



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**Expansão do sistema produtivo no oeste baiano: um estudo sobre o aumento da área irrigada por sistemas de pivô central frente à segurança hídrica e alterações no uso e cobertura da terra (1985-2020)**

Tânia Beatriz Hoffmann

Monografia apresentada ao curso de Introdução ao Geoprocessamento – SER-300, como requisito parcial a aprovação no curso, sob orientação dos professores Dra. Silvana Amaral e Dr. Marcos Adami.

INPE  
São José dos Campos  
2023

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo principal realizar uma análise abrangente da expansão da área irrigada por sistemas de pivô central na microrregião de Barreiras, localizada no oeste da Bahia. O estudo busca compreender a dinâmica envolvida no processo de expansão da agricultura irrigada nessa região. Para tanto, foram realizadas análises e comparações com o intuito de verificar se períodos de estiagem desempenharam um papel significativo no aumento da área irrigada. Adicionalmente, o estudo se propõe a examinar os cenários futuros de segurança hídrica na região, considerando a disponibilidade de água para as práticas agropecuárias. Por meio da análise de dados relacionados à segurança hídrica, busca-se compreender os possíveis impactos e desafios associados à disponibilidade de água na região no futuro. Outro aspecto abordado neste estudo é a análise das mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra, considerando a série temporal analisada, de 1985 a 2020. Grande parte da região onde estão situadas as estruturas de irrigação sofreu conversão de uso, principalmente na mudança de áreas naturais para áreas agrícolas. Por fim, reconhece-se que não apenas as ocorrências climáticas influenciam na agricultura, mas também políticas públicas de financiamento que muitas vezes incentivam a expansão das atividades agrícolas. Destaca-se, por exemplo, a implementação de programas de expansão da agricultura, como aqueles voltados para a ocupação do Cerrado brasileiro. Nesse sentido, conclui-se que não foram apenas as estiagens os fatores impulsionadores da expansão das áreas irrigadas por sistemas de pivô central. Ao realizar essas análises, o estudo contribui para um melhor entendimento das dinâmicas socioambientais presentes na microrregião de Barreiras, fornecendo subsídios para a compreensão dos fatores que impulsionam a expansão da agricultura irrigada, bem como os desafios relacionados à segurança hídrica e às transformações no uso e cobertura da terra nessa região.

Palavras-chave: Pivô central. Expansão agrícola. Segurança hídrica.

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo.....	2
2 Área de estudo .....	3
3 METODOLOGIA .....	4
4 RESULTADOS .....	8
4.1 Identificação do número de pivôs .....	8
4.2 Dados de uso e cobertura da terra .....	14
4.3 Dados de escassez e segurança hídrica .....	17
5 CONCLUSÃO .....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21
APÊNDICE A – TABELAS E FIGURAS COMPLEMENTARES .....	23

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido como um dos principais produtores de grãos do mundo, desempenhando um papel significativo no setor agrícola e exportando *commodities*, sendo as mais expressivas a soja, o milho, o algodão e as carnes. Atualmente, o país é o quarto maior produtor e o segundo maior exportador de grãos do mundo, responsável por cerca de 19% do mercado internacional (EMBRAPA, 2021). No contexto específico da produção de soja, o Brasil é o maior produtor e exportador do grão, sendo responsável por mais de um terço da produção mundial (EMBRAPA, 2022).

No entanto, as mudanças no regime e na dinâmica das chuvas, especialmente a escassez hídrica, têm impactado de forma expressiva as atividades agrícolas (GOULART, 2023; DARYANTO, 2017; FODOR, 2017; JÄGERMEYR, 2021). Diante desse cenário, alguns produtores rurais têm buscado meios de mitigar os riscos associados às operações agrícolas, adotando sistemas de irrigação, como o pivô central, mas é válido destacar que essas estruturas contam com alto custo de aquisição e implementação.

Mesmo com o alto custo de implementação, que englobam sistemas além do pivô central, como o gotejamento entre outros, estudos recentes revelam que a área irrigada no país cresceu cerca de 3,8 vezes em 37 anos. Estima-se que em 1985 a área irrigada no país era de aproximadamente 804 mil hectares, passando para 1,39 milhões de hectares em 2021 (MAPBIOMAS, 2022).

No que se refere à irrigação por pivô central, os estados que mais experimentaram expansão da área irrigada foram Maranhão, Goiás, Distrito Federal, Bahia e Mato Grosso. De acordo com dados de séries históricas, esses estados apresentaram um aumento de 51 a 53 vezes na área irrigada ao longo do período de 37 anos.

Além disso, é importante destacar que o Brasil possui cerca de 26 polos de irrigação distribuídos pelo país. Considerando esses polos, a região do Oeste Baiano apresentou a maior área de pivôs centrais em 2021, totalizando aproximadamente 180 mil hectares irrigados por esse sistema (MAPBIOMAS, 2022).

Por estar situada no oeste baiano a microrregião de Barreiras foi selecionada como área de estudo, a área conta com grande expansão de áreas irrigadas por pivô central. Para o estudo foi realizada uma sobreposição com dados do Mapbiomas e da Agência Nacional de Águas (ANA), que consideram as áreas irrigadas e dados de segurança hídrica, respectivamente. É importante ressaltar que muitas regiões do Nordeste brasileiro enfrentam escassez de água, e a presença de estruturas de irrigação não garante necessariamente disponibilidade adequada de água, tendo em vista a necessidade de outorga de uso da água. Portanto, estudos sobre segurança hídrica são essenciais para compreender a viabilidade e sustentabilidade dessas áreas irrigadas.

No que diz respeito à disponibilidade de dados, o Mapbiomas Irrigação fornece uma série histórica de áreas irrigadas de 1985 a 2020. Através desse conjunto de dados, é possível acompanhar anualmente a evolução das áreas. A seguir, serão apresentados os objetivos deste trabalho.

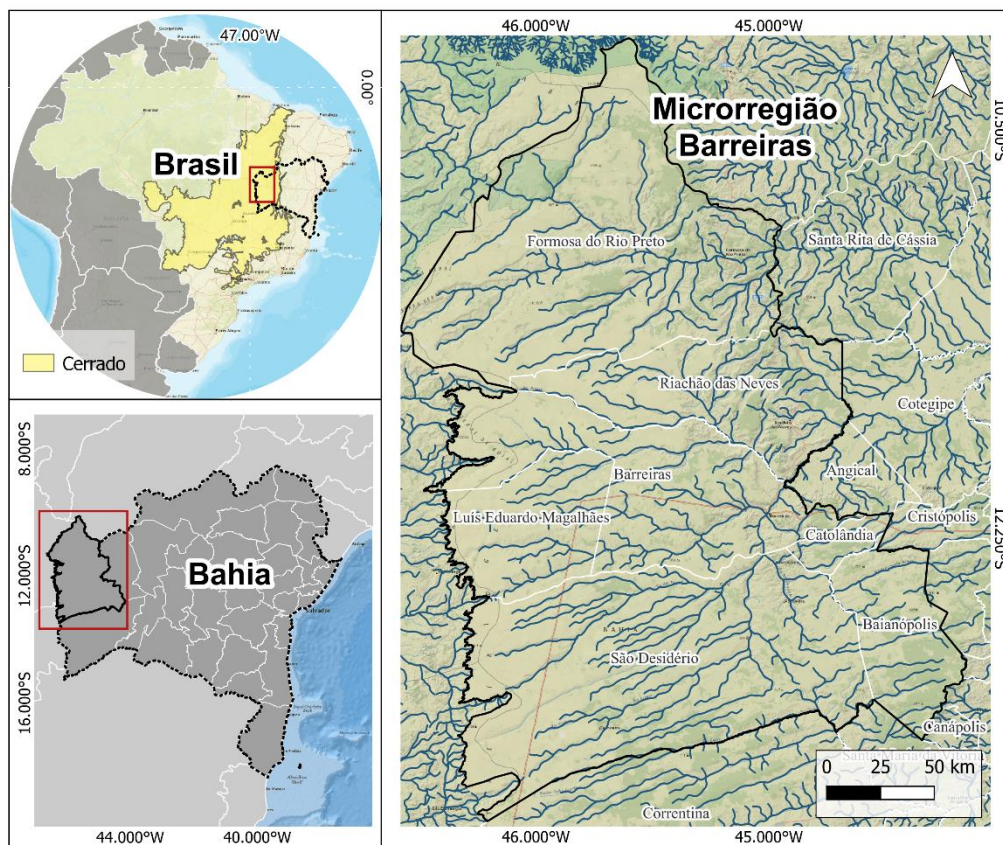
### **1.1 Objetivo**

O objetivo deste estudo consiste em realizar uma análise da expansão da área irrigada por sistemas de pivô central na microrregião de Barreiras, localizada no oeste da Bahia, considerando a dinâmica envolvida e os principais fatores no processo de expansão. Além disso, serão analisadas as alterações ocorridas no uso e cobertura da terra na região. O estudo também busca verificar a possível influência das estiagens no aumento das áreas irrigadas por pivô central. Além disso, busca-se analisar os potenciais riscos de segurança hídrica existentes.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a microrregião de Barreiras, localizada no oeste do estado da Bahia, inserida no bioma Cerrado. Essa região engloba os municípios de Barreiras, que dá nome à microrregião - devido à sua relevância como centro econômico e administrativo - juntamente com os municípios de Baianópolis, Catolândia, Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães, Riachão das Neves e São Desidério. Essa área é de extrema importância tanto do ponto de vista econômico quanto agrícola, sendo reconhecida como um dos principais polos agropecuários do país. O mapa correspondente à área de estudo pode ser visualizado na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No polo de irrigação do oeste baiano, situado no bioma Cerrado, a região se beneficia de uma boa disponibilidade de recursos hídricos, provenientes de rios e aquíferos (PIMENTEL, 2011), o que viabiliza a prática da irrigação nas

lavouras. A utilização dos sistemas de irrigação demanda grandes volumes de água, em média 50 mil litros por hectare por dia. Um fator adicional que impulsiona a expansão da agricultura na região do oeste baiano são os incentivos governamentais, que englobam financiamentos, políticas de estímulo e até mesmo subsídios destinados ao setor agrícola, incluindo benefícios para áreas irrigadas (SILVA, 1998).

No que diz respeito à atividade econômica da microrregião de Barreiras, a agricultura se destaca como o setor principal, com ênfase na produção de grãos, tais como soja, milho e algodão. O clima tropical favorável na região propicia o desenvolvimento das culturas agrícolas, enquanto as regiões de solos férteis contribuem para a boa produtividade das lavouras (SANO, 2009).

Além disso, para áreas de solo não muito férteis, programas de pesquisa e desenvolvimento foram estabelecidos para mitigar os problemas associados, uma vez que nem todas as terras do Cerrado são naturalmente férteis. Esses programas incentivam a pesquisa e a disseminação do conhecimento acerca das melhores práticas de manejo para a agricultura (SANO, 2009).

Além da agricultura, incentivada por programas de expansão agrícola, a pecuária também tem relevância na economia local. A criação de gado bovino é uma atividade consolidada na região, tanto para a produção de carne quanto para a produção de leite (MARCHÃO, 2009).

No que se refere a microrregião de Barreiras esta possui uma boa infraestrutura para o escoamento da produção agrícola. A região conta com rodovias e ferrovias que facilitam o transporte dos produtos. Além disso, a região possui um mercado agroindustrial bem desenvolvido, com indústrias de beneficiamento e processamento de grãos, o que justifica essa expansão nas áreas agrícolas e irrigadas nas últimas décadas (MENDONÇA, 2006).

### **3 METODOLOGIA**

No desenvolvimento deste estudo, as atividades foram divididas em etapas de aquisição, análise e validação de dados. As informações utilizadas provêm principalmente de duas fontes: Mapbiomas (7.1) e Agência Nacional de Águas

(ANA), todos os dados estão disponíveis gratuitamente para download na página do projeto e no site da instituição, respectivamente.

Os mapeamentos das áreas irrigadas ainda não foram integrados à plataforma oficial do projeto Mapbiomas, contudo os dados podem ser acessados por meio do *Google Earth Engine* (GEE). Utilizando a plataforma GEE, realizou-se o download anual dos mapas de áreas irrigadas da região de estudo (1985 – 2020). Posteriormente, os dados, inicialmente no formato raster, foram convertidos para o formato vetorial. Essa transformação foi essencial para a rápida seleção dos dados de interesse, focando exclusivamente nas áreas irrigadas por sistemas de pivô central, excluindo assim as áreas irrigadas por outros sistemas e as áreas destinadas ao cultivo de arroz irrigado/inundado.

Após o recorte e conversão do formato dos dados, deu-se início à etapa de análise e validação das áreas mapeadas. A validação apresentou diversos desafios, pois foram identificadas algumas inconsistências geradas pelo classificador. O algoritmo de classificação do Mapbiomas foi treinado utilizando um conjunto de dados que segmentava os pivôs com base no diâmetro e no raio, o que aumentou o número de amostras disponíveis (Saraiva, 2020). Através dessa abordagem, o classificador conseguiu identificar os pivôs que abrangiam diferentes culturas e datas de plantio. No entanto, como contrapartida, algumas áreas não irrigadas foram erroneamente mapeadas pelo classificador.

Nesse contexto, a validação visual dos dados foi realizada em toda a extensão da área de estudo, e não de forma amostral como comumente realizada. Isso se deu em virtude da importância das informações para o desenvolvimento do trabalho, tanto em relação à área irrigada quanto ao número de estruturas existentes. Paralelo a isso foi possível quantificar, para a região de estudo, a porcentagem de inclusão de áreas não irrigadas pelo classificador.

Cabe ressaltar que os agrupamentos de pivôs, gerados pela classificação pixel a pixel do Mapbiomas, foram individualizados e que foram realizadas edições vetoriais para contabilizar o número exato de estruturas. Para essa validação,



foram utilizadas imagens dos satélites Landsat (TM e OLI) correspondentes a cada um dos anos analisados no período de 1985 a 2020, resultando na validação de 18.975 pivôs ao longo de toda a série temporal.

De porte dos limites das áreas irrigadas por sistemas de pivô central foram extraídas as informações de uso e cobertura da terra a partir dos dados do Mapbiomas (7.1). Nessa etapa, foram extraídas as informações de uso no início da série (1985) e no fim da série (2020), com o objetivo de investigar se as áreas eram cobertas por vegetação nativa ou já haviam sido antropizadas.

Após o recorte dos dados *raster* de uso e cobertura da terra, eles também foram convertidos para o formato vetorial para fins de validação. Considerando que o classificador opera no nível de pixels (classificação pixel a pixel), foram excluídos polígonos menores ou iguais a 2 pixels (0,18 hectares). Essa ação foi realizada após a observação, durante a etapa de validação visual, de que o recorte para área de estudo produziu inúmeros micropolígonos (inferiores a 0,18 hectares) principalmente nas bordas, os quais foram excluídos para o cálculo de área das diferentes classes de uso.

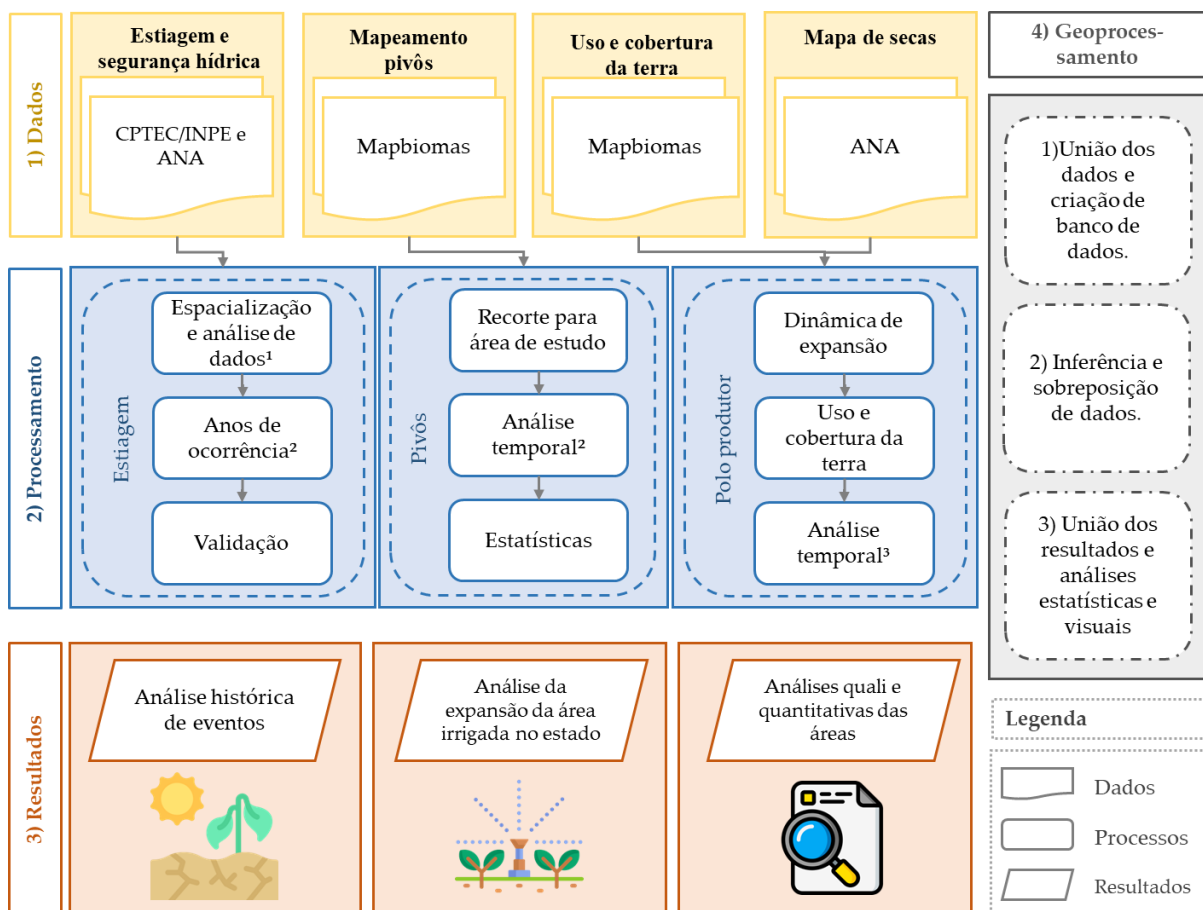
Na sequência, foram obtidos dados referentes à ocorrência do fenômeno El Niño ao longo da série histórica a partir dos dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Essas informações são muito importantes, uma vez que tais fenômenos climáticos exercem influência sobre o regime de chuvas em todo o território nacional. Durante os períodos de El Niño, aquelas regiões do Nordeste brasileiro, que normalmente recebem chuvas, podem vivenciar uma redução no volume de chuvas, ao passo que áreas que naturalmente são áridas podem experimentar estiagens ainda mais severas, o que acarreta impactos significativos sobre a atividade agrícola. Esses dados foram compilados em tabelas para análises e validações.

Em seguida, foram adquiridos os dados do Monitor de Secas da Agência Nacional de Águas (ANA) que consiste em uma ferramenta de monitoramento e acompanhamento das condições de seca no território brasileiro. O monitor de secas foi concebido em 2012, durante um período extremamente seco na

região Nordeste (ANA, 2023). No entanto, somente em 2014 o projeto adentrou na fase experimental e passou a disponibilizar dados mensais para as regiões mais afetadas. Nesse contexto, é importante ressaltar que a disponibilidade de dados se restringe ao período de 2014 a 2023, o que caracteriza uma série relativamente curta, nesse contexto os dados foram utilizados como complementares. Atualmente, o monitor de secas expandiu suas áreas de monitoramento e já fornece informações mensais para todo o Brasil.

As ações anteriormente descritas foram executadas a partir de técnicas de geoprocessamento, que envolvem integração de dados, aplicação de filtros, criação de banco de dados de série histórica, normalização de dados. O fluxo de atividades pode ser observado na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Fluxo de atividades.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## **4 RESULTADOS**

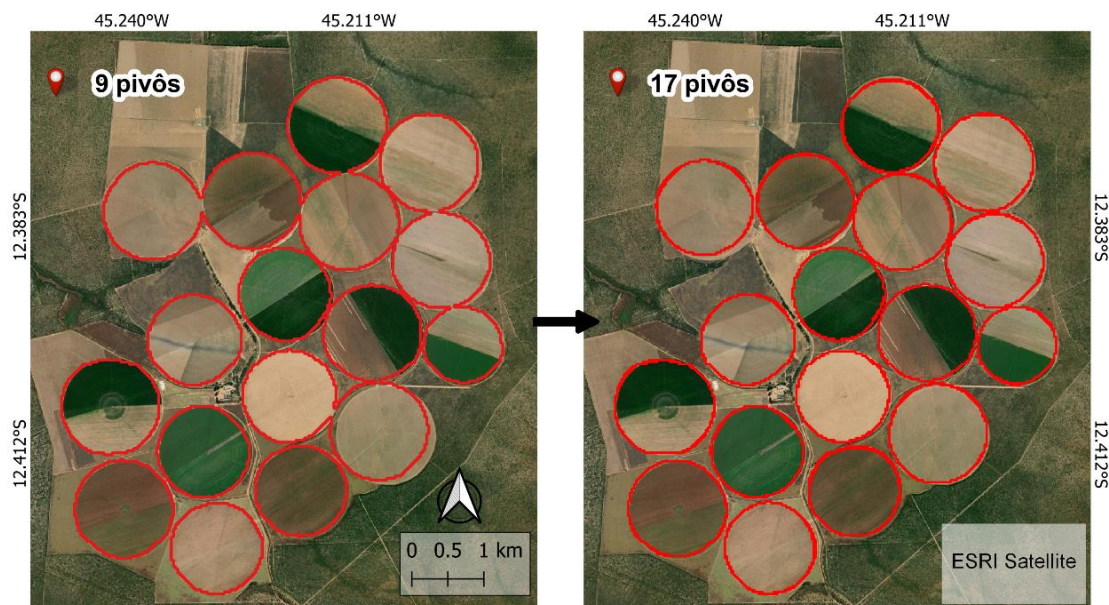
Após a aplicação de diversas técnicas de geoprocessamento em conjuntos de dados distintos, provenientes de diferentes fontes e formatos (ver Tabela A.1 do apêndice), serão apresentados os resultados obtidos neste estudo. Primeiramente, serão analisadas as áreas irrigadas por meio de sistemas de pivô central, utilizando dados do Mapbiomas, tanto em termos do número de estruturas como da área mapeada.

Além disso, com base nos dados do Mapbiomas, serão apresentadas as principais alterações no uso e cobertura da terra nos pivôs durante o período estudado. Em seguida, serão exibidos os dados da Agência Nacional de Águas referentes à série histórica de estiagens e à segurança hídrica.

### **4.1 Identificação do número de pivôs**

Conforme mencionado anteriormente, o mapeamento das áreas irrigadas por sistemas de pivô central foi realizado utilizando os dados do Mapbiomas. A série de dados abrange o período de 1985 a 2020. Após a análise dos dados, decidiu-se separar os pivôs que estavam agrupados no dado bruto do Mapbiomas, uma vez que um dos objetivos do estudo era identificar o número de estruturas na região. É importante ressaltar que os dados são disponibilizados no formato *raster* e foi realizada a conversão para o formato vetorial. A Figura 4.1 ilustra um recorte de como foram realizadas e o resultado das edições.

Figura 4.1 – Exemplo de dições vetoriais.

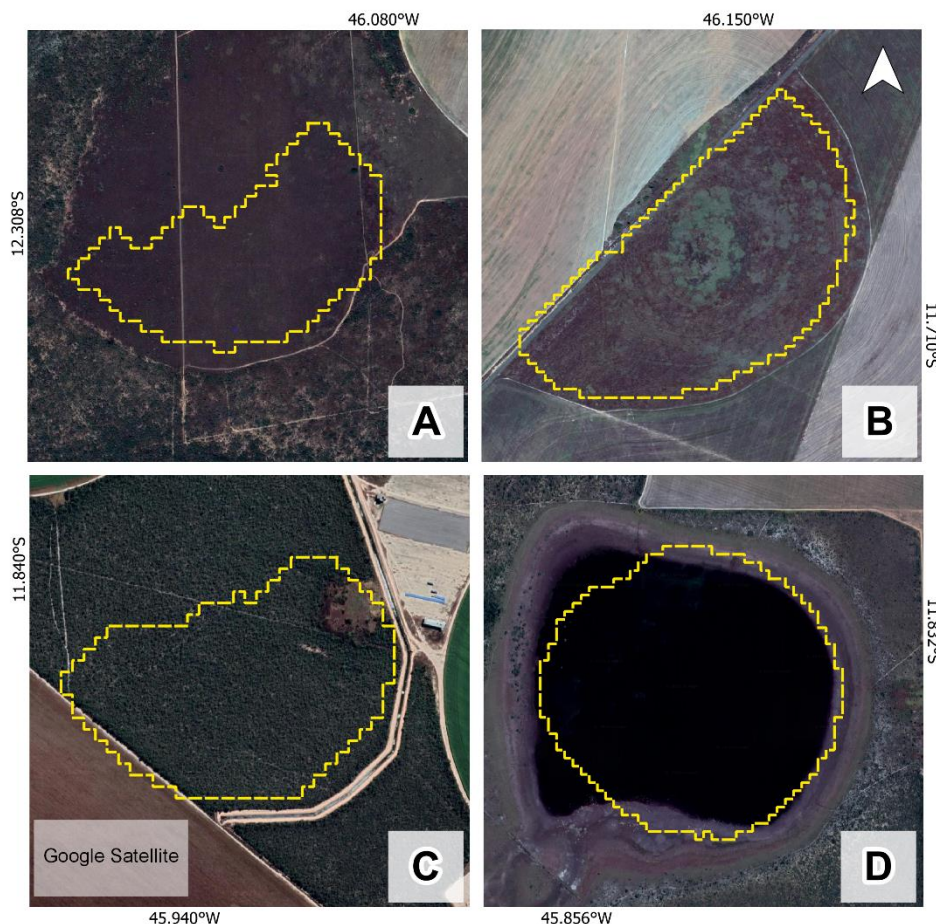


Agrupamento de pivôs na divisa dos municípios de Barreiras e São Desidério (BA).

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Durante o processo de individualização dos pivôs, foi observada a presença de algumas inconformidades nos dados. É importante destacar que qualquer conjunto de dados pode conter certas inconsistências, uma vez que é impossível representar completamente a realidade, e sempre haverá um grau de erro associado. Nesse sentido, além da etapa de recorte dos dados, foi realizada uma validação adicional para verificar a presença da estrutura do pivô central. Alguns exemplos de inconsistências podem ser observados na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Exemplo de confusões geradas pelo classificador (Mapbiomas).

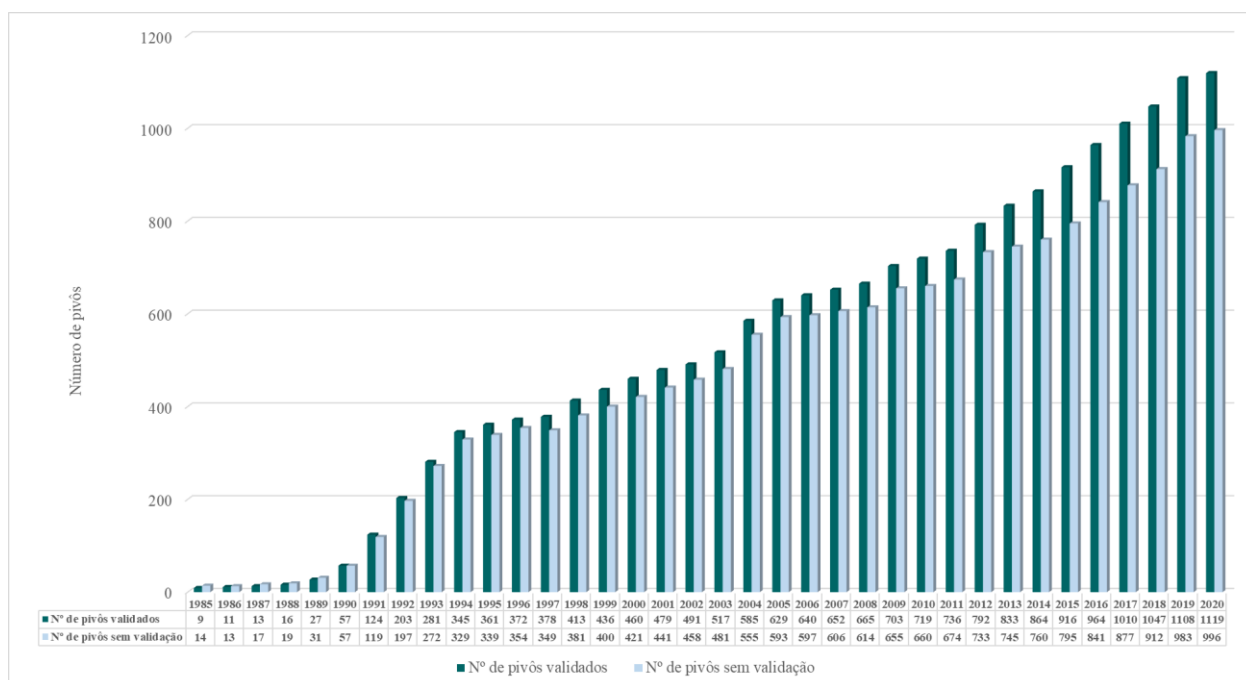


A) Estrada de terra que contorna área de Cerrado em Luís Eduardo Magalhães; B) estrada de terra que contorna área úmida no município de Barreiras; C) estrada de terra que contorna remanescente de vegetação no município de Barreiras e D) reservatório de água em Barreiras.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após o recorte dos dados para toda a microrregião de Barreiras ao longo de toda a série temporal foi possível calcular o número de pivôs para cada um dos anos analisados e realizado o comparativo de antes e depois das edições. A figura 4.3 ilustra o comparativo no número de estruturas de pivô central ao longo da série histórica.

Figura 4.3 – Número de pivôs na microrregião de Barreiras.

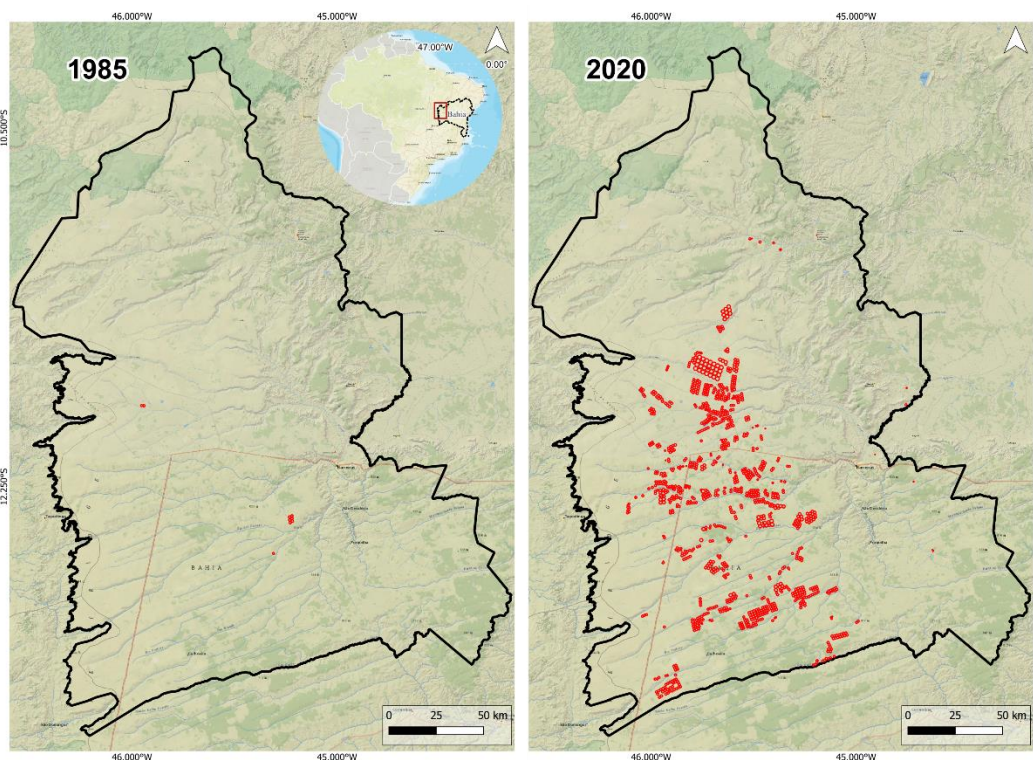


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Com base na Figura 4.3, conclui-se que o uso do dado bruto do Mapbiomas não representa com precisão o número de estruturas de pivô central na região oeste da Bahia. Isso ocorre devido ao agrupamento de vários pivôs após a classificação pixel a pixel, considerando a resolução espacial das imagens Landsat de 30 metros.

Durante o período de 2014 a 2018, foi observada uma variação no número de pivôs superior a 12%, o que indica um impacto significativo no uso dos dados sem uma validação adequada. As maiores variações percentuais ocorreram no início da série, atingindo uma variação de 55% em 1985. Essas variações podem ser explicadas pela baixa quantidade de estruturas na região durante esses anos, juntamente com a identificação de algumas confusões pelo classificador do Mapbiomas. Figura 4.4 apresenta de forma visual a variação no número de estruturas no início e no final da série analisada.

Figura 4.4 – Número de pivôs na microrregião de Barreiras (1985 – 2020).

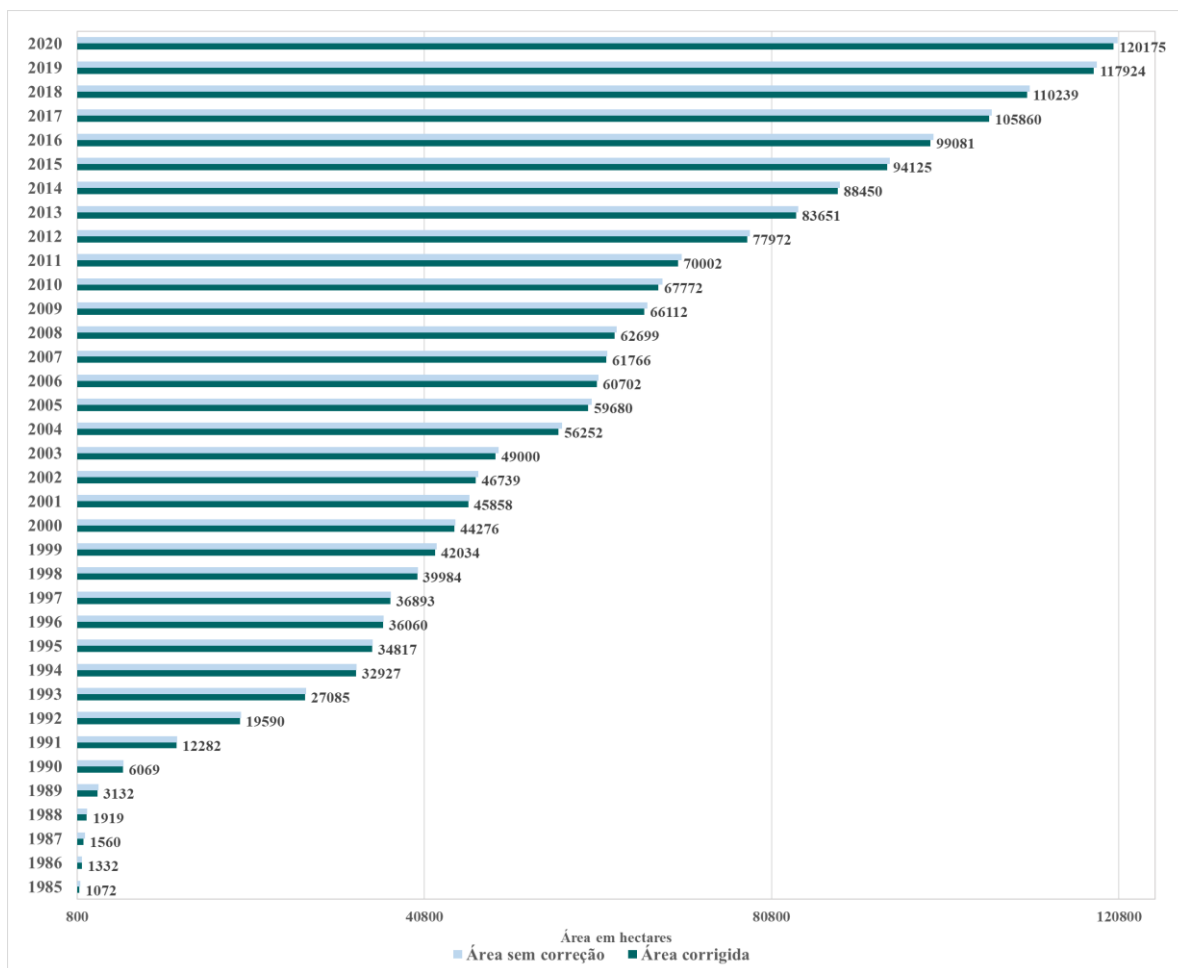


Em 1985, foram identificados 9 pivôs na região, enquanto em 2020 foram registrados 1119 pivôs. Isso representa um aumento de 12 333% no número de estruturas ao longo desse período.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Em relação à área irrigada, as variações nos valores, antes e depois da exclusão dos polígonos sem área irrigada, não são tão significativas quanto as variações no número de estruturas. Isso era esperado, uma vez que esse processo envolve uma etapa a menos de edições. Os valores das áreas irrigadas para a microrregião de Barreiras estão apresentados na Figura 4.5.

Figura 4.5 – Área irrigada por pivô central na microrregião de Barreiras.



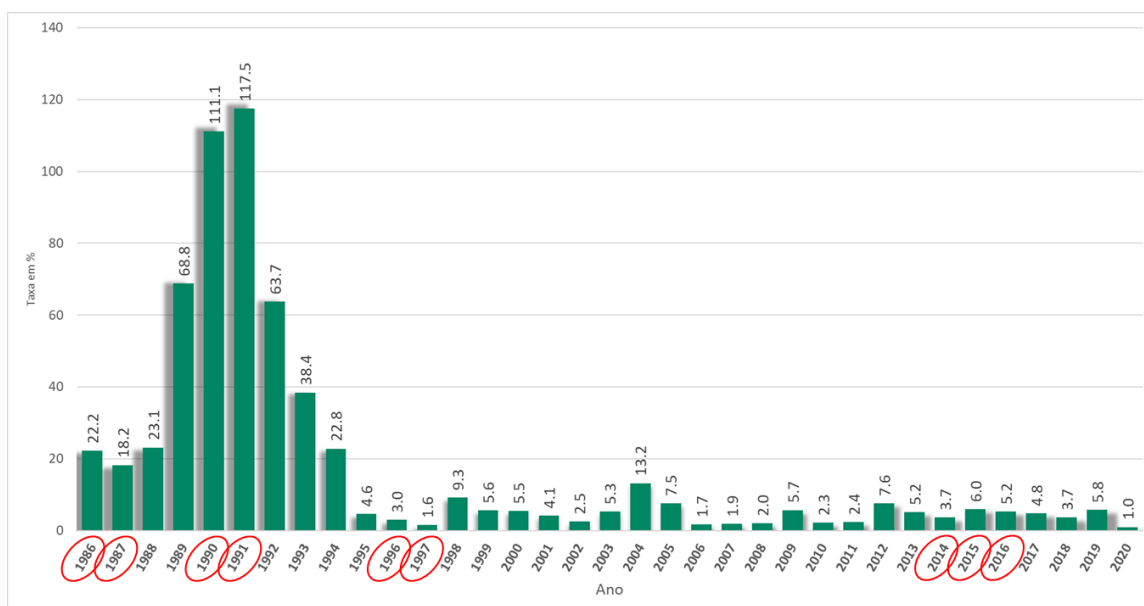
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Desconsiderando os anos iniciais, de 1985 a 1991, nos quais foi observada uma baixa presença de estruturas e um alto número de confusões do classificador, o restante da série apresenta um erro de inclusão inferior a 1%. É importante ressaltar que, para o presente estudo, foi realizada apenas a validação da inclusão dos dados, não havendo uma avaliação específica do erro de omissão do classificador.

No que se refere à taxa de aumento do número de estruturas, não há coincidência com os anos de ocorrência de estiagem, de acordo com os dados do CPTEC. Na Figura 4.6, é possível observar, destacado em vermelho, os anos em que ocorreu estiagem, enquanto no gráfico são apresentadas as taxas anuais de incremento no número de pivôs.



Figura 4.6 – Variação anual percentual do número de pivôs.



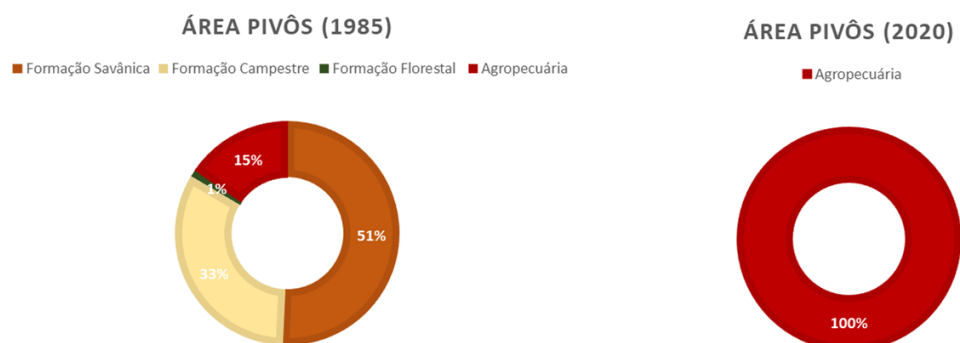
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nesse sentido, as maiores variações ocorreram entre os anos de 1989 e 1994. Embora os anos de 1990 e 1991 tenham registrado ocorrências de estiagem, é esperado que os aumentos na área irrigada ocorram em anos subsequentes, devido ao tempo necessário para implementação e obtenção de outorgas. Portanto, outros fatores foram responsáveis pela expansão das áreas irrigadas por sistemas de pivô central.

## 4.2 Dados de uso e cobertura da terra

Ao realizar a análise das mudanças de uso e cobertura da terra, foram comparadas as áreas irrigadas por pivô central, totalizando 120.175,2 hectares, nos anos de 1985 e 2020. As classes do Mapbiomas foram agrupadas em duas categorias principais: áreas antropizadas, que incluem agricultura, pastagem e mosaicos de agricultura e pastagem; e áreas não antropizadas, que englobam formações florestais, savanas, formações campestres e áreas alagadas. O gráfico com as mudanças pode ser observado na Figura 4.7.

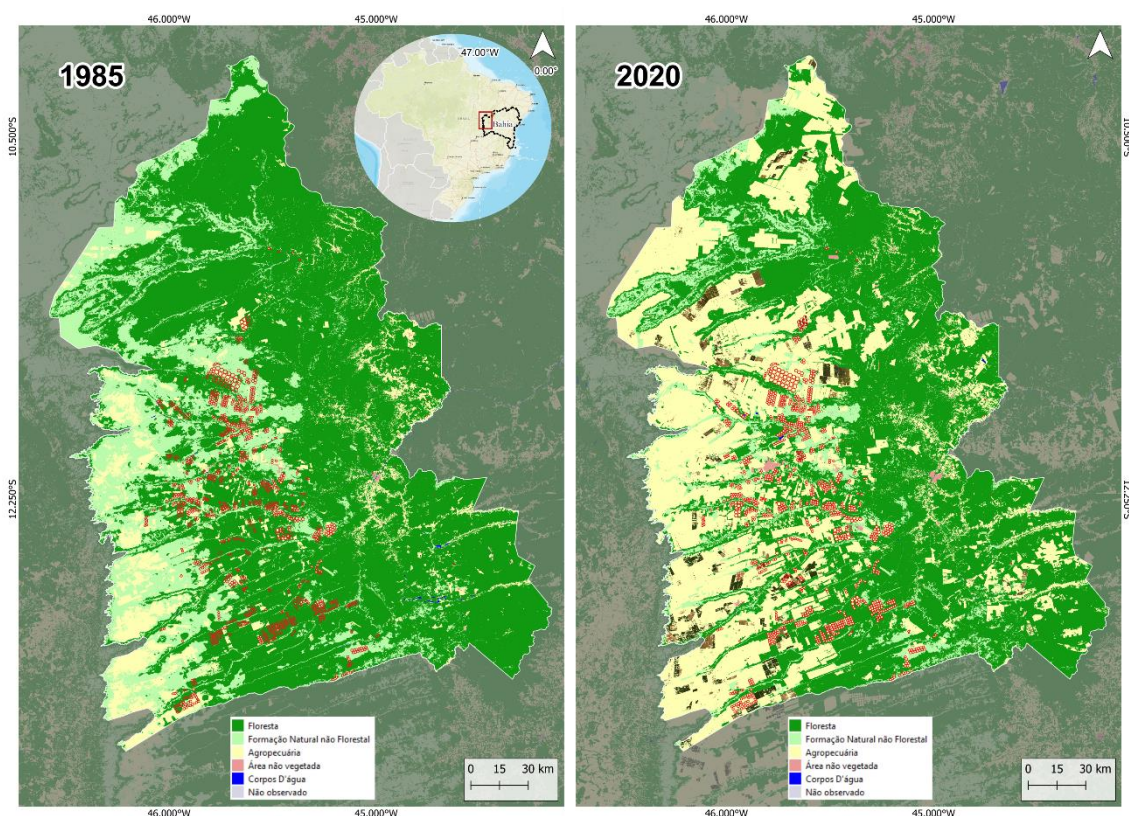
Figura 4.7 – Gráfico do a mudança de uso e cobertura da terra (1985 - 2020).



Fonte: Mapbiomas (2023). Adaptado pela autora.

Os resultados da reclassificação mostraram que, atualmente, 101.601,9 hectares, anteriormente considerados como áreas não antropizadas, foram destinados à agricultura, principalmente para a produção de grãos. Dentro da área total (120.112,5 hectares), 60.927,4 hectares eram de formação savânica, 39.428,9 hectares eram de formação campestre, 1.182,9 hectares eram de formação florestal e 62,7 hectares eram áreas alagadas. Isso representa um aumento de 545,34% nas áreas destinadas à agropecuária. O comparativo do uso e cobertura da terra a partir dos dados do Mapbiomas pode ser observado na Figura 4.8.

Figura 4.8 – Mudança de uso e cobertura da terra (1985 - 2020).



Fonte: Mapbiomas (2023). Adaptado pela autora.

Essas alterações refletem as mudanças no uso e cobertura da terra na região, evidenciando um incremento significativo na conversão de áreas não antropizadas em áreas de produção agrícola. É importante ressaltar que a remoção de vegetações florestais, savânicas e campestres tem impacto na dinâmica hídrica da região, o que pode resultar em riscos para a disponibilidade de recursos destinados à irrigação.

A remoção dessas vegetações naturais afeta diretamente a capacidade de infiltração do solo, o equilíbrio do ciclo hidrológico e a retenção de água nos ecossistemas. Isso pode levar a uma redução na recarga dos aquíferos e no armazenamento de água nos sistemas naturais, resultando em menor disponibilidade hídrica para as áreas irrigadas.

Portanto, é fundamental considerar os possíveis riscos e impactos ambientais decorrentes dessas transformações no uso da terra, a fim de promover práticas

sustentáveis de gestão dos recursos hídricos e minimizar os efeitos negativos na segurança hídrica da região. Caso não sejam adotadas medidas adequadas, cenários de insegurança hídrica no contexto agrícola podem se concretizar, comprometendo a disponibilidade de água necessária para a produção agrícola e acarretando consequências negativas para a sustentabilidade do sistema produtivo e para a economia local.

### **4.3 Dados de escassez e segurança hídrica**

Os dados anuais de ocorrência do fenômeno El Niño (1985 - 2020) e do mapa de seca (2014 - 2020) podem ser encontrados na Tabela A.2 do apêndice. É importante destacar que os anos com ocorrência de El Niño tendem a apresentar redução no volume de chuvas na região Nordeste, o que impacta diretamente a agricultura. Conforme os dados da Tabela A.2, os anos com El Niño forte, segundo o CPTEC, foram 1987, 1988, 1991, 1992, 1997, 1998, 2015 e 2016. Já os dados do monitor de secas da ANA sugerem estiagens severas na região nos anos de 2016 e 2017, considerando o início da série em 2014.

Ao analisar os gráficos do número de pivôs e da área irrigada por pivôs, nota-se que não há uma relação evidente entre os anos subsequentes às ocorrências de secas severas e um aumento expressivo no número de pivôs e área irrigada. Portanto, a hipótese central deste trabalho não pode ser confirmada para a área de estudo.

Dessa forma, outros fatores estão associados a essa expansão, sendo importante ressaltar que o crescimento é constante, sem grandes picos. Fatores que contribuem para essa constância incluem as condições climáticas favoráveis ao cultivo de grãos na região, bem como a disponibilidade hídrica adequada, devido à presença de rios e aquíferos que fornecem água para as estruturas de irrigação.

Além disso, o aumento no número de pivôs na região pode ser atribuído às iniciativas do governo federal para expansão das áreas agrícolas, muitas iniciativas de ocupação do Cerrado foram promovidas ao longo das últimas décadas. Além disso, muitas pesquisas foram desenvolvidas para promover

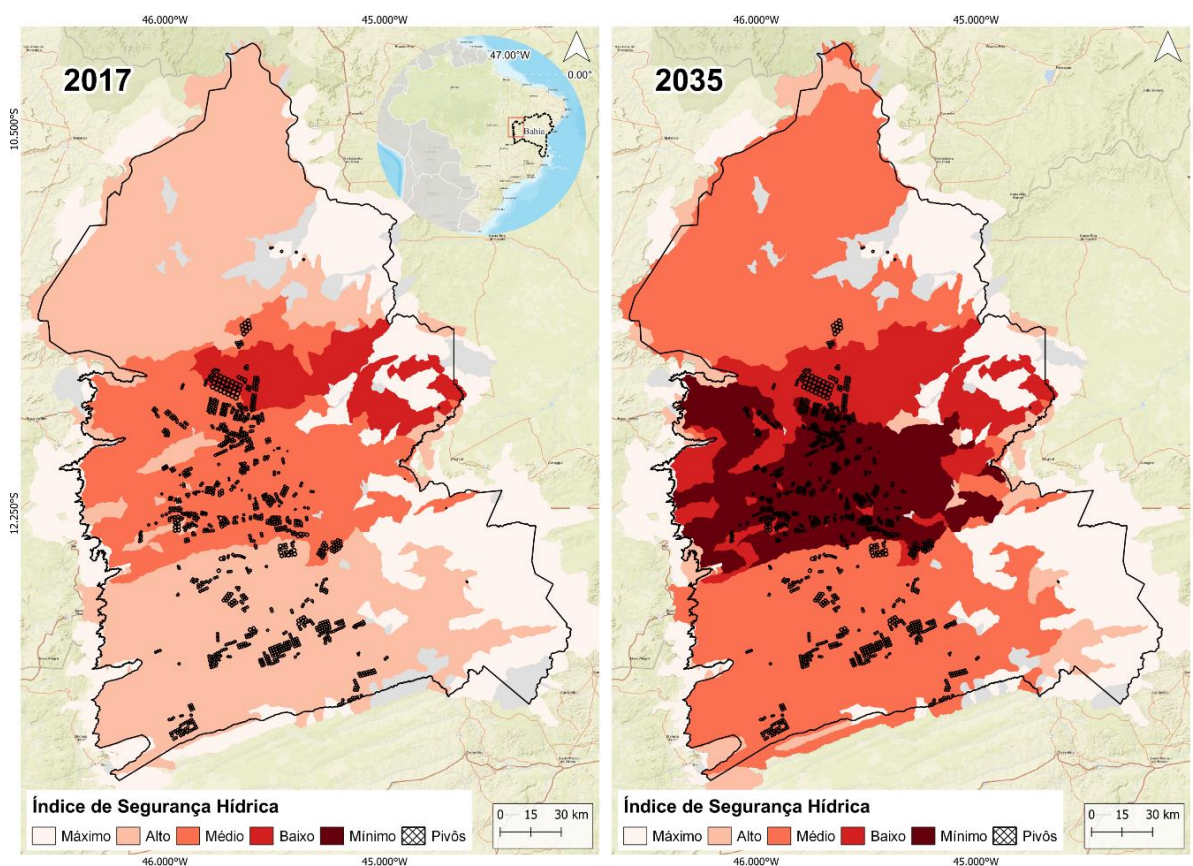
melhoria na produção de grãos no bioma Cerrado. Paralelo a isso existem muitos incentivos financeiros do governo federal na agricultura, que fornecem como baixas taxas de juros e subsídios aos produtores rurais.

Nesse sentido uma outra discussão pode ser feita, acerca da segurança hídrica da região, considerando que o volume de água destinado a essas estruturas é muito alto. Buscando analisar contextos futuros a ANA produziu um dado de segurança hídrica que modela o cenário para o ano de 2035. Para o dado são considerados diferentes contextos, desde a disponibilidade de água para abastecimento da população até a disponibilidade de água para o setor agropecuário.

A segurança hídrica é um conceito que se refere à capacidade de uma determinada região em garantir o acesso adequado à água para atender às necessidades da população, sustentar o desenvolvimento econômico e preservar os ecossistemas. No contexto deste estudo, foram considerados dados relacionados à dimensão *Econômica*, que englobam a disponibilidade de água para atividades agrícolas e pecuárias nos anos de 2017 e 2037, contudo existem outras dimensões como *Humana*, que avalia a oferta de água para abastecimento humano, *Ecossistêmica*, que avalia a exposição e risco de poluição e a *Resiliência* acerca da capacidade de renovação dos mananciais.

Esses dados foram sobrepostos às áreas irrigadas por sistemas de pivô central, com o intuito de analisar se essas áreas estão expostas a algum risco relacionado à segurança hídrica. A sobreposição permitiu comparar as áreas irrigadas com os indicadores de segurança hídrica, revelando possíveis áreas de vulnerabilidade (Figura 4.9).

Figura 4.9 – Índice de Segurança Hídrica (2017 - 2035).



Fonte: ANA (2023). Adaptado pela autora.

Com base nas projeções de segurança hídrica para o ano de 2035, realizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), é possível observar que as áreas irrigadas por sistemas de pivô central estão localizadas em regiões classificadas como mínima, baixa e média segurança hídrica. Essa classificação indica que essas áreas podem enfrentar desafios em relação à disponibilidade de água para sustentar a operação dos pivôs.

É importante ressaltar que, para acionar os pivôs e realizar a irrigação, é necessário obter uma outorga de uso da água. No entanto, quando a disponibilidade de água é baixa, prioriza-se o uso para o abastecimento da população, o que pode impactar a disponibilidade de água para as áreas irrigadas por pivô central. Um exemplo desse cenário ocorreu no estado da Bahia, mais especificamente no polo de Irecê, durante a safra 2016/2017.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou a expansão das áreas agrícolas irrigadas na microrregião de Barreiras, localizada no oeste da Bahia. Ao longo do período estudado, foi observado um expressivo aumento na quantidade de pivôs, passando de 9 estruturas identificadas em 1985 para 1119 estruturas no ano de 2020. Entretanto, a hipótese de que a escassez hídrica teria contribuído para essa expansão não foram corroboradas pelos resultados deste estudo.

Com base na revisão da literatura, concluiu-se que o vetor de expansão da agricultura irrigada na região está associado às políticas de ocupação do Cerrado, que incluem facilitações em empréstimos e subsídios para o desenvolvimento de atividades agrícolas no bioma. É importante ressaltar que a região apresenta uma boa disponibilidade de recursos hídricos, além de um clima favorável e solos férteis ou que podem ser corrigidos em alguns casos, criando um cenário propício para o cultivo de grãos. Nesse sentido, a produção de soja, milho e algodão tem se destacado na produção nacional.

Contudo, a análise dos dados de segurança hídrica fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) revelou projeções preocupantes em relação à disponibilidade de água para as atividades econômicas, incluindo a agropecuária. Além disso, ao longo dos últimos anos, a região passou por significativas mudanças no uso e ocupação da terra, com a substituição de formações naturais, como florestas, savanas e formações campestres, por extensas áreas de monoculturas. Essa transformação resultou em desequilíbrios nos ecossistemas da região, agravando ainda mais a insegurança hídrica, uma vez que os sistemas de pivô central demandam grandes volumes de água.

As práticas agrícolas são essenciais para a produção de alimentos, no entanto, é crucial que sejam realizadas de forma consciente e com considerações ambientais, buscando mitigar os impactos e riscos associados. É fundamental adotar medidas de gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo a conservação dos ecossistemas locais e a adoção de práticas agrícolas mais eficientes em termos de uso da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Índice De Segurança Hídrica - ISH**. Disponível em: [https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66/attachments/Metodologia\\_ISH.pdf](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66/attachments/Metodologia_ISH.pdf). Acesso em: 10 abr. 2023.
- DARYANTO, S., Wang, L., & JACINTHE, P.-A. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: A review. **Agricultural Water Management**, 179, 18– 33, 2017.
- EMBRAPA. Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo. **EMBRAPA Notícias**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. 2021. Acesso em: 18 abr. 2023.
- EMBRAPA. Brasil pode superar a Índia em 2023 na produção de grãos. **EMBRAPA Notícias**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73611968/brasil-pode-superar-a-india-em-2023-na-producao-de-graos>. 2022. Acesso em: 18 abr. 2023.
- FODOR, N., CHALLINOR, A., DROUTSAS, I., RAMIREZ-VILLEGAS, J., ZABEL, F., KOEHLER, A.-K., & FOYER, C. H. Integrating plant science and crop modeling: Assessment of the impact of climate change on soybean and maize production. **Plant and Cell Physiology**, 58(11), 1833– 1847, 2017.
- GOULART, H. M., VAN DER WIEL, K., FOLBERTH, C., BOERE, E., & VAN DEN HURK, B. Increase of simultaneous soybean failures due to climate change. **Earth's Future**, v. 11, n. 4, p. DOI: 10.1029/2022EF003106, 2023.
- JÄGERMEYR, J., MÜLLER, C., RUANE, A. C., ELLIOTT, J., BALKOVIC, J., CASTILLO, O., et al.. Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. **Nature Food**, 2(11), 873– 885, 2021.
- MAPBIOMAS. **Códigos de legenda**. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- MAPBIOMAS. **Destaques do mapeamento anual da cobertura e uso da terra no Brasil de 1985 a 2021**. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- MARCHÃO, R. L., VILELA, L., PALUDO, A. L., & GUIMARÃES JÚNIOR, R. Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no Oeste Baiano. **Comunicado Técnico**. Embrapa. 2009.



MENDONÇA, JACKSON ORNELAS. O potencial de crescimento da produção de grãos no Oeste da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 2, p. 38-46, 2006.

PIMENTEL, K.L., SOUZA T. C. L, TÁVORA, G.S.G, TURETTA, A.P.D. Mudanças de Uso da Terra e Expansão da Agricultura no Oeste da Bahia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / **Embrapa Solos**, ISSN 1678-0892; 201. 2011.

SANO, E. E, PINHATI, F.S.C. Espaço rural do oeste baiano: identificação de áreas agrícolas sob sistema de plantio direto por meio de dados obtidos por câmera digital e satélite CBERS-2 CCD. **GEOGRAFIA, Rio Claro**, v. 34, n. 1, p. 117-129, jan./abr. 2009.

SARAIVA, M., PROTAS, É., SALGADO, M., & SOUZA JR, C. (2020). Automatic mapping of center pivot irrigation systems from satellite images using deep learning. **Remote Sensing**, 12(3), 558.

SILVA, E.M, AZEVEDO, J.A. Dimensionamento da lateral de irrigação do pivô-central. Planaltina. Embrapa – CPAC, 54p. **Embrapa Documentos**, 71, 1998.

## APÊNDICE A – TABELAS E FIGURAS COMPLEMENTARES

Tabela A.1 – Banco de dados utilizado no estudo.

<b>Nome</b>	<b>Origem</b>	<b>Sistema de referência de coordenadas</b>
Área Irrigada	Mapbiomas	EPSG:4326 - WGS 84
Uso e cobertura da terra	Mapbiomas	EPSG:4326 - WGS 84
Índice de Segurança Hídrica	ANA	EPSG:4674 - SIRGAS 2000
Monitor de Secas	ANA	EPSG:4326 - WGS 84
Limites municipais	IBGE	EPSG:4674 - SIRGAS 2000
Microrregiões	IBGE	EPSG:4674 - SIRGAS 2000

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela A.2 – Dados históricos de secas e El Niño para área de estudo.

<b>Ano</b>	<b>Monitor de secas<sup>1</sup></b>	<b>El Niño<sup>2</sup></b>
1985		
1986		Moderado
1987		<b>Forte</b>
1988		<b>Forte</b>
1989		
1990		
1991		<b>Forte</b>
1992		<b>Forte</b>
1993		Fraca
1994		
1995		
1996		
1997		<b>Forte</b>
1998		<b>Forte</b>
1999		
2000		
2001		
2002		Moderada
2003		Moderada
2004		
2005		
2006		Moderada
2007		Moderada
2008		
2009		Moderada
2010		Moderada
2011		
2012		
2013		
2014	Médio	
2015	Médio	<b>Forte</b>
2016	Alto	<b>Forte</b>
2017	Alto	
2018	Médio	
2019	Médio	
2020	Médio	

Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA)<sup>1</sup> e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)<sup>2</sup>.