

Características físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville (SC)

Physical characteristics of the Cachoeira River Basin, Joinville (SC)

Yara Rúbia de **MELLO**^{1, 4}; Mariele **SIMM**² & Celso Voos **VIEIRA**³

RESUMO

As históricas intervenções nas bacias hidrográficas urbanas e a dicotomia entre natureza e sociedade afetam a capacidade de suporte dos ecossistemas e colocam em risco as alterações nos fluxos dos serviços ecossistêmicos. A análise das bacias hidrográficas deve incorporar a dinâmica ecológica e os sistemas geomorfológicos no sentido de articular a gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo principal o mapeamento e a descrição das características físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, com o intuito de contribuir para a gestão da produção do espaço e a governança da água nos ambientes costeiros. A análise contemplou o mapeamento e a caracterização dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrográficos da bacia hidrográfica. A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira é constituída predominantemente por áreas antrópicas, que compreendem 74,8% da bacia hidrográfica, onde ocorreram intervenções principalmente nos sedimentos holocênicos, tais como os depósitos paludiais estuarinos (mangues), depósitos fluviais, depósitos fluvioestuarinos e depósitos colúviais. Na bacia hidrográfica predominam valores inferiores a 20 m de altitude e 3% de declividade, que representam relevos planos com ocorrência predominante do Cambissolo Flúvico. A análise de todas as características físicas da bacia hidrográfica, incluindo a alta pluviosidade e a intensa ocupação antrópica, remete ao desenvolvimento de áreas de alta vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos, como inundações e deslizamentos.

Palavras-chave: geomorfometria; recursos hídricos; serviços ecossistêmicos; uso da terra.

ABSTRACT

Historical interventions in urban watersheds and the dichotomy between nature and society affect the capacity of ecosystem support and jeopardize changes in ecosystem services flows. The analysis of watersheds should incorporate ecological dynamics and geomorphological systems in order to articulate the management of water resources with that of land use. In this sense, the main objective of this study is to map and describe the physical characteristics of the Cachoeira river basin, in order to contribute to spatial production management and water governance in coastal environments. The analysis included the mapping and characterization of the geological, geomorphological, pedological and hydrographic aspects of the hydrographic basin. The watershed area of the Cachoeira river consists predominantly of anthropogenic areas, which comprise 74.8% of the river basin, where interventions occurred mainly in Holocene sediments such as estuarine (mangrove) deposits, fluvial deposits, estuarine-fluvial deposits and colluvial deposits. In the basin, values lower than 20 m of altitude and 3% of slope predominate, which represent flat reliefs with predominant occurrence of the Fluvial Cambisol. The analysis of all physical characteristics of the watershed, including high rainfall and intense anthropic occupation, refers to the development of areas of high vulnerability to extreme hydrological events such as floods and landslides.

Keywords: ecosystem services; geomorphometry; land use; water resources.

Recebido em: 23 out. 2017
Aceito em: 12 dez. 2017

¹ Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua XV de Novembro, n. 1.299 – Centro, CEP 80060-000, Curitiba, PR, Brasil.

² Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira, Joinville, SC, Brasil.

³ Universidade da Região de Joinville (Univille), Joinville, SC, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: yarademello@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A história da produção do espaço urbano e do seu impacto sobre os recursos naturais, assim como a qualidade dos assentamentos humanos, normalmente torna evidente as dificuldades de articulação entre a temática ambiental e a construção dos espaços urbanos (PEIXOTO, 2005).

Diante dessa dualidade de gestão e ordenamento do espaço, o que se observa no Brasil é a desarticulação entre os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e aqueles de planejamento do uso do solo (CARNEIRO *et al.*, 2010). Essa tendência acaba por se refletir na falta de legitimidade do planejamento e da legislação urbanística nas cidades brasileiras, marcadas por forte grau de informalidade e mesmo de ilegalidade na ocupação do solo.

Tendo em vista que as alterações decorrentes das interferências humanas sobre o ambiente se refletem na bacia hidrográfica como um todo, os estudos nesses espaços não devem, portanto, se restringir somente aos seus aspectos físicos. O planejamento e a gestão devem basear-se em um sólido conhecimento dos cenários sobre os quais se deseja atuar, considerando os aspectos relacionados às dinâmicas natural, econômica e social (IBGE, 2009).

Ressalta-se ainda que a Lei Federal n.º 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e também cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), instrui que a gestão dos recursos hídricos deve contemplar a bacia hidrográfica como unidade territorial mínima de análise. A citada lei ainda prevê como objetivos a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, bem como a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

A análise de bacias hidrográficas deve, ainda, incorporar as premissas da abordagem sistêmica como uma das unidades básicas de análise no campo das ciências naturais e caracteriza de maneira geral o meio físico, considerando desde as espécies vegetais associadas ao sistema pela sua condição geomorfológica, bem como possibilita estabelecer as relações entre o meio físico e o socioeconômico (CHRISTOFOLETTI, 1999).

As históricas intervenções no ambiente e a dicotomia entre natureza e sociedade na gestão das bacias hidrográficas afetam a capacidade de os ecossistemas gerarem serviços essenciais à vida e colocam em risco ainda as alterações nos fluxos dos serviços ecossistêmicos estabelecidos para o bem-estar humano (ANDRADE & ROMEIRO, 2009). A direção correta para a adoção de políticas de gestão harmoniosa dos ecossistemas deve ser a de incrementar o conhecimento humano sobre a dinâmica ecológica e as complexidades que envolvem as bacias hidrográficas (BENNET *et al.*, 2005). Muller *et al.* (2012) relataram a importância da adoção da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC), no município de Joinville, como uma unidade de planejamento estratégico de ordenamento territorial, principalmente em virtude das características físicas da bacia, ante sua alta susceptibilidade a eventos hidrológicos críticos na zona central do município.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo principal o mapeamento e a descrição das características físicas da BHRC com o intuito de contribuir para a gestão da produção do espaço e a governança da água nos ambientes costeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A BHRC está localizada na área urbana do município de Joinville, o qual está situado na região nordeste do estado de Santa Catarina, sul do Brasil (figura 1). A bacia possui uma área de 81,4 km², perímetro de 59,2 km, e o rio principal (Rio Cachoeira) tem uma extensão de 16 km (RIBEIRO & OLIVEIRA, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2017). É uma bacia amplamente urbanizada e comporta cerca de 50% da população de Joinville, que, no último censo (2010), era de 515.288 habitantes (IBGE, 2017).

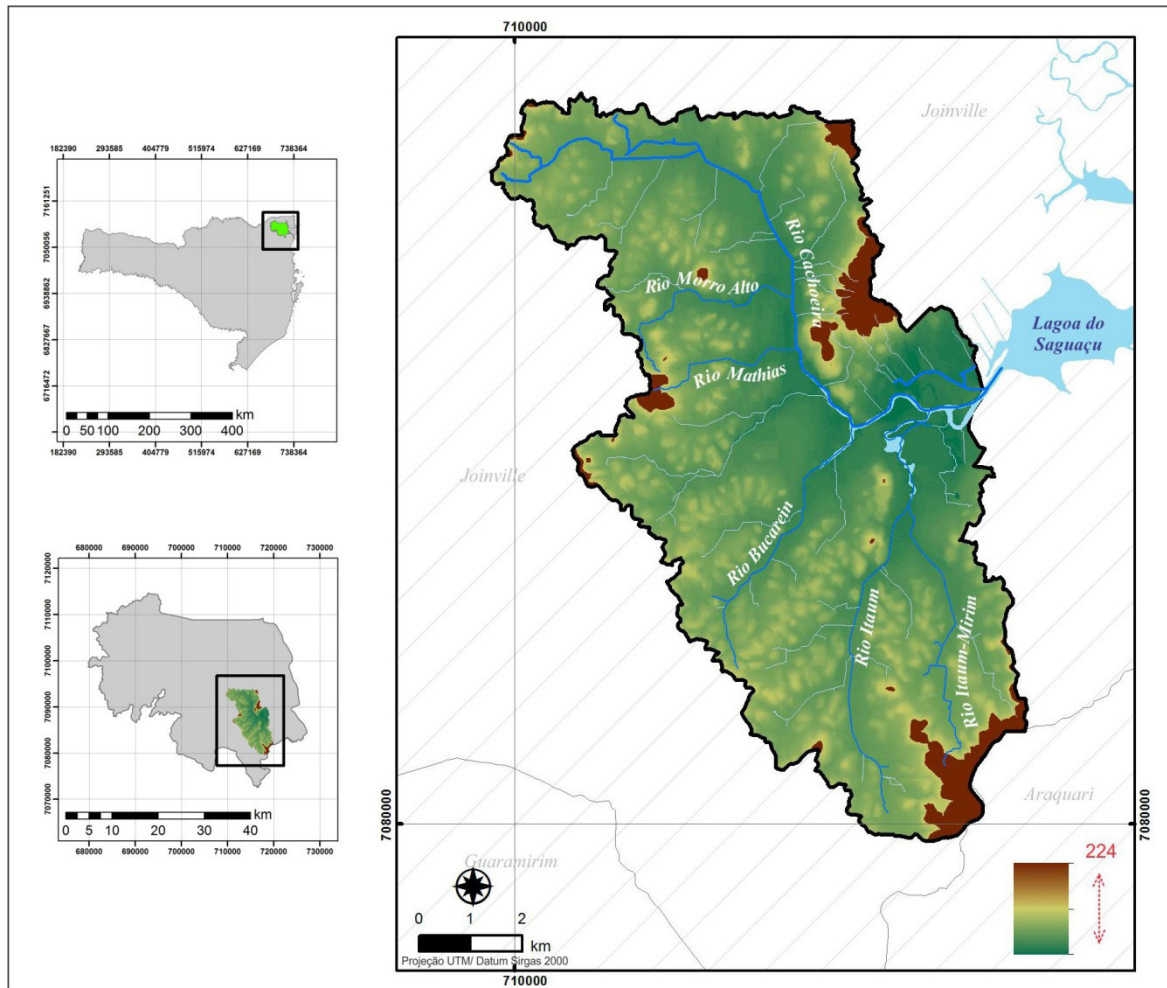


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira em relação ao estado de Santa Catarina e ao município de Joinville.

ATRIBUTOS FÍSICOS DA BHRC

Para a caracterização física da BHRC, foram executados os seguintes mapeamentos: geologia, hipsometria, clinografia, Índice de Posição Topográfica (IPT), hidrografia e pedologia.

As informações geológicas da bacia hidrográfica foram obtidas nos estudos de Martin *et al.* (1988), Gonçalves (1993), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), Gonçalves & Kaul (2002), Oliveira & Vieira (2009) e Vieira & Horn Filho (2012).

Elaboraram-se os mapeamentos de hipsometria, clinografia e IPT com base no Modelo Digital de Terreno (MDT) do levantamento aerofotogramétrico de Santa Catarina, realizado no ano de 2010, que está disponível no *site* da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS) do Governo do Estado de Santa Catarina (<http://sigsc.sds.sc.gov.br/>). Esse MDT possui uma resolução horizontal de 1 metro.

A classificação da declividade foi baseada no sistema da Embrapa (2006), sendo descrita da seguinte forma: 0-3% (relevo plano), 3-8% (relevo suave ondulado), 8-20% (relevo ondulado), 20-45 % (relevo forte ondulado), 45-75% (relevo montanhoso) e > 75% (relevo escarpado).

O IPT consiste numa proposta de classificação geomorfométrica digital, a qual busca identificar feições e unidades do relevo por meio da combinação de duas escalas de análise: generalizado e detalhado (JENNESS, 2004; TAGIL & JENNESS, 2008; SILVEIRA, 2015). O IPT foi elaborado utilizando-se uma matriz com raio de análise da vizinhança de 335 m (67 *pixels*), para a escala detalhada, e

1.005 m (221 *pixels*), para a escala generalizada. A análise consiste em avaliar as variações de altitude no interior dos raios de buscas (análise da vizinhança) baseando-se na análise do desvio-padrão (σ) e da declividade. Na tabela 1 constam os parâmetros adotados para a classificação das formas de relevo da BHRC, de acordo com a proposta de Weiss (2001) e Jenness (2004).

Tabela 1 – Parâmetros de classificação do Índice de Posição Topográfica.

Formas do relevo	IPT generalizado	IPT detalhado	Declividade
Planos	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	≤ 5 graus
Vertentes intermediárias	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	> 5 graus
Cristas intermediárias / morros em áreas planas	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$\geq 1 \sigma$	–
Vales rasos / drenagens de meia vertente	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$\leq -1 \sigma$	–
Vertentes superiores	$\geq 1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	–
Cristas elevadas/ topos	$\geq 1 \sigma$	$\geq 1 \sigma$	–
Vales em “U”	$\leq -1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	–
Vales entalhados (em “V”)	$\leq -1 \sigma$	$\leq -1 \sigma$	–
Cristas locais / morros em vales	$\leq -1 \sigma$	$\geq 1 \sigma$	–

Para gerar o mapa de hidrografia e das sub-bacias da BHRC usaram-se as bases cartográficas do Plano Diretor de Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (PDDU) e da SDS do Estado de Santa Catarina. O mapa pedológico foi confeccionado com base no mapeamento pedológico realizado pela Prefeitura de Joinville (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2012), em escala 1:10.000. Todos os mapas foram gerados no *software* ArcGIS 10.2.2, mediante a projeção transversa de Mercator e o *datum* SIRGAS 2000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

GEOLOGIA

A BHRC é constituída primordialmente pelas seguintes unidades geológicas: Complexo Luís Alves (23,2%) e Sedimentos Holocênicos (2,0%) (GONÇALVES, 1993). As áreas urbanizadas ocupam a maior parte da superfície da bacia hidrográfica (74,8%), conforme a figura 2.

O Complexo Luís Alves é formado por gnaisses granulíticos de composição comumente básica (gnaisses noríticos), rochas metamórficas da fácies anfibolito, camadas e lentes de quartzitos, formações ferríferas, assim como pequenos corpos de rochas ultrabásicas e rochas migmatíticas e cataclásticas (GONÇALVES, 1993; GONÇALVES & KAUL, 2002), com cerca de 2,6 bilhões de anos (Arqueano/Proterozoico). Essa unidade geológica possui ocorrência principalmente nas colinas costeiras e morros do município de Joinville. O quartzito aflora sob a forma de lentes principalmente no topo dos morros do Boa Vista e do Iririú (GONÇALVES, 1993).

Os sedimentos holocênicos são constituídos por depósitos paludiais estuarinos (mangues), depósitos fluviais, depósitos fluviostuarinos e depósitos coluviais (GONÇALVES & KAUL, 2002; OLIVEIRA & VIEIRA, 2009; VIEIRA & HORN FILHO, 2012) e podem alcançar até 30 m de espessura.

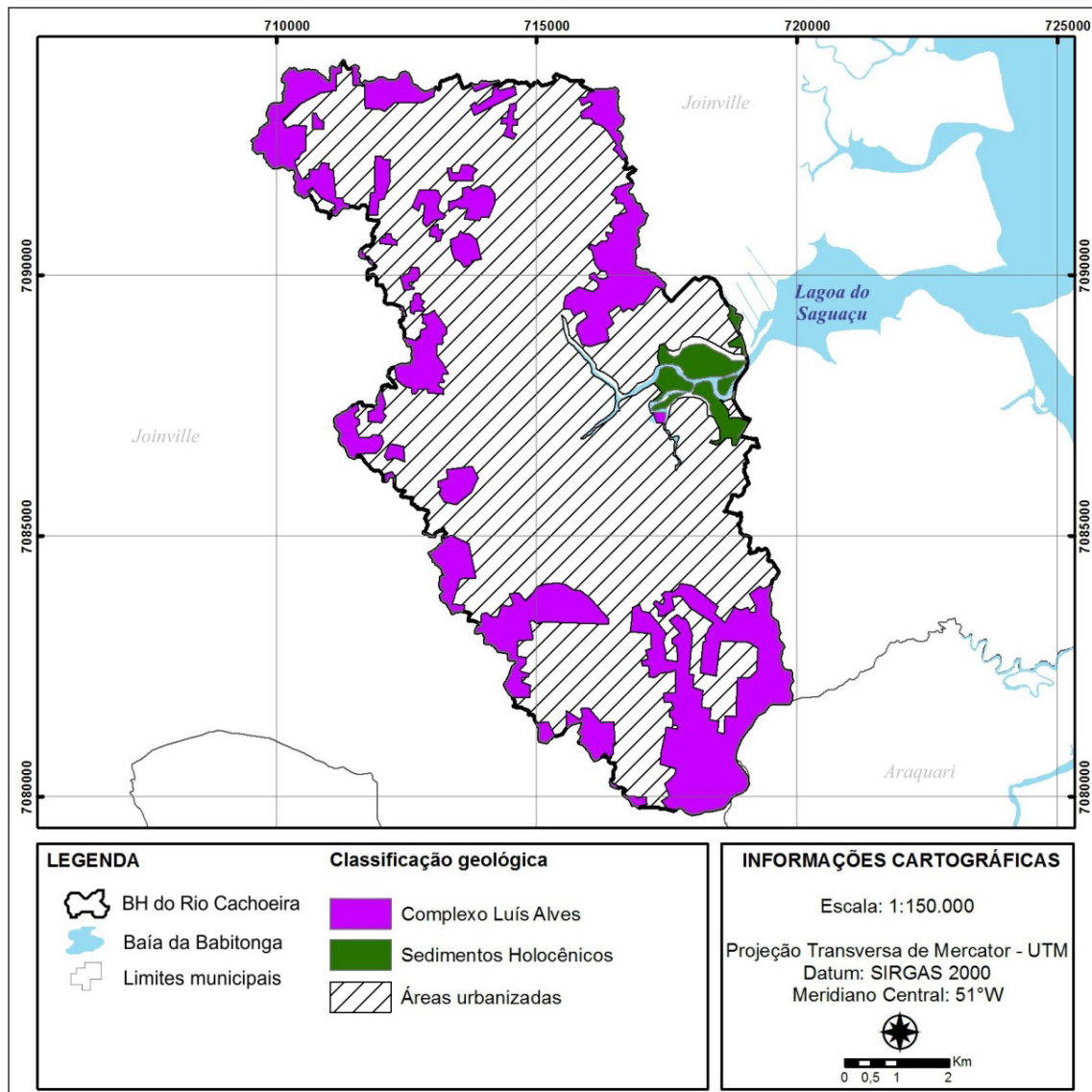


Figura 2 – Mapa das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

O depósito paludial estuarino localiza-se em áreas próximas à foz do Rio Cachoeira e do Rio Itaum e normalmente é constituído por sedimentos argiloarenosos, mal selecionados, ricos em matéria orgânica e depositados em ambientes sob influência da maré (VIEIRA & HORN FILHO, 2012).

O depósito fluvial localiza-se nas margens dos principais rios da bacia hidrográfica. Contudo o depósito encontra-se muito descaracterizado, com intensa antropização, que normalmente impossibilita o reconhecimento de feições geomorfológicas que permitam o correto mapeamento da unidade deposicional.

O depósito fluioestuarino situa-se na foz do Rio Cachoeira e do Rio Itaum (OLIVEIRA, 2000; VIEIRA & HORN FILHO, 2012) e caracteriza-se por sedimentos arenoargilosos de origem fluvial retrabalhados por ação de maré, contudo sem a marcante presença de matéria orgânica.

O depósito coluvial situa-se normalmente no terço inferior das vertentes côncavas de morros e colinas da bacia hidrográfica, desenvolvidos por processos gravitacionais sem estruturas visíveis. O material que compõe o depósito é heterogêneo, normalmente constituído por sedimentos finos e detritos angulosos de tamanho variado oriundo das rochas do Complexo Luís Alves (VIEIRA & HORN FILHO, 2012).

HIPSOMETRIA

O mapa hipsométrico da BHRC apresenta seis faixas altimétricas, e a amplitude é de 0 a 224 m, sendo o Morro do Boa Vista o ponto mais alto da BHRC (figura 3). As altitudes na faixa de 0 a 20 m predominam na bacia hidrográfica, representando 66,4% da área total, as faixas de 20,1 a 50 m representam 25,3%, a faixa de 50,1 a 100 m soma 5,8%, de 100,1 a 150 m compreende 2% e, por fim, a faixa de 150,1 a 200 m representa apenas 0,4%. Ressalta-se que a faixa de 200,1 a 224 m é a que possui a menor frequência (0,03%), presente apenas em parte do Morro do Boa Vista.

A BHRC é comumente afetada por inundações nos meses de verão. Entre as causas para tal estão os altos volumes pluviométricos precipitados no período, a alta densidade de ocupação, influência da maré e, principalmente, as baixas altitudes. Os valores altimétricos inferiores a 1 m correspondem a 2,3% da área da bacia e as altitudes inferiores a 5 metros, 17,3%. As altitudes até 5 m encontram-se principalmente nas proximidades das margens do Rio Cachoeira e dos seus principais afluentes (rios Itaum, Bucarein, Mathias e Morro Alto). Os bairros que possuem maior frequência de altitudes abaixo de 5 m são o Centro (91,1%), Bucarein (91,9%) e Fátima (89%) (MULLER *et al.*, 2012).

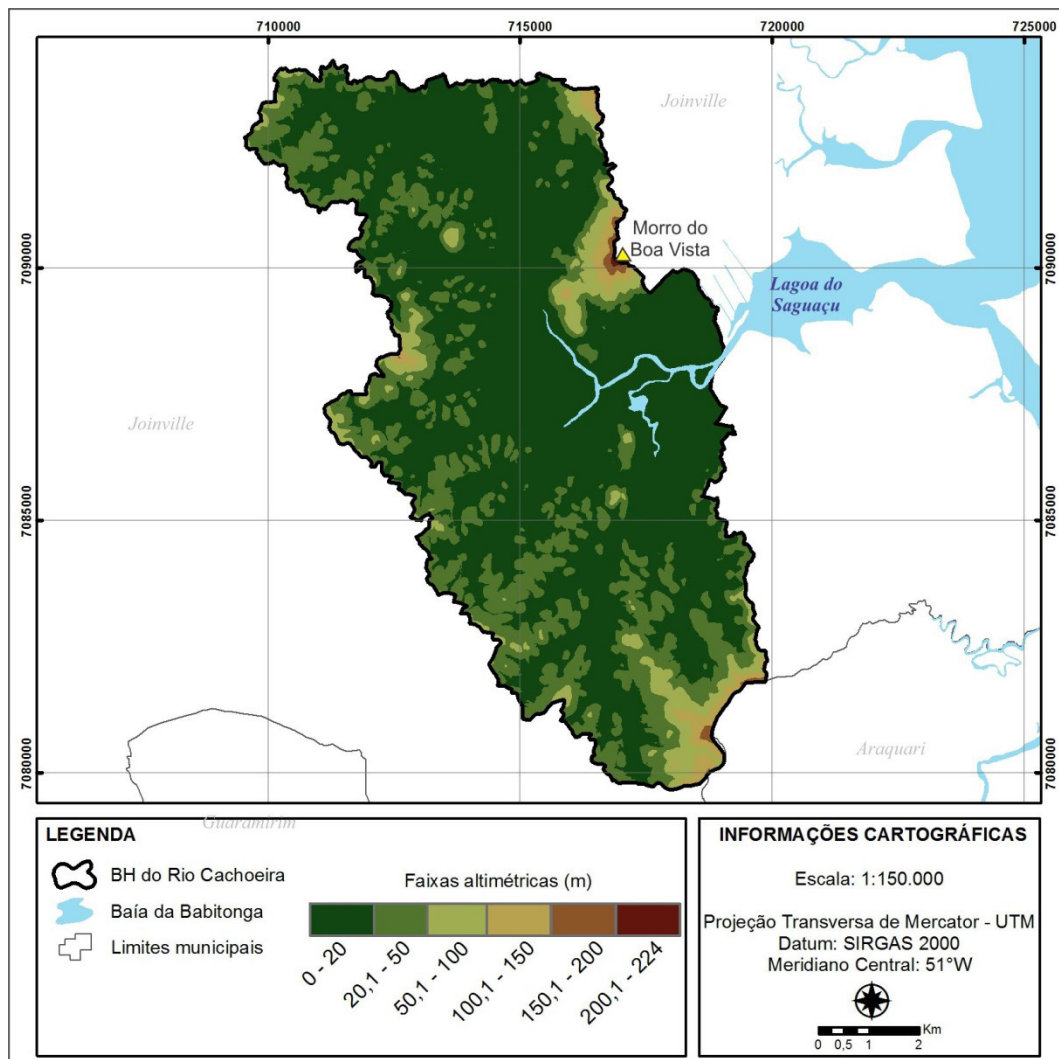


Figura 3 – Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

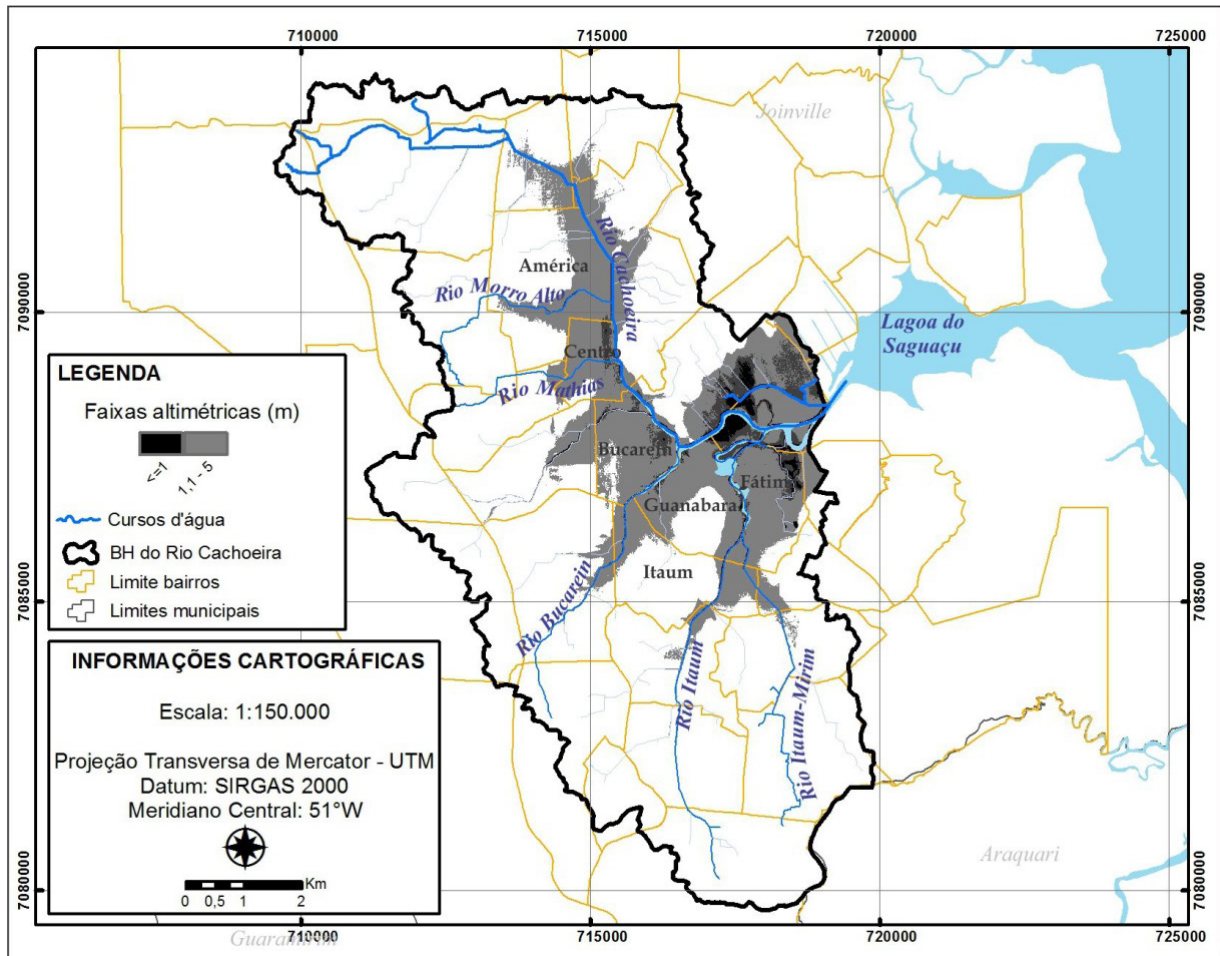


Figura 4 – Mapa hipsométrico, destacando as altitudes inferiores a 5 metros, na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

CLINOGRAFIA

A faixa de declividade predominante na BHRC é de 0 a 3%, que representa 69,8% da área da bacia, e as classes com as menores representatividades na bacia hidrográfica são: de 3 a 8%, 0,1% e declividades superiores a 75%, 0,3%. A classe de 8 a 20% representa 7,5% da área da bacia, a de 20 a 45% representa 5,7% e, por fim, a classe de 45 a 75% de declividade representa 16,6% da área da BHRC.

Demartino (2016) aponta que as maiores instabilidades a deslizamentos na BHRC ocorrem nas regiões de relevo fortemente ondulado a escarpado (com declividades superiores a 20%) em associação com solos oriundos de gnaisses, com destaque para o Neossolo litólico.

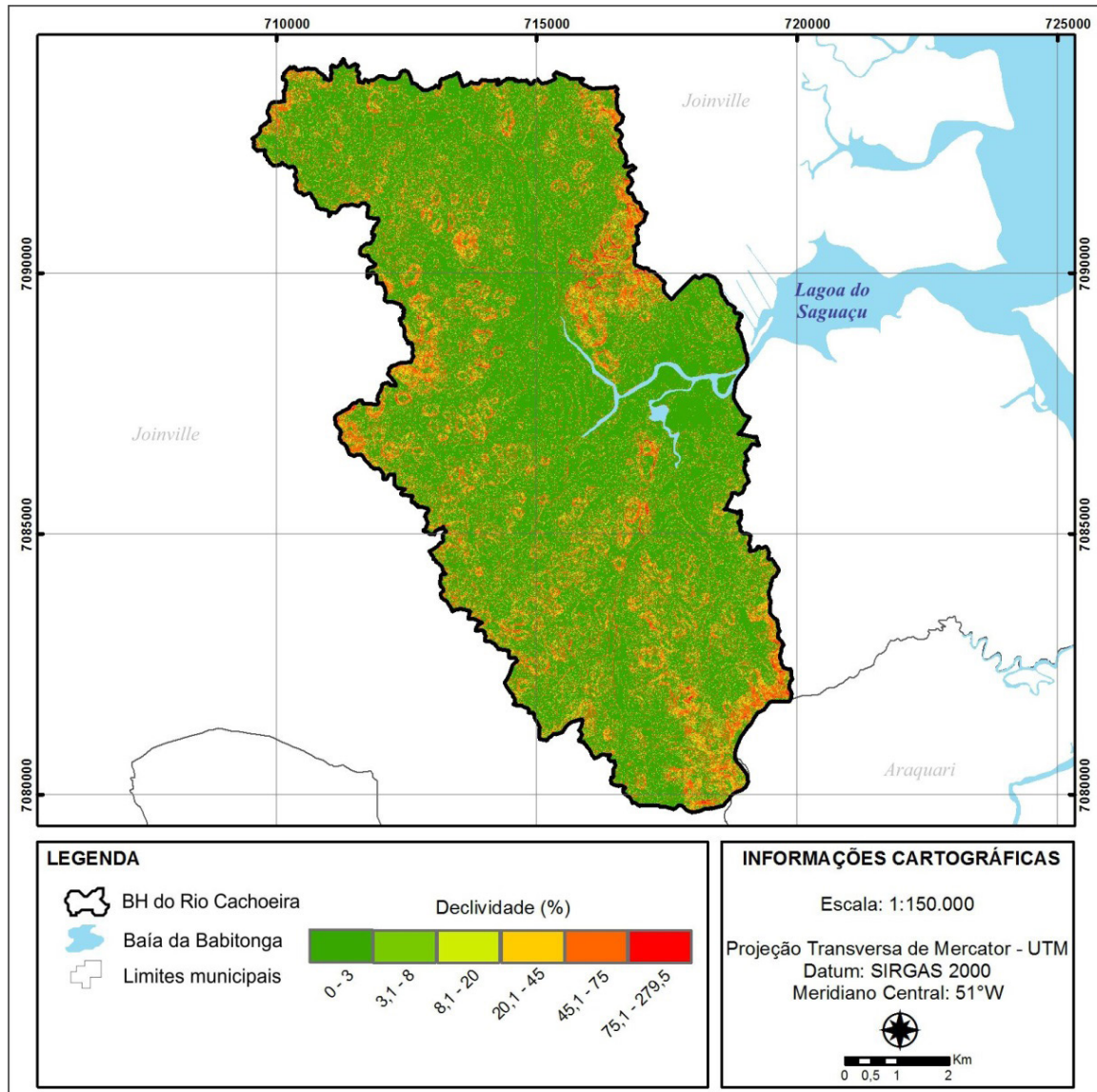


Figura 5 – Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

FORMAS DE RELEVO

Por meio da figura 6 e da tabela 2 é possível analisar as feições de relevo na BHRC, segundo o método do IPT (JENNESS, 2004; TAGIL & JENNESS, 2008; SILVEIRA, 2015). Na análise morfométrica distinguiram-se nove principais formas de relevo, com a predominância do relevo plano (50,66%), representado pelas planícies costeira e fluvial. Em seguida ocorrem as vertentes intermediárias (38,03%), que são representadas por rampas com declividade superior a 5° que compreendem o terço inferior e médio dos morros e colinas costeiras. As duas principais classes de relevo somam 88,69% da área de estudo.

As cristas intermediárias/morros compreendem 5,02% da bacia hidrográfica e localizam-se na porção superior dos morros e colinas costeiras de baixa declividade. Ressalta-se que a citada forma de relevo possui estreita relação com a ocorrência de cristas elevadas/topos (com 1,43%) que ocorrem nos morros de maior altura da BHRC.

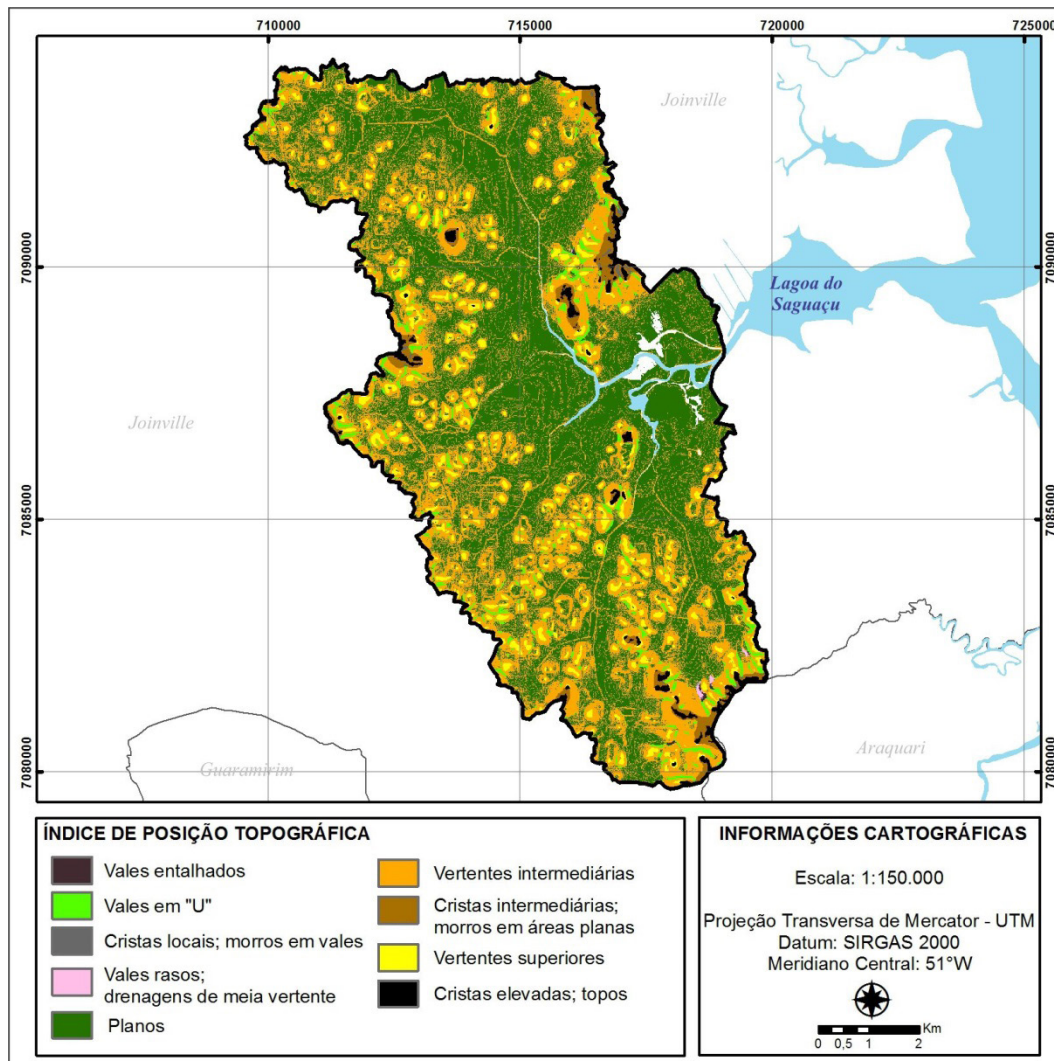


Figura 6 – Formas de relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

Tabela 2 – Formas do relevo e frequência de ocorrência na BHRC.

Forma do relevo	Frequência (%)
Planos	50,66
Vertentes intermediárias	38,03
Cristas intermediárias; morros em áreas planas	5,02
Vales rasos; drenagens de meia vertente	2,82
Vertentes superiores	1,81
Cristas elevadas; topos	1,43
Vales em “U”	0,07
Vales entalhados em “V”	0,05
Cristas locais; morros em vales	0,01

Os vales rasos/drenagens de meia vertente compreendem 2,82% da bacia hidrográfica, ocorrem com maior frequência na porção sul da bacia e caracterizam vales suspensos de baixa amplitude altimétrica.

As vertentes superiores possuem 1,81% de ocorrência na bacia e estão no terço superior dos morros mais altos e nos topos de morros de menor altura (colinas costeiras).

Os vales em “U” ocorrem em 0,07% da bacia, estando ao longo das vertentes de morros e colinas. Também possuem baixa amplitude altimétrica e clinográfica, com ocorrência ao longo de cursos d’água de primeira ordem. Já os vales entalhados em “V” possuem ocorrência muito restrita na bacia (0,05%), ocorrendo de maneira pontual ao longo das vertentes dos morros e colinas costeiras.

Por fim, as cristas locais/morros em vales ocorrem em 0,01% da bacia hidrográfica de maneira isolada ao longo das vertentes e se caracterizam como elevações pontuais mais baixas que as cristas elevadas/topos.

HIDROGRAFIA

A BHRC pode ser dividida em oito sub-bacias: Rio Itaum (26,8 km²), Rio Cachoeira (25,1 km²), Rio Bucarein (10,1 km²), Rio Jaguarão (7,9 km²), Rio Morro Alto (5,3 km²), Rio Mathias (2,5 km²), Rio Mirandinha (1,9 km²) e Rio Bom Retiro (1,8 km²) (figura 7). Os cursos d'água com menores extensões (canais de primeira ordem) não foram considerados sub-bacias.

Os principais rios da bacia são: Rio Cachoeira (16 km), Rio Itaum (8,8 km), Rio Itaum-mirim (6,2 km), Rio Bucarein (6 km), Rio Jaguarão (5,8 km), Rio Morro Alto (5 km), Rio Mathias (3,3 km), Rio Mirandinha (2,8 km) e Rio Bom Retiro (2,2 km).

Haja vista a baixa altitude e a intensa ocupação da bacia hidrográfica, a ocorrência de inundação é um processo frequente na BHRC. Aproximadamente 56% da bacia hidrográfica foi enquadrada como de alta e muito alta susceptibilidade a inundação (MULLER, 2012). Os bairros mais afetados com as inundações são o Bucarein, Fátima, Centro, Guanabara, Itaum e América (CONORATH, 2012). Uma das características incomuns ocorrentes na BHRC é o fato de uma população com nível de renda mais elevado ocupar uma área de alto risco de inundação (MULLER *et al.*, 2012), tendo em vista que normalmente as áreas susceptíveis são ocupadas pela população de menor poder aquisitivo, a qual, por falta de alternativa, historicamente ocupa áreas mais vulneráveis.

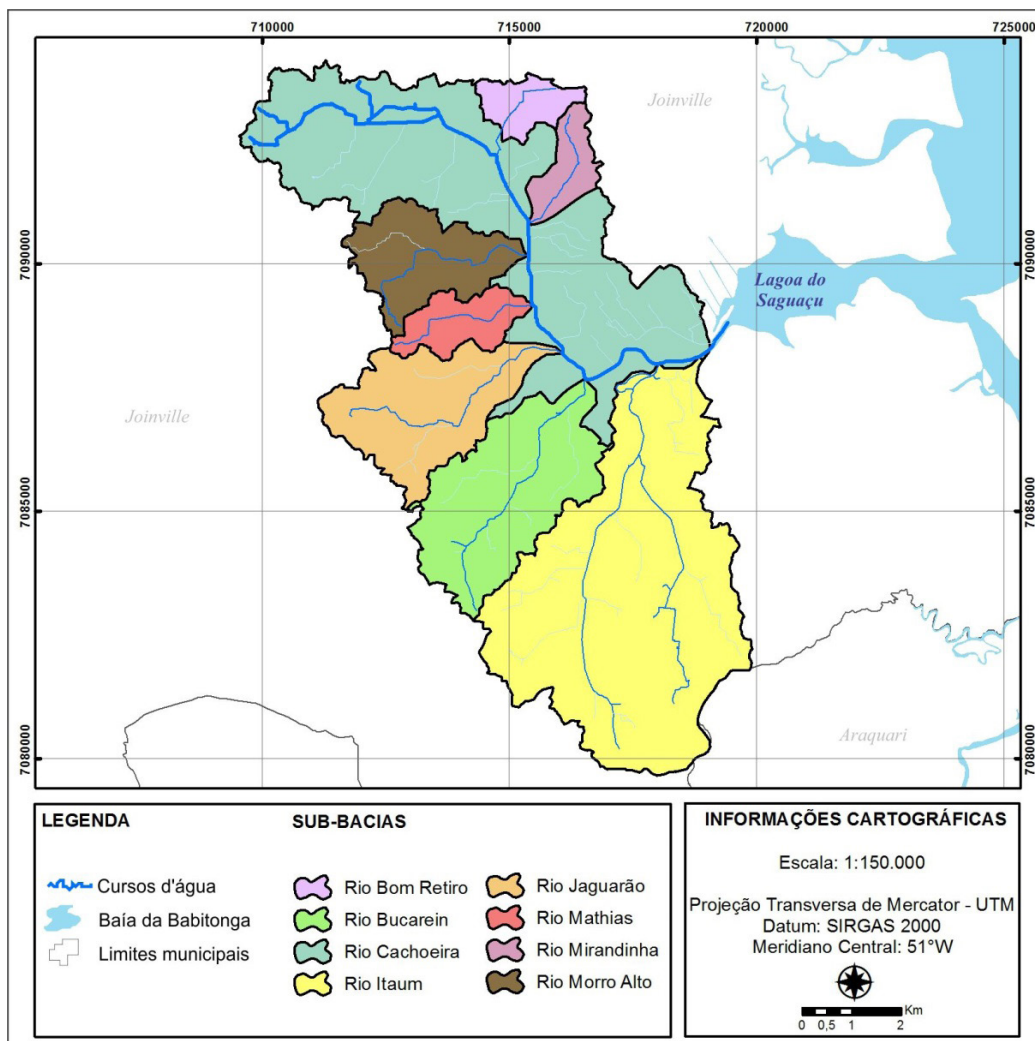


Figura 7 – Mapa de hidrografia e das sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

PEDOLOGIA

Conforme visualizado na figura 8 e na tabela 3, é possível observar a ocorrência de seis classes de solo na BHRC. O Cambissolo Flúvico é o tipo que possui a maior frequência de ocorrência (54,4%), ocupando principalmente as áreas planas situadas ao longo dos vales fluviais, com altitudes inferiores a 20 metros. O Cambissolo Háptico é o segundo tipo de solo de maior frequência (23,7%), com ocorrência ao longo das colinas costeiras de menor altura. O Argissolo Amarelo ocorre principalmente nos morros de maior altura da bacia hidrográfica e compreende 8,6% da bacia. Os solos indiscriminados de mangue ocorrem na foz do Rio Cachoeira e compreendem as áreas de manguezais na bacia, com 7,2%. A classe de solo Neossolo Litólico ocorre ao longo das vertentes de alta declividade dos morros e colinas na bacia hidrográfica e representa 4,2%. O Gleissolo Háptico ocorre em áreas planas com alta concentração de água, em função do lençol freático muito próximo da superfície, com 1,8% da bacia.

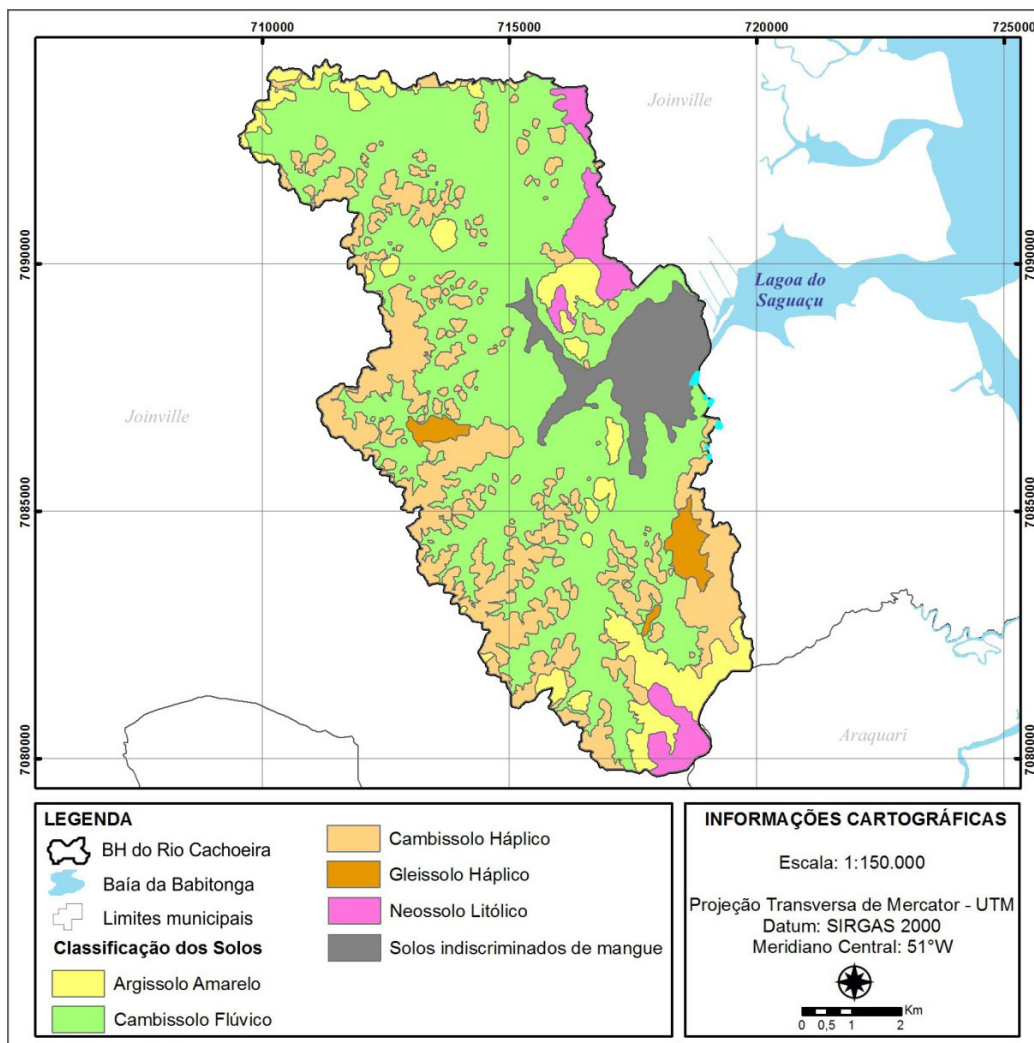


Figura 8 – Mapa pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

Tabela 3 – Classificação dos solos para a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira e suas respectivas áreas de ocorrência.

Solo	Frequência (%)
Argissolo Amarelo	8,6
Cambissolo Flúvico	54,4
Cambissolo Háptico	23,7
Gleissolo Háptico	1,8
Neossolo Litólico	4,2
Solos indiscriminados de mangue	7,2

De acordo com Muller (2010), Richter (2011) e Demartino (2016), as áreas mais susceptíveis a movimentos de massa na bacia hidrográfica estão situadas em zonas de ocorrência de Neossolo Litólico e Argissolo Amarelo. Os citados autores ainda apontam que as maiores susceptibilidades estão associadas a declividades superiores a 20% e intervenções antrópicas com manejo inadequado, principalmente associado a cortes em taludes.

CONCLUSÃO

A BHRC é constituída predominantemente de áreas antrópicas que compreendem 74,8% da bacia hidrográfica e ocupam principalmente sedimentos holocênicos paludiais estuarinos, depósitos fluviais, depósitos fluviostuarinos e depósitos coluviais.

Quanto aos aspectos geomorfológicos na bacia hidrográfica, predominam altitudes até 20 m, com declividade de até 3%, que representam os relevos planos dos índices de posição topográfica. A classe de solo predominante é o Cambissolo Flúvico, que compreende áreas de planícies de inundação e vales fluviais dos inúmeros cursos d'água da bacia.

A análise de todas as características físicas da bacia hidrográfica, associadas à alta pluviosidade e intensa ocupação antrópica, remete ao desenvolvimento de áreas de alta vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos, como inundações e deslizamentos.

Diante das evidências constatadas, torna-se salutar para a BHRC a incorporação de abordagens sistêmicas, previstas legalmente, na proposição dos planos de gestão dos recursos hídricos e de uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

- Andrade, Daniel Caixeta & Ademar Ribeiro Romeiro. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Texto para Discussão. 2009; 155:1-23.
- Bennet, Elena M.; Garry D. Peterson & E. A. Levitt. Looking to the future of ecosystem services. *Ecosystems*. 2005; 8:125-132.
- Brasil. Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e também cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF; 1997.
- Carneiro, Paulo Roberto Ferreira; Adauto Lucio Cardoso; Gustavo Bezerra Zampronio & Melissa de Carvalho Martingil. A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçú / Sarapuí, na Baixada Fluminense. *Ambiente & Sociedade*. 2010; XIII(1):29-49.
- Christofoletti, Antonio. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher; 1999. 236 p.
- Conorath, Gabriel Daniel. Águas urbanas: análise morfométrica e hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville/SC. 159 f. [Dissertação de Mestrado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental]. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2012.
- Demartino, Natália Magalhães. Aplicação do modelo SHALSTAB no mapeamento de deslizamentos rasos na sub-bacia do Rio Comprido – Joinville / SC. 88 f. [Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2016.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2006. 306 p.
- Gonçalves, Monica Lopes. Geologia para o planejamento de uso e ocupação territorial do município de Joinville. [Tese de Doutorado em Geologia]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1993. 75 p.
- Gonçalves, Monica Lopes & Pedro Francisco Teixeira Kaul. Evolução geológica. In: Knie, Joachim L. W. Atlas ambiental da região de Joinville: complexo hídrico da Baía da Babitonga. Florianópolis: Fatma / GTZ; 2002. p. 5-8.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Rio de Janeiro. [Acesso em: 8 jun. 2017]. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de geomorfologia. Rio de Janeiro; 2009. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>.
- Jenness, Jeff S. Calculating landscape surface area from digital elevation models. *Wildlife Society Bulletin*. 2004; 32(3):829-839.
- Martin, Louis; Kenitiro Suguio; Jean Marie Flexor & Antonio Expedito Gomes de Azevedo. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina. Brasília: DNPM; 1988. Série Geologia, n. 28, seção Geologia Básica, n. 18.
- Muller, Cristiane Regina. Avaliação de suscetibilidade a inundações utilizando geotecnologias para a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville / SC. 117 f. [Dissertação de Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental]. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2012.
- Muller, Cristiane Regina; Francisco Henrique de Oliveira & Patrícia Royes Schardosim. A ocupação em Joinville / SC e o papel da gestão municipal para mitigação de danos causados por inundações. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*. 2012; 1(1):23-39.
- Muller, D. R. Identificação de áreas susceptíveis a movimentos de massa na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville / SC. 18 f. [Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental]. Joinville: Universidade da Região de Joinville; 2010.
- Oliveira, Fabiano Antonio de & Celso Voos Vieira. Semi-detailed geomorphological map of northeastern Santa Catarina State, Brazil – the Garuva Sheet. *Journal of Maps*. 2009; 5(1):66-74.
- Oliveira, Mario Sérgio C. Os sambaquis da planície costeira de Joinville, litoral norte de Santa Catarina: geologia, paleogeografia e conservação *in situ*. 310 f. [Dissertação de Mestrado em Geografia]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2000.
- Oliveira, Terezinha Maria Novais de; José Mário Gomes Ribeiro; Virginia Grace Barros; Mariele Simm; Yara Rubia de Mello & Kaethlin Katiane Zeh. Bacias hidrográficas da região de Joinville: gestão e dados. Joinville: Editora Univille; 2017. 94 p.
- Peixoto, Monica Campolina Diniz. Expansão urbana e proteção ambiental: um estudo a partir do caso de Nova Lima / MG. Anais. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – Anpur. Salvador, BA; 2005.
- Prefeitura de Joinville. Levantamento de cobertura pedológica de Joinville. Executado por: Consultor Engenheiro Agrônomo Antônio Ayrton Auzani Uberti. Joinville; 2012.
- Ribeiro, José Mario Gomes & Terezinha Maria Novais de Oliveira. Bacias hidrográficas dos rios Cubatão (norte) e Cachoeira Joinville. Joinville: Mercado de Comunicação; 2014. 40 p.
- Richter, Maiko Alexander Bindemann. Setorização e hierarquização de risco em áreas potencialmente vulneráveis a movimento de massa no município de Joinville. 22 f. [Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental]. Joinville: Universidade da Região de Joinville; 2011.
- Silveira, Ricardo Michael Pinheiro. Análise digital do relevo como apoio para a cartografia geomorfológica da porção central da serra do mar paranaense. [Dissertação de Mestrado em Geografia]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2015.
- Tagil, Sermin & Jeff S. Jenness. GIS-based automated landform classification and topographic, landcover and geologic attributes of landforms around the Yazoren Polje, Turkey. *Journal of Applied Sciences*. 2008; 8(6):910-921.
- Vieira, Celso Voos & Norberto Olmiro Horn Filho. Mapeamento geológico costeiro do Canal do Palmital, litoral norte de Santa Catarina. *Geosul*. 2012; 27:33-54.
- Weiss, Andrew. Topographic position and landforms analysis. Proceedings. ESRI User Conference, San Diego; 2001. [Acesso em: 13 jul. 2017]. Disponível em: http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf.