



PROJETO BACIAS RIO VERMELHO E RIO URU

GEOLOGIA AMBIENTAL - TURMA 2020/02



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE GEOLOGIA
Disciplina de Geologia Ambiental - Turma 2020/2

PROJETO BACIAS RIO VERMELHO E RIO URU

Professores

Dr. Rodrigo de Almeida Heringer
Dr. Marcelo Henrique Leão Santos

Monitora

Isabela Araújo Barbosa Euzébio

Coordenação Geral

João Pedro Rodrigues Silveira
Henrique Pereira Secco

Apresentação (Defesa)

João Emerson Vasconcelos Leite Vieira
Mayane Silva Resende
João Pedro Rodrigues Silveira
Naywanii Geovana Garcia de Oliveira
Henrique Pereira Secco
Jordanna Brenda Ferreira de Souza

Revisão e Formatação

João Pedro Rodrigues Silveira
Mayane Silva Resende
João Emerson Vasconcelos Leite Vieira
Nathalia Amaral Coutinho
Isabela Araújo Barbosa Euzébio
Débora Santos Maia

Cartografia

João Pedro Rodrigues Silveira
Débora Santos Maia

R Studio

Henrique Pereira Secco
Dr. Rodrigo de Almeida Heringer

1. Introdução

João Emerson Vasconcelos Leite Vieira
João Pedro Rodrigues Silveira
Nathalia Amaral Coutinho

2. Metodologia e Objetivos

João Pedro Rodrigues Silveira
João Emerson Vasconcelos Leite Vieira

3. Localização e área de estudo

Débora Santos Maia
João Emerson Vasconcelos Leite Vieira
João Pedro Rodrigues Silveira
Maria Eduarda Lemos de Freitas

4. Hipsometria e Declividade

Camila de Sousa Gomes
Laryssa Marques Ribeiro Guimarães
Sarah Karoline Costa Macedo

5. Recursos Hídricos

João Pedro Rodrigues Silveira
Henrique Pereira Secco
Isabela Araújo Barbosa Euzébio

6. Uso e Ocupação do Solo

Ariele Lisita Silva
Carlos Henrique Braz da Silva
Ícaro Souza Silva

7. Áreas de Preservação Permanente

Gustavo Bittar
Mayane Silva Resende
Stefanny Hellen Sampaio dos Santos

8. Unidades de Conservação

Gabriela Soares Freitas e Silva
Karina Louanny de Paula Santos
Sara Vieira Cardoso

9. Caracterização do Meio Físico

Elisandro Seraco Altoe
Elton Carlos Campos Silva
Musa Maria Nogueira Gomes

10. Susceptibilidade Erosiva

Eric Gonzaga Rocha
Michele Urbano da Silva
Naywanii Geovana Garcia de Oliveira

11. Balanço Hídrico

Henrique Pereira Secco
Victor Gabriell de Lima Machado

12. Vulnerabilidade Hídrica

Daniel Carelli Batista Santos
Gabriel Veloso Martineli
Jordanna Brenda Ferreira de Souza
Nathalia Amaral Coutinho

13. Conclusões

Henrique Pereira Secco
Victor Gabriell de Lima Machado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. METODOLOGIA E OBJETIVOS	7
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	8
3.1 Estações coletadas	9
4. HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE	11
5. RECURSOS HÍDRICOS	15
6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	18
7. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	20
8. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	22
8.1 Parque Estadual Serra Dourada (PESD)	24
8.2 APA Dr. Sullivan Silvestre	25
8.3 ÁRIE Águas de São João	25
8.4 RPPN Fazenda Santa Luzia.....	25
8.5 Sítios Arqueológicos.....	26
9. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	28
9.1 Geologia.....	28
9.2 Recursos Minerais	30
9.3 Pedologia	31
9.4 Sistemas Aquíferos Rasos	33
9.5 Sistemas Aquíferos Profundos	34
10. SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA	36
11. BALANÇO HÍDRICO.....	39
11.1 Precipitação	41
11.2 Fluxo de Base	42
11.3 Escoamento Superficial (<i>Runoff</i>)	43
11.4 Evapotranspiração	44
11.5 Bacia do Rio Vermelho.....	44
11.6 Bacia do Rio Uru	46
11.7 Bacia Fazenda Paciência	48
11.8 Bacia Balneário Cachoeira Grande	52
11.9 Comparação dos dados	54
11.10 Fluxo Médio Diário	57
11.11 Fluxo Acumulado	60
12. VULNERABILIDADE HÍDRICA	62
13. CONCLUSÕES	70
14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de localização da Bacia com as estações fluviométricas, pluviométricas e meteorológicas referenciadas.....	8
Figura 2. Mapa hipsométrico.....	12
Figura 3. Variação hipsométrica relativa.....	13
Figura 4. Mapa de Declividade.....	14
Figura 5. Variação de declividade referente das bacias.....	14
Figura 6. Mapa de recursos hídricos com representações das bacias e microbacias de estudo.....	17
Figura 7. Uso e ocupação do solo na área de estudo.....	19
Figura 8. Mapa de Uso e Ocupação do solo.....	20
Figura 9. Amostra das delimitações das APPs de acordo com cada largura de curso d'água.....	22
Figura 10. Mapa de Unidades de Conservação e Patrimônio Arqueológico.....	24
Figura 11. Mapa de Geologia.....	28
Figura 12. Mapa de recursos minerais com suas principais ocorrências minerais.....	31
Figura 13. Mapa de solos.....	33
Figura 14. Mapa de Sistemas Aquíferos Rasos.....	34
Figura 15. Mapa de Sistemas Aquíferos Profundos com poços da base do SIAGAS.....	35
Figura 16. Mapa de Erodibilidade.....	38
Figura 17. Precipitação mensal para toda a área de estudo no período (1974-2018).....	41
Figura 18. Precipitação anual para todas as estações no período (1974-2018).....	42
Figura 19. Fluxo de base para cada estação no período de (2003-2018).....	43
Figura 20. Vazão diária mensal para Bacia do Rio Vermelho no período (2003-2018).....	45
Figura 21. Fluxo de base diários para cada mês na bacia do rio vermelho no período (2003-2018).....	45
Figura 22. Runoff para Bacia do Rio Vermelho no período (2003-2018).....	46
Figura 23. Evapotranspiração para a Bacia Rio Vermelho no período (2003-2018).....	46
Figura 24. Vazão diária mensal para Bacia do Rio Uru no período (2003-2018).....	47
Figura 25. Fluxo de base diários para cada mês na bacia do Rio Uru no período (2003-2018).....	47
Figura 26. Runoff para Bacia do Rio Uru no período (2003-2018).....	48
Figura 27. Evapotranspiração para a Bacia do Rio Uru no período (2003-2018).....	48
Figura 28. Vazão diária mensal para Bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018).....	49
Figura 29. Vazão diária mensal para Bacia Fazenda Paciência no ano de 2011.....	50
Figura 30. Enchente no Rio Vermelho na Cidade de Goiás no ano de 2011. Fonte: Corpo de Bombeiros.....	50
Figura 31. Enchente no Rio Vermelho na Cidade de Goiás no ano de 2011. Fonte: Corpo de Bombeiros.....	51
Figura 32. Fluxo de base diários para cada mês na bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018).....	51
Figura 33. Runoff para Bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018).....	52
Figura 34. Evapotranspiração para a Bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018).....	52
Figura 35. Vazão diária mensal para Bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018).....	53
Figura 36. Fluxo de base diários para cada mês na Bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018).....	53
Figura 37. Runoff para bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018).....	54
Figura 38. Evapotranspiração para a bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018).....	54
Figura 39. Média da vazão mensal para cada mês no período (2003-2018).....	55
Figura 40. Vazão acumulada anual para o período (2003-2015).....	56
Figura 41. Precipitação acumulada anual para o período (2003-2015).....	56
Figura 42. Runoff acumulado para todas as bacias no período (2003-2015).....	57
Figura 43. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia do Rio Vermelho no período de (2004-2014).....	58
Figura 44. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia do Rio Uru no período de (2004-2014).....	58
Figura 45. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia Fazenda Paciência no período de (2004-2014).....	59
Figura 46. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia Balneário Cachoeira Grande no período de (2004-2014).....	59
Figura 47. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia do Rio Vermelho no período de (2004-2015).....	60
Figura 48. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia do Rio Uru no período de (2004-2014).....	60
Figura 49. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia Fazenda Paciência no período de (2003-2015)....	61

Figura 50. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia Balneário Cachoeira Grande no período de (2005-2015).....	61
Figura 51. Fluxograma para obter o parâmetro D no software de GIS.....	64
Figura 52. Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero superficial.....	68
Figura 53. Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero profundo.....	69
Figura 54. Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero superficial e profundo.....	70

Índices de Tabelas

Tabela 1. Relação área do município pela área ocupada pelas bacias	8
Tabela 2. Classes de relevo de acordo com a declividade.	13
Tabela 3. Relação dos valores de Fator K para os solos da região	37
Tabela 4. Áreas com suscetibilidade erosiva das Bacias do Rio Uru e Bacia do Rio Vermelho	39
Tabela 5. Modelo de superfície digital de peso 5 pelos valores de profundidade do nível da água	64
Tabela 6. Recarga hidráulica das bacias hidrográficas do município da Cidade de Goiás com os respectivos pesos	65
Tabela 7. Sistemas de porosidade que compõem o aquífero superficial e profundo.....	65
Tabela 8. Litotipos do aquífero profundo baseado nos sistemas aquíferos rochosos locais	66
Tabela 9. Inclinação do relevo (parâmetro T do método DRASTIC (adaptado)	66
Tabela 10. Condutividade hidráulica do aquífero profundo dos sistemas aquíferos cristalinos das bacias de estudo	67

Índice de Quadros

Quadro 1. Estações fluviométricas da área de estudo.	10
Quadro 2. Estações pluviométricas da área de estudo.....	10
Quadro 3. Estações meteorológicas da área de estudo.	11
Quadro 4. Regiões hidrográficas da bacia do Rio Vermelho compreendidas para a área de estudo.....	17
Quadro 5. Sítios arqueológicos situados na área de estudo e proximidades.....	26
Quadro 6. Descrição simplificada do método DRASTIC sugerido	63

1. INTRODUÇÃO

A antiga Vila Boa de Goiás, atual município de Goiás, ou Cidade de Goiás, foi fundada em 1739, sendo o marco zero e a primeira cidade do Estado, do qual foi sua primeira capital, desde o período colonial da antiga capitania Goyaz, logo após seu desmembramento da capitania de São Paulo, sendo sua capital de 1744 até 1935, com a transferência da capital para Goiânia.

A Cidade de Goiás foi fundada após a descoberta de ouro nas águas do Rio Vermelho, em 1722, por Bartolomeu Bueno da Silva (Filho), no qual fundou no local o arraial de Sant'Ana, que viria a se tornar Vila Boa de Goyaz e posteriormente a Cidade de Goiás (GOVERNO DE GOIÁS, 2019), cujo centro histórico foi reconhecido pela Unesco como Patrimônio Cultural da Humanidade em dezembro de 2001.

Hoje sabemos que o ouro encontrado pelos bandeirantes está localizado nos terrenos do Arqueano de Goiás, mais precisamente nos *Greenstones Belts* de Goiás (GBGs), localizados principalmente nas cidades de Crixás, Faina, Guarinos e Pilar de Goiás, conhecido como “Cinturão de Rochas Verdes”. Esse nome é devido a tonalidade verde dada pela cor de alguns minerais que formam as rochas, como por exemplo a clorita, a olivina, a actinolita e anfibólios verdes.

Entretanto, a colonização de Goiás teve seu início com a mineração de ouro no século XVII, devido aos GBGs, que confinam minério de ouro dentro de suas estruturas geológicas. Atualmente, sabe-se que não é só o ouro que participa da economia mineira do Estado de Goiás, pois estas rochas possuem associações responsáveis por depósitos minerais de diversas substâncias. Dentre elas estão, por exemplo, ouro, prata, chumbo, cobre, níquel, cromo e zinco, que são usados em diversos setores.

Desde o final do século XVIII há registros de enchentes na região, eventos que se tornaram cíclicos na região, trazendo transtornos desde então, sendo a mais notável a enchente de 31 de Dezembro de 2001, duas semanas após o reconhecimento da Unesco, que arrasou parte da cidade nas proximidades do Rio Vermelho.

O presente trabalho foi produzido pelos alunos da disciplina Geologia Ambiental - 2020/2 do curso de Geologia da Universidade Federal de Goiás sob orientação dos Professores Doutores Rodrigo de Almeida Heringer e Marcelo Leão Santos. Foi proposto o mapeamento ambiental do município de Goiás, localizado no centro goiano, distante 172 km da capital, Goiânia, estado de Goiás. A análise consolidada dos dados e informações disponíveis nas bases públicas de dados permitiu produzir este relatório que pode ser considerado um compilado de

diversos dados da região do município de Goiás e adjacentes, como pluviometria, fluviometria, topografia, altitude, declividade, balanço hídrico, vulnerabilidade, dentre outros.

2. METODOLOGIA E OBJETIVOS

A primeira etapa do trabalho foi a revisão bibliográfica da área de estudo, com levantamento das estações fluviométricas, pluviométricas e meteorológicas, oriundas da base do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto de Nacional Meteorologia (INMET).

O levantamento das bases de dados geográficos partiu de várias fontes, concentradas nas bases de dados do Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG-GO) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Além disto, foi cedido para uso neste trabalho a compilação de imagens de modelo digital de elevação (MDE) para o Estado de Goiás, fornecidas pelo Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFG (EECA-UFG), advindas do *Alaska Satellite Facilities (NASA)* do satélite ALOS, sensor Palsar com resolução espacial de 1:30 m (real), tendo seu dado reprocessado para 1:12,5 m.

A proposta inicial do projeto correspondia o estudo e análise dos dados correspondentes às bacias hidrográficas que cobrissem o município de Goiás, com suas anomalias temporais e cíclicas no nível hídrico, bem como possíveis anomalias de radiação gama na região. Porém, com a delimitação da área de estudo, para cobrir integralmente o município de Goiás surgiu a necessidade de expandi-la.

Para delimitar a área de estudo, as estações fluviométricas foram consideradas como ponto exutório das bacias, ou seja o ponto de convergência dos cursos de água das bacias. Utilizando o software ArcGis, com a ferramenta de análises espaciais para Hidrologia, foi possível delimitar os limites de estudo de cada bacia a partir dos pontos exutórios associados ao MDE.

Além do ArcGis, o software QGis também foi utilizado para análise, processamento e geração dos produtos de Sistema de Informações Geográficas (SIG) deste projeto. A confecção dos mapas foi feita no ArcGis, tendo base um padrão de mapas criados exclusivamente para o projeto. Os mapas gerados estão em uma escala de 1:450.000, exceto o de localização, no qual está 1:1.000.000, por conta da distribuição das estações fluviométricas, pluviométricas e meteorológicas, sendo que todo o trabalho de processamento, análise e geração de resultados das estações foi realizado no software R Studio.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) compreende 22 municípios que fazem parte das mesorregiões Noroeste e Centro de Goiás (Tabela 1), abrangendo uma população estimada em 201.244 pessoas, de acordo com dados do IBGE para 2020. O ponto inicial de estudo foi o município de Goiás, localizado numa “bifurcação” dos dois rios que denominam as bacias aqui estudadas, o Rio Vermelho e o Rio Uru, separados pelas estruturas da Serra Dourada como divisor de águas.

Após os primeiros levantamentos, o estudo foi ampliado para todos os 22 municípios abrangidos pelas bacias. A área estudada possui extensão de 8.954,49 km², compreendendo parte das bacias hidrográficas Rio Vermelho (5.274 km²) e Rio Uru (3.679 km²).

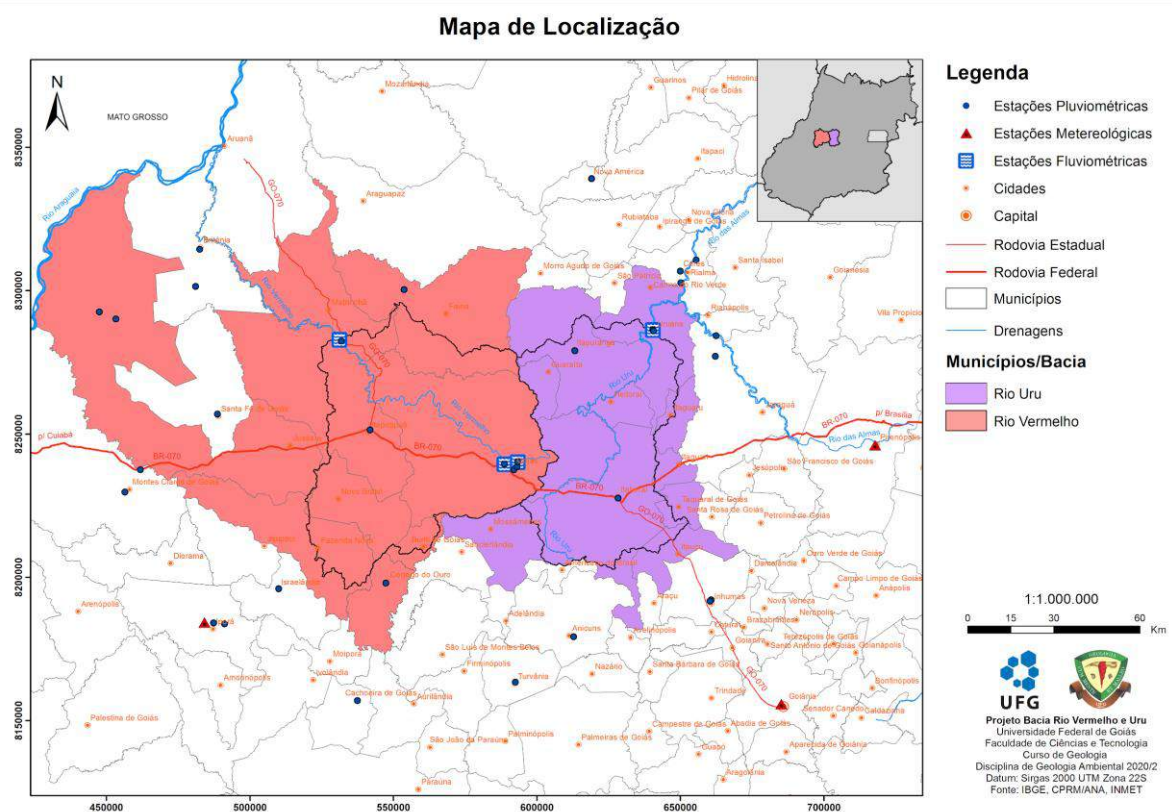


Figura 1. Mapa de localização da Bacia com as estações fluviométricas, pluviométricas e meteorológicas referenciadas

Tabela 1. Relação área do município pela área ocupada pelas bacias

Município	População	Área Total (km ²)	Área ocupada pelas bacias (km ²)	Área ocupada pelas bacias (%)
Americano do Brasil	6.164	133,56	1,61	1,20
Buriti de Goiás	2.476	200,42	113,12	56,44

Carmo do Rio Verde	10.186	418,54	104,93	25,07
Córrego do Ouro	2.290	455,98	0,01	0,00
Faina	6.576	1.945,66	507,62	26,09
Fazenda Nova	5.553	1.274,32	372,47	29,23
Goiás	22.381	3.108,02	3.106,02	99,94
Guaraíta	1.951	205,31	205,31	100,00
Heitorai	3.733	229,64	229,64	100,00
Itaberaí	43.622	1.457,28	1.274,42	87,45
Itaguari	4.685	146,64	4,88	3,32
Itaguaru	5.206	239,68	43,66	18,22
Itapirapuã	4.685	2.043,72	945,32	46,25
Itapuranga	25.681	1.276,48	748,31	58,62
Itauçu	8.960	383,84	59,84	15,59
Jussara	18.371	4.085,36	0,96	0,02
Matrinchã	4.336	1.150,89	158,60	13,78
Mossâmedes	4.206	684,45	113,22	16,54
Novo Brasil	2.843	653,27	645,95	98,88
Taquaral de Goiás	3.521	204,22	46,55	22,79
Uruana	13.818	522,51	272,06	52,07
Total	201.244	20.819,78	8.954,49	-

Fonte: IBGE e SIEG/IMB

3.1 Estações coletadas

Para o estudo foram utilizadas séries temporais de precipitação, vazão e evaporação potencial disponíveis em estações fluviométricas, pluviométricas e meteorológicas. Os dados das estações fluviométricas e pluviométricas foram coletados da Agência Nacional de Águas (ANA), portal HIDROWEB – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), sendo 4 estações fluviométricas e 32 estações pluviométricas descritas nos quadros 1 e 2. Já os dados meteorológicos foram coletados de 3 estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apresentadas no Quadro 3.

Quadro 1. Estações fluviométricas da área de estudo.

Estação	Código da Estação	Nome	Período de Medição
1	20200000	URUANA	2003-2018
2	25090000	FAZENDA PACIÊNCIA	2003-2018
3	25100000	BALNEÁRIO CACHOEIRA GRANDE	2003-2018
4	25130000	TRAVESSÃO	2003-2018

Fonte: ANA.

Quadro 2. Estações pluviométricas da área de estudo.

Estação	Código da Estação	Nome	Período de Medição
1	1449003	CRIXÁS	1983-2020
2	1450000	LAGOA DA FLECHA	1973-2020
3	1450001	MOZARLÂNDIA (CHAC. FOGUEIRA)	1973-2020
4	1451000	ARUANÃ	1970-2020
5	1548004	PIRENÓPOLIS	1949-2001
6	1549000	UHE SERRA DA MESA CERES	1971-2016
7	1549001	GOIANÉSIA	1964-2020
8	1549002	ITAPURANGA	1969-2020
9	1549003	JARAGUÁ	1964-2020
10	1549004	NOVA AMÉRICA	1973-2020
11	1549009	URUANA	1964-2020
12	1550000	ITAPIRAPUÃ	1973-2019
13	1550001	JEROAQUARA	1973-2019
14	1550002	TRAVESSÃO	1973-2020
15	1550003	GOIÁS	1949-2002
16	1551000	BRITÂNIA	1973-2019
17	1551001	MONTES CLAROS DE GOIÁS	1971-2020
18	1551003	SANTA FÉ	1973-2020
19	1648001	PONTE ANÁPOLIS - BRASÍLIA	1967-2020
20	1648014	UHE CORUMBÁ IV FAZENDA BEIRA	2015-2019

21	1649000	ANICUNS	1971-2019
22	1649006	INHUMAS	1947-2019
23	1649007	ITABERAÍ	1973-2019
24	1649009	OURO VERDE DE GOIÁS	1973-2019
25	1649010	PALMEIRAS DE GOIÁS	1947-2020
26	1649016	GOIANIRA	1993-1997
27	1650000	CACHOEIRA DE GOIÁS	1973-2020
28	1650001	CÓRREGO DO OURO	1973-2020
29	1650002	ISRAELÂNDIA	1973-2020
30	1650003	TURVÂNIA	1973-2020
31	1651001	IPORÁ	1973-2020
32	1750013	PARAÚNA	1978-2020

Fonte: ANA.

Quadro 3. Estações meteorológicas da área de estudo.

Estação	Código da Estação	Nome	Período de Medição
1	83368	ARAGARCAS	1970-2021
2	83376	PIRENÓPOLIS	1977-2021
3	83423	GOIÂNIA	1937-2021
4	A002	GOIÂNIA	2001-2021

Fonte: INMET.

4. HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE

O mapa hipsométrico, apresentado na Figura 2, foi elaborado segundo os dados fornecidos pela "Alaska Satellite Facilities-NASA", o Modelo Digital de Elevação (MDE) representa as características de elevação da superfície conectada por folhas, referindo-se ao satélite ALOS e o sensor espacial PALSAR com uma resolução espacial de 1:30 m. Com a aplicação do *hillshade* (filtro de sombreamento) ressaltou-se as diferenças de altitude da topografia da região.

Na área de estudo, observou-se a ocorrência das maiores elevações na bacia do Rio Uru, principalmente na porção Sul desta, quando comparada com a bacia do Rio Vermelho. A maior altitude encontrada na área de estudo é de 1095 metros, já as zonas de menores altitudes da região encontram-se na Bacia do Rio Vermelho, sendo a menor altitude 289 metros. A altitude média da área é de aproximadamente 562 metros com um desvio-padrão de 166 metros. No

encontro das duas bacias, no divisor de águas, percebe-se uma mudança repentina na altitude, com os valores diminuindo no sentido da bacia do Rio Vermelho.

Percebe-se a alta variação de altitude, principalmente em direção a oeste, onde estão localizadas as menores altitudes das bacias.

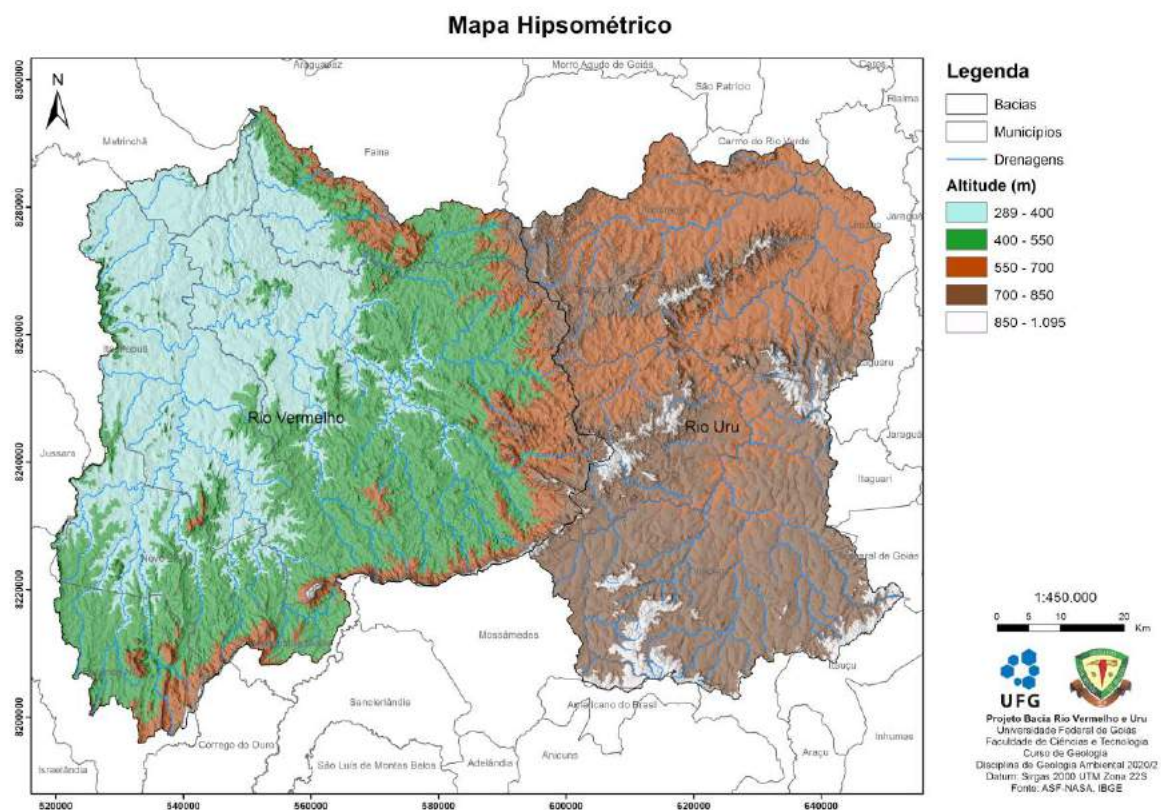


Figura 2. Mapa hipsométrico.

Na **figura 3**, pode-se observar que a maior parte da área de estudo (27,4%) apresenta altitudes entre 400 e 550 metros e apenas 3,3% apresenta altitudes entre 850 e 1095 metros.

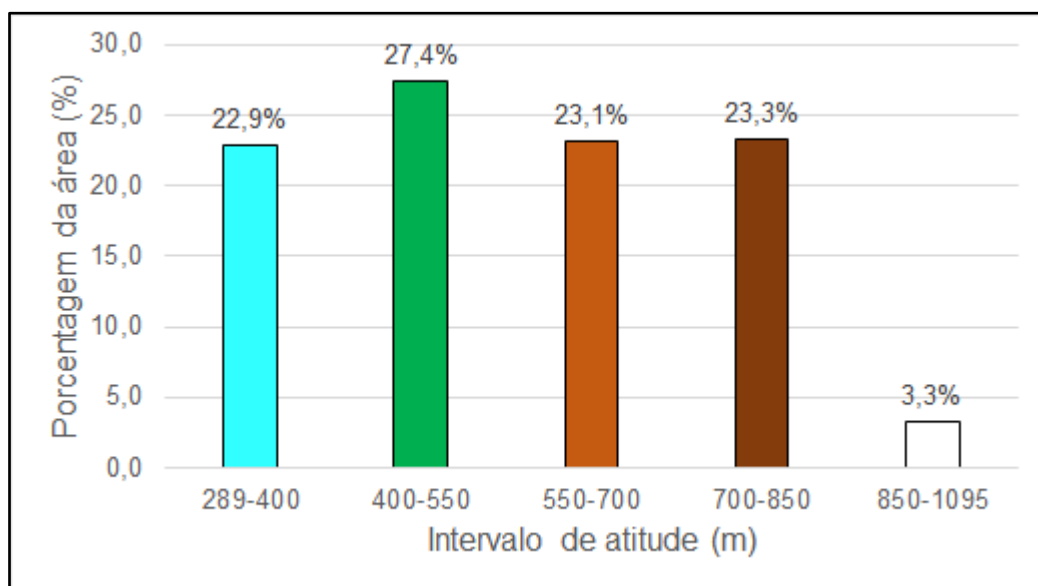


Figura 3. Variação hipsométrica relativa

A partir dos parâmetros de Classificação de Solos (SANTOS, *et al.*, 2018), que qualifica o relevo em seis faixas de declividade (Tabela 2), e usando a ferramenta *slope* no software QGis, obtivemos o mapa de declividade das bacias (figura 4).

Tabela 2. Classes de relevo de acordo com a declividade.

Declividade (%)	Classe de Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Santos et al (2018).

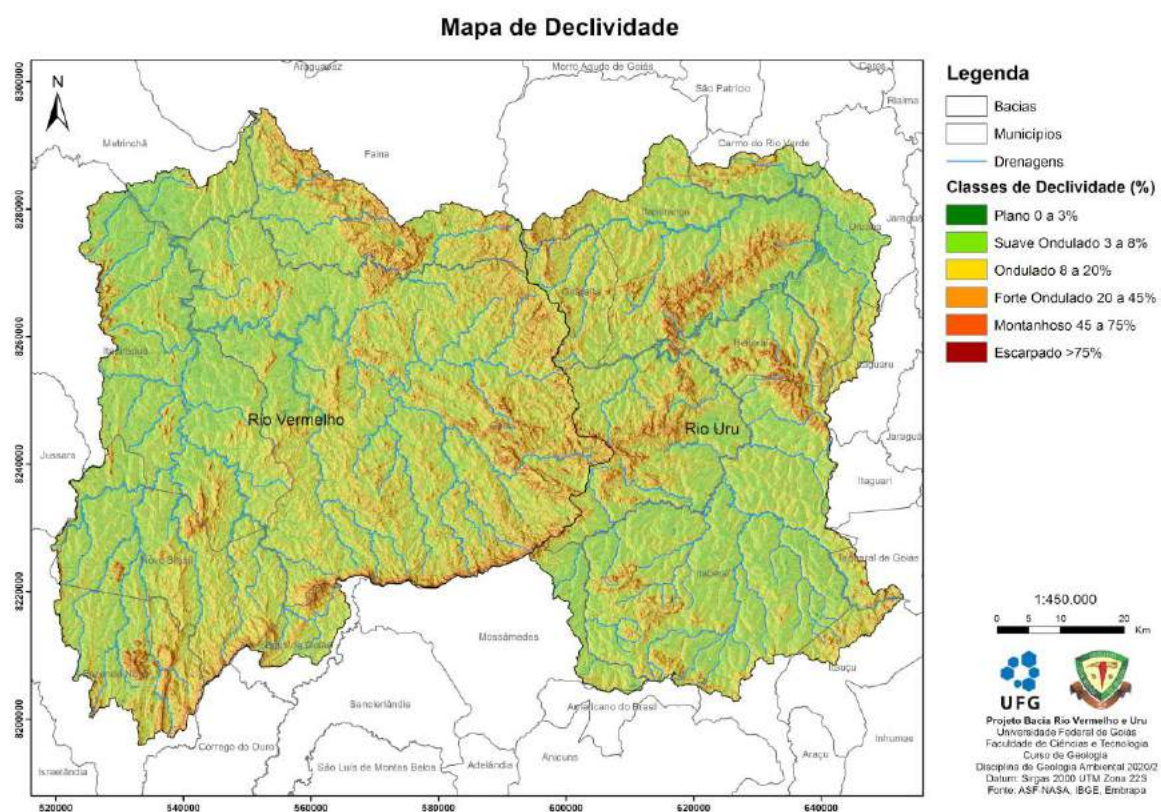


Figura 4. Mapa de Declividade

A Figura 5 traz a distribuição das porcentagens de cada classe de relevo na área de estudo.

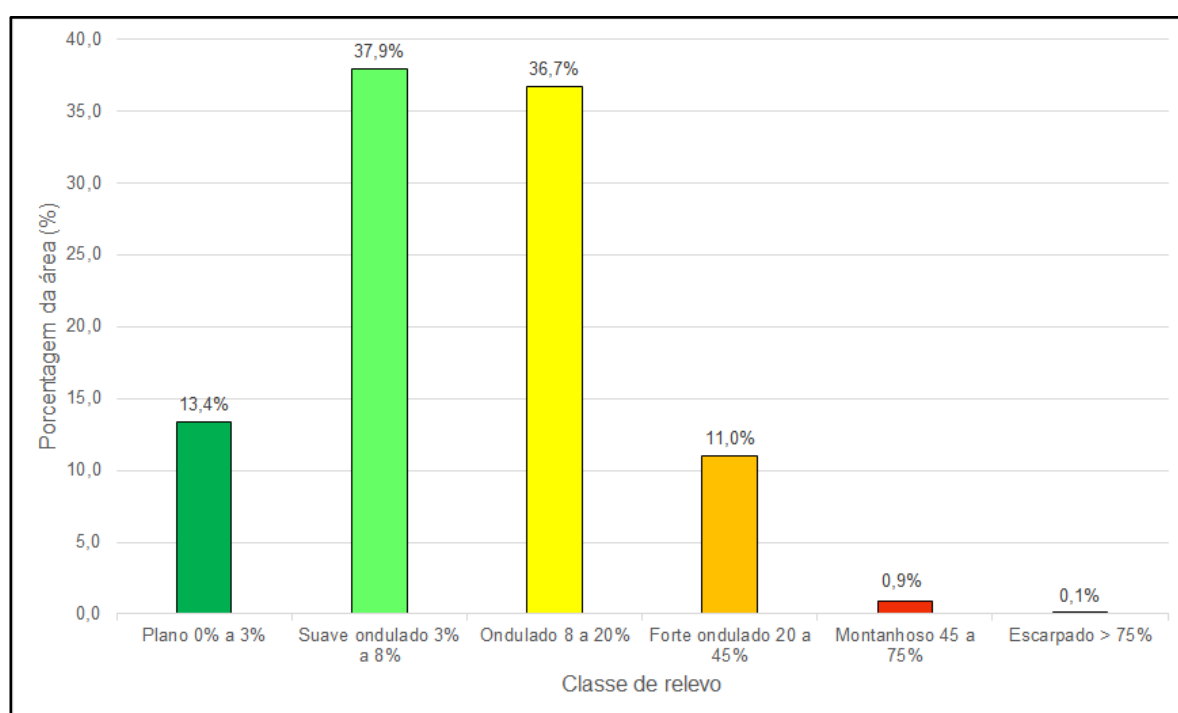


Figura 5. Variação de declividade referente das bacias.

Como pode se observar na figura 5, constata-se que há a predominância, em ambas as bacias, de um relevo que varia suave ondulado (37,9%) a ondulado (36,7%) na região, sendo que prevalecem essas classes no limite entre as bacias. Na porção oeste da bacia do Rio Vermelho predomina o relevo plano que se torna mais ondulado a leste, rumo à Bacia do Rio Uru, que por sua vez, concentra as regiões mais fortemente onduladas na sua porção central.

Em relação ao relevo montanhoso (0,9%) e escarpado (0,1%), eles apresentam pouca representatividade na área, como visto na figura a seguir.

5. RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos de superfície possuem uma grande correlação com as águas subterrâneas. “Os rios, córregos e outras drenagens ora alimentam os aquíferos, ora são alimentados pelas águas subterrâneas”. Dessa forma a manutenção da qualidade e da quantidade das águas superficiais, bem como o entendimento desses recursos se faz muito importante tanto para a manutenção dos ecossistemas dependentes quanto a garantia de alimentação dos aquíferos profundos (ALMEIDA *et al*, 2006).

O estado de Goiás possui características singular em relação à hidrografia, onde nascem drenagens alimentadoras de três importantes Regiões Hidrográficas (RH) do país: Araguaia/Tocantins; São Francisco e Paraná, tendo como divisores os planaltos do Distrito Federal e entorno e os altos topográficos que atravessam as cidades de Águas Lindas, Pirenópolis, Itauçu, Americano do Brasil, Paraúna, Portelândia até as imediações do Parque Nacional das Emas, (ALMEIDA *et al*, 2006).

A RH Tocantins/Araguaia é representada pelos cursos d’água que vertem no sentido sul/norte, destacando-se como tributários principais os rios Araguaia e Tocantins, os quais têm confluência em outras Unidades da Federação (ALMEIDA *et al*, 2006).

A RH Araguaia/Tocantins ocupa 56,89% do somatório do território de Goiás e Distrito Federal (1997.323,744 km²). Esta região é dividida em dois compartimentos: o do Rio Araguaia, formado pelos afluentes que drenam a porção oeste e deságuam na margem direita do Rio Araguaia e o do Tocantins, formado pelos cursos que correm no sentido norte-sul e leste-oeste, representados pelos afluentes dos rios Maranhão e Tocantinzinho (GOIÁS (Estado), 2006).

A região de estudo do presente relatório compreende 2 sub-bacias que pertencem a RH Araguaia Tocantins, e são elas a Bacia do Rio Vermelho (Araguaia) e a Bacia do Rio Uru (Tocantins).

As bacias delimitadas na área de estudo foram nomeadas de acordo com seu principal curso d'água, e no caso das duas microbacias referenciadas na figura 6, são correspondentes às estações fluviométricas Balneário Cachoeira e Fazenda Paciência, estas de um caráter importante do ponto de vista de entendimento do regime de cheias na Cidade de Goiás. Como podemos observar, as duas principais bacias estão separadas por um divisor de águas: a Serra Dourada.

Com base no método Otto Pfafstetter de classificação de bacias para o estado de Goiás, disponibilizada pelo SIEG, a Bacia Rio Vermelho compreende uma bacia de classe nível 3, composta por 25 microbacias de classe nível 5 (Quadro 4), enquanto a Bacia do Rio Uru corresponde integralmente a uma única bacia de classe nível 5. A área compreendida pelas bacias delimitadas neste relatório corresponde a 13 microbacias e um trecho de uma décima quarta de nível 5 para a Bacia do Rio Vermelho e quase a totalidade da Bacia do Rio Uru.

As médias de vazão para o Rio Vermelho e Rio Uru foram obtidas a partir da análise das estações fluviométricas do Travessão para o Rio Vermelho e de Uruana para o Rio Uru. Os mesmos são dados média como m^3/s pelo período de 2003-2018 em ambas as estações. O valor médio obtido de vazão para o Rio Vermelho é de $62,55 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto o valor do Rio Uru é de $52,82 \text{ m}^3/\text{s}$.

Os dados médios de precipitação foram compilados e processados a partir dos dados das estações fluviométricas levantadas por este trabalho, no qual 7 estações foram utilizadas para a Bacia do Rio Vermelho e 4 para a Bacia do Rio Uru. O valor de precipitação se dá como precipitação média acumulada por ano, em mm, para o período de 2003-2018, do qual se concentra no período de Outubro-Abril, com valores obtidos de $1601,72 \text{ mm/ano}$ para a Bacia do Rio Vermelho e $1491,04 \text{ mm/ano}$ para a Bacia do Rio Uru. Estes dados de fluviometria e precipitação e evapotranspiração (referentes aos dados de meteorologia) serão discutidos e detalhados no capítulo de Balanço Hídrico.

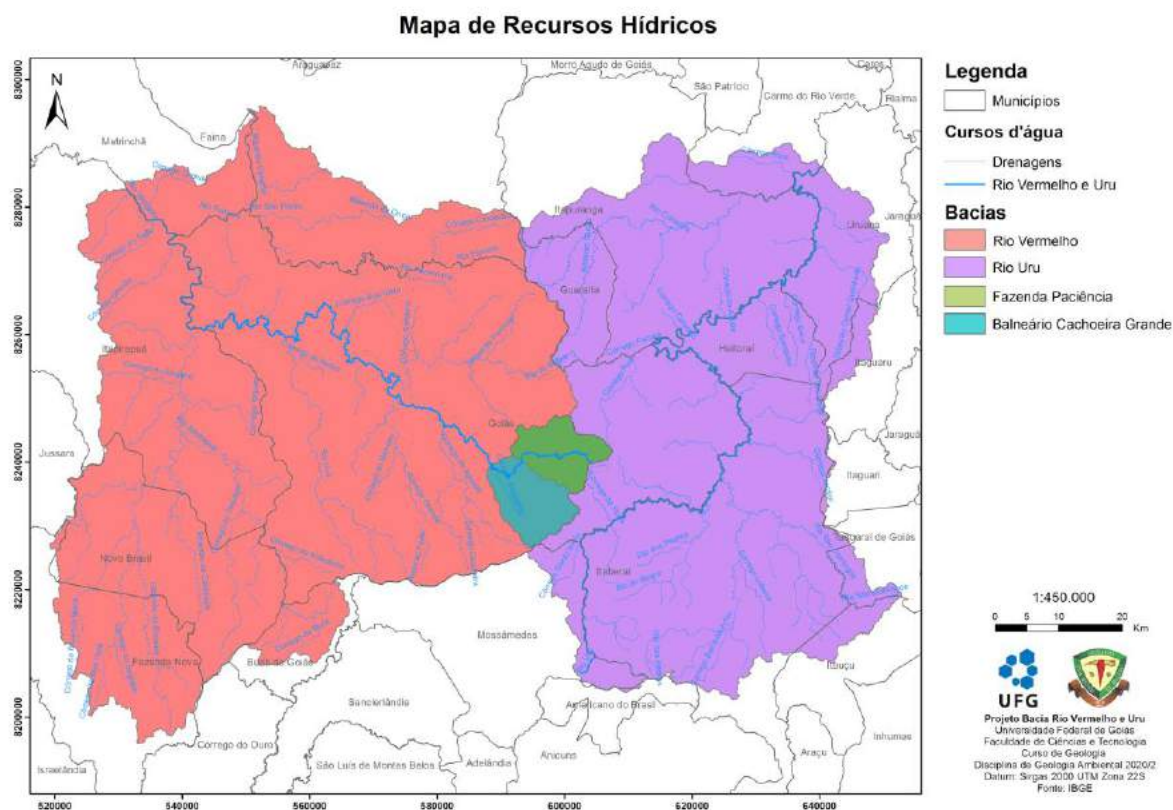


Figura 6. Mapa de recursos hídricos com representações das bacias e microbacias de estudo

Quadro 4. Regiões hidrográficas da bacia do Rio Vermelho compreendidas para a área de estudo.

Bacia (Nível 3)	Região Hidrográfica (Nível 4)	Região Hidrográfica (Nível 5)	Cobertura em relação à área de estudo
Rio Vermelho	Rio Vermelho a montante da Foz do Rio do Bugre	Rio Vermelho a montante da Foz do Rio do Bugre	Completa
	Rio do Bugre	Rio do Bugre	Completa
	Rio Ferreira	Rio Ferreira	Completa
	Rio Vermelho – Foz Rio Ferreira/Rio Itaripapuã	Rio Vermelho – Foz Rio Ferreira/Rio Itaripapuã	Completa

	Rio Itaripapuã	Foz do Rio Itaripapuã/Córrego da Onça	Completa
		Rio Itaripapuã a montante da Foz do Córrego do Taquaral	Completa
		Córrego do Taquaral	Completa
		Foz do Ribeirão do Capim/Córrego do Taquaral	Completa
		Ribeirão do Capim	Completa
		Foz do Córrego do Engano/Ribeirão do Capim	Completa
		Córrego do Engano	Completa
		Foz do Córrego da Onça/Córrego do Engano	Completa
		Córrego da Onça	Completa
	Foz do Ribeirão da Água Limpa/Rio Ferreira	Foz do Ribeirão da Água Limpa/Rio Ferreira	Parcial

Fonte: SIEG

6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A elaboração do Mapa do Uso e Ocupação do Solo da área em estudo se deu com o uso dos dados nas escalas 1:100.000, obtidos por meio de imagens do satélite Landsat e disponibilizados pelo MapBiomas, uma rede colaborativa com a ação do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG/OC). Os polígonos resultantes do processo de segmentação foram utilizados e associados às classes previamente definidas, sendo nesse caso Formação Florestal, Formação Savânica, Floresta Plantada, Formação Campestre, Pastagem, Soja, Cana, Outras Lavouras, Zona Urbana, Área

não Vegetada e Corpos d'Água. A partir dos dados obtidos, foi gerado um gráfico de barras (Figura 7) e o mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 8).



Figura 7. Uso e ocupação do solo na área de estudo.

Os dados extraídos do mapa de Uso e Ocupação do Solo mostram que a área em estudo apresenta uma forte predominância de pastagem tanto na bacia do Rio Vermelho quanto na bacia do Rio Uru. Já na região sudeste do mapa predominam em grande parte, lavouras como soja, cana e também zonas urbanas, exibindo também uma grande predominância de formação florestal e em segundo a cobertura savânica.

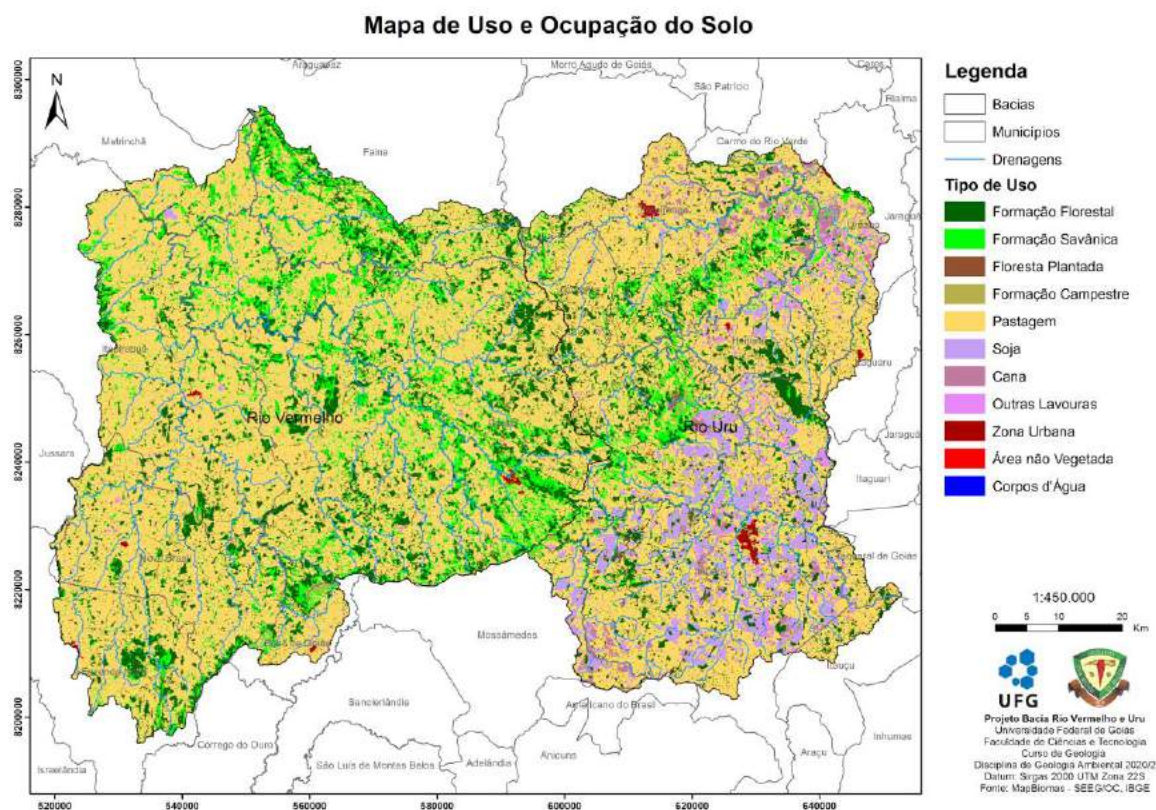


Figura 8. Mapa de Uso e Ocupação do solo

7. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

O Código Florestal, Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, define as Áreas de Preservação Permanente (APP) como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa. Essas áreas têm a finalidade de preservar o ambiente e seus recursos naturais (hídricos, geológicos, paisagem e biodiversidade), promover atividades agropecuárias sustentáveis, incentivar a recuperação da vegetação e fomentar a pesquisa científica e tecnológica. (Brasil, 2012).

O Artigo 4º desta mesma Lei, determina as condições das APPs de acordo com sua natureza. As APPs presentes na localização deste projeto são de quatro tipos e obedecem os seguintes critérios de delimitação:

- “I - Faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
 - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; e c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- IV - Áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - Encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- IX - Topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° , as áreas delimitadas a partir da curva de

nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.”

A delimitação das áreas de preservação permanente foi feita por meio do processamento de dados espaciais com o auxílio de ferramenta de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O mapa de drenagens foi disponibilizado pelo IBGE, enquanto os arquivos contendo dados sobre as APPs foram disponibilizados pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS).

Houve certa adversidade quanto à determinação de APPs ao longo dos cursos d'água por conta da dificuldade de identificação da largura média do corpo d'água. As drenagens foram avaliadas de montante para jusante considerando uma largura inicial de até 10 metros até o primeiro ponto onde a largura passa a ter valores superiores a 10 metros, ponto de mudança da categoria da APP. Deste ponto em diante foi considerada uma largura mínima de 10 metros até encontrar o primeiro ponto com largura superior a 50 metros. Este procedimento foi adotado até atingir o exutório do curso principal. Observe que esta metodologia não considera as eventuais flutuações na largura das drenagens e, por conseguinte, nas categorias das APPs.

A APP foi então definida a partir do mapa de drenagens considerando a categoria de APP correspondente. Como a medida da APP é feita a partir da margem do leito regular e o mapa de drenagem é representado por linhas, sem informação sobre a largura, na geração das APPs foi acrescentada metade da largura mínima do curso d'água. Assim, uma drenagem que está na categoria de cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura, possui uma APP de 50 metros e a esta foram adicionados 5 metros relativos à largura mínima da drenagem totalizando então uma APP mínima de 55 metros medida a partir do centro da drenagem. Este procedimento foi adotado para que fosse possível mapear as APPs ao longo dos cursos d'água mesmo sem uma informação precisa a respeito da largura média da drenagem. A APP delimitada desta forma representa a APP mínima existente na área.

A Figura 9 ilustra as delimitações das APPs. Para cursos d'água de até 10 metros, as APPs contém 30 metros, visto que, por lei, não há tamanho mínimo. Para cursos d'água de 10 até 50 metros, foi considerado 55 metros para a confecção das APPs, visto que para estas os cursos d'água possuem uma largura mínima de 10 metros. Para cursos d'água de 50 até 200 metros, foi considerado 125 metros para a confecção das APPs, visto que para estas, os cursos d'água possuem uma largura mínima de 50 metros.

Com base nos dados levantados, não havia cursos d'água com mais de 200 (duzentos) metros de largura na região estudada.

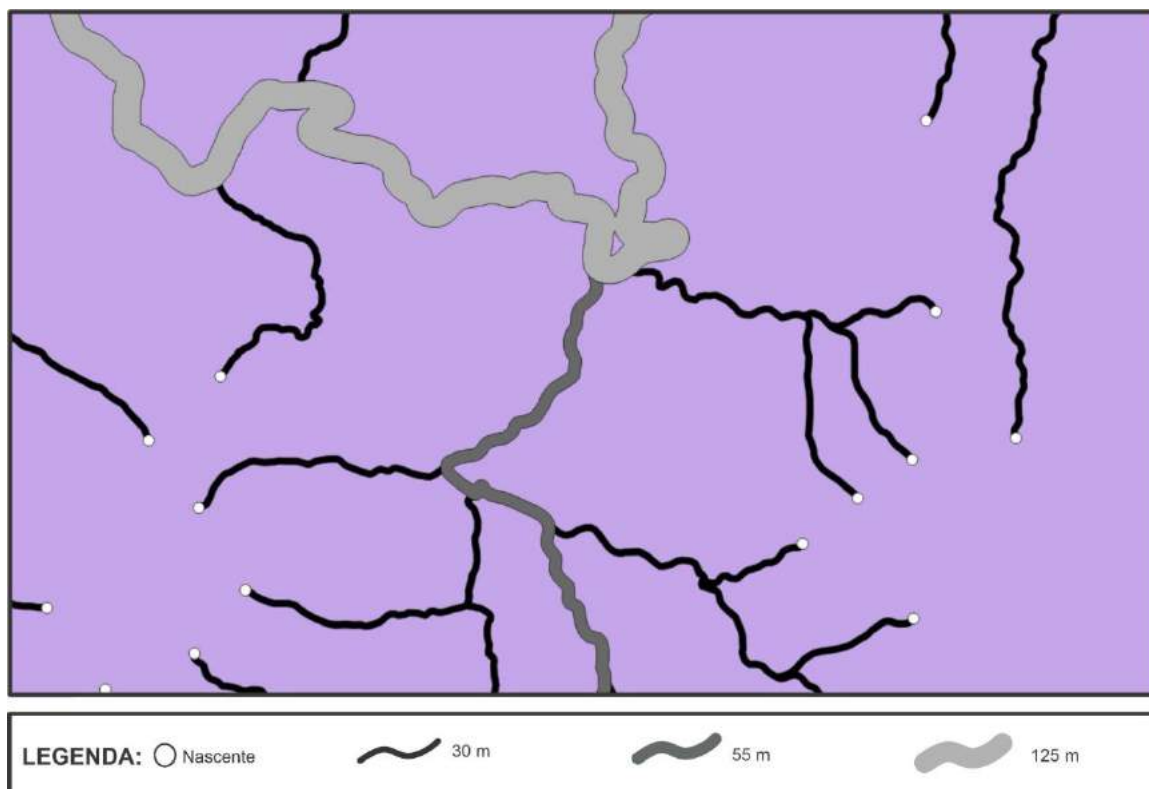


Figura 9. Amostra das delimitações das APPs de acordo com cada largura de curso d'água

Das APPs de cursos d'água, 31.316,53 ha estão localizados na Bacia do Rio Vermelho, aproximadamente 57,18% das APPs, e 23.453,46 ha estão localizados na Bacia do Rio Uru, aproximadamente 42,82%. Juntas, as APPs de cursos d'água na área estudada totalizam 54.769,99 ha. Foram contabilizados 1.986 nascentes e olhos d'água, com uma área total de 1.524,61 ha. As APPs de declividades possuem 179,23 ha, enquanto as APPs de topo de morro apresentam área de 75,03 ha.

8. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi instituído pela Lei nº9.985 de 18 de julho de 2000, a qual estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. O Art. 2º define vários conceitos importantes, dentre os quais se destaca:

“I - Unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção;

XVII - plano de manejo: documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade;

XVIII - Zona de amortecimento: o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade” (Brasil, 2000).

As categorias de unidade de conservação são definidas pelo Art. 7º, como:

- I) Unidades de Proteção Integral: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre;
- II) Unidades de Uso sustentável: Área de Proteção Ambiental (APA). Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Os Art. 11º, 15º, 16º e 21º definem Parque Nacional, APA, ARIE e RPPN respectivamente:

“Art. 11. O Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Art. 15. A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Art. 16. A Área de Relevante Interesse Ecológico é uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.

Art. 21. A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica”. (Brasil, 2000).

O Art. 27 do Decreto nº 99.274/90 estabeleceu que num raio de 10 km na área circundante de qualquer unidade de conservação, atividades que podem afetar a biota ficam subordinadas às normas editadas pelo CONAMA. Tais normas encontravam-se dispostas na resolução nº13 do mesmo órgão, posteriormente revogada pela resolução nº428, de 17 de dezembro de 2010, a qual regulamenta os procedimentos de licenciamento ambiental e empreendimentos de impacto significativo nas unidades de conservação (UCs) e zonas de amortecimento (ZAs).

O estado de Goiás possui um dos menores índices de áreas legalmente protegidas, com apenas cerca de 3,63% do território protegido na forma de 21 Unidades de Conservação (principalmente parques e APAs) e cerca de 3,28% na forma de Unidades de Conservação de Uso sustentável.

Apenas quatro unidades de conservação localizam-se na área de estudo (figura 10): O Parque Estadual Serra Dourada, a APA Dr. Sullivan Silvestre, a ÁRIE Águas de São João e a RPPN Santa Luzia.

Há ainda diversos sítios arqueológicos localizados na área de estudo e proximidades, nas adjacências do Parque Estadual Serra Dourada, cujas atividades devidamente autorizadas pelo órgão responsável estão previstas pelo Art.11º, parágrafo 3º da Lei de criação das UCs.

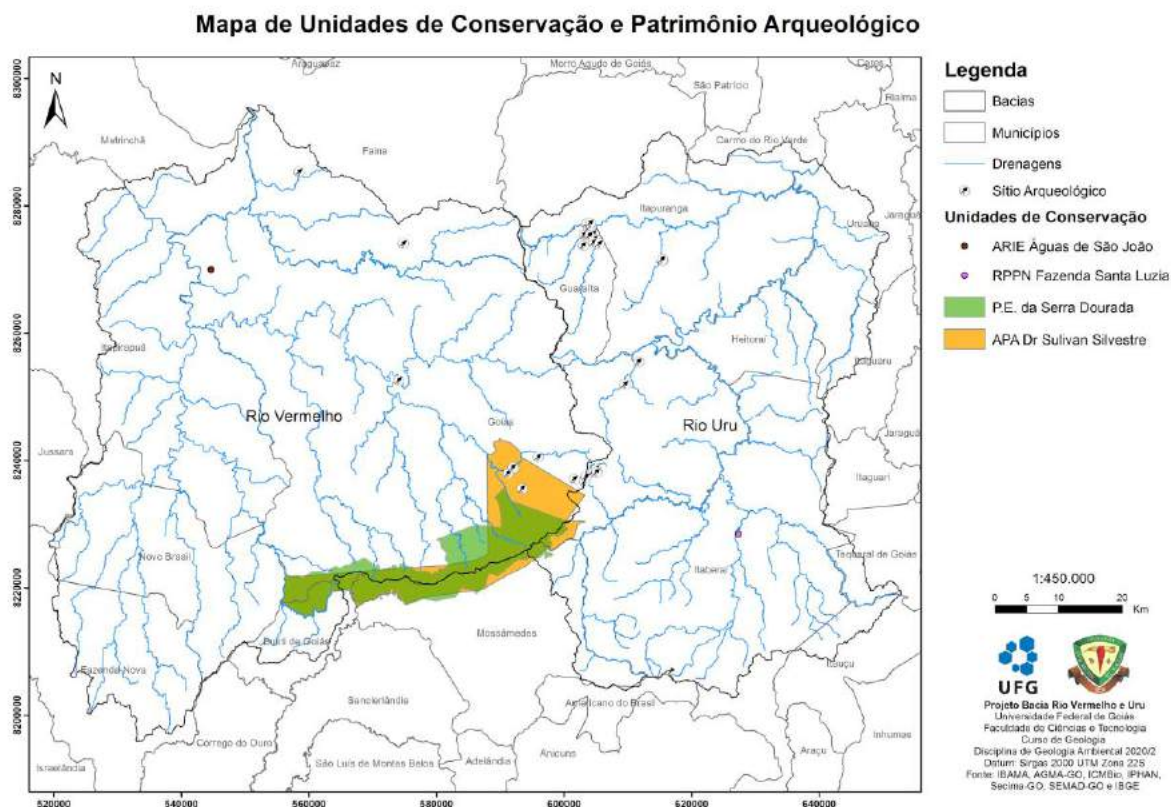


Figura 10. Mapa de Unidades de Conservação e Patrimônio Arqueológico

8.1 Parque Estadual Serra Dourada (PESD)

O Parque Estadual Serra Dourada foi criado pelo decreto nº5.768, de 5 de junho de 2003, localiza-se a cerca de 131 km de Goiânia, com área aproximada de 30 mil hectares, e abrange os municípios de Cidade de Goiás, Mossâmedes, Buriti de Goiás, englobando grande parte da APA Dr. Sullivan Silvestre.

O parque possui muitos atrativos turísticos como cachoeiras, afloramentos rochosos e diversidade de fauna e flora, constituindo um verdadeiro patrimônio ecológico.

O Art. 5º do decreto de criação do PESD determina a elaboração e aprovação de um Plano de Manejo. Até sua elaboração, fica proibida qualquer exploração dos recursos ambientais na área (GOIÁS (Estado), 2003).

A equipe consultou os órgãos competentes, e atestou-se que até a data publicação desse relatório, o Plano de Manejo do PESD ainda não foi elaborado.

8.2 APA Dr. Sullivan Silvestre

A APA de Serra Dourada foi implementada pelo decreto nº 4.866 de 12 de fevereiro de 1998, teve seus limites ampliados pelo decreto nº 5.169 de 28 de janeiro de 2000 e foi renomeada pela Lei Estadual nº 14.075 de 28 de dezembro de 2001, passando a se chamar APA Dr. Sullivan Silvestre.

A APA foi criada com objetivo de preservar flora, fauna, mananciais, geologia e paisagismos no entorno do Parque Estadual Serra Dourada, que abrange a maior parte de sua área (aproximadamente 16.851 hectares).

O artigo 4º do decreto nº 5.169 determina a proibição das seguintes atividades, com fiscalização de responsabilidade da SEMAD: implantação de atividades industriais ou minerárias, realização de obras de terraplanagem e abertura de canais sem licenciamento prévio, exercício de atividades que possam causar erosão ou assoreamento de cursos d'água, prática de caça da fauna local, despejo de efluentes nos cursos d'água abrangidos pela APA, uso de biocidas, implantação de condomínios e loteamentos (GOIÁS (Estado), 2000a).

8.3 ÁRIE Águas de São João

A Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Águas de São João foi implementada pelo decreto nº 5.182, de 13 de março de 2000, localiza-se no município de Goiás, com área aproximada de 24,91 hectares. As águas sulfurosas locais são consideradas medicinais e um grande atrativo turístico da região.

O artigo 3º do decreto de criação da ARIE determina as proibições locais, como: instalação de atividades de exploração mineral que possam alterar a quantidade e qualidade das águas sulfurosas, execução de atividades que ofereçam riscos à biota nativa e colheita de produtos nativos (GOIÁS (Estado), 2000b).

Os artigos 4º e 6º determinam que a implantação e fiscalização ambiental de atividades no interior da ARIE são de responsabilidade da SEMAD (GOIÁS (Estado), 2000b).

8.4 RPPN Fazenda Santa Luzia

A Reserva Particular de Patrimônio Nacional Fazenda Santa Luzia foi implementada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), através

da portaria nº 720, de 26 de março de 1991, localizada no município de Itaberaí (GO), com área aproximada de 41,10 hectares.

8.5 Sítios Arqueológicos

Um sítio arqueológico é um local ou grupo de locais onde ficaram preservados testemunhos e evidências de atividades do passado histórico, como: artefatos, construções, vestígios de atividade humana, etc. São considerados patrimônios históricos e culturais, cujas delimitações nem sempre podem ser definidas com precisão.

A Lei nº3.924 de 26 de julho de 1961 discorre sobre monumentos arqueológicos e pré-históricos. O Art.1º determina que tais monumentos encontram-se sob guarda e proteção do Poder Público, enquanto que o Art.5º estabelece que a destruição desses monumentos é considerada crime contra o Patrimônio Nacional. O capítulo III discute sobre escavações arqueológicas realizadas por instituições científicas especializadas (BRASIL, 1961).

A lista de sítios arqueológicos localizados nos municípios compreendidos pela área de estudo é exibida no quadro 5, os itens destacados na cor cinza correspondem a sítios que não estão dentro dos limites da área, mas situam-se suficientemente perto para serem considerados relevantes.

Quadro 5. Sítios arqueológicos situados na área de estudo e proximidades.

CNSA	Nome	Município (GO)
GO00191	Cidade de Mossamedes e Igreja	Mossâmedes
GO01212	Sítio Morro do Vale de Santana	Goiás
GO01211	Sítio M26	Goiás
GO01213	Sítio Bispo	Goiás
GO00711	Ouro Fino	Goiás
GO00930	Ouro Fino II	Goiás
GO00931	Digo-Digo	Goiás
GO01479	Sítio Histórico Urbano Bacalhau	Goiás
GO01050	Araguari	Goiás

GO01048	Estrada do Norte	Goiás
GO01049	Estrada do Nascente	Goiás
GO00001	Ferreiro	Goiás
GO00317	Rocha Furada (Guará 14)	Goiás
GO00316	Cachoeirinha (Guará 13)	Goiás
GO00710	Barra	Goiás
GO00318	Lajes (Guará 15)	Itapuranga
GO00319	Fazenda Lajes (Guará 16)	Itapuranga
GO00852	Guará 12	Guaraíta
GO00859	Guará 02	Guaraíta
GO00855	Guará 10	Guaraíta
GO00854	Guará 09	Guaraíta
GO00851	Guará 11	Guaraíta
GO00860	Guará 03	Guaraíta
GO00857	Guará 01a	Guaraíta
GO00856	Guará 04	Guaraíta
GO00853	Guará 08	Guaraíta
GO00862	Guará 07	Guaraíta
GO00861	Guará 05	Guaraíta
GO01018	Valdemar	Faina
GO01373	Sítio Histórico Urbano de Anta	Faina
GO01371	Sítio Complexo de Mineração Curral de Pedra	Faina
GO01372	Sítio Histórico Fazenda do Mestre	Faina
GO01370	Sítio Histórico Complexo de Mineração "Cava do Mestre"	Faina
GO01374	Sítio Pré-Histórico Vale da Cascata	Faina

Fonte: IPHAN.

Na área de estudo, os terrenos Granito-*Greenstones* compõem principalmente a Bacia do Rio Vermelho, e estão limitados a oeste pela zona de cisalhamento Moiporá – Novo Brasil e por depósitos aluvionares da Formação Araguaia, e a sul-sudeste pela sequência metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí e os Grupos Serra Dourada e Serra da Mesa. É representado principalmente por rochas do Complexo Uvá, divididas nos trabalhos de Jost *et al.* (2005) em Suíte Rio do Índio, composta de batólitos gnaissificados de composição tonalítica e granodiorítica com abundantes corpos pegmatóides, e Suíte Rio do Forte, com corpos de tonalitos, monzogranitos e granodioritos, e que cortam os núcleos de gnaisses da Suíte Rio do Índio, e às vezes com presença de xenólitos de gnaisses dioríticos em monzogranitos. O Complexo Caiçara consiste de gnaisses tonalíticos e em menor ocorrência os granodioríticos e

quartzo-dioríticos, e são cortados por diques e stocks máficos e ultramáficos (DANNI *et al.*, 1981; TOMAZOLLI, 1997).

Nos terrenos Granito-*Greenstones* ocorrem intrusões de Rochas Metamáfico-Ultramáficas como diques e *stocks*, controlados por zonas de fratura, representado por metadiabásios, metapiroxenitos e metahornblenditos, alterados por hidrotermalismo.

O *Greenstone Belt* do Grupo Goiás Velho ocorre nas Serras de Faina e Santa Rita, com orientação N60W, e separa os Complexos Uvã e Caiçara. Resende *et al.* (1998) divide em duas faixas por uma falha direcional NE, onde cada uma apresenta estrutura e estratigrafias independentes. Porém, dividem na base as mesmas litologias, representadas por metakomatiitos e metabasaltos do Grupo Santa Rita. Na Serra de Faina o Grupo Fumaça Rica compreende dois ciclos plataformais, cujo membro inferior apresenta lentes de metaconglomerados com clastos de metavulcânicas máficas e ultramáficas, o intermediário com metapelitos, e o superior com xistos carbonosos e formações ferríferas. E na Serra de Santa Rita, a faixa Goiás apresenta no membro inferior xistos carbonosos e no superior *metachert*, formações ferríferas, calcixistos e mármore. Metarritmitos siliciclásticos abrangem os dois membros.

Na Bacia do Rio Uru, as rochas da Suíte Jurujuba compreendem os Cinturões Paleoproterozóicos, com granitos deformados, e porções migmatizadas, de textura granoblástica, e também com ocorrências de tonalitos e granodioritos.

Acima do embasamento gnáissico arqueano, o Grupo Serra Dourada se divide em duas unidades litoestratigráficas, uma com sericita quartzitos, quartzitos arcoseanos e níveis conglomeráticos, e outra composta por sericita-clorita xistos, muscovita-quartzo xistos e granada-clorita-quartzo xistos com intercalações de sericita quartzitos. O Grupo Serra da Mesa compõe partes da área em estudo e se relaciona com o Grupo Serra Dourada (Lacerda Filho *et al.*, 1999), que se divide em uma unidade quartzítica na base e outra metapsamo-pelítica no topo.

O Arco Magmático de Goiás é representado principalmente por rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí, que de acordo com Baêta Jr. *et al.* (1997), compreende unidades metavulcânicas máfico-ultramáficas e metassedimentares, metamorfizadas na fácies xisto-verde baixo e que ocorre nas suas principais litofácies, com xistos, quartzitos, calcários, mármore, formações ferríferas e talco xistos. A sequência metavulcanossedimentar de Jaupaci também se apresenta em pequenas porções da área, com metabasaltos porfiríticos e intercalações de metavulcânicas félsicas. E a sequência do Rio do Peixe, representada por metabasalto, metaperidotito, anfibolito, metahornblendito, epidosito, rochas calcissilicáticas e *metachert*.

Ainda no Arco Magmático há intrusões plutônicas félsicas representadas pelas Suítes Rio Caiapó e Serra Negra e Granito Pau de Choro. O plutonismo máfico, com a Suíte Anicuns-Santa Bárbara, e plutonismo ultramáfico na Suíte Americano do Brasil. Granitoides sintectônicos abrangem extensa área a oeste da Zona de Cisalhamento Maiporá-Novo Brasil, que divide os terrenos Granito-Gnaissicos Arqueanos destas. Nessas rochas predominam ortognaisses tonalíticos a granodioríticos bandados, de textura milonítica a protomilonítica.

Ocorrem na bacia do Rio Vermelho depósitos aluvionares da Formação Araguaia, composto de areia fina a grossa, cascalho e lentes de material silto-argiloso. E ao longo das duas bacias ocorrem as coberturas detrito-lateríticas autóctones com carapaças ferruginosas, e ainda sedimentos aluviais ou coluviais oligomíticos.

9.2 Recursos Minerais

Historicamente, a região das Serras de Faina e Santa Rita são conhecidas por concentrarem grandes quantidades de ouro, principalmente em depósitos aluvionares recentes e do tipo *placers*. Atualmente, além dos depósitos sedimentares, lavras subterrâneas exploram o ouro primário, associado aos terrenos Greenstone Belts, cujos controles geológicos associam-se a zonas de cisalhamento hidrotermalizadas e desenvolvidas sobre as rochas metavulcano-sedimentares deste terreno. Práticas rudimentares de extração do ouro estão sendo abandonadas por exigência de Órgãos Ambientais, principalmente pela utilização do mercúrio, bem como a ausência de aplicação de novas técnicas de lavra.

Ainda na Bacia do Rio Vermelho, o ouro ocorre também em veios de quartzo associados a zonas de cisalhamento que cortam os terrenos Granito-Gnáissicos. Ao norte da Bacia do Rio Uru, nos terrenos do Arco Magmático, ocorrem intrusões sieníticas com potencial para rochas ornamentais. Ao sul da mesma Bacia, ocorrem ouro e manganês associados a calcários, em rochas metavulcano-sedimentares da Sequência Anicuns-Itaberaí, relacionadas a veios de quartzo de zonas de cisalhamento, e esmeralda, associada a rochas ultramáficas hidrotermalizadas em contato com rochas graníticas.

Potenciais para exploração de quartzito como pedra tipo Pirenópolis encontram-se principalmente nos Grupos Serra da Mesa e Serra Dourada, com associação a conglomerados diamantíferos. Além das áreas potenciais apresentadas e suas principais substâncias minerais (Figura 12), ocorrem também areia e argila, calcário calcítico e dolomítico, cobre, feldspato, grafita, mármore, níquel, pirita, talco e titânio.

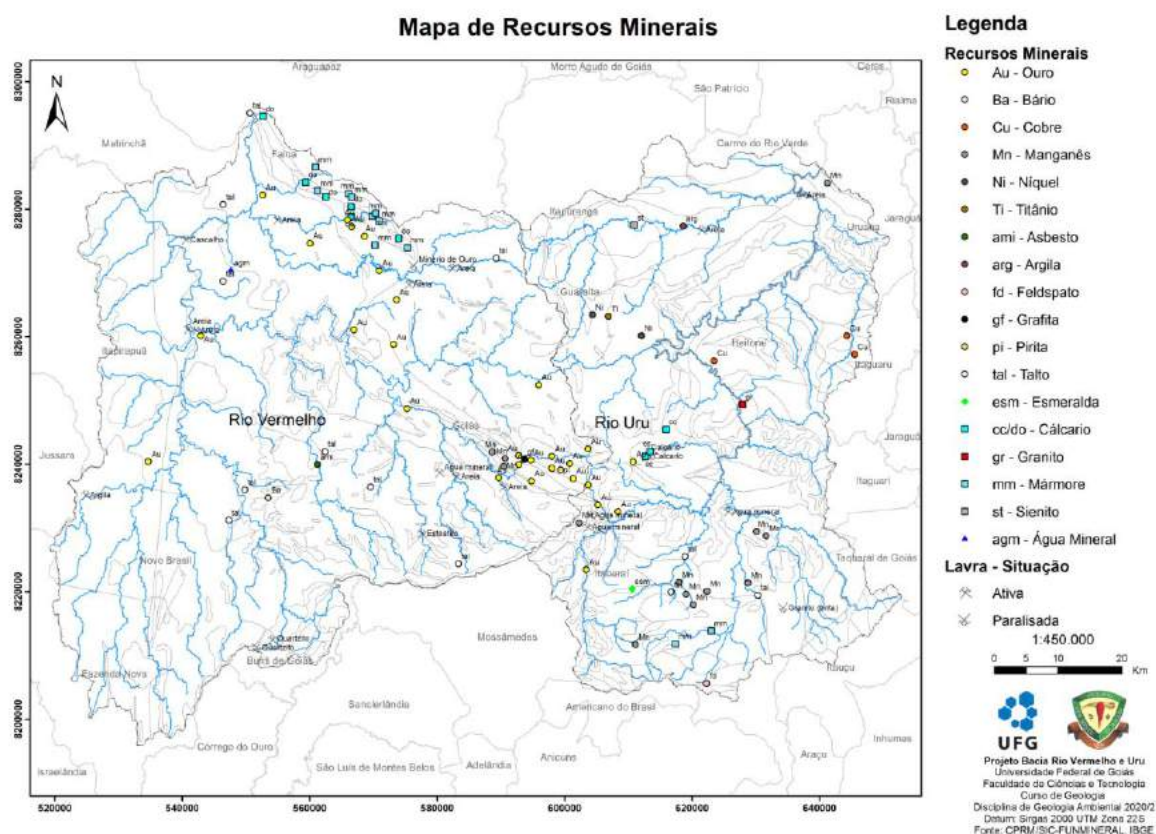


Figura 12. Mapa de recursos minerais com suas principais ocorrências minerais

De acordo com a ANM – Agência Nacional de Mineração, em consulta realizada em 09/06/2021, as Bacias do Rio Vermelho e Uru possuem 100 processos em fase de exploração concedidas conforme o regime solicitado pelo titular da área. Destes, 61 processos são para extração de areia para uso na construção civil, seguido de 9 processos para minério de ouro, 7 para cascalho, 4 para calcário (corretivo de solo) e 4 para água mineral. Completam a lista granito para brita (3), argila para cerâmica (2), minério de titânio (2), quartzito (2), berilo (1), cianita (1), cobre (1), esmeralda (1), esteatito (1) e gnaiss para revestimento (1).

Porém, na fase de autorização de pesquisa, há 178 processos ativos, e destes, 107 são para pesquisa de minério de ouro, principalmente nas Serras de Faina e Santa Rosa, 18 para sienito, 11 para minério de cobre e 7 para minério de manganês. Os demais compreendem ilmenita, diamante, areia, granito, calcário e água mineral.

9.3 Pedologia

Predomina na área de estudo Cambissolos, Argissolos e Latossolos, e localmente os Neossolos, Chernossolos e Plintossolos (Figura 13).

Os Cambissolos compreendem os solos formados por material mineral, no qual possuem horizonte B incipiente que está subjacente a algum horizonte superficial, possuem a sequência

de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R. Assim, as características desses solos são muito variáveis. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho- escura, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila (EMATER, 2016).

São solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico.

“Compreendem solos em avançado estágio de intemperização, bem evoluídos resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com certo grau de gleização. São normalmente muito profundos. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem, todavia, solos com saturação por bases médias e até mesmo altas. Estes últimos são encontrados geralmente em zonas (semiáridas ou não) que apresentam estação seca pronunciada, ou ainda que apresentem influência de rochas básicas ou calcárias. Esses solos são típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos”. (EMATER, 2016).

Segundo EMATER, 2016, os argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, onde possui características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alíticosolos, são constituídos por material mineral com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E e apresentando ainda os seguintes requisitos: Horizonte plântico, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural, Horizonte glei, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural.

Sobrepondo terrenos arqueanos da Bacia do Rio Vermelho predominam Cambissolos distróficos, que se estendem em porções do oeste da Bacia do Rio Uru. Os Argissolos estão presentes principalmente na porção oeste da Bacia do Rio Vermelho, principalmente Argissolo vermelho distrófico, e em áreas da Bacia do Rio Uru como Argissolo vermelho eutrófico.

Latossolos compreendem principalmente a maior parte da Bacia do Rio Uru, com predomínio de Latossolo Ebânico distrófico leptofragmentário, e Latossolo Vermelho distrófico.

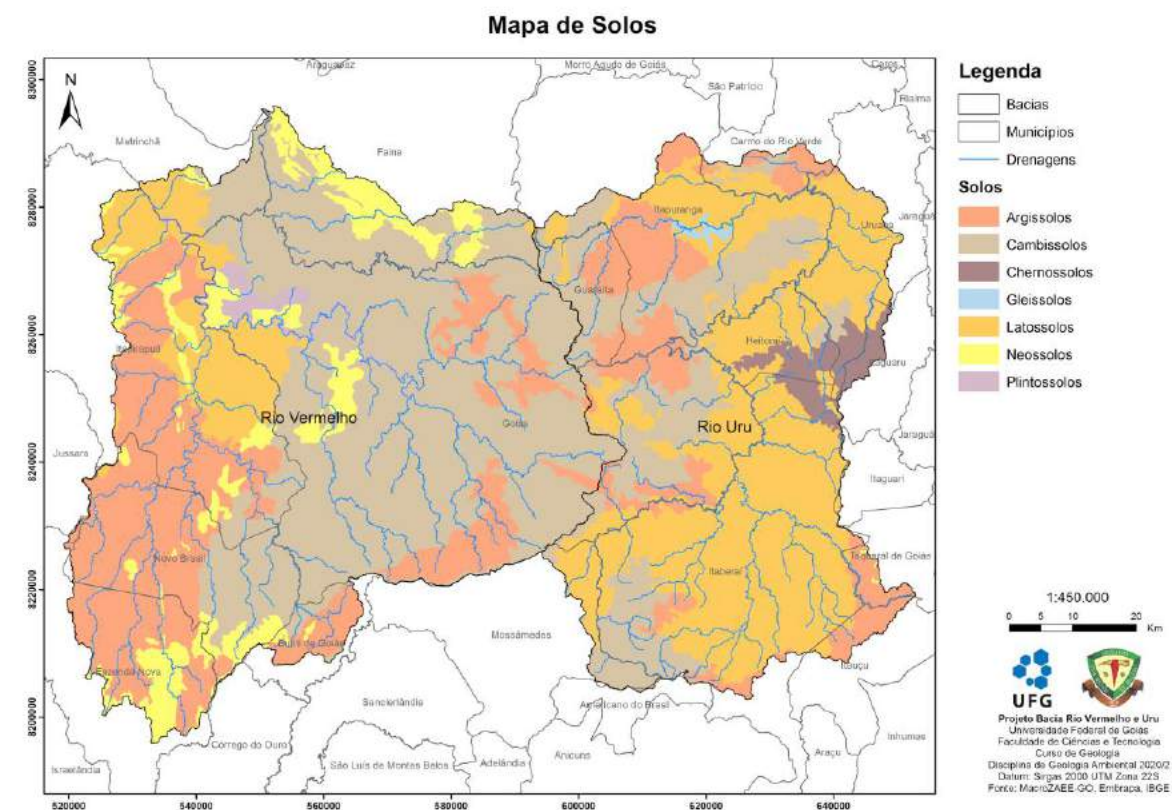


Figura 13. Mapa de solos

9.4 Sistemas Acuíferos Rasos

De acordo com Almeida *et al.* (2006), aquíferos rasos ou freáticos são aquíferos que contém zonas saturadas e não saturadas e permitem circulação de água de acordo com um modelo neumaniano de fluxo laminar em aquíferos livres. Estão associados a coberturas regolíticas, com o tipo de solo e suas características de textura, estrutura, capacidade de armazenamento e condutividade hidráulica vertical (K_v), e são divididos em Sistema Aquífero Freático I, Sistema Aquífero Freático II e Sistema Aquífero Freático III.

Estão presentes na área de estudo os Sistemas II e III, e principalmente na Bacia do Rio Vermelho, de sistema aquífero freático classificado como inexistente (Figura 14) associado a Cambissolos e Neossolos Litólicos, por não apresentarem zona saturada perene rasa, fluxo na porosidade intergranular, e com isso, não há função filtrante e reguladora neste sistema (Almeida *et al.*, 2006).

O Sistema Freático II associa-se a Latossolos e predomina na Bacia do Rio Uru, e em porções da Bacia do Rio Vermelho. Caracteriza-se pela condutividade hidráulica alta e elevada porosidade efetiva, não inferior a 8%. A espessura média dos regolitos é de 20 metros e os valores de condutividade hidráulica estão entre 10^{-7} e 10^{-4} m/s em superfície, e de 10^{-9} a 10^{-4} m/s em profundidade.

Já o Sistema Freático III inclui os solos classificados como Argissolos e Nitossolos, e por isso predomina principalmente no oeste da Bacia do Rio Vermelho, e em pequenas áreas da Bacia do Rio Uru. A espessura média saturada é de 10 metros, com espessura média total de 20 metros. A condutividade hidráulica vertical na superfície varia de 10^{-7} a $2,0 \times 10^{-4}$ m/s, e em profundidade varia de $4,1 \times 10^{-9}$ m/s a $9,4 \times 10^{-5}$ m/s.

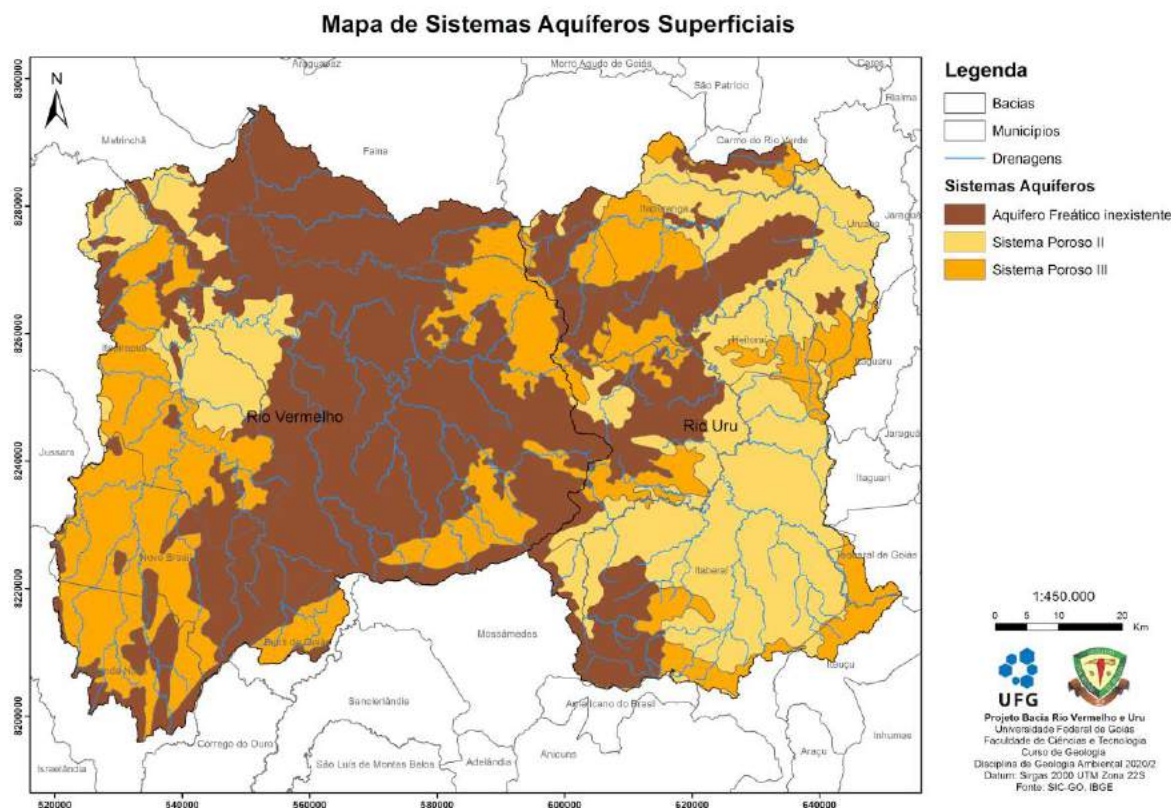


Figura 14. Mapa de Sistemas Aquíferos Rasos

9.5 Sistemas Aquíferos Profundos

Aquíferos profundos estão diretamente associados com a litologia, e são classificados como intergranular, fissural, dupla porosidade, fissuro-cárstica e cárstica. Variam de dezenas a centenas de metros e podem ser livres ou confinados (Almeida *et al.*, 2006).

Diniz *et al.* (2016) no Projeto de Disponibilidade Hídrica do Brasil, realizado pela CPRM, definiu quatro classes taxonômicas para agrupamento das unidades, da mais ampla para a fundamental: Unidades Hidrolitológicas; Sistemas Aquíferos; Aquíferos; e Unidades Hidroestratigráficas. Sendo as Unidades Hidroestratigráficas como elemento básico para o mapeamento.

A área de estudo (Figura 15), em sua totalidade, está inserida na Unidade Hidroestratigráfica Fraturada, como Embasamento Fraturado Indiferenciado, e engloba todas as unidades geológicas descritas neste trabalho. Almeida *et al.* (2006) define em seu trabalho

Hidrogeologia do Estado de Goiás 22 sistemas aquíferos profundos, subdividindo as Unidades Hidroestratigráficas.

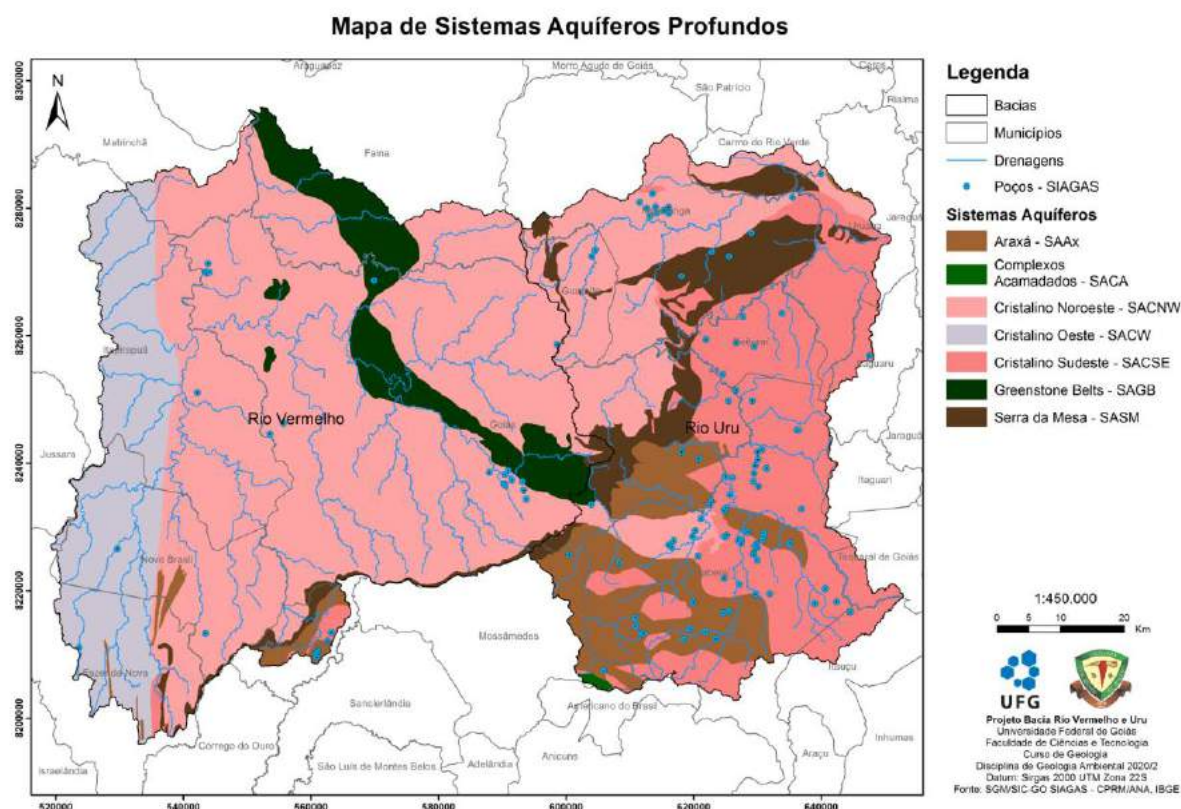


Figura 15. Mapa de Sistemas Aquíferos Profundos com poços da base do SIAGAS

Na Bacia do Rio Vermelho e oeste da Bacia do Rio Uru predominam o Sistema Aquífero Cristalino Noroeste (SACNW) com correspondência aos gnaisses e granitos arqueanos, com porosidade secundária fissural, e recoberta principalmente por latossolos, apresenta elevado potencial das zonas fraturadas. As vazões médias em poços é de $9 \text{ m}^3/\text{h}$, a condutividade hidráulica média é de $8,5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ e transmissividade média de $1,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Ainda na porção oeste desta bacia, predomina o Sistema Aquífero Cristalino Oeste (SACW), associada a rochas do Arco Magmático do Oeste de Goiás, com vazões médias de $6 \text{ m}^3/\text{h}$. E nas Serras de Faina e Santa Rosa, o Sistema Aquífero Greenstone Belt (SAGB), de utilização e potencial restrito, heterogêneo e anisotrópico, possui vazões médias de $4,3 \text{ m}^3/\text{h}$, condutividade hidráulica média de 10^{-7} m/s e transmissividade da ordem de $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Todos os três sistemas na Bacia do Rio Vermelho pertencem a Província Escudo Central.

No leste da Bacia do Rio Uru predomina o Sistema Aquífero Cristalino Sudeste (SACSE), associada ao Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, com parâmetros de condutividade hidráulica média de $8,8 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ e transmissividade média de $1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, com vazão média é de $6 \text{ m}^3/\text{h}$. O Sistema Aquífero Araxá (SAAX) relaciona-se com as rochas do

grupo homônimo, com média de vazões de 3,5 m³/h, chegando a médias isoladas de 6,5 m³/h quando há presença de lentes de mármore nos sistemas de fraturas abertas. Ambos os sistemas descritos pertencem à Província do Escudo Oriental.

O Sistema Aquífero Serra da Mesa (SASM) corresponde às rochas do Grupo Serra da Mesa e Serra Dourada, e compreende principalmente a porção centro-norte da Bacia do Rio Uru, e em menor expressão a borda sul-sudeste da Bacia do Rio Vermelho. A vazão média é de 5 m³/h, condutividade hidráulica média de 2,0x10⁻⁶ m/s e transmissividade média de 3,0x10⁻⁴ m²/s.

E em uma pequena área da porção sul da Bacia do Rio Uru, o Sistema Aquífero Complexos Acamadados (SACA), com vazão média de 5,7 m³/h, é associado ao maciço ultramáfico de Americano do Brasil, e possui características anisotrópicas e heterogêneas, pode estar livre ou confinado, do tipo fraturado clássico. Resultados de condutividade hidráulica estão em torno de 5,0x10⁻⁷ m/s e transmissividade de 7,6x10⁻⁵ m²/h.

De acordo com o sistema SIAGAS, há na área pesquisada 125 poços locados, principalmente na Bacia do Rio Uru (aproximadamente 78%).

10. SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA

A susceptibilidade erosiva foi calculada por meio do método empírico mais difundido e aceito no mundo, o método USLE (Universal Soil Loss Equation). Esse método é constituído por 5 parâmetros principais: o fator de erosividade da chuva R (em unidade de Mj.mm/ha.h.ano), o fator de erodibilidade do solo K (em unidade de t.h/mj.mm), o comprimento do declive L (adimensional), a declividade S (adimensional), o uso do solo C (adimensional) e o fator de práticas conservacionistas P (adimensional). Esses fatores são utilizados para estimar a perda média anual de solo A (em unidade de ton/ha/ano) segundo a equação:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

A fator de erosividade da chuva (Fator R) é um valor numérico que avalia o impacto da chuva na forma de energia cinética, prevendo também a taxa e a quantidade de escoamento interligado aos eventos de precipitação. O fator R é obtido através do produto entre a energia cinética total da chuva (E) e a sua intensidade máxima em 30 minutos (I30).

Para calcular o índice de erosão (EI30) foi utilizada a equação de Wischmeier & Smith (1958), ajustada por Silva et al (2010) para o estado de Goiás, dada por:

$$EI30 = 215,33 + 30,23 \cdot (MFI)$$

Onde: $MFI = \frac{Pi}{2P}$, sendo que Pi representa a média total mensal de precipitação e P representa a média total anual de precipitação.

Para obter os dados de precipitação foram coletados dados pluviométricos do período entre janeiro de 2003 a dezembro de 2018 de 11 estações diferentes, 7 delas com dados referentes à bacia do Rio Vermelho e 4 com dados referentes à bacia do Rio Uru. A análise dos dados foi feita com o auxílio do software R-Studio. No final chegou-se a um valor para o fator R igual a 9342 MJ.mm.ha-1.h-1 para a bacia do Rio Vermelho e 9594 MJ.mm.ha-1.h-1 para a bacia do Rio Uru

A fator K mostra a resistência do solo à erosão em condição padrão e é diferente para cada tipo de solo, além de poder ser calculado usando diversos modelos distintos cujos parâmetros estão intrinsecamente relacionados ao tipo de solo e/ou características geológicas como material original, textura, estrutura, conteúdo de matéria orgânica e porosidade. Para encontrar os valores de K correspondentes aos solos presentes na área de estudo foi necessária uma revisão bibliográfica com diversos artigos. Devido ao fato de vários autores terem calculado o K utilizando parâmetros como a declividade, os valores encontrados para alguns solos estão aquém de serem exatos. Na tabela 3 abaixo podem ser observados os valores correspondentes a erodibilidade do solo utilizados neste trabalho.

Tabela 3. Relação dos valores de Fator K para os solos da região

Solo	Fator K (t.h/mj.mm)
Latossolos	0,0162
Chernossolos	0,0309
Neossolos	0,0351
Gleissolos	0,0361
Argissolos	0,0425
Plintossolos	0,0438
Cambissolos	0,0508

Os fatores L e S foram calculados no software QGis, utilizando a ferramenta de hidrogeologia *LS-Factor, field based* já integrada do SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), usando o modelo digital de elevação. O cálculo utilizou como base o modelo de Desmet e Govers (1996) com declive local e comprimento de fluxo efetivo.

Como este estudo tem enfoque em calcular a susceptibilidade erosiva da área sem a interferência de ações antrópicas, fatores como uso e manejo do solo (Fator C) e práticas conservacionistas (Fator P) serão desconsiderados para o cálculo do produto final.

Os produtos resultantes dos fatores R, K e LS foram multiplicados entre si utilizando a ferramenta de *Raster Calculator* disponível no software ArcGis para gerar o mapa de susceptibilidade erosiva (Figura 16).

A Bacia do Rio Uru, cuja área total é de 366.675 ha, apresenta 93,43% destes terrenos com índices considerados de fraca a moderada susceptibilidade erosiva, sendo 83,42% fraco e 10,01% moderado. As regiões consideradas de alta, muito alta, severa e muito severa compõem os 6,57% restantes da área total, sendo 4,37% com susceptibilidade erosiva alta, 1,7% muito alta e 0,5% severo ou muito severo (Tabela 4).

A Bacia do Rio Vermelho, com área total de 526.000 ha, apresenta 82,8% destes terrenos com índices considerados de fraca a moderada susceptibilidade erosiva, onde 67,58% é considerada fraca e 15,2% moderada. As regiões consideradas de alta, muito alta, severa e muito severa compõem os 17,22% restantes da área total, sendo 9,94% com susceptibilidade erosiva alta, 5,45 % muito alta e 1,83% severo ou muito severo. (Tabela 4).

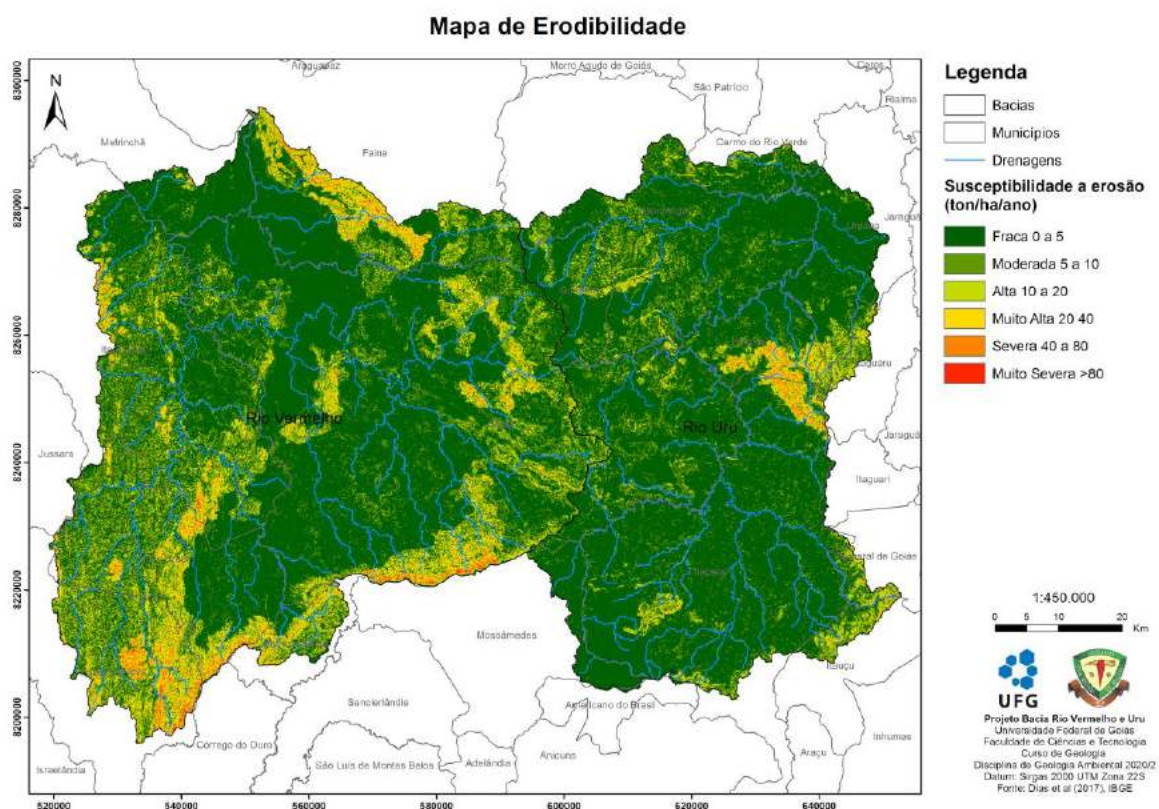


Figura 16. Mapa de Erodibilidade

Tabela 4. Áreas com suscetibilidade erosiva das Bacias do Rio Uru e Bacia do Rio Vermelho

Áreas de suscetibilidade erosiva			Áreas de suscetibilidade erosiva		
Bacia do Rio Uru			Bacia do Rio Vermelho		
Índice	Área (ha)	Porcentagem	Índice	Área (ha)	Porcentagem
Fraca	305.880	83,42	Fraca	355.440	67,58
Moderada	36.700	10,01	Moderada	79.920	15,20
Alta	16.020	4,37	Alta	52.290	9,94
Muito Alta	6.240	1,70	Muito Alta	28.680	5,45
Severa	1.670	0,46	Severa	8.530	1,62
Muito Severa	165	0,04	Muito Severa	1.100	0,21
Total	366.675	100	Total	525.960	100

Comparando o produto final com o mapa de solos é perceptível que os argissolos, gleissolos, neossolos e chernossolos encontram-se em zonas com maiores declividades e com uma susceptibilidade erosiva entre muito alta e muito severa (acima de 21 ton/ha/ano) segundo a classificação de Lima et al. (2017). Os argissolos, em especial, mesmo em áreas com baixo declive apresentam susceptibilidade erosiva muito alta.

Cambissolos caracterizam a maior porção da área da Bacia do Rio Vermelho. São encontrados majoritariamente em regiões com declive intermediário e apresentam o maior valor de K dentre todos os solos da região, apresentando susceptibilidade erosiva fraca à moderada. Na Bacia Rio Uru os latossolos são predominantes e estão localizados em regiões com baixa declividade. Apresentam o menor valor de K mas sua susceptibilidade erosiva varia entre fraca à moderada.

11. BALANÇO HÍDRICO

Segundo Bertol et al (2006) o balanço hídrico se baseia no princípio da conservação de massa, ou seja, considerando um sistema fechado, a soma de toda a água que entra no sistema subtraída da soma de toda a água que sai do sistema é igual à variação do armazenamento no sistema. Assim, o balanço hídrico é composto de diversas parcelas que podem ser obtidas por meio da medida no campo (e.g. precipitação) ou calculado por meio de um modelo matemático, utilizando como base o trabalho de Mishra e Singh (2003) .

Outras parcelas podem ser calculadas diretamente pelo balanço hídrico. Por exemplo, no presente caso a precipitação na forma de chuva corresponde à parcela de entrada e a infiltração e escoamento superficial correspondem às parcelas de saída, não havendo variação do armazenamento. Assim:

$$P_i = R_i + I_i$$

Onde: P_i é a precipitação no dia i e R_i e I_i são respectivamente o escoamento superficial e a infiltração no mesmo dia i .

A precipitação é obtida de estações pluviométricas, o escoamento superficial é obtido do modelo Curve Number e a infiltração pela equação do balanço de massa.

A água que infiltra no solo irá contribuir para a umidade do solo e corresponde a um novo sistema com outro balanço hídrico:

$$U_i = U_{i-1} + I_i - ET_i - G_i$$

Onde: U_i é a umidade do solo no dia i e ET_i e G_i são respectivamente a evapotranspiração e a recarga do aquífero no mesmo dia i .

No presente caso a evapotranspiração foi obtida de estações meteorológicas e a recarga do aquífero corresponde à quantidade de água que excede a capacidade de campo, ou seja, o solo possui uma capacidade máxima de armazenamento chamada de capacidade de campo e quando esta capacidade é atingida o excedente irá alimentar os aquíferos.

No aquífero há um outro balanço hídrico:

$$S_i = S_{i-1} + G_i - B_i - D_i$$

Onde: S_i é a quantidade de água armazenada no aquífero, B_i é o fluxo de base e D_i corresponde à parcela de água do aquífero que irá percolar para aquíferos mais profundos.

O fluxo de base e a percolação para aquíferos profundos seguem um decaimento exponencial e são obtidos pelo produto de um fator pela quantidade de água armazenada no aquífero (S_i).

Por fim, o fluxo no rio em um determinado dia pode ser obtido pela soma do escoamento superficial com o fluxo de base. Este fluxo calculado/modelado pode ser então comparado com medições de vazão feitas em estações fluviométricas. Este último passo pode ser utilizado para calibrar os diversos parâmetros do balanço hídrico de forma a minimizar a soma do quadrado da diferença entre o fluxo medido e o calculado/modelado.

Um modelo de balanço hídrico calibrado para uma bacia permite a avaliação de cenários a partir do efeito da variação dos parâmetros de entrada nos diversos termos do balanço hídrico. Por exemplo, é possível avaliar a influência da precipitação na vazão em um curso d'água.

Por meio do balanço hídrico é possível avaliar a disponibilidade de água no solo e assim determinar as condições de umidade do solo que uma determinada lavoura estará sujeita, à qual está intimamente ligada aos níveis de rendimento dessa lavoura.

O tipo de vegetação, solo, relevo e litologia influenciam bastante todo esse processo do ciclo hidrológico, um solo arenoso por exemplo tem uma maior taxa de infiltração e perda de água que um solo argiloso.

A metodologia adotada para alcançar os resultados de balanço hídrico, foi na aquisição de dados convencionais de estações fluviométricas, pluviométricas e meteorológicas. Após a coleta de dados e separação dos mesmos, foi escolhido um período de tempo diferente para cada tipo de análise, o qual será apresentado nos tópicos a seguir. Todos os cálculos que envolvem a necessidade de obter algum valor ou parâmetro, foram realizados pelo software R studio, os demais dados como mapas foram realizados por software de SIG.

11.1 Precipitação

O principal termo do balanço hídrico é a precipitação. A Figura 17 mostra a variação da precipitação mensal para a área de estudo compreendendo um período de 45 anos. Os pontos no gráfico correspondem a eventos extremos muito além da mediana, podendo ser uma chuva muito elevada ou muito baixa para o mês em questão.

Para a área de estudo a precipitação possui um período de seca bem definido compreendido entre os meses de maio e setembro; e um período chuvoso (precipitação maior que 60 mm mensais) nos demais meses.

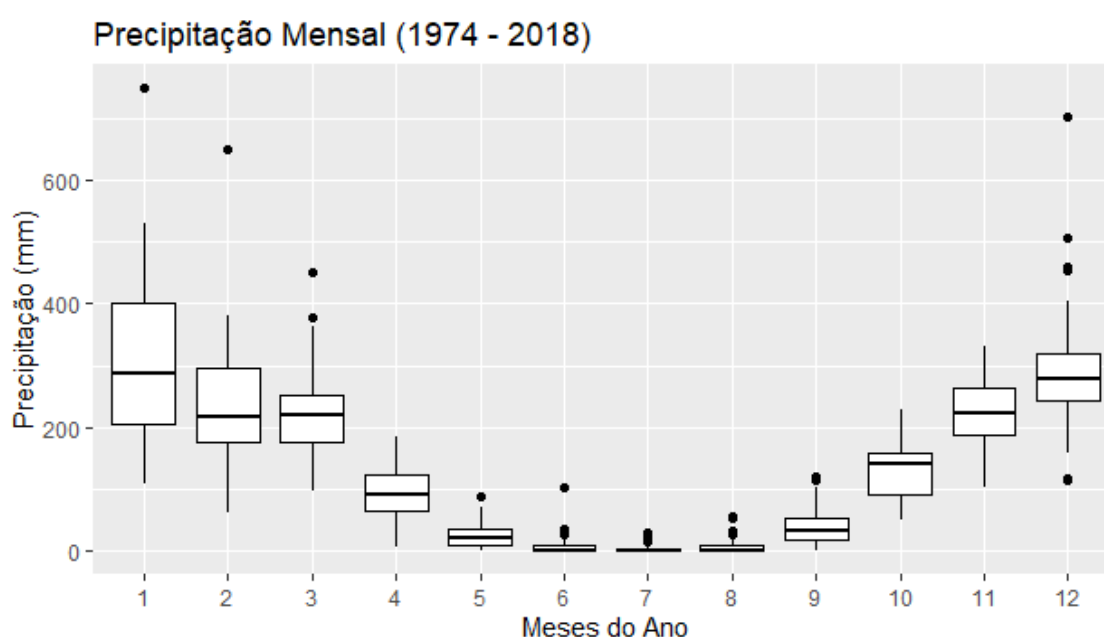


Figura 17. Precipitação mensal para toda a área de estudo no período (1974-2018)

O gráfico da figura 18, apresenta as variações nos níveis de precipitação anual na área em relação à precipitação média. Os anos que estão em azul, são anos que choveu acima da

média, como na década de 1980. Os anos em vermelho são aqueles em que choveu abaixo da média como na década de 1990 e 2010. Este gráfico foi gerado com base nos dados obtidos por nove estações pluviométricas na área de estudo, e como pode-se observar, desde meados de 2015 a quantidade média anual de chuva esteve bem abaixo da média. Esta precipitação consistentemente abaixo da média tem contribuído para a crise hídrica na região, citada frequentemente pelos meios de comunicação.

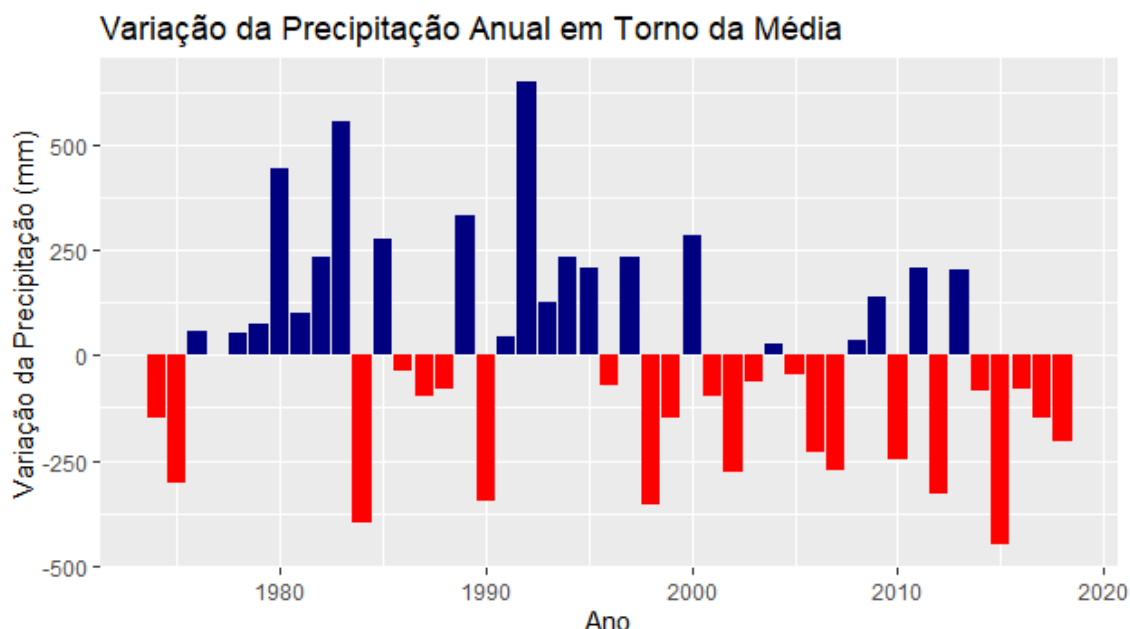


Figura 18. Precipitação anual para todas as estações no período (1974-2018)

11.2 Fluxo de Base

A descarga de água subterrânea para o sistema superficial corresponde ao fluxo de base. Durante o período de seca o fluxo no rio é composto apenas pelo fluxo de base pois não havendo precipitação não há escoamento superficial. Desta forma é possível encontrar a taxa de decaimento do fluxo de base por meio da interpolação dos dados de fluxo no período de seca por uma equação de decaimento exponencial.

O procedimento consiste na seleção de um período sem precipitação para cada ano. Na sequência é feita a interpolação dos dados e encontrado o expoente que melhor representa o decaimento exponencial do fluxo de base. A Figura 19 mostra os valores encontrados para cada bacia e o período de 2003 a 2018.

O fluxo de base então pode ser definido pela equação (RALPH, MANDEL e WU, 1992):

$$B = S_i \times e^{-r}$$

Onde: B é o fluxo de base, S_i é o armazenamento no aquífero e r é o expoente de decaimento.

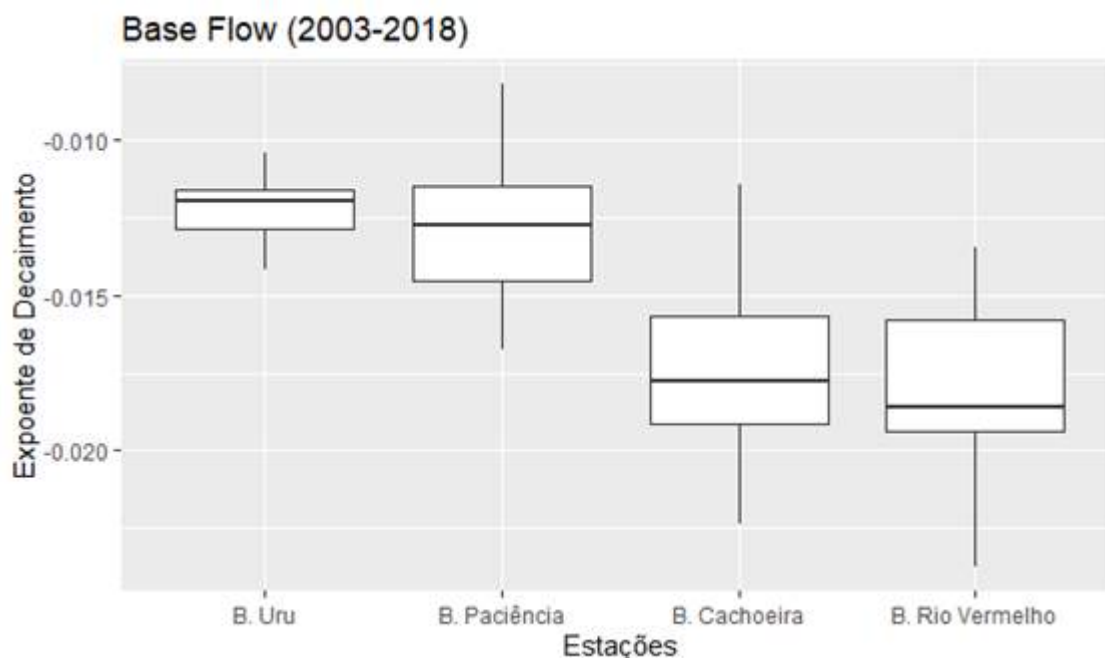


Figura 19. Fluxo de base para cada estação no período de (2003-2018)

Através do gráfico, foi possível obter os dados para o expoente de decaimento(r), o qual para a Bacia Uru foi de - 0,0119, para a Bacia Fazenda Paciência foi de - 0,0127, para a Bacia Balneário Cachoeira Grande foi de - 0,0177 e para a Bacia Rio Vermelho foi de - 0,0186.

11.3 Escoamento Superficial (*Runoff*)

O cálculo do escoamento superficial foi feito com base no método *Curve Number*, que é um método empírico desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo Estadunidense.

O método utiliza como parâmetros de entrada a precipitação diária e o CN2 que é um parâmetro que leva em consideração a cobertura vegetal e o tipo de solo da bacia. Este parâmetro é geralmente obtido por meio da análise dos mapas de solos e do uso de solos. Contudo, no presente caso ele foi obtido por meio da calibração do modelo de forma a encontrar o valor de CN2 que minimiza o erro global entre a vazão medida e a calculada para a bacia em estudo.

Assim, os valores para o escoamento superficial foram obtidos por meio do método *Curve Number*, através da seguinte fórmula (RALPH, MANDEL e WU, 1992):

$$Q_i = \frac{(P_i - 0,2 \times D_s)^2}{P_i + 0,8 \times D_s}$$

$$D_s = \frac{2540}{CN_i} - 25,4$$

Onde Q_i é runoff no dia i , P_i a precipitação no dia i , D_s parâmetro de retenção e CN o valor de *curve number*.

11.4 Evapotranspiração

A evapotranspiração compreende a evaporação da água e a transpiração das plantas. O modelo de evapotranspiração utilizado considera que a quantidade de água que evapotranspira em uma bacia é proporcional à evaporação potencial. A evaporação potencial foi obtida de estações meteorológicas e os fatores multiplicadores foram otimizados para minimizar a diferença entre o fluxo medido e o calculado para a bacia. São considerados dois fatores: um para o período de dormência e outro para o período de crescimento das plantas, que é definido como os períodos em que a precipitação mensal é inferior ou superior a 60 mm (RALPH, MANDEL e WU, 1992).

$$ET_i = \min (U_i, CV \times E_{pot})$$

Sendo ET_i a evapotranspiração a ser calculada; E_{pot} a evaporação potencial, CV o fator utilizado para o período de dormência ou crescimento; e U_i a quantidade de água disponível no solo, ou seja a quantidade máxima que pode evapotranspirar.

11.5 Bacia do Rio Vermelho

Com base nos parâmetros supracitados, e com um recorte temporal mensal para o período de 2003 a 2018 medidos na estação fluviométrica 25130000, obtivemos os dados de vazão diária (figura 20), fluxo de base (figura 21), *runoff* (figura 22) e evapotranspiração (figura 23) para a Bacia Rio Vermelho.

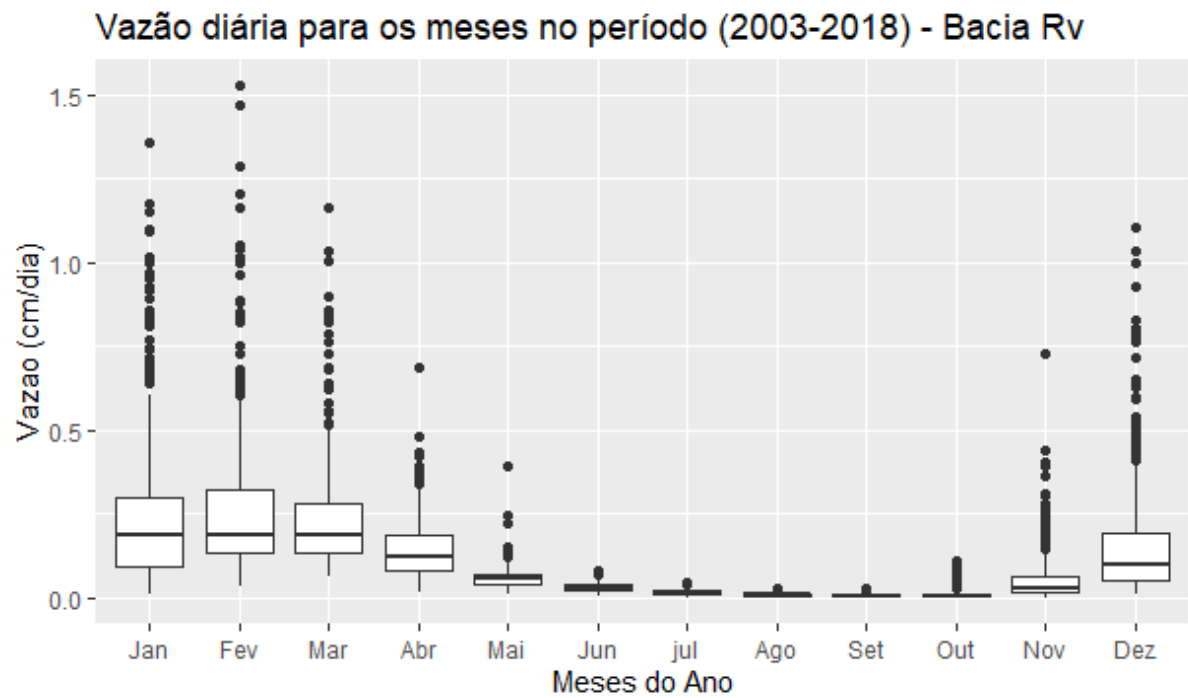


Figura 20. Vazão diária mensal para Bacia do Rio Vermelho no período (2003-2018)

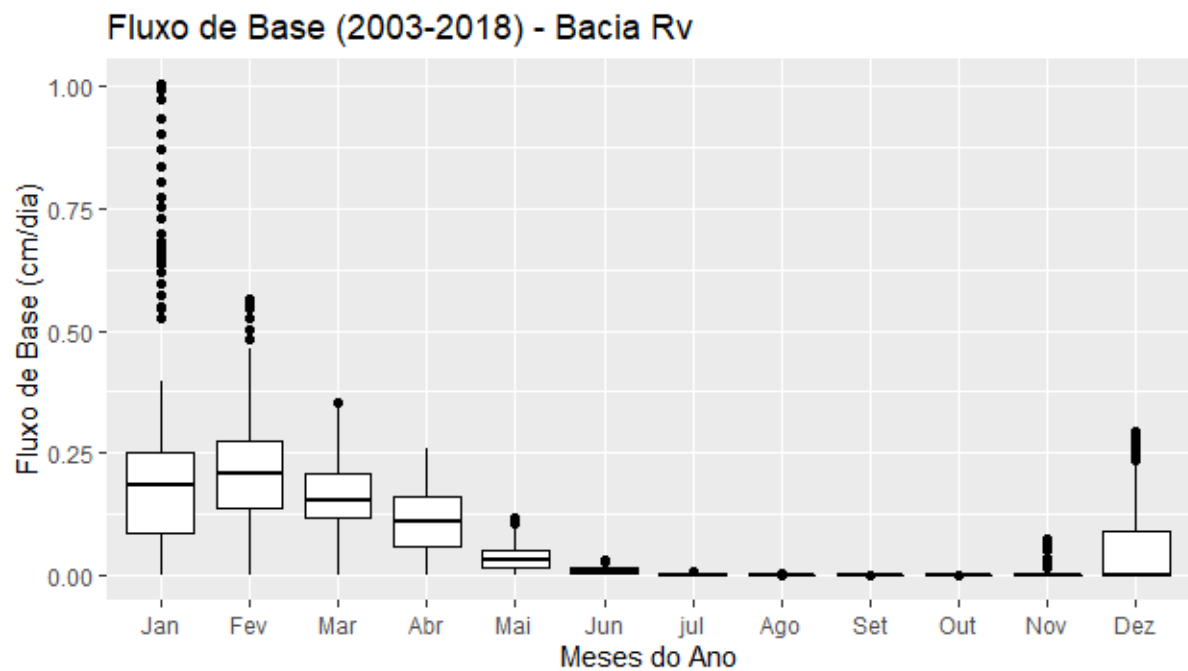


Figura 21. Fluxo de base diários para cada mês na bacia do rio vermelho no período (2003-2018)

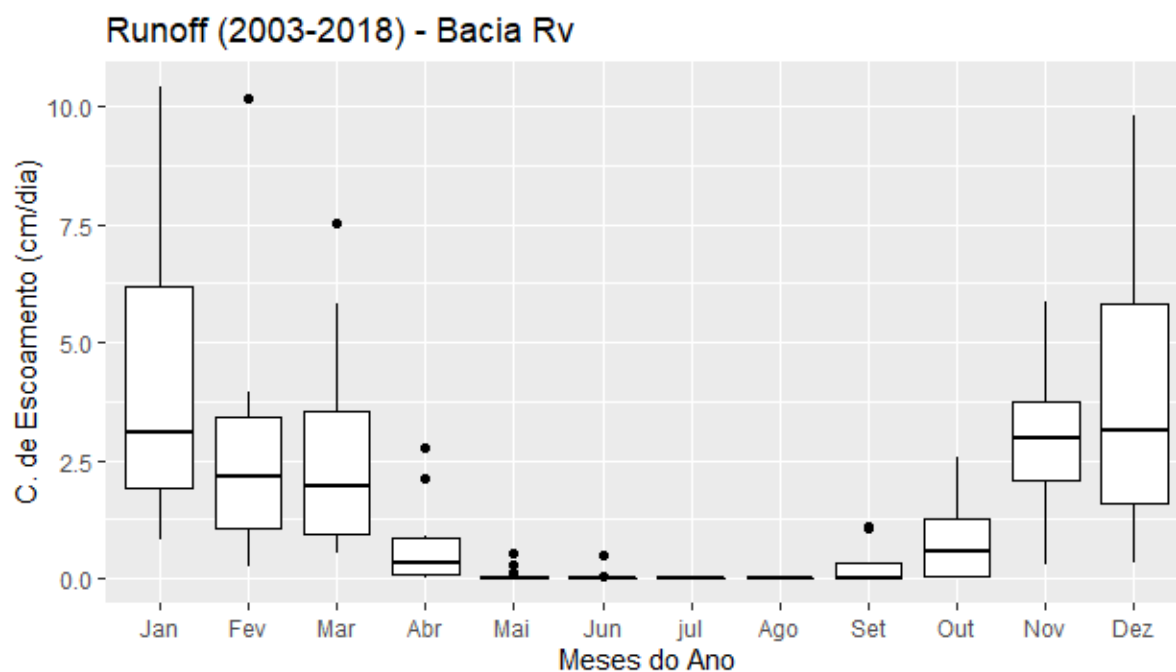


Figura 22. *Runoff* para Bacia do Rio Vermelho no período (2003-2018)

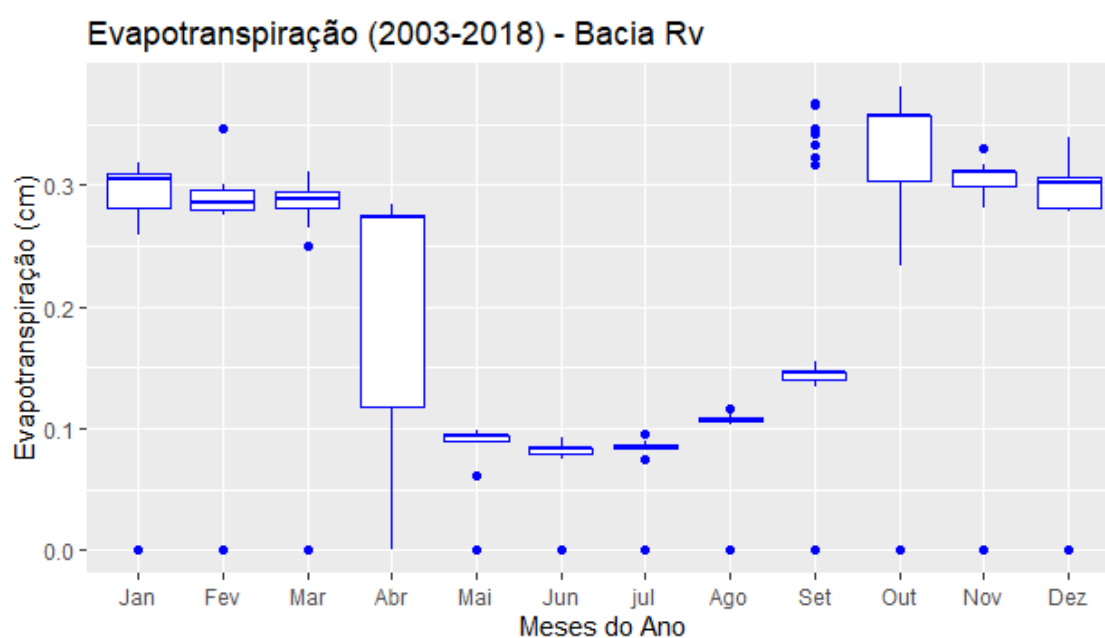


Figura 23. Evapotranspiração para a Bacia Rio Vermelho no período (2003-2018)

11.6 Bacia do Rio Uru

Com base nos parâmetros supracitados, e com um recorte temporal mensal para o período de 2003 a 2018 medidos na estação fluviométrica 20200000, obtivemos os dados de vazão diária (figura 24), fluxo de base (figura 25), *runoff* (figura 26) e evapotranspiração (figura 27) para a Bacia Rio Uru.

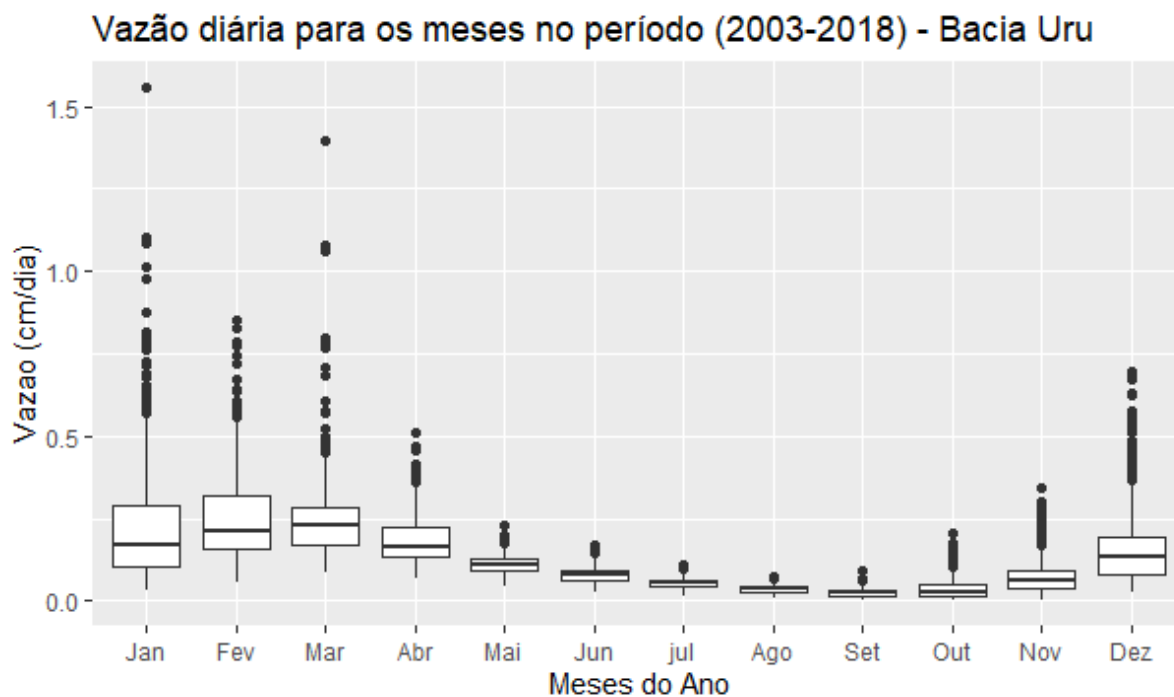


Figura 24. Vazão diária mensal para Bacia do Rio Uru no período (2003-2018)

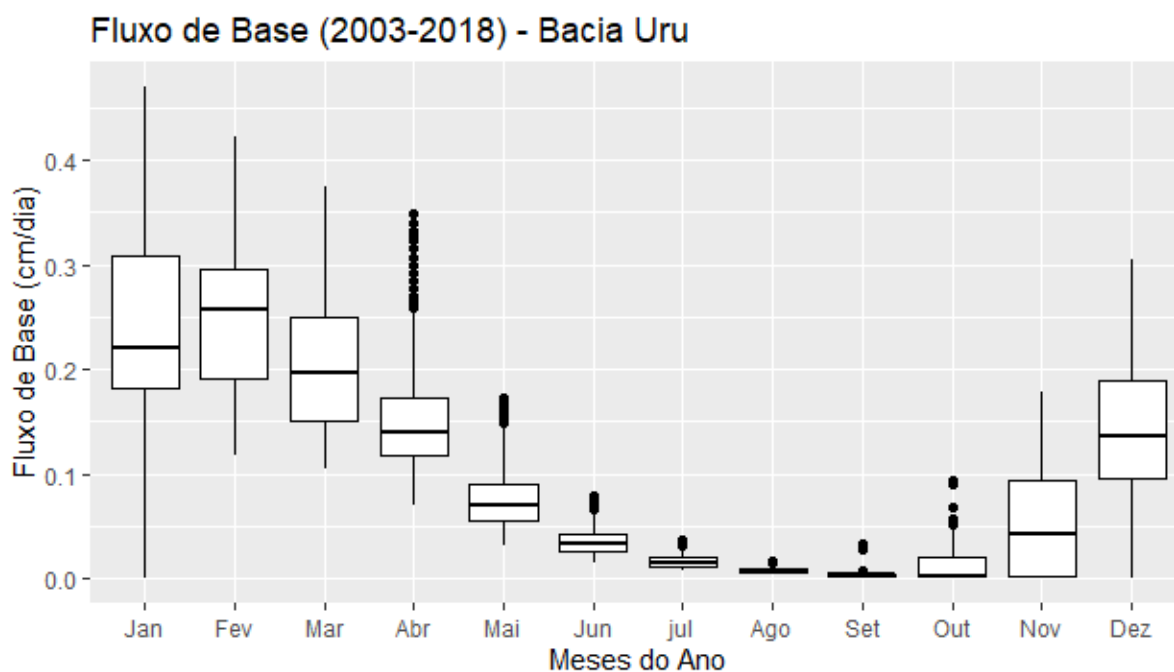


Figura 25. Fluxo de base diários para cada mês na bacia do Rio Uru no período (2003-2018)

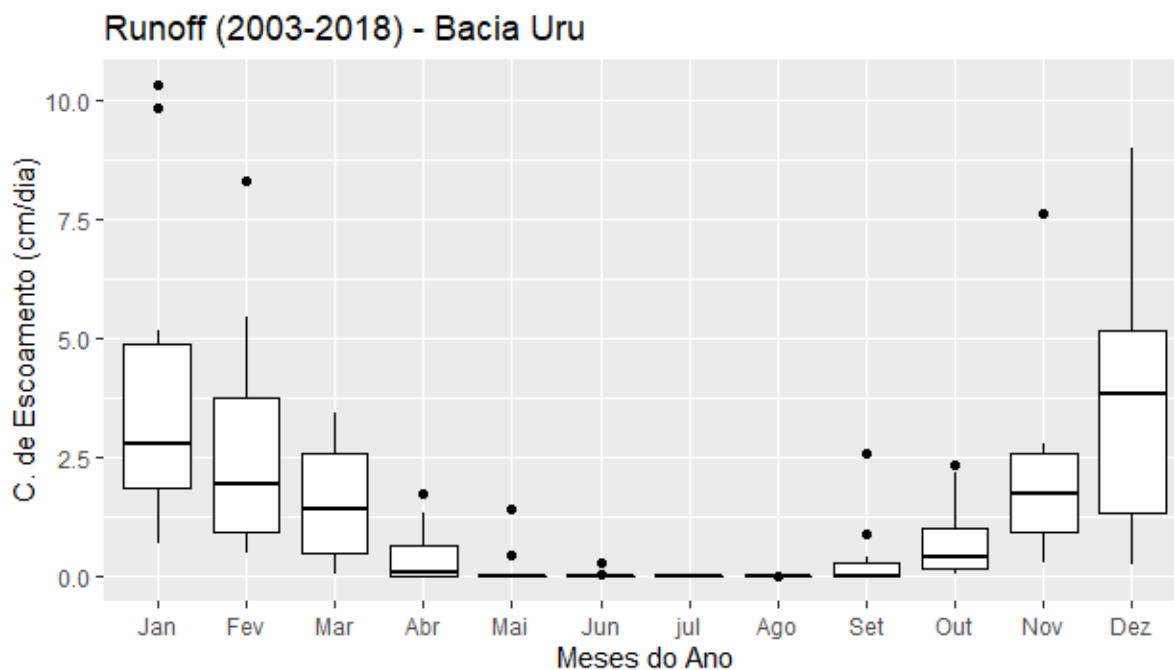


Figura 26. Runoff para Bacia do Rio Uru no período (2003-2018)

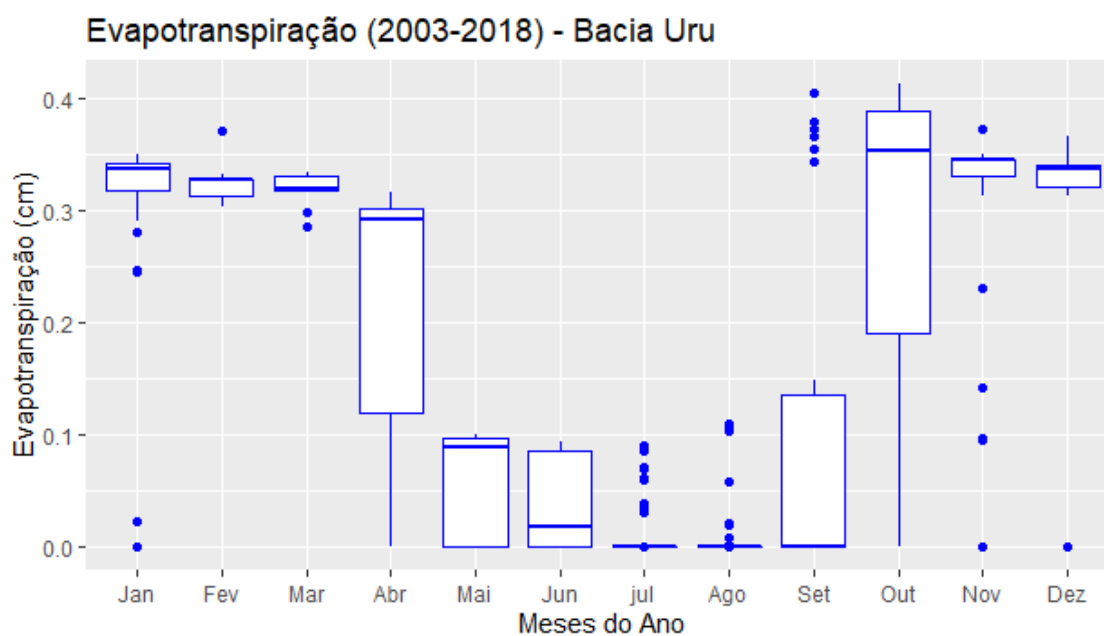


Figura 27. Evapotranspiração para a Bacia do Rio Uru no período (2003-2018)

11.7 Bacia Fazenda Paciência

Com base nos parâmetros supracitados, e com um recorte temporal mensal para o período de 2003 a 2018 medidos na estação fluviométrica 25090000, obtivemos os dados de vazão diária (figura 28).

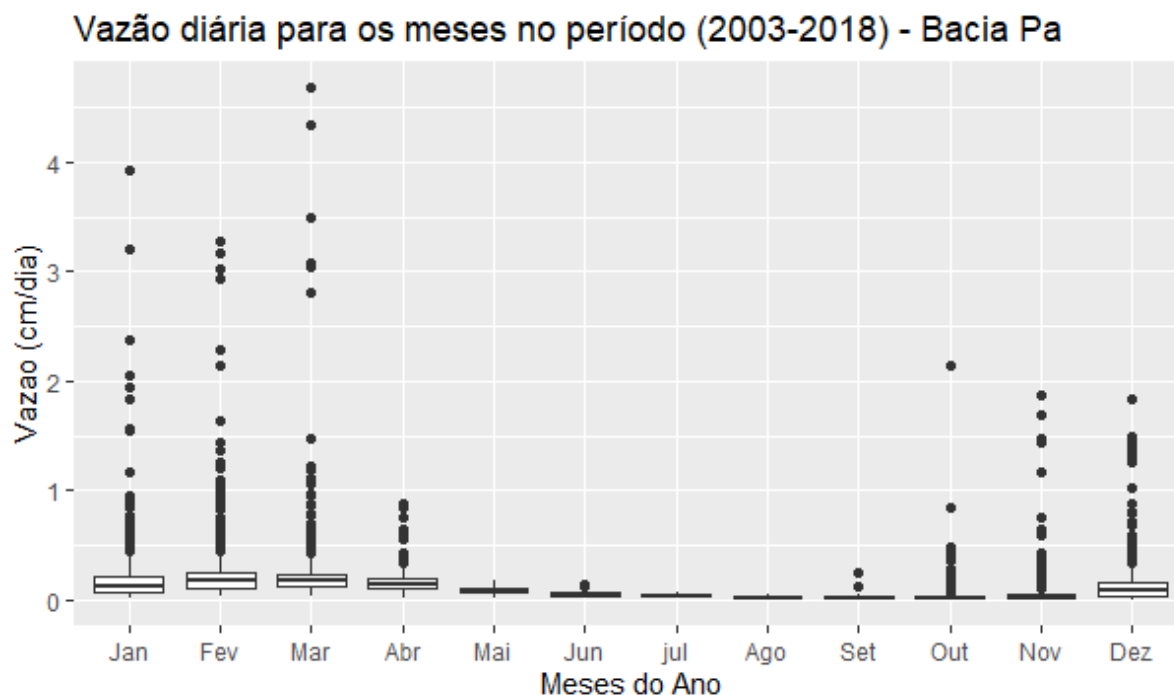


Figura 28. Vazão diária mensal para Bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018)

Foi observado que no ano de 2011 (figura 29), para a estação 25090000, um valor muito alto para vazão no mês de janeiro, que coincide com ocorrências de cheias do Rio Vermelho, na Cidade de Goiás. Neste ano, essa cheia causou danos tanto patrimoniais quanto ambientais e humanos.

A figura 28 apresenta o gráfico da vazão diária para cada mês no ano de 2011 para a estação 25090000, nele está demarcado em vermelho o ponto da vazão que corresponde a enchente do dia 10/01/2011 que ocorreu na Cidade de Goiás. As figuras 30 e 31 mostram imagens do incidente pela enchente.

Vale ressaltar que a estação 25090000 encontra-se a jusante da cidade de Goiás, enquanto a estação 25100000 se encontram a montante, sendo que a Bacia Fazenda Paciência faz parte da Bacia Balneário Cachoeira Grande.

Os dados de fluxo de base são apresentados na figura 32, o de *runoff* na figura 33 e evapotranspiração na figura 34 para a Bacia Fazenda Paciência

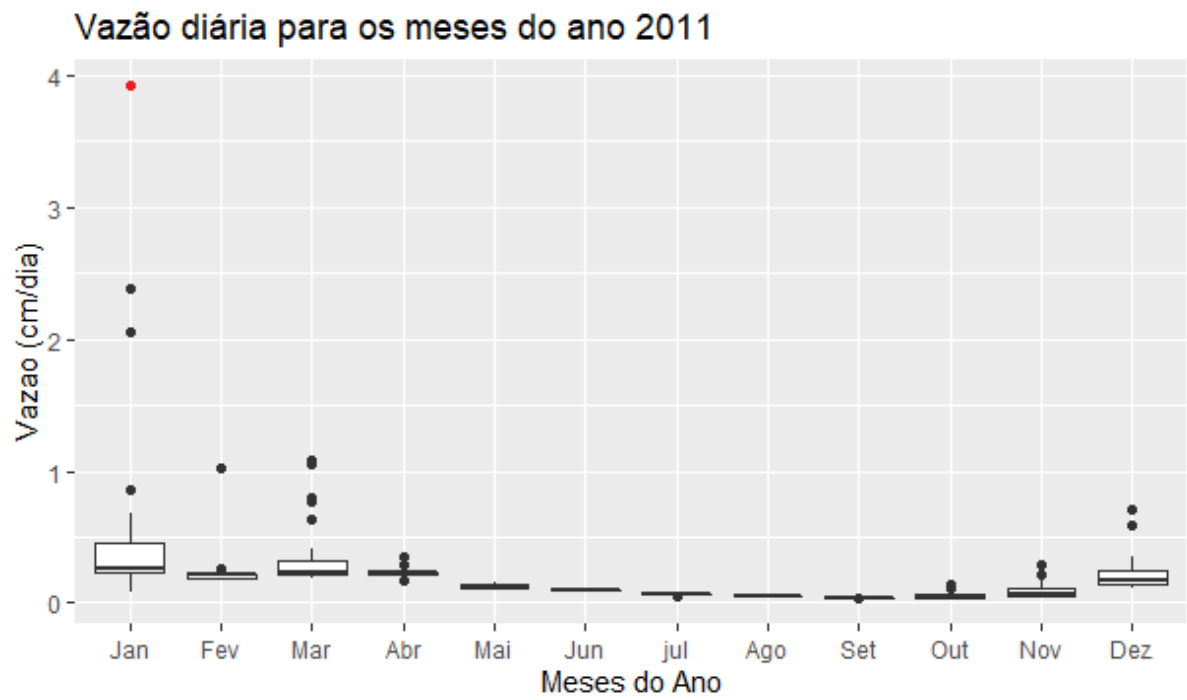


Figura 29. Vazão diária mensal para Bacia Fazenda Paciência no ano de 2011



Figura 30. Enchente no Rio Vermelho na Cidade de Goiás no ano de 2011. Fonte: Corpo de Bombeiros.



Figura 31. Enchente no Rio Vermelho na Cidade de Goiás no ano de 2011. Fonte: Corpo de Bombeiros.

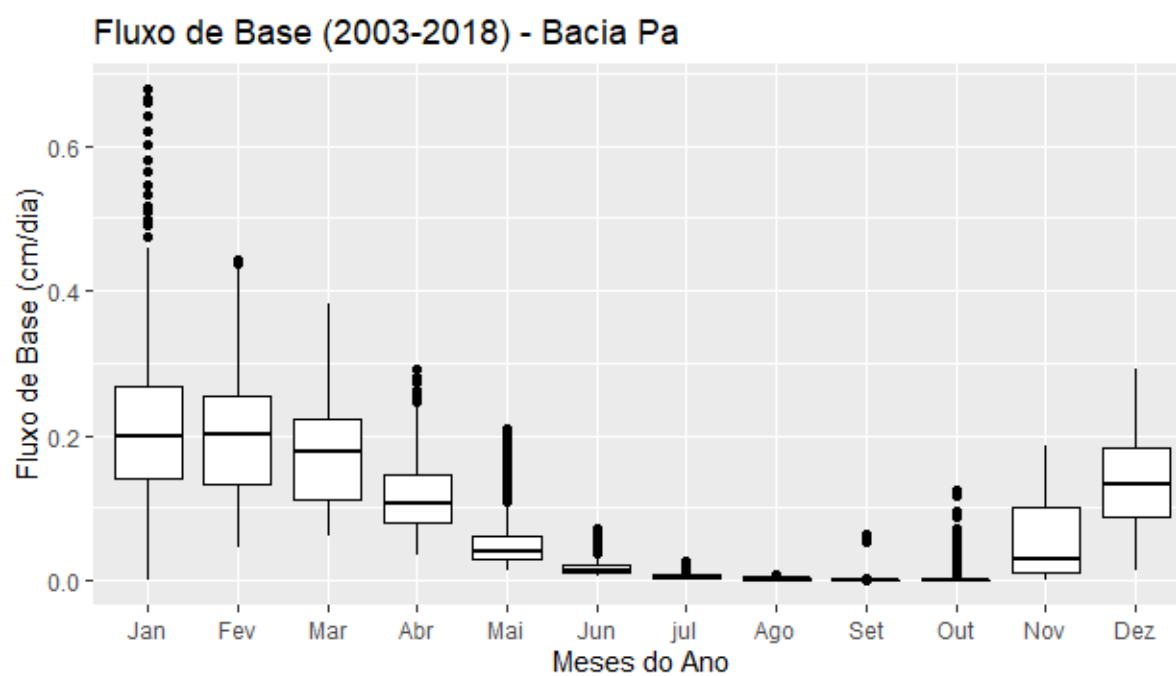


Figura 32. Fluxo de base diários para cada mês na bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018)

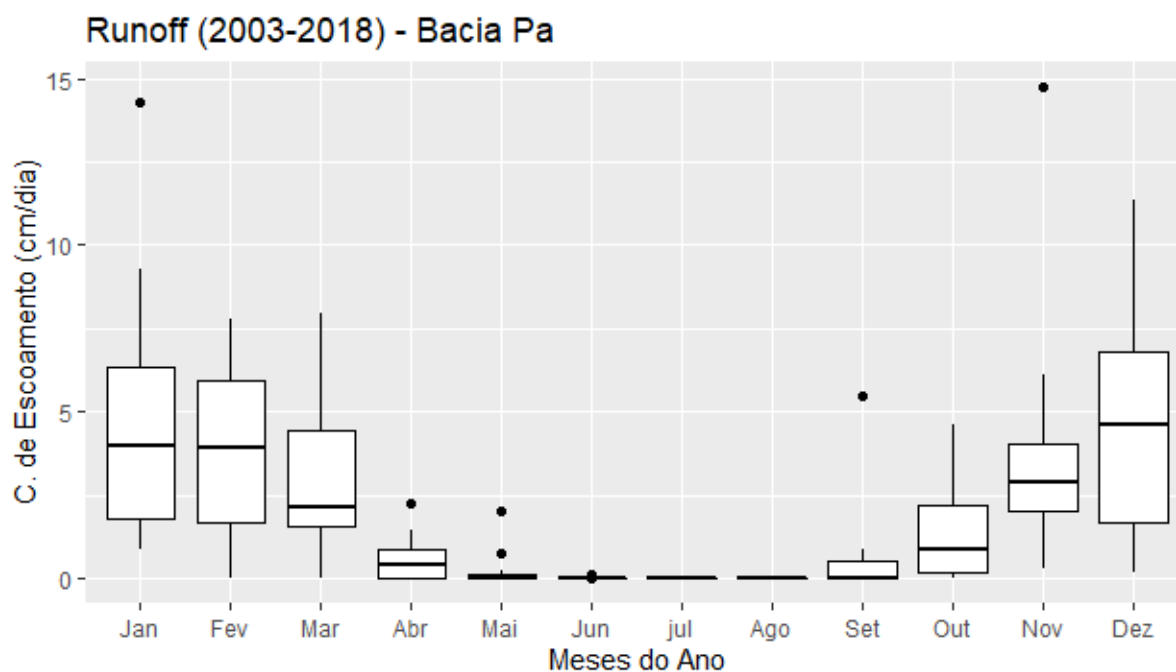


Figura 33. *Runoff* para Bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018)

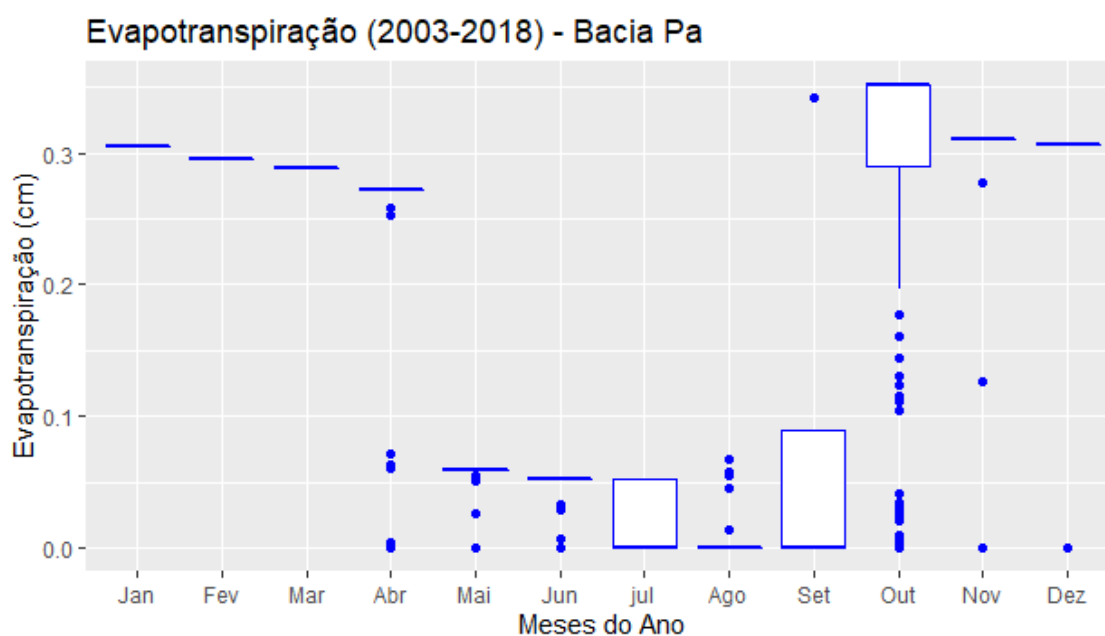


Figura 34. Evapotranspiração para a Bacia Fazenda Paciência no período (2003-2018)

11.8 Bacia Balneário Cachoeira Grande

Com base nos parâmetros supracitados, e com um recorte temporal mensal para o período de 2003 a 2018 medidos na estação fluviométrica 25100000, obtivemos os dados de vazão diária (figura 35), fluxo de base (figura 36), *runoff* (figura 37) e evapotranspiração (figura 38) para a Bacia Balneário Cachoeira Grande.

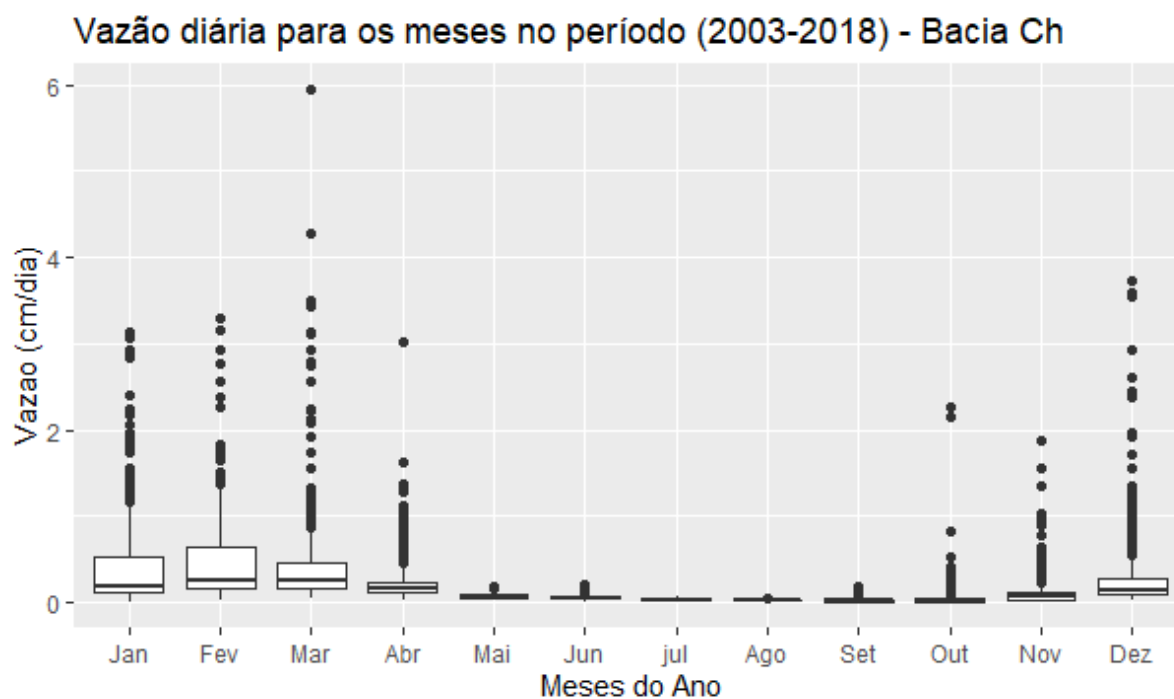


Figura 35. Vazão diária mensal para Bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018)

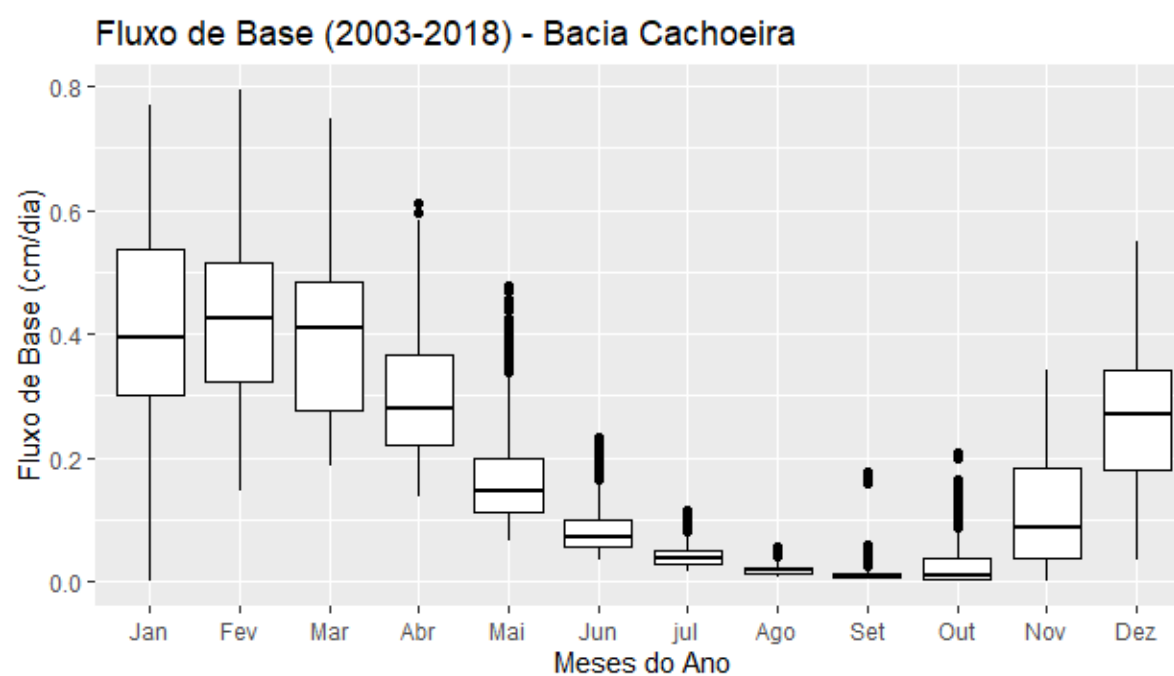


Figura 36. Fluxo de base diários para cada mês na Bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018)

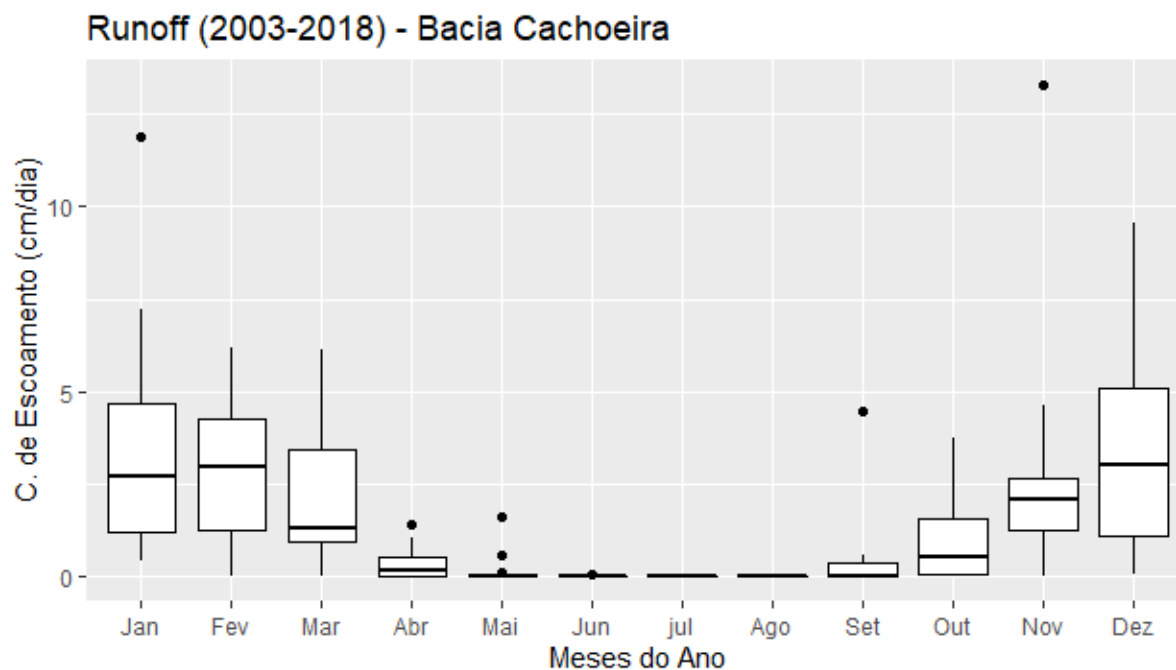


Figura 37. Runoff para bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018)

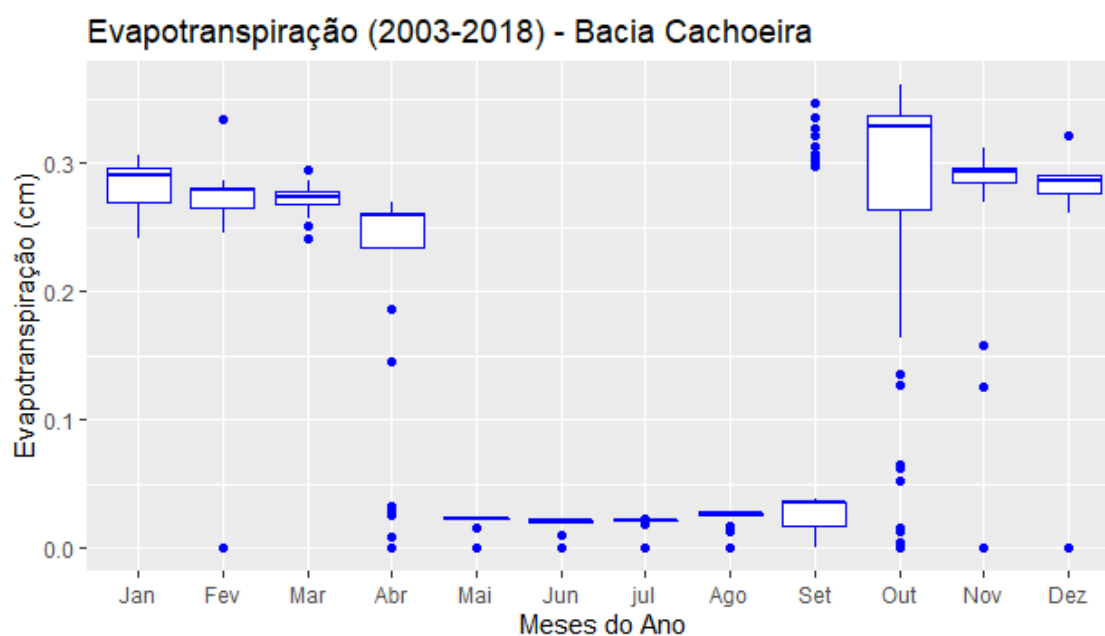


Figura 38. Evapotranspiração para a bacia Balneário Cachoeira Grande no período (2003-2018)

11.9 Comparação dos dados

Tendo os dados das bacias apresentados de forma individual, foi realizada uma compilação para uma análise do funcionamento dos dados hídricos de toda área de estudo (figura 39).

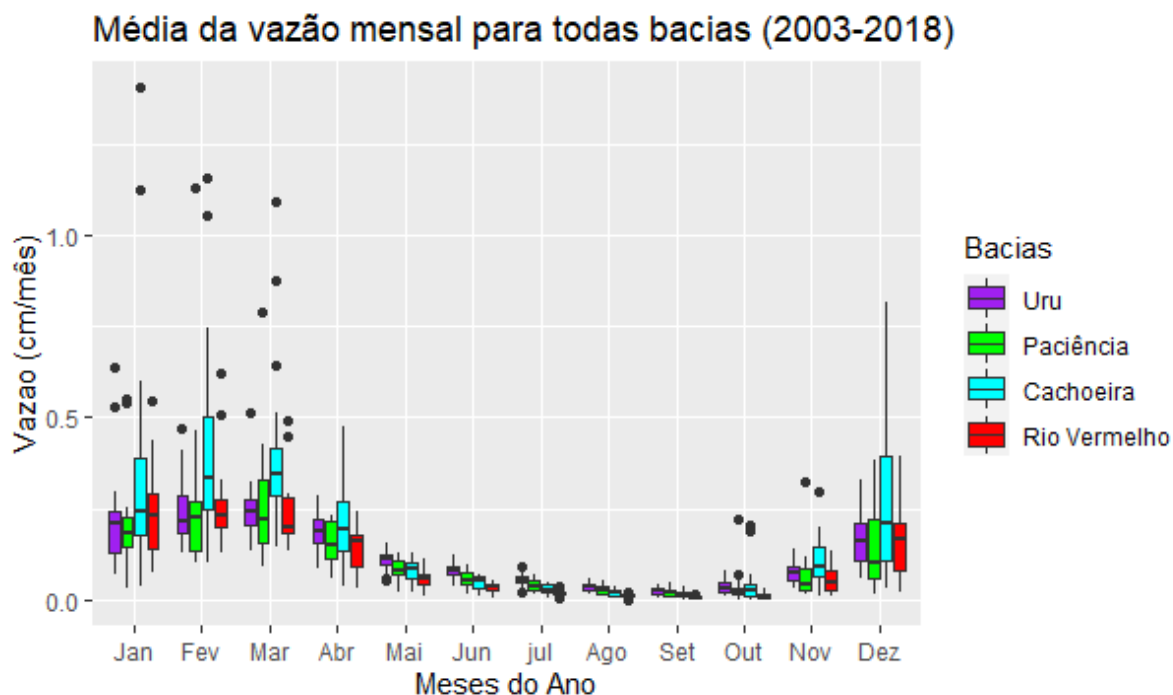


Figura 39. Média da vazão mensal para cada mês no período (2003-2018)

É interessante observar pelo gráfico comparativo entre a média mensal da vazão para cada bacia (figura 39) que os valores de vazão para a estação Balneário Cachoeira (25100000) apresentam maiores valores nos períodos de chuva que as demais estações. Estes valores indicam um maior escoamento superficial para a bacia e conseqüentemente menor recarga dos aquíferos, culminando em um menor fluxo de base nos períodos de seca.

Na figura 40, pode-se observar que a vazão nas bacias Rio Uru e Fazenda Paciência foram iguais nos meados de 2012 e pela linha eles tendem a seguir com valores próximos. A bacia Rio Vermelho, apesar de ser a maior bacia, possui uma vazão muito baixa se comparada às demais. O mais interessante de se observar nessa figura é o fato que a bacia Balneário Cachoeira Grande é consistentemente maior que as demais por área, essa alta vazão pode ser devido a presença de rochas impermeáveis que no período de chuvas tem-se um maior aumento do escoamento superficial do que infiltração. Isto influencia também nos períodos de seca, com uma menor infiltração terá uma menor descarga no rio pelo fluxo de base diminuindo drasticamente a vazão.

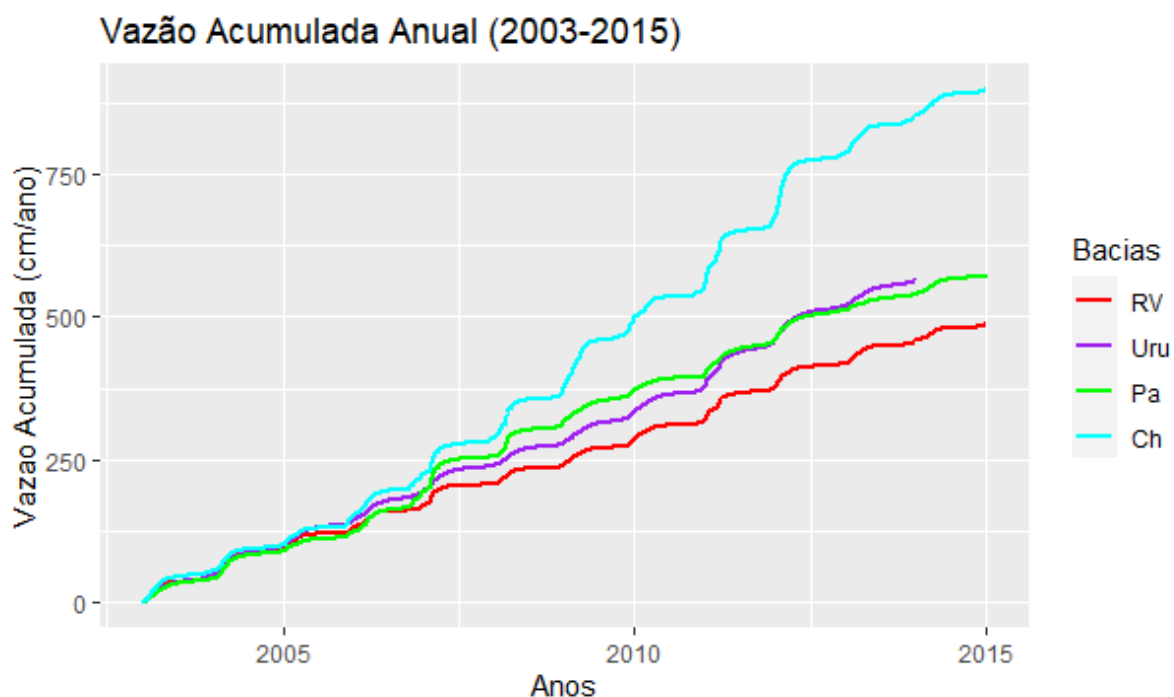


Figura 40. Vazão acumulada anual para o período (2003-2015)

Na figura 41 percebe-se que a precipitação tende a seguir parecido, mas como uma certa variação. Nota-se que a precipitação para as bacias Fazenda Paciência e Balneário Cachoeira Grande são extremamente idênticas, isso possivelmente ocorre pelo fato de ambas as bacias serem pequenas e estarem próximas.

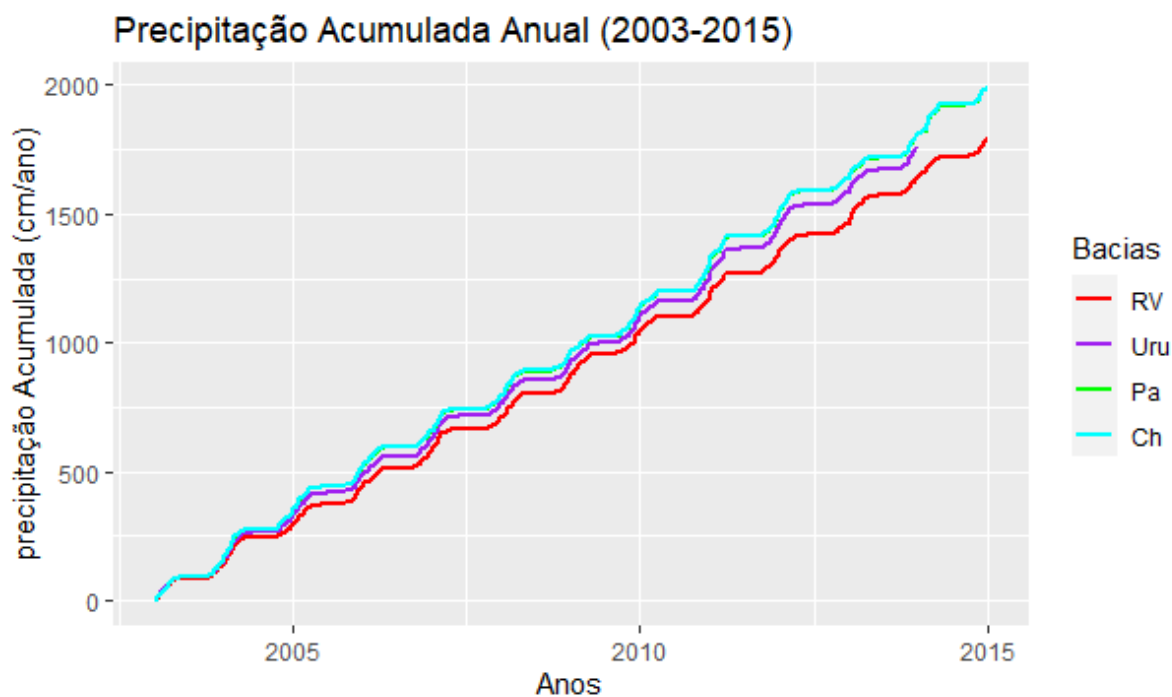


Figura 41. Precipitação acumulada anual para o período (2003-2015)

Apesar de como foi mostrado na figura 40 que a vazão é maior para Balneário Cachoeira Grande, na figura 42 nota-se que o escoamento superficial é maior para Fazenda Paciência, e isso pode ter muita influência do tipo de rocha e relevo.

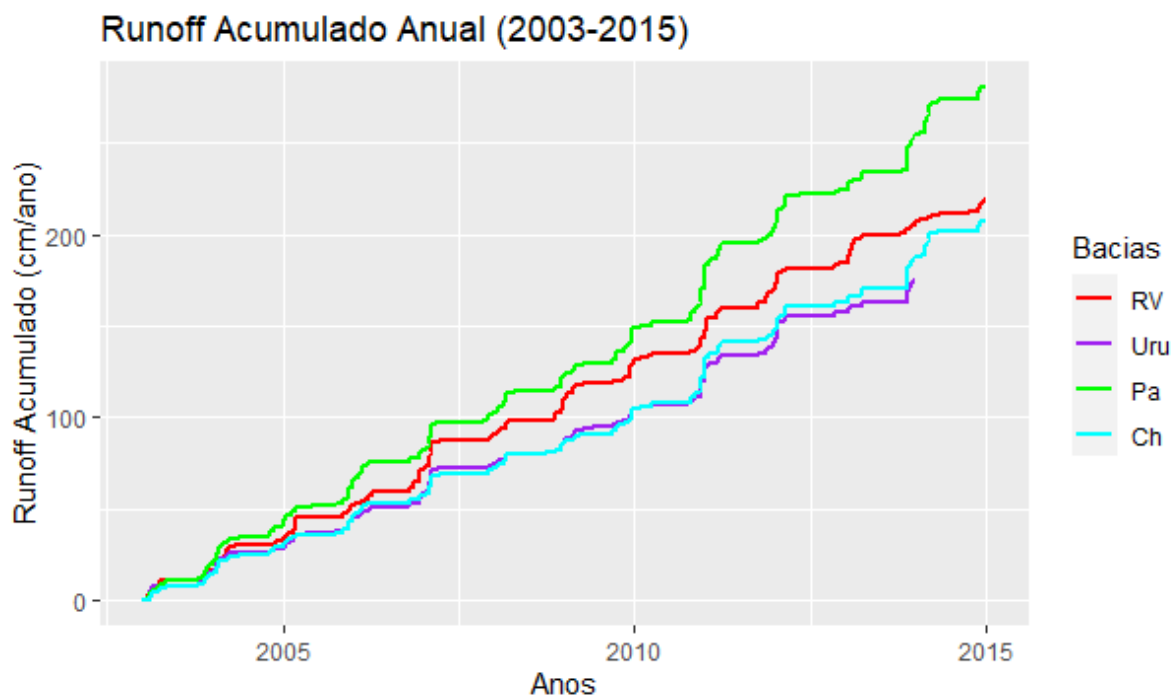


Figura 42. *Runoff* acumulado para todas as bacias no período (2003-2015)

11.10 Fluxo Médio Diário

Em definição, entende-se como fluxo a soma dos dados de *runoff* e fluxo de base. As estações fluviométricas possuem dados medidos para fluxo, e devido a isso, foi feito uma comparação entre os dados medidos e os dados calculados/modelados feitos para o estudo em questão.

Os componentes presentes na figura 43, 44, 45 e 46, são o fluxo medido pelas estações (linha vermelha), a porção de fluxo de base (área azul) e a porção de *runoff* (área cinza). O interessante observar nesta figura é que para os primeiros meses do ano, em alguns pontos, há uma coincidência entre os dados medidos e calculados, entretanto, ao início da queda exponencial nos meses de seca, percebe-se que os dados calculados pelo modelo não se adequam com o fluxo medido.

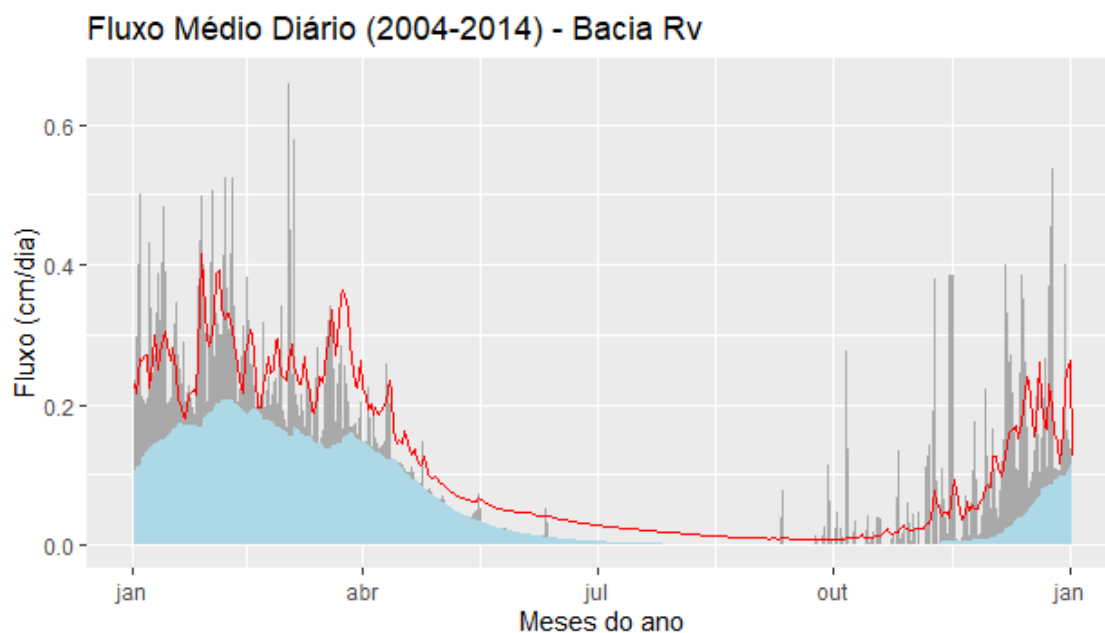


Figura 43. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia do Rio Vermelho no período de (2004-2014)

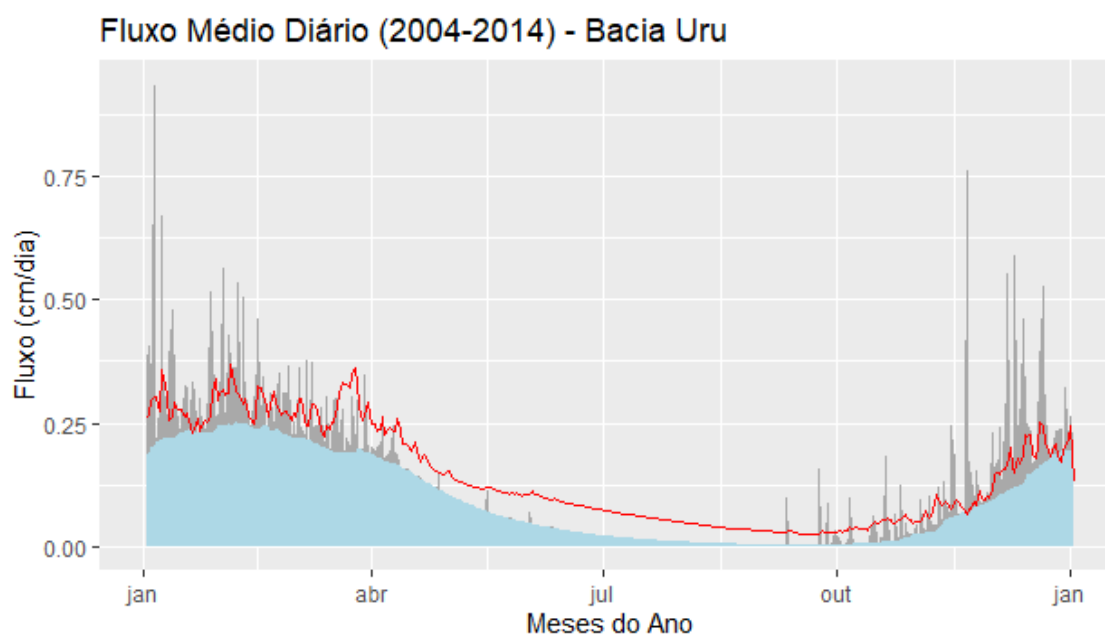


Figura 44. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia do Rio Uru no período de (2004-2014)

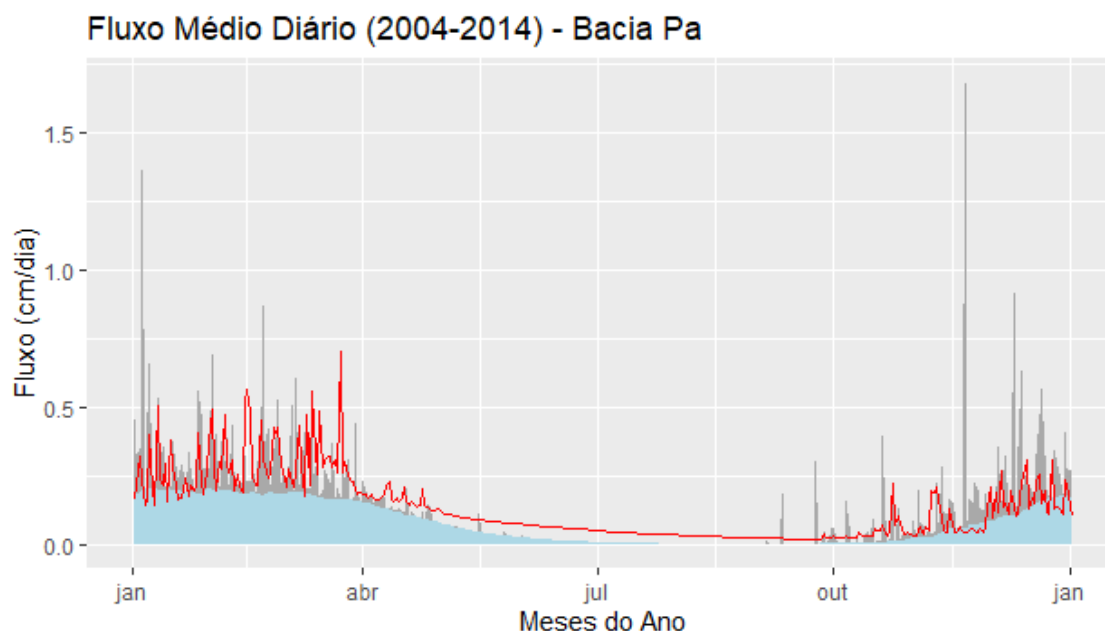


Figura 45. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia Fazenda Paciência no período de (2004-2014)

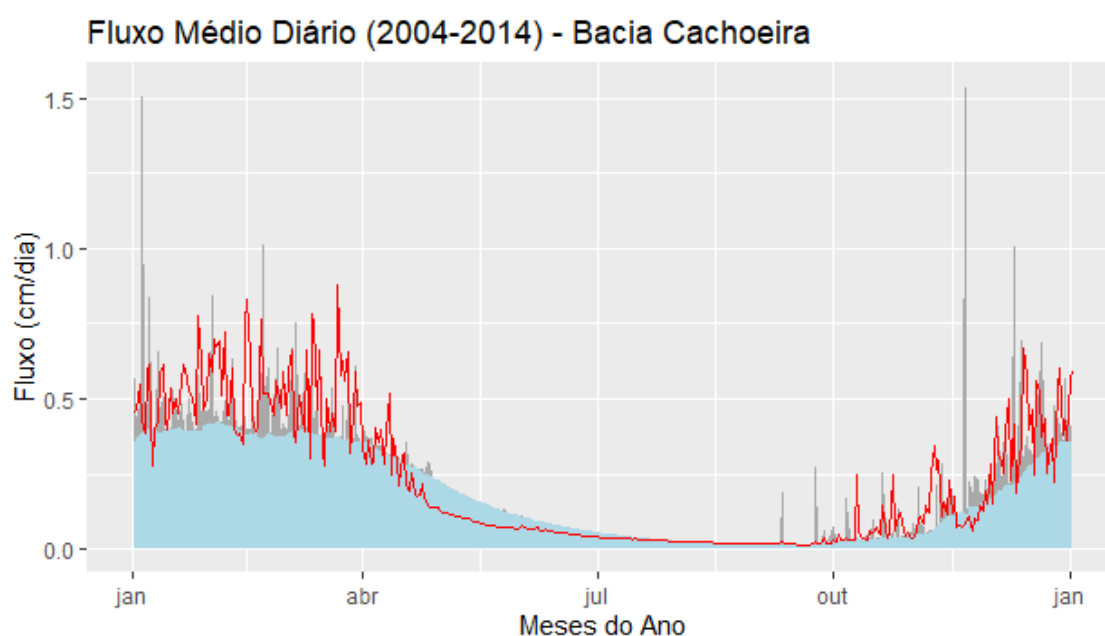


Figura 46. Fluxo médio diário para cada mês para Bacia Balneário Cachoeira Grande no período de (2004-2014)

A principal informação para os gráficos de fluxo está presente para os gráficos das bacias fazenda paciência e balneário cachoeira grande, nota-se que o fluxo calculado se aproxima melhor do fluxo medido que as demais bacias, acredita-se que o principal fator para isso seria a proporção da área. As bacias fazenda paciência e balneário cachoeira possuem áreas menores que as demais bacias, e este fator pode influenciar nos dados coletados de precipitação e vazão, dos quais foram necessários para o cálculo de escoamento e fluxo de base.

11.11 Fluxo Acumulado

Para averiguar se os dados obtidos pelo modelo condizem com os dados medidos pelas estações, foram feitos gráficos de fluxo acumulado para cada bacia. Para as figuras 47, 48, 49 e 50, tem-se presente o fluxo medido pela estação, representado pela linha preta, e o fluxo calculado pelo modelo, representado pela linha em vermelho.

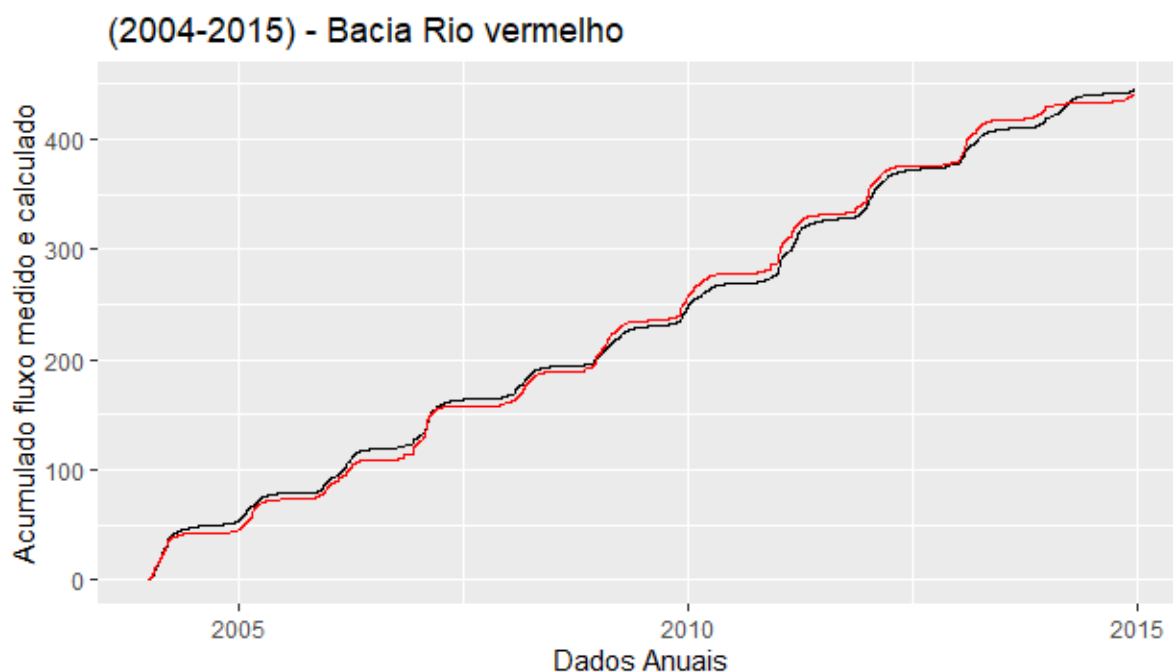


Figura 47. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia do Rio Vermelho no período de (2004-2015)

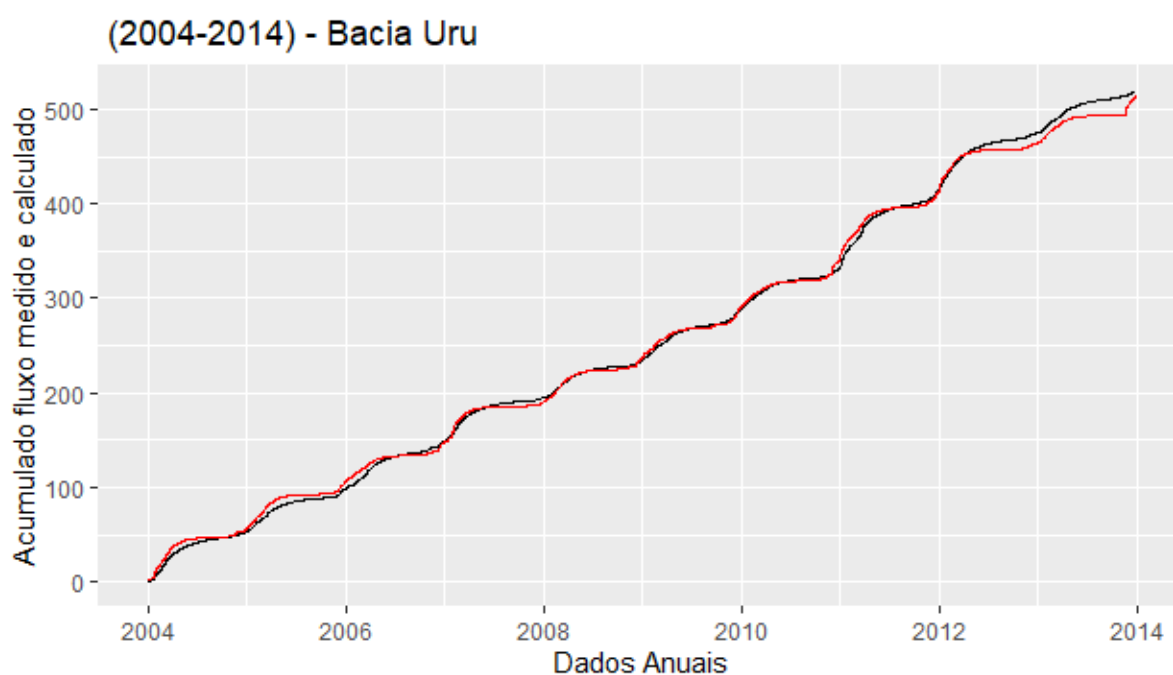


Figura 48. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia do Rio Uru no período de (2004-2014)

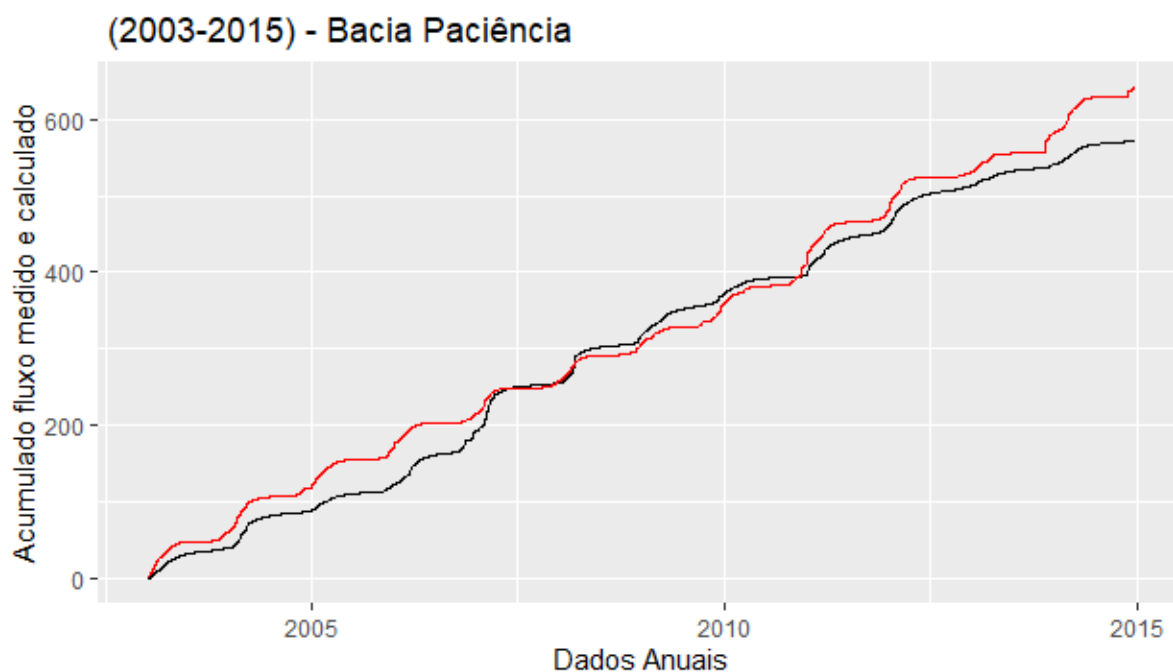


Figura 49. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia Fazenda Paciência no período de (2003-2015)

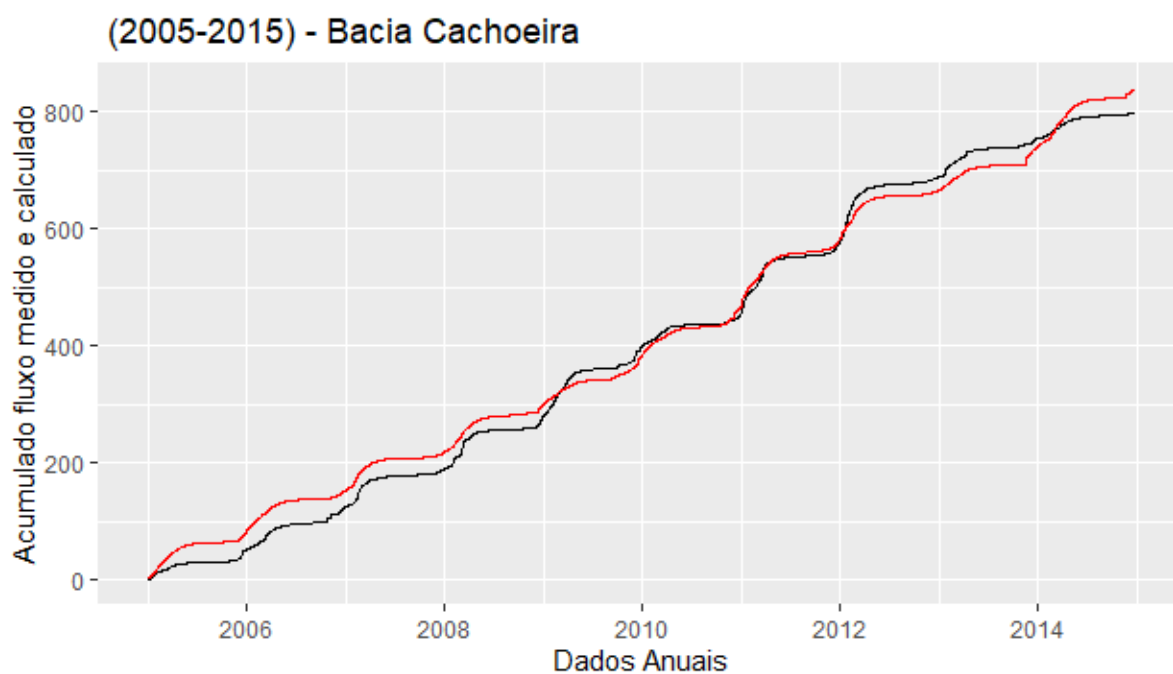


Figura 50. Fluxo medido x calculado em cm/ano para Bacia Balneário Cachoeira Grande no período de (2005-2015)

Quanto mais as linhas estiverem coincidindo melhor é o resultado do modelo para o cálculo de fluxo, nota-se pelas figuras 47 e 48 que os dados convergiram melhor que para as bacias menores. Isso indica que o modelo utilizado é satisfatório na obtenção dos dados.

12. VULNERABILIDADE HÍDRICA

A água é um bem mineral que tem um papel fundamental para a sustentação do meio ambiente, sendo o principal agente vital de organismos vivos, como os animais, vegetais e humanos, pois sem ela seria impossível a vida na Terra. Neste trabalho, foi feito o mapeamento de vulnerabilidade hídrica subterrânea para compreender o quanto os mananciais e os aquíferos locais estão sujeitos ao perigo de contaminação associado à área, que, segundo Foster (1987), é uma função da interação entre a vulnerabilidade do aquífero à contaminação e a carga contaminante.

Entretanto, a vulnerabilidade hídrica subterrânea está diretamente relacionada com o conjunto de características intrínsecas dos estratos entre a zona saturada e a superfície do solo, o que determina sua suscetibilidade a sofrer os efeitos adversos de uma carga contaminante que é, será ou pode ser aplicada na região acima do nível freático (FOSTER, 1987).

Os mapas de vulnerabilidade são comumente utilizados para auxiliar na preservação dos aquíferos, pois as atividades antrópicas e a crescente expansão urbana têm provocado uma degradação na quantidade e qualidade das águas superficiais, e consequentemente, as águas subterrâneas. Logo, o uso de mapas de vulnerabilidade é importante no planejamento das atividades de preservação dos aquíferos, pois, conhecendo-se as áreas susceptíveis à contaminação, pode-se alinhar as atividades a serem instaladas nestas regiões. O objetivo deste trabalho foi de construir mapas de vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea nas bacias do Rio Vermelho e Uru, pertencente ao município da Cidade de Goiás.

A metodologia comumente adotada nos estudos de contaminação de aquíferos são os modelos de cálculos de vulnerabilidade subterrânea, como o modelo GOD que é baseado na interpolação dos dados de litologia, profundidade até o lençol freático e grau de confinamento da água subterrânea; os métodos DRASTIC e DRASTIC modificado calculam o índice de vulnerabilidade a partir do somatório de parâmetros ambientais. No DRASTIC modificado, além dos sete parâmetros já utilizados no DRASTIC (profundidade da zona não saturada do solo, recarga, material do aquífero, tipo de solo, topografia, material da zona não saturada e condutividade hidráulica), foram incluídos os fatores cobertura e uso do solo.

Polemio et al. (2009) afirmaram que o método GOD deve ser usado principalmente para mapear a avaliação da vulnerabilidade em áreas muito amplas, com pequenas escalas ou com contrastes de alta vulnerabilidade, devido ao número reduzido de parâmetros considerados. Enquanto que, Babiker et al. (2005) aplicaram o DRASTIC, os dados obtidos foram satisfatórios em bacias hidrográficas, com predominância das classes de vulnerabilidade alta,

moderada e baixa nas partes ocidental e oriental do aquífero, respectivamente, enquanto que as partes mais elevadas foram classificadas como de baixa vulnerabilidade.

A avaliação da vulnerabilidade neste trabalho usou-se o método DRASTIC, sugerido por Allen *et. al* (1987). O método representa o cálculo da média ponderada dos sete parâmetros, sendo valores indicadores hidrogeológicos utilizados no índice DRASTIC, como pode ser visto no quadro 6.

Quadro 6. Descrição simplificada do método DRASTIC sugerido

D	Profundidade da água subterrânea - distância da superfície do solo até o lençol freático em aquíferos não confinados até a base da camada confinante para aquíferos confinados.
R	Recarga líquida - quantidade total de água que infiltra e recarrega o aquífero.
A	Composição do aquífero - rocha consolidada ou não consolidada que aloja o aquífero (como areia, cascalho e calcário...).
S	Tipo de solo - a porção superior da zona vadosa caracterizada por atividade biológica significativa.
T	Topografia ou declividade - a declividade e a variabilidade na superfície terrestre.
I	Zona não saturada - porção acima do aquífero que se encontra não saturada
C	Condutividade hidráulica do aquífero - capacidade do aquífero em transmitir água

Fonte: Allen *et. al* (1987).

Para a gerar os mapas de vulnerabilidade foram utilizados os seguintes softwares para aplicar o método DRASTIC: (1) Sistema de informação geográfica (GIS) e (2) R Studio. Em (1) foram usados os sete parâmetros para integrar os dados obtidos através da função Raster; No (2) foram utilizados para os cálculos do parâmetro R das quatro bacias hidrográficas do estudo. (Tabela 5).

Allen *et al.* (1987) determinaram um peso relativo que varia entre 1 e 5 para cada índice DRASTIC, sendo o peso 5 inferido para o fator mais significativo e 1 para o menos importante. Foram gerados 3 produtos (superficial, profundo e combinado) com classificações de vulnerabilidade de “Muito Alta”, “Alta”, “Média”, “Baixa” e “Muito Baixa”.

Neste trabalho, o método DRASTIC foi adaptado para os seguintes parâmetros disponíveis da área. Sendo o DRAT para o aquífero superficial e o DRATIC para o aquífero profundo. Para ambos aquíferos foram utilizados os parâmetros: **D-R-T**. O parâmetro **A** diferencia-se do aquífero superficial com o aquífero profundo e o **I** foi utilizado apenas no aquífero profundo. Para obter o parâmetro D resultou-se a partir do diagrama a seguir:

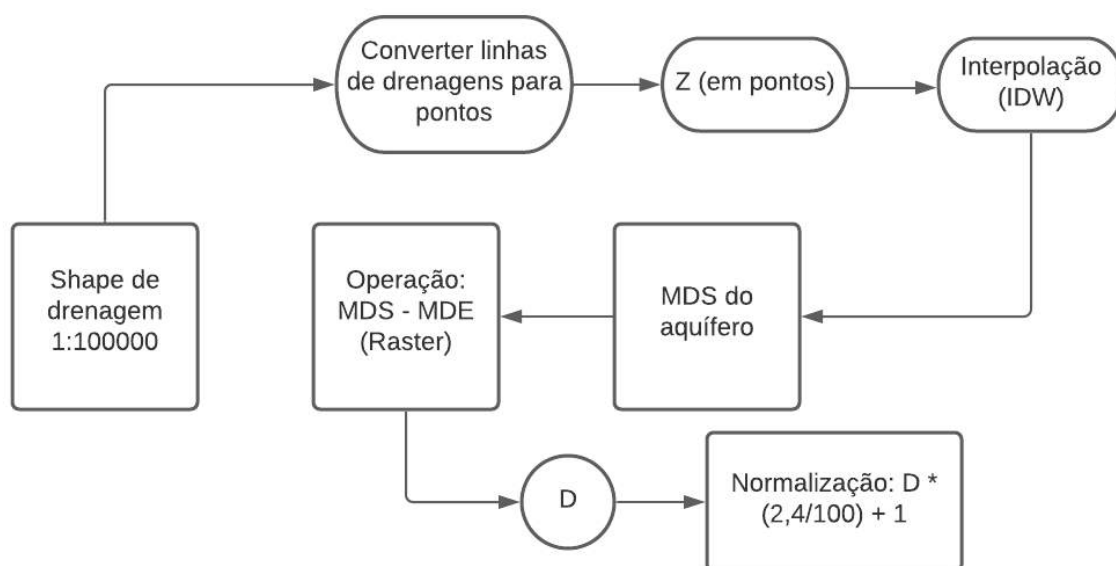


Figura 51. Fluxograma para obter o parâmetro D no software de GIS

A profundidade da água subterrânea é obtida através da diferença entre a superfície de elevação da drenagem menos a superfície de elevação do terreno, com isso, encontra-se o parâmetro D, como visto na Figura 51 e o peso considerado na Tabela 5. A indisponibilidade de dados associados ao nível estático do lençol freático da área de estudo resultou na necessidade de gerar dados aproximados confiáveis. Desta forma, utilizamos uma densa malha de drenagens em escala 1:100.000 para gerar pontos ao longo das drenagens e afluentes para obter dados do lençol freático aflorante. Em seguida, utilizando a imagem MDE (Modelo Digital de Elevação), extraímos a elevação de cada ponto ao longo das drenagens. Em seguida, fizemos uma interpolação dos dados utilizando o método da Inverse Distance Weighted (IDW) para obter a superfície freática da área de estudo. Assim, o parâmetro D é obtido através da diferença entre a do terreno e a superfície freática gerada anteriormente. A recarga hidráulica (R) foi calculada para as quatro bacias hidrográficas medido em centímetros por ano (Tabela 6). Enquanto, o valor de T foi utilizado o valor atribuído por Junior, H. (2008) e o A foi utilizado o valor de Almeida *et. al* 2006.

Tabela 5. Modelo de superfície digital de peso 5 pelos valores de profundidade do nível da água

D (peso 5)	Valor Atribuído
Modelo digital de superfície - MDS	5

Fonte: Modificado de Junior, 2008.

Tabela 6. Recarga hidráulica das bacias hidrográficas do município da Cidade de Goiás com os respectivos pesos

R (peso 4)	Valor Atribuído	Valor calculado (Produto 9) – cm/ano
Rio Vermelho	5	52,8
Uru	7	74,8
Paciência	8	76,7
Cachoeira	9	85,9

Os valores atribuídos foram baseados a partir das taxas de infiltração de Junior (2008). Os valores calculados foram obtidos no software R Studio.

Para o aquífero superficial definimos então o índice DRASTIC (adaptado) utilizando a seguinte equação:

$$\text{Índice: } 5D + 4R + 5A + 1T$$

Devido à ausência de variação espacial, os parâmetros I e C foram suprimidos, e também foi considerada a equivalência de A e S. Então, foi estabelecido que houvesse a necessidade de usar apenas o parâmetro A com peso 5 para o aquífero superficial, como na Tabela 7.

E para estabelecer o índice DRASTIC (adaptado) do aquífero profundo utilizamos então a seguinte equação:

$$\text{Índice: } 5D + 4R + 3A + 5I + 3C + 1T$$

No aquífero profundo utilizou-se o parâmetro A (Tabela 8), porém, com os dados de polígonos dos sistemas de aquíferos profundos encontrados na área com os seus pesos estimados, levando em conta a reatividade e o grau de faturamento do meio rochoso. O parâmetro I é o A do aquífero superficial (Tabela 7) e o C foi retirado de Almeida *et al* (2006).

Tabela 7. Sistemas de porosidade que compõem o aquífero superficial e profundo

A (peso 5) – aq. superficial / I (peso 5) - aq. profundo	Valor Atribuído
Sistema poroso II	6
Sistema poroso III	3
Inexistente	0

Tabela 8. Litotipos do aquífero profundo baseado nos sistemas aquíferos rochosos locais

A (peso 5) – aq. profundo	Valor Atribuído
Sistema Aquífero Greenstone Belts - SAGB	5
Sistema Aquífero Cristalino Noroeste - SACNW	4
Sistema Aquífero Serra da Mesa - SASM	9
Sistema Aquífero Araxá - SAAx	3
Sistema Aquífero Cristalino Sudeste - SACSE	5
Sistema Aquífero Cristalino Oeste - SACW	4
Sistema Aquífero Complexos Acamadados - SACA	5

Em ambos aquíferos, tanto superficiais quanto profundos foram utilizados a declividade e topografia (parâmetro T) para contribuir na interpolação dos valores atribuídos para obter o mapa de vulnerabilidade, baseado em Junior, H. 2010. Logo, a vulnerabilidade é inversamente proporcional à inclinação do relevo, como consta na Tabela 9.

Tabela 9. Inclinação do relevo (parâmetro T do método DRASTIC (adaptado)

T (peso 1) (inclinação do relevo (%))	Valor Atribuído
0 - 1	10
1 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
> 18	1

Fonte: Junior, H. 2010.

A condutividade hidráulica corresponde a facilidade com que a água se movimenta no aquífero, neste caso, foi utilizado no aquífero profundo (tabela 10) sendo um fator importante na contaminação dos mesmos, bem como, os aquíferos fraturados da região contribuem com o aumento da condutividade hidráulica.

Tabela 10. Condutividade hidráulica do aquífero profundo dos sistemas aquíferos cristalinos das bacias de estudo

<i>C (peso 3) – aq. profundo</i>	<i>Condutividade (m/s)</i>	<i>Valor Atribuído</i>
<i>Sistema Aquífero Greenstone Belts - SAGB</i>	10^{-7} m/s	6
<i>Sistema Aquífero Cristalino Noroeste - SACNW</i>	$8,5 \times 10^{-7}$ m/s	7
<i>Sistema Aquífero Serra da Mesa - SASM</i>	$2,0 \times 10^{-6}$	9
<i>Sistema Aquífero Araxá - SAAx</i>	$1,9 \times 10^{-6}$	9
<i>Sistema Aquífero Cristalino Sudeste - SACSE</i>	$8,8 \times 10^{-7}$ m/s	7
<i>Sistema Aquífero Cristalino Oeste - SACW</i>	-	10
<i>Sistema Aquífero Complexos Acamadados - SACA</i>	5×10^{-7} m/s	6

Fonte: Almeida et. al 2006.

A partir dos parâmetros apresentados, foram gerados a partir do método DRASTIC adaptado, o mapa de vulnerabilidade do aquífero superficial; profundo; superficial e profundo, respectivamente. No geral, observa-se que as bacias do Rio Vermelho e do Rio Uru apresentam características de vulnerabilidade distintas, sendo a bacia do Rio Uru representa a área de maior vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos, enquanto que a bacia do Rio Vermelho apresenta a menor vulnerabilidade.

No aquífero superficial (Figura 52), a bacia de Uru é principalmente, a maior área vulnerável à contaminação, pois o contexto geológico, hidrogeológicos, topográficos, pedológicos contribui para tal vulnerabilidade, onde as litologias são diversificadas como sequências metavulcanossedimentares, séries psamíticas, pelíticas e dolomíticas, terrenos cristalinos e etc, isso contribui pela variação de tipo litológicos dos sistemas aquíferos cristalinos. Nesta bacia, por apresentar alto grau de fraturamento dos sistemas aquíferos e intensas zonas de cisalhamento contribui com o aumento da vulnerabilidade. Nos fatores hidrogeológicos, o sistema de porosidade de ambos aquíferos (superficial e profundo) possuem alta e média vulnerabilidade, onde o sistema poroso II apresenta alta influência por ser um solo poroso, alta condutividade e alta capacidade de troca catiônicas (CTC) sendo diagnosticado pelos latossolos e o sistema poroso III contém média influência em sua vulnerabilidade, pois o solo correspondente ao argissolo, onde tem característica de reter o contaminante no aquífero superficial, enquanto no que aquífero profundo o argissolo tem alta influência da vulnerabilidade.

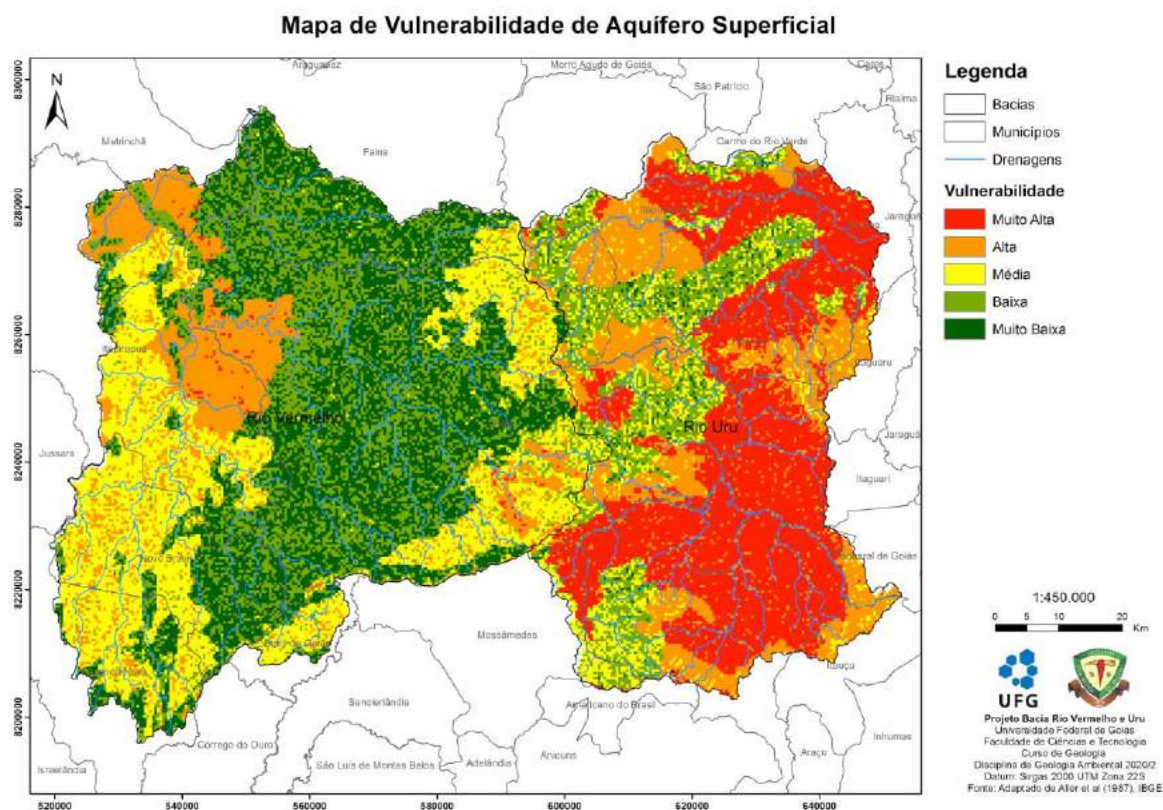


Figura 52. Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero superficial

Na área verde dos mapas de vulnerabilidade (figuras 52, 53 e 54), é classificado principalmente como aquífero freático inexistente, onde foi classificado uma vulnerabilidade muito baixa, devido à baixa taxa de escoamento superficial, declividade atenuada, baixa condutividade hidráulica e cobertura do solo (cambissolos).

No aquífero profundo visto na figura 53, assemelha-se às características de vulnerabilidade com o aquífero superficial (figura 52), porém há peculiaridades entre eles. Na bacia do Rio Vermelho, no lado oeste, o grau de vulnerabilidade se passa de média a alta comparando com o aquífero superficial, isso acontece devido o embasamento (Unidade Ortognaisses Oeste de Goiás) conter uma quantidade significativa de falhas em sua unidade geológica, contribuindo pro aumento da vulnerabilidade no aquífero profundo, bem como, o Sistema Aquífero Cristalino Oeste possui características de um sistema poroso do tipo III, que seria um aquífero que retém o contaminante, por isso o aumento da vulnerabilidade. Na bacia do Rio Uru, o sistema poroso III diminui, logo no aquífero profundo a vulnerabilidade passa de alta para média em alguns pontos no mapa (figura 53).

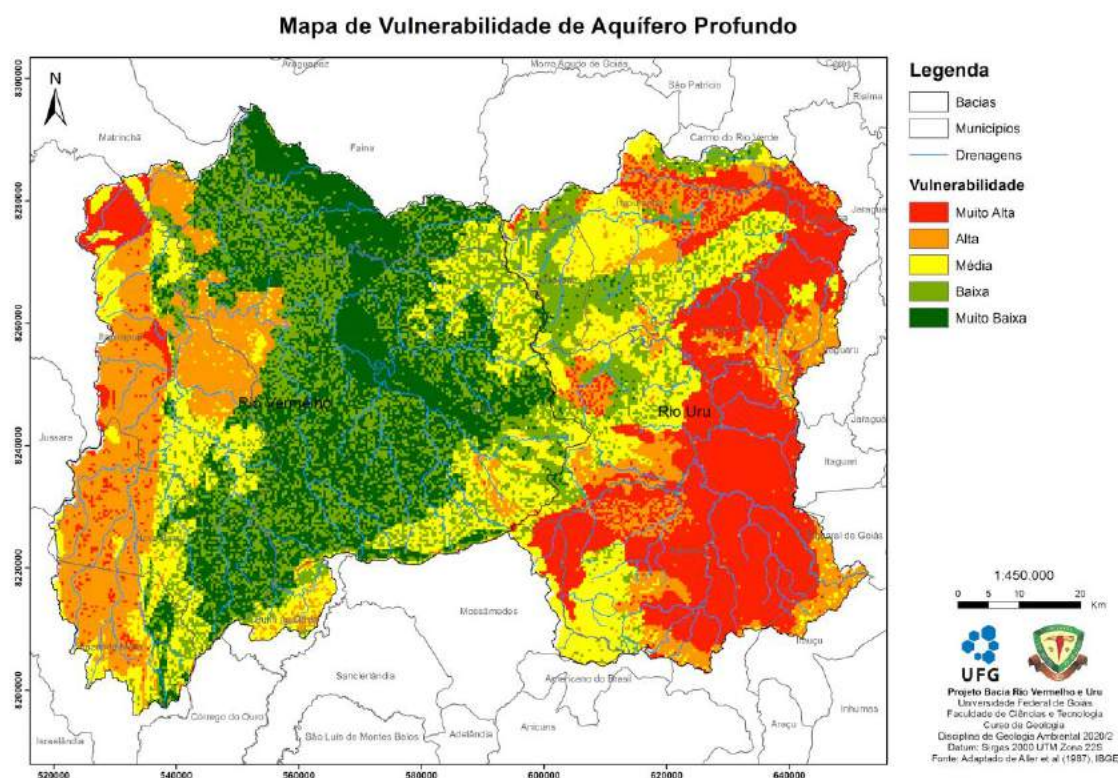


Figura 53. Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero profundo

Logo, os aquíferos superficiais e profundos (figura 54) variam a vulnerabilidade localmente, porém o padrão não muda significativamente entre ambos.

A bacia do Rio Uru apresenta aproximadamente 70% da área com “muita alta” vulnerabilidade, onde seria uma região para aprimorar os estudos, em campo principalmente, estar atento às atividades agropecuárias e uso da água, pois a contaminação da água subterrânea possui altos riscos, se não controlado.

Enquanto, na bacia do Rio Vermelho, apenas no extremo noroeste da bacia que apresenta “muita alta” a vulnerabilidade, isso pode estar relacionado a recarga e a condutividade hidráulica, porém precisa-se de um estudo detalhado em campo para confirmar estas premissas. Além disso, a bacia do Rio Vermelho é uma região que seria um local mais adequado para a construção de aterros sanitários, barragens e etc., por que tem a menor vulnerabilidade em relação a bacia do Rio Uru, isso está relacionado ao contexto geológico da bacia, declividade (maior declividade entre as duas bacias), tipo de solos (predominância de cambissolos, que são facilmente erodidos), parâmetros hidrogeológicos (porosidade menor, recarga de 52,8 cm/ano e condutividade hidráulica) que corroboram para a vulnerabilidade não ser alta, como visto os valores estabelecidos nos parâmetros.

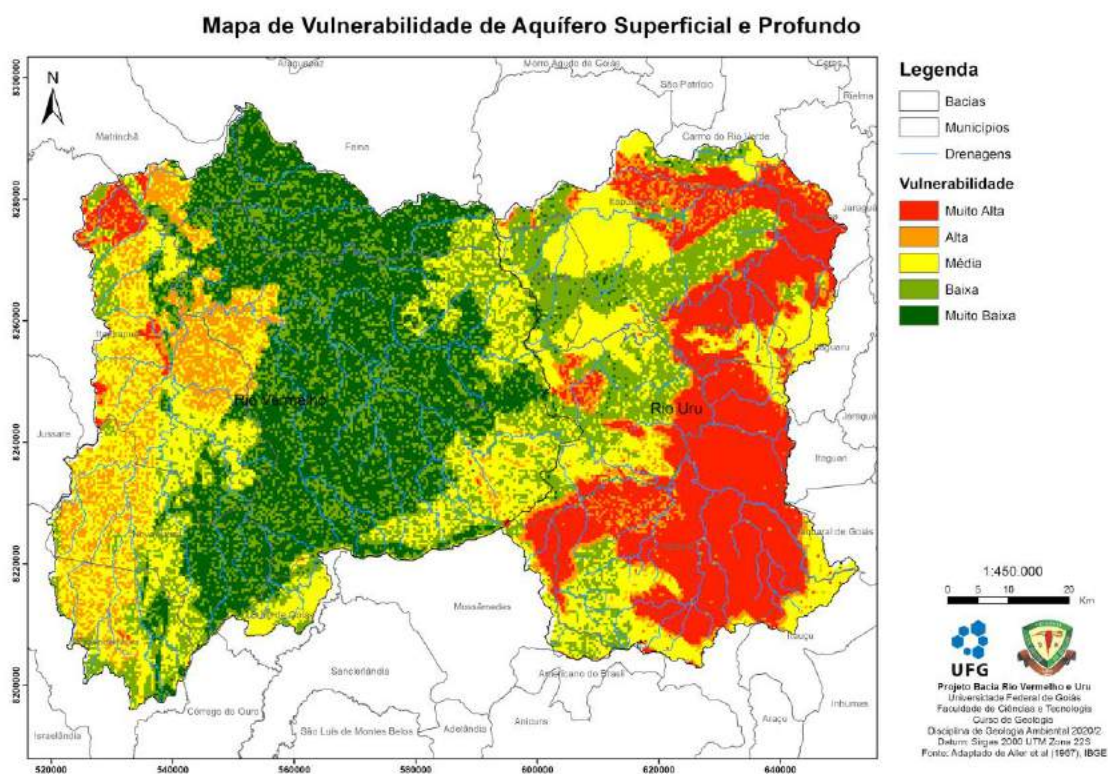


Figura 54. Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero superficial e profundo

13. CONCLUSÕES

O Projeto Bacia Rio Vermelho e Rio Uru concluiu satisfatoriamente as metas de coleta de informações e análise prévia de dados para geração de diversos mapas de interesse hidrogeológico, tais os quais futuramente, abrirão caminho para diversas possibilidades de estudos que venham a ser efetuados posteriormente na área, desde implantação de aterros sanitários, até controle e contenção de enchentes e danos de vazão.

O modelo matemático utilizado para o presente trabalho, em diversos momentos, coincidiu com os valores calculados pelas estações fluviométricas, possibilitando a simulação de cenários hidrológicos distintos, como em períodos de cheia ou estiagem das bacias, resultando também, em aberturas técnicas para avanços nos estudos de casos e premeditação de desastres naturais em bacias hidrográficas brasileiras.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (ANA). **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**: Portal HIDROWEB. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 29 mar. 2021.

ALLER, L., BENNET, T., LEHR, J.H. e PETTY, R.J. **DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings**. 1987. U.S. EPA Report 600/2-85/018.

BAÊTA JR, J.D.A. et al. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB**. Folha SE.22-X-B-IV - Goiânia. Brasília: CPRM, 1997. Inédito.
Bertol, G. A. et al. (2006). APLICAÇÃO DO MÉTODO DO CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO NA AVALIAÇÃO DA RECARGA NO AQUÍFERO BAURU EM ARAGUARI - MG. **Águas Subterrâneas**. Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22175>

BRASIL. **Lei nº 3924**, de 26 de julho de 1961. Brasília, DF.

BRASIL. **Decreto nº 99274**, de 06 de junho de 1990. Brasília, DF.

BRASIL. **Lei nº 9985**, de 18 de julho de 2000. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 428**, de 17 de dezembro de 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. [S. l.], 25 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 15 jun. 2021.

DANNI, J.C.M.; DARDENNE, M.A.; FUCK, R.A. Geologia da região de Goiás, GO. O Greenstone Belt Serra de Santa Rita e a Sequência Serra do Cantagalo. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE**, 1, 1981, Goiânia. Anais. Goiânia: SBG – Núcleos Centro-Oeste e Brasília, 1981. p.265-280.
FOSTER, S. 1987. Fundamental concept in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc. Intl. Conf. "Vulnerability of soil and groundwater to pollution" (Nardwijk, The Netherlands, April 1987). **FUNCTIONS**. 1992. Department of Agricultural & Biological Engineering, Cornell University, USA.

GOIÁS (Estado). **Decreto nº 4866**, de 12 de fevereiro de 1998. Goiânia, GO.

GOIÁS (Estado). **Decreto nº 5169**, de 28 de janeiro de 2000. Goiânia, GO.

GOIÁS (Estado). **Decreto nº 5182**, de 13 de março de 2000. Goiânia, GO.

GOIÁS (Estado). **Decreto nº 5768**, de 05 de junho de 2003. Goiânia, GO.

GOIÁS (Estado). **Lei nº 14075**, de 28 de dezembro de 2001. Goiânia, GO.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Hidrogeologia do Estado de Goiás**. Por Leonardo de Almeida, Leonardo Resende, Antônio Passos Rodrigues, José Eloi Guimarães Campos. Goiânia, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/>. Acesso em: 05 jun. 2021

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Portaria nº 720**, de 26 de março de 1991.

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). **Sítios Georreferenciados**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/cna/pagina/detalhes/1227>. Acesso em: 20 abr. 2021.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Mapa das Estações**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br>. Acesso em: 05 mar. 2021.

JOST, H. et al. Geologia e Geocronologia do Complexo Uvã, Bloco Arqueano de Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.35, n.4, p.559-572, 2005.

Junior, H. R. de M. (2008). **MÉTODO DRASTIC: UMA PROPOSTA DE ESCALA PARA NORMATIZAÇÃO DOS ÍNDICES FINAIS DE VULNERABILIDADE**. Águas Subterrâneas. Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23781>.

LACERDA FILHO J.V. et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal** – Relatório do Mapa Geológico do Estado de Goiás - Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB, 1999.

MISHRA, S.K., SINGH, V., **Soil Conservation Service Curve Number (SCS- CN) Methodology** 'Kluwer' Academic. Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

MOREIRA, Maria Luiza Osório et al (Orgs.). **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal**: texto explicativo do mapa geológico do estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: CPRM; SIC - FUNMINERAL, 2008. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil (PGB); Programa Geologia e Mineração do Estado de Goiás.

POLEMIO, M.; CASARANO, D.; LIMONI, P. P. Karstic aquifer vulnerability assessment methods and results at a test site (Apulia, Southern Italy). **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 9, p. 1461- 1470, 2009.

Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (Mapbiomas). **Coleção 5 - Uso e Ocupação do Solo**. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 15 abr. 2021.

Ralph, D.A., Mandel, R., Wu, R.S., **GENERALIZED WATERSHED LOADING** Rennó, C.D., Borma, L.S. **Processos Hidrológicos**. 2017. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~camilo/prochidr/pdf/02vert.pdf> acessado em 09 de junho de 2021.

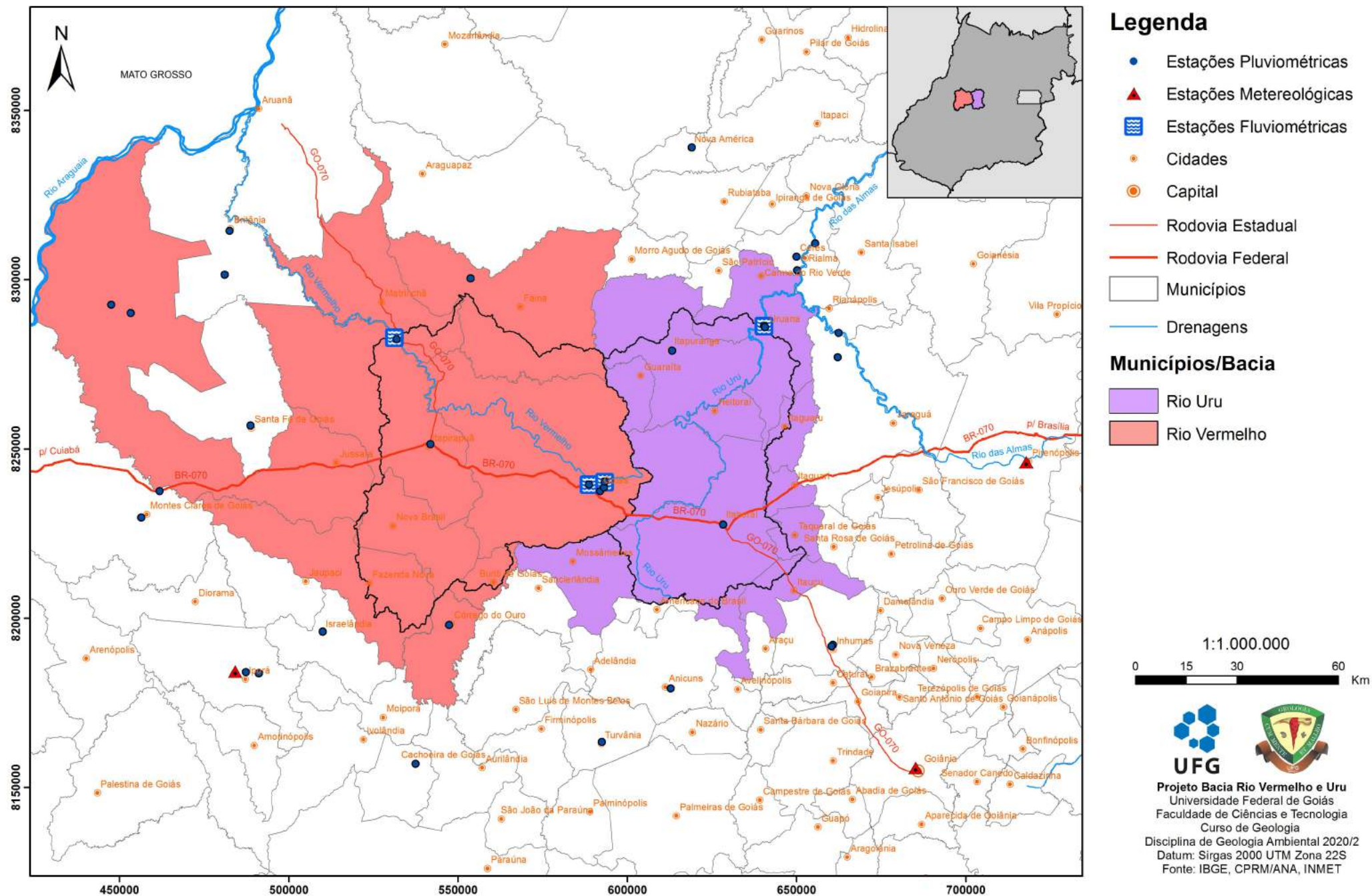
RESENDE, M.G. et al. Stratigraphy of the Goiás and Faina greenstone belts, Central Brazil: a new proposal. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.28, n.1, p.77-94, 1998.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

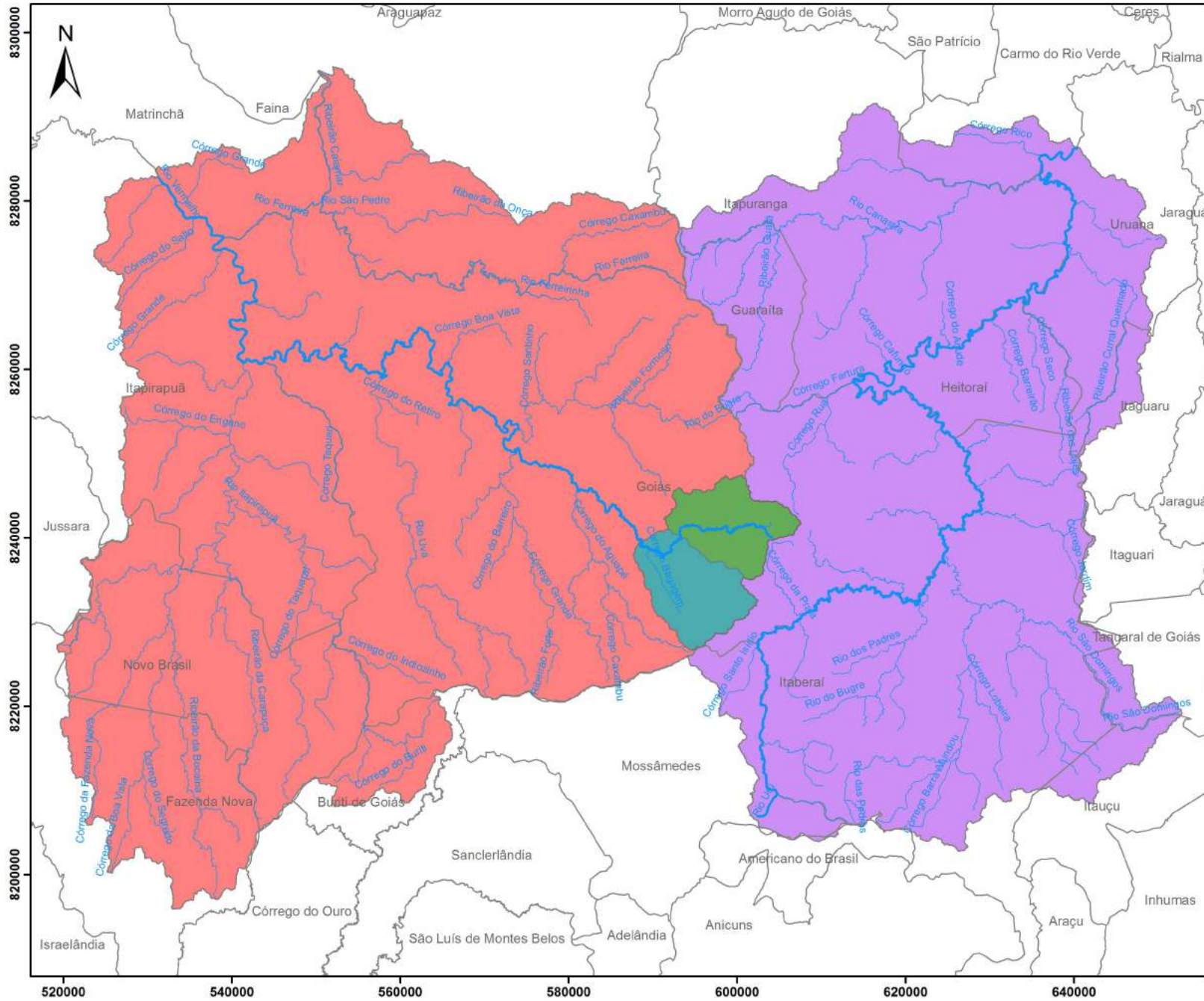
Sistema Estadual de Geoinformação (SieG). Instituto Mauro Borges (IMB). **Bacias Otto**. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/sieg>. Acesso em: 12 jun. 2021.

TOMAZZOLI, E.R. **Aspectos geológicos e petrológicos do enxame de diques de Morro Agudo de Goiás**. Brasília. Brasília, 1997. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 1997.

Mapa de Localização



Mapa de Recursos Hídricos



Legenda

☐ Municípios

Cursos d'água

— Drenagens

— Rio Vermelho e Uru

Bacias

 Rio Vermelho

 Rio Uru

 Fazenda Paciência

 Balneário Cachoeira Grande

1:450.000

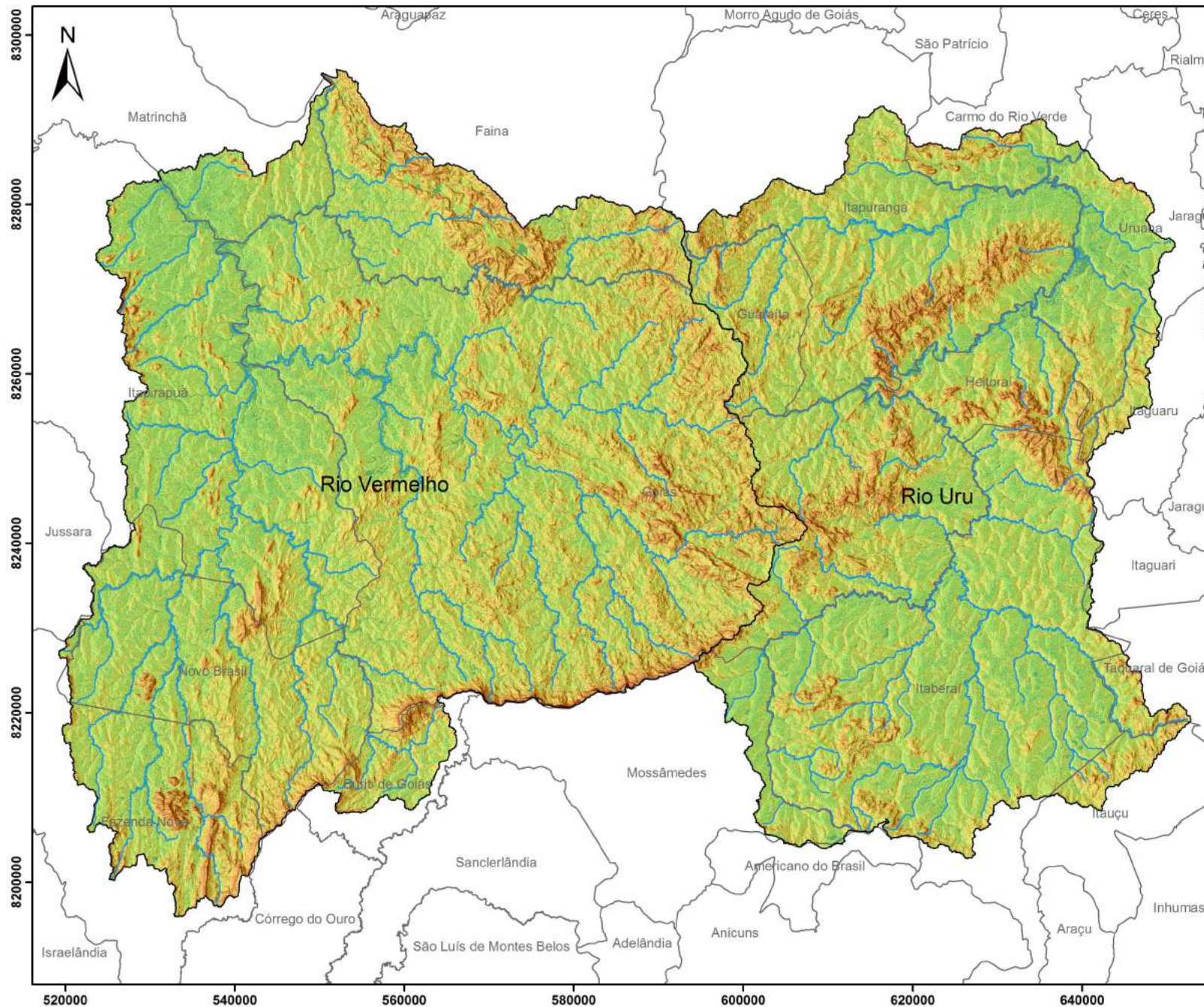


UFG



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: IBGE

Mapa de Declividade



Legenda

- Bacias
- Municípios
- Drenagens

Classes de Declividade (%)

- Plano 0 a 3%
- Suave Ondulado 3 a 8%
- Ondulado 8 a 20%
- Forte Ondulado 20 a 45%
- Montanhoso 45 a 75%
- Escarpado >75%

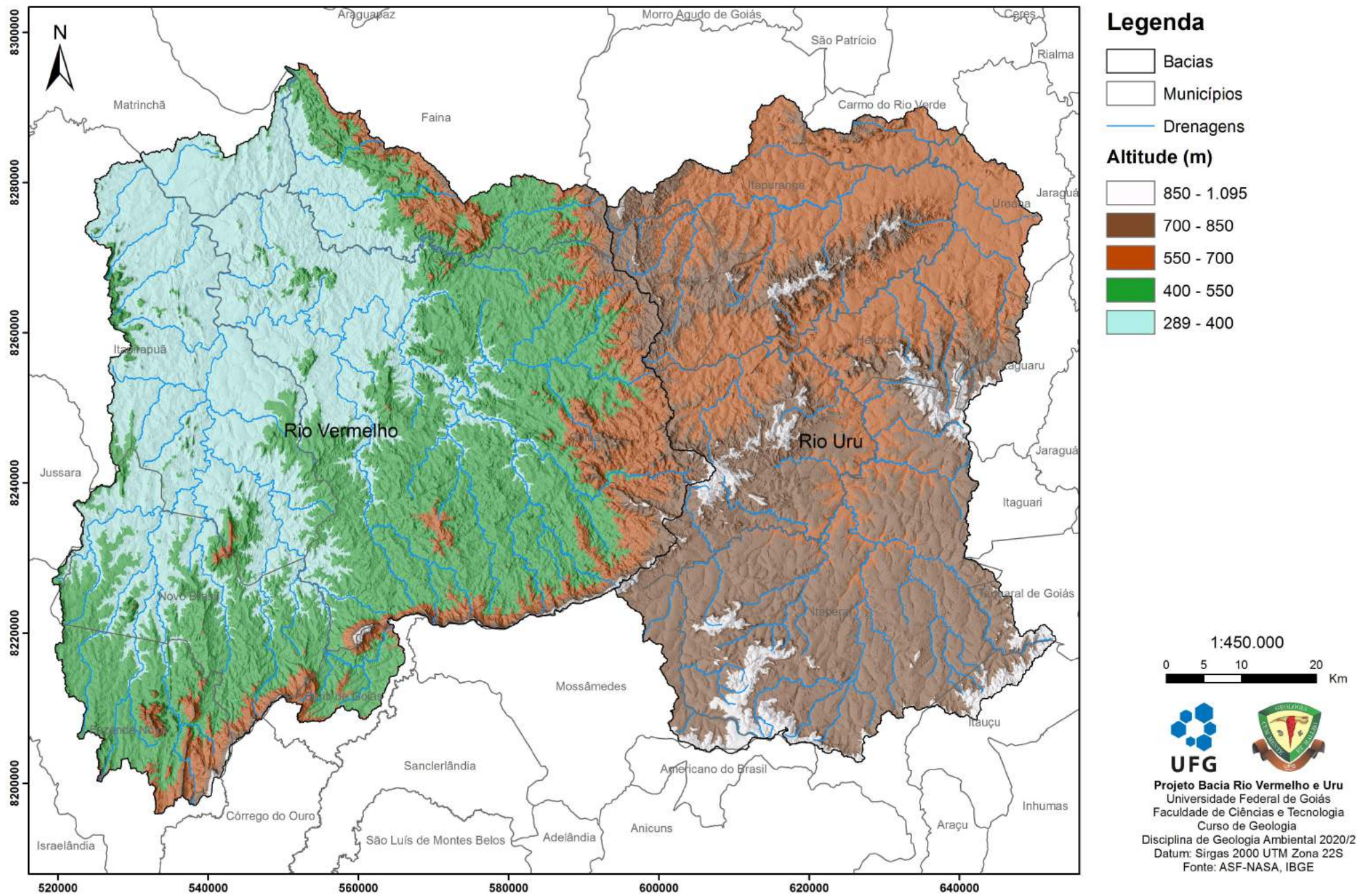
1:450.000

0 5 10 20 Km

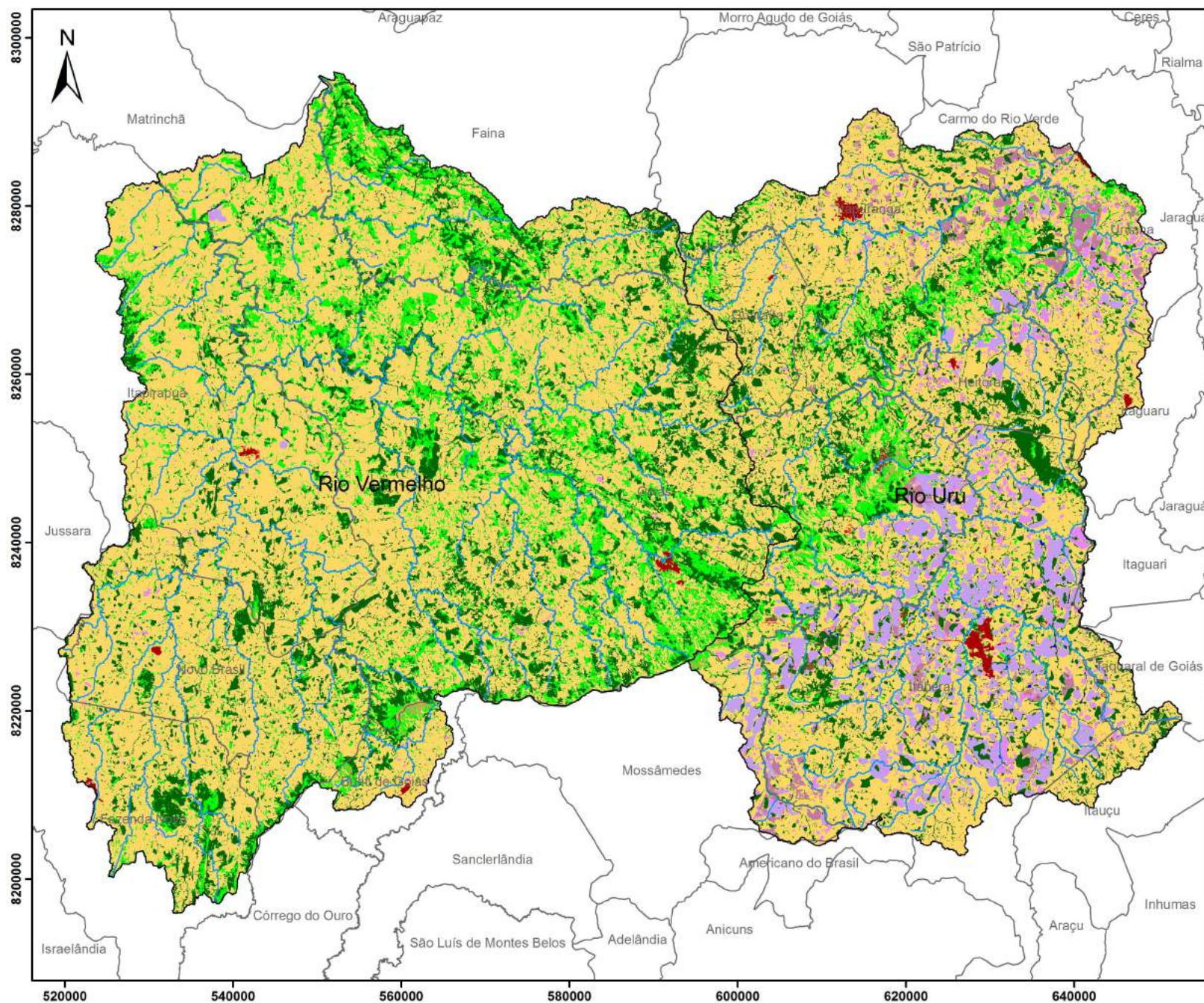


Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: ASF-NASA, IBGE, Embrapa

Mapa Hipsométrico



Mapa de Uso e Ocupação do Solo



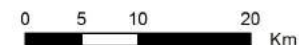
Legenda

-  Bacias
 Municípios
 Drenagens

Tipo de Uso

- | | |
|---|--------------------|
|  | Formação Florestal |
|  | Formação Savânica |
|  | Floresta Plantada |
|  | Formação Campestre |
|  | Pastagem |
|  | Soja |
|  | Cana |
|  | Outras Lavouras |
|  | Zona Urbana |
|  | Área não Vegetada |
|  | Corpos d'Água |

1:450.000

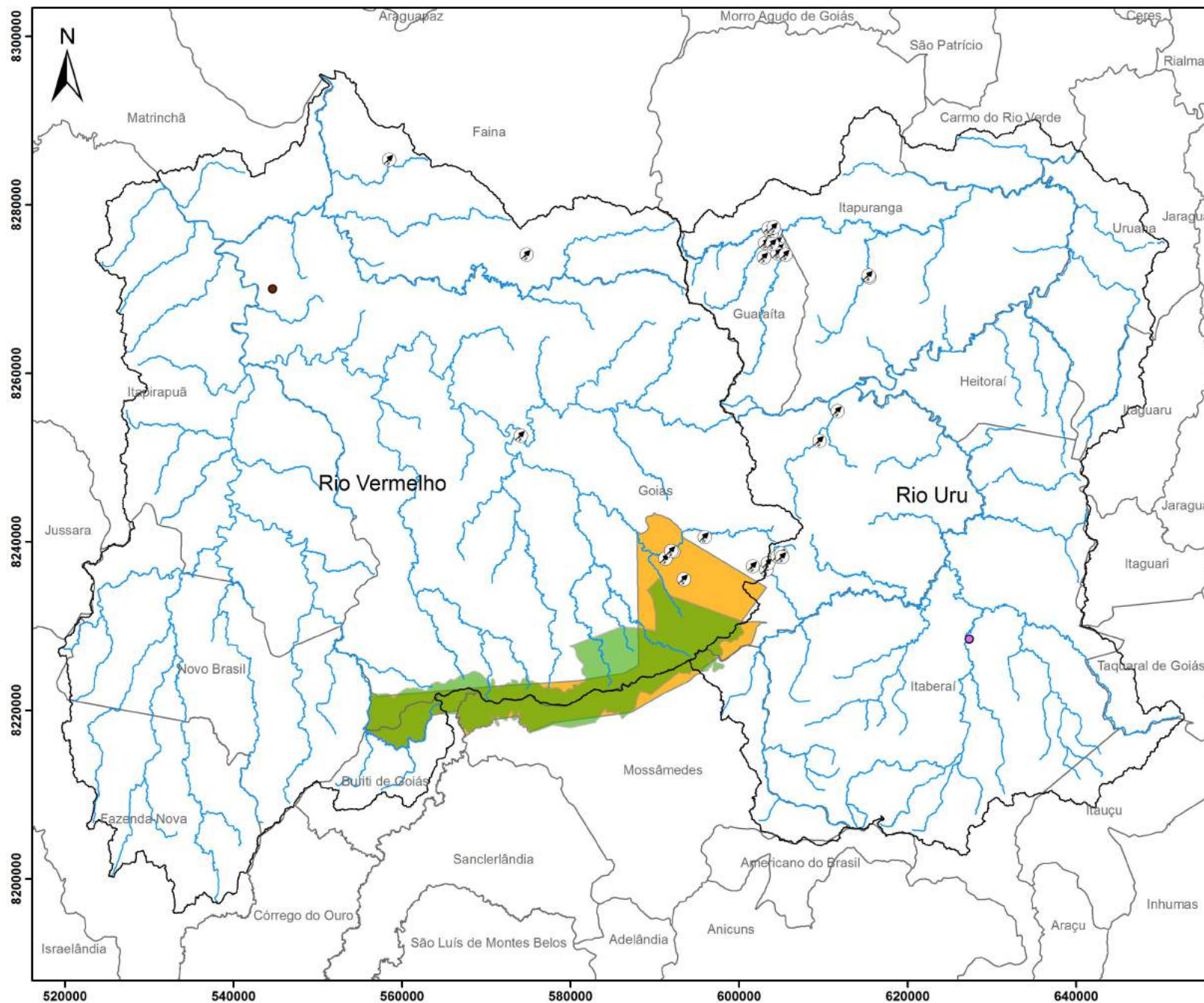


UFG



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: MapBiomass - SEEG/OC, IBGE

Mapa de Unidades de Conservação e Patrimônio Arqueológico



Legenda

- Bacias
- Municípios
- Drenagens
- Sítio Arqueológico
- Unidades de Conservação**
 - ARIE Águas de São João
 - RPPN Fazenda Santa Luzia
 - P.E. da Serra Dourada
 - APA Dr Sullivan Silvestre

1:450.000

0 5 10 20 Km



UFG



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru

Universidade Federal de Goiás

Faculdade de Ciências e Tecnologia

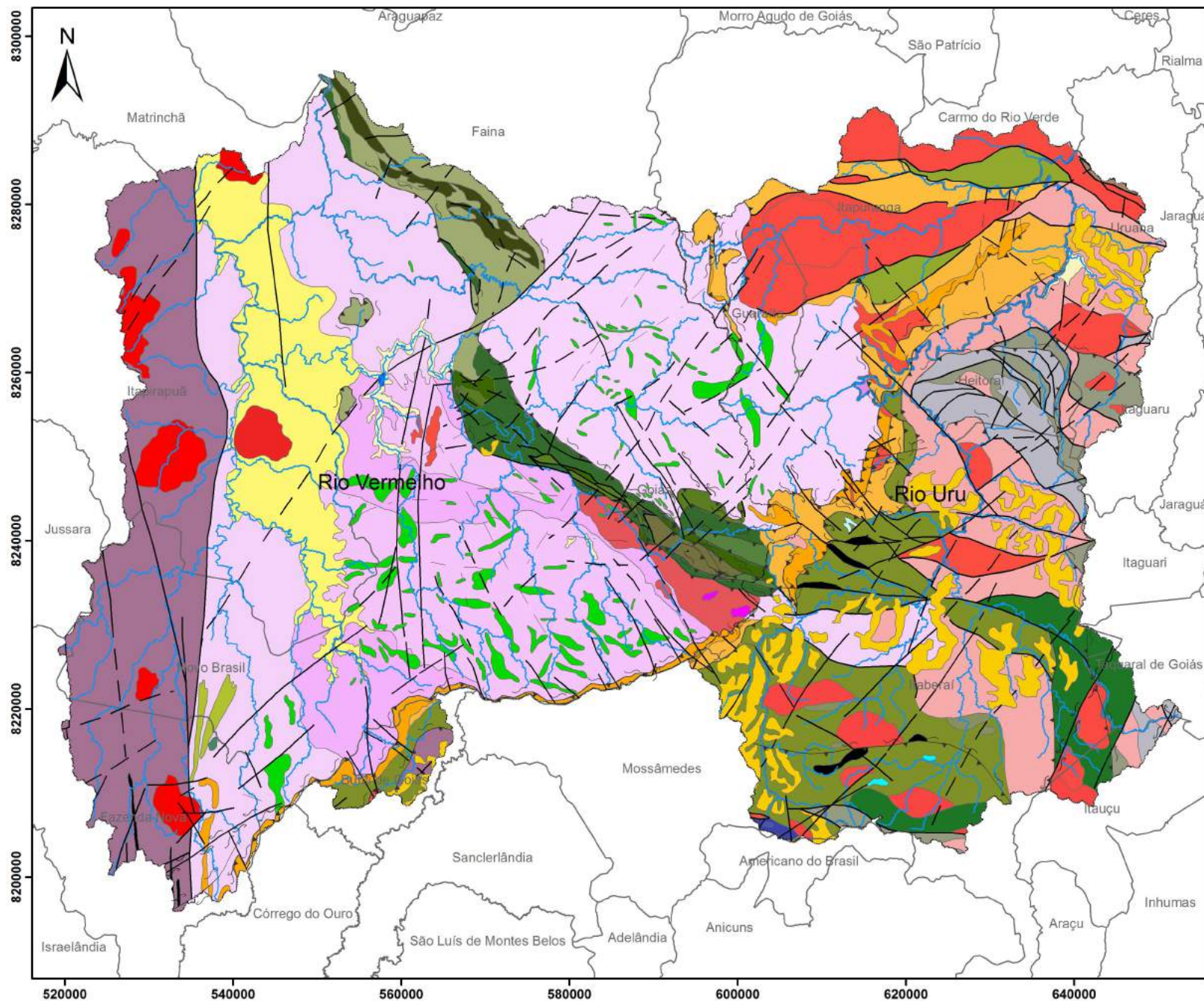
Curso de Geologia

Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2

Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S

Fonte: IBAMA, AGMA-GO, ICMBio, IPHAN, Secima-GO, SEMAD-GO e IBGE

Mapa Geológico



Legenda

Unidades Litoestratigráficas

- Q2a Depósitos aluvionares
- Qag2 Fm. Araguaia
- N1d1 Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
- JKU Compl. Alcalino Iporã
- NP3y2b1 Suite Serra Negra - Granito Fazenda Nova (fn), Granito Serra Negra (n), Granito Novo Brasil (nb)
- NP3y2b2 Compl. Granítico Sintectônico - Suite Intrusiva Itapiranga - Litofácies (isi)
- NP3y1ap Suite Granitos tipo Aragoiânia
- NP3y2ip Suite Granitos tipo Rio Piracanjuba
- NP3y2pc Granito Pau de Choro
- NP3y2c Suite Rio Caiapó
- NP3y2u Suite Máfico-Ultramáfico tipo Americano do Brasil - Litofácies Ultramáfica (u)
- NP3y2u Suite Anicuns-Santa Bárbara
- NP3y2u Gr. Araxá - Un. B - Litofácies Quartzito (qt)
- NP3y2u Seq. Metavulcanossedimentar Jaupaci - Un. 2 - Litofácies Fm. Ferrifera
- NP3y2u Seq. Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberal - Litofácies Calcário (cc), Fm. Ferrifera (ff), Mármore (mm), Talco Xisto (tx)
- NP3y2u Seq. Metavulcanossedimentar Rio do Poixe - Un. 1
- NP3y2u Compl. Granulítico Anápolis-Itaçu - Assoc. Ortogranulitos - Assoc. Supracrustais (s)
- NP3y2u Compl. Plutônico do Arco Magmático de Goiás - Un. Ortognaisses do Oeste de Goiás
- NP3y2u Gr. Serra Dourada - Un. A - Litofácies Conglomerado (cgl)
- NP3y2u Gr. Serra Dourada - Un. B - Litofácies Metapam-Pelítica (mb)
- NP3y2u Suite Jurubatuba
- NP3y2u Rochas Metamórfico-Metavulcanossedimentares
- NP3y2u Seq. Serra do Cantagalo - Un. 1 e 2
- NP3y2u Intrusivas Graníticas
- NP3y2u Grupo Goiás Velho
- NP3y2u Fm. Limeira - Fácies Psamítica (2), Fácies Pelítica (1)
- NP3y2u Fm. Serra de Santa Rita - Un. 2 - Clástica Psamo-Pelítica
- NP3y2u Fm. Serra de Santa Rita - Un. 1 - Química - Litofácies Dolomito
- NP3y2u Fm. Córrego Manoel Leocádio
- NP3y2u Fm. Digo-Digo
- NP3y2u Compl. Anta - Un. Granito Gnáissica
- NP3y2u Compl. Caiçara
- NP3y2u Compl. Uva - Suite Rio da Fonte (rf), Suite Rio do Índio (ri)

Convenções Geológicas

- Falha extensional (normal)
- Falha interpretada pela geofísica: M-magnetometria
- Falha ou zona de cisalhamento aproximada
- Falha ou zona de cisalhamento compressional
- Falha ou zona de cisalhamento indistintada
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente dextral
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente sinistral

Convenções Cartográficas

- Bacias
- Municípios
- Drenagens

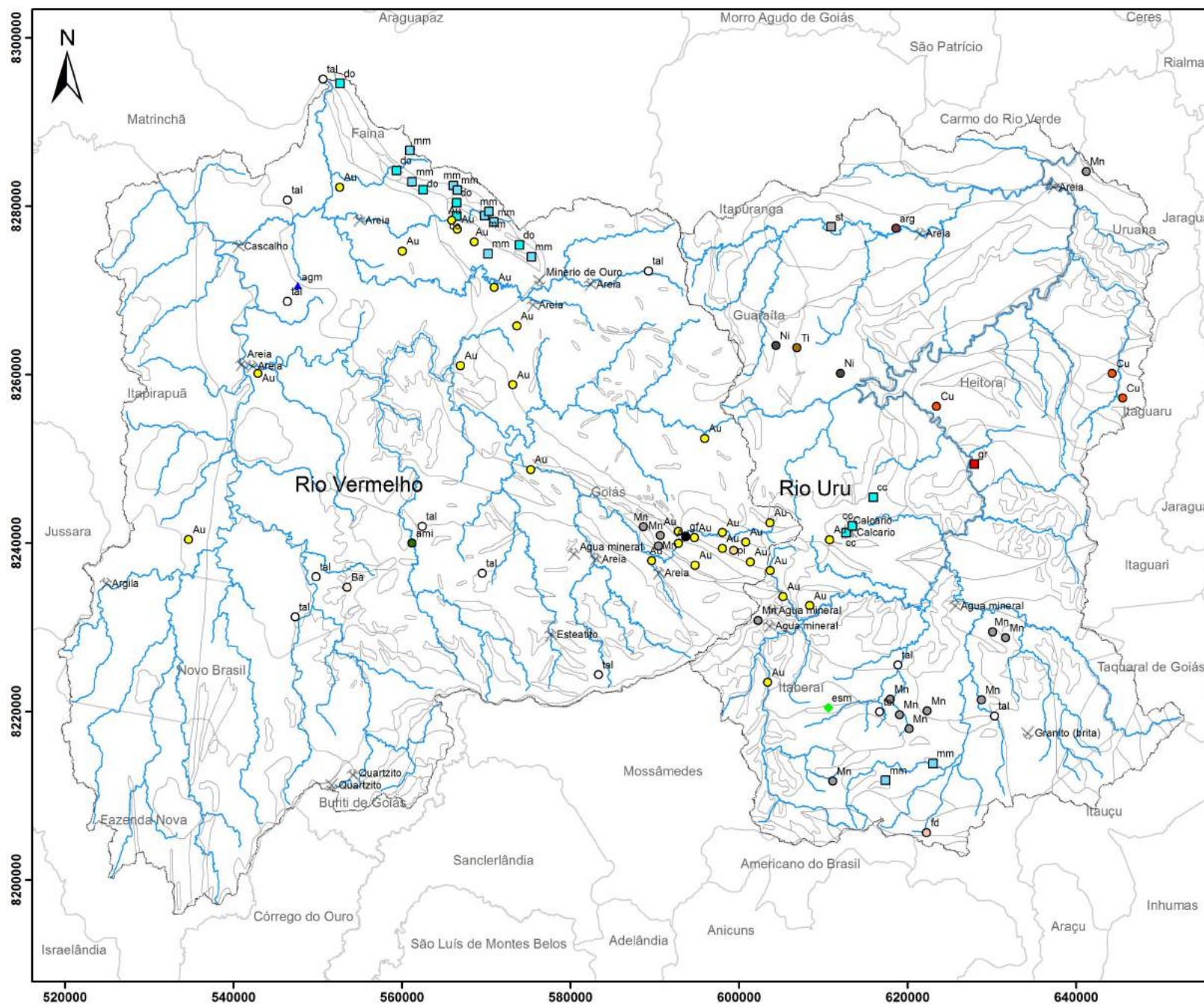
1:450.000

0 5 10 20 Km



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
 Universidade Federal de Goiás
 Faculdade de Ciências e Tecnologia
 Curso de Geologia
 Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
 Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
 Fonte: CPRM/SIC-FUNMINERAL, IBGE

Mapa de Recursos Minerais



Legenda

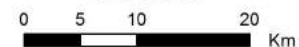
Recursos Minerais

-  Au - Ouro
-  Ba - Bário
-  Cu - Cobre
-  Mn - Manganês
-  Ni - Níquel
-  Ti - Titânio
-  ami - Asbesto
-  arg - Argila
-  fd - Feldspato
-  gf - Grafita
-  pi - Pirita
-  tal - Talto
-  esm - Esmeralda
-  cc/do - Cálcario
-  gr - Granito
-  mm - Mármore
-  st - Sienito
-  agm - Água Mineral

Lavra - Situação

- Ativa
- Paralisada

1:450.000

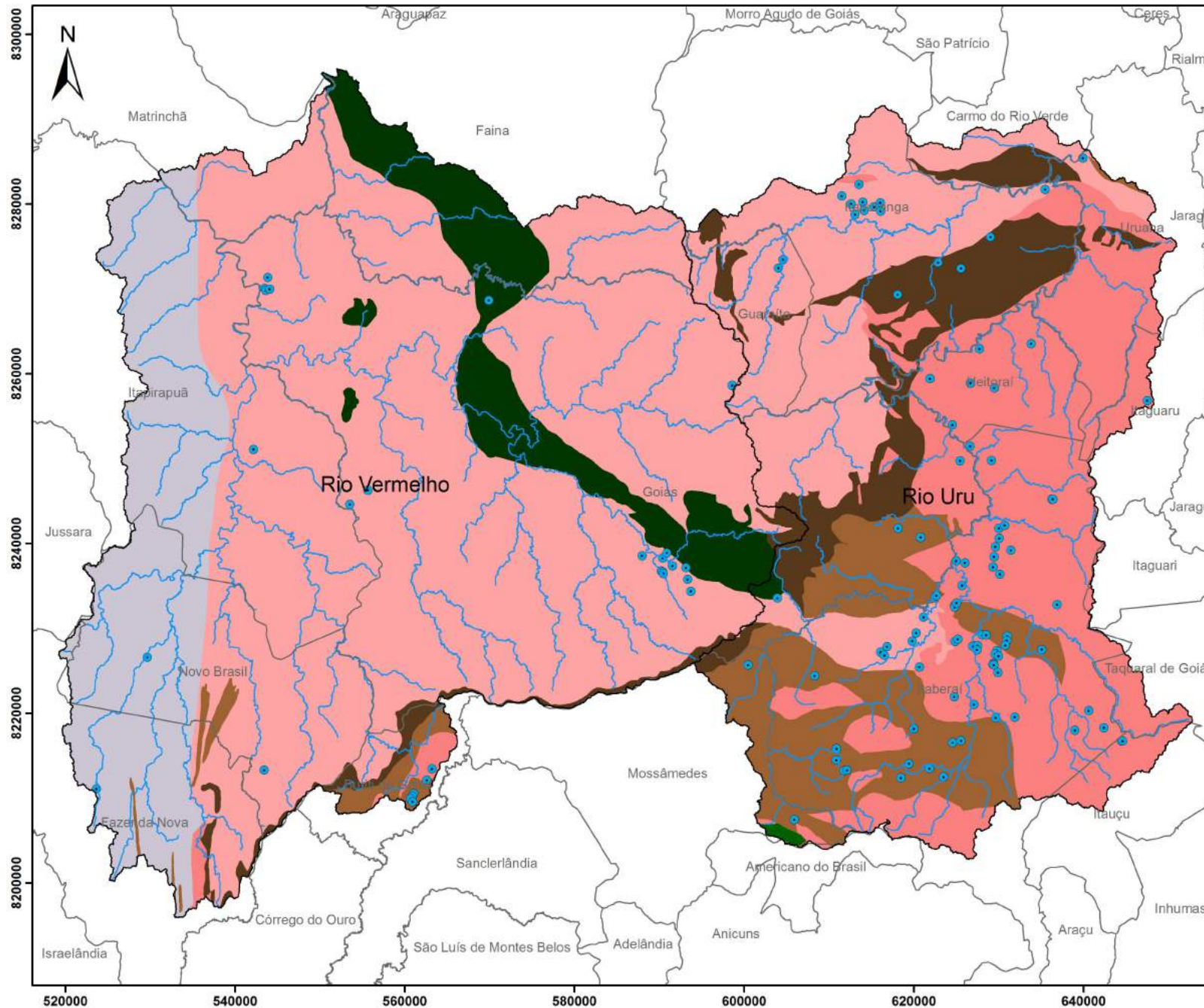


UFG



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: CPRM/SIC-FUNMINERAL, IBGE

Mapa de Sistemas Aquíferos Profundos



Legenda

- Bacias
- Municípios
- Drenagens
- Poços - SIAGAS

Sistemas Aquíferos

- Araxá - SAAX
- Complexos Acamidados - SACA
- Cristalino Noroeste - SACNW
- Cristalino Oeste - SACW
- Cristalino Sudeste - SACSE
- Greenstone Belts - SAGB
- Serra da Mesa - SASM

1:450.000

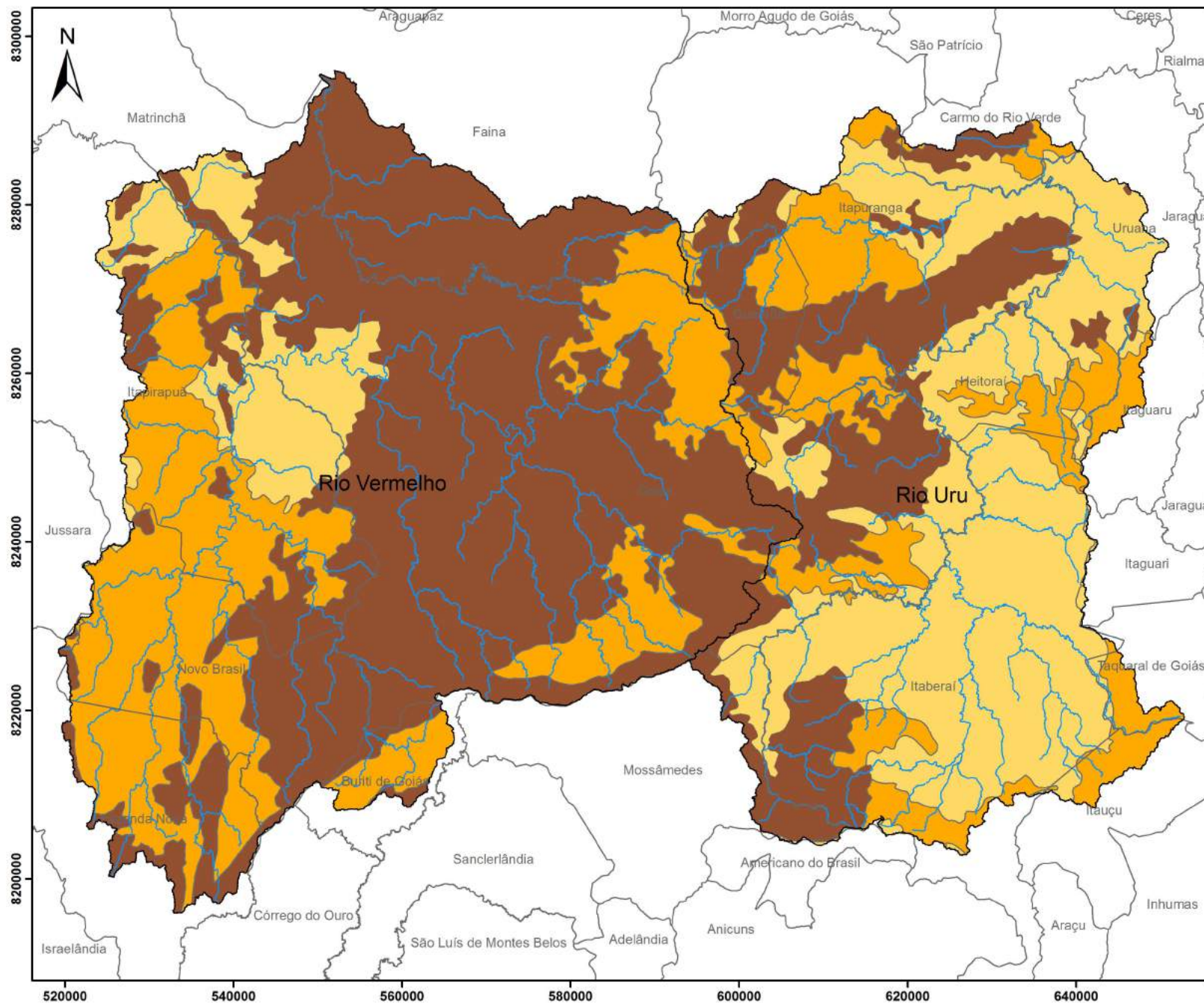
0 5 10 20 Km



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia

Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: SGM/SIC-GO SIAGAS - CPRM/ANA, IBGE

Mapa de Sistemas Aquíferos Superficiais



Legenda

- Bacias
- Municípios
- Drenagens

Sistemas Aquíferos

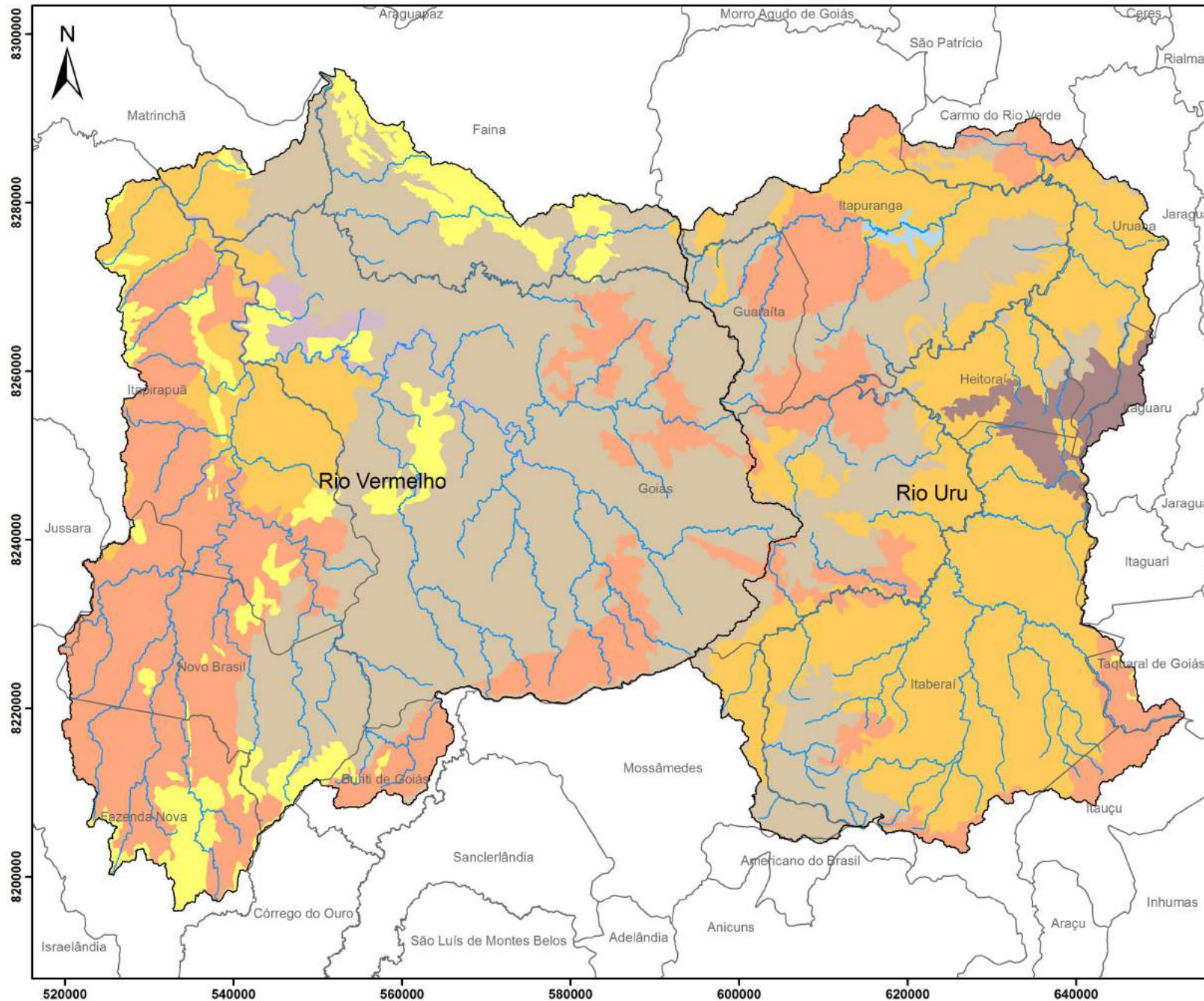
- Aquifero Freático inexistente
- Sistema Poroso II
- Sistema Poroso III

1:450.000
0 5 10 20 Km



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: SIC-GO, IBGE

Mapa de Solos



Legenda

- Bacias
- Municípios
- Drenagens

Solos

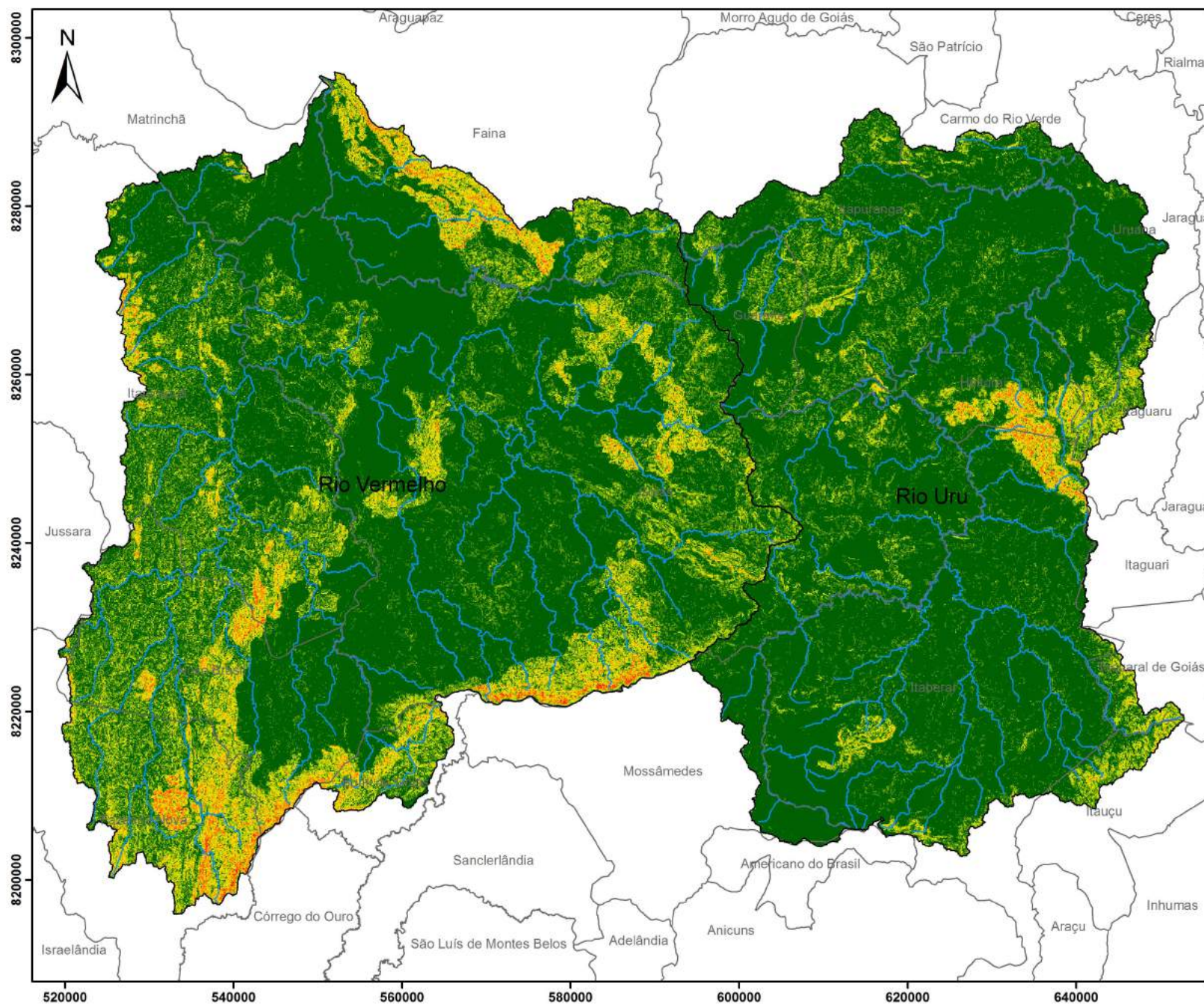
- Argissolos
- Cambissolos
- Chernossolos
- Gleissolos
- Latossolos
- Neossolos
- Plintossolos

1:450.000
0 5 10 20 Km



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: MacroZAE-Go, Embrapa, IBGE

Mapa de Erodibilidade



Legenda

- Bacias
- Municípios
- Drenagens

Susceptibilidade a erosão (ton/ha/ano)

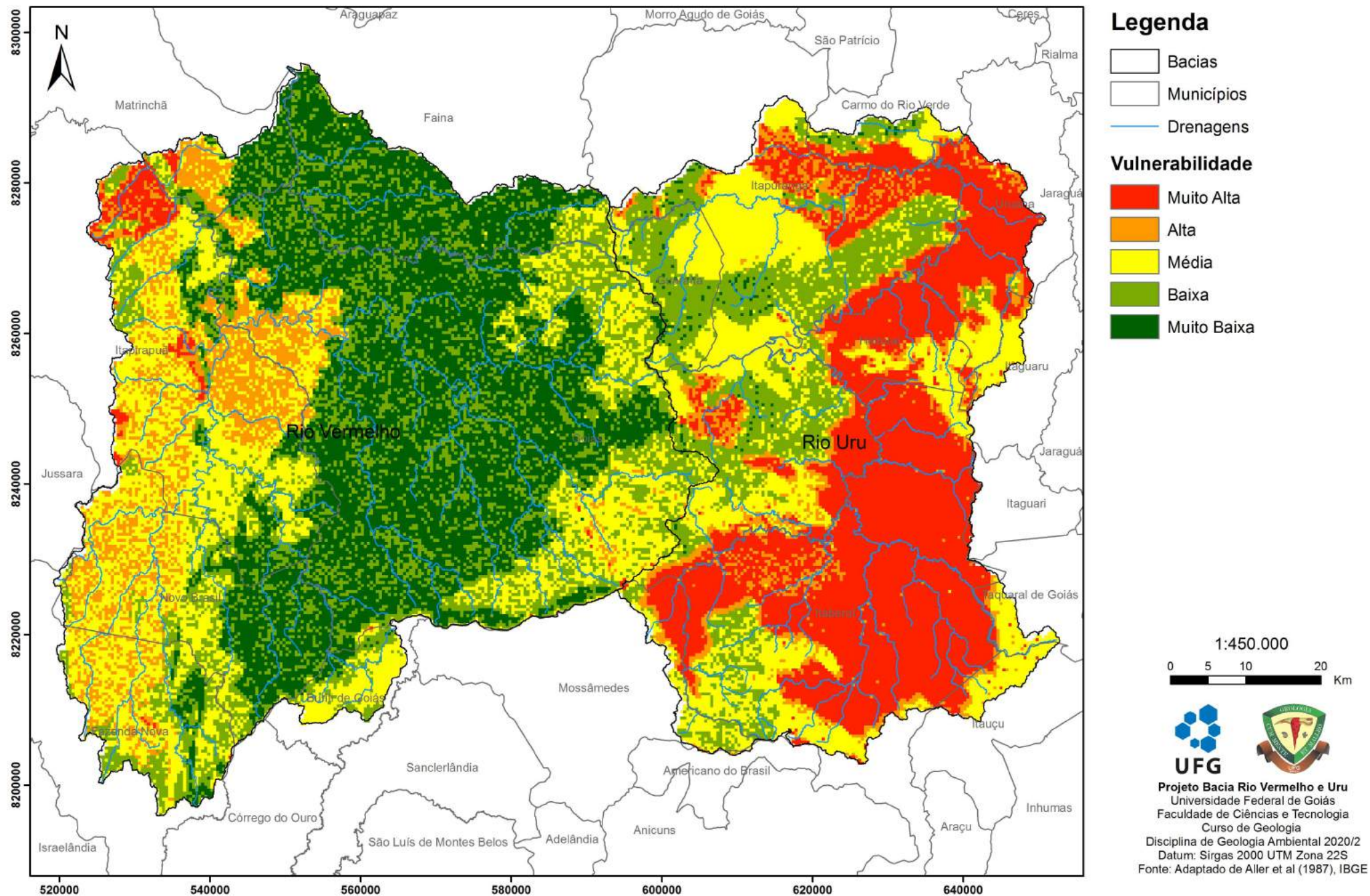
- Fraca 0 a 5
- Moderada 5 a 10
- Alta 10 a 20
- Muito Alta 20 a 40
- Severa 40 a 80
- Muito Severa >80

1:450.000
0 5 10 20 Km

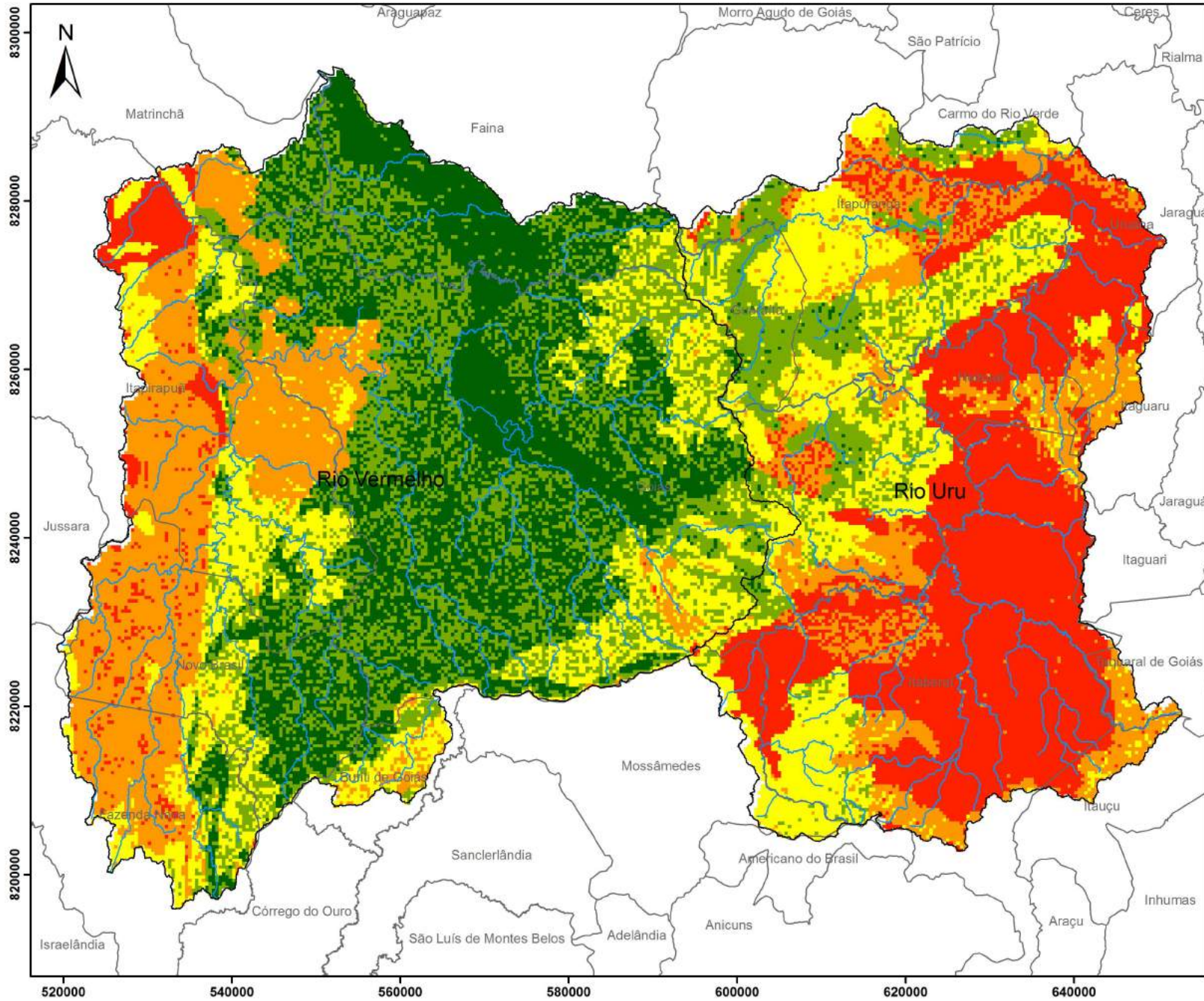


Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: Dias et al (2017), IBGE

Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero Superficial e Profundo



Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero Profundo



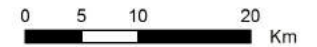
Legenda

-  Bacias
 Municípios
 Drenagens

Vulnerabilidade

- | | |
|---|-------------|
|  | Muito Alta |
|  | Alta |
|  | Média |
|  | Baixa |
|  | Muito Baixa |

1:450.000



Projeto Bacia Rio Vermelho e Uru
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Curso de Geologia
Disciplina de Geologia Ambiental 2020/2
Datum: Sirgas 2000 UTM Zona 22S
Fonte: Adaptado de Aller et al (1987), IBGE

Mapa de Vulnerabilidade de Aquífero Superficial

