



Universidade Federal de Goiás  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO (PRPG)  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TIAGO MIRANDA DANTAS

**Avaliação ambiental das bacias de captação de água no estado de Goiás**

**Goiânia**

**27/12/2022**

Processo:

23070.068011/2022-82

Documento:

3409275



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese

#### 2. Nome completo do autor

Tiago Miranda Dantas

#### 3. Título do trabalho

Avaliação ambiental das bacias de captação de água no estado de Goiás

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério**



**Superior**, em 28/12/2022, às 19:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Tiago Miranda Dantas, Discente**, em 30/12/2022, às 11:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3409275** e o código CRC **0245FA05**.

---



TIAGO MIRANDA DANTAS

**Avaliação ambiental das bacias de captação de água no estado de Goiás**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação e Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, como requerido para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental

Linha de Pesquisa: Monitoramento e análise de recursos naturais

Orientação: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira

Coorientação: Prof. Dr. Hugo José Ribeiro

**Goiânia**

**27/12/2022**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Dantas, Tiago Miranda

Avaliação Ambiental das bacias de captação de água no estado de Goiás [manuscrito] / Tiago Miranda Dantas. - 2022.

LXX, 70 f.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira; co-orientador Dr. Hugo José Ribeiro.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Pró reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Goiânia, 2022.

Bibliografia. Anexos.

Inclui mapas, lista de tabelas.

1. fragilidade ambiental. 2. uso e ocupação dos solos. 3. bacias hidrográficas de captação de água. I. Ferreira, Nilson Clementino, orient. II. Título.

CDU 502/504

Processo:

23070.068011/2022-82

Documento:

3409223



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº **010/2022** da sessão de Defesa de Dissertação de **Tiago Miranda Dantas**, que confere o título de Mestre em **Ciências Ambientais**, na área de concentração em **Estrutura e Dinâmica Ambiental**.

Aos **vinte e sete dias de dezembro de 2022**, a partir das **18:00 horas**, na **sala virtual do Google Meet**: <<https://meet.google.com/ygt-qhev-sna>>, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Avaliação ambiental das bacias de captação de água no estado de Goiás**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Nilson Clementino Ferreira (EECA/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Klebber Teodomiro Martins Formiga (EECA/UFG)**, membro titular interno; Professora Doutora **Poliana Nascimento Arruda (EECA/UFG)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Nilson Clementino Ferreira**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **vinte e sete dias de dezembro de 2022**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

**Avaliação ambiental das bacias de captação de água no estado de Goiás**

Documento assinado eletronicamente por **Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 27/12/2022, às 19:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Klebber Teodomiro Martins Formiga, Professor do Magistério Superior**, em 27/12/2022, às 19:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **POLIANA NASCIMENTO ARRUDA, Usuário Externo**, em 28/12/2022, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tiago Miranda Dantas, Discente**, em 30/12/2022, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3409223** e o código CRC **7EA63168**.

**Referência:** Processo nº 23070.068011/2022-82

SEI nº 3409223



## **Agradecimentos**

A minha família, minha mãe Juscélia, meu pai Manoel, meu irmão Vinícius, por todo incentivo, amor, carinho, paciência, amparo e presença.

Ao professor Dr. Nilson Clementino pela disposição em me orientar, pela sua paciência e por um grande, mesmo eu distante, companheirismo ao longo de anos desde a graduação.

Ao professor Dr. Hugo José pela colaboração e grande ajuda na pesquisa.

Aos professores e colegas do CIAMB, que se mostraram pessoas resilientes e encorajadoras durante este período de pós-graduação, feita totalmente distante de todos devido a pandemia de COVID-19, onde não tivemos a oportunidade devida de nos conhecermos melhor, e que mesmo assim fortaleceu o sentimento e vontade de finalizar esta etapa.

Aos meus amigos, “os 11” (Yan, Vanessa Balbino, Gabriel, Matheus, Vanessa Rodrigues, Débora, Ester, Larissa, Layana), que fico extremamente grato de tê-los conhecido e vivido com todos eles durante a graduação e que hoje nossa amizade permanece fortalecida mesmo com cada um seguindo sua vida e sempre crescendo profissionalmente e como pessoas.

A minha namorada Kamilla, que por inúmeras vezes ficamos horas conversando para nos fortalecer, apoiar e concluirmos nossas pós-graduações, mesmo distantes durante os últimos dois anos crescemos a cada dia e nos evoluímos como pessoas e profissionais, fortalecendo nosso relacionamento a cada dia.

A Universidade Federal de Goiás, que de forma bem significativa está presente em minha vida desde 2012, e agora encerro mais um ciclo nesta instituição.

## Resumo

Considerando o pressuposto da limitação dos recursos naturais, é notório que iniciativas de preservação são fundamentais para manutenção de um sistema socioambiental em equilíbrio. A alteração do uso da terra ao longo das últimas décadas no bioma Cerrado evidencia uma ocupação voltada para atividades predominantemente de agropecuária, com incentivos públicos e fiscais, que garantiram acesso a produtores e grandes empresas a novas tecnologias e métodos para tornar o bioma, uma referência mundial na produção de commodities. As expansões das fronteiras agrícolas a partir da segunda metade do século XX, tornaram o estado de Goiás referência no agronegócio, e que alavancou a economia regional. Porém esses processos de ocupação, atingiram diretamente muitas áreas ambientalmente frágeis, que podem impactar diretamente no recurso natural de base para todo processo produtivo, a água. O estado de Goiás possui 192 bacias hidrográficas para abastecimento público em que seus pontos de captação são administrados pela SANEAGO, a empresa de saneamento básico do estado, que nos últimos anos vem relatando recorrências de situações de emergência no abastecimento hídrico dos municípios em períodos de seca, no qual atinge diretamente as populações dos municípios abastecidos. Assim, este estudo teve por objetivo, identificar a alteração no uso e ocupação da terra nas bacias de captação de água do estado, correlacionando dados de precipitação e de fatores que identificam zonas de fragilidade ambiental.

Os resultados obtidos mostraram que nas bacias de captação de água para abastecimento dos municípios goianos não tem ocorrido alterações nas intensidades das chuvas. No entanto, as bacias de captação localizadas na porção centro-sul do estado de Goiás, estão com cobertura de vegetação nativa impactadas devido aos processos de ocupação, que ocorreram sem planejamento, possibilitando o aumento de processos erosivos, afetando a produção de sedimentos, além da recarga hídrica.

É importante que o estado de Goiás desenvolva políticas específicas visando o uso sustentável das bacias de captação de água, buscando a preservação da vegetação nativa em áreas ambientalmente frágeis dessas bacias hidrográficas, garantindo dessa forma, a segurança hídrica dos municípios.

Palavras-chave: fragilidade ambiental, uso e ocupação dos solos, bacias hidrográficas de captação de água.



## Abstract

Considering the assumption of limited natural resources, it is clear that preservation initiatives are essential for maintaining a balanced socio-environmental system. The change in land use over the past decades in the Cerrado biome shows an occupation focused on activities predominantly of agriculture and cattle ranching, with public and fiscal incentives, which guaranteed access to producers and large companies to new technologies and methods to make the biome, a world reference in the production of commodities. The expansion of the agricultural frontiers from the second half of the 20th century on, made the Goiás state a reference in agribusiness, which leveraged the regional economy. However, these occupation processes have directly affected many environmentally fragile areas, which can directly impact the natural resource base for all production processes, water. The Goiás state has 192 hydrographic basins for public supply in which their collection points are managed by SANEAGO, the sanitation company, which in recent years has been reporting recurrences of emergency situations in the water supply of municipalities in periods of drought, which directly affects the populations of the municipalities supplied. Thus, this study aimed to identify the change in land use and occupation in the water catchment areas of the state, correlating data on precipitation and factors that identify areas of environmental fragility.

The results obtained showed that in the water supply watersheds of the Goiás municipalities there has been no change in rainfall intensities. However, the catchments located in the central-southern portion of the state of Goiás have their native vegetation cover impacted due to the occupation processes, which occurred without planning, enabling the increase of erosive processes, affecting the production of sediments, besides the water recharge.

It is important that the Goiás state develops specific policies aimed at the sustainable use of water catchment areas, seeking the preservation of native vegetation in environmentally fragile areas of these watersheds, thus ensuring the water security of the municipalities.

Keywords: environmental fragility, land use and land cover, water supply watersheds.



## Sumário

<b>Apresentação</b> .....	6
<b>Estrutura da Dissertação</b> .....	6
<b>Introdução Geral</b> .....	6
<b>Objetivo Geral</b> .....	9
<b>Objetivos Específicos</b> .....	9
<b>Capítulo II</b> .....	10
<b>Diagnóstico das bacias de captação de água no estado de Goiás entre 1985 – 2019: análise no uso e cobertura da terra nas áreas das bacias de captação e série histórica de precipitação</b> .....	10
<b>Resumo</b> .....	10
<b>Introdução</b> .....	11
<b>Objetivos</b> .....	13
<b>Área de Estudo</b> .....	14
<b>Metodologia</b> .....	16
<b>Resultados e Discussões</b> .....	19
<b>Conclusões</b> .....	28
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	30
<b>Capítulo III</b> .....	35
<b>Análise do Relevo e Uso do Índice Topográfico de Umidade para identificação de zonas de fragilidade ambiental segundo seu uso do solo em bacias de captação de água</b> .....	35
<b>Resumo</b> .....	35
<b>Introdução</b> .....	36
<b>Metodologia</b> .....	37
<b>Resultados</b> .....	41
<b>Conclusão</b> .....	50
<b>Referências</b> .....	50
<b>Capítulo IV</b> .....	53
<b>Conclusões</b> .....	53
<b>Anexo</b> .....	54

## **Apresentação**

### **Estrutura da Dissertação**

A dissertação está composta por quatro capítulos, dispostos da seguinte forma:

**Capítulo I** – Apresentação, Introdução Geral, Objetivos

**Capítulo II** – Artigo 1 - Diagnóstico das bacias de captação de água no estado de Goiás entre 1985 – 2019: análise no uso e cobertura da terra nas áreas das bacias de captação e série histórica de precipitação

**Capítulo III** – Artigo 2 - Análise do Relevo e Uso do Índice Topográfico de Umidade para identificação de zonas de fragilidade ambiental segundo seu uso do solo em bacias de captação de água

**Capítulo IV** – Conclusões, Anexos

### **Introdução Geral**

Como um todo, o Brasil possui uma característica privilegiada ao se tratar de disponibilidade hídrica, sendo assim já influencia em processos econômicos e sociais no qual se baseiam sua infraestrutura e modo de viver (Almeida, 2020). Esta característica desenvolve, conseqüentemente, fatores de cuidado, observação e gestão dos recursos hídricos para ponderação de uso sustentável e justa distribuição, apesar das próprias dificuldades de valoração de um bem de direito absoluto a toda população (CARVALHO, 2018).

A compreensão dos ciclos hidrológicos são fundamentais para determinar o que ocorre dentro das Bacias Hidrográficas, onde toda a dinâmica natural e antrópica são responsáveis por processos hidrológicos cíclicos e dinâmicos, afetando diretamente os processos naturais dos cursos hídricos, assim como os processos sociais envolvidos na região das bacias (ANA, 2018).

Baseando-se em fatores naturais, Carvalho (2020, v. 42, p.140–161) aborda que “a delimitação da área e o seu reconhecimento físico do ambiente, são fatores fundamentais para compreender a dinâmica ambiental que engloba as bacias”. Entender as dinâmicas físicas do ambiente engloba os fatores hidrológicos em si, mas também as questões de ocupação do solo,

geologia local, fauna e flora presentes, sendo assim, um recorte ordenado para caracterização de meios físicos naturais que regem o sistema das bacias.

Já tratando-se de meio antrópico, a valoração dos recursos hídricos dentro das bacias hidrográficas, apesar de ser complexo, é fundamental para estimar e delimitar as ações humanas de extração e uso deste recurso limitado e fundamental. Além de compreender os a finalidades dos usos dos recursos hídricos, é de extrema importância delimitar metodologias para uma correta e exigente avaliação e licenciamento de usos de um recurso limitado (CARVALHO, 2018). Entender que os recursos hídricos dependem não somente do seu uso consistente, mas também entender que é necessário captar e devolver este recurso ao seu ciclo hidrológico de forma sustentável para assegurar sua disponibilidade futura.

Além de fatores físicos naturais, ligados diretamente aos aspectos de ocupação e manejo em bacias hidrográficas, definir processos e metodologias de monitoramento dos padrões pluviométricos são essenciais para compreender e delimitar ações em amplitudes ambientais e econômicas (Almeida, 2020).

Os aspectos climáticos auxiliam a definir todo um processo de desenvolvimento social e econômico de uma região. Tratando-se do estado de Goiás, onde predominantemente se concentra o bioma Cerrado, e o maior engajamento econômico parte das atividades do agronegócio, é de saber cultural e de mercado sobre o aspecto de sazonalidade pluviométrica da região, sendo bem definida pelos períodos chuvosos e de estiagem (Farias, 2016), o que não demérita o favorecimento hidrológico no estado.

Apesar desta condição explícita, o monitoramento pluviométrico dentro das bacias hidrográficas é fundamental para manter um acervo de séries históricas favoráveis a estudos e manejos de ações para os recursos hídricos (ANA, 2018). Uma metodologia já consolidada para monitoramento são as coletas de dados a partir de estações pluviométricas, que em determinadas regiões do Brasil apresentam inúmeras falhas. Esta metodologia gera um volume de dados bastante elevado, com leituras diárias que, feitas de forma analógica ou por meio eletrônico. Todavia, é necessário a ação humana para manutenção e coleta de informações, o que ocasiona por muita das vezes erros ou falta de leitura e interrupção na coleta de dados, tornando assim uma leitura de série histórica imprecisa (Wanderley et al., 2014).

Para garantir um método comparativo e com observações exímias de falhas de acordo com seu período de obtenção de dados, desde 1998 dados obtidos pelo satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) garantem uma análise criteriosa exigente dentro das limitações de suas observações com resolução espacial de aproximadamente 27x27 km (Anjos et al., 2016), e melhorada de acordo com a atualização dos algoritmos ao longo dos anos, sendo favorável para observações de chuvas com maior intensidade (Brito, 2017).

Relacionado aos padrões naturais que caracterizam os sistemas de observação nas bacias hidrográficas, os processos de sazonalidade pluviométrica e alteração da ocupação do solo são eventos que se observam de acordo com séries históricas de monitoramento e que

naturalmente podem ser analisadas a partir de um padrão determinado, gerando processos de conflito no que se trata de disponibilidade hídrica para dos recursos hídricos (Lemos & Junior, 2015).

Os processos de desenvolvimento econômico e expansão urbana no estado de Goiás decorreu a partir de parcerias da iniciativa pública e privada para aceleração econômica a partir de atividades agrárias, tornando o estado uma potência e referência nacional e mundial neste setor econômico desde a segunda metade do século XX, alterando toda sua dinâmica natural de biodiversidade, para um grande gerador pecuário e de monoculturas para produção de *commodities* (Miziara, 2006). A ocupação e alteração por completo da paisagem natural do Cerrado em Goiás vem gerando consequências que podem ser notadas desde os processos de degradação do solo e diminuição da qualidade das águas até a clara perda de biodiversidade (Rocha, 2012).

Ações como essa de ocupação em grande escala para produção única de uma atividade, negligenciando ações futuras para disponibilidade hídrica, gera a ocorrência de conflitos pelo uso da água, seja ela de uma forma velada e até mesmo quantidade e qualidade de água (Almeida, 2020). O desequilíbrio do balanço hídrico apresenta cenários desfavoráveis de abastecimento e captação, associado a problemas como infraestrutura fragilizada e precária no manejo de bacias hidrográficas, ocupação de áreas sem estudos relativos a impactos ambientais conforme prevejam processos degradação do solo (CARVALHO, 2018), assoreamento dos cursos hídricos e perda da qualidade de água, falta de ações públicas para conservação de áreas prioritárias no sistema de produção água nas bacias, diminuindo a capacidade de recarga de aquíferos e lençóis freáticos que garantem a vazão mínima necessária para manutenção de captação e abastecimento público em períodos de estiagem (ANA, 2017).

Só no estado de Goiás, Honório (2020) relata o aumento de reportagens que abordam os assuntos referentes à crise hídrica ou falta de água nos municípios goianos. Evidenciou-se que na última década, 2010 - 2020, este problema se tornou recorrente em publicações jornalísticas, com mais de 50 matérias publicadas ao longo dos anos, em apenas um, dos vários veículos de imprensa presentes no estado, tendo seu pico de publicações no ano de 2017.

Tentando conter o agravamento desses problemas, nos últimos anos o Governo do Estado e municípios de Goiás publicaram decretos a fim de mitigar este problema, como o DECRETO Nº 9.670, DE 02 DE JUNHO DE 2020 (Goiás, 2020) que visa definir as prioridades de captação de água e abastecimento público, na tentativa de evitar racionamentos durante o período de estiagem.

Porém, as dificuldades de estabelecer métodos mais rígidos para conter os problemas de fornecimento de água em curto e médio prazo continuam presentes no ano de 2021, que conteve, assim como anos anteriores, uma crescente de publicações que relatam problemas de crise hídrica e falta de água em vários municípios goianos. Como publicado pelo governo de Goiás em Agosto de 2021, a Bacia do Rio Meia Ponte, uma das principais bacias para abastecimento público no estado, a vazão do rio estava menor que 4.000 L/s, categorizando



Nível Crítico 2, sendo necessário a tomada de medidas de acordo com a Deliberação nº 017/2021 de 20 de abril de 2021, do Comitê de Bacia do Rio Meia Ponte, como diminuição da vazão de captação de águas subterrâneas, manter vazão de captação em 2.000 L/s para a Região Metropolitana de Goiânia, e intensificação em fiscalização e em campanhas para uso racional de água (Goiás, 2021).

## **Objetivo Geral**

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a ocupação das bacias de captação de água para abastecimento público dos municípios goianos de 1985 a 2019, de acordo com a expansão agrícola e pecuária, impulsionada pelas monoculturas e áreas de pastagem, e sua relação com segurança hídrica dos municípios de acordo com dados pluviométricos, além de verificar e classificar o potencial de ocupação de áreas nativas de cerrado em regiões de potencial fragilidade ambiental dentro das bacias de captação nas dos municípios com maiores PIBs do estado.

## **Objetivos Específicos**

Para que o objetivo geral seja alcançado, foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- atualização dos mapas de bacias de captação do estado de Goiás e avaliação da ocupação das mesmas ao longo do tempo, de acordo com os mapeamentos do MapBiomas;
- avaliação dos aspectos físicos e hidrológicos das bacias de captação, bem como de suas vulnerabilidades do meio físico das mesmas;
- avaliação do crescimento socioeconômico dos municípios do estado de Goiás e a sua relação com o abastecimento de água municipal;
- avaliação da expansão de monocultura de soja e cana nas bacias de captação influenciadas pela mesma;
- avaliação de alterações do regime pluviométrico das bacias de captação de água para abastecimento dos municípios nos últimos anos;
- avaliação técnica de fator de comprimento de rampa e de índice topográfico de umidade, para identificação de zonas de fragilidade; e
- caracterização socioeconômicas, infraestrutura, PIB e produção agropecuária municipais.

## Capítulo II

### **Diagnóstico das bacias de captação de água no estado de Goiás entre 1985 – 2019: análise no uso e cobertura da terra nas áreas das bacias de captação e série histórica de precipitação**

Dantas, T. M.; Ferreira, N. C.; Ribeiro, H. J.

#### **Resumo**

O estado de Goiás é ocupado, praticamente em sua totalidade, pelo bioma Cerrado, o segundo maior bioma do Brasil, ocupando cerca de 21% do território. Um bioma vasto e característico por ser um *hotspot* em biodiversidade no mundo, com riquezas naturais que contribuem diretamente para os aspectos socioeconômicos regionais, desde sua vegetação nativa até sua rica hidrografia, que auxiliado pelos aspectos geomorfológicos fazem do bioma ser considerado o berço das águas no país, com características bem definidas de sua pluviometria, com uma sazonalidade natural de seis meses com chuvas intensas e seis meses de estiagem. O estado de Goiás, desde a segunda metade do século XX, por volta dos anos de 1970, foi definido como local estratégico para desenvolvimento econômico agropecuário no país, mesmo devido suas antigas restrições por conta do solo mais ácido devido a concentração de hidróxido de alumínio, expandindo as Fronteiras Agrícolas nacionais para o interior do país, em busca de mais recursos naturais (áreas agricultáveis e de pastagem e água) e ocupação de regiões ainda pouco produtivas economicamente. O presente trabalho tem por intuito analisar o processo de uso e ocupação do solo nas bacias de captação de água geridas pela concessionária de serviços de saneamento básico em Goiás (SANEAGO) ao longo dos anos de 1985 à 2019, a partir dos dados oriundos da plataforma MapBiomas, além de analisar a série histórica pluviométrica com dados satelitários TRMM 3B437, para determinação das médias de precipitação acumulada e intensidade de chuvas ao longo do tempo. Assim como já registrado em todo o estado, os resultados apontam para um significativo aumento do uso do solo para atividades de pastagem e em atividades agrícolas (principalmente soja e cana-de-açúcar) nas bacias de captação, podendo estar relacionadas diretamente a processos de assoreamento de rios e limitação da recarga de água nas bacias, o que provavelmente é um dos fatores de crise hídrica em alguns municípios goianos, já que os dados pluviométricos nas áreas das bacias não apresentam tendências significativas de aumento ou diminuição na precipitação acumulada mensal e na intensidade de chuvas.

Palavras-Chave: Cerrado; Agropecuária, Pluviometria; MapBiomas; TRMM

## Introdução

Nas últimas décadas, a cobertura vegetal nativa do Cerrado foi fortemente modificada. Levantamentos do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO (Sano et al., 2008), baseados em imagens de satélite Landsat TM adquiridas no ano de 2002, apontaram para uma redução desta vegetação da ordem de 40% (aproximadamente 800 mil km<sup>2</sup>). Em 2015, foram publicados resultados do mapeamento do uso e cobertura vegetal do Cerrado, o TerraClass Cerrado, que apontaram a conversão de 43,27% da vegetação nativa em áreas destinadas para pastagens, agricultura, urbanização, mineração, silvicultura entre outros tipos de uso (MMA, 2015). Já em 2019, segundo o Relatório Anual do Desmatamento no Brasil fornecido pelo MapBiomas Alerta, cerca de 33,5% (408,646 ha) de área natural foram desmatadas (Azevedo et al., 2020).

Em 2020, o projeto MapBiomas, que é uma iniciativa multi-institucional envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia, publicou a sua coleção 5.0 de mapeamentos anuais de uso do solo de todo o território brasileiro, uma série temporal de 35 anos, iniciando em 1985 até 2019 (*Mapbiomas Brasil*, 2021).

A perda total de área de vegetação natural no cerrado (formação florestal, savânica e campestre) ao longo de 1985 a 2018, disponibilizada por dados do MapBiomas, representa aproximadamente uma antropização de 16,13% da área total do bioma, totalizando mais de 32,9 milhões de hectares (Souza et al., 2020).

O processo de ocupação e de incentivo econômico para implantação agropecuária predomina no estado de Goiás de forma evidente na porção centro-sul da região (Ferreira Junior, 2009). Contudo, os processos de expansão agrícola no estado já caracterizam uma predominância dos aspectos econômicos semelhantes na região norte do estado, principalmente com a ocupação de monocultura de soja, modificando assim as características de ocupação da região norte do estado de Goiás, historicamente menos desenvolvida economicamente que a região centro-sul (Santos & Faria, 2020).

A expansão da Fronteira Agrícola no Cerrado é um marco para o estado de Goiás, tanto para os aspectos econômicos quanto para o desmatamento do bioma na região (Sousa et al., 2019). A ocupação e transformação do cerrado no estado de Goiás, é intensificado após os anos de 1970, com a caracterização de Fronteiras Agrícolas estabelecidas pela descentralização da infraestrutura do estado de São Paulo (Silva & Dos Santos, 2013).

As premissas de expansão da fronteira agrícola durante o século XX no Cerrado, se sustentam pela oportunidade de ocupação e exploração de áreas propícias às atividades agrícolas (Miziara, 2009). A expansão da agricultura de Soja e Cana se intensificou nas últimas décadas no estado de Goiás de acordo com (Vieira Filho, 2016), contudo, a caracterização de ocupação hoje do cerrado no estado de Goiás não pode ser definida quanto à expansão da

fronteira agrícola segundo (Miziara, 2009). Esse fator é pertinente quanto considerado uma ocupação do uso da terra em áreas nativas do cerrado, o que no caso não ocorre com naturalidade atualmente (Silva, 2011). Porém, a expansão de área das monoculturas de soja e cana toma força devido às implantações de usinas de beneficiamento, no caso da cana, e o forte mercado de exportação de grãos, em relação à soja, relacionado aos incentivos de infraestrutura e região apropriada (Silva, 2011).

Os aspectos de Fronteira Agrícola e sua relação com as percepções econômicas regionais, estão interligadas aos processos sociais e de impactos ambientais a medida de sua expansão, desta forma, a valoração da terra e seu uso único para as atividades agrícolas, marcam como a importância da expansão e implementação da tecnologia agrícola fomentam a produção e estruturação deste aspecto econômico no estado de Goiás (Dias, 2020).

O processo de ocupação e de incentivo econômico para implantação agropecuária predomina no estado de Goiás de forma evidente na porção centro-sul da região (Coelho et al., 2012). Contudo, os processos de expansão agrícola no estado já caracterizam uma predominância dos aspectos econômicos semelhantes na região norte do estado, principalmente com a ocupação de monocultura de soja, modificando assim as características de ocupação da região norte do estado de Goiás, historicamente menos desenvolvida economicamente que a região centro-sul (Santos & Faria, 2020).

Além dos importantes impactos sobre a biodiversidade, o rápido e intenso processo de ocupação do bioma Cerrado pode estar resultando na diminuição da qualidade ambiental das bacias hidrográficas, principalmente nas regiões mais intensamente ocupadas, o que certamente pode comprometer o desenvolvimento sustentável regional.

No bioma Cerrado, a avaliação desses parâmetros de meio físico, integrados com o uso e cobertura dos solos, resulta na avaliação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos (RIPA et al., 2006). Snyder et al. (2005) destacam que a gestão dos recursos hídricos deve necessariamente focar a quantidade de remanescentes florestais, tanto na bacia inteira quanto na zona ripária.

Diversos autores têm associado a conversão de áreas com cobertura vegetal nativa para outros usos da terra à diminuição da disponibilidade hídrica quali-quantitativa em uma bacia hidrográfica (Ometo et al., 2000; Gergel et al., 2002; Snyder et al., 2005). De fato, a cobertura vegetal interfere nas vazões máximas e no potencial erosivo pluvial, ao influenciar a interceptação e infiltração das precipitações, a evapotranspiração e as variações no regime hídrico. A cobertura florestal é uma barreira física ao carreamento de sedimentos e concentra suporte à mineralização de nutrientes na solução do solo e à neutralização de compostos tóxicos e agentes patogênicos (TUCCI, 2000).

Aplicando-se a uma tendência global em trabalhos relacionados a déficit hídrico nas bacias de captação de água para abastecimento de áreas urbanas, é observado uma dificuldade de estabelecer metodologias em que se determinam os fatores relevantes para o levantamento

de disponibilidade hídrica em uma região, visto as análises de uso e cobertura da terra e as análises de vazão das próprias bacias de captação (Honório, 2020). Na tentativa de se estabelecer uma boa gestão dos recursos hídricos fundamentais para os serviços básicos de abastecimento público, é importante compreender as alterações no meio físico de sua bacia (Watanabe et al., 2016).

Definir uma série histórica e analisar os fatores de alteração de uso e cobertura da terra podem ser fundamentais para se estabelecer relações de influências sazonais com a qualidade da água das bacias (Júnior et al., 2019), e também quanto ao aumento de mancha urbana e supressão da vegetação nativa podem associar uma possível correlação do uso e cobertura do solo com as vazões máximas e mínimas (Sousa et al., 2019) das bacias de captação.

As várias iniciativas de mapeamento do uso do solo do Cerrado, que surgiram nos últimos anos, vêm gerando um importante conjunto de dados. Impulsionados pelos avanços tecnológicos em processamento em nuvem de dados satelitários, a plataforma Google Earth Engine (GEE) vem modificando e auxiliando no processamento de grandes bancos de dados geográficos, a partir da segmentação de processos pelo desenvolvimento de algoritmos. (Kennedy et al., 2018). Assim, grandes iniciativas surgem para a disponibilização e avaliação das consequências da ocupação do bioma Cerrado, como o próprio MapBiomas, e mais recentemente a Plataforma de Conhecimento do Cerrado voltados para melhoria da governança territorial e ambiental do bioma (CEPF, 2021), mapeada por essas iniciativas anteriormente descritas para a biodiversidade, para os aspectos físicos da paisagem, para os recursos hídricos, entre outros.

A partir da organização de bases de dados esta pesquisa tem como intuito investigar como as bacias de captação de água para o abastecimento hídrico dos municípios goianos vêm sendo ocupadas nas últimas décadas e se essas ocupações, associadas com mudanças no regime pluviométrico regional podem agravar a disponibilidade hídrica desses municípios.

## **Objetivos**

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a ocupação das bacias de captação de água para abastecimento público dos municípios goianos nos últimos 34 anos de acordo com a variação do uso do solo e índices pluviométricos em sua relação com a segurança hídrica dos municípios. Para isso, foram necessários o atendimento dos seguintes objetivos específicos:

- aquisição e verificação dos dados de bacias de captação do estado de Goiás;
- avaliação da ocupação das mesmas ao longo do tempo;
- avaliação dos aspectos físicos e hidrológicos das bacias de captação, bem como de suas vulnerabilidades do meio físico das mesmas e
- avaliação de alterações do regime pluviométrico das bacias de captação de água para abastecimento dos municípios nos últimos anos.

## Área de Estudo

Até a metade do século XX a produção agrícola na região central brasileira ainda não era a grande força econômica que potencializava a região como sendo um polo e referência do setor nacional (Miziara, 2009), muito devido as condições de maior acidez e disponibilidade reduzida de nutrientes no solo era algo que tornava a manutenção agrícola mais cara, além de contar com uma infraestrutura de transportes ainda precária para o abastecimento das principais cidades brasileiras e rumo aos portos para exportação (STRASSBURG et al., 2017; Miziara, 2006).

A evolução e estudo técnicas mais baratas, e apropriadas a aplicação durante a segunda metade no século XX na região (Silva, 2018), para o manejo do solo adequado para as culturas implementadas, potencializado pelo investimento econômico em parcerias público privadas, tornou o Cerrado, e majoritariamente estado de Goiás uma potência em produção de commodities agropecuários (Souza et al., 2020). O processo de ocupação para uso agropecuário desde então, ocupou o estado de Goiás majoritariamente com monoculturas de Soja e Cana-de-Açúcar (Sano et al., 2019), já tendo seus picos de uso também para milho, algodão e café, além de grandes áreas ocupadas por pastagens (Evangelista et al., 2016).

Segundo (INMET, 2009) a precipitação anual acumulada no estado de Goiás é cerca de 1590,2 mm, perante os normais climatológicos estabelecidos de 1961 a 1990, caracterizado por uma sazonalidade bem determinada e características do Cerrado, com seis meses de chuvas mais intensas, com pluviometria acumulada superior a 280 mm, e seis meses de estiagem, sendo normalmente registrados dados pluviométricos inferiores a 10 mm, e facilmente longos períodos de registros de 0 mm (Nascimento & Oliveira, 2018). Os dados de chuva são pouco variáveis ao longo de séries históricas registradas por estudos a partir de estações pluviométricas e também por dados satelitários, com o período chuvoso entre outubro e março, e de seca de maio a setembro (Marcuzzo et al., 2012). As fortes precipitações são resultado da movimentação da Zona de Convergência Intertropical (ZCI) seguindo em direção ao trópico de capricórnio, gerando chuvas mais intensas em toda a região central brasileira durante o verão (Romero et al., 2014).

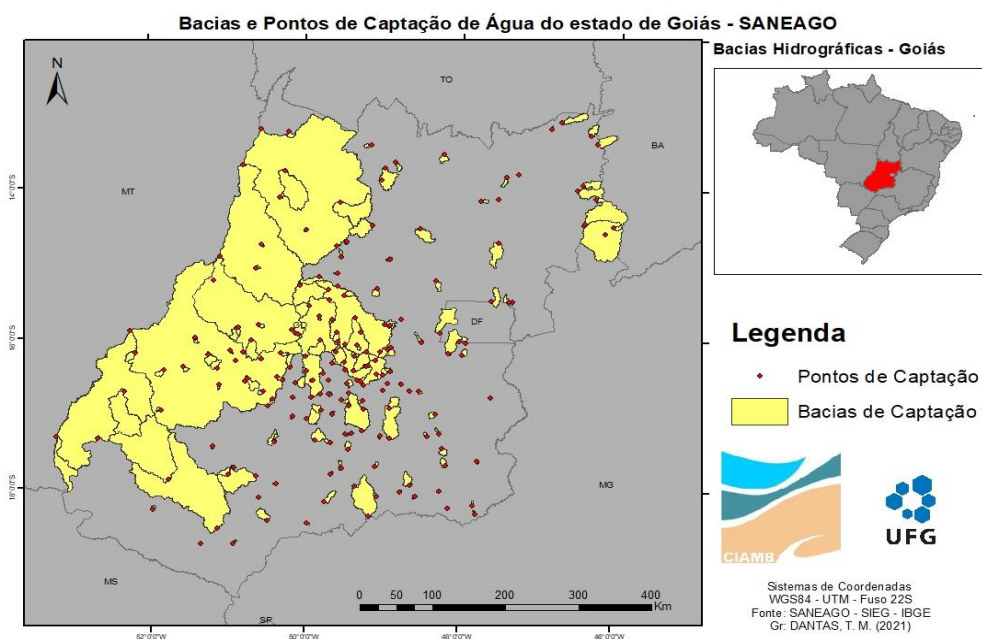
Nos períodos de outono e inverno, a Zona de Convergência Intertropical desloca-se para o norte, as precipitações na região de cerrado tornam-se extremamente baixas, modificando o regime hídrico das bacias. Durante o período de estiagem, com a redução das vazões dos mananciais, a qualidade da água é alterada devido ao aumento da concentração de poluentes, provenientes dos sistemas de esgotamento e processos industriais. Ocorre também uma drástica diminuição na quantidade de água disponível para abastecimento público, podendo se tornar um problema social e de saúde para a população de grandes centros urbanos, como é o caso da região metropolitana de Goiânia (Romero et al., 2014). Portanto, é de fundamental importância realizar o monitoramento pluviométrico no estado.

O estado de Goiás, situado na porção central do território brasileiro, onde predomina o bioma Cerrado. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da área de estudo é o Aw, ou seja, clima tropical de inverno seco e com verão chuvoso (Kottek et al., 2006).

Com área superficial superior a 340 mil km<sup>2</sup>, localizado no bioma cerrado, na porção central do Brasil, o estado de Goiás possui uma economia expressivamente influenciada pela agricultura e pecuária, com um emergente setor industrial, além de significativo setor de serviços. O estado de Goiás possui 246 municípios, sendo alguns desses com importante densidade demográfica, e o monitoramento pluviométrico no estado de Goiás é de grande importância pois dele depende a atividade agropecuária, indústria, serviços, obras de infraestrutura e o abastecimento público dos municípios. As características socioeconômicas e climáticas de Goiás, tornam o monitoramento da precipitação uma atividade de grande relevância para o Estado, pois dele depende as atividades de agropecuária, indústria, serviços, obras de infraestrutura e o abastecimento público dos municípios.

A área de estudo corresponde às 192 bacias de captação de água geridas pela concessionária de serviços de saneamento básico em Goiás (SANEAGO), para o abastecimento público no estado de Goiás, correspondendo a uma área total de aproximadamente 247 mil Km<sup>2</sup>, sendo assim, cerca de 70% de todo o território do estado estando diretamente vinculado aos sistemas de abastecimento público de água, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Área de estudo das bacias de captação de água responsáveis pela SANEAGO.



Fonte: O autor.

## Metodologia

Para início de processamento foram obtidos os dados vetoriais das bacias de Captação de água do estado de Goiás registrados segundo a companhia estatal, SANEAGO e associado aos seus respectivos pontos de captação para associação de correspondência entre o ponto de captação e suas respectivas bacias.

A obtenção da série temporal de uso e ocupação do solo, foi realizada a partir da plataforma de computação em nuvem MapBiomas (*Mapbiomas*, 2021).

A partir do acesso pelo *Google Earth Engine* para acesso das coleções temporais de mapeamentos do MapBiomas, permite a aquisição segundo filtros limitantes aos trabalhos mais requisitados, quanto a série temporal, bioma, estado e coleção. Pela livre edição permitida pela ferramenta computacional, foram inseridos os dados vetoriais das bacias de captação para que a obtenção da Coleção 5.0 do MapBiomas entre os anos de 1985-2019 para as 192 bacias de captação do estado, fornecendo assim, 6720 mapas de uso e ocupação do solo para análise.

Os mapas elaborados no âmbito do MapBiomas contemplam as seguintes classes de uso e cobertura dos solos, que ainda se ramificam especificadamente de acordo com suas características: Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não Vegetada e Corpo D'água. Desta forma, foi possível estabelecer um cálculo de área de a partir das classes definidas, utilizando-se de um processamento para análise estatística de cálculo de área (Muenchow et al., 2017). Esse processamento gerou um conjunto de informações referentes às áreas ocupadas (em hectares) de acordo com cada classe ao longo da série histórica e para cada bacia de captação de água para abastecimento dos municípios goianos.

O processamento desses dados equivale a um conjunto de informações quanto a área ocupada por cada classe em cada bacia de captação ao longo de 35 anos, fornecendo a estimativa de área em aumento ou em supressão de acordo com os cálculos para grandezas métricas e de porcentagem, de: diferença de área por ano; diferença de área pelo período de série histórica; e seus respectivos cálculos proporcionais de diferença de área e relação a série histórica, área de cada bacia e área total das bacias de captação (Eq. 1).

$$\Delta_{j-i} = \sum_{j-i}^n \frac{At}{(Aj-Ai).100} \quad (1)$$

sendo:

$\Delta_{j-i}$  – proporção de diferença de área calculada;

$At$  – área total da bacia;

$Ai$  – área de ano de referência;

$Aj$  – área de ano base.

Para a consolidação dos dados, foi utilizada a análise comparativa de proporção de áreas perdidas ou ganhas ao longo dos 35 anos para avaliar a significância de na alteração de uso e cobertura do solo para cada bacia de captação, assim como toda a área representativa para o estado de Goiás.

Para consolidação de resultados referentes aos processos de antropização e reflorestamento dentro das áreas de bacia de captação, foi realizado uma análise de alteração de uso e cobertura da terra através do algoritmo de Mínima Distância e Máxima Verossimilhança (Nogueira et al., 2020), classificando pixel a pixel as imagens de referência e classificadas.

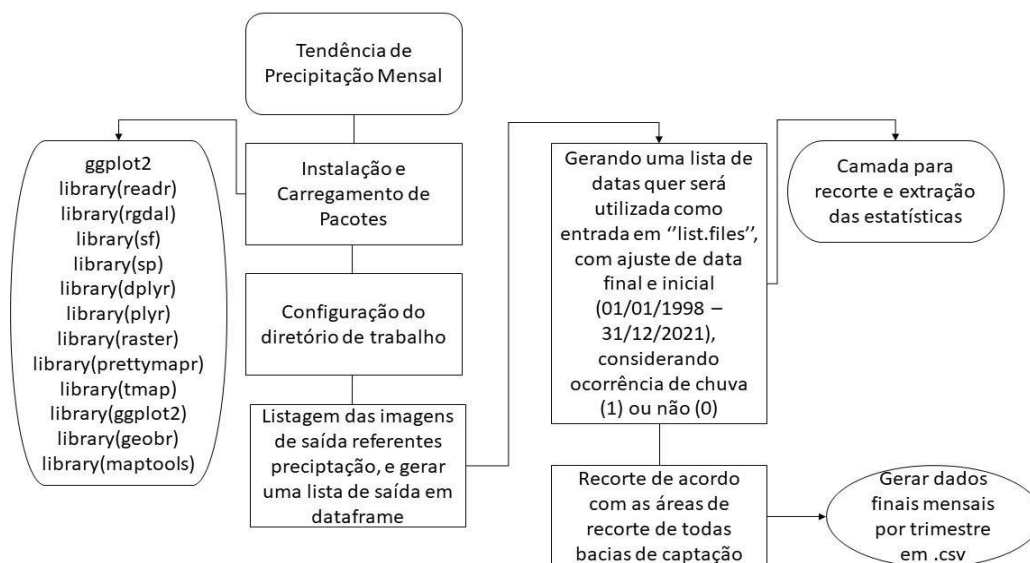
A partir desse procedimento de classificação foi possível distinguir de acordo as classes dispostas pela coleção 5.0 do MapBiomas, as devidas alterações ocorridas entre 1985 – 2019 referentes a área de todas bacias de captação, a não alteração de classes, desflorestamento e reflorestamento de áreas.

Na etapa seguinte, partiu-se para a análise da precipitação, sendo obtidos dados oriundos do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) do ano 1998 até o ano 2019, sendo este período definido devido a consolidação de uma série histórica significativa para dados diários TRMM3B437 (*GES DISC Dataset*, 2021), no qual foi utilizado para os cálculos de intensidade de chuva nas bacias de captação.

Devido ao volume de dados, foi utilizado para as análises de precipitação, tendência e intensidade de chuvas pacotes de cálculos a estas atribuições contidas em linguagem estatística no *software Statistical R*.

Para o desenvolvimento dos resultados foi construído um script para o cálculo de Tendências de Precipitação Mensal no conjunto das 192 bacias de captação, sendo gerado um resultado final em valores mensais acumulados de precipitação diária, e a partir destes houve o cálculo de tendência de chuvas ao longo da série histórica trabalhada, conforme Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do modelo utilizado para Tendência de Precipitação mensal.

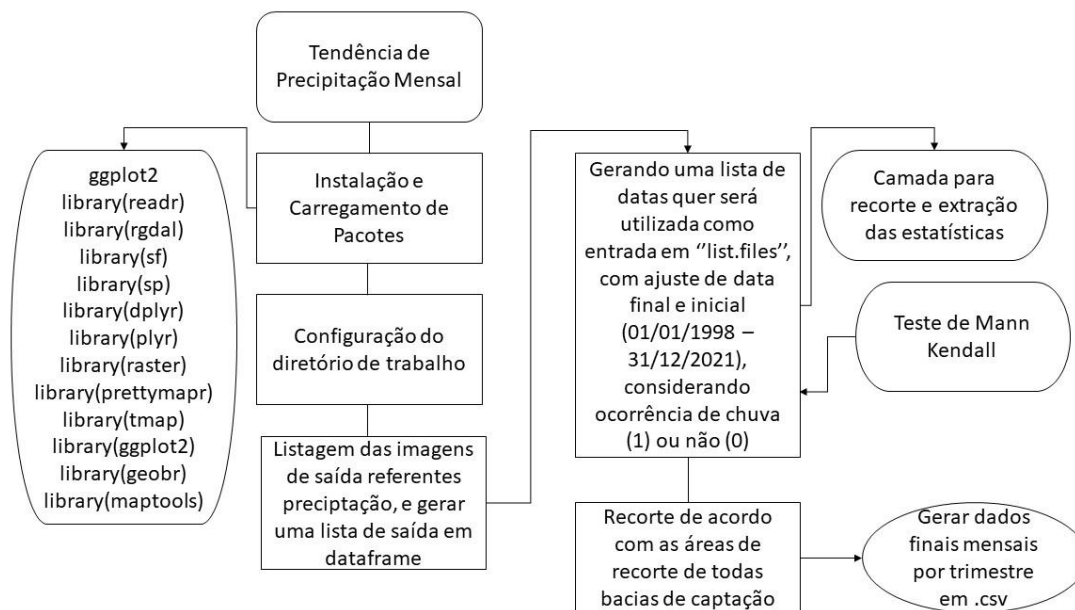


Fonte: O autor.

O mesmo procedimento foi realizado para calcular a relação de intensidade pluviométrica, referente ao aumento ou não das tendências de intensidade pluviométrica de acordo com análises estatísticas com o modelo de Mann Kendall. O teste não paramétrico de Mann Kendall é utilizado para o cálculo de tendências de intensidade na série temporal de precipitação devido aos próprios idealizadores (MANN, 1945) (KENDALL, 1975) abordam a falta de distinção da população dos dados de estudo.

O teste de Mann Kendall utiliza uma série estatística resultado de análises entre -1, 0 e 1 para a tendência negativa, permanência e aumento (Cabral Júnior & Lucena, 2020) de acordo com um p-valor relativo a um teste bilateral de nível de significância em 5% (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma do modelo utilizado para Tendência de Intensidade de Precipitação mensal.



Fonte: O autor.

## Resultados e Discussões

Os dados referentes a todas bacias estudadas estão catalogadas em Anexo, abordando as 192 bacias quanto ao município abrangente, nome da bacia, localização de pontos de captação, presença quanto às bacias de captação segundo estado de Goiás e Brasil e área de cada uma.

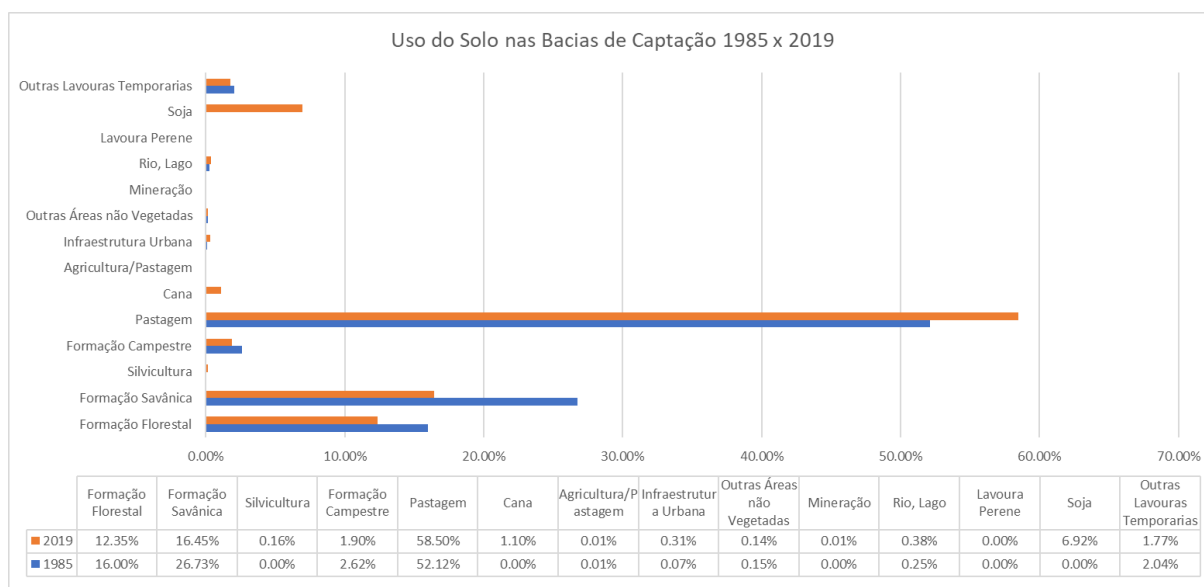
Os dados referentes ao ano de 1985 já revelam uma situação de atividades antrópicas significativamente presentes nas áreas das bacias de captação do estado, como apresentado na Tabela 1 e seguido pelo Figura 4.

Tabela 1 – Proporção dos tipos de uso do solo em 1985x2019 nas bacias de captação em Goiás.

Ocupação			
Uso	1985	2019	
3 Formação Florestal	16.00%	12.35%	
4 Formação Savânica	26.73%	16.45%	
9 Floresta Plantada	0.00%	0.16%	
12 Formação Campestre	2.62%	1.90%	
15 Pastagem	52.12%	58.50%	
20 Cana	0.00%	1.10%	
21 Agricultura/Pastagem	0.01%	0.01%	
24 Infraestrutura Urbana	0.07%	0.31%	
25 Outras Áreas não Vegetadas	0.15%	0.14%	
30 Mineração	0.00%	0.01%	
33 Rio, Lago	0.25%	0.38%	
36 Lavoura Perene	0.00%	0.00%	
39 Soja	0.00%	6.92%	
41 Outras Lavouras Temporárias	2.04%	1.77%	

Fonte: O autor.

Figura 4 – Proporção dos tipos de uso do solo em 1985x2019 nas bacias de captação em Goiás.

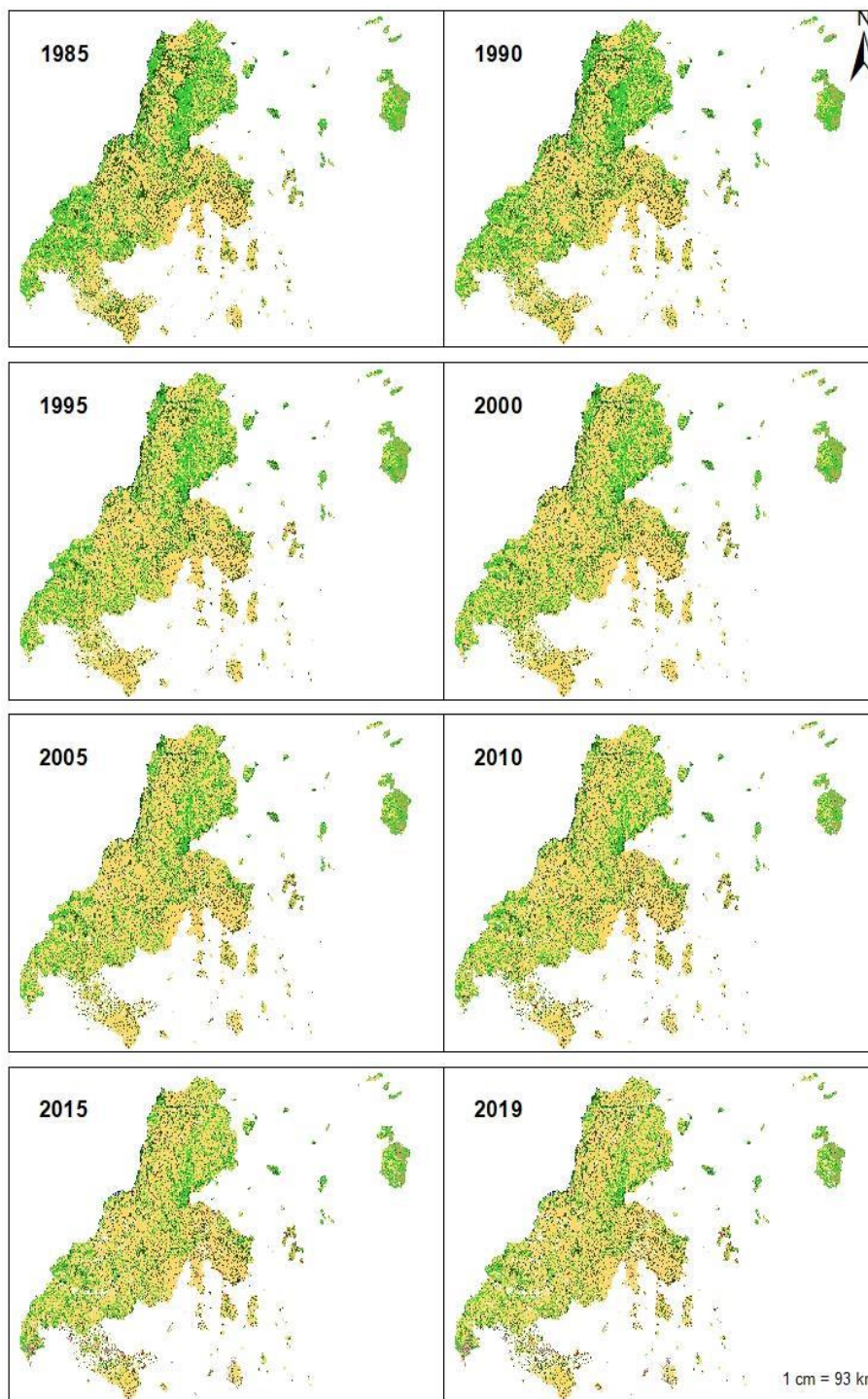


Fonte: O autor.

Ao longo dos 35 anos não foi possível notar os processos significativos de perda de vegetação nativa nas regiões, essas representadas por Formações Florestais, Savânica e Campestre que proporcionalmente a área total das bacias de captação seja de 14,54% de área natural desmatada, equivalente a aproximadamente 3.541.707,46 de hectares (Figura 5).

Apesar do aumento de 0,16% em áreas de Floresta Plantada não significa necessariamente um processo de reflorestamento, mas sim manejo adequado para práticas agrárias.

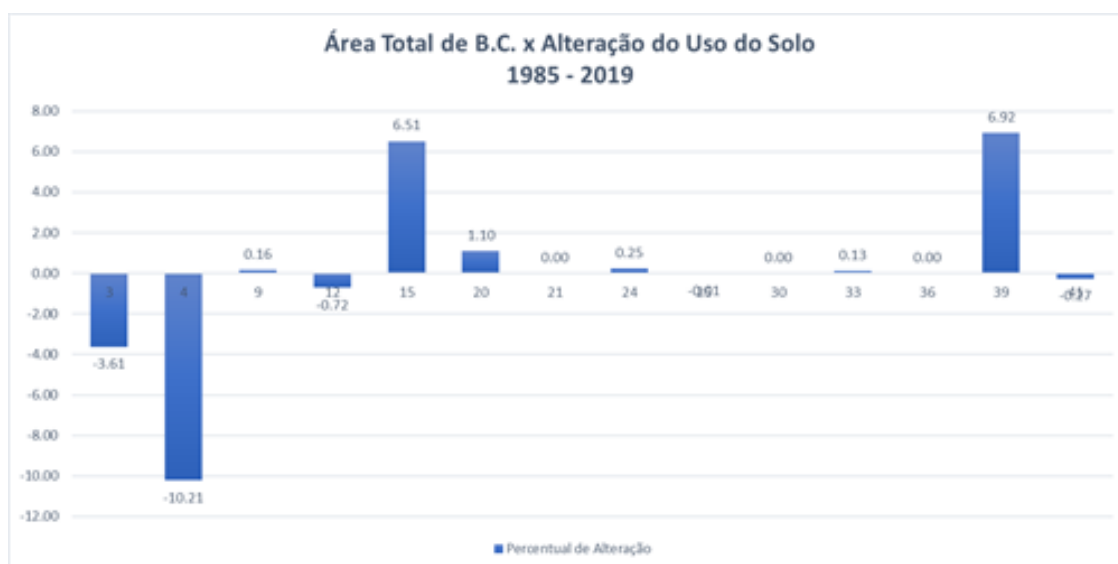
Figura 5 – Linha do tempo comparativa do uso do solo nas bacias de captação entre 1985 e 2019.



Fonte: O autor.

O aumento relativo de Infraestrutura Urbana de cerca de 0,25% a princípio pode não parecer tão relevante, no entanto, se trata de uma área de aproximadamente 60.406 hectares a mais de área construída dentro das bacias de captação, área essa extremamente ligada a processos de impermeabilização do solo, o que dificulta os processos de recarga do lençol freático e intensifica prováveis casos de contaminação, aumento na demanda por água tratada, erosões e assoreamento do curso hídrico, podendo afetar principalmente as pequenas bacias que abastecem os municípios.

Figura 6 – Proporção referente as áreas totais da bacia X a alteração no uso do solo.



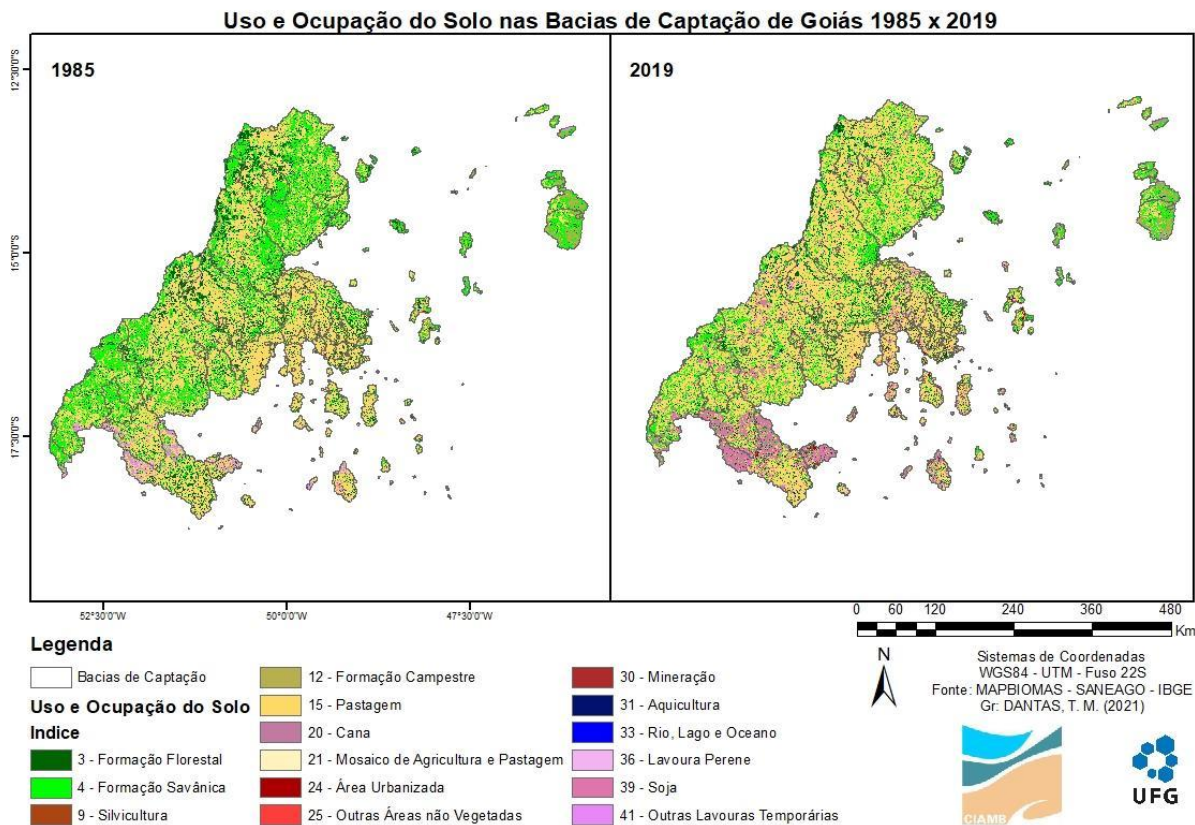
Fonte: O autor.

A partir da Tabela 1 e o gráfico apresentado na Figura 6, é possível fazer uma melhor interpretação do que aumentou significativamente durante a série histórica referente ao uso da terra.

Os processos associados à Agricultura e Pecuária tiveram um significativo aumento, explicado pelo desenvolvimento econômico agrário ocorrido durante as últimas décadas no estado, porém refletindo um impacto direto no uso do solo em áreas de captação de água.

As áreas de Pastagem, já predominantes em 1985, teve um aumento de 6,51% até 2019, significando a consolidação de atividade pecuária em uma área de 1.586.550 de hectares maior. E em relação ao cultivo agrícola, o que mais impactou a região foi o expressivo aumento do plantio de Soja em 6,92%, significando aproximadamente 1.686.863,46 de hectares ocupados pela cultura, seguido pelo aumento de 1,10% da Cana-de-Açúcar (Figura 7).

Figura 7 – Uso do solo nas bacias de captação de Goiás 1985x2019.

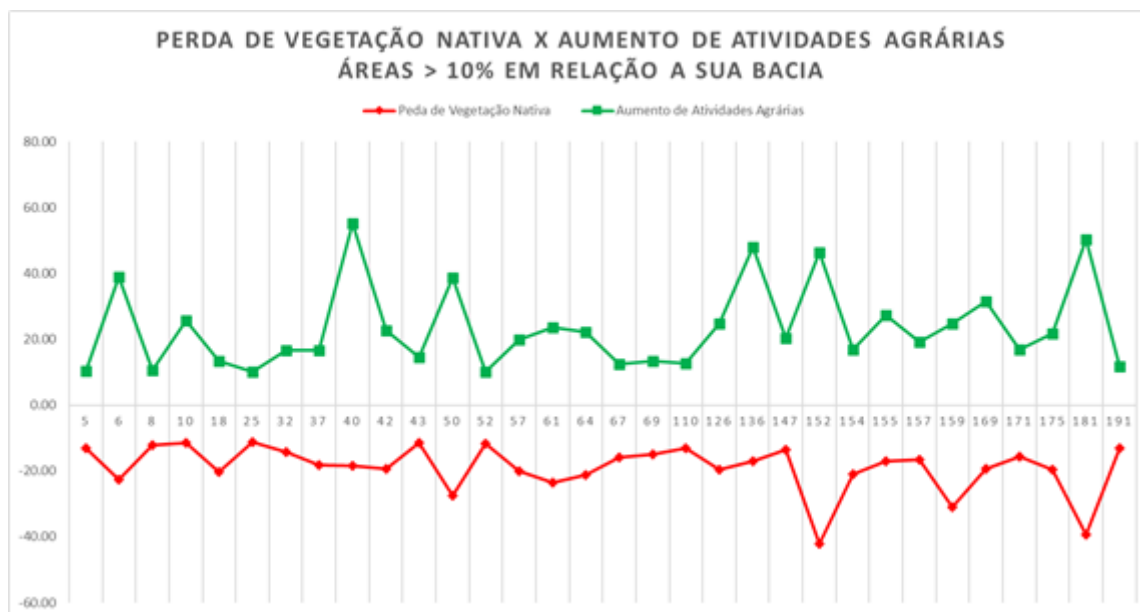


Fonte: O autor.

Dessas análises gerais dentre as bacias de captação do estado, é possível determinar as ocorrências mais significativas na alteração do uso do solo em cada bacia estudada.

As bacias de captação que se nota a ocorrência de perda de vegetação nativa se equipara ao crescimento de atividades agrárias ao longo da análise da série histórica. Ao analisar as situações mais críticas de desflorestamento, onde é analisada uma redução de área referente a mais que 10% de sua área total da bacia hidrográfica, o aumento do agronegócio é simultaneamente equiparado. Das 192 bacias estudadas, 32 apresentam essas características, conforme o Figura 8.

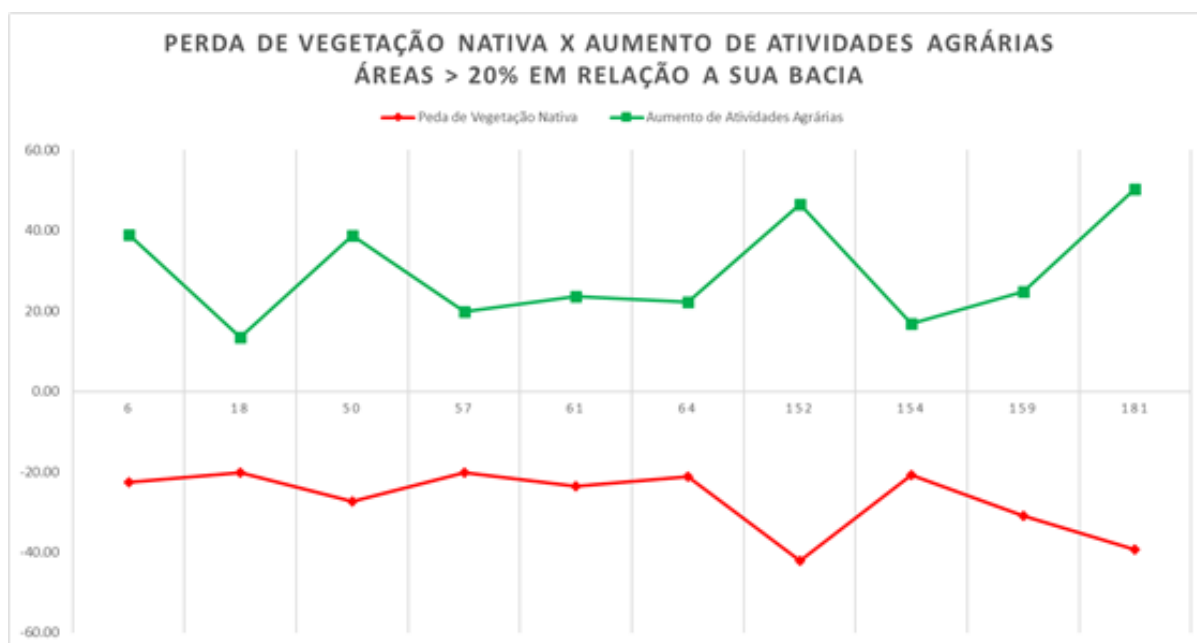
Figura 8 – Perda de Vegetação Nativa x Aumento de Atividades Agrárias (Áreas > 10% em relação a sua bacia).



Fonte: O autor.

Dentre essas, dez bacias de captação apresentam a ocorrência de áreas maiores que 20% desflorestadas, em relação a sua área total, como mostra o Figura 9, e também são apresentadas comparativamente em relação aos anos de 1985 e 2019 os mapas destas respectivas bacias em Anexo. Observando que a bacia de Pirenópolis Córrego Frota perdeu cerca de 42,09% de vegetação nativa, enquanto houve um aumento de 46,42% de áreas agrárias. Enquanto a bacia de Silvânia Córrego Caidor apresenta um aumento de 50,26% de atividades agrárias em sua área.

Figura 9 – Perda de Vegetação Nativa x Aumento de Atividades Agrárias (Áreas > 20% em relação a sua bacia).

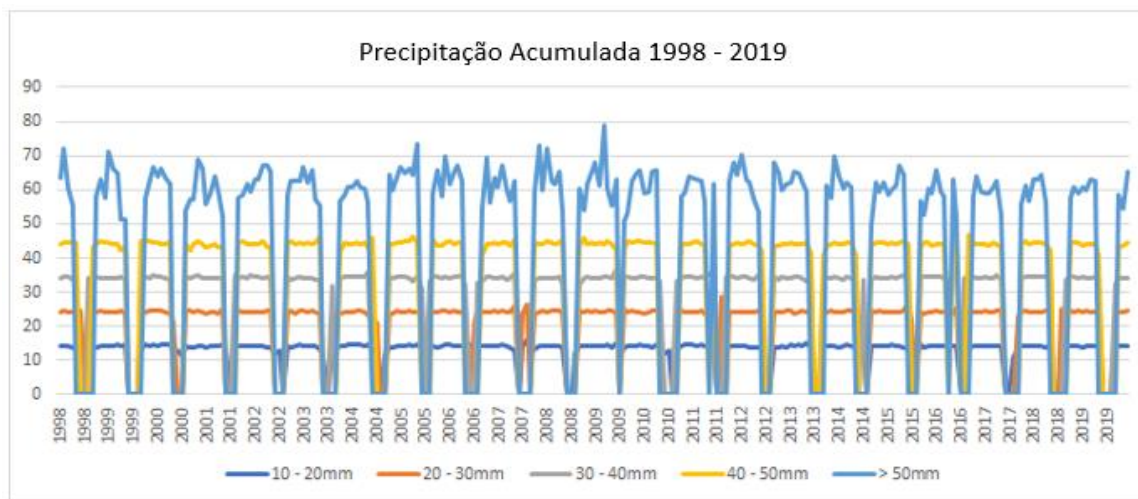


6	Alexania_Bacia Rib Cachoeira	64	Estrela do Norte_Bacia Rio Santa Tereza
18	Aragarcas_Bacia Rio Araguaia	152	Pirenopolis_Bacia Corrego Frota
50	Cocalzinho_Bacia Corrego Pedra Fincada	154	Pires do Rio_Bacia Ribeirao Marata (Corrego Laranjal)
57	Damianopolis_Bacia Cabeceira do Brejo	159	Posse_Bacia Ribeirao da Prata
61	Doverlandia_Bacia Rio do Peixe	181	Silvania_Bacia Corrego Caidor

Fonte: O autor.

Em relação aos dados de Intensidade Pluviométrica nas bacias de captação, os dados TRMM de 1998 a 2019 apresentam-se constantes, conforme Figura 10 de acordo com a sazonalidade natural dos períodos de chuva e estiagem representados na região. Quanto aos resultados apresentados pela tendência de precipitação, se mantém estatisticamente constante de acordo com períodos analisados (Tabela 2).

Figura 10 – Precipitação Acumulada 1998 - 2019.



Fonte: O autor.

Tabela 2 – Tendência de precipitação acumulada ao longo dos meses entre 1998 - 2019.

Mês	P-value	Tendência	Precipitação	Resultado
1	0.693	-15	10-20 mm	Sem Tendência
	0.612	-19	20-30 mm	Sem Tendência
	0.463	-27	30-40 mm	Sem Tendência
	0.463	-27	40-50 mm	Sem Tendência
	0.398	-31	> 50 mm	Sem Tendência
2	0.866	-7	10-20 mm	Sem Tendência
	0.822	-9	20-30 mm	Sem Tendência
	0.499	-25	30-40 mm	Sem Tendência
	0.31	-37	40-50 mm	Sem Tendência
	0.176	-49	> 50 mm	Sem Tendência
3	1	-1	10-20 mm	Sem Tendência
	0.778	-11	20-30 mm	Sem Tendência
	0.693	-15	30-40 mm	Sem Tendência
	0.955	3	40-50 mm	Sem Tendência
	0.91	5	> 50 mm	Sem Tendência
4	0.114	57	10-20 mm	Sem Tendência
	0.128	55	20-30 mm	Sem Tendência
	0.102	59	30-40 mm	Sem Tendência
	0.114	57	40-50 mm	Sem Tendência
	0.143	53	> 50 mm	Sem Tendência
5	0.735	13	10-20 mm	Sem Tendência
	0.446	28	20-30 mm	Sem Tendência
	0.338	35	30-40 mm	Sem Tendência
	0.777	11	40-50 mm	Sem Tendência
	0.908	5	> 50 mm	Sem Tendência
6	0.628	18	10-20 mm	Sem Tendência
	0.421	27	20-30 mm	Sem Tendência
	0.123	46	30-40 mm	Sem Tendência
	0.204	38	40-50 mm	Sem Tendência
	0.365	20	> 50 mm	Sem Tendência
7	0.621	-17	10-20 mm	Sem Tendência
	0.699	11	20-30 mm	Sem Tendência
	0.431	11	30-40 mm	Sem Tendência
	NA	0	40-50 mm	Sem Tendência
	NA	0	> 50 mm	Sem Tendência
8	0.385	-31	10-20 mm	Sem Tendência
	0.123	-52	20-30 mm	Sem Tendência
	0.045	-62	30-40 mm	<b>Tendência Negativa</b>
	0.362	-17	40-50 mm	Sem Tendência
	0.362	-17	> 50 mm	Sem Tendência
9	0.43	-29	10-20 mm	Sem Tendência
	0.843	-8	20-30 mm	Sem Tendência
	0.336	-35	30-40 mm	Sem Tendência
	0.064	-65	40-50 mm	Sem Tendência
	0.173	-45	> 50 mm	Sem Tendência
10	0.735	13	10-20 mm	Sem Tendência
	1	-1	20-30 mm	Sem Tendência
	0.977	-2	30-40 mm	Sem Tendência
	0.612	-19	40-50 mm	Sem Tendência
	0.955	-3	> 50 mm	Sem Tendência
11	0.652	17	10-20 mm	Sem Tendência
	0.398	31	20-30 mm	Sem Tendência
	0.367	33	30-40 mm	Sem Tendência
	0.176	49	40-50 mm	Sem Tendência
	0.866	7	> 50 mm	Sem Tendência
12	0.463	-27	10-20 mm	Sem Tendência
	0.021	-83	20-30 mm	<b>Tendência Negativa</b>
	0.042	-73	30-40 mm	<b>Tendência Negativa</b>
	0.176	-49	40-50 mm	Sem Tendência
	0.114	-57	> 50 mm	Sem Tendência

Fonte: O autor.

Os dados são referentes aos níveis de precipitação acumulada de 10 a mais que 50 mm ao longo da série histórica estudada e apresenta no geral uma manutenção nos níveis de chuva ao longo dos anos de acordo com a sua sazonalidade.

Os meses de agosto e dezembro apresentaram resultados de tendência negativa de precipitação acumulada, entre 30 – 40mm e 20 – 30/30 -40 mm respectivamente. Esses valores caracterizam análises distintas, uma vez que, o mês de agosto na região é caracterizado de acordo com o período de sazonalidade natural do bioma como um período de estiagem, a tendência negativa dos já poucos registros de chuva durante o mês podem relacionar a um período de estiagem mais rigoroso.

Enquanto os dados de 20 – 30 e 30 – 40 mm de tendências negativas no mês de dezembro associe-se a uma tendência de menores volumes de chuva durante o período considerado mais chuvoso na região, que começa aproximadamente no mês de outubro. Logo, podendo ter relação nas dificuldades no aumento os níveis de reservatórios de água e baixa recarga do lençol freático.

Enquanto para o cálculo de intensidade pluviométrica, os resultados obtidos para a série histórica nas bacias de captação apresentaram resultados estatisticamente conclusivos para uma manutenção nas tendências de intensidade das chuvas ao longo dos anos, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Tendência de intensidade de precipitação ao longo dos meses entre 1998 - 2019.

Mês	P-value	Tendência	Precipitação	Resultado	Mês	P-value	Tendência	Precipitação	Resultado
1	0.338	-35	10-20 mm	Sem Tendência	7	0.621	-17	10-20 mm	Sem Tendência
	0.652	17	20-30 mm	Sem Tendência		0.643	13	20-30 mm	Sem Tendência
	0.071	65	30-40 mm	Sem Tendência		0.431	11	30-40 mm	Sem Tendência
	0.236	-43	40-50 mm	Sem Tendência		NA	0	40-50 mm	Sem Tendência
	0.323	-36	> 50 mm	Sem Tendência		NA	0	> 50 mm	Sem Tendência
0.338	-35	10-20 mm	Sem Tendência	8		0.118	-55	10-20 mm	Sem Tendência
0.43	-29	20-30 mm	Sem Tendência		0.672	-15	20-30 mm	Sem Tendência	
0.398	-31	30-40 mm	Sem Tendência		0.038	-64	30-40 mm	<b>Tendência Negativa</b>	
0.652	-17	40-50 mm	Sem Tendência		0.362	-17	40-50 mm	Sem Tendência	
0.018	-85	> 50 mm	<b>Tendência Negativa</b>		0.362	-17	> 50 mm	Sem Tendência	
3	0.071	-65	10-20 mm	Sem Tendência	9	0.822	9	10-20 mm	Sem Tendência
	0.735	-13	20-30 mm	Sem Tendência		0.888	6	20-30 mm	Sem Tendência
	0.672	16	30-40 mm	Sem Tendência		0.91	5	30-40 mm	Sem Tendência
	0.735	13	40-50 mm	Sem Tendência		0.203	-45	40-50 mm	Sem Tendência
	0.338	-35	> 50 mm	Sem Tendência		0.386	-29	> 50 mm	Sem Tendência
4	0.463	27	10-20 mm	Sem Tendência		10	0.398	31	10-20 mm
	0.091	61	20-30 mm	Sem Tendência	0.463		27	20-30 mm	Sem Tendência
	0.31	37	30-40 mm	Sem Tendência	0.693		-15	30-40 mm	Sem Tendência
	0.693	-15	40-50 mm	Sem Tendência	0.463		-27	40-50 mm	Sem Tendência
	0.499	25	> 50 mm	Sem Tendência	0.693		-15	> 50 mm	Sem Tendência
5	0.367	33	10-20 mm	Sem Tendência	11	0.167	50	10-20 mm	Sem Tendência
	0.573	21	20-30 mm	Sem Tendência		1	1	20-30 mm	Sem Tendência
	0.159	51	30-40 mm	Sem Tendência		0.573	21	30-40 mm	Sem Tendência
	0.799	-10	40-50 mm	Sem Tendência		0.632	-18	40-50 mm	Sem Tendência
	0.954	-3	> 50 mm	Sem Tendência		0.215	-45	> 50 mm	Sem Tendência
6	0.977	2	10-20 mm	Sem Tendência		12	0.018	-85	10-20 mm
	0.24	39	20-30 mm	Sem Tendência	0.338		-35	20-30 mm	Sem Tendência
	0.14	44	30-40 mm	Sem Tendência	0.159		-51	30-40 mm	Sem Tendência
	0.23	36	40-50 mm	Sem Tendência	0.735		-13	40-50 mm	Sem Tendência
	0.418	18	> 50 mm	Sem Tendência	0.352		-34	> 50 mm	Sem Tendência

Fonte: O autor.

Para os resultados de tendência de intensidade de precipitação, dois meses chuvosos apresentaram tendências negativas, dezembro para chuvas entre 10 – 20 mm e fevereiro para precipitações maiores que 50 mm.

Enquanto no mês de agosto mantém uma tendência de intensidade de chuvas negativa em 30 – 40 mm, que apesar de ser um período de seca, pode intensificar os longos períodos de estiagem e favorecendo nos meses seguintes ações de racionalização devido ao baixo nível de reservatórios e/ou vazão dos rios.

## Conclusões

O monitoramento ambiental via dados satelitários contribui para compreensão das relações do ser humano com o meio, e com o avanço de investimentos em pesquisa de alta

qualidade e desenvolvimento de novas metodologias e tecnologias, atualmente é possível fazer uma série de análises com maior precisão e abrangência em áreas de estudo e impacto diversas.

A relação de uso e ocupação do solo no estado de Goiás é marcada pelo grande impulso no desenvolvimento econômico na região, mas também bastante significativo quanto aos processos de alteração no meio. A perda significativa de vegetação nativa a partir da segunda metade do século passado, e pontualmente nos 35 anos de série histórica abordada na pesquisa, para atividades agropecuárias é um alerta para os recorrentes casos manifestações públicas quanto ao perigo de racionamentos no abastecimento público nos últimos anos registrados em grande parte dos municípios goianos.

As bacias de captação no estado apresentam quase que em sua totalidade uma alteração significativa no uso solo, podendo ser um responsável por processos de interferência na recarga água no solo e mananciais durante período chuvoso, diminuindo a infiltração de água e acarretando em processos de assoreamento, diminuição da qualidade e volume de água disponível nos períodos de estiagem.

Em contraponto às análises pluviométricas feitas por métodos satelitários TRMM não apresentaram alteração significativa no que se trata de precipitações acumuladas mensalmente, mantendo um volume total característico da região e nos períodos de sazonalidade, e estatisticamente, as tendências de intensidade de chuva se mantiveram constantes.

Por fim, entende-se que, os processos de ocupação do solo podem influenciar de forma mais significativa os recorrentes casos relacionados a falta de disponibilidade hídrica dentre as bacias de captação do estado, já que o volume de precipitação registrado não sofreu alteração estatisticamente significativa na série temporal estudada.

## Referências Bibliográficas

- \_\_\_\_\_. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017. Brasília: ANA, p. 177, 2017.
- \_\_\_\_\_. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018. Brasília: ANA, p. 87, 2018.
- Anjos, R. S., Candeias, A. L. B., & Nóbrega, R. S. (2016). CARACTERIZAÇÃO DAS CHUVAS ATRAVÉS DO SATÉLITE TRMM EM PETROLÂNDIA-PE. *Revista Brasileira de Climatologia*. *Revista Brasileira de Climatologia* (Vol. 18).
- Brito, T. R. da R. L. de, & <http://lattes.cnpq.br/9605497566454699>. (2017). *Modelagem hidrológica e hidráulica a partir de dados TRMM aplicada a análise de risco em áreas inundáveis: estudo de caso no município de Atalaia*. <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/1755>
- Cabral Júnior, J. B., & Lucena, R. L. (2020). ANÁLISES DAS PRECIPITAÇÕES PELOS TESTES NÃO PARAMÉTRICOS DE MANN-KENDALL E KRUSKAL-WALLIS. *Mercator (Fortaleza)*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.4215/RM2020.E19001>
- CARVALHO, A. T. F. (2018). *Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios)*. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/31947>
- Carvalho, A. T. F. (2020). BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO: DISCUSSÃO SOBRE OS IMPACTOS DA PRODUÇÃO SOCIAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL. *Caderno Prudentino de Geografia*, 1(42), 140–161. <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>
- CEPF, Plataforma de Conhecimento do Cerrado, c2019, Projeto. Disponível em: <<https://cepf.lapig.iesa.ufg.br/#/project>>. Acesso em: 20 de jul. de 2021.
- Coelho, V. H. R., Montenegro, S. M. G. L., Das, C., Almeida, N., De Lima, E. R. V, Neto, A. R., Glawbber, & De Moura, S. S. (2012). *Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro*, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. <http://www.agriambi.com.br>
- De, H., Júnior, M., Lopes, F. A., & Rodrigues Macedo, D. (2019). Diagnóstico multitemporal do uso e cobertura da terra e qualidade das águas na bacia do rio Jequitinhonha em Minas Gerais como subsídio à gestão dos recursos hídricos superficiais. *Revista Espinhaço*, 8(2), 47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3583328>
- Decreto Numerado Nº 9.670/2020 - Casa Civil do Estado de Goiás*. (n.d.). Retrieved November 24, 2021, from [https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa\\_legislacao/103227/decreto-9670](https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/103227/decreto-9670)
- Dias, D. O. (2020). A fronteira Agrícola em Goiás: aspectos socioambientais. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável*, 29-52.



- Farias, S. E. de M., & <http://lattes.cnpq.br/6632298682845957>. (2016). *Estimativas satelitárias de precipitação sobre o bioma cerrado: possibilidades e perspectivas*. <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6657>
- FERREIRA JUNIOR, L. G. et al. Dinâmica agrícola e desmatamentos em áreas de cerrado: uma análise a partir de dados censitários e imagens de resolução moderada. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 61, v. 2, p.117-127, 2009.
- Garcia de Sousa, R., Martins, L., Soares Nunes, F., & Bernardes Silva, F. (2019). ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO, VAZÃO, USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO SÃO JOÃO/MG. *Revista Augustus*, 24(49), 146–154. <https://doi.org/10.15202/1981896.2019v24n49p146>
- Gergel, S. E.; Turner, M. G.; Miller, J. R.; Melack, J. M.; Stanley, E. H. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquat. Sci.*, v. 64, February 2002.
- GES DISC Dataset: TRMM (TMPA/3B43) Rainfall Estimate L3 1 month 0.25 degree x 0.25 degree V7 (TRMM\_3B43\_7). (n.d.). Retrieved November 24, 2021, from [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM\\_3B43\\_7/summary?keywords=trmm](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM_3B43_7/summary?keywords=trmm)
- Governo de Goiás, Rio Meia Ponte entra em Nível 2, c2019, Meio Ambiente, Disponível em: <<https://www.goias.gov.br/servico/33-meio-ambiente/125699-rio-meia-ponte-entra-em-n%C3%ADvel-cr%C3%ADtico-2.html>>. Acesso em: 27 de out. de 2021.
- Henrique, P., & Almeida, D. E. (2020). *Desenvolvimento do processo de implantação da rede de monitoramento hidrológico na Bacia do Rio Meia Ponte*. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/40400>
- Honório, M. da S., (2020). Avaliação da Disponibilidade Hídrica no estado de Goiás, Dissertação de defesa de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás. [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?)
- INMET. (2009). *Normais Climatológicas do Brasil 1961 - 1991*.
- KENDALL, M. G., Rank Correlation Measures. Ed. Charles Griffin. London, 1975
- Kennedy, R. E., Yang, Z., Gorelick, N., Braaten, J., Cavalcante, L., Cohen, W. B., & Healey, S. (2018). Implementation of the LandTrendr Algorithm on Google Earth Engine. *Remote Sensing 2018*, Vol. 10, Page 691, 10(5), 691. <https://doi.org/10.3390/RS10050691>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263.
- Lemos, R. S., & Junior, A. P. M. (2015). *Reflexões sobre os critérios de cálculo de vazões outorgáveis em áreas de conflito do estado de Minas Gerais: o caso da Bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3962255>
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259, 1945.
- Mapbiomas Brasil*. (n.d.). Retrieved November 24, 2021, from



[https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR)

*Mapbiomas Brasil*. (2021). <https://mapbiomas.org/o-projeto>

Marcuzzo, F. F. N., Cardoso, M. R. D., & Faria, T. G. (2012). *Chuvas No Cerrado Da Região Centro-Oeste Do Brasil*. Ateliê Geográfico. [http://www.cprm.gov.br/publique/media/Art\\_Cerrado\\_Marcuzzo.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Art_Cerrado_Marcuzzo.pdf)

Miziara, F. Expansão da lavoura de cana em Goiás e impactos ambientais. In: Congresso Brasileiro de Sociologia, 14., 2009, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 2009. p. 1.

MIZIARA, Fausto. Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no Cerrado: o caso de Goiás. *Natureza viva Cerrado*. Goiânia: Ed. da UCG, 2006.

MMA. Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília: MMA, 2015.

Muenchow, J., Schratz, P., & Brenning, A. (2017). *RQGIS: Integrating R with QGIS for Statistical Geocomputing*. <https://plugins.qgis.org/>

Nascimento, D., & Oliveira, I. (2018). Aplicação das estimativas de precipitação do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) no estudo da pluviometria habitual e excepcional de Goiás e Distrito Federal (Application of rainfall estimates of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) in the study of the usual and exceptional rainfall of Goiás and Federal District). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(5), 1664–1679. <https://doi.org/10.26848/RBGF.V11.5.P1664-1679>

Nogueira, W. A. V., Santos, C. O. dos, & Güntzel, A. M. (2020). *Sensoriamento Remoto na Elaboração de Diagnóstico Ambiental no Contexto de Microbacias Hidrográficas: Córrego Ribeirão do Veado (Coxim, MS)*. 43, 170–179. [https://doi.org/10.11137/2020\\_3\\_170\\_179](https://doi.org/10.11137/2020_3_170_179)

Ometo, J. P. H. B.; Martinelli, L. A.; Ballester, M. V.; Gessner, A.; Krusche, A. V.; Victoria, R. L.; Williams, M. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. *Freshwater Biology*, v. 44, 2000.

Ripa, M. N. Leone, A.; Garnier, M. & Lo Porto, A. Agricultural Land Use and Best Management Practices to Control Nonpoint Water Pollution. *Environmental Management*, 2006. Published online: 15 June 2006.

Rocha, J. C. S., & <http://lattes.cnpq.br/7011085628896537>. (2012). *Dinâmica de ocupação no bioma cerrado: caracterização dos desmatamentos e análise das frentes de expansão*. <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3161>

Romero, V., Noronha Marcuzzo, F. F., & Cardoso Murillo, R. D. (2014). Trend in the number of days with rain in the state of goiás and its relationship with extreme ocean niño index. In *Boletim Goiano de Geografia* (Vol. 34, Issue 3, pp. 567–584). Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4996355&info=resumen&idioma=EN>



G

- Sano, Edson Eyji, Rosa, R., Scaramuzza, C. A. de M., Adami, M., Bolfe, E. L., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Maurano, L. E. P., Narvaes, I. da S., Filho, F. J. B. de O., da Silva, E. B., Victoria, D. de C., Ferreira, L. G., Brito, J. L. S., Bayma, A. P., de Oliveira, G. H., & Bayma-Silva, G. (2019). Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00138>
- Sano, Edson Eyji, Rosa, R., Brito, J. L. S., & Ferreira, L. G. (2008). Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1), 153–156. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100020>
- Santos, M. B., & Faria, K. M. (2020). Vulnerabilidades Ambientais do Bioma Cerrado: Estdo da Região Norte Goiano - Goiás. *ACTA Geográfica*, 242-258.
- Silva, A. A. (2011). AVANÇO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO E EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA EM GOIÁS. *Agropec UFG*, 399-407.
- Silva, C. Â., & Dos Santos, L. B. (2013). Uma Abordagem da Teoria do Complexo de Segurança sobre as águas transfronteiriças do Rio Jordão / An approach of the Security Complex Theory applied to the transboundary waters of the Jordan River. *Mural Internacional*, 4(1), 19–26. <https://doi.org/10.12957/rmi.2013.6753>
- SILVA, C. M. Entre Fênix e Ceres A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. *Varia Historia*, Belo Horizonte, v. 34, n. 65, p. 409-444, mai/ago 2018.
- Snyder, M. N.; Goetz, S. J.; Wright, R. K. Stream health rankings predicted by satellite derived land cover metrics: impervious area, forest buffers and landscape configuration. *Journal of the American Resources Association*, v. 41, n. 3, June 2005.
- Souza, J. C. de, Martins, P. T. de A., & Druciaki, V. P. (2020). Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. *Élisée - Revista De Geografia Da UEG*. <https://www.praxia.ueg.br/index.php/elisee/article/view/10857>
- STRASSBURG, B. B. N. et al., Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, Article Number: 0099, 2017.
- Tassio Rezende de Azevedo, Marcos Reis Rosa, Julia Zanin Shimbo, Eduardo Velez Martin, & Magaly Gonzales de Oliveira. (2020). *Relatório Anual do Desmatamento no Brasil - 2019*. <https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/relatorios/MBI-relatorio-desmatamento-2019-FINAL5.pdf>
- Tucci, C. E. M. Controle de enchentes. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, ed. 2, 2000.
- Vieira Filho, J. E. (2016). A Fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. Brasília: IPEA.
- Wanderley, H. S., de Amorim, R. F. C., & de Carvalho, F. O. (2014). Interpolação espacial de



dados médios mensais pluviométricos com redes neurais artificiais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(3), 389–396. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130639>

Watanabe, M., Oliveira, F. A. de, Nunes, D. D., & Checchia, T. E. (2016). Análise geossistêmica e quantificação de perda de solo da bacia do Rio Mutum-Paraná (RO). *Confins*, 29. <https://doi.org/10.4000/confins.11552>

Wilian, V., Silva, C.-O., Leonardo, F., & Garro, T. (n.d.). *RELAÇÕES SOCIOECONÔMICAS E AMBIENTAIS NO CERRADO: O CENÁRIO GOIANO LEONNE BORGES EVANGELISTA*. Retrieved July 11, 2017, from [http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/3529/2/LEONNE BORGES EVANGELISTA.pdf](http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/3529/2/LEONNE_BORGES_EVANGELISTA.pdf)

## Capítulo III

### **Análise do Relevo e Uso do Índice Topográfico de Umidade para identificação de zonas de fragilidade ambiental segundo seu uso do solo em bacias de captação de água**

Dantas, T. M.; Ferreira, N. C.; Ribeiro, H. J.

#### **Resumo**

O processo de ocupação de bacias hidrográficas espelha diretamente os modelos econômicos e aspectos sociais de uma região e/ou municípios que as englobam, e assim também os seus prováveis danos ambientais. As bacias de captação de água para municípios goianos apontam uma densa ocupação e alteração do uso da terra em sua maioria para atividades agrícolas e pecuárias. Com a supressão de vegetação nativa, o solo exposto pela pastagem e pela monocultura, típicos ativos econômicos no estado, pode apresentar um sério problema para preservação de mananciais que abastecem os mais ricos municípios em Goiás. A perda de solo por processos erosivos naturais ou antrópicos, e a ocupação indevida de zonas de saturação hídrica, podem colaborar com a piora da qualidade da água capitada, assim como intensificar crises hídricas em períodos de estiagem. O objetivo do seguinte estudo é identificar as áreas com altos índices de acentuado declive, Fator LS aplicado na USLE, e zonas de saturação hídrica, pelo Índice Topográfico de Umidade (TWI), nas bacias de captação dos dez municípios goianos com os maiores PIBs do estado, afim de compreender se estas áreas apontam para uma preservação da vegetação nativa ou se foram ocupadas por agricultura e pastagem. Os resultados apresentaram que as áreas mais críticas segundo os dois parâmetros analisados, são ocupados em sua maioria por pastagem e soja, sendo que bacias que apresentam significativa preservação da vegetação é devido a políticas públicas de inserção de parques e áreas de preservação.

Palavras-Chave: Ocupação, Fator LS, TWI, pastagem, vegetação nativa.

## Introdução

Os processos de transformação do uso do solo, muitas vezes, tendem a desconsiderar as questões sociais e ambientais para atender interesses econômicos, muitas vezes vantajosos, regionalmente. Esses processos resultam na substituição da cobertura vegetal nativa, por cultivos agrícolas ou cultivos de pastagens para a produção pecuária (FAO, 1995). Os processos que resultam em urbanização, podem ocasionar impermeabilização dos solos, o que desfavorece aspectos naturais de infiltração de água, resultando em escoamento superficial, que podem ocasionar movimentações de solos, assoreamento de corpos hídricos e diminuição de águas subterrâneas. Essas situações podem provocar grandes prejuízos para as populações locais, devido ao aumento da insegurança hídrica, além de outros desastres naturais (Leite & Rocha, 2016).

As atividades agropecuárias devem ser realizadas de maneira sustentável, observando-se práticas conservacionistas dos solos, associadas com o constante monitoramento dos mesmos, de tal forma que os recursos naturais sejam utilizados de maneira racional, garantindo a preservação ambiental e o eficiente desenvolvimentos socioeconômicos (Moreira & Valeriano, 2013).

A observação das características topográficas, assim como das propriedades físicas e químicas do solo, de cada área que venha a ser ocupada, minimiza a degradação ambiental local e regional (Hoffmann Oliveira et al., 2017), minimizando o escoamento superficial, aumentando a recarga hídrica das águas subterrâneas. As áreas úmidas e também as de maiores declividades, geralmente apresentam alta fragilidade ambiental, sendo que a preservação da vegetação nativa nessas localidades é importante na manutenção do balanço hídrico e na estabilidade dos solos (Hung et al., 2016).

Para garantir que a ocupação do solo tenha seus impactos minimizados, a ciência e tecnologia vêm desenvolvendo métodos para a identificação de áreas suscetíveis a processos erosivos (Ramires & Mello-Théry, 2018). Esses métodos são aplicados no monitoramento, planejamento e gestão ambiental de bacias hidrográficas (Guimarães et al., 2011).

As áreas de alto potencial de infiltração hídrica, podem ser identificadas por meio de análises do relevo. A preservação dessas áreas garante não somente a segurança hídrica e ambiental local, como também a segurança social e econômica (Hung et al., 2016).

A aplicação da equação universal de perda de solos (Universal Soil Loss Equation - USLE) é um dos métodos mais consagrados para o mapeamento do potencial de movimentação de solos, de forma indireta (WISCHMEIER, W.H. & SMITH, 1965). Essa equação considera aspectos do relevo, a precipitação, características dos solos, cobertura e uso dos solos, e práticas de manejo dos solos (Sérgio Galdino & Weill, 2011; Renard et al., 1997).

Além do potencial de erosão dos solos, é também importante identificar o potencial acumulação hídrica no relevo, o que pode indicar áreas favoráveis à recarga das águas subterrâneas, como também locais favoráveis à ocorrência de inundações e alagamentos (GIRÃO et al., 2017; RAMALHO et al., 2017).

Assim, este trabalho teve o objetivo de identificar nas bacias de captação de água para abastecimento público, dos municípios com maiores produto interno bruto do estado de Goiás, que são geridos pela SANEAGO, zonas com maiores potenciais para ocorrência de processos erosivos e recarga de águas subterrâneas. Posteriormente, foi avaliada o grau de preservação da vegetação nativa nessas áreas de fragilidade ambiental.

## Metodologia

As bacias de captação de água para abastecimento público, contempladas neste estudo foram aquelas em que a gestão da captação, tratamento e distribuição de água são realizadas pela empresa SANEAGO, sendo que foram considerados os 10 municípios com maiores produto interno bruto (PIB), segundo o Instituto Mauro Borges e da SEGPLAN – GO (Tabela 1) (Instituto Mauro Borges, 2021).

Tabela 1 – 10 municípios goianos com maiores PIB.

<b>Maiores Economias Municipais - Goiás - 2019</b>		
<b>Rq.</b>	<b>Município</b>	<b>Valor do PIB (R\$ milhões)</b>
1	Goiânia	52.914.394
2	Anápolis	14.738.302
3	Aparecida de Goiânia	14.370.794
4	Rio Verde	9.982.046
5	Jataí	5.334.834
6	Itumbiara	4.123.845
7	Luziânia	4.109.688
8	Valparaíso de Goiás	2.717.703
9	Cristalina	2.514.306
10	Formosa	2.445.282
<b>Total dos Municípios</b>		<b>113.251.194</b>
<b>Participação no estado (%)</b>		<b>54,27</b>
<b>Estado de Goiás</b>		<b>208.672.000</b>

Fonte: IBGE/Instituto Mauro Borges / Segplan-GO

A partir destas definições, foi feito o recorte e identificação das bacias hidrográficas de captação de água em cada município, possibilitando ter mais de uma bacia a ser estudada por município (Tabela 2), casos referentes a Goiânia, Anápolis, Rio Verde e Luziânia.

Tabela 2 – Bacias de captação dos 10 municípios goianos com maiores PIB.

Rq.	Município	Bacias de Captação	Área (ha)
1	Goiânia	Goiânia Bacia Rib. João Leite	77039,36
		Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia	3121,50
		Goiânia Bacia Rio Meia Ponte	163095,41
2	Anápolis	Anápolis Daia Bacia Rib. Caldas	5121,93
		Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó	24773,38
3	Aparecida de Goiânia	Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes	2272,69
4	Rio Verde	Rio Verde Bacia Córrego das Lajes	1722,86
		Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras	13498,11
5	Jataí	Jataí Bacia Rio Claro	464385,26
6	Itumbiara	Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria	129934,97
7	Luziânia	Luziânia Bacia Ribeirão Palmital	6288,13
		Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)	50271,80
8	Valparaíso de Goiás	Cidade Ocidental/Valparaíso Bacia Rib. Saia Velha	4950,19
9	Cristalina	Cristalina Bacia Córrego Embira	375,55
10	Formosa	Formosa Bacia Rio Bandeirinha B	8474,36

Fonte: Autor (2022)

Os dados de uso de solo para o ano de 2019 foram obtidos a partir da plataforma MapBiomas (Mapbiomas Brasil, 2021) referentes a Coleção 5.0, em que foi recortada a área de acordo com cada bacia hidrográfica de captação.

Para este estudo, foram classificados como prioritários, os dados que se referem as classes de Formação Florestal e Formação Savânica para área de preservação de vegetação nativa no Cerrado, enquanto as classes de Pastagem, Soja e Outras Lavouras Temporárias caracterizam as regiões de antropização de maior impacto passíveis de recuperação florestal. Visto que, áreas nas bacias de captação ocupadas por regiões urbanizadas e outras infraestruturas caracterizam uma menor proporção de ocupação e de inviabilidade de mobilização em recuperação da vegetação nativa local.

Essas classes foram calculadas seguindo processamento de análise estatística de cálculo de área (Muenchow et al., 2017), para determinação de ocupação inicial, em que posteriormente foi integrado com as demais análises.

Em seguida, foram obtidos dados altimétricos, oriundos do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com detalhamento espacial de 30 metros, para cada bacia hidrográfica de captação. Esses dados foram obtidos a partir da plataforma de computação em nuvem Google Earth Engine.

De posse dos dados altimétricos das bacias de captação, ou mesmos foram projetados em sistema de projeção cartográfica UTM, considerando o sistema de referência SIRGAS-2000, para então ser realizado o mapeamento de comprimentos e declividades de rampas (Fator LS) e do índice topográfico de umidade (TWI).

A relação de intensidade de erosão pela água, é afetada de acordo com o comprimento de e declividade de rampa de uma área (Watanabe et al., 2016). O Fator LS calcula o potencial de perda de solo por unidade de área em declive, segundo comprimento de rampa e declividade, equacionada por:

$$LS = 0,00984 * C^{0,63} * S^{1,18} \quad (1)$$

Sendo:

LS – Fator de comprimento de rampa e declividade;

C – Comprimento de rampa; e

S – Declividade.

Para chegar a esta relação, foi necessário calcular o comprimento de rampa partindo de análises do Modelo Digital de Elevação (a partir dos dados SRTM), para cálculo de Declividade, seguindo análises de direção e acúmulo de fluxo de cada bacia hidrográfica, segundo as formulações de:

$$M = \frac{\beta}{(1+\beta)} \quad (2)$$

Em que, M é uma constante que depende da declividade de encosta, caracterizado pela determinação de  $\beta$  é “a razão entre a erosão por sulco e a erosão entre sulcos no solo” (Galdino & Weill, 2011), que é dependente da declividade:

$$\beta = \frac{\frac{\text{sen}(\theta+0,01745)}{0,0896}}{3*(\text{sen}(\theta*0,01745)^{0,8})+0,56} \quad (3)$$

Sendo,  $\theta$  o ângulo de declividade de encosta.

Para esta relação então, foi calculado o fator de comprimento de rampa de acordo com a seguinte expressão:

$$C = \left(\frac{\lambda}{22,13}\right)^M \quad (4)$$

Sendo:

C – Comprimento de rampa;

$\lambda$  – comprimento de encosta;

Enquanto para o fator S, foi utilizado o método desenvolvido por (McCool et al., 1987), e utilizada por (Galdino & Weill, 2011), em que:

$$S = 10,8 \text{ seno}(\theta) + 0,03 \quad (\text{para declividade} < 9\%)$$

$$S = 16,8 \text{ seno}(\theta) - 0,50 \quad (\text{para declividade} \geq 9\%)$$

E assim, empregando a álgebra de mapas matriciais, para a função:

$$S = SE ((\tan(\theta * 0,01745) < 0,09): \quad (5)$$

então  $10,8 * \text{sen.} (\theta * 0,01745) + 0,03$

senão  $16,8 * \text{sen.} (\theta * 0,01745) - 0,5$

Para o cálculo de Índice Topográfico de Umidade (TWI), foram utilizados os mesmos dados de declividade e de acumulação de fluxo para produzir os resultados finais, estimando um balanço de acúmulo hídrico na região trabalhada (HANCOCK et al., 2010), assim como a drenagem pontual, em que se determina a área de saturação hídrica superficial (Hoffmann Oliveira et al., 2017).

E, para análise numérica, é expressada pela função segundo (BEVEN & KIRKBY, 1979), sendo a declividade ( $\theta$ ) expressa em radianos:

$$TWI = \ln \frac{B}{\tan \theta} \quad (6)$$

Sendo B, a área de acúmulo hídrico.

Posteriormente, o mapa de uso e cobertura dos solos foi especialmente integrado aos mapas de comprimento de rampas e índice de umidade topográfico a fim de se avaliar o grau de preservação ambiental das bacias hidrográficas de captação.

## Resultados

Valores referentes ao uso e ocupação do solo das bacias, já caracterizam um processo de significativa alteração da paisagem. Assim, foi possível classificar cada bacia de acordo com alterações de uso do solo com dados de 2019, como apresentado na Tabela 3.

É possível notar que bacias presentes nos municípios da região metropolitana de Goiânia são ocupadas de formas distintas, intercalando principalmente pastagem e vegetação nativa, sendo esta estabelecida ainda como uma importante forma de preservação e manutenção da bacia para áreas de preservação permanente e de unidades de conservação.

Nos demais municípios, localizados no centro-sul do estado, apresentam a tendência encontrada de acordo com a crescente economia agrícola na região, com grande aumento de áreas voltadas para plantação de soja e manutenção, ou pequena alteração, de pastagem (Tabela 3).

Destaca-se dentre estes municípios, Jataí e Rio Verde, que são importantes regiões econômicas do estado, estando entre os seis que geram maior PIB para Goiás, em sua maior parte devido as iniciativas agrícolas, um aumento significativo do plantio de soja em suas respectivas bacias de abastecimento público.

Tabela 3 – Uso do Solo nas bacias de captação.

Uso do Solo Bacias	Formação Florestal (ha)	Formação Savânica (ha)	Pastagem (ha)	Soja (ha)	Outras Lavouras Temporárias (ha)	Área Total (ha)
Anápolis Daia Bacia Rib. Caldas	586,02	344,39	2163,58	927,00	321,79	5121,93
Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó	3616,83	1997,25	12023,93	3789,95	1035,56	24773,38
Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes	227,58	310,50	1532,47	19,10	28,61	2272,69
Cidade Ocidental / Valparaíso Bacia Rib. Saia Velha	293,05	3201,33	0,00	400,46	0,17	4950,19
Cristalina Bacia Córrego Embira	15,68	19,19	82,34	0,00	7,63	375,55
Formosa Bacia Rio Bandeirinha B	704,50	2789,72	3419,15	790,94	131,07	8474,36
Goiânia Bacia Rib. João Leite	19664,28	996,65	44806,71	2268,85	2665,12	77039,36
Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia	541,54	115,97	1993,79	0,00	16,90	3121,50
Goiânia Bacia Rio Meia Ponte	28965,74	1034,98	113592,06	3668,91	6886,21	163095,41
Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria	17113,63	3684,97	48066,71	27054,60	8929,34	129934,97
Jataí Bacia Rio Claro	51988,91	50664,26	162004,47	157483,72	7441,60	464385,26
Luziânia Bacia Ribeirão Palmital	599,67	1282,11	1567,61	0,00	39,10	6288,13
Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)	4606,89	10261,88	17741,26	757,51	486,23	50271,80
Rio Verde Bacia Córrego das Lajes	183,81	30,78	473,15	793,14	155,68	1722,86
Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras	2296,28	499,67	2115,09	6768,52	645,03	13498,11

Fonte: Autor (2022)

Tendo em vista os processos de ocupação das bacias de captação, os cálculos de fatores de comprimento de rampa e de TWI tornam-se fundamentais para compreender se essa expansão de atividades agrícolas em áreas fundamentais para preservação está sendo impactadas.

Tanto para o Fator LS quanto para TWI, estabelecidos classes de Muito Baixo a Muito Alto, sendo analisados somente as classes Alto e Muito Alto para ambas, em fim de determinar as áreas críticas de comprimento de rampa elevado e alto índice de umidade de terreno em zonas propícias à preservação e manutenção de vegetação nativa, o que auxiliaria na manutenção de recarga hídrica e do solo exposto.

Os Fatores LS e TWI se contrapõem, já que áreas com maior comprimento de rampa caracterizam regiões de maior declive, e com TWI menor, já que esta mesma região não

apresentaria ser uma zona de maior saturação hídrica.

Cada bacia apresenta sua própria variação entre os valores de Fatores LS e TWI, gerando assim resultados próprios, porém todos dentro de uma margem similar de valores finais, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de referência de TWI e Fator LS.

	TWI			Fator LS		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
<b>Anápolis Daia Bacia Rib. Caldas</b>	5,2297	2,3814	16,1612	0,1006	0,0312	0,3908
<b>Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó</b>	5,3463	2,3725	16,0204	0,1076	0,0311	0,4473
<b>Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes</b>	5,3177	2,5211	15,9078	0,0129	0,0008	0,2131
<b>Cidade Ocidental / Valparaíso Bacia Rib. Saia Velha</b>	5,7937	2,4276	16,2293	0,0868	0,0312	0,2910
<b>Cristalina Bacia Córrego Embira</b>	5,7636	3,4775	15,3736	0,0816	0,0312	0,2022
<b>Formosa Bacia Rio Bandeirinha B</b>	5,1750	2,0781	16,4373	0,1196	0,0494	0,7275
<b>Goiânia Bacia Rib. João Leite</b>	5,1699	2,1040	16,0095	0,1164	0,0308	0,5742
<b>Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia</b>	5,7289	2,8383	16,3436	0,0890	0,0306	0,3085
<b>Goiânia Bacia Rio Meia Ponte</b>	5,2640	1,9542	16,6742	0,1073	0,0306	0,7071
<b>Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria</b>	5,9920	2,4164	15,2148	0,0987	0,0436	0,5236
<b>Jataí Bacia Rio Claro</b>	5,2234	1,9299	15,9777	0,1087	0,0311	0,4719
<b>Luziânia Bacia Ribeirão Palmital</b>	5,4744	2,3517	16,3705	0,0973	0,0306	0,5475
<b>Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)</b>	4,7888	1,9918	15,9656	0,1248	0,0313	0,6255
<b>Rio Verde Bacia Córrego das Lajes</b>	5,6338	2,9300	15,8015	0,0916	0,0316	0,2988
<b>Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras</b>	5,7080	3,0213	16,1003	0,0945	0,0307	0,3454

Fonte: Autor (2022)

Em média, todas bacias apresentam um valor de TWI Baixo e Muito Baixo, assim como o fator de comprimento de rampa, como esperado para maior parte da bacia de contribuição, sendo representado seus maiores valores para áreas específicas e críticas de drenagem.

Apesar de cada bacia ser classificada separadamente para as análises de risco, no geral, os valores do Índice de Umidade varia de 10 a 13 a para ser considerado alto, e maior que 13

para Muito Alto. Enquanto para o Fator LS varia de 0,2 a 0,3, e maior que 0,3, assim como exemplificado na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificações para alto TWI e Fator LS.

	TWI		Fator LS	
	Alto	Muito Alto (>)	Alto	Muito Alto (>)
Anápolis Daia Bacia Rib. Caldas	10,649	13,405	0,246	0,318
Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó	10,510	13,265	0,346	0,451
Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes	10,553	13,230	0,128	0,170
Cidade Ocidental / Valparaíso Bacia Rib. Saia Velha	10,708	13,468	0,187	0,239
Cristalina Bacia Córrego Embira	10,615	12,994	0,133	0,167
Formosa Bacia Rio Bandeirinha B	10,693	13,565	0,456	0,591
Goiânia Bacia Rib. João Leite	10,346	13,084	0,292	0,380
Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia	10,941	13,642	0,197	0,252
Goiânia Bacia Rio Meia Ponte	10,389	13,072	0,320	0,417
Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria	11,015	13,931	0,500	0,653
Jataí Bacia Rio Claro	10,182	13,159	0,401	0,524
Luziânia Bacia Ribeirão Palmital	10,762	13,566	0,340	0,444
Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)	10,272	12,960	0,369	0,481
Rio Verde Bacia Córrego das Lajes	10,652	13,227	0,191	0,245
Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras	10,078	13,481	0,219	0,282

Fonte: Autor (2022)

Analisando individualmente, a maior parte as bacias apresentam uma predominância de áreas de pastagem em regiões de alto TWI, em contraponto a existência de formação florestal. As bacias que fogem desse padrão, são referentes aos municípios de Valparaíso de Goiás, em que se predomina uma região preservada, devido a Área de Relevante Interesse Ecológico Capetinga – Taquara, já no Distrito Federal; e bacias dos municípios de Jataí e Rio Verde, em que a predominância de pastagem e lavouras de soja, condizem com a estrutura econômica da região, afetando diretamente áreas passivas de preservação. A Bacia do João Leite, se divide em regiões de TWI alto, com predominância de pastagem e formação florestal devido a manutenção de parques de preservação, e por economia local de municípios vizinhos a capital Goiânia.

Esta análise segue padrão ao se analisar separadamente as áreas de alto Fator LS, de comprimento de rampa, com a significativa influência de pastejem nestas paisagens, seguido

de formação florestal para preservação, por muitas das vezes devido a preservação de cursos hídricos, e também causado pela dificuldade de estabelecer cultivos de monocultura em regiões de maior declive.

Analisando os dados de forma geral, é notável a ocupação de áreas de pastagem predominantes em regiões de saturação hídrica, o que pode influenciar nos processos de recarga de água e de escoamento superficial, que poderiam estar predominando formações florestais nativas para colaboração destes processos, Tabela 6.

Tabela 6 – Tipo de uso do solo por área ocupada para alto TWI.

Área ocupada com Alto TWI					
Bacias \ Uso do Solo	Formação Florestal (ha)	Formação Savânica (ha)	Pastagem (ha)	Soja (ha)	Outras Lavouras Temporárias (ha)
Anápolis Daia Bacia Rib. Caldas	25,20	6,30	33,66	10,89	5,04
Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó	177,84	62,28	276,66	111,24	29,61
Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes	10,17	7,56	34,38	0,36	0,18
Cidade Ocidental / Valparaíso Bacia Rib. Saia Velha	13,50	131,49	10,98	0,00	3,78
Cristalina Bacia Córrego Embira	0,36	0,54	0,81	0,00	0,09
Formosa Bacia Rio Bandeirinha B	34,38	78,84	73,08	14,49	1,26
Goiânia Bacia Rib. João Leite	731,61	65,25	898,83	39,33	57,06
Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia	22,32	7,83	77,85	0,00	0,63
Goiânia Bacia Rio Meia Ponte	667,44	111,33	1609,02	39,69	73,89
Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria	450,72	62,64	1099,71	307,44	147,87
Jataí Bacia Rio Claro	1156,05	1369,08	1461,78	1058,31	66,96
Luziânia Bacia Ribeirão Palmital	34,56	30,96	56,52	0,00	0,18
Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)	181,26	273,87	522,18	33,66	18,54
Rio Verde Bacia Córrego das Lajes	8,37	1,44	13,77	19,44	3,69
Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras	140,22	36,99	67,50	233,82	19,17

Fonte: Autor (2022)

Assim como para áreas de maior declive, em que pastagem quase que exclusivamente, predomina de forma antrópica estes pontos cruciais para perda de solo e formação de processos erosivos, Tabela 7.

Tabela 7 – Tipo de uso do solo por área ocupada para alto Fator LS.

Área ocupada com Alto Fator LS					
Bacias \ Uso do Solo	Formação Florestal (ha)	Formação Savânica (ha)	Pastagem (ha)	Soja (ha)	Outras Lavouras Temporárias (ha)
Anápolis Daia Bacia Rib. Caldas	3,87	1,53	12,60	0,36	0,45
Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó	17,10	2,25	35,91	0,00	0,09
Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes	5,76	3,15	11,16	0,00	0,00
Cidade Ocidental / Valparaíso Bacia Rib. Saia Velha	3,15	2,07	0,18	0,00	0,27
Cristalina Bacia Córrego Embira	1,08	0,09	7,11	0,00	0,00
Formosa Bacia Rio Bandeirinha B	20,34	39,06	27,09	0,09	0,09
Goiânia Bacia Rib. João Leite	345,06	0,72	452,52	1,17	0,81
Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia	1,89	1,89	1,53	0,00	0,00
Goiânia Bacia Rio Meia Ponte	182,79	0,00	351,72	0,00	1,17
Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria	192,24	24,30	399,51	3,06	23,58
Jataí Bacia Rio Claro	106,29	32,58	193,14	6,48	0,36
Luziânia Bacia Ribeirão Palmital	0,18	9,99	3,69	0,00	0,00
Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)	51,75	81,72	174,15	0,09	0,00
Rio Verde Bacia Córrego das Lajes	0,45	0,00	2,61	0,54	1,35
Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras	15,84	1,71	19,08	12,87	1,08

Fonte: Autor (2022)

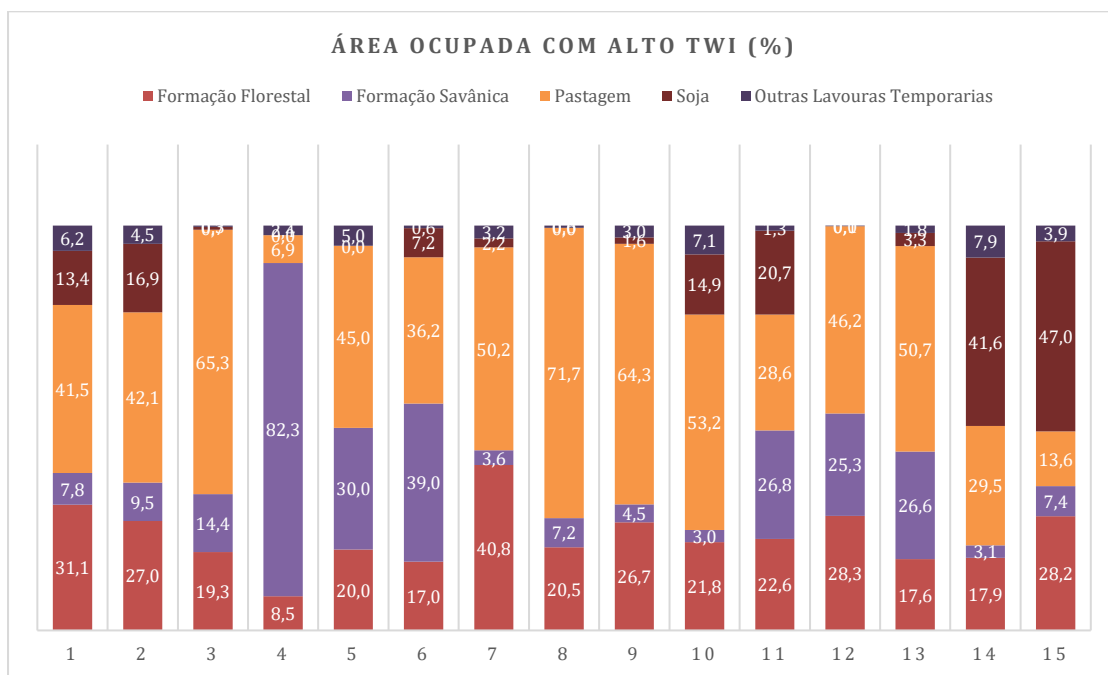
A relação de área ocupada também pode apontar que a maioria de zonas críticas, tanto para alto TWI quanto para fator de comprimento de rampa, são ocupadas em sua maioria por pastagem, assim, é apresentado de forma proporcional a área total das bacias, as regiões ocupadas por usos antrópicos e permanência de vegetação nativa, para preservação local do bioma, apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Proporção de área ocupada para alto TWI.

Área ocupada com Alto TWI (%)						
Bacias	Uso do Solo	Formação Florestal	Formação Savânica	Pastagem	Soja	Outras Lavouras Temporárias
1	Anápolis Daia Bacia Rib Caldas	31,1	7,8	41,5	13,4	6,2
2	Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó	27,0	9,5	42,1	16,9	4,5
3	Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes	19,3	14,4	65,3	0,7	0,3
4	Cidade Ocidental / Valparaíso Bacia Rib Saia Velha	8,5	82,3	6,9	0,0	2,4
5	Cristalina Bacia Córrego Embira	20,0	30,0	45,0	0,0	5,0
6	Formosa Bacia Rio Bandeirinha B	17,0	39,0	36,2	7,2	0,6
7	Goiânia Bacia Rib. João Leite	40,8	3,6	50,2	2,2	3,2
8	Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia	20,5	7,2	71,7	0,0	0,6
9	Goiânia Bacia Rio Meia Ponte	26,7	4,5	64,3	1,6	3,0
10	Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria	21,8	3,0	53,2	14,9	7,1
11	Jataí Bacia Rio Claro	22,6	26,8	28,6	20,7	1,3
12	Luziânia Bacia Ribeirão Palmital	28,3	25,3	46,2	0,0	0,1
13	Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)	17,6	26,6	50,7	3,3	1,8
14	Rio Verde Bacia Córrego das Lajes	17,9	3,1	29,5	41,6	7,9
15	Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras	28,2	7,4	13,6	47,0	3,9

Fonte: Autor (2022)

Gráfico 1 – Proporção de área ocupada para alto TWI.



Fonte: Autor (2022)

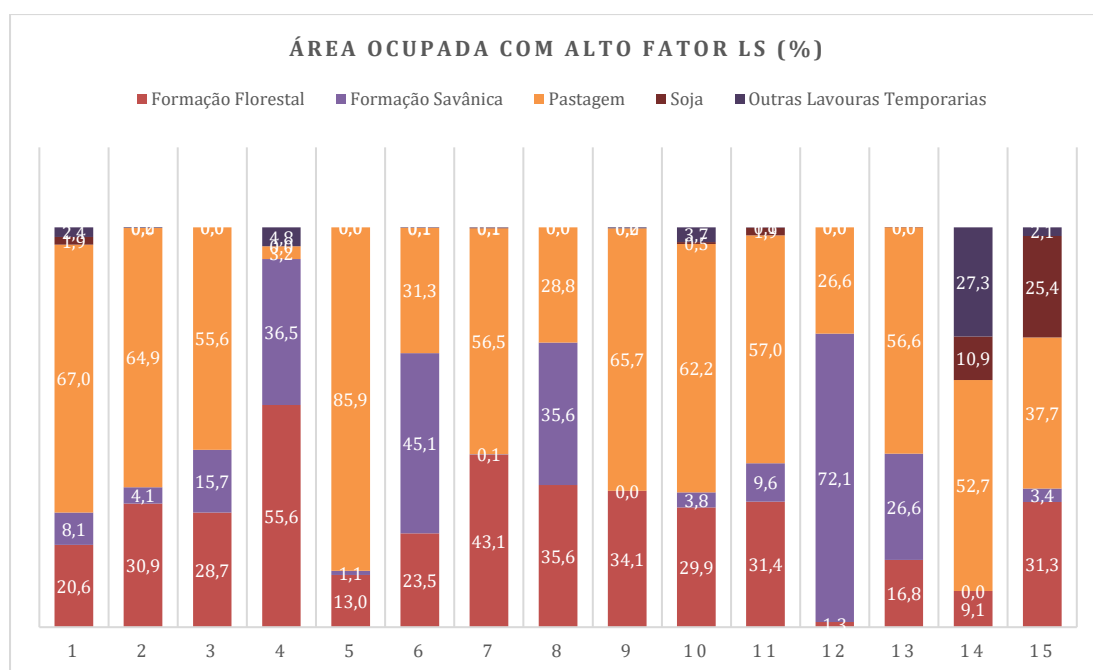
Tabela 9 – Proporção de área ocupada para alto Fator LS.

		Área ocupada com Alto TWI (%)				
Bacias	Uso do Solo	Formação Florestal	Formação Savânica	Pastagem	Soja	Outras Lavouras Temporárias
		1	Anápolis Daia Bacia Rib Caldas	20,6	8,1	67,0
2	Anápolis Bacia Córrego Anicuns / Piancó	30,9	4,1	64,9	0,0	0,2
3	Aparecida de Goiânia Bacia Córrego das Lajes	28,7	15,7	55,6	0,0	0,0
4	Cidade Ocidental / Valparaíso Bacia Rib Saia Velha	55,6	36,5	3,2	0,0	4,8
5	Cristalina Bacia Córrego Embira	13,0	1,1	85,9	0,0	0,0
6	Formosa Bacia Rio Bandeirinha B	23,5	45,1	31,3	0,1	0,1
7	Goiânia Bacia Rib. João Leite	43,1	0,1	56,5	0,1	0,1
8	Goiânia Bacia Ribeirão Samambaia	35,6	35,6	28,8	0,0	0,0
9	Goiânia Bacia Rio Meia Ponte	34,1	0,0	65,7	0,0	0,2
10	Itumbiara Bacia Ribeirão Santa Maria	29,9	3,8	62,2	0,5	3,7
11	Jataí Bacia Rio Claro	31,4	9,6	57,0	1,9	0,1
12	Luziânia Bacia Ribeirão Palmital	1,3	72,1	26,6	0,0	0,0

13	Luziânia Bacia Rio Alagado (Corumbá IV)	16,8	26,6	56,6	0,0	0,0
14	Rio Verde Bacia Córrego das Lajes	9,1	0,0	52,7	10,9	27,3
15	Rio Verde Bacia Ribeirão Abóboras	31,3	3,4	37,7	25,4	2,1

Fonte: Autor (2022)

Gráfico 2 – Proporção de área ocupada para alto Fator LS.



Fonte: Autor (2022)

Os Gráficos 1 e 2, apontam a influência de pastagem em zonas críticas das bacias de captação analisadas, no qual, em torno de 50% das áreas pelo são usadas para manutenção de pastagens.

Com exceção de bacias com manejo mais adequado para preservação e vegetação nativa, e também nas bacias dos municípios líderes do agronegócio, Jataí e Rio Verde, que além pastagem, suas áreas são ocupadas em grande parte pela monocultura de Soja.



## Conclusão

Os dados provenientes das análises do MapBiomass, se mostram fundamentais e de grande importância para a sociedade, aonde é possível realizar diferentes trabalhos quanto ao uso e cobertura da terra em sua alteração nos biomas brasileiros, garantindo assim estudos que auxiliam no monitoramento de bacias hidrográficas.

No estado de Goiás, é notório a alteração do uso do solo do cerrado, em atividades agrícolas e de manutenção de pastagem, e que influenciou também sua ocupação em bacias importantes do estado e dos municípios, em específicos as bacias responsáveis pela captação de água no abastecimento público. Situações essa, de conflito e de importância socio econômica, em que podem estar associados aos aumentos de instabilidade hídrica de abastecimento desde a última década, com municípios que, devido aos períodos de estiagem, veem passando por problemas de racionamento ou de alerta de fornecimento de água.

Os cálculos de TWI e do fator LS resultam em um alerta em possíveis riscos para preservação das bacias de captação de água para abastecimento público, visto que, as áreas críticas de alto índice de umidade topográfica e de declive, são ocupadas por usos antrópicos, em sua maioria para manutenção de pastagens, e no centro-sul do estado, por lavouras de soja.

Com estes dados, é importante ressaltar que estas zonas críticas estão susceptíveis a degradação em médio e longo prazo, como perda de solo acentuada e compactação de zonas de infiltração, além de poderem influenciar na qualidade da água captada para o abastecimento público.

Áreas como estas, a partir destas identificações, é sugerido então estabelecer políticas de incentivo público, monitoramentos mais rigorosos, para preservação e restabelecimento de vegetação nativa, para manutenção de solo com menos exposição, auxiliando na diminuição da perda de solo por erosividade, e também na infiltração de água no solo para recarga hídrica. Assim, podendo auxiliar nos combates a insegurança hídrica em épocas de estiagem.

## Referências

- BEVEN, K. J., & KIRKBY, M. J. (1979). A physically-based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrology Science Bulletin*, 24, 43–69.
- FAO. (1995). *Dimensions of need - An atlas of food and agriculture*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 127.



Galdino, Sérgio, & Weill, M. de A. M. (2011). Estimativa do fator topográfico (LS) da RUSLE para a bacia do alto Taquari – MS/MT, utilizando algoritmo do ângulo de inclinação limite para erosão/deposição. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 4813.

GIRÃO, L. F. O., SIMÕES, N. E. C., MARQUES, J. A. A. S., LEITÃO, J. P. C., & PINA, R. D. (2017). Modelação hidráulica e de qualidade da água dos sistemas de drenagem em meios urbanos. EngSanitAmbient, 22.

Guedes, F. C., Viegas, J. A., & Aguiar, M. C. P. (2022). Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) na Bacia Hidrográfica Urbana do Córrego Carneirinhos, na cidade de João Monlevade – MG. Research, Society and Development, 11(7), e40411730094. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30094>

Guimarães, R. Z., Lingnau, C., Rizzi, N., Scheichi, R. G., & Bianchi, R. C. (2011). ESPACIALIZAÇÃO DA PERDA DE SOLO POR EROÇÃO LAMINAR NA MICROBACIA DO RIO CAMPINAS, JOINVILLE SC. RA'É GA, 23, 534–554.

HANCOCK, G. R., Murphy, D., & Evans, K. G. (2010). Hillslope and catchment scale soil organic carbon concentration: An assessment of the role of geomorphology and soil erosion in an undisturbed environment. Geoderma, 155, 36–45.

Hoffmann Oliveira, A., Klinke Neto, G., & Yoshinaga Pereira, S. (2017). Análise Do Relevô Para O Mapeamento De Áreas Favoráveis Ao Processo De Infiltração. Águas Subterrâneas, 1–9. <https://doi.org/10.14295/ras.v0i0.28736>

Hung, M. N. W. B., Wroblewski, C. A., Oliveira, J. G., & Paula, E. V. (2016). UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE UMIDADE COMO SUPORTE AO PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL. XI SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia - UGB.

Instituto Mauro Borges. (2021). Produto Interno Bruto Municípios Goianos - 2019 - IMB. [https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2283:produto-interno-bruto-municipios-goianos-2019&catid=25&Itemid=101](https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2283:produto-interno-bruto-municipios-goianos-2019&catid=25&Itemid=101)

Leite, M. E., & Rocha, A. M. (2016). Mapeamento da susceptibilidade à inundação em áreas urbanas: o caso da cidade de Montes Claros-MG. Revista Geosul, Florianópolis, 31(62), 125–150.

Mapbiomas Brasil. (2021). <https://mapbiomas.org/o-projeto>

McCool, D. K., Brown, L. C., & Foster, G. R. (1987). Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 30, 1387–1396.



Moreira, E. P., & Valeriano, M. de M. (2013). Relação entre diferentes usos e coberturas da terra e declividade do terreno: implicações em conservação do solo. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR.

Muenchow, J., Schratz, P., & Brenning, A. (2017). RQGIS: Integrating R with QGIS for Statistical Geocomputing. <https://plugins.qgis.org/>

RAMALHO, L. de S., OLIVEIRA, E. S., & DOURADO, M. V. S. (2017). Utilização de técnicas de geoprocessamento para mapeamento de áreas susceptíveis à inundações e alagamentos na cidade de Formosa-Goiás. Boletim de Geografia, 35.

Ramires, J. Z. dos S., & Mello-Théry, N. A. de. (2018). Uso e ocupação do solo em São Paulo, alterações climáticas e os riscos ambientais contemporâneos. [Http://Journals.Openedition.Org/Confins](http://Journals.Openedition.Org/Confins), 34. <https://doi.org/10.4000/CONFINS.12779>

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., & McCool, D. K. (1997). Predicting soil erosion by water – A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agriculture Handbook, 703.

Watanabe, M., Oliveira, F. A. de, Nunes, D. D., & Checchia, T. E. (2016). Análise geossistêmica e quantificação de perda de solo da bacia do Rio Mutum-Paraná (RO). Confins, 29. <https://doi.org/10.4000/confins.11552>

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D. D. (1965). Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys, 39, 285–291

## Capítulo IV

### Conclusões

A estimativa de alteração de uso e cobertura da terra de vegetação nativa do Cerrado em atividades agropecuárias se confirma ao longo de toda série histórica analisada. A pesquisa apresentou que nas bacias de captação de água do estado de Goiás, sua área foi significativamente alterada, com a supressão da vegetação para consolidação de áreas de pastagem, principalmente, e pelo boom econômico da soja, o que pode relacionar aos desafios de segurança hídrica futuros.

Considerando dados pluviométricos, não foi observado uma alteração significativa no volume de chuvas ao longo dos anos, o que pode ser identificado como uma distribuição pluviométrica ainda bem definida, porém com áreas com menos cobertura vegetal, possa ser que o aumento do escoamento superficial diminua a infiltração de água no solo, e prejudicando o processo de drenagem e recarga das bacias.

Ainda assim, as bacias selecionadas para identificação de zonas de fragilidade, apresentam um padrão de cobertura da terra por pastagem e atividades agrícolas, com exceção de regiões que avançam em áreas de preservação para pontos importantes de captação de água. Esse uso antrópico pode estar relacionado diretamente a qualidade da água capitada, e pelos processos de infiltração de água no solo, o que poderia estar sendo convertido como áreas prioritárias para recuperação e conservação de vegetação nativa, visando planejamentos mais rigorosos nas gestões dos recursos hídricos.

Anexo

INDICE	NOME	CAPTAÇÃO_LAT	CAPTAÇÃO_LONG	BACIA GOIAS	BACIA BRASIL	AREA (ha)
1	Abadia de Goias_Bacia Ribeirao Dourados	-16.74336522980	-49.42781349790	R. Paranaiba	Parana	578.83
2	Acreuna_Bacia Ribeirao da Comprida	-17.39826284520	-50.39552326100	R. Paranaiba	Parana	4386.87
3	Acreuna_Bacia Ribeirao do Veredao	-17.39459819800	-50.39125185520	R. Paranaiba	Parana	11589.22
4	Adelandia_Bacia Ribeirao Sao Manuel	-16.40606408050	-50.18803064610	R. Paranaiba	Parana	12759.72
5	Agua limpa_Bacia Corrego Agua Limpa	-18.06707835090	-48.76040158420	R. Paranaiba	Parana	740.54
6	Alexania_Bacia Rib Cachoeira	-16.05649725480	-48.50083805530	R. Paranaiba	Parana	5903.64
7	Aloandia_Bacia Corrego da Onca	-17.74791189590	-49.51846375400	R. Paranaiba	Parana	4757.20
8	Alto Paraiso_Bacia Corrego Pontezinha	-14.13750530890	-47.54028262920	R. Tocantins	Tocantins	322.07
9	Alvorada do Norte_Bacia Rio Corrente	-14.47910103950	-46.45738933240	R. Tocantins	Tocantins	263180.57
10	Americano do Brasil_Bacia Corrego do Boi (Pepe)	-16.25339270420	-49.99331295750	R. Paranaiba	Parana	936.16
11	Amorinopolis_Bacia Corrego Jacuba	-16.63814896470	-51.10505589640	R. Araguaia	Tocantins	1385.88
12	Anapolis Daia_Bacia Rib Caldas	-16.45531676710	-48.89763191340	R. Paranaiba	Parana	5121.93
13	Anapolis_Bacia Corrego Anicuns / Pianco	-16.15742895750	-48.93639419230	R. Paranaiba	Parana	24773.38
14	Anapolis_Bacia Rib Pianco	-16.13041129210	-48.89644673010	R. Paranaiba	Parana	11885.95
15	Anicuns_Bacia Corrego Boa Esperanca	-16.45536304210	-49.98369992030	R. Paranaiba	Parana	2857.19
16	Aparecida de Goiania_Bacia Corrego das Lajes	-16.84602805480	-49.25985762620	R. Paranaiba	Parana	2272.69
17	Aracu_Bacia Corrego Fundo	-16.34791374920	-49.65328932310	R. Paranaiba	Parana	3533.95
18	Aragarcas_Bacia Rio Araguaia	-15.90913771820	-52.25159152960	R. Araguaia	Tocantins	1367135.46
19	Aragoiania_Bacia Corrego Vereda	-16.91647492690	-49.42830207090	R. Paranaiba	Parana	1435.03
20	Araguapaz_Bacia Corrego Cambui	-15.08437659060	-50.63482345620	R. Araguaia	Tocantins	2292.98
21	Arenopolis_Bacia Corrego Lageado	-16.40073885100	-51.56210707550	R. Araguaia	Tocantins	3665.19
22	Aruana_Bacia Rio Vermelho	-14.92745341320	-51.08927964770	R. Araguaia	Tocantins	1102033.07
23	Aurilandia_Bacia Corrego Boa Vista	-16.72312260280	-50.54046213450	R. Araguaia	Tocantins	4013.05
24	Avelinopolis_Bacia Corrego Dois Irmaos	-16.48110688400	-49.76872623370	R. Paranaiba	Parana	540.89
25	Bandeirantes_Bacia Rib. Chapada - Araguaia	-13.69572403020	-50.80209016720	R. Araguaia	Tocantins	6538575.18
26	Barro Alto_Bacia Corrego Barro Alto	-14.96135116930	-48.92380357940	R. Tocantins	Tocantins	3287.42
27	Bela Vista_Bacia Rio Piracanjuba	-16.94485578690	-48.91148183490	R. Paranaiba	Parana	18100.26
28	Bom Jardim_Bacia Ribeirao Bom Jardim	-16.21406557060	-52.17943893380	R. Araguaia	Tocantins	14623.41
29	Bom Jesus_Bacia Ribeirao Bom Jesus	-18.20178151000	-49.73991930730	R. Paranaiba	Parana	13230.82
30	Bonfinopolis_Bacia Corrego Barro Preto	-16.61806149770	-48.93388145490	R. Paranaiba	Parana	473.60
31	Brazabrantes_Bacia Ribeirao Cachoeira	-16.44924760520	-49.37108338580	R. Paranaiba	Parana	39103.09
32	Britania_Bacia Lago do Tigrinho	-15.24505914570	-51.17826461310	R. Araguaia	Tocantins	39530.74

33	Buriti Alegre_Bacia Ribeirao das Antas	-18.12330543850	-49.06642735760	R. Paranaíba	Parana	2521.35
34	Buritinópolis_Bacia Rio Buriti	-14.45541713390	-46.43706891690	R. Tocantins	Tocantins	126080.44
35	Cachoeira Alta_Bacia Ribeirao Cachoeira Alta	-18.75823795500	-50.93052505750	R. Paranaíba	Parana	1382.80
36	Cacu_Bacia do Rio Claro	-18.55108022500	-51.13379894870	R. Paranaíba	Parana	1227219.39
37	Caiapônia_Bacia Corrego Pocos (Galinhas)	-16.97229722170	-51.85672610770	R. Araguaia	Tocantins	2754.02
38	Caldazinha_Bacia Corrego Milho Inteiro	-16.70703804750	-48.99300745470	R. Paranaíba	Parana	705.03
39	Campestre_Bacia do Corrego Guariroba	-16.75626934110	-49.69462216330	R. Paranaíba	Parana	2791.51
40	Campo Alegre_Bacia do Corrego Campo Alegre	-17.64302345070	-47.77299576260	R. Paranaíba	Parana	687.95
41	Campo Limpo_Bacia Corrego das Pedras	-16.30481097850	-49.09545991570	R. Paranaíba	Parana	9865.58
42	Campos Belos_Bacia do Rio Montes Claros	-13.10164155620	-46.75258758520	R. Tocantins	Tocantins	27116.92
43	Campos Verdes_Bacia Rio dos Bois	-14.19854483020	-49.56087810240	R. Araguaia	Tocantins	124780.55
44	Carmo do Rio Verde_Bacia Rio Verde	-15.36369324900	-49.70653653700	R. Tocantins	Tocantins	105123.37
45	Caturai_Bacia Rio do Peixe	-16.44055724810	-49.48670268670	R. Paranaíba	Parana	1905.79
46	Cavalcante_Bacia Corrego das Pedras	-13.84561659640	-47.44919481190	R. Tocantins	Tocantins	5792.26
47	Ceres / Rialma_Bacia Rio das Almas	-15.31950653780	-49.59038079430	R. Tocantins	Tocantins	1063156.45
48	Cezarina_Bacia Corrego Bora	-16.97501957850	-49.78753388270	R. Paranaíba	Parana	11471.94
49	Cidade Ocidental / Valparaíso_Bacia Rib Saia Velha	-16.06576714660	-47.94353161010	R. Paranaíba	Parana	4950.19
50	Cocalzinho_Bacia Corrego Pedra Fincada - Drenagem	-15.76152417810	-48.77208206800	R. Paranaíba	Parana	80.40
51	Corrego do Ouro_Bacia Corrego do Ouro	-16.29484892690	-50.55855095240	R. Araguaia	Tocantins	2941.94
52	Corumbaliba_Bacia Corrego Cerrado	-18.11523458150	-48.55745755290	R. Paranaíba	Parana	1741.80
53	Cristalina_Bacia Corrego Embira	-16.78890679030	-47.60365281250	R. Paranaíba	Parana	375.55
54	Crixas_Bacia Corrego Forquilha	-14.56804813490	-49.98525560330	R. Araguaia	Tocantins	1223.38
55	Cromínia_Bacia Corrego Agua Limpá	-17.28496133020	-49.39653214710	R. Paranaíba	Parana	1398.52
56	Cumari_Bacia Corrego Tira Fogo	-18.26626717770	-48.14102770340	R. Paranaíba	Parana	795.18
57	Damianópolis_Bacia Cabeceira do Brejo	-14.58249483260	-46.18222687390	R. Tocantins	Tocantins	274.75
58	Damolandia_Bacia Corrego Capoeirao	-16.24723971630	-49.37002659560	R. Paranaíba	Parana	3141.99
59	Diorama_Bacia Rio Dos Bois	-16.23177410050	-51.24573289710	R. Araguaia	Tocantins	18113.71
60	Divinópolis de Goiás_Bacia Rio Galheiros	-13.28631701030	-46.38638022650	R. Tocantins	Tocantins	16025.27
61	Doverlândia_Bacia Rio do Peixe	-16.71804677510	-52.32835903230	R. Araguaia	Tocantins	170099.87
62	Edealina_Bacia Corrego Guariroba	-17.40407645930	-49.66401815800	R. Paranaíba	Parana	3778.56
63	Edeia_Bacia do Ribeirao Fala Verdade	-17.37949669620	-49.86296832810	R. Paranaíba	Parana	23984.27
64	Estrela do Norte_Bacia Rio Santa Tereza	-13.89913739560	-49.03671921450	R. Tocantins	Tocantins	10312.38
65	Fazenda Nova_Bacia Corrego Grande	-16.19780660540	-50.80193996120	R. Araguaia	Parana	873.80

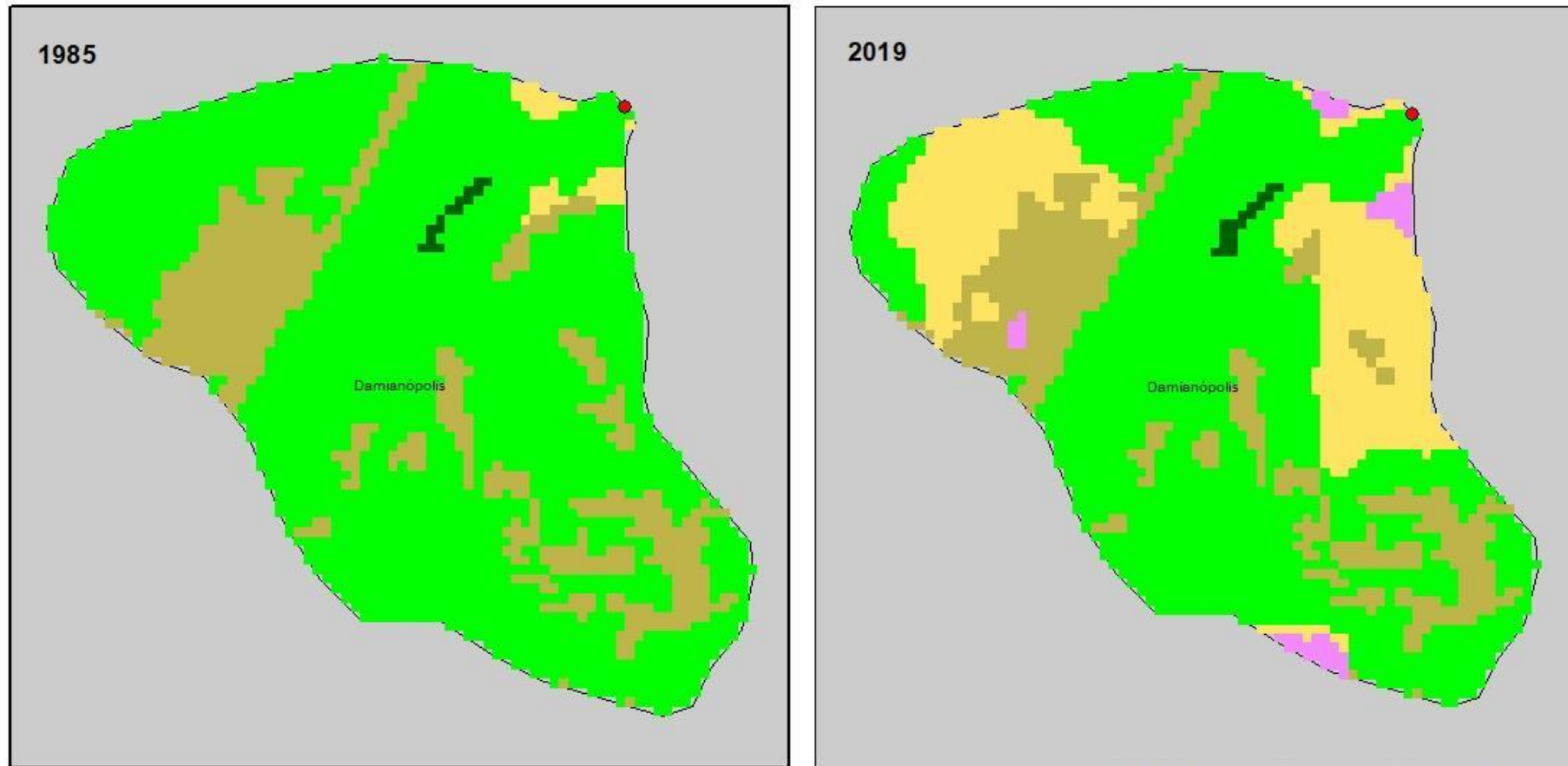
66	Firminópolis_Bacia Corrego Campestre	-16.57398096940	-50.28162360210	R. Paranaíba	Parana	1397.28
67	Formosa_Bacia Rio Bandeirinha	-15.51032717610	-47.35020138650	R. Tocantins	Tocantins	6301.02
68	Formosa_Bacia Rio Bandeirinha B	-15.51011536270	-47.39631805570	R. Tocantins	Tocantins	8474.36
69	Formoso_Bacia do Ribeirao Jatai	-13.65508856280	-48.86513830520	R. Tocantins	Tocantins	6556.08
70	Goianapolis_Bacia Ribeirao Sozinha	-16.50149200950	-49.00299115690	R. Paranaíba	Parana	5911.85
71	Goianesia_Bacia Rib. Anda So	-15.34832955540	-49.07856703810	R. Tocantins	Tocantins	8846.22
72	Goiania_Bacia Rib. Joao Leite	-16.64239629270	-49.24919147000	R. Paranaíba	Parana	77039.36
73	Goiania_Bacia Ribeirao Samambaia	-16.59505623900	-49.28094390370	R. Paranaíba	Parana	3121.50
74	Goiania_Bacia Rio Meia Ponte	-16.56975836600	-49.32897712430	R. Paranaíba	Parana	163095.41
75	Goias_Bacia Corrego Bacalhal 1	-15.95759333100	-50.09203970650	R. Araguaia	Tocantins	2125.19
76	Goias_Bacia Corrego Bacalhau 2	-15.95015288330	-50.12475729190	R. Araguaia	Tocantins	3212.93
77	Goias_Bacia Corrego Pedro Ludovico	-15.90684593670	-50.16966819930	R. Araguaia	Tocantins	1184.38
78	Goiatuba_Bacia Corrego Lajeado	-17.99350789690	-49.34720635980	R. Paranaíba	Parana	2451.43
79	Guapo_Bacia Ribeirao dos Pereiras	-16.83958981190	-49.52642653140	R. Paranaíba	Parana	4123.04
80	Guarani de Goiás_Bacia Rio do Freio	-13.94156959410	-46.47696287760	R. Tocantins	Tocantins	2178.17
81	Heitorai_Bacia Cor. do Cafe	-15.72108150540	-49.81451690640	R. Tocantins	Tocantins	1691.54
82	Hidrolândia_Bacia Corrego Grimpas	-16.95538882180	-49.24329209300	R. Paranaíba	Parana	1090.27
83	Hidrolina_Bacia Corrego Monjolo	-14.72349287520	-49.47746516050	R. Tocantins	Tocantins	895.54
84	Iaciara_Bacia Rio Aguas Quentes	-14.01240171620	-46.54028001390	R. Tocantins	Tocantins	42235.11
85	Inaciolândia_Bacia Corrego Pindaiba	-18.48110139130	-49.97412443210	R. Paranaíba	Parana	997.80
86	Indiara_Bacia Corrego Barreiro	-17.08916358120	-49.97325003340	R. Paranaíba	Parana	25656.09
87	Inhumas_Bacia Rio Meia Ponte	-16.33105874770	-49.49576855320	R. Paranaíba	Parana	35875.92
88	Interlândia_Bacia Corrego Estiva	-16.19062934070	-49.04046926650	R. Paranaíba	Parana	74.05
89	Ipameri_Bacia Ribeirao Vai e Vem	-17.70564258090	-48.17189456500	R. Paranaíba	Parana	8655.23
90	Ipora_Bacia Ribeirao Santo Antonio	-16.41473294090	-51.13252758410	R. Araguaia	Tocantins	12875.23
91	Israelândia_Bacia Rio Claro	-16.31562620780	-50.89571975210	R. Araguaia	Tocantins	303609.78
92	Itaberaí_Bacia Rio das Pedras	-16.03381634630	-49.80997860850	R. Tocantins	Tocantins	31854.48
93	Itaguari_Bacia Rib. de Telha ( Caco de Telha)	-15.92956424660	-49.59866881950	R. Tocantins	Tocantins	12695.45
94	Itaguaru_Bacia Cor. Curral Queimado	-15.76321900870	-49.65233982170	R. Tocantins	Tocantins	2838.65
95	Itapaci_Bacia Rib. do Cocho	-14.92921830570	-49.53583539250	R. Tocantins	Tocantins	3462.81
96	Itapirapua_Bacia Cor. Palmeiras	-15.83422244610	-50.60120344030	R. Araguaia	Tocantins	3645.20
97	Itapuranga_Bacia Rio Canastra	-15.57832361350	-49.95324075580	R. Tocantins	Tocantins	28828.27
98	Itaruma_Bacia Corrego da Pimentinha	-18.75961124630	-51.34855269380	R. Paranaíba	Parana	214.83

99	Itaucu_Bacia Rio Meia Ponte	-16.19306982350	-49.60785806730	R. Paranaíba	Parana	3518.01
100	Itumbiara_Bacia Ribeirao Santa Maria	-18.39053392150	-49.16294396580	R. Paranaíba	Parana	129934.97
101	Ivolandia_Bacia Ribeirao Santo Antonio	-16.59044445240	-50.77591716910	R. Araguaia	Tocantins	21046.92
102	Jandaia_Bacia Corrego Ouro Fino	-17.05432713460	-50.15273809500	R. Paranaíba	Parana	931.05
103	Jaragua_Bacia Rio Pari	-15.74336529750	-49.35985565960	R. Tocantins	Tocantins	95308.52
104	Jatai_Bacia Rio Claro	-17.90008664290	-51.75578175780	R. Paranaíba	Parana	464385.26
105	Jaupaci_Bacia Corrego Taperao	-16.17804408950	-50.96470713190	R. Araguaia	Tocantins	1128.86
106	Joviania_Bacia Corrego Jenipapo	-17.82915834960	-49.65906147870	R. Paranaíba	Parana	1678.49
107	Jussara_Bacia Corrego Agua Limpa	-15.87830723340	-50.88369905610	R. Araguaia	Tocantins	13878.77
108	Jussara_Bacia Corrego Molha Biscoitinho	-15.87496004670	-50.86165791400	R. Araguaia	Tocantins	4775.25
109	Leopoldo de Bulhoes_Bacia Rio dos Bois	-16.62041578440	-48.75588152560	R. Paranaíba	Parana	1269.39
110	Luiz Alves_Bacia Rio Araguaia	-13.22214784410	-50.57182788970	R. Araguaia	Tocantins	9000169.71
111	Luziania_Bacia Ribeirao Palmital	-16.22840020810	-47.98392567780	R. Paranaíba	Parana	6288.13
112	Luziania_Bacia Rio Alagado (Corumba IV)	-16.20664031560	-48.16312225460	R. Paranaíba	Parana	50271.80
113	Mairipotaba_Bacia Corrego Lajeado	-17.29187564490	-49.47372556140	R. Paranaíba	Parana	1309.81
114	Mambai_Bacia Corrego Riachao	-14.49647102500	-46.07542131100	R. Tocantins	Tocantins	5818.69
115	Marzagao_Bacia Ribeirao do Bagre	-17.96613014580	-48.63217680230	R. Paranaíba	Parana	18130.44
116	Maurilandia_Bacia Corrego da Vertente	-17.96320980750	-50.35987970580	R. Paranaíba	Parana	1215.19
117	Minacu_Bacia Ribeirao Corrente	-13.55293931480	-48.24005486330	R. Tocantins	Tocantins	9753.75
118	Moipora_Bacia Corrego Palmito	-16.56121373870	-50.73438048060	R. Araguaia	Tocantins	100.46
119	Monte Alegre de Goias_Bacia Rio Sucuri	-13.19292249300	-46.88250306010	R. Tocantins	Tocantins	687.38
120	Montes Claros de Goias_Bacia Corrego Salobrinho (Cap 1)	-16.01275027790	-51.40709459050	R. Araguaia	Tocantins	3209.34
121	Montes Claros de Goias_Bacia Corrego Salobrinho (Cap 2)	-16.01725106290	-51.40828553990	R. Araguaia	Tocantins	3123.92
122	Montividiu_Bacia Corrego da Raiz	-17.45303750360	-51.19260906440	R. Paranaíba	Parana	1273.59
123	Morrinhos_Bacia Corrego da Pipoca	-17.72564683110	-49.09573886540	R. Paranaíba	Parana	3104.82
124	Morro Agudo_Bacia Corrego Olho d'agua	-15.31155110620	-50.06940722760	R. Tocantins	Tocantins	2584.51
125	Mozalândia_Bacia Cor. Barreirinho	-14.75736381110	-50.56125998490	R. Araguaia	Tocantins	1043.97
126	Mundo Novo_Bacia Rio Palmeiral	-13.77613129140	-50.26716113380	R. Araguaia	Tocantins	140512.93
127	Nazario_Bacia Corrego Buriti	-16.57835803690	-49.89204263290	R. Paranaíba	Parana	2025.24
128	Neropolis_Bacia Corrego Agua Branca	-16.39011058960	-49.20575771480	R. Paranaíba	Parana	1115.23
129	Neropolis_Bacia Corrego Agua Branca 1	-16.37984309350	-49.18677840380	R. Paranaíba	Parana	1864.28
130	Niquelandia_Bacia Rio Trairas	-14.53840436020	-48.53878320720	R. Tocantins	Tocantins	31921.87
131	Nova Aurora_Bacia Corrego Capao Grande	-18.04479181610	-48.25443149990	R. Paranaíba	Parana	800.98

132	Nova Crixas_Bacia Corrego Brejao	-14.13717808090	-50.32789707400	R. Araguaia	Tocantins	2951.57
133	Nova Gloria_Bacia Cor. Jatoba	-15.14065684150	-49.58244682020	R. Tocantins	Tocantins	1775.21
134	Novo Brasil_Bacia Corrego Bocaina	-16.04045213190	-50.69105744140	R. Araguaia	Tocantins	36552.93
135	Novo Gama_Bacia_Rib_Santa_Maria	-16.04935217630	-48.01738911940	R. Paranaiba	Parana	1775.18
136	Orizona_Bacia Ribeirao Santa Barbara	-17.02164709890	-48.31050039760	R. Paranaiba	Parana	7577.60
137	Ouro Verde_Bacia Rib. dos Goncalves	-16.19585495440	-49.21743772920	R. Paranaiba	Parana	1140.00
138	Ouroana_Bacia Corrego Fundo	-18.14344882920	-50.59082328900	R. Paranaiba	Parana	53.93
139	Ouvidor_Bacia Corrego da Lagoa	-18.23096930710	-47.82168926490	R. Paranaiba	Parana	1779.73
140	Padre Bernardo_Bacia Corrego Angico	-15.23841295390	-48.32997355610	R. Tocantins	Tocantins	8544.15
141	Palmeiras de Goias_Bacia Rio dos Bois	-16.79938316870	-49.91784632470	R. Paranaiba	Parana	127505.04
142	Palmeiras_Bacia Corrego Alemao	-16.76056426870	-49.79852543760	R. Paranaiba	Parana	664.14
143	Palmelo_Bacia Corrego Caiapo	-17.31560647680	-48.42208565600	R. Paranaiba	Parana	3012.40
144	Palminopolis_Bacia Corrego Sao Bento (Retiro)	-16.80278957430	-50.15768945310	R. Paranaiba	Parana	522.18
145	Parauna_Bacia Ribeirao Sao Jose (Samambaia)	-16.92568559770	-50.47011057390	R. Paranaiba	Parana	398.71
146	Petrolina de Goias_Bacia Corrego do Descoberto	-16.10232532830	-49.32899416250	R. Tocantins	Tocantins	2476.81
147	Pilar de Goias_Bacia Corrego Dois Irmaos	-14.77529169550	-49.59583104340	R. Tocantins	Tocantins	320.60
148	Piracanjuba_Bacia Corrego Sao Mateus (Monjolinho)	-17.34254359480	-48.90704004340	R. Paranaiba	Parana	1512.55
149	Piracanjuba_Bacia Rio Piracanjuba	-17.31123648860	-49.02212196270	R. Paranaiba	Parana	101863.27
150	Piranhas_Bacia Ribeirao Agua Limpa	-16.44131229150	-51.81925807940	R. Araguaia	Tocantins	8004.46
151	Pirenopolis_Bacia Corrego Barriguda	-15.83011362700	-48.97522721440	R. Tocantins	Tocantins	701.63
152	Pirenopolis_Bacia Corrego Frota	-15.84624324860	-48.92111390390	R. Tocantins	Tocantins	203.46
153	Pirenopolis_Bacia Rio das Almas	-15.84194753320	-48.90597794200	R. Tocantins	Tocantins	3682.04
154	Pires do Rio_Bacia Ribeirao Marata (Corrego Laranja)	-17.27904796800	-48.26291264540	R. Paranaiba	Parana	3033.53
155	Planaltina de Goias_Bacia Rio Maranhao	-15.50556566570	-47.61694584040	R. Tocantins	Tocantins	21226.43
156	Pontalina_Bacia Ribeirao Boa Vista	-17.49427948150	-49.43807456640	R. Paranaiba	Parana	7557.67
157	Porangatu_Bacia Ribeirao Funil	-13.42716517070	-49.16656495230	R. Tocantins	Tocantins	3737.36
158	Portelandia_Bacia Corrego Porteira (Agua Emendada)	-17.34351142800	-52.67877312450	R. Paranaiba	Parana	718.40
159	Posse_Bacia Ribeirao da Prata	-14.12004035590	-46.31022636150	R. Tocantins	Tocantins	7469.76
160	Professor Jamil_Bacia Rio Dourados	-17.24690470840	-49.26511500030	R. Paranaiba	Parana	120430.17
161	Quirinopolis_Bacia Ribeirao das Pedras	-18.45161318210	-50.47771140560	R. Paranaiba	Parana	20612.75
162	Rianapolis_Bacia Corrego Formiga	-15.43859661750	-49.50789750310	R. Tocantins	Tocantins	8371.74
163	Rio Verde_Bacia Corrego das Lajes	-17.74047374890	-50.92037021550	R. Paranaiba	Parana	1722.86
164	Rio Verde_Bacia Ribeirao Aboboras	-17.82971084250	-50.98362206790	R. Paranaiba	Parana	13498.11

165	Rubiataba_Bacia Rio Novo	-15.18912435830	-49.82072890290	R. Tocantins	Tocantins	21125.51
166	Sanclerlândia_Bacia Ribeirao Cerrado	-16.21613668340	-50.31128941750	R. Araguaia	Tocantins	4131.85
167	Santa Barbara de Goias_Bacia Corrego Agua Limpa	-16.57117009780	-49.69877958740	R. Paranaiba	Parana	113.21
168	Santa helena de Goias_Bacia Ribeirao Sao Tomas	-17.85821358330	-50.62420074670	R. Paranaiba	Parana	129328.50
169	Santa Rita do Araguaia_Bacia Rio Araguaia-GO	-17.32506495520	-53.21454152160	R. Araguaia	Tocantins	85051.10
170	Santa Rosa de Goias_Bacia Corrego Santa Rosa	-16.09213041020	-49.48671510730	R. Tocantins	Tocantins	1081.18
171	Santa Tereza de Goias_Bacia Rio Santa Tereza	-13.73191775750	-48.99003804930	R. Tocantins	Tocantins	52481.61
172	Santo Antonio do Descoberto_Bacia Rio Descoberto	-15.93358252200	-48.26758001000	R. Paranaiba	Parana	59358.71
173	Sao Domingos_Bacia Rio Sao Domingos	-13.39752139550	-46.30404177470	R. Tocantins	Tocantins	28316.46
174	Sao Francisco de Goias_Bacia Ribeirao dos Alves	-15.93440327790	-49.28500089790	R. Tocantins	Tocantins	2322.00
175	Sao Joao da Alianca_Bacia Ribeirao das Brancas	-14.72112212330	-47.54065308720	R. Tocantins	Tocantins	42243.46
176	Sao Joao da Parauna_Bacia Corrego Sao Joao	-16.83042705610	-50.41622757810	R. Araguaia	Tocantins	3307.58
177	Sao Jorge_Bacia Ribeirao Sao Miguel	-14.17153547730	-47.77154169180	R. Tocantins	Tocantins	3777.30
178	Sao Luis de Montes Belos_Bacia Ribeirao Santana	-16.53763712130	-50.35378575300	R. Araguaia	Tocantins	2826.27
179	Sao Miguel do Araguaia_Bacia Corrego do Ouro	-13.25619044060	-50.21549642450	R. Araguaia	Tocantins	6043.25
180	Serranopolis_Bacia Corrego da Moranga	-18.29556260260	-51.96745146530	R. Paranaiba	Parana	2425.10
181	Silvania_Bacia Corrego Caidor	-16.70921299610	-48.64750418810	R. Paranaiba	Parana	1010.71
182	Taquaral de Goias_Bacia Corrego Boa Vista	-16.06136799700	-49.57945347410	R. Tocantins	Tocantins	1124.29
183	Teresina de Goias_Bacia Corrego Tereza	-13.80450808680	-47.29322706800	R. Tocantins	Tocantins	16.63
184	Terezopolis_Bacia Corrego dos Macacos	-16.48640007560	-49.08352261640	R. Paranaiba	Parana	3450.48
185	Tres Ranchos_Bacia Corrego da Cotia	-18.34758102560	-47.78284014970	R. Paranaiba	Parana	1410.53
186	Trindade_Bacia Ribeirao Arrozal	-16.61533807690	-49.46147233370	R. Paranaiba	Parana	6678.51
187	Turvania_Bacia Corrego do Moleque	-16.61206842100	-50.12211263310	R. Paranaiba	Parana	13903.18
188	Uruacu_Bacia do Ribeirao Passa-Tres	-14.50395406810	-49.15013910360	R. Tocantins	Tocantins	53260.65
189	Uruana_Bacia Rio Uru	-15.49778840940	-49.69342951310	R. Tocantins	Tocantins	371165.47
190	Urutai_Bacia Ribeirao Palmital	-17.47437179190	-48.22410644550	R. Paranaiba	Parana	8696.78
191	Varjao_Bacia Corrego Barreiro (Macacos)	-17.03480065270	-49.63934720010	R. Paranaiba	Parana	2414.72
192	Vianopolis_Bacia Corrego Dirceu	-16.71331677590	-48.52793667470	R. Paranaiba	Parana	1437.06

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Cabeceira do Brejo



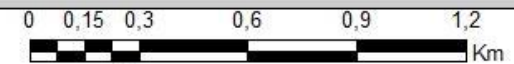
#### Legenda

- Municípios
- Bacia Captação\_Damianópolis\_Bacia Cabeceira do Brejo
- Pontos de Captação

#### Uso e Ocupação do Solo

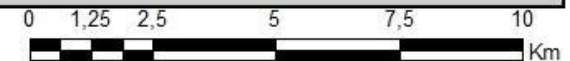
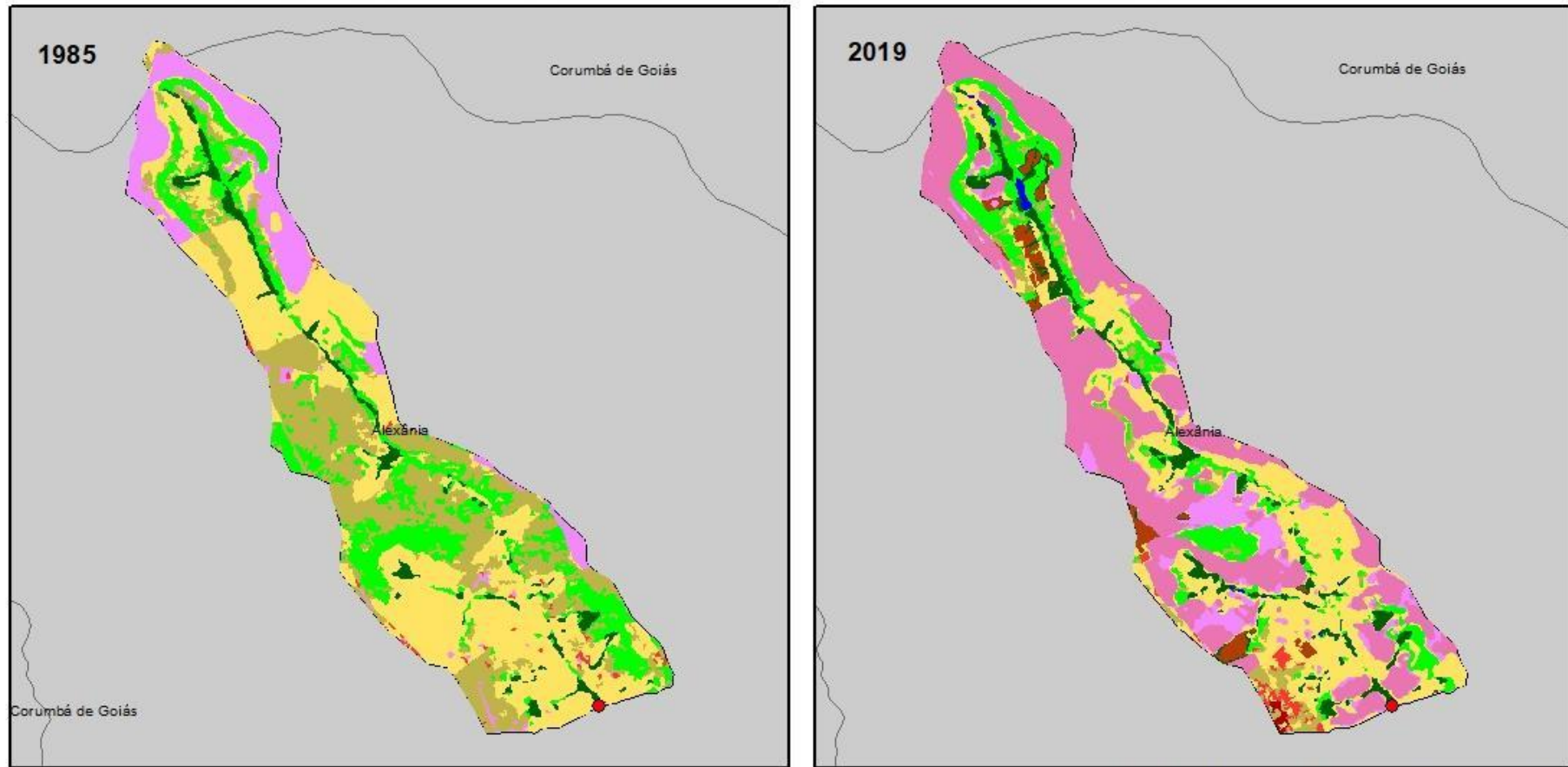
#### Índice

- 3 - Formação Florestal
- 4 - Formação Savânica
- 12 - Formação Campestre
- 15 - Pastagem
- 41 - Outras Lavouras Temporárias






Sistemas de Coordenadas  
WGS84 - UTM - Fuso 22S  
Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
Gr: DANTAS, T. M. (2021)











### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Captação\_Alexânia\_Bacia Rib Cachoeira



#### Legenda

-  Municípios
-  Bacia Captação\_Alexânia\_Bacia Rib Cachoeira
-  Pontos de Captação

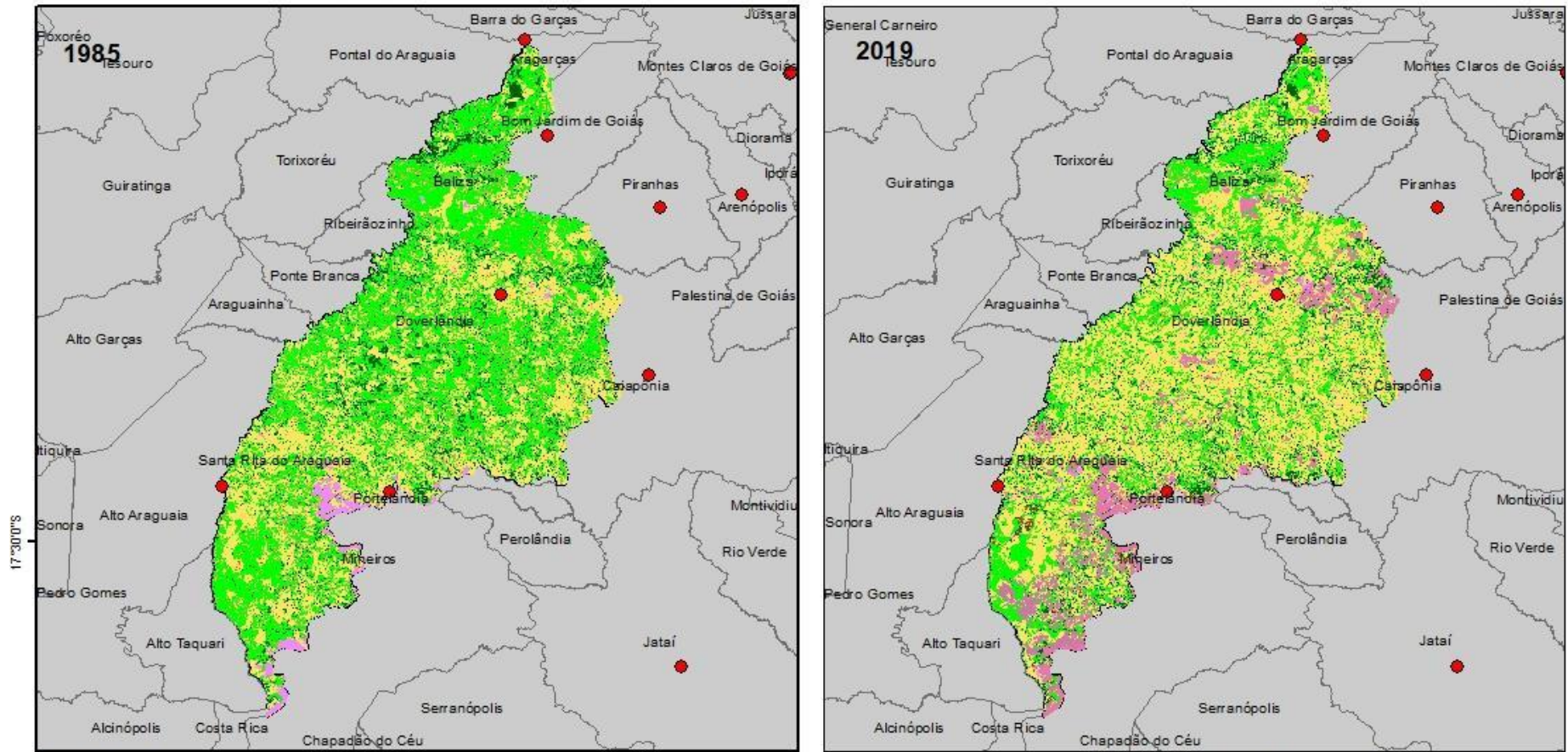
#### Uso e Ocupação do Solo Índice

- |   |  |
|---|--|
|  3 - Formação Florestal  |  15 - Pastagem                    |
|  4 - Formação Savânica   |  24 - Área Urbanizada             |
|  9 - Silvicultura        |  25 - Outras Áreas não Vegetadas  |
|  12 - Formação Campestre |  33 - Rio, Lago e Oceano          |
|   |  39 - Soja                        |
|   |  41 - Outras Lavouras Temporárias |






Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Captação\_Aragarças\_Bacia Rio Araguaia





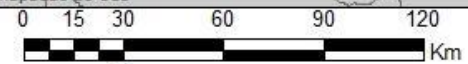
#### Legenda

-  Municípios
-  Bacia Captação\_Aragarças\_Bacia Rio Araguaia
-  Pontos de Captação

#### Uso e Ocupação do Solo

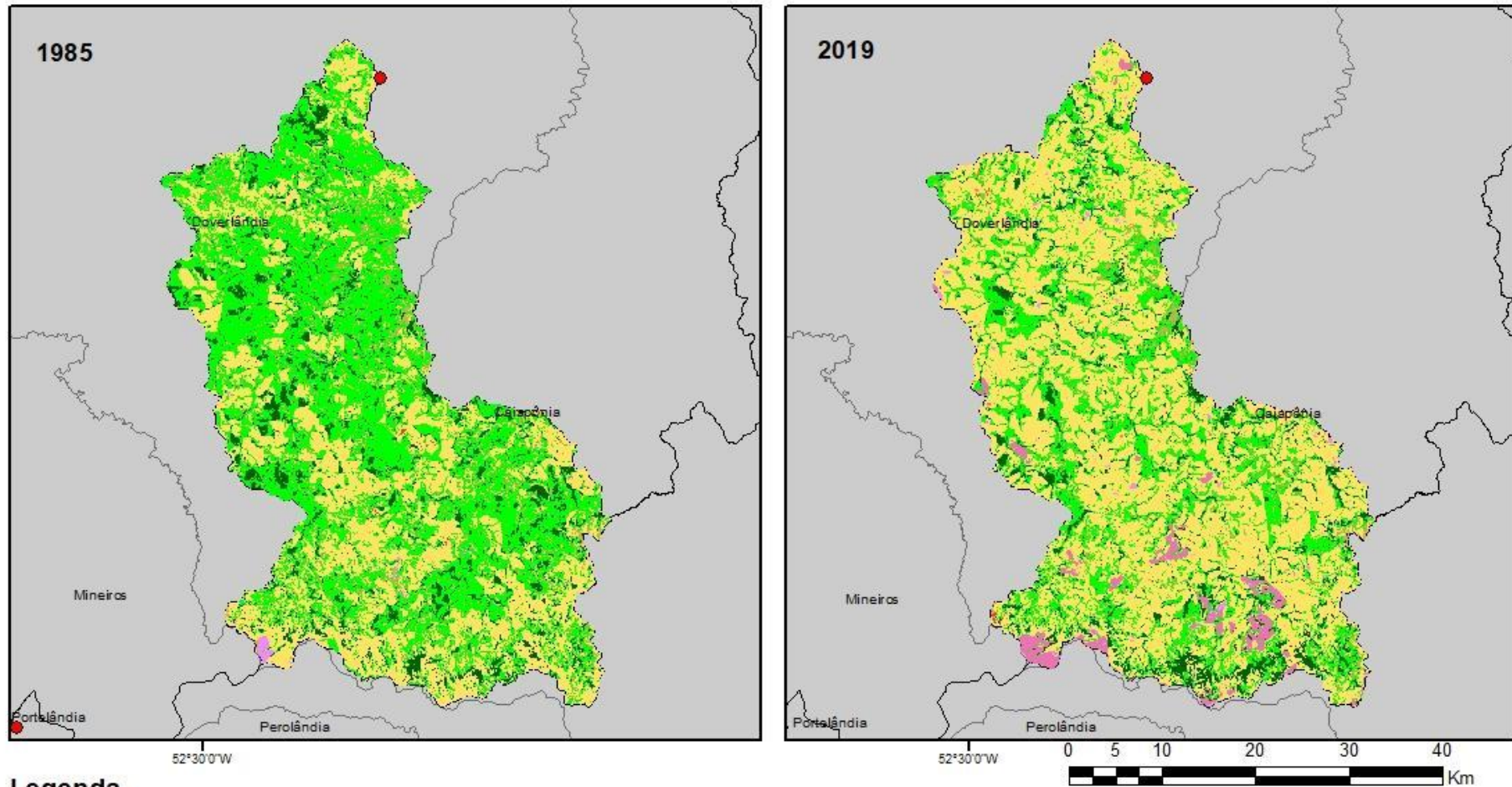
##### Índice

-  3 - Formação Florestal
-  4 - Formação Savânica
-  9 - Silvicultura
-  12 - Formação Campestre
-  15 - Pastagem
-  20 - Cana
-  24 - Área Urbanizada
-  25 - Outras Áreas não Vegetadas
-  33 - Rio, Lago e Oceano
-  39 - Soja
-  41 - Outras Lavouras Temporárias






Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Captação\_Doverlândia\_Bacia Rio do Peixe



#### Legenda

-  Municípios
-  Bacia Captação\_Doverlândia\_Bacia Rio do Peixe
-  Pontos de Captação

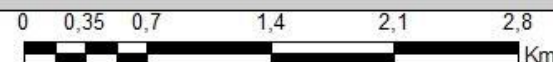
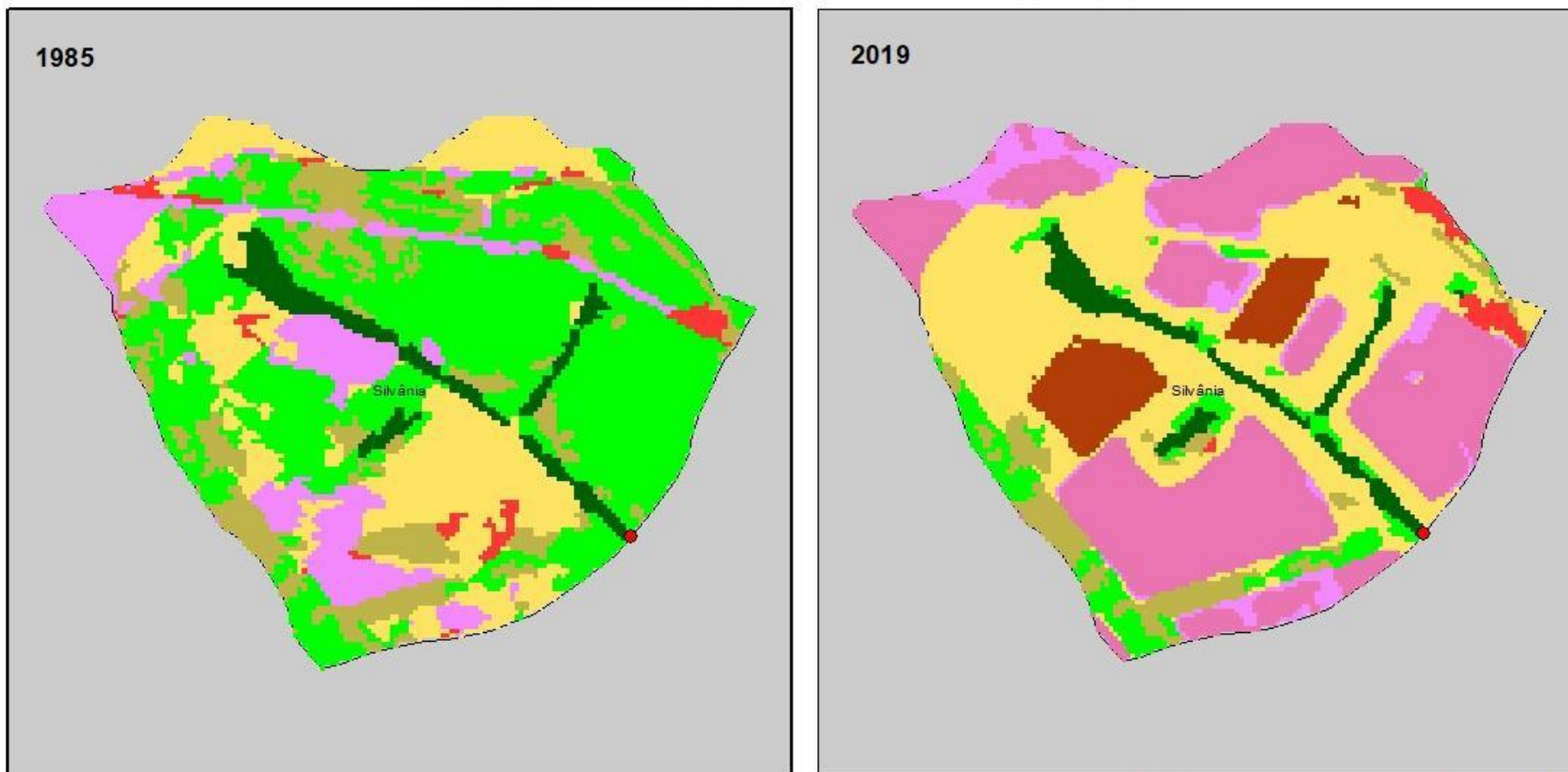
#### Uso e Ocupação do Solo

- |   |  |
|---|--|
|  3 - Formação Florestal  |  15 - Pastagem                    |
|  4 - Formação Savânica   |  20 - Cana                        |
|  9 - Silvicultura        |  25 - Outras Áreas não Vegetadas  |
|  12 - Formação Campestre |  33 - Rio, Lago e Oceano          |
|   |  39 - Soja                        |
|   |  41 - Outras Lavouras Temporárias |






Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Corrego Caidor



#### Legenda

-  Municípios
-  Bacia Captação\_Silvânia\_Bacia Corrego Caidor
-  Pontos de Captação

#### Uso e Ocupação do Solo

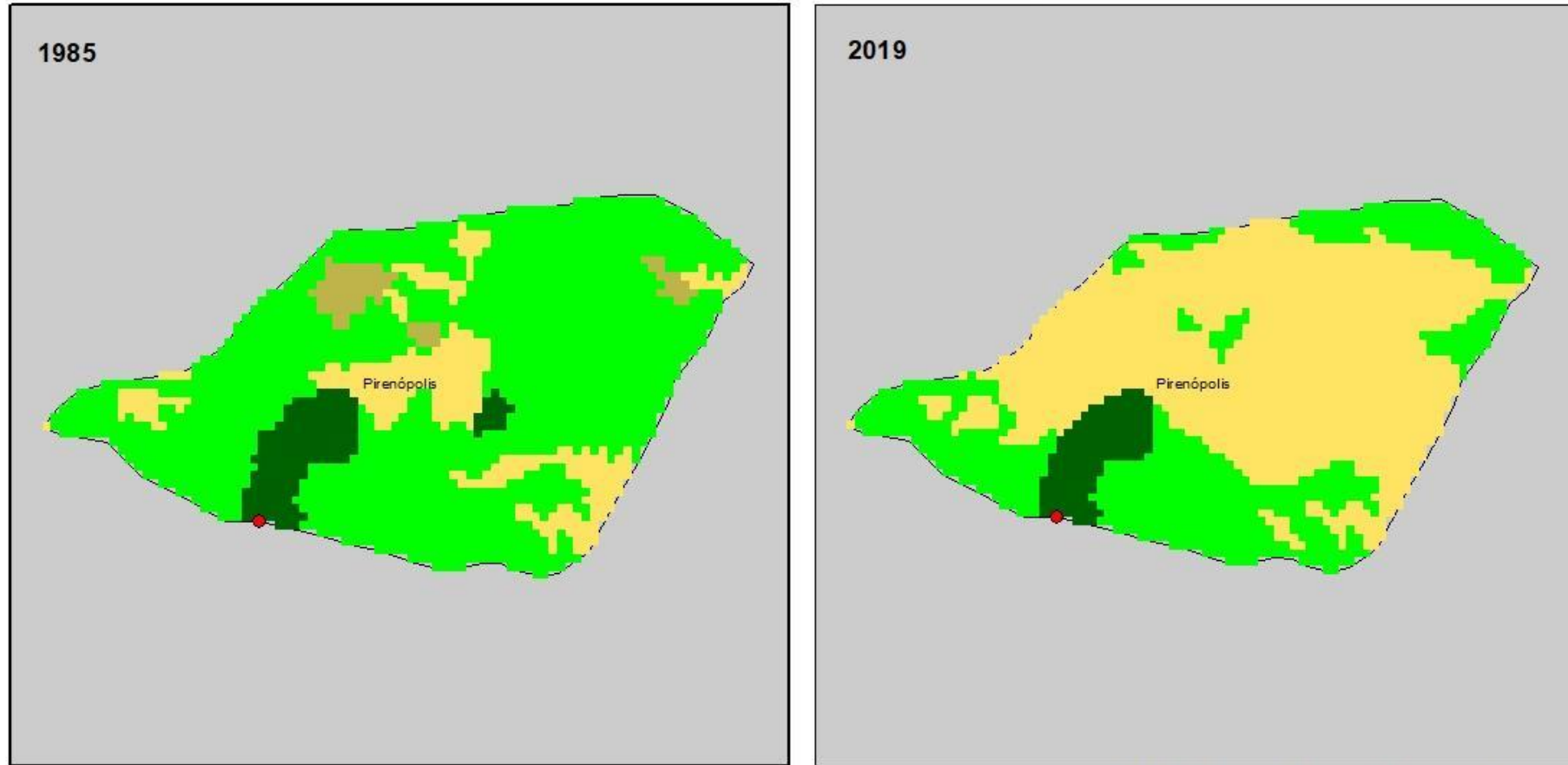
##### Índice

- |  |  |
|--|--|
|  3 - Formação Florestal |  12 - Formação Campestre          |
|  4 - Formação Savânica  |  15 - Pastagem                    |
|  9 - Silvicultura       |  25 - Outras Áreas não Vegetadas  |
|  |  39 - Soja                        |
|  |  41 - Outras Lavouras Temporárias |



Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Córrego Frota



#### Legenda

- Municípios
- Bacia Captação\_Pirenópolis\_Bacia Córrego Frota
- Pontos de Captação

#### Uso e Ocupação do Solo

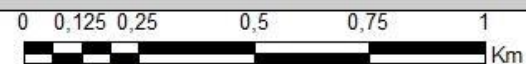
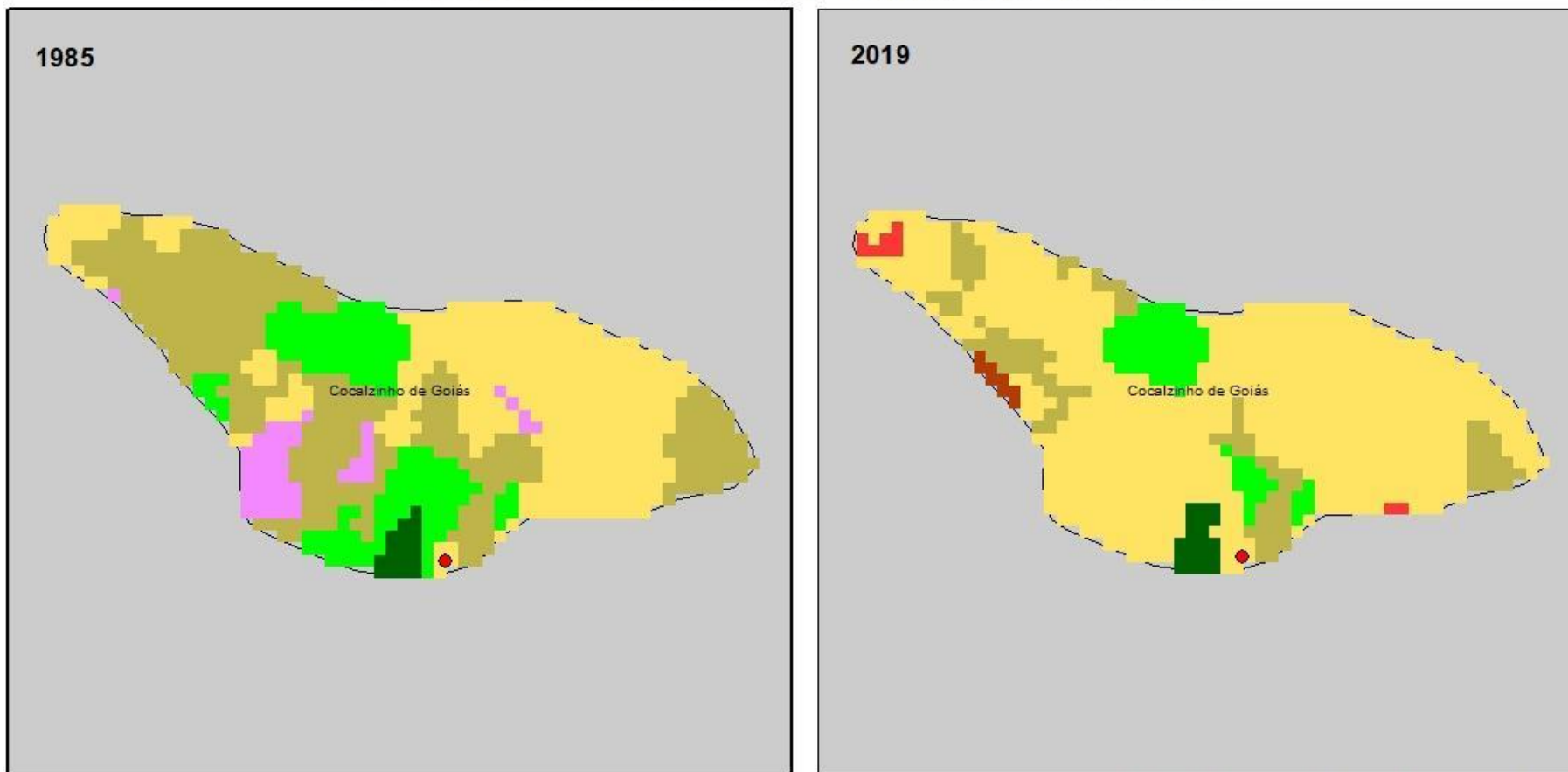
- | Índice | Descrição          |
|--------|--------------------|
| 3      | Formação Florestal |
| 4      | Formação Savânica  |
| 12     | Formação Campestre |
| 15     | Pastagem           |

0 0,175 0,35 0,7 1,05 1,4 Km






Sistemas de Coordenadas  
WGS84 - UTM - Fuso 22S  
Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
Gr: DANTAS, T. M. (2021)

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Corrego Pedra Fincada





Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)

#### Legenda

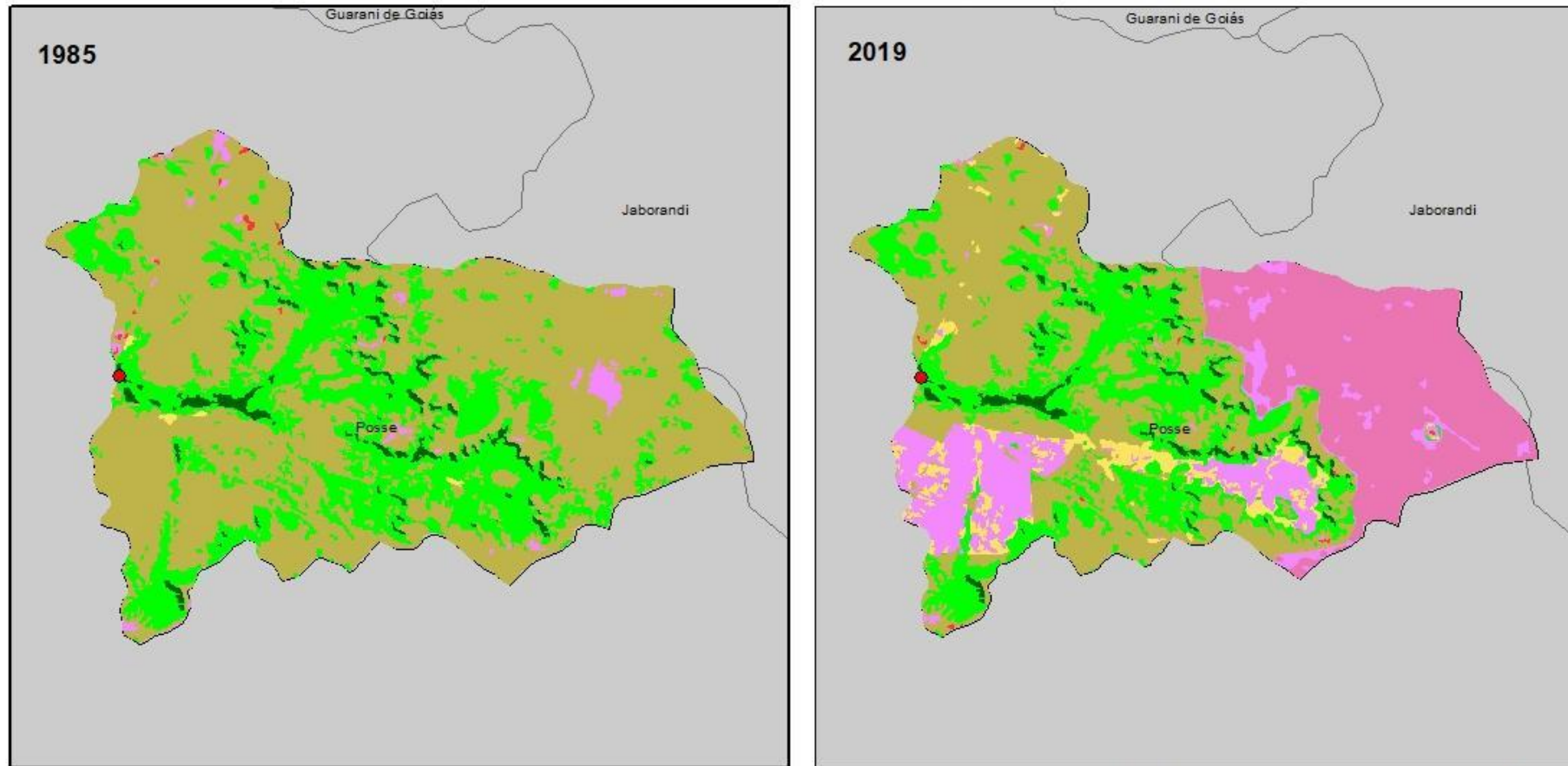
-  Municípios
-  Bacia Captação\_Cocalzinho\_Bacia Corrego Pedra Fincada
-  Pontos de Captação

#### Uso e Ocupação do Solo

##### Índice

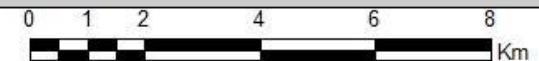
-  3 - Formação Florestal
-  4 - Formação Savânica
-  9 - Silvicultura
-  12 - Formação Campestre
-  15 - Pastagem
-  20 - Cana
-  25 - Outras Áreas não Vegetadas

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Ribeirao da Prata



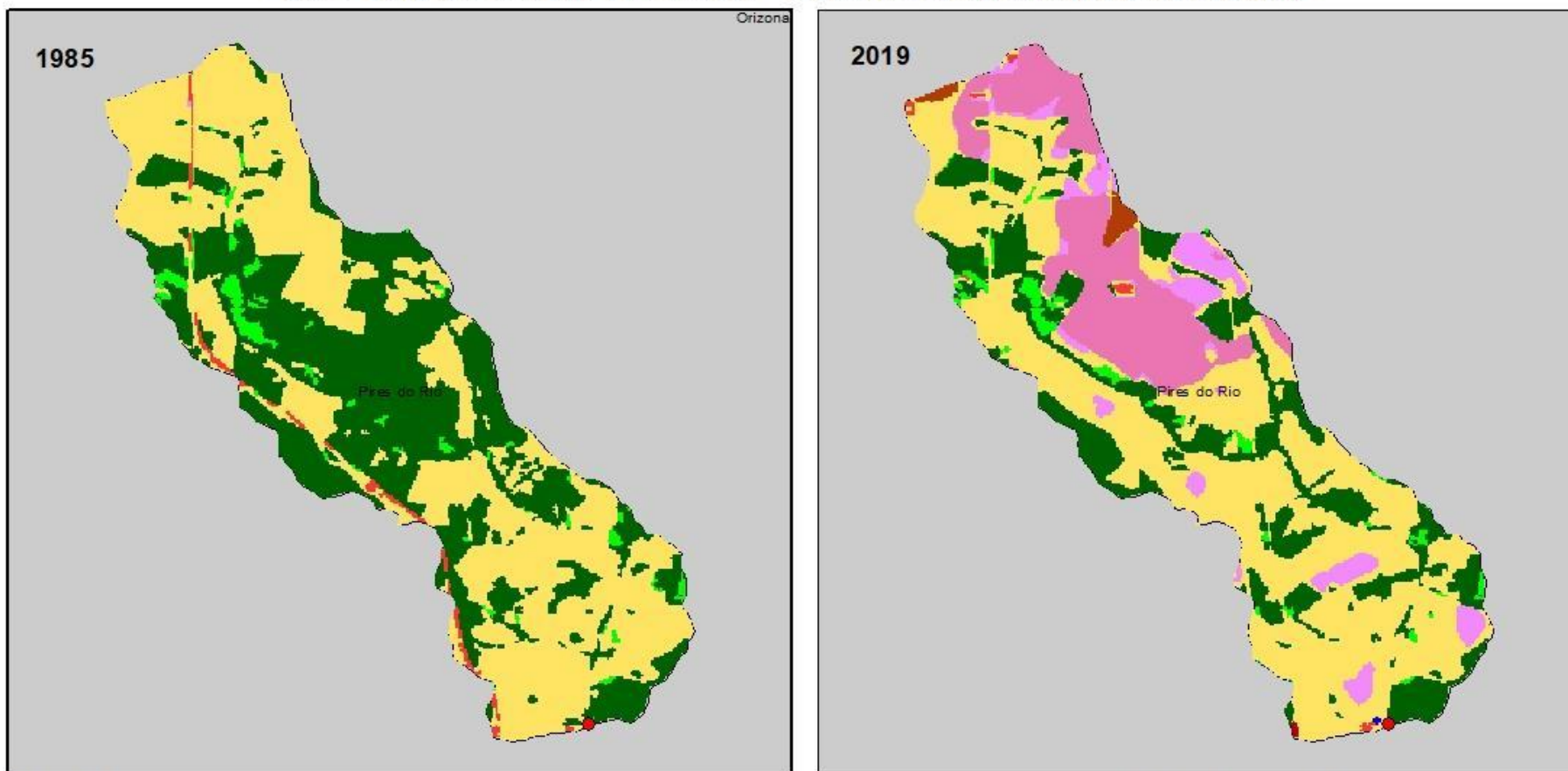
#### Legenda

- |  |  |
|--|--|
|  Municípios                                   |  4 - Formação Savânica            |
|  Bacia Captação_Posse_Bacia Ribeirao da Prata |  12 - Formação Campestre          |
|  Pontos de Captação                           |  15 - Pastagem                    |
| <b>Uso e Ocupação do Solo</b>  |  25 - Outras Áreas não Vegetadas  |
| <b>Índice</b>  |  39 - Soja                        |
|  3 - Formação Florestal                       |  41 - Outras Lavouras Temporárias |




Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Ribeirao Marata (Corrego Laranjal)




#### Legenda

-  Municípios
-  Bacia Captação\_Pires do Rio\_Bacia Ribeirao Marata (Corrego Laranjal)
-  Pontos de Captação

#### Uso e Ocupação do Solo

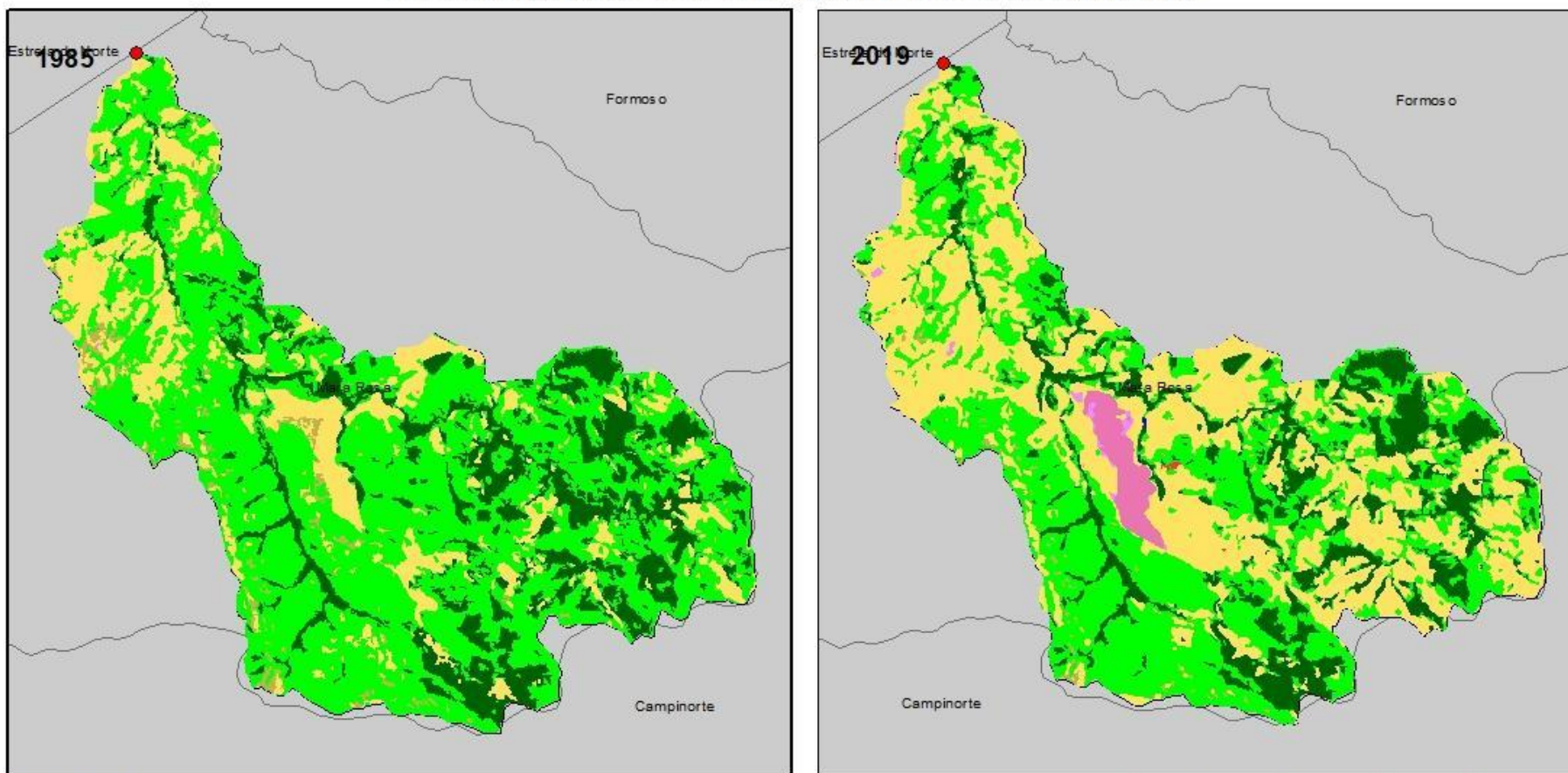
##### Índice

- |  |   |
|--|---|
|  3 - Formação Florestal |  12 - Formação Campestre          |
|  4 - Formação Savânica  |  15 - Pastagem                    |
|  9 - Silvicultura       |  24 - Área Urbanizada             |
|  |  25 - Outras Áreas não Vegetadas  |
|  |  33 - Rio, Lago e Oceano          |
|  |  39 - Soja                        |
|  |  41 - Outras Lavouras Temporárias |






Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)

### Uso e Ocupação do Solo 1985 x 2019 - Bacia Rio Santa Tereza











#### Legenda

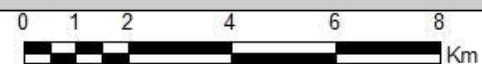
-  Municípios
-  Bacia Captação\_Estrela do Norte\_Bacia Rio Santa Tereza
-  Pontos de Captação

#### Uso e Ocupação do Solo

##### Índice

-  3 - Formação Florestal
-  4 - Formação Savânica

-  12 - Formação Campestre
-  15 - Pastagem
-  25 - Outras Áreas não Vegetadas
-  33 - Rio, Lago e Oceano
-  39 - Soja
-  41 - Outras Lavouras Temporárias



Sistemas de Coordenadas  
 WGS84 - UTM - Fuso 22S  
 Fonte: MAPBIOMAS - SANEAGO - IBGE  
 Gr: DANTAS, T. M. (2021)