

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA
TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE:
INSUMOS PARA AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO
SUPERFICIAL**

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y DINÁMICA DEL USO Y LA COBERTURA
DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO RIBEIRÃO JOÃO LEITE: INSUMOS
PARA LA EVALUACIÓN DE LA INFILTRACIÓN Y ESCURRIMIENTO
SUPERFICIAL**

**MORPHOMETRIC ANALYSIS AND DYNAMICS OF LAND USE AND
COVERAGE OF THE RIBEIRÃO JOÃO LEITE RIVER BASIN: INPUTS FOR
EVALUATION OF INFILTRATION AND SURFACE RUNOFF**

Vitor Pereira Cruz

Mestrando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia –
PPGEO da Universidade Federal de Goiás – UFG.
vitorpc97@gmail.com

Gislaine Cristina Luiz

Professora da Universidade Federal de Goiás – UFG e do
Programa Pós-Graduação em Graduação em Geografia – PPGEO UFG.
gislaine@ufg.br

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Professor da Universidade Federal de Goiás – UFG.
diego_nascimento@ufg.br

Resumo

Um das principais formas de fazer estudos de segurança hídrica é com as bacias hidrográficas. Chama-se atenção para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite (BHRJL), que já encontra sérios problemas de manutenção. A hipótese considera que a BHRJL nos próximos anos não poderá fornecer a capacidade hídrica necessária para a região. O trabalho tem o objetivo de realizar mapeamento espaço-temporal de cobertura e uso da terra e avaliar as características morfométricas da bacia. As análises de cobertura e uso da terra evidenciaram que a BHRJL sofreu uma dinâmica significativa em ocupação, principalmente nas áreas de pastagens pela mesma possuir a maior porcentagem de área da bacia. Através das análises da morfometria da BHRJL, compreendeu-se que ela não é propensa a inundações, e tem índices médios de drenagem, com alta facilidade do escoamento superficial, possui médio potencial para erosão, compreendendo que bacia tem um potencial médio para a recarga hídrica.

Palavras-chave: Segurança Hídrica, Bacia Hidrográfica, Mapbiomas, Morfometria

Resumen

Una de las principales formas de realizar estudios de seguridad hídrica es con cuencas hidrográficas. Se llama la atención sobre la Cuenca Hidrográfica Ribeirão João Leite (BHRJL), que ya enfrenta serios problemas de mantenimiento. La hipótesis considera que la BHRJL en los próximos años no podrá proveer la capacidad hídrica necesaria para la región. El objetivo de este trabajo es realizar un mapeo espacio-temporal de la cobertura y uso del suelo y evaluar las características morfométricas de la cuenca. Los análisis de cobertura y uso del suelo mostraron que la BHRJL sufrió una dinámica significativa en la ocupación, principalmente en las áreas de pastos, debido a que tiene el mayor porcentaje del área de la cuenca. A través del análisis de la morfometría de la BHRJL se entendió que no es inundable, tiene tasas de drenaje medias, con facilidad de escorrentía superficial alta, tiene un potencial medio de erosión, entendiendo que la cuenca tiene un potencial medio de recarga de agua.

Palabras clave: Seguridad Hídrica, Cuenca Hidrográfica, Mapbiomas, Morfometría

Abstract

One of the main ways to carry out water security studies is with river basins. Attention is drawn to the Ribeirão João Leite Hydrographic Basin (BHRJL), which already faces serious maintenance problems. The hypothesis considers that the BHRJL in the coming years will not be able to provide the necessary water capacity for the region. The objective of this work is to carry out space-time mapping of land cover and land use and to evaluate the morphometric characteristics of the basin. The analyzes of land cover and use showed that the BHRJL suffered a significant dynamic in occupation, mainly in the pasture areas, because it has the highest percentage of the basin area. Through the analysis of the morphometry of the BHRJL, it was understood that it is not prone to flooding, and has average drainage rates, with high ease of surface runoff, has a medium potential for erosion, understanding that the basin has an average potential for water recharge.

Keywords: Water Security, Hydrographic Basin, Mapbiomas, Morphometry

INTRODUÇÃO

Cyne, Santos e Pereira (2010) abordam que, para evitar os problemas relacionados aos impactos à segurança hídrica, uma das principais formas de estudos é com as bacias hidrográficas, pois a partir delas é possível elaborar planejamentos que visem evitar os diversos problemas ambientais (desmatamentos, poluição, aterros das nascentes, mudança na ocupação do solo, etc.).

Uma bacia hidrográfica é uma junção de drenagem que se reúne em ponto de toda água precipitada escoando até seu ponto mais baixo, conhecido como exutório (TEIXEIRA *et al.*, 2009). As bacias hidrográficas são importantes unidades de

planejamento, visto que o modelo de ocupação desses locais influencia diretamente na disponibilidade hídrica da região.

A cobertura vegetal influencia na capacidade de infiltração da água no solo e conseqüentemente de condutividade hidráulica, fundamental para a recarga de aquíferos, lagos e rios. Dessa forma a identificação do uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas se torna imprescindível como modelo de estudo para o diagnóstico ambiental.

No Centro-Oeste brasileiro, houve grandes mudanças na cobertura da terra causadas predominantemente pela agricultura, áreas de pastagens e urbanização expressiva. A vegetação nativa vem perdendo espaço para as atividades antrópicas e a retirada da vegetação altera o ciclo hidrológico e as características dos solos, prejudicando mananciais hídricos (PINHEIRO, TEIXEIRA e KAUFMANN, 2009; BATISTA e SOUSA, 2015).

Outra forma de diagnosticar os problemas ambientais de uma bacia hidrográfica, é a partir da análise morfométrica, que por ela examina o espaço e os elementos de determinada área, como solo, clima, vegetação, forma, relevo, geologia, rede de drenagem, geomorfologia, dentre outros (TONELLO *et al.*, 2006). Tais atributos, correlacionados entre si, geram os parâmetros morfométricos (CHEREM, 2008). Essa análise permite vislumbrar como diferentes elementos podem afetar uns aos outros dentro do espaço, usando dados topográficos oriundos via geoprocessamento. (SANTOS *et al.*, 2012; SANTIAGO *et al.*, 2015).

Para realizar uma gestão adequada dos recursos hídricos, é necessário o conhecimento das características físicas das bacias hidrográficas e identificar os parâmetros daquela determinada área (MENEZES *et al.*, 2014). Os estudos morfométricos de uma bacia hidrográfica são definidos como a análise quantitativa da relação entre a topografia de uma bacia hidrográfica e sua dinâmica hidrológica (SANTOS *et al.*, 2012).

Nesse contexto, chama-se atenção para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite (BHRJL), na qual foi implementado, em 2005, um reservatório para o fornecimento de água para a Região Metropolitana de Goiânia até o ano de 2040 (GOIÁS, 2017), mas que já encontra sérios problemas de manutenção, tendo em vista que, das 491 nascentes que o alimenta, apenas 70 se encontram devidamente protegidas e outras 23 não podem

mais ser recuperadas (RESENDE, 2015).

Conforme apontado por Oliveira (2013), a BHRJL é de grande importância por ser umas das principais fontes de abastecimento público de água para a Região Metropolitana de Goiânia. Entretanto, essa bacia sofreu um intenso processo de ocupação sem planejamento aos longos dos anos, com ocupação indevida de áreas de remanescentes de vegetação, inclusive algumas delas foram anteriormente destinadas à proteção de nascentes e de drenagens, em termos de área preservação permanente, o que pode vir a diminuir a capacidade de infiltração de água no sistema (SOUSA, 2013).

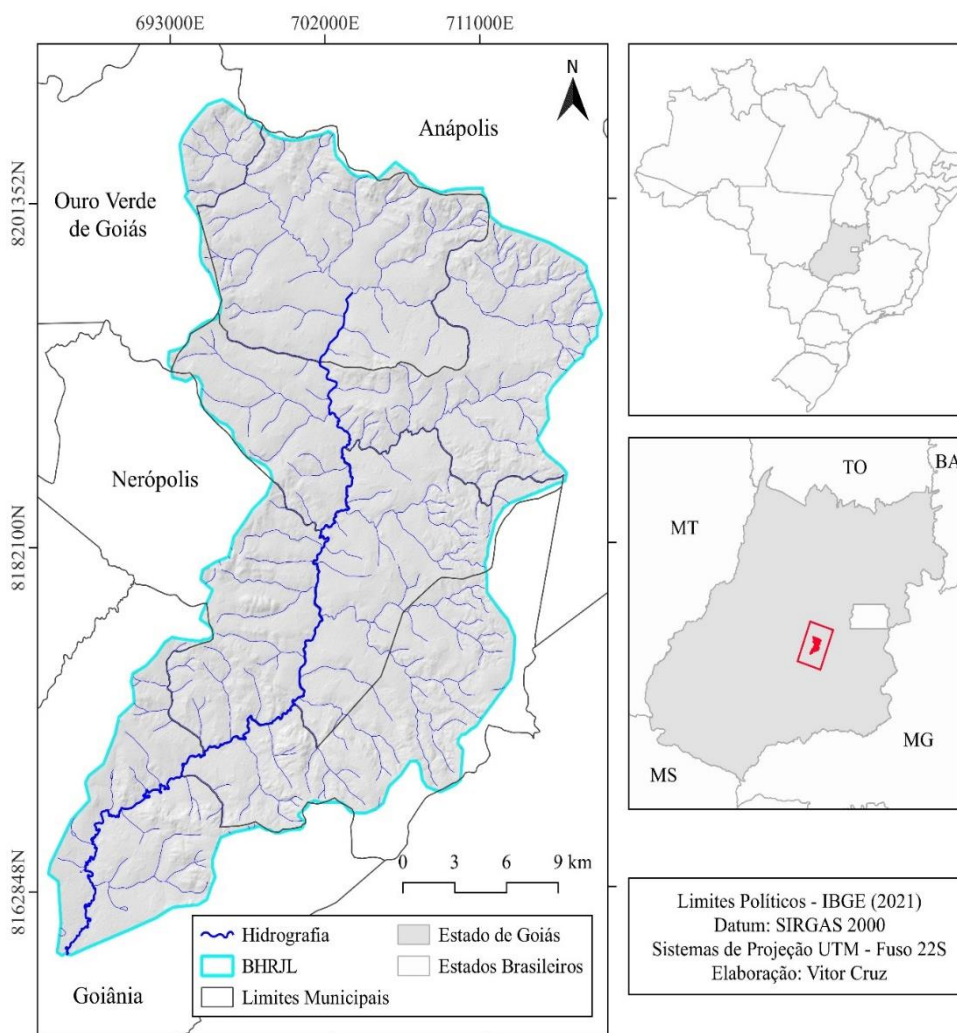
Diante do contexto apresentado, a hipótese do trabalho se baseia nos problemas mencionados à BHRJL, a qual enfrenta diversos problemas relacionados à ocupação do solo e do aumento da demanda hídrica da região metropolitana de Goiânia. Dessa forma, considera-se que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, ao longo dos anos, não poderá fornecer a mesma capacidade hídrica necessária para a região. Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de realizar avaliação de cobertura, uso da terra e análise morfométrica da BHRJL, com vistas a avaliar o comportamento hidrológico e a disponibilidade hídrica superficial da bacia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite (BHRJL) localiza-se na região central do estado de Goiás, abrangendo os municípios de Goiânia, Anápolis, Nerópolis, Ouro Verde de Goiás, Goianápolis, Campo Limpo e Terezópolis de Goiás, ocupando uma área aproximada de 759,8 km², entre as coordenadas geográficas 16°13' e 16°39' de latitude Sul e 48°57' e 49°11' de longitude Oeste (figura 1). A figura 1 apresenta a localização da BHRJL.

Figura 1 - Localização da Área de Estudo



Fonte: org. do autor.

Procedimentos metodológicos

Cobertura e uso da terra

Para identificar a cobertura e uso da terra foi realizada a aquisição de mapeamento fornecidos pelo projeto MapBiomias. As datas catalogadas foram de 1985, 2000, 2010 e 2020.

Os arquivos matriciais foram recortados utilizando o limite geográfico da bacia hidrográfica. Em seguida, realizou-se a identificação das classes existentes no interior da bacia, empregando-se a orientação de legenda para cada classe do mapeamento de cobertura e uso da terra do Mapbiomas, que pode ser encontrado em seu site: https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda?cama_set_language=pt-BR). Após a identificação das classes, foi realizada, no próprio software, o sistema de vetorização

automática, para calcular as áreas e percentual das classes de cada ano (1985, 2000, 2010 e 2020). Resultando assim, os mapas de cobertura e uso da terra.

Como o trabalho está visando a influência para cada classe de cobertura e uso da terra possuem para a disponibilidade hídrica superficial da bacia, foi utilizada uma classificação de uso e cobertura da terra conforme a potencialidade das categorias para a infiltração da água no solo, proposto por Moura (2021) que aplicou em duas bacias hidrográficas da cidade de Iporá-GO. Assim a categoria considerada com maior capacidade de infiltração foi a Cobertura Vegetal classificada como elevada para infiltração, seguida como classificação moderada para a categoria Pastagem. Já a categoria de Agricultura é considerada baixa para infiltração da água no solo e para a categoria de Infraestrutura Urbana foi considerada muito baixa com o menor índice de potencialidade a infiltração da água no solo (Quadro 1).

Quadro 1 - Classes de Cobertura e uso da terra com a potencialidade para infiltração da água no solo.

Categorias de uso e cobertura da terra	Potencialidade na infiltração da água
Formação Florestal	Elevada
Formação Savânica	Boa
Formação Campestre e Pastagem	Moderada
Agricultura	baixa
Infraestrutura Urbana e Outras áreas não vegetadas	Muito baixa

Fonte: baseado em Moura (2021), Stein *et al.* (1987 apud BRITO, 1998), Tucci (1993), Bertoni e Lombardi Neto (1993), Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001), Helfer *et al.*, (2003), Martins *et al.* (2010), Barbosa *et al.* (2015), Brito (2019).

Através da geração dos mapas de cobertura e uso da terra foi possível analisar as classes existentes na BHRJL. Posteriormente, foi feita a marcação das classes no interior da bacia em coordenadas geográficas para seguir pelo receptor de GPS GARMIN *eTrex Legend® HCx* através da visita técnica. Em decorrência de a bacia estar situada em região de muita pastagem e agricultura, locais os quais são de propriedade privada, não foi possível identificar algumas classes conforme os mapas de cobertura e uso da terra; devido a isso, algumas classes estão sem registro fotográfico.

Parâmetros Morfométricos

Para obter os dados dos parâmetros morfométricos, foram utilizadas cenas de imagens do banco de dados geomorfológicos da Embrapa: Brasil em Relevo. A partir do Modelo Digital de Elevação – MDE, foi possível extrair variáveis morfométricas, derivado do processamento de imagens do SRTM de 90 m.

O processo de delimitação da bacia se deu de forma manual, utilizando a cena do Modelo Digital de Elevação – MDE, ficando a cargo do operador a escolha do ponto definido como o exutório da bacia, que corresponde ao ponto de maior acúmulo de fluxo de água de toda a área da BHRJL, resultando o mapa de altimetria com o SRTM hidrologicamente corrigido.

Após ser gerada a altimetria, foi obtida a declividade, sendo a mesma reclassificada por 5 classes de declividade conforme a orientação proposta da Embrapa (1979). Utilizando o mesmo SRTM que foi delimitado foi aplicado o *Channel network and drainage basins*, para obter as ordens dos canais de drenagem. Assim foram gerados os mapas de altimetria, declividade e hierarquia fluvial.

Para aplicação dos parâmetros, foi feito o levantamento de variáveis secundárias do MDE, sendo eles: altimetria (A), declividade (D), área (A), perímetro (P), ordem dos canais (O), ponto mais alto (P1b), ponto mais baixo (P2b), comprimento do canal principal (Cccp), altitude máxima do canal principal (P1), altitude mínima do canal principal (P2), número total de canais fluviais (N), número de canais fluviais de cada ordem (Nu), frequência dos canais de cada ordem (Nu), Comprimento total dos canais fluviais (Cc), Distância vetorial do canal principal (Ev).

Os parâmetros morfométricos selecionados foram os que melhor descreveram a infiltração e escoamento superficial da água das chuvas no interior da bacia. Os parâmetros foram coletados a partir do processamento digital das variáveis secundárias, através das equações matemáticas, que estão apresentadas no quadro 2 a seguir:

Quadro 2 - Parâmetros Morfométricos, equações e fontes.

Índice	Descrição	Equação	Fonte
Amplitude Altimétrica Máxima	Diferença entre a cota máxima e a mínima	$Hm = P1 - P2$ Hm = amplitude altimétrica máxima, em m, P1 = a altitude máxima do divisor topográfico, em P2 = a altitude da foz,	Strahler (1952)

		em m.	
Declividade do canal principal	É a declividade média entre pontos extremos do canal principal, que é obtida através da diferença entre as cotas máximas na cabeceira e mínima, na foz.	$S1 = 100 * Hm/Lp$ S1 é a declividade do canal principal, em %; Hm, a amplitude altimétrica máxima, ou seja, a variação da cota entre os dois pontos extremos em m; e Lp, o comprimento em nível do curso de água principal, medido da foz à nascente principal, em m.	Villela e Mattos (1975)
Densidade hidrográfica	É a relação existente entre o número de cursos de água e a área da bacia, também conhecida como frequência de drenagem.	$Dh = Ncpo / A$ Ncpo, o número dos canais de primeira ordem; e A, a área da bacia, em km ² .	Horton (1945)
Densidade de Drenagem	Reflete a distância espacial entre os canais de uma determinada área através da análise da relação entre o comprimento total dos canais de uma bacia com sua área	$Dd = Lt/A$ Dd é a densidade de drenagem, em km/km ² ; Lt, o comprimento total dos canais, em km; e A, a área da bacia, em km ² .	Horton (1945)
Índice de Circularidade	É a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia.	$Lc = 12,57 A/P$ A, a área da bacia, em km ² ; e P, o perímetro da bacia, em km.	Muller (1953)
Índice de Rugosidade	Corresponde ao produto entre a amplitude altimétrica máxima e a densidade de drenagem da bacia.	$Ir = Hm * Dd$ Ir é o índice de rugosidade, adimensional; Hm, a amplitude altimétrica máxima, em m; e Dd, a densidade de drenagem, em km.km ⁻² .	Melton (1957)
Sinuosidade do canal principal	Relaciona o comprimento verdadeiro do canal (em projeção	$Is = lp/Ev$ Is é o índice de sinuosidade, em km.km ⁻¹ ; Lp, o comprimento do	Schumm

	ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos do canal principal.	curso hídrico principal, em km; e E_v , o equivalente vetorial médio em linha reta, em km.	(1963)
Coeficiente de compacidade	Corresponde à relação entre o perímetro da bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área igual à da bacia hidrográfica.	$Kc = 0,282 * (P/\sqrt{A})$ Onde: P, o perímetro da bacia, em km; e A, a área em km ² .	Villela e Mattos (1975)
Fator de Forma	Relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a larguramédia e o	$Kf = A/La^2$ Onde: A, a área da bacia, em km ² ; e La, o comprimento axial da bacia, em km.	Villela e Mattos (1975)
Coeficiente de manutenção	Indica a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento.	$Cm = (1/Dd) * 1000$ Cm é o coeficiente de manutenção, em m ² .m ⁻¹ ; Dd, a densidade de drenagem, em km/km ² .	Schumm (1956)
Gradiente do canal principal	É a relação entre sua amplitude altimétrica e o seu comprimento.	$Gcp = Acp / Ccp$	Santos (2006)
Razão de bifurcação	É a relação do número total de segmentos de certa ordem e o número total de segmentos (canais, rios) de ordem imediatamente superior.	$Rb = Nu / Nu + 1$ Rb: relação de bifurcação, Nu: número de segmentos de determinada ordem e Nu+1: número de segmentos da ordem imediatamente superior	Horton (1945)

Fonte: baseado em Villela e Mattos (1975), Schumm (1956), Santos (2006) e Horton (1945)

As análises de mapeamento, cobertura e uso da terra e caracterização morfométrica, foram gerados e tratados pelo Software livre QGIS (versão estável 3.10). O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto licenciado pela Licença Pública Geral GNU; é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Cobertura e Uso da Terra

Formação Florestal

No interior da bacia, as áreas de formação florestal representam o valor de 22,86% da bacia para o último dado estudado (2020). Visualizando os mapas de uso da terra, percebe-se o quanto a bacia vem sofrendo um processo de antropização; com isso, a uma grande perda da cobertura vegetal pelo processo de desmatamento, restando pequenos fragmentos de vegetação nativa. A figura 2 ilustra a formação florestal de cerrado próximo ao reservatório da BHRJL.

Figura 2 - Formação Florestal de cerrado na BHRJL.



Fonte: próprio autor.

As formações florestais com fitofisionomia de cerrado apresentam em locais onde os solos são bastantes desenvolvidos, com uma abundante presença de material orgânica como a serapilheira. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1993), a matéria como serapilheira é importante por promover estabilidade aos agregados, ao tamanho dos poros e a consistência do solo. Logo, a matéria orgânica influencia na diferença da capacidade de infiltração das classes de uso e cobertura da terra, percebendo que quanto maior a presença de serapilheira mais há aumento de infiltração dá água.

Dessa forma, a classe de Formação Florestal foi considerada com elevada contribuição para a infiltração de água no solo. Conforme os mapas de cobertura essa formação foi identificada com maior incidência em torno do reservatório e também pela presença do Parque Estadual de Altamira de Moura Pacheco.

Formação Savânica

A formação savânica ocupa 1,34% da BHRJL. De modo geral, essa formação vegetal pode estar associada ao relevo acentuado e aos solos pouco profundos. Nessa configuração, possui baixa contribuição à infiltração de água. Quando está associada a relevos planos e solos profundos, essa formação já tem boa contribuição à recarga hídrica. Através do trabalho feito por Brito (2019), que fez uma avaliação de potencialidade de infiltração da formação savânica e campestre, ele detectou que a formação savânica possui uma melhor capacidade de infiltração do que no campestre.

Pela análise dos mapas de cobertura, a classe de formação savânica foi identificada em áreas do limite municipal de Anápolis, onde a localidade tem algumas fazendas de propriedade privada e, por isso, não foi possível registrar em fotografia essa formação pela visita técnica. A formação savânica mesmo com pouca incidência na BHRJL foi classificada com boa contribuição para a infiltração da água.

Formação Campestre

A formação campestre tem 0,12% de incidência em 2020. De modo geral, esse tipo de formação se encontra em locais com elevada cota altimétrica como morros e relevos. Por ser um tipo de vegetação nativa na região da bacia, tem a potencialidade de diminuir o escoamento superficial e facilitar a infiltração; essa diminuição pode ser mais expressiva se a formação tiver com seu dossel vegetativo mais desenvolvido, facilitando o processo de infiltração de água no solo. Devido a formação campestre ter baixa incidência na BHRJL, não foi possível identificar em registro fotográfico através da visita técnica. Considerado ser uma forma de vegetação nativa do cerrado, a formação campestre foi classificada com moderada à contribuição para infiltração de água.

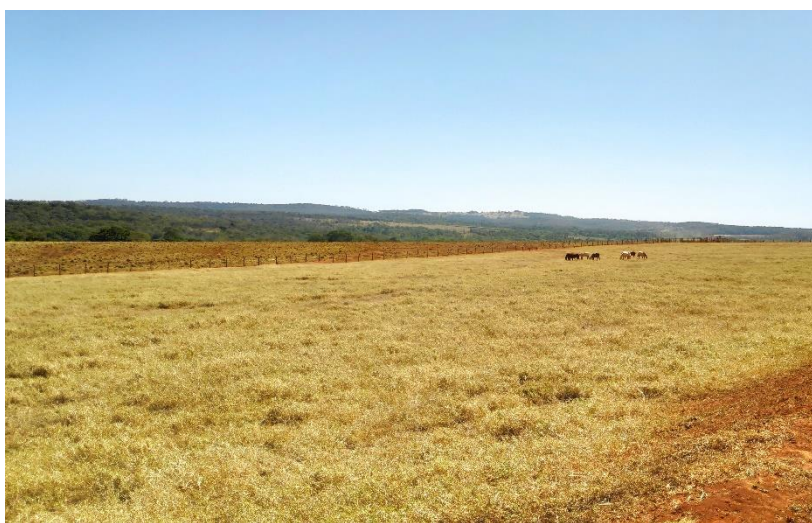
Outras formações vegetais

As outras formações vegetais têm incidência de 0,26% na bacia, pelo fato de não estar identificada pelo tipo de cobertura vegetal. Foi classificada como moderada a sua contribuição para infiltração de água por ser uma cobertura vegetal presente na bacia.

Pastagem

Em ambientes de pastagem na bacia BHRJL, apresenta-se o percentual de 36,30% conforme os dados de 2020. Esses locais exercem principalmente atividade da pecuária extensiva para a criação de gado leiteiro e de abate. Esse tipo de atividade demanda uma grande quantidade de terras para o pastejo do animal. Com a presença do gado e a ausência de manejo adequado para o solo, ocorre o problema de compactação na área, redução na absorção de nutrientes e alterações na infiltração e redistribuição de água (GONÇALVES; MORAES, 2012). A figura 3 Ilustra uma porção de pastagem voltada para criação de gado em propriedade privada.

Figura 3 - Pastagem na BHRJL em propriedade privada



Fonte: Goianápolis, 2022.

Para Souza e Alves (2003), realizar o manejo em áreas de pastagem proporciona uma boa cobertura do solo, porém em comparação à cobertura vegetal possui menores valores de infiltração de água no solo. Castro *et al.* (2012) realizaram o estudo comparando os níveis de infiltração e escoamento superficial em áreas de cobertura vegetal com as de pastagem no Cerrado. Logo, os autores tiveram bons resultados de infiltração e baixo escoamento superficial na cobertura vegetal, e para as áreas de pastagem tiveram resultados de médios para níveis de infiltração e escoamento superficial.

Conforme analisado sobre as áreas de pastagem, foram consideradas com contribuição moderada para infiltração da água no solo e recarga hídrica para bacia.

Agricultura (Soja)

As áreas de agricultura correspondem a 4,30% em relação ao último ano analisado (2020) na BHRJL. Apresentando alguns tipos de agricultura com o uso de pivôs de irrigação, com sua concentração na parte central da bacia, a norte do reservatório. De acordo com Falcão *et al.* (2020), um dos problemas que acontece de forma habitual no Cerrado, é uso incorreto das terras rurais, deixando o solo exposto e o tornando mais suscetível a processos erosivos, comprometendo a infiltração e a recarga hídrica. Através da visita técnica, foram identificadas algumas culturas de plantio de milho, limão e hortaliças. A figura 4 ilustra o plantio de milho na BHRJL no período de estiagem.

Figura 4 - Porção de plantação de milho na cidade de Terezópolis-GO.



Fonte: Próprio autor.

O uso da terra pós-desmatamento na BHRJL se tornou em áreas destinadas principalmente para agricultura e pastagem, prevalecendo em grande parte da bacia. Nessa técnica de cultivo, de modo geral, não há implementação de manejo adequado, o que propicia a perda de matéria orgânica do solo e favorece a formação do escoamento superficial, prejudicando as condições de recarga à bacia. (SONE *et al.*, 2019; FALCÃO *et al.*, 2020).

Devido à falta de manejo e práticas que visem a conservação, foi determinado que a classe de agricultura possui baixa contribuição para a infiltração da água e recarga a nível freático.

Silvicultura

Este tipo de plantação, conforme os estudos de Almeida (2003), o comportamento hídrico das bacias hidrográficas, com a presença desse tipo de plantio, demonstra uma necessidade intensa de água. Através do estudo, comparou-se a dinâmica hídrica nas bacias com cultivo de eucalipto e com pastagem. Dessa forma, foi comprovado o maior consumo de água em relação à pastagem, indicando menor disponibilidade hídrica nas bacias. Em um estudo feito por Calder (2007), a partir dos plantios de silvicultura, houve redução da umidade do solo, aumento na evapotranspiração, maior rugosidade do terreno, diminuição do escoamento superficial, tendo assim melhores taxas de infiltração de água no solo.

As áreas de silvicultura da BHRJL são de 1,04% (2020); essas áreas identificadas pelos mapas de cobertura estão em região de agricultura e pastagem por fazendas privadas, onde a visita técnica não pode ser realizada. A presença da silvicultura se destaca no mapa, nos limites municipais de Terezópolis, Goinópolis e Anápolis sendo as partes central e norte da bacia.

Conforme os estudos mencionados sobre o comportamento hídrico em locais de presença de silvicultura, foi classificado com boa contribuição para a infiltração de água na BHRJL.

Mosaico de agricultura e pastagem

As áreas identificadas com agricultura e pastagem possuem 26,98% de incidência na bacia no ano de 2020. O uso da terra em áreas de atividade agropecuária leva ao aumento da compactação do solo devido à mecanização e ao pisoteio do gado. A compactação causa redução na taxa de infiltração e na condutividade hidráulica no perfil do solo (CAMARGO e ALLEONI, 1997). As áreas com a presença de mosaico de agricultura e pastagem estão distribuídas em toda bacia, exceto as partes onde se encontra o reservatório do Ribeirão João Leite e o Parque Estadual do Altamira de Moura Pacheco. Por essas áreas sofrerem bastante modificação em sua cobertura, prejudicando o solo e a sua capacidade de infiltração, elas foram classificadas com baixa contribuição para a infiltração de água no solo da bacia

Área Urbana e outras áreas não vegetadas

A figura 6 ilustra porção de área urbana a igreja católica na praça central da cidade de Terezópolis de Goiás.

Figura 5 - Porção de área urbanizada em Terezópolis de Goiás.

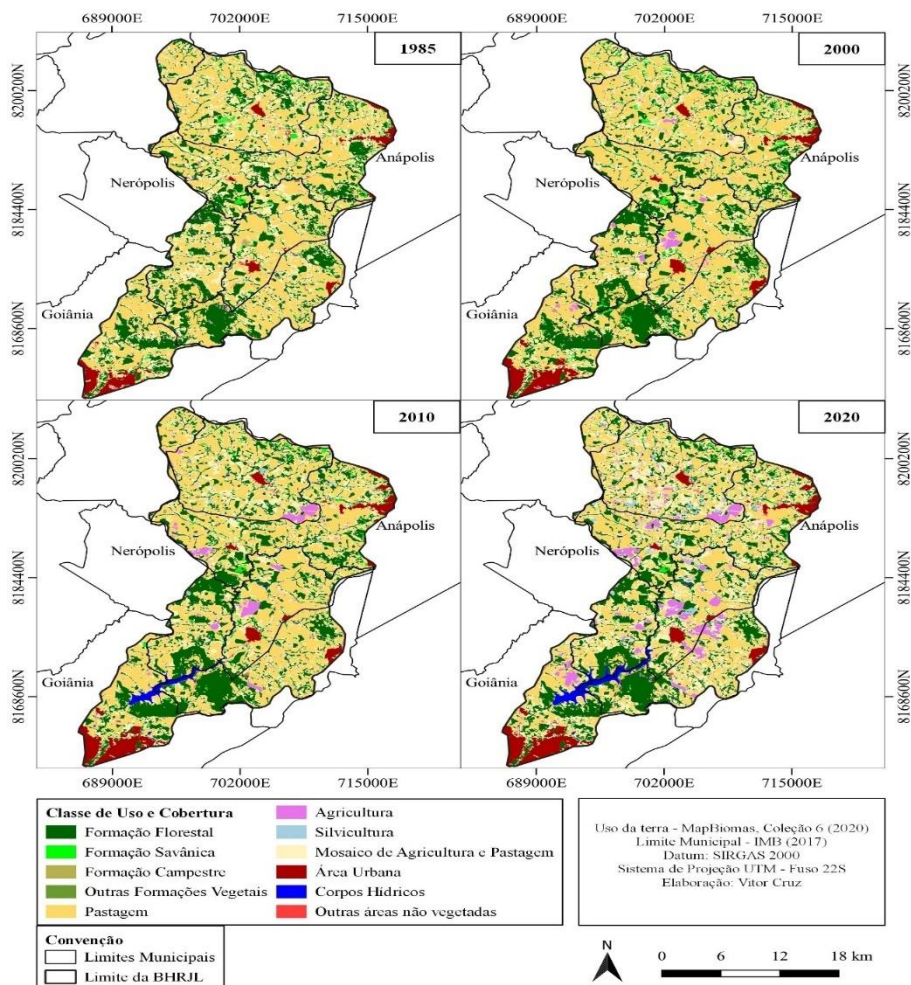


Fonte: Próprio autor.

A área Urbana faz parte de 4,54% e outras áreas não vegetadas possuem 0,45% da região da bacia conforme os dados de cobertura de 2020. A classe de Área urbana se concentra mais ao sul da bacia, sendo a região metropolitana de Goiânia; já na parte nordeste, da bacia se encontra no município de Anápolis, porém ocupando já seus limites. No interior da bacia, existem 3 cidades com a influência direta à recarga hídrica do local, como Terezópolis de Goiás, Goialândia e Campo Limpo de Goiás. De acordo com Tucci (2005), áreas urbanizadas ocorrem a substituição da cobertura vegetal por pavimentos impermeáveis, também introduzindo condutos para viabilizar o escoamento superficial, gerando alterações para o ciclo hidrológico.

Devido às áreas de infraestrutura urbana e às outras áreas não vegetadas interferirem diretamente na quantidade e na qualidade da água superficial e subterrânea da bacia. Logo, essa categoria é classificada com baixa contribuição para a infiltração da água no solo. A Figura 7 ilustra os mapas analisados de uso e cobertura da terra da BHRJL com seus respectivos anos.

Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra da BHRJL nos de 1985, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Percebe-se que os mapas de cobertura e uso da terra demonstram uma dinâmica na BHRJL, onde as classes para cada ano que foi analisado sofrem variações de perdas e ganhos em suas áreas. De acordo com Sousa (2017), o Cerrado se consolidou como a zona central da pecuária do país, abrigando cerca de 44% do rebanho bovino brasileiro e cerca de 60 milhões de hectares de pastagem.

As classes de cobertura vegetal representando a formação florestal, savânica e campestre sofreram variações em sua ocupação dentro da bacia, uma vez que, com a criação do reservatório, foram determinadas Áreas de Preservação Permanente – APP, preservando algumas áreas de formação florestal aos redores do reservatório. Já outras áreas da bacia sofreram total supressão da cobertura vegetal sendo substituídas pela por áreas de agricultura e pastagem.

As áreas não vegetadas e área urbana se desenvolveram entre desses 35 anos

analisados, já que o processo urbano avançou consideravelmente, principalmente as cidades de Goiânia, Terezópolis e Anápolis. As áreas não vegetadas estão relacionadas às explorações minerais e pedras preciosas, avançado o processo de solo exposto no interior da BHRJL.

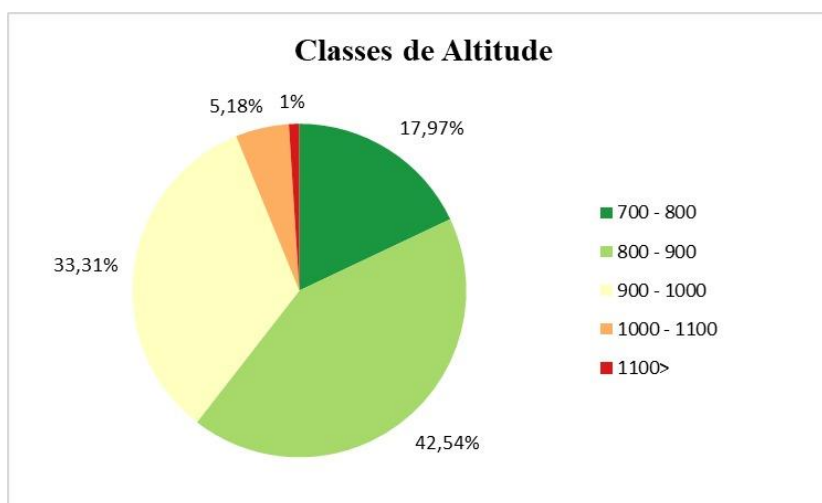
Interessante frisar as classes de cobertura vegetal, principalmente a formação florestal que não sofreu tanta supressão para a substituição por outra classe de ocupação em decorrência de as áreas florestais estarem em parques estaduais que estão protegidos pelas leis ambientais, fornecendo uma elevada contribuição para taxa de infiltração de água a bacia.

Caracterização morfométrica

Altimetria

A observação dos dados de altimetria da bacia demonstrou uma amplitude de 438 metros, sendo essa variação entre a cota mínima de 703 e a máxima de 1.141 metros. Cerca de 75% da área se encontra nas cotas de 800 a 1000 metros. As cotas de 700 a 1000 metros representam 2/3 da área total, cerca de 91%. Portanto, apenas um 8,27% da área da bacia demonstra as cotas acima de 1000 de altitude, podendo ser visto na figura 09.

Figura 09 - Distribuição das classes de altitude (m).



Fonte: baseado em EMBRAPA (2005)

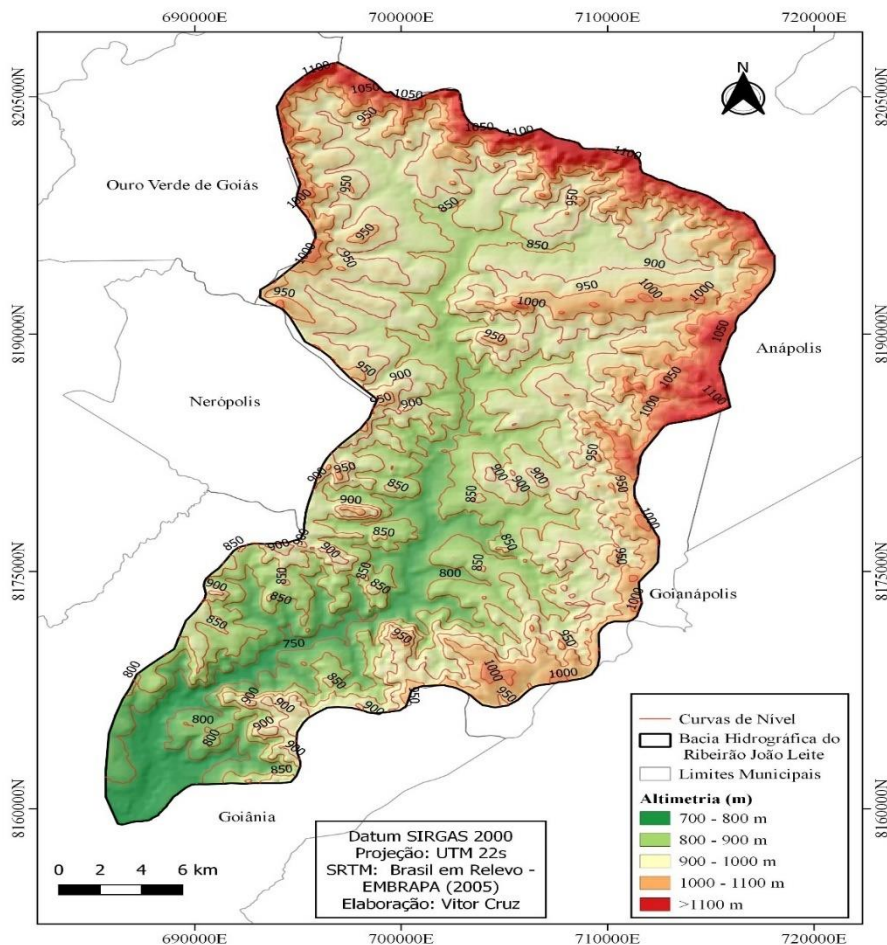
Quadro 4 - Distribuição das classes de altitude.

Classes de Altitude (m)	Área (km ²)
>1100	6,85
1000 - 1100	57,23
900 - 1000	250,23
800 - 900	336,39
700 - 800	123,21

Fonte: baseado em EMBRAPA (2005)

As faixas altimétricas foram classificadas entre cotas com equidistância de 50 metros conforme observado na figura 10.

Figura 10 - Altimetria da BHRJL.



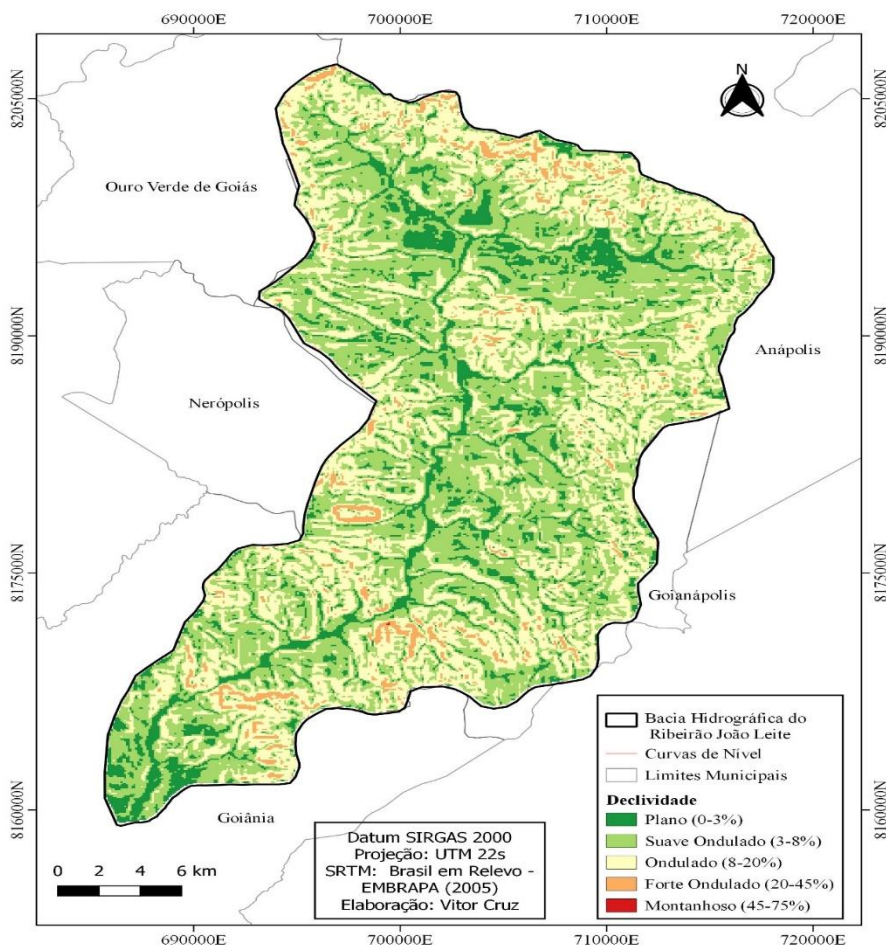
Fonte: baseado em EMBRAPA (2005)

Declividade

A declividade da bacia e o gradiente do curso d'água principal são características que afetam diretamente no escoamento da água ao longo do sistema (CHRISTOFOLETTI, 1980). O tempo de concentração de uma bacia diminui com o aumento da declividade (TUCCI, 1997). A finalidade dos dados de declividade tem o objetivo de demonstrar as inclinações de uma superfície em relação a um eixo horizontal.

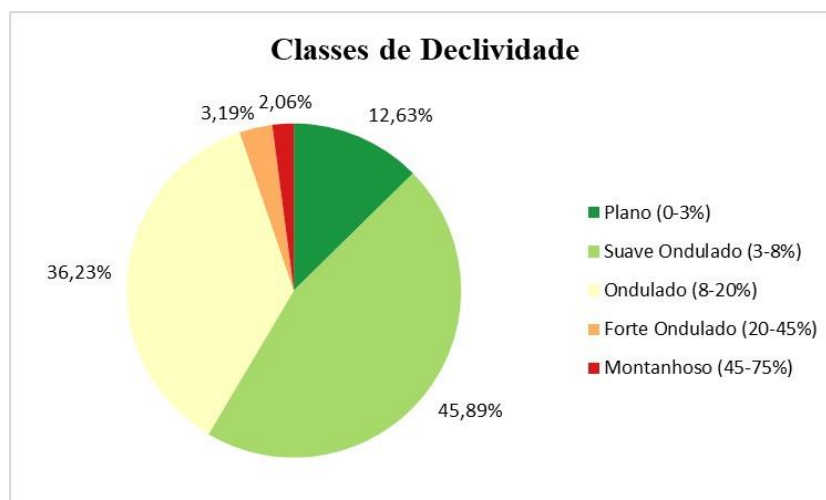
Conforme a classificação de declividade da Embrapa (1979) foi gerado no mapa os níveis de inclinação do relevo da BHRJL. Percebe-se que nas figuras 11 e 12, predomina na área da bacia relevo variando de suave ondulado (3-8%) a ondulado (8-20%), representando cerca de 76% da área total da BHRJL.

Figura 7 - Faixas de declividade da BHRJL.



Fonte: baseado em EMBRAPA (2005)

Figura 8 - Distribuição de Classes de declividade.



Fonte: baseado em EMBRAPA (2005)

Quadro 5 - Classes de declividade da BRJL.

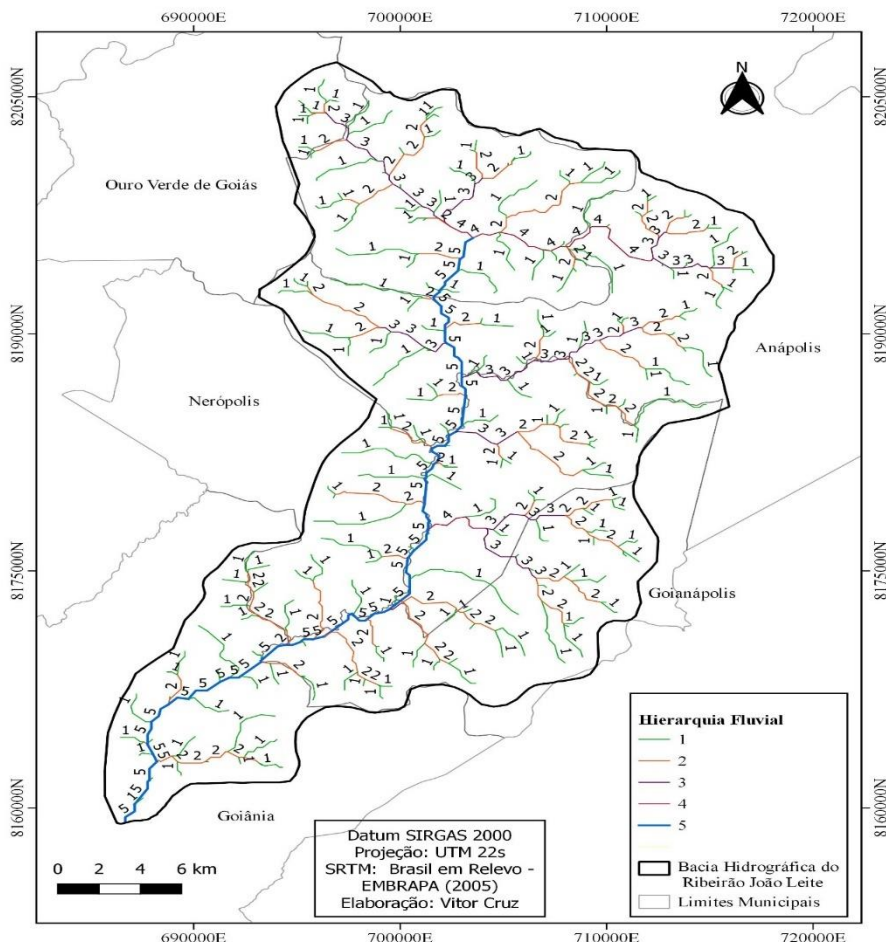
Tipos de Relevo	Declividade (%)	Área (km ²)
Plano	0 a 3	97,11
Suave ondulado	3 a 8	363,90
Ondulado	8 a 20	288,12
Forte ondulado	20 a 45	24,71
Montanhoso	45 – 75	0,7

Fonte: baseado em EMBRAPA (2005).

Ordem hierárquica dos canais

Conforme Strahler (1952), a ordem hierárquica fluvial demonstra os graus de ramificações dentro da bacia, podendo compreender a determinação da velocidade com a água escoando até o exutório. Assim, o fluxo de descarga do rio aumenta em relação exponencial com o aumento da ordem hierárquica do canal (SOUZA, 2003). A BHRJL contém uma hierarquia de drenagem de até 5º, podendo ser vista na figura 13.

Figura 9 - Mapa de hierarquia fluvial da BHRJL.



Fonte: org. do autor.

Os parâmetros morfométricos são apresentados pelo quadro 6, representada a seguir, informado o parâmetro e o resultado. Os tópicos a seguir, discute os resultados dos parâmetros.

Quadro 6 - Resultados dos Parâmetros analisados.

Símbolo	Parâmetro	Resultado
Al	Altimetria da bacia	703 m à 1141 m
Dc	Declividade da bacia	0% à 75 %
A	Área da bacia	774,56 km ²
P	Perímetro da bacia	148,39 km
Ha	Amplitude altimétrica da bacia	438 m
Ccp	Comprimento do canal principal	49.5 km
Amax	Altitude máxima do canal principal	825,6 m

Amin	Altitude mínima do canal principal	703 m
Acp	Amplitude Altimétrica do canal principal	122,6 m
S1	Declividade média do canal principal	884,84 m
Gcp	Gradiente do canal principal	2,47 m/km
N	Número total de canais fluviais	270
Dh	Densidade Hidrográfica	0,34 canais/km ²
Lt	Comprimento total dos canais fluviais	509,2 km
Dd	Densidade de Drenagem	0,657 km/km ²
Ic	Índice de Circularidade	0,44 adimensional
Ir	Índice de rugosidade	287,76 adimensional
Ev	Distância vetorial do canal principal	40,5 km
Is	Sinuosidade do canal principal	1,235 km/km
Kc	Coefficiente de compacidade	1,49 adimensional
Kf	Fator de forma	0,31 adimensional
Cm	Coefficiente de manutenção	1.522 m ² /m
Fr	Frequência de canais	1 ^a ordem 77,0 %
		2 ^a ordem 17,8 %
		3 ^a ordem 3,7 %
		4 ^a ordem 1,1 %
		5 ^a ordem 0,4 %
Rb	Relação de bifurcação	1 ^a ordem – 4,24
		2 ^a ordem – 4,36
		3 ^a ordem – 2,5
		4 ^a ordem – 1,5

Fonte: org. do autor.

Área da bacia

Conforme indicado pelo quadro 7, a BHRJL possui uma área de 774,56 km², sendo considerada uma bacia média para finalidade de abastecimento hídrico da região de Goiânia que está registrada pelo IBGE (2019) com estimativa de 1.555.626 habitantes. Entretanto, conforme Resende (2015), o reservatório implementado na BHRL encontra problemas de manutenção, já que 470 de suas nascentes que o alimenta, apenas 70 delas estão protegidas e outras 23 não podem mais ser recuperadas da degradação.

Perímetro da bacia

O perímetro da bacia é baseado na projeção horizontal da linha que contorna o divisor de águas (SOUZA, 2005). Em relação a BHRJL, o perímetro é de 148,39 km.

Número de canais de 1º ordem

Este indicador demonstra a quantidade de nascentes associadas às áreas de recargas dos canais de drenagens. De modo geral, esses locais devem ser áreas com a presença de vegetação mais densa já que estão próximos a corpos hídricos. Entretanto, com a dinâmica de uso e cobertura da terra, nem sempre é isso que acontece. Na BHRJL existem 423 canais fluviais de 1º ordem.

Comprimento vetorial do canal principal

Conforme Horton (1945), o comprimento vetorial do canal principal é a distância em linha reta da nascente a foz do canal principal. Está relacionado com a área e o perímetro da bacia. O comprimento vetorial da BHRJL é de 40,5 km. Este valor em comprimento possui uma diferença de 9 km em relação ao comprimento real do canal principal, percebendo que o canal principal não tem tantas características de sinuosidade.

Comprimento do canal principal

O comprimento do canal principal da bacia hidrográfica tem a importância de indicar a distância e tempo de escoamento da água até o exutório de todo o sistema. O tempo de viagem da gota da chuva que atinge a parte mais distante da bacia até ao exutório é chamado de tempo de concentração da bacia (TUCCI, 2002). O comprimento do canal principal da BHRJL é de 49.5 km.

Índice de rugosidade

O Índice de rugosidade relaciona as variáveis declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem. Representa como um índice adimensional que corresponde à diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia, que indica o desnível médio da bacia hidrográfica (Melton, 1957). Este índice apresenta a declividade relacionada com os comprimentos dos canais. Assim, quanto maior o índice, mais o relevo é colinoso e dissecado (ALVES, 2019). O quadro 7 apresenta os índices de rugosidade e denominação para cada valor, conforme Sousa e Rodrigues (2012).

Quadro 7: Índice de Rugosidade

Índice de Rugosidade	Denominação
0 - 150	fraca
151 - 550	Média
551 - 950	Forte
>950	Muito forte

Fonte: baseado em Sousa e Rodrigues (2012).

O índice de rugosidade da BHRJL é de 287,76, sendo considerado um valor médio de potencial erosivo no interior da bacia.

Gradiente do canal principal

O gradiente do canal principal é a relação entre a amplitude altimétrica e o seu comprimento. Busca indicar o poder erosivo do canal através da energia potencial do rio (SANTOS, 2006). É utilizado para demonstrar a capacidade de transporte de sedimento de um rio, pois maior é sua declividade. Na BHRJL, o gradiente do canal principal é de 2,47 m/km, demonstrando seu baixo poder erosivo.

Índice de circularidade

Através da proposta de Miller (1953) e citado por Strahler (1958), esse índice determina a relação da área total da bacia junto à área do círculo de mesmo perímetro. O índice indica a capacidade de acúmulo das águas recebida pelos afluentes. Dessa forma, à medida que a bacia possui um baixo valor de unidade, essa bacia está propensa a escoamento e, à medida que bacia possui um valor alto do padrão do índice a bacia possui uma maior capacidade a inundação. O quadro 8 demonstra os valores referentes do índice, determinando a forma da bacia conforme seu valor obtido.

Quadro 8 – Índice de Circularidade.

Índice de Circularidade	Denominação
<0,51	Bacia alongada, propensa a escoamento
0,51	Escoamento moderado

>0,51

Bacia circular,
propensa a inundação

Fonte: baseado em Miller (1953, apud STRAHLER, 1958).

Para Christofolletti (1970), bacias com formato circular tendem a concentrar um grande volume de água em seu canal principal, por receberem em toda sua extensão chuvas intensas simultaneamente.

O índice de circularidade da BHRJL é de 0,44, representando uma bacia de formato alongado, sendo uma bacia com prospecção a escoamento da água; logo, com maior força de sedimentação.

Densidade de drenagem

Horton (1945) definiu a densidade de drenagem está relacionada entre o comprimento dos canais e a área da bacia, considerando um essencial índice morfométrico para compreensão dos fatores atuantes sobre a drenagem, descrevendo-a como uma variável para os estudos geomorfológicos, sendo relacionado a duas funções distintas indicadas pelo índice.

1 Relação entre a dinâmica do clima, vegetação, litologia e outras correlações para área drenada.

2 Fator que determina a geração do escoamento e o transporte sedimentar no interior da bacia.

Segundo Villela e Mattos (1975), o índice de densidade de drenagem é considerado muito baixa quando os valores são menores que $0,5 \text{ km/km}^2$ e mediana entre $0,5$ e $2,00 \text{ km/km}^2$, alta entre $2,01$ e $3,50 \text{ km/km}^2$ e muito alta para valores acima de $3,5 \text{ km/km}^2$.

A densidade de drenagem da BHRJL de $0,657 \text{ km/km}^2$, representando uma densidade muito baixa.

Densidade hidrográfica

Para Silva *et al.* (2002), a drenagem de uma bacia pode ser modificada conforme a mudança do gradiente de descarga do rio, por ajustes neotectônicos ou elevação súbita de vasão da bacia, correlacionados a eventos de extremos de precipitação

associados ao desmatamento de larga escala, transformando-se em uma erosão basal das margens mais acentuadas até as convexas, levando sedimentos à jusante da bacia.

A densidade hidrográfica é descrita conforme os valores que Horton (1945) propôs que: valores menores que 0,5 canais/km² demonstram um valor baixo de densidade; valor médio de densidade acima de 0,5 canais/km² até 1,5 canais/km²; de 1,5 canais/km² até 2,5 canais/km² com bons valores densidade; e muito boas até 3,5 canais/km² e excepcionais maiores que 3,5 canais/km².

A densidade hidrográfica da BHRJL é de 0,34 canais/km², significando que existem 0,34 canais de drenagens a cada 1 km² na bacia, sendo considerada uma bacia com um valor de densidade hidrográfica baixa.

Coeficiente de manutenção

Coeficiente de manutenção indica a razão inversa da densidade de drenagem da bacia, demonstrando a quantidade de área necessária em km² para manter o fluxo contínuo de um canal fluvial, sem sofrer com a estiagem das chuvas. O coeficiente de manutenção relaciona as áreas de recargar a partir da impermeabilização do solo e do substrato rochoso, avaliando o potencial hidrológico das bacias. (MACHADO *et al.*, 2011)

Na BHRJL, o coeficiente de manutenção é 1.522 m²/m, ou seja, são necessários 1.522m² de área para formar um metro de canal com fluxo perene; isso também vai depender dos fatos de uso e cobertura da terra, pela influência da capacidade de infiltração e escoamento da água, sendo importante a conservação natural destas coberturas para melhor desempenho hidrológico.

Coeficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade é representado a partir da relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área igual à da bacia. É determinado por um valor numérico adimensional podendo variar conforme a proporção da bacia que está sendo estudada; quanto mais irregular for à bacia, maior será o coeficiente de compacidade (VILLELA e MATTOS, 1975). O quadro 9 abaixo representa o os índices desse parâmetro.

Quadro 9 - Classificação do Coeficiente de Compacidade.

Coeficiente de compacidade	Denominação
1,00 – 1,25	Alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	Mediana a grandes enchentes
>1,50	Não sujeita a grandes enchentes

Fonte: baseado em Villela e Mattos (1975)

A tendência de uma bacia hidrográfica sofrer cheias será maior quanto mais próximo de 1.0 for o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próximo de um círculo for a forma da bacia menor o tempo de concentração e maior a tendência de haver picos de enchentes. Logo, bacias que se aproximam a um formato circular convergem o escoamento superficial ao mesmo tempo para um trecho relativamente pequeno do rio principal, havendo a potencialidade de picos de enchentes elevado.

Na BHRJL, o coeficiente de compacidade é de 1,49 representando que a bacia, de maneira geral, é mediana a grandes enchentes.

Fator de forma

O Fator de forma relaciona a forma da bacia com um retângulo. O quadro 10 representa os valores e significados para cada resultado conforme a classificação de Villela e Mattos (1975).

Quadro 10 - Classificação do Fator de Forma (F).

Fator de Forma (F)	Denominação
<0,50	Não sujeito a enchentes
0,50 – 0,75	Tendência mediana a enchentes
0,75 – 1,00	Sujeita a enchentes

Fonte: baseado em Villela e Mattos (1975)

O fator de forma da BHRL possui o valor de 0,31, significando que a bacia, de modo geral, não está sujeita a inundações.

Frequência de canais de cada ordem

Conforme Horton (1945), os canais são formados a partir das nascentes e considerados canais de 1º ordem. Esses canais não possuem tributários; canais considerados de 2º ordem recebem tributários de primeira ordem; canais considerados de 3º ordem recebem de segunda ordem ou de primeira. O rio principal é formado pela junção de números de ordem de canais desde a nascente (STRAHLER, 1952).

As frequências de canais de cada ordem da BHRJL são: 1ª ordem: 77 %; 2ª ordem: 17,8 %; 3ª ordem: 3,7 %; 4ª ordem: 1,1 % e 5ª ordem: 0,4 % .O resultado demonstra que a bacia possui uma elevada frequência de canais de 1ª ordem; em consequência, um menor tempo entre a precipitação e a descarga no canal principal.

Relação de bifurcação

Para Strahler (1952), a relação de bifurcação não deve ser relacionada ao relevo, devido à estabilidade, possuindo pouca variação de uma área ou de uma região para a outra, a menos que a região tenha um controle estrutural e muito significativo. Esse parâmetro serve para determinar as características ambientais, através do desenvolvimento da rede de canais com a relação da topografia e o substrato rochoso da bacia. O quadro 11 indica os índices de relação da bifurcação conforme o estudo de Horton (1945).

Quadro 11 - Classes de relação de bifurcação.

Relação de Bifurcação	Denominação
2	Plana e Suave ondulada
3	Montanhosa
4	Altamente dissecada

Fonte: baseado em Horton (1945)

A relação de bifurcação varia entre 2 para bacias planas a suave onduladas; 3 para bacias montanhosas, e 4 para bacias altamente dissecadas. A Relação de bifurcação

encontrada na BHRJL foi de: 1ª ordem = 4,24; 2ª ordem = 4,36; 3ª ordem = 2,5 e 4ª ordem = 1,5.

Percebe-se que, com valores acima de 4, verifica-se que a bacia é altamente dissecada; logo, favorece o nível de escoamento superficial de água.

Índice de sinuosidade do canal principal

Este parâmetro feito por Schumm (1963) e descrito por Alves e Castro (2003), através da determinação dos padrões de canais fluviais, a compreensão da dinâmica de modificação das margens dos rios pode ser obtida pelo índice de sinuosidade, que identifica as características morfológicas, sedimentológicas e hidráulicas de um rio.

O cálculo utilizado é dado por: L_{cp} dividido por E_v , em que L_{cp} é o comprimento em plano do curso de água principal e E_v , o equivalente vetorial médio em linha reta do canal principal. Portanto, valores próximos a 1 indicam elevado controle estrutural ou alta energia, e valores acima de 2 indicam baixa energia, sendo dados intermediários relativos a formas transicionais entre canais retilíneos e meandranes.

O índice de sinuosidade do canal principal da BHRJL é de 1,23, sendo mais próximo de 1, indicando a fase juvenil do canal principal e seu considerável poder de escoamento e carreamento de sedimentos.

Através das análises dos parâmetros morfométricos, foi possível identificar que a BHRJL é propensa a escoamento superficial das águas e possui índice moderado a infiltração. A bacia é mediana em relação à drenagem, tendo um relevo com dissecção médio a partir da captação da precipitação ao exutório, compreendendo a velocidade do escoamento superficial da água com média velocidade de tempo para o escoamento da água até o exutório. A área da bacia foi considerada mediana por se tratar de uma bacia que fornece água para região metropolitana de Goiânia com a estimativa populacional de 2.613,491 habitantes (IBGE, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da visita técnica, e as análises de cobertura e uso da terra, percebeu-se que no interior da BHRJL, nos locais de propriedade, executam-se técnicas conservacionistas na prática agropecuária, que, por sua vez, corroboram para o uso da rotação de pasto com sistemas de plantio direto, sendo opções que favorecem o aumento

da infiltração do solo. Todavia, partes das áreas da bacia não se fizeram com a aptidão e o manejo adequado do solo; dessa forma, esses locais perdem a capacidade de infiltração da água no solo, determinando assim que algumas partes das áreas da bacia possuem significativa infiltração de água no solo, e em outras há dificuldades para a infiltração. Assim, foi considerado que a BHRJL, conforme análise de cobertura e uso da terra, possui uma moderada contribuição para a infiltração de água no solo.

Através das análises da morfometria da BHRJL, compreendeu-se que ela não é propensa a inundações, e tem índices médios de drenagem, com alta facilidade do escoamento superficial. Em relação à erosão e ao carregamento de sedimentos, possui médio potencial, demonstrando que a bacia tem um favorecimento médio para a recarga hídrica da BHRJL.

Contudo, a combinação dos dois métodos de análise do comportamento hidrológico da BHRJL mostrou que em uma bacia que possui um comportamento moderado ao escoamento superficial e infiltração do solo. Entretanto conforme analisado os mapas de cobertura e uso da terra fica evidente a evolução exponencial em anos das classes com baixos níveis de contribuição para a infiltração de água no solo, a bacia por sua vez diminuirá sua capacidade na recarga hídrica, afetando diretamente a população urbana e as comunidades que vivem no interior da bacia que dependem do fornecimento da água. Dessa forma, este trabalho apresenta uma alerta à gestão pública que necessita ter um planejamento estratégico de recuperação das nascentes e proteção das matas ciliares para evitar a escassez hídrica da região.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.C; SOARES, JV. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e Floresta Ombrófila densa (Mata atlântica). na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, v.27, n. 2, p. 159-170, 2003.

ALVES, W. S. **Geotecnologias aplicadas em estudos hidrogeográficos na bacia do Rio Verdinho** – Sudoeste de Goiás – Brasil. 2019. 212 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2019.

BATISTA, D. F.; SOUSA, F. A. de. Avaliação da Condutividade Hidráulica do solo sobre Condições de Cobertura por Cerrado e Pastagem. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 25, p.1-25, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/35332/20000>. Acessado em: 10 de janeiro de 2020.

BRITO, G. Q. de. **Capacidade de infiltração de água no solo em fitofisionomias do bioma cerrado**. 2019. 43 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

CALDER, I.R. Forests and water: ensuring forest benefits outweigh water costs. **Forest Ecology and Management**, v. 251, p. 110-120, 2007.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: ESALQ, 1997.

CASTRO, M. A. de; CUNHA, F. F. da; LIMA, S. F. de; PAIVA NETO, V. B. de; LEITE, A. P.; MAGALHÃES, F. W.; CRUZ, G. H. M. da. Atributos físico-fídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato-grossense. **Geosciences and Humanities Research Medium**, v. 3, n. 2, p. 498-512, 2012.

CHEREM, L. F. S. **Análise morfométrica da Bacia do Alto do Rio das Velhas – MG**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7KWLTH>. Acesso em: 15 out. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas**. 1970. 375 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CYSNE, A. L. N.; SANTOS, J. H. S. D.; PEREIRA, E. D. A Bacia Hidrografica Como Unidade de Planejamento Socioambiental: Caracterização Geomorfológica e Hidrografica da 54 Sub-bacia do Rio Maracanã. São Luís-MA. **Encontro Nacional dos Geógrafos**, 26 julho 2010. 1-10.

EMBRAPA. (2005). **Embrapa Monitoramento por Satélite**. Miranda, E. E. de. (Coord.). Brasil em Relevô. Campinas, Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/index.htm>. Acesso em: 11 jul. 2021

EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS).

FALCÃO, K. S.; PANACHUKI, E.; MONTEIRO, F. N.; MENEZES, R. S.; RODRIGUES, D. B.; SONE, J. S.; OLIVEIRA, P. T. S. Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration area of the Brazilian Cerrado. **International Soil and Water Conservation Research**, 2020. ISSN 2095 6339, <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.004>.

GONÇALVES, F.C.; MORAES, M.H. Porosidade e infiltração de água do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Irriga**, v.17, n.3, 2012.

HORTON, R. E., **Erosional development of streams and their drainage basins:**

Hydrophysical approach to quantitative geomorphology, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 56, 275-370, 1945.

IBGE. **Modelo Digital de Elevação.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>. Acesso em: 23 jul. 2022.

_____. **Arranjos populacionais e Concentrações Urbanas no Brasil.** Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99700.pdf> . Acesso em 26 jun. 2019

MACHADO, R. A. S.; LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. de M. C. DO; SOUZA, A. P.M. J. de. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1441.

MELTON, M. A. **An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology.** Columbia University, New York. Borges, 1957.

MENEZES, J. P. C.; FRANCO, C. S.; DE OLIVEIRA, L. F. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. de S.; FIA, R. Morfometria e Evolução do uso do solo e da Vazão de Máxima em uma Micro Bacia Urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 15, n. 4, 2014. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/597>. Acesso em: 20 out. 2021.

MILLER, J.P. - High mountain streams; effects of geology of channel characteristics and bed material: Memoir - New Mexico. **Bureau of Mines and Mineral Resources**, 53p, 1958, Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/High-Mountain-Streams%3A-Effects-of-Geology-on-and-Thompson/e63edfeec1802d0dd067f2d3bb54d1ed0dae1f8e>.

MOURA, D. M. B. **Proposta metodológica para avaliação e definição de fontes superficiais de abastecimento público: uma análise comparativa entre duas bacias hidrográficas, visando a segurança hídrica de Iporá (GO).** 2021. 247 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

OLIVEIRA, W. N. **Avaliação da qualidade ambiental da paisagem da Bacia Hidrográfica e do reservatório do Ribeirão João Leite.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solo sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Revista Ambiental e água**, Taubaté, v.4, n. 2, p. 188-199, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240842414_Capacidade_de_infiltracao_de_agua_em_solos_sob_diferentes_usos_e_praticas_de_manejo_agricola. Acesso em: 22 nov. 2022.

RESENDE, P. **Ribeirão João Leite tem 23 nascentes que já não podem ser recuperadas.** G1 Goiás [online], Goiânia, 10 fev. 2015. Disponível em: <<https://g1.globo.com/goias/noticia/2015/02/ribeirao-joao-leite-tem-23-nascentes-que-ja>

nao-podem-ser-recuperadas.html>. Acesso em: 20 jul. 2021.

GOVERNO DE GOIÁS, 2017. Marconi: "**Sistema Mauro Borges vai garantir água limpa para as próximas gerações**". <https://www.goias.gov.br/servico/67485-marconi-sistema-mauro-borges-vai-garantir-agua-limpa-para-as-proximas-geracoes.html> Acesso em 25 de setembro de 2020.

SANTIAGO, C.M.C.; GOMES, L.C.F.; SALES, M.C.L.; PAULA, J.E.A. Arranjo Espacial da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau-Piauí a Partir da Análise Morfométrica e dos Aspectos Ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física Vol. 08 N. 02 (2015) 402-421.**

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>).

SANTOS, G. F. (2006): Geomorfologia. In: AUMOND, J. J. FRANK, B. (org.). Atlas da Bacia do Itajaí: Formação, Recursos Naturais e Ecossistemas. Edifurb. Blumenau.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Nitossolos**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_17_2212200611543.html. Acesso em: 15 ago 2022.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597- 646, 1956. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)

SILVA, L. G. T.; SILVA, B. N. R. da; RODRIGUES, T. E. **Análise fisiográfica das várzeas do baixo Tocantins: uma contribuição ao manejo e desenvolvimento dos sistemas de uso da terra**. Belém, PA: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2002.

SONE, J. S.; SANCHES DE OLIVEIRA, P. T.; PEREIRA ZAMBONI, P. A.; MOTTA VIEIRA, N. O.; ALTRÃO CARVALHO, G.; MOTTA MACEDO, M. C.; ALVES SOBRINHO, T. Effects of long-term crop-livestock-forestry systems on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado site. **Sustainability**, v. 11, n. 19, p. 5339, 2019.

SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator, Fortaleza**, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4215/rm.v11i25.699>. Acesso em: 15 mar.2022.

SOUSA, S. B. **Conflitos de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica Do Ribeirão João Leite (GO)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2013.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

STRAHLER, A.N. - Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 1117-1142, 1952. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/63/11/1117/4477/HYPSOMETRIC-AREA-ALTITUDE-ANALYSIS-OF-EROSIONAL>. Acesso em: 15 mar.2021.

TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C.M., FAIRCHILD, T.R., TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. Oficina de Textos. São Paulo. 557 p, 2009.

TONELLO, K.C. *et al.* Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. **Livro água doce**, p. 1-40, 1997.

_____. Gerenciamento da drenagem urbana. In: RBRH: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre,RS Vol. 7, n. 1(2002 jan./mar.), p. 5-27. 2002

_____. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**, 2005. Disponível em: http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/gruposdetrabalho/residuos/docs_resid_solidos/GestaoAguasPluviaisUrbanas.pdf>

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p., 1975.