelho, resultando em valores que variam de -1 a +1 (Menezes, 2012). Esses dados possibilitam investigar diversos aspectos da vegetação, como a medida do índice de área foliar, a determinação da porcentagem de cobertura do solo e a estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (Menezes, 2012).

Portanto, o objetivo principal deste trabalho foi caracterizar a cobertura vegetal e o uso do solo nos municípios do Setor Sul do Polo Jeremoabo – BA (Canudos, Jeremoabo e Uauá) a partir do computo e análise do Índice da Diferença Normalizada (Normalized Difference Normalized Index – NDVI) a fim de apontar, mesmo que forma preliminar verificar áreas potencialmente susceptíveis aos processos de desertificação. Consorciada à esta ação geral de pesquisa procedeu-se ações específicas tais como apresentar e descrever os principais dados de precipitação pluviométrica das estações INMET, quantificar as classes de NDVI em (1) Pouquíssima ou nenhuma biomassa, (2) Pouca Biomassa, (3) Razoável quantidade de biomassa e (4) Boa quantidade de biomassa (Lobão; Silva, 2013) a fim de inferir preliminarmente setores potencialmente susceptíveis aos processos de desertificação nos municípios foco deste estudo.

Procurando identificar as suas causas, através de imagens de satélites e softwares de geoprocessamento disponibilizados gratuitamente, onde foi aplicado técnicas de analisar as características espectrais das imagens de satélite através de técnicas de Processamento Digital Imagens (PDI); Mapear e quantificar o uso e cobertura vegetal, a utilizando índices físicos de NDVI e técnicas de classificação de imagens. Verificar a relação dos padrões de uso do solo às áreas potencialmente susceptíveis ao processo de desertificação e criar um banco de dados geográficos a partir dos produtos gerados

## 2. Material e Métodos

### Área de Estudo

A área de estudo corresponde aos municípios de Canudos, Jeremoabo e Uauá, que estão localizados no setor sul do Polo de Desertificação de Jeremoabo-BA (Figura 1).

**Figura 1** – Mapa de localização do Setor Sul do Polo Jeremoabo



Fonte: Base planimétrica IBGE, (2020)

Este polo é composto por 13 municípios: Antas, Canudos, Chorrochó, Coronel João Sá, Glória, Jeremoabo, Macururé, Novo Triunfo, Paulo Afonso, Pedro Alexandre, Rodelas, Santa Brígida e Uauá. A vegetação predominante é a caatinga e o clima é semiárido. A região tem passado por alterações devido à ocupação humana e suas atividades predatórias, o que pode estar contribuindo para a deflagração da vegetação local (Guimarães; Lobão, 2013).

### 2.1 Materiais

Foram adquiridas imagens da câmera Pancromática Multiespectral (PAN) a bordo do satélite CBERS-4, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de 10 m, datum SIRGAS 2000 24 S e formato GEOTIFF. Para complementar as informações de satélite, foram coletados dados de precipitação mensal do INMET, correspondentes aos anos de 2019, 2020 e 2021, de estações próximas à área de estudo do setor sul do polo Jeremoabo, que abrange os municípios de Canudos, Jeremoabo e Uauá.

## 2.2 Procedimentos metodológicos

Após a obtenção dos dados, a etapa seguinte consistiu no pré-processamento e processamento das imagens utilizando o software livre QGIS 2.18. Esse software permitiu a execução de operações como a aplicação de composição colorida, realce e correção de efeitos atmosféricos, além do cálculo de radiância e reflectância. Também foi possível aplicar índices físicos, como o NDVI, que são importantes para a análise da vegetação na área de estudo

### 2.2.1 Composição colorida

O pré-processamento das imagens adquiridas foi realizado através do recorte proporcional à base planimétrica referente aos municípios escolhidos. Em seguida, foi executada a composição colorida dessas imagens, com organização padronizada das bandas 2 (0,52 - 0,59  $\mu\text{m}$ ), 3 (0,63 - 0,69  $\mu\text{m}$ ) e 4 (0,77 - 0,89  $\mu\text{m}$ ), seguindo a ordem R4G3B2 (onde R: vermelho, G: verde e B: azul). Os realces das composições coloridas foram ajustados com os seguintes parâmetros: brilho: -4, gama: 1,20, contraste: 12 e saturação: 13. Em seguida, foi aplicada a extensão do histograma local, que proporcionou uma melhor visibilidade dos objetos presentes nas cenas.

### 2.2.2 Cálculo de Radiância

O próximo passo foi selecionar as bandas de vermelho (banda 3) e infravermelho próximo (banda 4) em níveis de cinza ou ND (Número Digital), que, segundo Nascimento et al. (2020), "o ND é definido como a intensidade do pixel, tendo sua amplitude variando de acordo com a resolução radiométrica do sensor". As imagens em ND foram convertidas para valores de radiância. Para realizar os cálculos de radiância espectral (Nascimento et al., 2020), foi aplicada a seguinte fórmula:

$$L\lambda = R_{max} - R_{min} / ND_{max} - DN_{min} (ND - ND_{min}) + L_{min} \quad (1)$$

Onde:

$L\lambda$ : é a radiância espectral;

$R_{max}$  e  $R_{min}$ : São constantes de calibração do sensor;

$ND$ : É o número digital dos pixels

$ND_{max}$  e  $DN_{min}$ : São valores máximos e mínimos que o ND pode alcançar;

No entanto, para obter dados de radiância espectral das bandas da câmera PAN, é necessário considerar outros parâmetros de calibração. Segundo o INPE (2021), a câmera PAN apresenta boa linearidade, permitindo que os coeficientes absolutos de calibração sejam calculados por regressão linear. Portanto, a fórmula utilizada para a calibração absoluta ou cálculo da radiância (INPE, 2021) é a seguinte:

$$L = ND - b / a \quad (2)$$

Onde:

$L$  = Radiância espectral

$ND$  = nível de cinza da imagem

' $b$ ' e ' $a$ ' = coeficientes de calibração

### 2.2.3 Cálculo de reflectância

Logo após a obtenção dos dados de radiância, foram realizados os cálculos de reflectância monocromática com base no método descrito por Pinto et al. (2016).

$$\rho_{\lambda} = \pi(L_{\max} - L_{\min} / ND_{\max}) \cdot (ND) + L_{\min} / E_{\lambda} \cdot \text{sen}(z) \cdot d \quad (3)$$

Onde:

$\rho_{\lambda}$  = reflectância monocromática

$L_{\lambda}$  é a radiância espectral monocromática (W/m<sup>2</sup>.sr.μm);

$d$  = inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol em unidades astronômicas;

$z$  = ângulo solar zenital (graus) no momento da aquisição da imagem;

$\lambda$  = irradiância solar média no topo da atmosfera (mW/cm<sup>2</sup>.Ω.μm)

### 2.2.4 Cálculo de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

Depois de gerar os dados de reflectância e radiância, foi possível realizar o cálculo de índices físicos, incluindo o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). O NDVI produz valores que variam de -1,0 a +1,0, onde os valores positivos representam a presença de vegetação e os valores negativos indicam superfície sem vegetação (JENSEN, 2009). O NDVI é calculado da seguinte forma, conforme Nunes et al. (2019):

$$NDVI = (P_{nir} - P_{red}) / (P_{nir} + P_{red}) \quad (4)$$

Onde:

$P_{nir}$  = Banda 4 - infravermelho próximo

$P_{red}$  = Banda 3 - do vermelho.

## 3. Resultados e Discussão

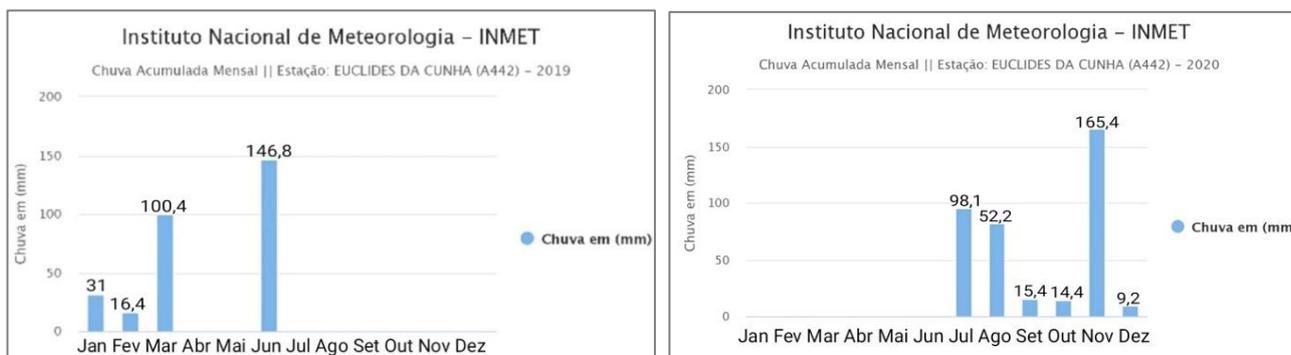
### 3.1 Análise dos índices pluviométricos no Polo Jeremoabo

Dias (2017) aponta que "as mudanças sazonais na disponibilidade de recursos naturais podem influenciar tanto no crescimento quanto na senescência da vegetação, alterando as taxas de acúmulo de biomassa". Logo, os índices pluviométricos se tornam indicadores importantes para avaliar o vigor vegetativo.

Para isso, foram selecionadas, por meio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cinco estações pluviométricas localizadas próximas ou dentro do Polo Jeremoabo, datadas entre os anos de 2019, 2020 e 2021. São elas: Euclides da Cunha - BA (A442), Floresta - PE (A351), Jeremoabo - BA (A450), Piranhas - AL (A371) e Senhor do Bonfim - BA (A428).

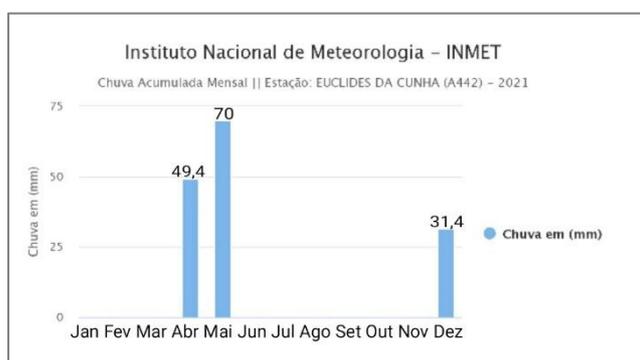
A estação Euclides da Cunha - BA (A442), localizada ao sul do Polo, apresentou o segundo maior acúmulo de chuvas anual em 2019 (Gráfico 1), com um total de 264,6 mm. O mês de junho registrou a maior taxa pluviométrica mensal, com 146,8 mm, enquanto os meses de abril, maio, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro foram os mais secos, com precipitação nula.

**Gráficos: 1 - Chuva acum. mensal E. Euclides da Cunha (2019); 2 - Chuva acum. mensal. E. Euclides da Cunha (2020)**



**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

**Gráfico 3 - Chuva acum. mensal E. Euclides da Cunha (2021)**



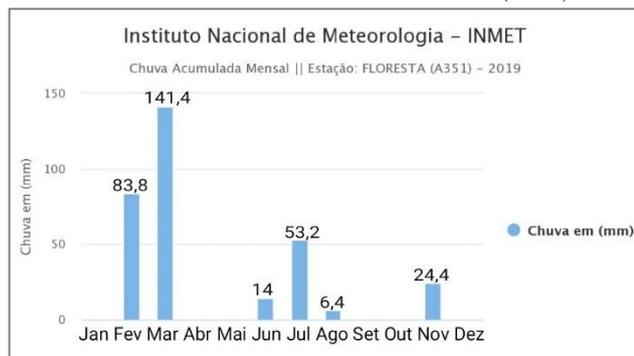
**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Em 2020 (Gráfico 2), ocorreu a maior taxa de precipitação pluviométrica anual, totalizando 354,7 mm. O mês de novembro registrou o maior acúmulo de chuva mensal, enquanto janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho foram os meses mais secos, sem registro de precipitação.

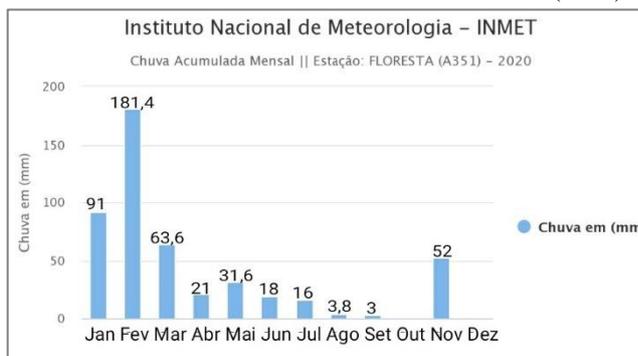
Já em 2021 (Gráfico 3), a estação apresentou o menor acúmulo de chuvas anual, com um total de 150,8 mm de precipitação pluviométrica. O mês de maio teve o maior acúmulo de chuva mensal, enquanto janeiro, fevereiro, março, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro foram os meses mais secos, sem registro de precipitação.

A estação Floresta - PE (A351), localizada ao Norte do Polo, apresentou em 2019 (Gráfico 4) a segunda maior taxa de pluviosidade com 323,2 mm de precipitação pluviométrica, onde o mês de março teve a maior taxa de acúmulo de chuva mensal com 141,4 mm e os meses de janeiro, abril, maio, setembro, outubro e novembro foram os mais secos com 0 mm de precipitação pluviométrica.

**Gráfico 4 - Chuva acum. mensal E. Floresta (2019)**



**Gráfico 5 - Chuva acumulada mensal E.Floresta (2020)**



**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

**Gráfico 6 - Chuva acumulada mensal estação de Floresta (2021)**

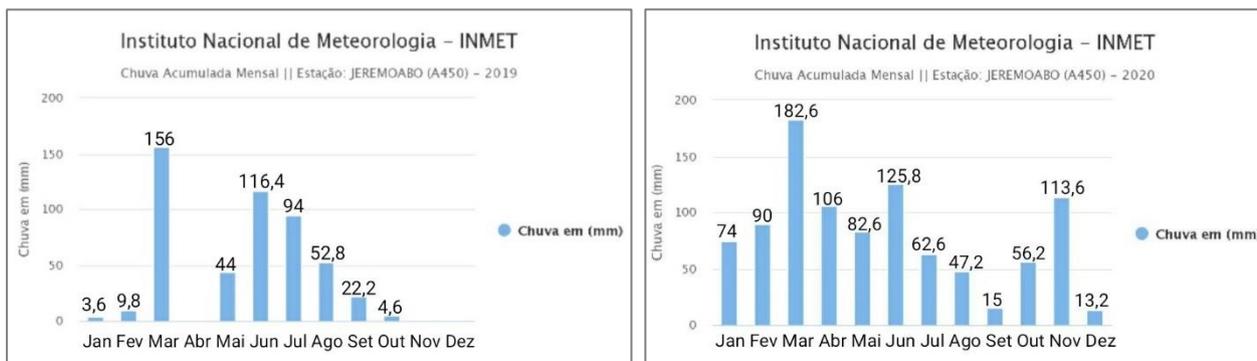


**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Em 2020 (Gráfico 5), obteve a maior taxa de precipitação anual com 481,4 mm, sendo o mês de fevereiro o mais chuvoso, com 181,4 mm, e os meses de outubro e novembro os mais secos com 0 mm de precipitação pluviométrica. Em 2021 (Gráfico 6) teve a menor taxa de acúmulo de chuva anual com 56,2 mm, sendo o mês de maio o mais chuvoso, com 15,2 mm de precipitação pluviométrica, e os meses de abril, setembro, outubro, novembro e dezembro foram os mais secos com 0 mm de precipitação pluviométrica.

A estação de Jeremoabo - BA (A450) está localizada dentro do Polo, na região sul. Em 2019 (Gráfico 7), registrou a segunda maior taxa de acúmulo de chuvas anual, com (503,4 mm). O mês mais chuvoso foi março (156 mm) e o mais seco janeiro (3,6 mm).

**Gráfico 7 - Chuva acum. mensal E. Jeremoabo - A450 (2019)** **Gráfico 8 - Chuva acum. mensal E. Jeremoabo (2020)**



**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

**Gráfico 9 - Chuva acumulada mensal estação de Jeremoabo (2021)**

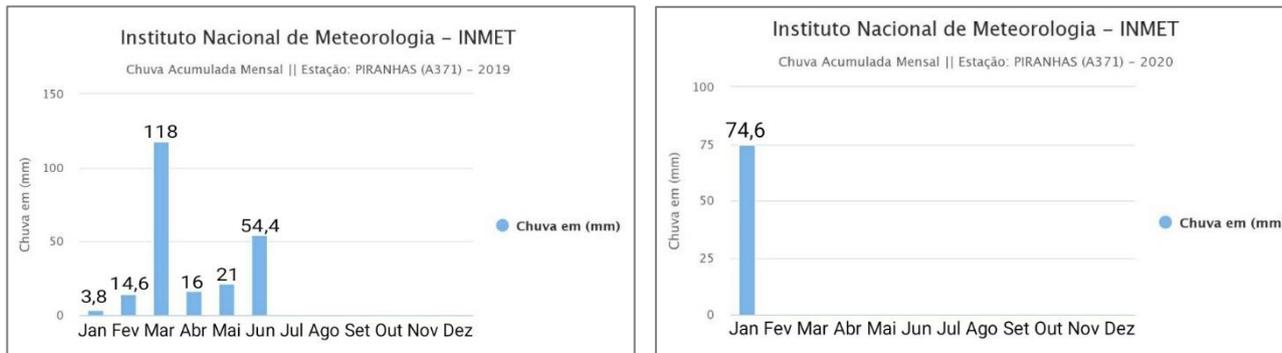


**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Já em 2020 (Gráfico 8), obteve o maior valor de precipitação pluviométrica anual, com (968,8 mm). O mês mais chuvoso foi março (182,6 mm) e o mais seco dezembro (13,2 mm). O ano de 2021 (Gráfico 9) apresentou o segundo maior valor de acúmulo de chuva anual, com (626 mm), onde o mês mais chuvoso foi abril e o mais seco foi março.

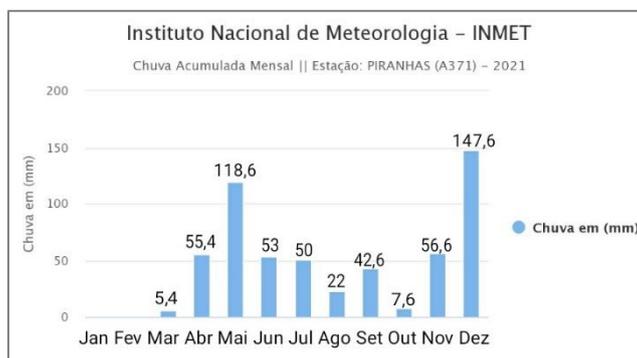
A estação Piranhas - AL (A371) está localizada a Leste do polo. Em 2019 (Gráfico 10), apresentou a segunda maior taxa de precipitação pluviométrica anual com 227,8 mm. O mês de março foi o mais chuvoso, enquanto os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro foram os mais secos, com 0 mm de acúmulo de chuva.

**Gráfico 10 - Chuva acum. mensal E. Piranhas (2019) Gráfico 11 - Chuva acum. mensal E. Piranhas (2020)**



**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

**Gráfico 12 - Chuva acumulada mensal estação de Piranhas (2021)**

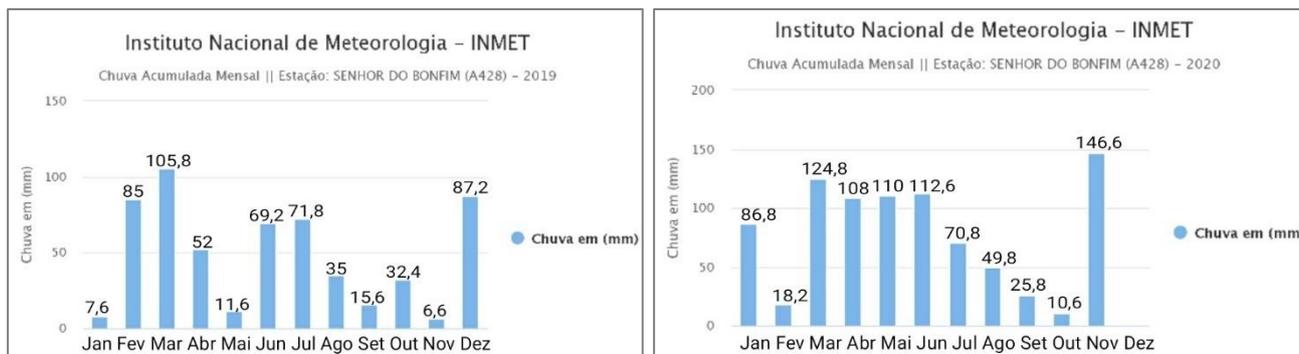


**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

No ano de 2020 (Gráfico 11), a estação registrou o menor índice de precipitação pluviométrica anual, com 74,6 mm, que foi registrado apenas em janeiro. Os demais meses apresentaram 0 mm de acúmulo de chuva. Em contraste, o ano de 2021 (Gráfico 12) registrou o maior número de precipitação pluviométrica anual, com 558 mm. O mês de dezembro foi o mais chuvoso, com 147,6 mm, enquanto o mês de março foi o mais seco, com apenas 5,4 mm de precipitação pluviométrica.

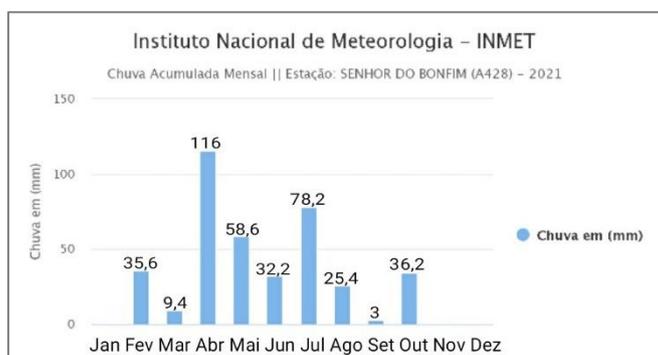
A estação Senhor do Bonfim - BA (A428) está localizada ao Sul do Polo, no ano de 2019 (Gráfico 13) registrou o segundo maior valor de precipitação pluviométrica anual com (579,8 mm), sendo o mês de março (105,8 mm) o mais chuvoso e o de novembro (6,6 mm) o mais seco

**Gráficos 13 -** Chuva acum. mensal E. Senhor do Bonfim (2019); **14 -** Chuva acum. mensal E. Senhor do Bonfim (2020)



**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

**Gráfico 15 -** Chuva acumulada mensal estação de Senhor do Bonfim (2021)



**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

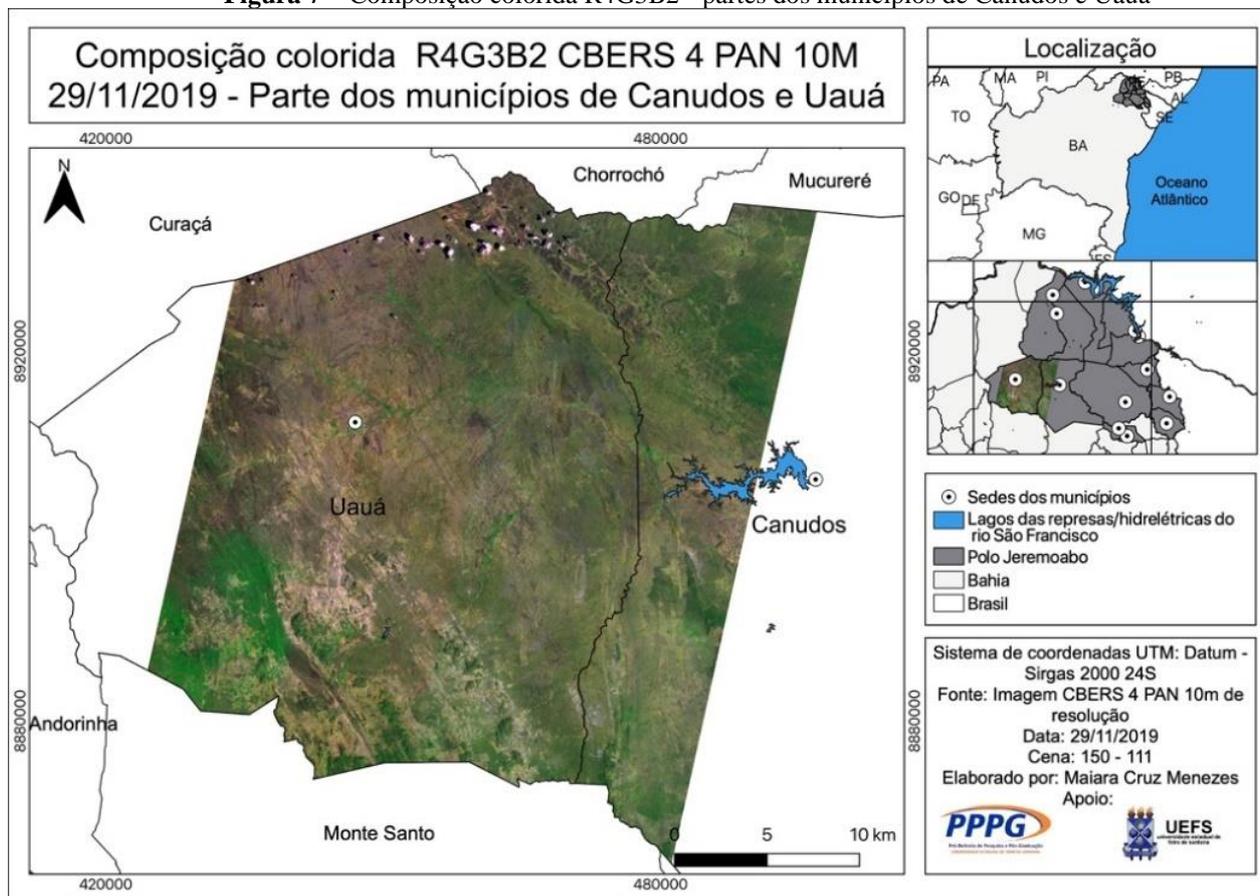
O ano de 2020 (Gráfico 14) mostra o maior acúmulo de chuva anual com (864 mm), onde o mês de novembro (146,6 mm) foi o mais chuvoso e o de dezembro (0 mm) o mais seco. O ano de 2021 (Gráfico 15) apresentou o menor valor de chuva acumulada anual com (392,6), sendo o mês de abril o mais chuvoso e os meses de janeiro e dezembro (0 mm) os mais secos.

### 3.2 Composições coloridas

O sistema RGB (Red, Green, Blue) consiste na livre combinação de três bandas espectrais para obtenção de imagens coloridas com melhor contraste. Para isso, é necessário interpretar visualmente o comportamento espectral dos alvos (MENESES, 2012).

Na Figura 7, pode-se observar a composição colorida da cena que abrange parte dos municípios de Canudos e Uauá em 29/11/2019, utilizando a combinação R4G3B2. A cor verde destaca a vegetação e o marrom claro representa o solo exposto. É possível notar uma área pouco arborizada com a cor marrom claro, indicando uso antrópico.

**Figura 7** – Composição colorida R4G3B2 - partes dos municípios de Canudos e Uauá

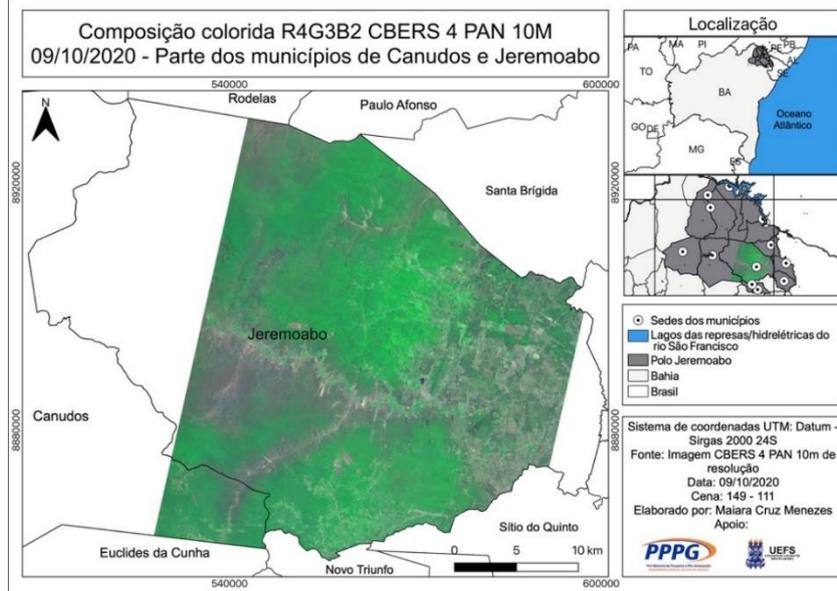


**Fonte:** imagem CBERS 4 PAN 10 m de resolução (2019)

Já nas Figuras 8 e 9, que correspondem às cenas de Canudos e Jeremoabo em 09/10/2020 e Uauá em 03/04/2021, respectivamente, a cor verde se destaca para a vegetação. Observa-se uma maior incidência do verde, indicando maior vigor vegetativo em relação à cena que cobre parte dos municípios de Canudos e Uauá. Essa maior incidência do verde pode estar relacionada a diversos fatores, como o clima, o tipo de solo e as práticas de manejo adotadas na região. Além disso, é importante ressaltar que a interpretação das cores nas imagens de satélite deve levar em consideração as diferentes combinações de bandas espectrais utilizadas e os valores de reflectância associados a cada cor.

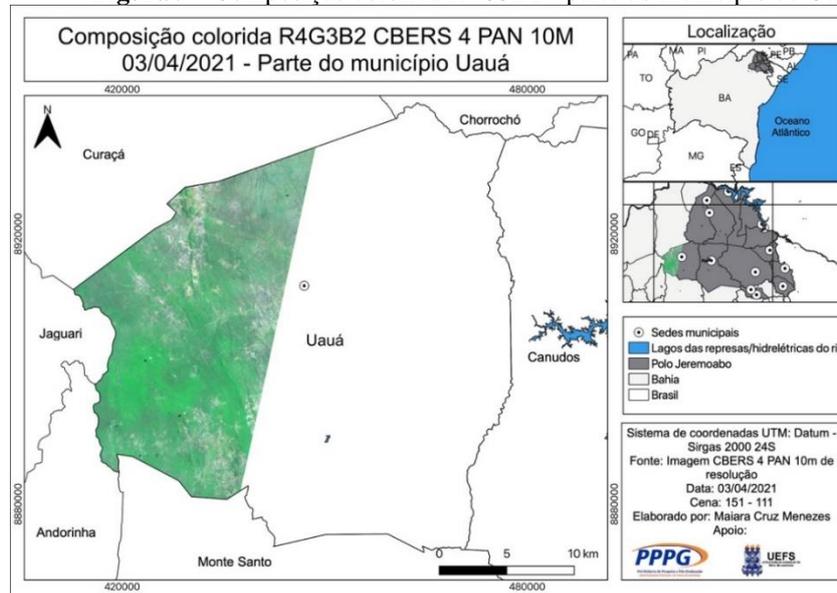
É importante destacar que a escolha da combinação de bandas espectrais deve levar em consideração o objetivo da análise, a informação desejada e as características da cena. Ao selecionar a combinação mais adequada, é possível obter uma análise mais precisa e completa da cena, o que é fundamental para muitas aplicações, como o monitoramento ambiental, a agricultura de precisão e o planejamento urbano, entre outros.

**Figura 8** - Composição colorida R4G3B2 - parte dos municípios de Canudos e Jeremoabo



Fonte: imagem CBERS 4 PAN 10 m de resolução (2020)

**Figura 9** - Composição colorida R4G3B2 - parte do município de Uauá



Fonte: imagem CBERS 4 PAN 10 m de resolução (2021)

De acordo com Menezes (2012), o NDVI é calculado a partir da diferença e da soma das bandas do vermelho e do infravermelho próximo, resultando em valores que variam entre -1 e +1. Valores próximos a 1 indicam maior vigor vegetativo, enquanto valores próximos a 0 indicam ausência de vegetação (SANTOS et al., 2015). O NDVI é uma ferramenta importante para a construção de perfis sazonais e temporais das atividades vegetativas, permitindo comparações interanuais desses perfis (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009). Com base em Lobão e Silva (2012), segue as classificações de NDVI por classe:

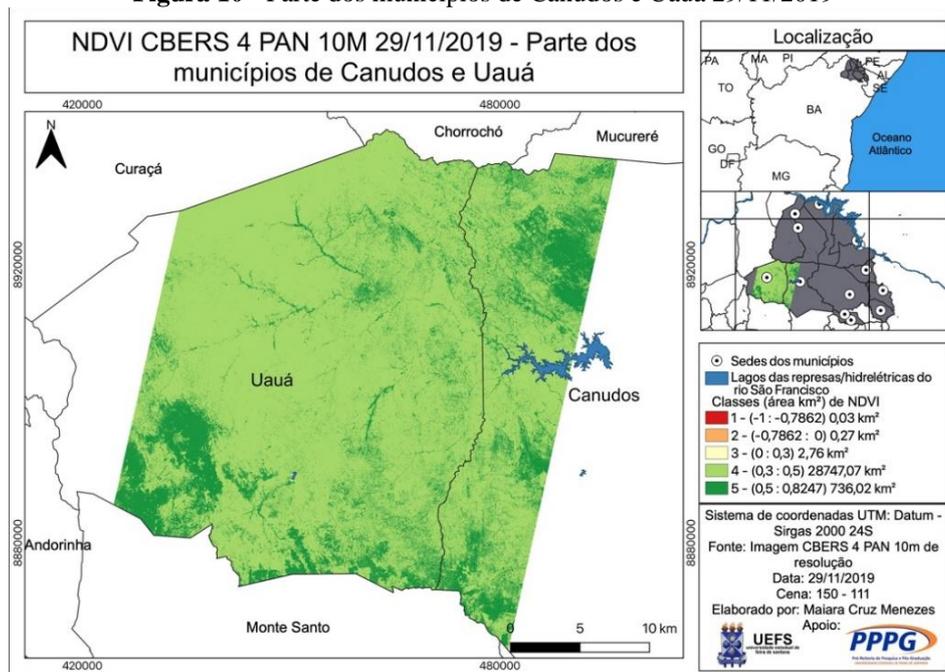
**Tabela 1 – Classes do NDVI**

Ordem	Classes do NDVI	Definição das classes
1	0,000 a 0,299	Pouquíssima ou nenhuma biomassa
2	0,300 a 0,499	Pouca Biomassa
3	0,500 a 0,699	Razoável quantidade de biomassa
4	0,700 a 1000	Boa quantidade de biomassa

Fonte: (LOBÃO; SILVA, 2013)

Os dados do NDVI da imagem que abrange partes dos municípios de Canudos e Uauá em 29/11/2019 (Figura 10) apresentaram um intervalo de classes entre 0,3 e 0,5, correspondendo a 79,39% da área total em km<sup>2</sup>, e um intervalo de 0,5 a 0,8, correspondente a 20,52% da área total (Gráfico 16; Tabela 2). Isso indica um valor de NDVI que pode ser classificado como baixa ou razoável biomassa (conforme Tabela 1).

**Figura 10 - Parte dos municípios de Canudos e Uauá 29/11/2019**



Fonte: Cálculo de NDVI referente a imagem CBERS 4 PAN 10M 29/11/2019 150-111

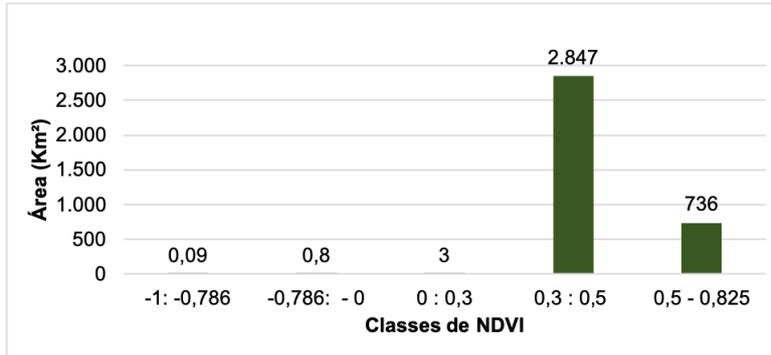
**Tabela 2 - Distribuição de Frequência – Classes - NDVI partes dos municípios de Canudos e Uauá – Imagem CBERS PAN 10 m dia 29/11/2019**

Classe NDVI	Intervalo de classes	Área Km <sup>2</sup> (F <sub>a</sub> )	F <sub>r</sub> (%)	F <sub>ac</sub>	F <sub>frac</sub> (%)
1	-1: -0,786	0,03	0,001	0,03	0,001
2	-0,786: - 0	0,24	0,01	0,27	0,01
3	0 : 0,3	2,76	0,08	3,03	0,08
4	0,3 : 0,5	2847,07	79,39	2850,10	79,48
5	0,5 : 0,825	736,02	20,52	3586,12	100
<b>Total</b>		3586,11	100		
<b>Média</b>	0,4723				
<b>Desvio Padrão</b>	0,0421				

Fonte: NDVI calculado a partir imagem CBERS PAN 10 m dia 29/11/2019 – cena 150-111

Onde: ( $f_a$ ) – frequência absoluta; ( $f_r\%$ ) – frequência relativa; ( $f_{ac}$ ) – frequência acumulada; ( $f_{rac\%}$ ) – frequência relativa acumulada

**Gráfico 16** - Histograma de frequência - Classes (Km<sup>2</sup>) NDVI CBERS PAN 10M dia 29/11/2019 - Municípios de Canudos e Uauá

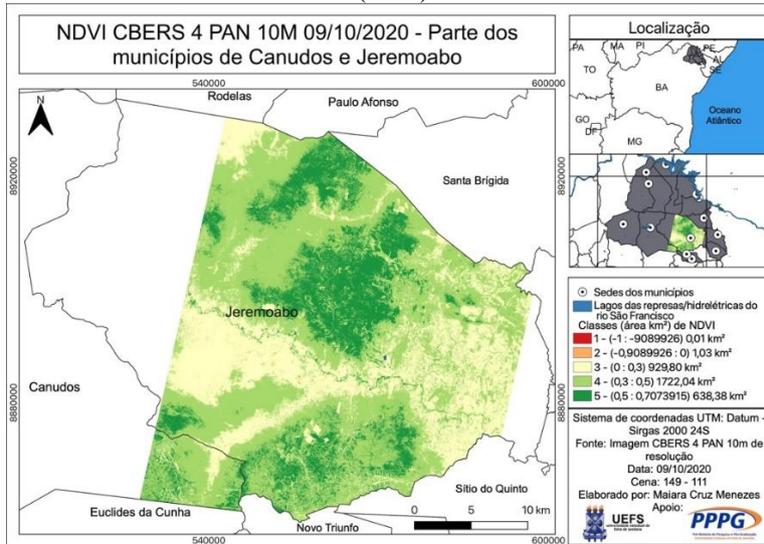


**Fonte:** Tabela 2 - Distribuição de frequência - Classes (Km<sup>2</sup>) NDVI CBERS PAN 10M dia 29/11/2019 - Municípios de Canudos e Uauá

No mesmo período, que corresponde ao mês de novembro, das cinco estações meteorológicas, apenas a estação de Euclides da Cunha (A442) (Gráfico 1) registrou mais de 100 mm de precipitação pluviométrica, enquanto as outras não ultrapassaram esse valor. Observa-se que o período foi predominantemente chuvoso. No entanto, os valores de NDVI não se mantiveram baixos, visto que valores crescentes indicam aumento de vegetação verde, enquanto valores negativos indicam superfícies sem vegetação, como água e solo exposto (JENSEN, 2009). Por essa razão, pode-se concluir que a área em questão não está recuperando sua biomassa, que é uma das características da desertificação, conforme aponta Conti (2008).

Os dados de NDVI da imagem que abrange partes dos municípios de Canudos e Jeremoabo em 09/10/2020 (Figura 11) apresentaram um intervalo de classes entre 0 e 0,3 correspondentes a 28,25% da área total em km<sup>2</sup>, e o intervalo de 0,3 a 0,5, que corresponde a 52,32% da área total (Gráfico 17; Tabela 3). O valor de NDVI indicou pouca ou razoável biomassa (Tabela 1).

**Figura 11** - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) - Parte dos municípios de Canudos e Jeremoabo (2020)



**Fonte:** Cálculo de NDVI referente a imagem CBERS 4 PAN 10M 09/10/2020 149-111

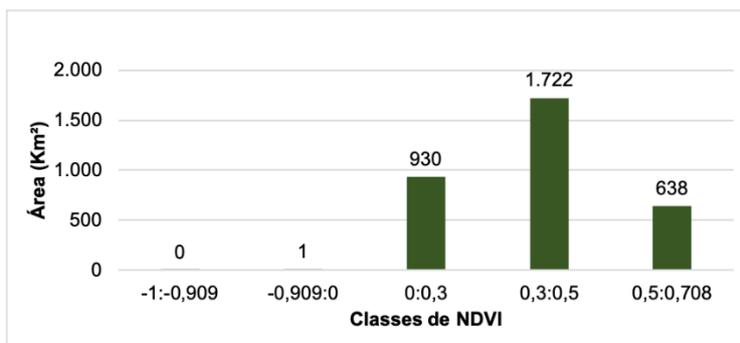
**Tabela 3** - Distribuição de frequência - Classes (Km<sup>2</sup>) NDVI CBERS PAN 10M dia 09/10/2020 - Municípios de Canudos e Jeremoabo

Classe NDVI	Intervalo de classes	Área Km <sup>2</sup> (F <sub>a</sub> )	F <sub>r</sub> (%)	F <sub>ac</sub>	F <sub>rac</sub> (%)
1	-1:-0,909	0,01	0,0002	0,01	0,0002
2	-0,909:0	1,03	0,03	1,04	0,03
3	0:0,3	929,80	28,25	930,84	28,28
4	0,3:0,5	1722,04	52,32	2652,88	80,61
5	0,5:0,708	638,32	19,39	3291,20	100
<b>Total</b>		3291,20	100		
<b>Média</b>	0,3842				
<b>Desvio Padrão</b>	0,118				

Fonte: NDVI calculado a partir imagem CBERS PAN 10 m dia 09/10/2020 – cena 149-111

Onde: (f<sub>a</sub>) – frequência absoluta; (f<sub>r</sub>%) – frequência relativa; (f<sub>ac</sub>) – frequência acumulada; (f<sub>rac</sub>%) – frequência relativa acumulada.

**Gráfico 17** - Histograma de frequência - Classes (Km<sup>2</sup>) NDVI CBERS PAN 10M dia 09/10/2020 - Municípios de Canudos e Jeremoabo

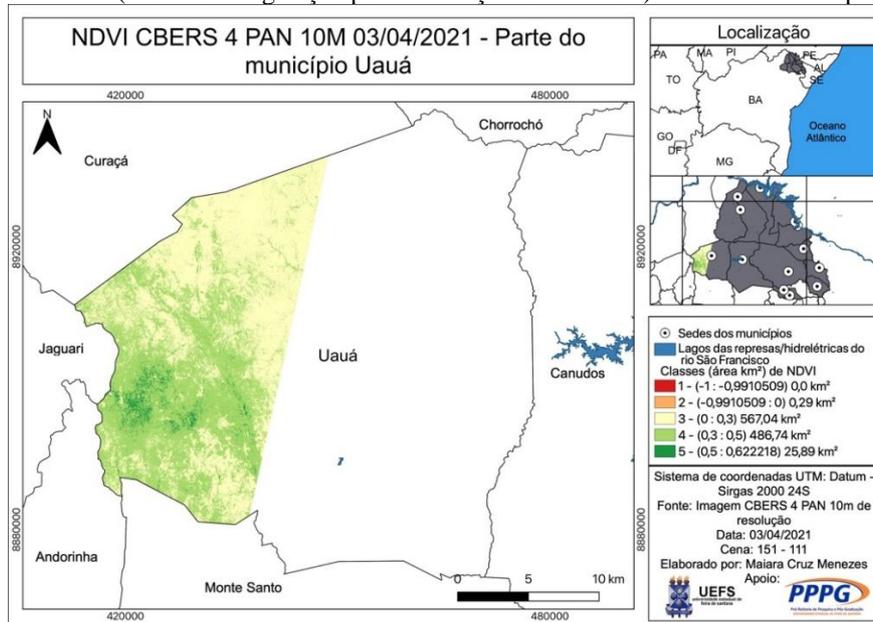


Fonte: Tabela 2 - Distribuição de frequência - Classes (Km<sup>2</sup>) NDVI CBERS PAN 10M dia 09/10/2020 - Municípios de Canudos e Jeremoabo

Durante esse mesmo período, as 5 estações meteorológicas registraram valores pluviométricos menores que 100 mm. A estação de Senhor do Bonfim (Gráfico 14) apresentou a maior taxa de precipitação pluviométrica, com 42,8 mm para o mês de setembro de 2020. Esses dados pluviométricos são determinantes para a análise dos dados de NDVI, que se apresentaram baixos, indicando baixo vigor vegetativo na cena. Observou-se que áreas que conseguiram restabelecer a biomassa correspondem às classes 4 e 5, enquanto setores correspondentes às classes 1, 2 e 3 perfazem 28,85% da área total (930,1 Km<sup>2</sup> em termos absolutos) e não conseguiram reestabelecer a biomassa de forma satisfatória (Tabela 2).

A Figura 7 apresenta o NDVI da imagem que corresponde a partes dos municípios em 03/04/2021. Os valores do NDVI variaram entre 0 e 0,3, correspondendo a 52,51% do total da área em km<sup>2</sup>, enquanto o intervalo de 0,3 a 0,5 representou 45,07% da área total (Gráfico 18; Tabela 4). Esses valores indicam baixa ou razoável biomassa vegetal (Tabela 1).

**Figura 7 - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) - Parte do município de Uauá**



**Fonte:** Cálculo de NDVI referente a imagem CBERS 4 PAN 10M 03/04/2021 151-111

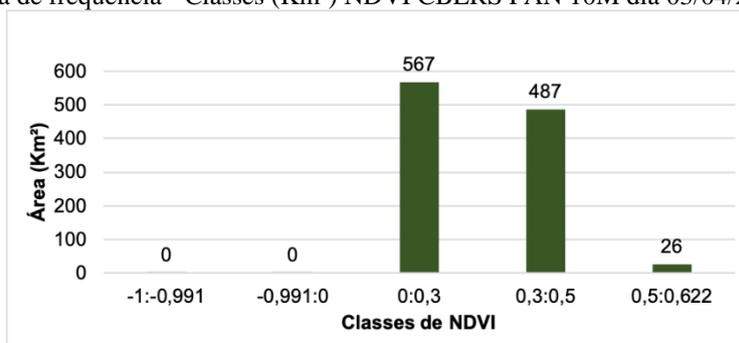
**Tabela 4 – Distribuição de Frequência – Classes (Km<sup>2</sup>) – NDVI de parte do município de Uauá – Imagens CBERS PAN 10m – dia 03/04/2021 cena 151-111**

Classe NDVI	Intervalo de classes	Área Km <sup>2</sup> ( $f_a$ )	$f_r(\%)$	$f_{ac}$	$f_{rac}(\%)$
1	-1:-0,991	0,00	0,0002	0	0,0002
2	-0,991:0	0,29	0,03	0,29	0,29
3	0:0,3	567,04	52,51	567,33	567,33
4	0,3:0,5	486,74	45,07	1054,07	1054,07
5	0,5:0,622	25,89	2,40	1079,96	1079,96
<b>Total</b>		1079,959	100		
<b>Média</b>	0,2979				
<b>Desvio Padrão</b>	0,1019				

**Fonte:** Cálculo de NDVI referente a imagem CBERS 4 PAN 10M 03/04/2021 151-111

Onde: ( $f_a$ ) – frequência absoluta; ( $f_r\%$ ) – frequência relativa; ( $f_{ac}$ ) – frequência acumulada; ( $f_{rac}\%$ ) – frequência relativa acumulada.

**Gráfico 18 - Histograma de frequência - Classes (Km<sup>2</sup>) NDVI CBERS PAN 10M dia 03/04/2021 - Município de Uauá**



**Fonte:** Tabela 3 - Distribuição de frequência - Classes (Km<sup>2</sup>) NDVI CBERS PAN 10M dia 03/04/2021 - Município de Uauá

Durante esse período, duas estações meteorológicas registraram precipitação pluviométrica superior a 100 mm, sendo que a estação de Jeremoabo A450 (Gráfico 9) apresentou a maior taxa pluviométrica com 127,4 mm em abril de 2021. O mês de abril mostrou-se parcialmente chuvoso em 2021, enquanto os meses anteriores (janeiro, fevereiro e março) registraram valores abaixo de 100 mm de precipitação pluviométrica. Mesmo nessas condições, o vigor vegetativo foi baixo, possivelmente devido à biomassa vegetal já comprometida. Isso significa que mesmo com períodos constantes de chuva, a biomassa da vegetação não consegue se restabelecer e, conseqüentemente, o vigor vegetativo não é regenerado.

#### **4. Considerações finais**

A partir da análise do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), que pode variar de -1 a +1, onde valores menores representam baixo vigor vegetativo e valores maiores representam alto vigor, bem como por meio de tabelas de distribuição de frequência e gráficos, foi possível verificar e associar períodos secos (baixos índices de chuva) ao índice NDVI e às composições coloridas. Foi possível identificar áreas com valores de NDVI entre 0 e 0,3, o que indica nenhuma ou pouquíssima biomassa, de acordo com a classificação proposta por Lobão e Silva (2013). Cerca de 930 km<sup>2</sup> de partes dos municípios de Canudos e Jeremoabo (Figura 6) e 567 km<sup>2</sup> no município de Uauá (Figura 8) apresentaram esses valores, indicando possíveis áreas degradadas ou que requerem maior atenção das autoridades públicas.

O software QGIS mostrou-se eficiente no processamento das imagens adquiridas, além de ser acessível e gratuito. No entanto, devido à dificuldade de disponibilidade, não foi possível encontrar mais imagens correspondentes aos anos e locais propostos neste trabalho, o que limitou a cobertura de todos os municípios e dificultou uma caracterização mais precisa da área de estudo.

Para uma análise mais completa e precisa das áreas identificadas como degradadas ou que requerem atenção especial, é recomendável a obtenção de mais imagens de satélite correspondentes aos anos e locais propostos, de forma a cobrir todo o território dos municípios em questão. Além disso, é importante que as autoridades públicas atuem na monitoração e gestão dessas áreas, a fim de evitar a expansão da degradação e promover a recuperação da vegetação e do solo. A aplicação de políticas de uso da terra e de práticas agrícolas sustentáveis também pode contribuir para a conservação e preservação desses recursos naturais tão importantes.

#### **5. Agradecimentos**

Gostaria de expressar nossa sincera gratidão por todo o suporte e incentivo que me foi dado durante a elaboração do artigo. A oportunidade de trabalhar em um projeto de pesquisa tão importante e interessante foi uma experiência enriquecedora e valiosa para nossa formação acadêmica e pessoal.

Agradeço especialmente ao meu orientador por sua orientação e apoio inestimáveis em todas as etapas do processo de elaboração do artigo. Suas críticas construtivas, sugestões e insights foram fundamentais para que pudéssemos desenvolver um trabalho de qualidade e relevância.

Também gostaria de agradecer à universidade e ao núcleo de pesquisa Geonat pelo suporte logístico que me foi concedido. Sem essa ajuda, eu não teria tido a oportunidade de realizar este projeto de pesquisa e elaborar este artigo.

Este trabalho foi uma experiência gratificante e importante para minha carreira acadêmica. Espero que o artigo possa contribuir para o avanço do conhecimento nessa área de pesquisa e para a construção de um futuro melhor.

## 6. Referências

CONTI, José Bueno (2008). O conceito de desertificação. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro - SP. Vol.3, n.2. p. 39-52

DIAS, Isis Melo (2017). **Relação entre índices de vegetação e precipitação pluvial no estado de Sergipe**. Dissertação de mestrado, Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.17-131, Brasil

GUIMARÃES, T. L. B; LOBÃO, J.S.B (2013). Sistemas de Informações Geográficas para análise de fragmentos de vegetação no Polo de Jeremoabo. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE, p. 3420-3427.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Uso da Terra. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

JENSEN, John R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. EPIPHANIO, José Carlos Neves (tradutor). Editora Parêntese, São José dos Campos. 2009.

LOBÃO, J. S. B; SILVA, B. C. M. N (2013). Análise socioambiental na região semiárida da Bahia: geoprocessamento como subsídio ao ordenamento territorial. Feira de Santana: UEFS editora.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Universidade de Brasília, Brasília.

NASCIMENTO, Flávio R (2012). O fenômeno da Desertificação. Editora da UFG, 244p Goiânia.

NASCIMENTO et. Al (2020). Comparison of water index for MUX / CBERS-4 digital number and monochrome reflectance images. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** v.10, n., p. 34-44.

NUNES, Breno Yuri Costa et al (2019). Correção Atmosférica de Imagens Do Sensor WFI do CBERS-4 Através Do Método Dark Object Subtraction (Dos). In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos - SP.

PINTO, Cibele et al (2016). First in-flight radiometric calibration of MUX and WFI on-board CBERS-4. **Remote Sensing**, v. 8, n. 5, p. 405.

PONZONI F. J; SHIMABAKURO Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. Editora Parêntese São José dos Campos, 2009.

PONZONI F. J (2002). Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica. INPE, São José dos Campos, P. 8-27.

SANTOS J. É; NICOLETE D. A. P; FILGUEIRAS R; LEDA V.C (2015). Imagens do LANDSAT- 8 no mapeamento de superfícies em área irrigada. São Paulo. Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 30-36.