



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA – (IFRO) - CAMPUS PORTO VELHO CALAMA
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

NILTON RICARDO LUCAS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO SUPERFICIAL DOS SOLOS
NA PORÇÃO DE MONTANTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ
GRANDE EM PORTO VELHO, RONDÔNIA**

PORTO VELHO - RO

2025

NILTON RICARDO LUCAS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO SUPERFICIAL DOS SOLOS
NA PORÇÃO DE MONTANTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ
GRANDE EM PORTO VELHO, RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Rondônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Martins da Silva de Souza.

Coorientador: Prof. Ms. Frédi Rodrigues Ramos da Silva.

PORTO VELHO - RO

2025



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA – (IFRO) - CAMPUS PORTO VELHO CALAMA
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

NILTON RICARDO LUCAS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO SUPERFICIAL DOS SOLOS
NA PORÇÃO DE MONTANTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ
GRANDE EM PORTO VELHO, RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Rondônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

APROVADA EM 10/12/2025 POR:

	Documento assinado digitalmente REGINALDO MARTINS DA SILVA DE SOUZA Data: 16/12/2025 18:48:04-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br
<hr/>	
Reginaldo Martins da Silva de Souza, Doutor. (Orientador)	
	Documento assinado digitalmente RAFAEL PEREIRA LOUZADA Data: 16/12/2025 18:57:07-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br
<hr/>	
Rafael Pereira Louzada, Mestre. (Examinador Interno)	
	
<hr/>	
Evanleide Rodrigues da Silva, Mestre. (Examinador Externo)	

PORTO VELHO, 18 DE DEZEMBRO DE 2025.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Pereira, Nilton Ricardo Lucas.

Avaliação da capacidade de infiltração superficial dos solos na porção de montante da bacia hidrográfica do Igarapé Grande em Porto Velho, Rondônia / Nilton Ricardo Lucas Pereira. - Porto Velho, 2025.

64 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Reginaldo Martins da Silva de Souza.

Coorientador(a): Prof. Ms. Frédi Rodrigues Ramos da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2025.

1. Escoamento superficial. 2. Cilindro único. 3. Curve Number. I. Souza, Reginaldo Martins da Silva de (orient.). II. Silva, Frédi Rodrigues Ramos da (coorient.). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. IV. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Miria Santana Veiga, CRB-11/898

”A luta é diária, mas a vitória é certa para quem caminha com Deus em cada passo”

“Ao estudar a infiltração dos solos da bacia, compreendi que a água não escolhe por onde seguir. Somos nós que, ao ocupar e impermeabilizar, desenhamos os caminhos dela e as consequências para todos.”

Nilton Ricardo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder forças, saúde e sabedoria ao longo dessa jornada.

Aos meus pais, Nelson Lucas (in memoriam) e Ana Lucas (in memoriam), pelo amor incondicional, pelos ensinamentos de vida e por nunca medirem esforços para me apoiar em cada etapa do meu crescimento pessoal e acadêmico.

À minha esposa, Aretha Nery, pelo companheirismo, paciência e incentivo constantes, mesmo nos momentos mais difíceis. À minha filha Júlia Carine, e meus enteados: Daniel Joaquim e Pedro Francisco, que são minha maior fonte de inspiração e motivação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Reginaldo Martins, pela orientação competente, apoio técnico e dedicação durante o desenvolvimento desta monografia. Sua contribuição foi essencial para a realização deste trabalho.

Aos Professores do curso, em especial a Valéria Oliveira, Rafael Louzada e Frédi Rodrigues que, com profissionalismo e empenho, contribuíram significativamente para minha formação, transmitindo conhecimentos que levarei comigo para além da vida acadêmica.

Aos amigos, Samuel Silva e Jairo Ricardo, com quem compartilhei desafios, aprendizados e conquistas, construindo laços que levarei para toda a vida.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta trajetória, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

O avanço da urbanização altera a dinâmica do escoamento superficial de bacias hidrográficas, e o conhecimento da capacidade de infiltração dos solos torna-se essencial para minimizar riscos de alagamentos. Esta pesquisa avaliou a infiltração dos solos da porção de montante da Bacia Hidrográfica do Igarapé Grande, em Porto Velho, RO, por meio de ensaios de campo com cilindro único e posterior estimativa do escoamento superficial pela metodologia SCS. Os resultados indicaram forte contraste entre as classes de uso e ocupação. A floresta ombrófila apresentou as maiores taxas de infiltração e os menores escoamentos simulados, variando entre 15 e 45 mm; o Solo Exposto registrou os maiores volumes, entre 90 e 135 mm. As áreas de baixa impermeabilização apresentaram escoamentos entre 55 e 100 mm, enquanto a vegetação residual apresentou valores entre 30 e 70 mm, evidenciando que mesmo baixos níveis de impermeabilização reduzem de forma significativa a infiltração. Assim, o avanço urbano, sobretudo nas áreas de expansão, intensifica a impermeabilização superficial e aumenta a propensão ao escoamento, potencializando tendência de ocorrências de alagamentos e inundações, reforçando, dessa maneira, a necessidade de planejamento e gestão territorial que considere a manutenção de áreas vegetadas. Estudos têm demonstrado a aplicabilidade do método do cilindro único em análises de infiltração em ambientes urbanos, sobretudo quando se busca maior agilidade na execução dos ensaios e melhor representação da variabilidade espacial do solo (Silva, 2013; Ribeiro, 2020).

Palavras-chave: Escoamento superficial; Cilindro único; Curve Number.

ABSTRACT

Urbanization significantly alters surface-runoff dynamics in watershed environments, making the assessment of soil infiltration capacity essential for reducing flood risks. This study investigated the infiltration behavior of soils in the upstream portion of the Igarapé Grande Watershed, located in Porto Velho, Rondônia, Brazil. Field measurements were conducted using a single-ring infiltrometer, and surface-runoff generation was subsequently estimated through the Soil Conservation Service (SCS) Curve Number method. The results revealed marked contrasts among land-use and land-cover classes. Ombrophilous forest exhibited the highest infiltration rates and the lowest simulated runoff volumes (15–45 mm), whereas Exposed Soil generated the largest runoff (90–135 mm). Areas characterized by low imperviousness produced intermediate values (55–100 mm), while residual vegetation presented runoff between 30 and 70 mm, demonstrating that even modest increases in surface imperviousness substantially reduce infiltration capacity. Overall, the findings indicate that urban expansion, particularly in newly developed sectors, intensifies surface sealing and enhances runoff production, thereby increasing flood and inundation susceptibility. These results reinforce the need for land-use planning and watershed-management strategies that prioritize the preservation of vegetated areas to maintain hydrological stability.

Keywords: Surface runoff; Single-ring infiltrometer; Curve Number method

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia do Igarapé Grande em Porto Velho, Rondônia.	20
Figura 2 - Espacialização das classes de geologia da bacia do Igarapé Grande.	22
Figura 3. Espacialização das classes pedológicas da bacia do Igarapé Grande.	24
Figura 4. Espacialização das classes hidrológicas da bacia do Igarapé Grande.	25
Figura 5. Espacialização das classes Hipsométricas da bacia do Igarapé Grande.	27
Figura 6. Espacialização das Classes de declividade da bacia do Igarapé Grande.	28
Figura 7. Espacialização das Classes de uso e cobertura do solo da bacia do Igarapé Grande.	30
Figura 8. Distribuição da precipitação acumulada mensal e temperatura média do ar dos anos de 1982 a 2021 da cidade de Porto Velho, Rondônia, através da Estação Meteorológica 82825/A925.	31
Figura 9. Distribuição da precipitação acumulada mensal e temperatura média do ar dos anos de 1992 a 2021 da cidade de Porto Velho, Rondônia, através da Estação meteorológica 82824.	32
Figura 10. Exemplo de Cilindro metálico e medição da infiltração em campo, realizado na porção montante do igarapé Grande na cidade Porto Velho, Rondônia, Brasil.	34
Figura 11. Distribuição dos pontos de amostragem em campo na jusante da bacia do Igarapé Grande.	37
Figura 12. Infiltração em mm.h^{-1} por classe de uso e ocupação na porção de montante do Igarapé Grande.	41
Figura 13. Infiltração em mm.h^{-1} por classe de uso e ocupação na porção de montante do Igarapé Grande.	42
Figura 14. Estatística descritiva por classe de uso e ocupação na porção de jusante do Igarapé Grande da infiltração em mm.h^{-1} .	44
Figura 15. Estatística descritiva por classe de uso e ocupação na porção do Igarapé Grande da infiltração em mm.h^{-1} .	45
Figura 16. Curvas de infiltração para os pontos localizados na porção de jusante da bacia do Igarapé Grande.	46
Figura 17. Curvas de infiltração para os pontos localizados na porção de montante da bacia do Igarapé Grande.	47
Figura 18. Escoamento superficial em mm.h^{-1} da porção de jusante da bacia do Igarapé Grande segundo o tipo de uso e cobertura do solo	48
Figura 19. Escoamento superficial em mm/h da porção de montante da bacia do Igarapé Grande segundo o tipo de uso e cobertura do solo.	49
Figura 20. Espacialização da taxa média de infiltração (mm/h) na bacia do Igarapé Grande.	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores de referencia de <i>curve number</i> (CN).	36
Quadro 2 . Descrição de usos e ocupações dos pontos coletados.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição das unidades geológicas da bacia do Igarapé Grande.	22
Tabela 2. Distribuição das unidades pedológicas da bacia do Igarapé Grande.	24
Tabela 3. Grupos hidrológicos por classes Distribuição das unidades geológicas da bacia do Igarapé Grande.	26
Tabela 4. Distribuição das classes de declividade da bacia do Igarapé Grande.	29
Tabela 5. Distribuição das classes de uso e ocupação dos solos Distribuição das classes de declividade da bacia do Igarapé Grande.	30
Tabela 6. Taxas de infiltração da porção de jusante da Bacia do Igarapé Grande.	39
Tabela 7. Taxas de infiltração da porção de montante da Bacia do Igarapé Grande	40
Tabela 8. Taxa de infiltração em mm.h-1 da bacia hidrográfica do Igarapé Grande.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Classe Hidrológica c
C/D	Classe hidrológica c/d
D	Classe Hidrológica d
D/D	Classe hidrológica d/d
AW	Clima Tropical Chuvoso
CN	Curva Número
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
82825D	Estação Pluviométrica
A925D	Estação Pluviométrica
ICU	Infiltrômetro de Cilindro Único
I	Lâmina de Infiltração
S	Latitude
W	Longitude
MPA	Massa de Ar Polar Atlântica
PE	Precipitação Efetiva
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
5° BEC	Quinto Batalhão de Engenharia e Construção
SCS	Serviço de Conservação do Solo
TI	Taxa de Infiltração
VIB	Velocidade Básica de Infiltração

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 CONCEITOS SOBRE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO	16
3.2 METODOLOGIAS PARA A AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO NO SOLO	17
3.3 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	18
3.4 BACIA DO IGARAPÉ GRANDE: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA.	20
3.4.1 Geologia	21
3.4.2 Pedologia e comportamento hidrológico dos solos	24
3.4.3 Geomorfologia	30
3.4.4 Uso e cobertura do solo	33
3.4.5 Aspectos climáticos	35
4 METODOLOGIA	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
6 CONCLUSÃO	58

INTRODUÇÃO

A urbanização desordenada tende a provocar impactos significativos no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. Em geral, esse processo resulta na redução das áreas de infiltração e no aumento da quantidade de água que escoam superficialmente. Como consequência, observa-se a elevação do volume e da velocidade do escoamento superficial, o que contribui para a ocorrência de enchentes e inundações. Ao modificar as características naturais da bacia hidrográfica e alterar o tempo de concentração da água da chuva até o exutório, a urbanização promove mudanças expressivas no comportamento hidrológico da bacia (Dinotte et al., 2023).

A Bacia do Igarapé Grande está inserida dentro dos limites da área urbana da capital do estado de Rondônia, de maneira que o seu processo histórico de ocupação coincide com os vivenciados por Porto Velho. São os ciclos gomíferos¹, a função cartorial dos projetos de colonização, a exploração de ouro no Rio Madeira e mais recentemente os efeitos das obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). A esse respeito, Nascimento e Silva (2024) explicam que a partir da década de 1990 houve uma intensificação da ocupação urbana na cidade de Porto Velho. Trata-se de um processo que resultou em um aumento significativo da população e na expansão descontrolada do perímetro urbano, especialmente em direção às regiões leste, coincidentes, em parte, com a área estudada.

A repercussão socioambiental do acelerado e desordenado processo de ocupação da Bacia do Igarapé Grande tem se mostrado significativamente negativa. De acordo com Sampaio et al. (2023), a ocupação irregular da bacia ocorre, em grande parte, por meio de moradias precárias implantadas em encostas e fundos de vale, frequentemente associadas à ausência de infraestrutura urbana adequada, como sistemas de drenagem, coleta de resíduos sólidos e esgotamento sanitário. Esse padrão de ocupação intensifica a atuação de processos geomorfológicos e hidrológicos, favorecendo a ocorrência de escorregamentos, desmoronamentos, alagamentos e enchentes. Além disso, a ocupação de áreas de preservação permanente (APPs) e o descarte inadequado de resíduos sólidos nos canais agravam o quadro de degradação ambiental, comprometendo a qualidade da água e contribuindo para o

¹ A formação urbana de Porto Velho está intrinsecamente ligada à construção da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré (EFMM), entre 1907 e 1912. Essa ferrovia, projetada para facilitar o escoamento da produção de borracha, atraiu trabalhadores de diversas nacionalidades e impulsionou o crescimento inicial da cidade. Segundo Palitot (2023), a instalação da EFMM foi um marco decisivo para o surgimento e desenvolvimento urbano de Porto Velho, transformando a região em um importante centro logístico e comercial na Amazônia.

assoreamento dos cursos d'água, o que reduz sua capacidade de escoamento e amplia os riscos de inundações, conforme também observado por Bezerra et al. (2023).

Portanto, a determinação da taxa de infiltração na Bacia do Igarapé Grande configura-se como uma etapa fundamental para a compreensão da dinâmica do escoamento superficial em ambientes urbanos submetidos a intensos processos de ocupação desordenada. A infiltração controla a parcela da água da chuva que penetra no solo e, conseqüentemente, regula o volume e a velocidade do escoamento superficial direcionado aos canais de drenagem, influenciando diretamente a ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações. Nesse contexto, a realização deste estudo justifica-se pela escassez de dados empíricos sobre a capacidade de infiltração dos solos urbanos na cidade de Porto Velho, especialmente em bacias hidrográficas inseridas no perímetro urbano. Os resultados obtidos oferecem subsídios técnicos relevantes para o planejamento urbano, a construção civil e a gestão ambiental, ao fornecer informações essenciais para o dimensionamento de sistemas de drenagem, o ordenamento do uso e ocupação do solo e a adoção de medidas voltadas à mitigação de impactos hidrológicos, contribuindo, assim, para o uso sustentável dos recursos hídricos e para a redução de riscos associados a eventos de enchentes e alagamentos na área de estudo.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a capacidade de infiltração dos solos superficiais na porção de montante da Bacia Hidrográfica do Igarapé Grande em Porto Velho, Rondônia.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar as taxas de infiltração do solo em áreas com diferentes condições de cobertura vegetal e níveis de antropização na porção de montante da Bacia do Igarapé Grande.
- Verificar se os diferentes tipos de solo e padrões de uso do solo influenciam a infiltração na bacia do Igarapé Grande;
- Analisar os dados obtidos sobre infiltração superficial e confrontá-los com os valores estimados pelo método do Número da Curva (CN).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONCEITOS SOBRE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

A infiltração da água no solo pode ser definida como o processo pelo qual a água proveniente da precipitação ou de outras fontes superficiais penetra nos poros do solo e se desloca verticalmente ou lateralmente em seu perfil, sob a ação da gravidade e das forças capilares (Brady; Weil, 2013; Hillel, 2004). Esse processo constitui um dos principais componentes do ciclo hidrológico, pois controla a partição da água entre o escoamento superficial e a recarga dos lençóis freáticos, influenciando diretamente a disponibilidade hídrica e a dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas (Silva et al., 2022).

O comportamento da infiltração está diretamente relacionado às características físicas do solo, como textura, estrutura, porosidade, umidade inicial e grau de compactação, além da presença de cobertura vegetal e do uso e ocupação da superfície. Solos com maior porosidade e estrutura bem desenvolvida tendem a apresentar maior capacidade de infiltração, enquanto solos compactados ou impermeabilizados favorecem o aumento do escoamento superficial, elevando o risco de alagamentos e enchentes, especialmente em ambientes urbanos (Hillel, 2004; Tucci, 2017).

Uma das formas mais utilizadas para avaliar esse processo consiste na determinação da taxa de infiltração, que expressa a velocidade com que a água penetra no solo ao longo do tempo. Segundo Vaccari e Martinez (2023), a taxa de infiltração apresenta valores inicialmente elevados, reduzindo-se progressivamente à medida que os poros do solo são preenchidos, até atingir um valor aproximadamente constante, denominado velocidade básica de infiltração, quando o solo se aproxima da saturação. A mensuração dessa taxa é fundamental para a compreensão do comportamento hidrológico dos solos e para o planejamento de ações relacionadas ao manejo do uso do solo, à drenagem urbana e à gestão dos recursos hídricos (Silva et al., 2022; Tucci, 2017).

Diversos fatores são os que influenciam na infiltração, como a umidade inicial do solo, a textura, a porosidade, e a cobertura vegetal Silva et al. (2019). A interação entre esses fatores determina a rapidez com que a água penetra no solo e a profundidade até a qual ela pode se deslocar, contribuindo para a formação de um perfil de umidade, com maior retenção nas camadas mais profundas e menor nas camadas superficiais (Brady; Weil, 2008).

A urbanização e as modificações do uso do solo, como a impermeabilização de áreas e a remoção da vegetação, têm efeito direto sobre a capacidade de infiltração. Assim, a substituição de áreas permeáveis por pavimentos e construções pode levar ao aumento do

escoamento superficial e à diminuição da recarga de aquíferos (Palheta et al., 2023). A análise da infiltração em contextos urbanos, portanto, torna-se essencial para o planejamento sustentável das cidades, ajudando na prevenção de enchentes e na gestão eficiente da água pluvial.

3.2 METODOLOGIAS PARA A AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO NO SOLO

A determinação da capacidade de infiltração de água no solo é essencial para entender o comportamento hidrológico das áreas agrícolas, florestais e urbanas. Essa avaliação pode ser feita por diferentes métodos, que variam em complexidade, precisão, custo e aplicabilidade. Entre os principais, destacam-se os métodos com simuladores de chuva, infiltrômetros (de anel único ou duplo) e métodos empíricos simplificados (Amaral, 2014).

Os simuladores de chuva operam aplicando uma precipitação artificial sobre uma área delimitada, geralmente superior à capacidade de infiltração do solo, para avaliar o escoamento superficial, conformato explicado por Almeida (2015). A área de teste é circundada por uma placa metálica com abertura para coleta do escoamento. O cálculo da taxa de infiltração é feito subtraindo-se a lâmina de escoamento da intensidade da chuva aplicada. Esse método é considerado eficiente para identificar a dinâmica do escoamento e a resposta superficial do solo, mas, segundo Carvalho e Silva (2001) apresenta limitações devido ao alto custo do equipamento, grande consumo de água e elevada demanda de mão de obra.

O infiltrômetro de duplos anéis é amplamente utilizado em estudos hidrológicos por se tratar de uma técnica consolidada para a determinação da infiltração vertical da água no solo. O método consiste na instalação de dois cilindros concêntricos, geralmente com diâmetros de aproximadamente 25 cm (anel interno) e 50 cm (anel externo), e cerca de 30 cm de altura, cravados a uma profundidade média de 15 cm no solo. A água é aplicada simultaneamente em ambos os anéis, sendo a variação do nível da água no anel interno monitorada em intervalos regulares para o cálculo da taxa de infiltração vertical. O anel externo tem a função de reduzir o fluxo lateral, de modo que a infiltração medida no anel interno represente predominantemente o fluxo vertical (Carvalho; Silva, 2001).

Apesar de amplamente utilizado, o método do infiltrômetro de duplos anéis apresenta limitações relevantes, especialmente em áreas urbanas. Entre elas destacam-se o elevado consumo de água, o maior tempo necessário para a realização dos ensaios, a dificuldade de instalação em solos compactados ou com presença de materiais grosseiros e a possibilidade de

alteração da estrutura natural do solo durante a cravação dos anéis, o que pode influenciar os resultados obtidos (Carvalho e Silva, 2001).

Apesar de sua ampla aplicação, o método dos duplos anéis apresenta limitações importantes, sobretudo em áreas urbanas ou com solos compactados e heterogêneos. Entre as principais restrições destacam-se a necessidade de grande volume de água, o tempo elevado de execução do ensaio, a dificuldade de instalação em solos pedregosos ou com elevada declividade e a possibilidade de distúrbios na estrutura do solo durante a cravação dos anéis, o que pode alterar os resultados obtidos (Ribeiro, 2020). Além disso, o equipamento apresenta menor viabilidade operacional quando se pretende realizar um grande número de medições em campo.

Nesse contexto, o método do cilindro único surge como uma alternativa mais prática, econômica e operacionalmente eficiente. Esse método permite a avaliação da capacidade de infiltração do solo e a visualização direta da frente de molhamento, utilizando menor quantidade de material, água e tempo de execução. Tais características favorecem a repetição dos ensaios em múltiplos pontos, possibilitando uma melhor representação da variabilidade espacial da infiltração, especialmente em áreas urbanas com diferentes condições de uso e cobertura do solo (Silva, 2013). Contudo, assim como outros métodos de campo, o cilindro único também apresenta limitações, como maior influência do fluxo lateral da água e sensibilidade às condições iniciais de umidade do solo, aspectos que devem ser considerados na interpretação dos resultados.

Além dos métodos experimentais, têm sido amplamente empregados modelos matemáticos para estimar a infiltração da água no solo, como os modelos de Horton, Kostikov e Green-Ampt. O modelo de Horton descreve a taxa de infiltração como uma função exponencial decrescente ao longo do tempo, sendo adequado para representar solos que apresentam elevada infiltração inicial seguida de estabilização progressiva (Oliveira, 2012). Entretanto, a aplicação desses modelos depende fortemente da calibração com dados de campo e da correta caracterização das propriedades físicas do solo, como textura, estrutura e umidade inicial. Dessa forma, conforme destacado por Ribeiro (2020), a escolha do método ou modelo de infiltração deve considerar não apenas a precisão dos resultados, mas também os objetivos do estudo, as condições ambientais da área investigada e as limitações práticas relacionadas ao tempo, aos recursos disponíveis e à escala de análise. Estudos aplicados em bacias urbanas brasileiras demonstram a eficiência desses modelos quando calibrados com dados de campo, conforme apresentado por Tucci (2017) e Silveira e Tucci (2020).

Por fim, é importante lembrar que os métodos para determinar a infiltração no solo, seja por medição direta ou por modelagem matemática, têm limitações associadas ao tipo de solo, à declividade, à vegetação e à compactação superficial. Ensaio de duplo anel, por exemplo, são pouco recomendados para terrenos com declividades superiores a 5%, enquanto simuladores de chuva não são viáveis em áreas extensas devido ao consumo excessivo de água e energia (Freitas, 2014).

3.3 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O processo de urbanização altera profundamente os padrões naturais de escoamento superficial. Em áreas naturais, grande parte da precipitação infiltra-se no solo, abastecendo o lençol freático e reduzindo o volume de água que escoam superficialmente. Entretanto, a substituição de superfícies permeáveis por superfícies impermeáveis como ruas asfaltadas, calçadas, estacionamentos e telhados aumenta significativamente a quantidade e a velocidade do escoamento superficial (Costa; Lima; Pereira, 2020). Esse aumento ocorre porque o solo perde sua capacidade de absorção, e a água da chuva é rapidamente direcionada para galerias pluviais e corpos d'água, intensificando problemas como alagamentos e enchentes urbanas.

Além disso, o aumento da densidade populacional e das construções, além da compactação dos solos nas poucas áreas verdes remanescentes, reduzindo ainda mais a capacidade de infiltração local (Dinotte et al., 2023). A esse respeito Nascimento e Silva (2024) afirmam que a impermeabilização excessiva altera o balanço hídrico urbano, diminuindo a recarga subterrânea e aumentando a carga sobre os sistemas de drenagem, que muitas vezes são antigos e subdimensionados.

Outro impacto importante é a degradação da qualidade da água. O escoamento superficial urbano transporta poluentes como óleos, metais pesados, resíduos sólidos e sedimentos diretamente para os corpos hídricos, comprometendo os ecossistemas aquáticos e os usos múltiplos da água (Bezerra et al., 2023). Esse processo, conhecido como “poluição difusa urbana,” é agravado em áreas onde não existem sistemas eficazes de manejo de águas pluviais.

Sobre urbanização e a modificação da dinâmica da superfície do solo, Freitas (2014) destaca que é um processo que favorece o surgimento de bacias urbanas com alta propensão a escoamentos concentrados, erosão e assoreamento. Isso não apenas compromete a estabilidade das margens dos rios e córregos, mas também aumenta os custos com manutenção e infraestrutura.

Estudos como o de Carvalho e Silva (2001) reforçam que técnicas de infraestrutura verde como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, telhados verdes e reservatórios de retenção podem mitigar significativamente os efeitos negativos da urbanização sobre o escoamento superficial. Essas soluções buscam restaurar parte do ciclo hidrológico natural, promovendo a infiltração, retardando o escoamento e melhorando a qualidade da água.

Portanto, é evidente que o crescimento urbano desordenado sem planejamento adequado de drenagem e manejo hídrico agrava problemas ambientais, sociais e econômicos. A adoção de estratégias integradas e baseadas na sustentabilidade é essencial para reduzir os impactos da urbanização no escoamento superficial e garantir cidades mais resilientes frente às mudanças climáticas e à intensificação dos eventos extremos.

3.4 BACIA DO IGARAPÉ GRANDE: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA.

A área estudada situa-se a montante da bacia do Igarapé Grande, localizada na cidade de Porto Velho, Rondônia, conforme ilustrado na Figura 1. Esta região é delimitada pelas coordenadas geográficas 08° 46' 0" e 08° 47' 0" de latitude sul e 63° 52' 30" e 63° 54' 0" de longitude oeste. O Igarapé Grande integra o grupo de seis sub-bacias que compõem a rede hidrográfica urbana de Porto Velho, incluindo as sub-bacias do Bate Estacas, Belmont, Rio das Garças, Tancredo Neves e Tanques (Alves, 2016)

A bacia hidrográfica do Igarapé Grande abrange aproximadamente 26 bairros, destacando-se Área Militar (5° BEC), Areal, Baixa da União, Caiari, Caladinho, Castanheira, Centro, Cohab Floresta, Conceição, Eldorado, Eletronorte, Floresta, Km 1, Lagoa, Mato Grosso, Mocambo, Nossa Senhora das Graças, Nova Floresta, Nova Porto Velho, Olaria, Roque, Santa Bárbara, São Cristóvão, Triângulo, Tucumanzal e Vila Tupi (Gomes et al., 2021). Trata-se de uma bacia com altitudes que variam de 93 a 48 metros, apresentando uma rede de drenagem com cerca de 32,7 km de extensão. O canal principal percorre 6,29 km desde sua nascente no bairro Cohab até a foz no rio Madeira. No presente estudo, a análise concentrou-se na região mais alta da bacia, delimitada pelas rodovias BR-319, BR-364 e pela zona sul da cidade. Grande parte desta região é ocupada por comunidades que vivem em áreas de encosta, expostas a riscos ambientais como alagamentos e erosões (Santos; Oliveira, 2019).

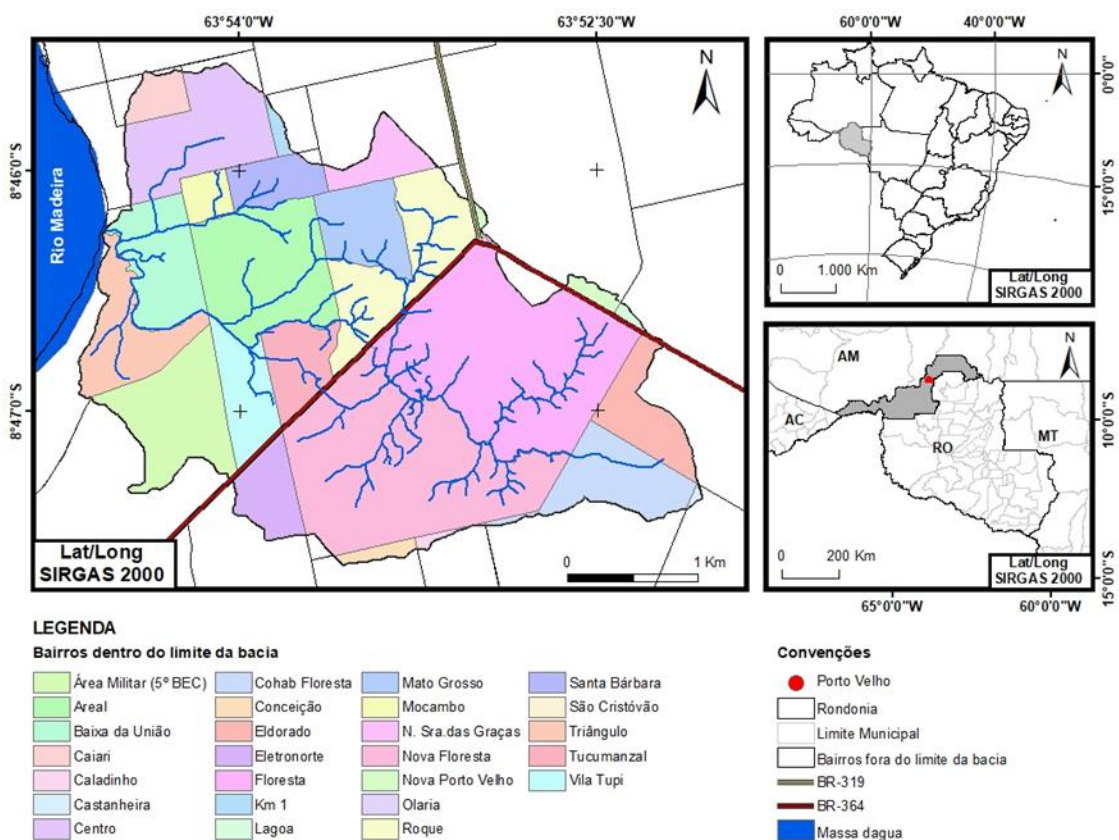
A bacia do Igarapé Grande apresenta um cenário ambiental bastante distinto daquele observado nas primeiras décadas de ocupação da cidade de Porto Velho, Rondônia. As intervenções humanas, como desmatamento para expansão urbana, aterramentos irregulares, canalização de trechos e asfaltamento de vias, transformaram profundamente a paisagem local

e a dinâmica hídrica. Segundo Pires e Cunha (2020), a urbanização acelerada levou à retirada da vegetação nativa, resultando em aumento das áreas impermeáveis e redução significativa da infiltração de água no solo. Esse processo alterou o padrão natural de escoamento, elevando o volume e a velocidade do escoamento superficial, o que sobrecarrega os sistemas de drenagem e intensifica eventos de enchentes urbanas.

Além das alterações hidrológicas, a degradação ambiental afetou severamente a biodiversidade local. A fauna e a flora típicas da região enfrentam dificuldades de adaptação às mudanças no habitat, muitas vezes sendo deslocadas ou sofrendo drástica redução populacional (Almeida; Silva, 2023). Espécies de peixes, aves e pequenos mamíferos que dependem das características naturais das margens e cursos d'água estão ameaçadas, enquanto a cobertura vegetal original foi substituída por gramíneas exóticas e construções (Freire et al., 2019).

Conforme aponta Gouvêa (2024), a carência de planejamento urbano sustentável e a ausência de políticas eficazes de preservação ambiental têm contribuído para agravar os impactos socioambientais na bacia. Medidas como a recuperação de matas ciliares, implantação de parques lineares e adoção de sistemas de drenagem sustentável poderiam mitigar parte desses problemas, promovendo um equilíbrio maior entre urbanização e preservação ambiental.

Figura 1. Localização da bacia do Igarapé Grande em Porto Velho, Rondônia.



Fonte: Silva, Souza e Maniesi (2024).

3.4.1 Geologia

A bacia do Igarapé Grande, situada em Porto Velho, Rondônia, está assentada sobre formações geológicas predominantemente cenozoicas, compostas por coberturas sedimentares e lateríticas residuais. Essas formações incluem depósitos do Terciário e Quaternário, originados por processos de sedimentação associados ao rio Madeira e aos canais de drenagem da bacia. Os materiais lateríticos presentes exibem zonas coesas e incoesas, influenciando diretamente os processos de escoamento e infiltração hídrica na região (Souza, 2019).

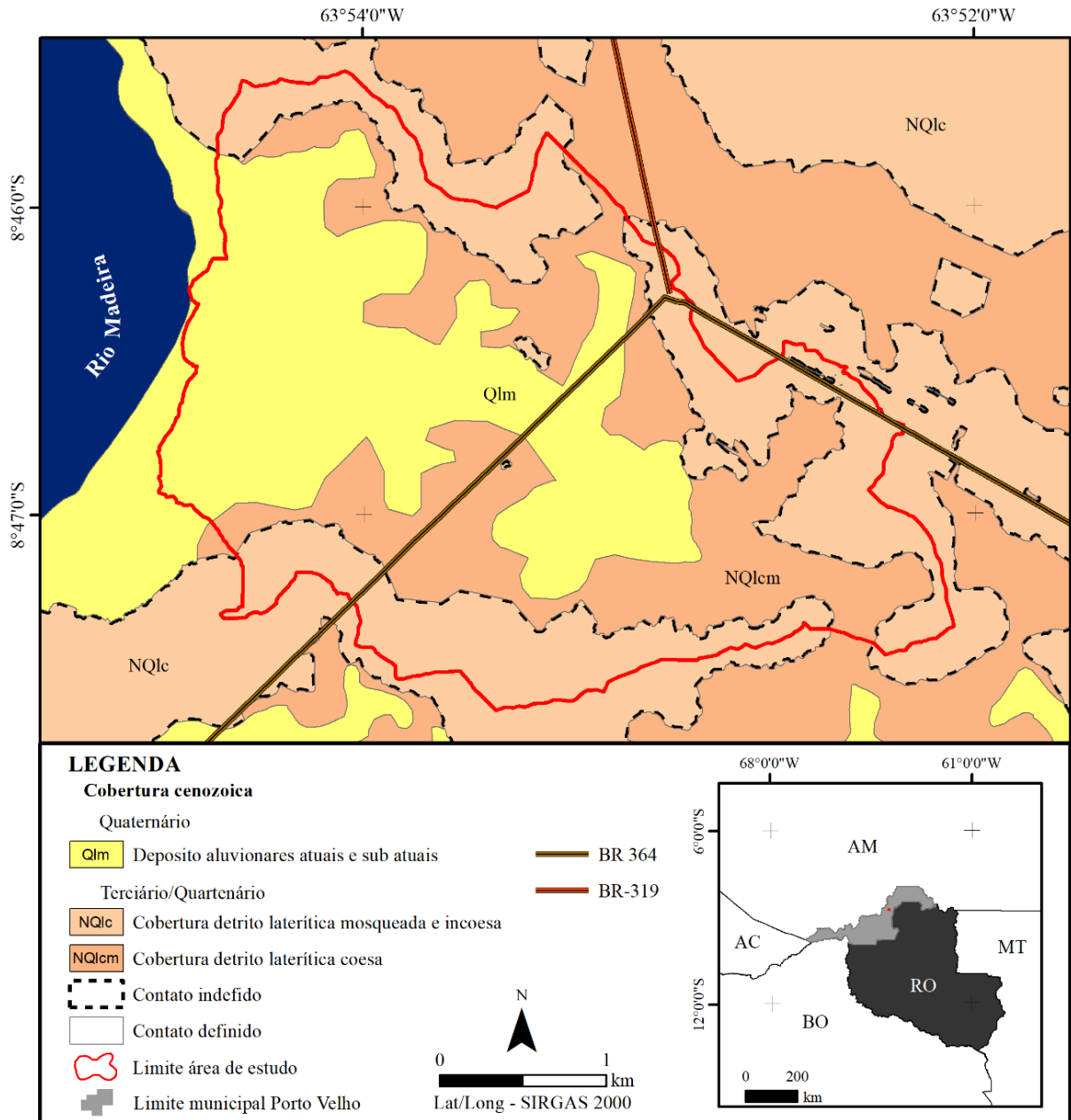
Os depósitos aluvionares atuais e sub atuais ocupam cerca de 30,64% da área da bacia, distribuindo-se ao longo dos leitos e margens do canal principal na margem direita do rio Madeira, em sua porção a jusante. Essas áreas apresentam formas predominantemente baixas, elípticas ou circulares, destacando-se na paisagem por sua coloração mais escura devido à composição orgânica dos sedimentos (Souza, 2019).

Nas margens dos canais, especialmente nas planícies de inundação, há acúmulo significativo de sedimentos oriundos do transbordamento durante os períodos de cheia. Esses depósitos consistem principalmente em areias silto-argilosas, diques marginais compostos por siltes, além das águas de espraiamento, que recobrem a área por poucos dias ao longo do ano e favorecem o crescimento de vegetação adaptada a ambientes úmidos (Souza, 2019).

Os depósitos de canais, por sua vez, são formados por areias grossas e cascalhos com grau variável de seleção, resultado do transporte pelas drenagens de maior porte. Em canais menores, os depósitos aluvionares tendem a ser menos expressivos, mas ainda desempenham papel relevante no regime sedimentar da bacia (Souza, 2019).

Além dessas características, estudos geológicos regionais indicam que a dinâmica geológica da bacia está intimamente ligada às mudanças antrópicas recentes, como a urbanização e a modificação dos canais, que vêm alterando significativamente os padrões naturais de deposição e erosão. Esse processo gera impactos diretos na estabilidade das margens, no assoreamento dos cursos d'água e na vulnerabilidade do solo à erosão superficial, problemas comuns em bacias urbanas da região amazônica (Brito et al., 2022).

Figura 2 - Espacialização das classes de geologia da bacia do Igarapé Grande.



Fonte: Souza (2019).

Tabela 1. Distribuição das unidades geológicas da bacia do Igarapé Grande.

Unidade geológica	Área (km ²)	(%)
Depósito aluvionares atuais e sub atuais	3,37	30,64
Cobertura detrito laterítica mosqueada e incoesa	4,17	37,91
Cobertura detrito laterítica coesa	3,46	31,45
Total	11,00	100

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A Tabela 1 apresenta a distribuição das unidades geológicas que compõem a bacia do Igarapé Grande, evidenciando a predominância de coberturas detrito-lateríticas, que, somadas,

correspondem a 69,36% da área total da bacia. Dentre essas unidades, a cobertura detrito-laterítica mosqueada e incoesa ocupa a maior extensão, com 4,17 km² (37,91%), seguida pela cobertura detrito-laterítica coesa, que representa 3,46 km² (31,45%). Os depósitos aluvionares atuais e sub atuais correspondem a 3,37 km², equivalentes a 30,64% da área, estando geralmente associados às áreas de fundo de vale e às proximidades da rede de drenagem. Essa configuração geológica exerce influência direta sobre as propriedades físicas dos solos e, conseqüentemente, sobre a dinâmica de infiltração e escoamento superficial na bacia, aspecto relevante para a compreensão do comportamento hidrológico da área de estudo.

3.4.2 Pedologia e comportamento hidrológico dos solos

A Figura 2 revela que a diversidade geológica da bacia do Igarapé Grande influencia diretamente a infiltração dos solos. Formações com sedimentos arenosos favorecem maior infiltração, enquanto áreas com solos argilosos ou compactados apresentam menor capacidade de absorção. Essa variação explica os diferentes valores de escoamento superficial observados e justifica os ajustes no Curve Number (CN), reforçando a importância da geologia na análise hidrológica da bacia.

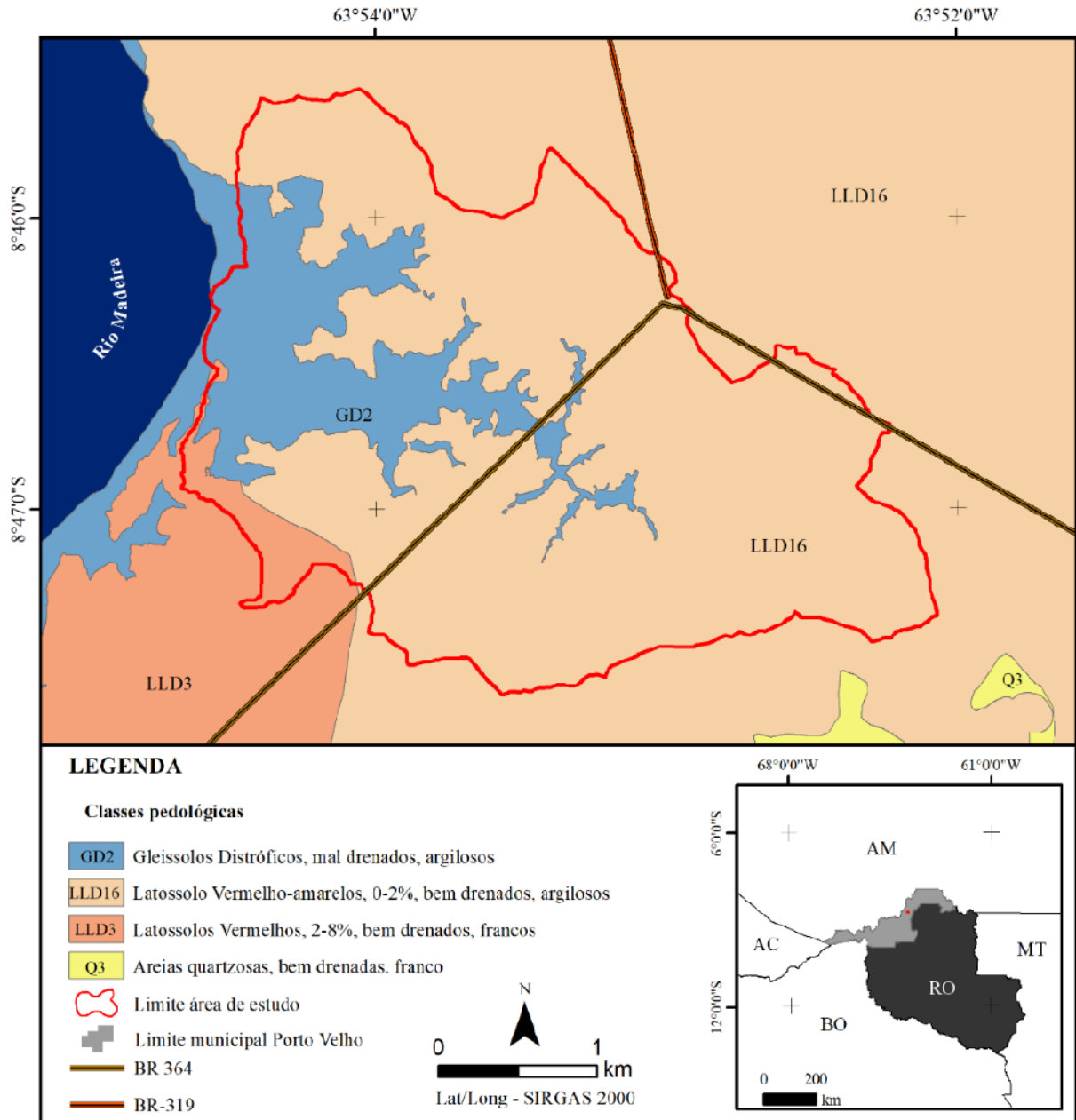
A bacia do Igarapé Grande apresenta, em sua evolução geológica, o predomínio de solos classificados como Latossolos e Gleissolos, formados sobre coberturas sedimentares cenozoicas, conforme descrito por Souza (2019). Essa combinação resulta em um potencial de escoamento superficial que vai de moderado a elevado, como apontado por Rose et al. (2018).

Os Latossolos ocupam aproximadamente 96,73% da área total da bacia e são reconhecidos pelo horizonte B de caráter óxico ou kândico, altamente intemperizados devido ao intenso processo de lixiviação. Tais solos apresentam baixa capacidade de troca catiônica e predominância de minerais como caulinita, gipsita, minerais amorfos e sesquióxidos de ferro e alumínio (ver Figura 3).

Dentro dessa classe, destacam-se os Latossolos Vermelhos, que abrangem cerca de 3,27% da bacia e apresentam altos teores de caulinita e hidróxidos de alumínio. Sua drenagem é menos eficiente em comparação com os Latossolos Vermelho-Amarelos, resultando em condições de oxigenação mais deficientes. Sob a perspectiva da fertilidade, são solos considerados pobres, altamente ácidos, distróficos e álicos.

Já os Latossolos Vermelho-Amarelos predominam amplamente na região, cobrindo cerca de 78,64% da bacia, e compartilham características semelhantes: baixa fertilidade, acidez elevada, além de serem igualmente álicos e distróficos. Essa configuração de solos influencia

diretamente a dinâmica hídrica da bacia, especialmente em termos de capacidade de infiltração e padrões de escoamento superficial, elementos cruciais para o manejo ambiental e o planejamento urbano da área.

Figura 3. Espacialização das classes pedológicas da bacia do Igarapé Grande.

Fonte: Souza (2019).

Tabela 2. Distribuição das unidades pedológicas da bacia do Igarapé Grande.

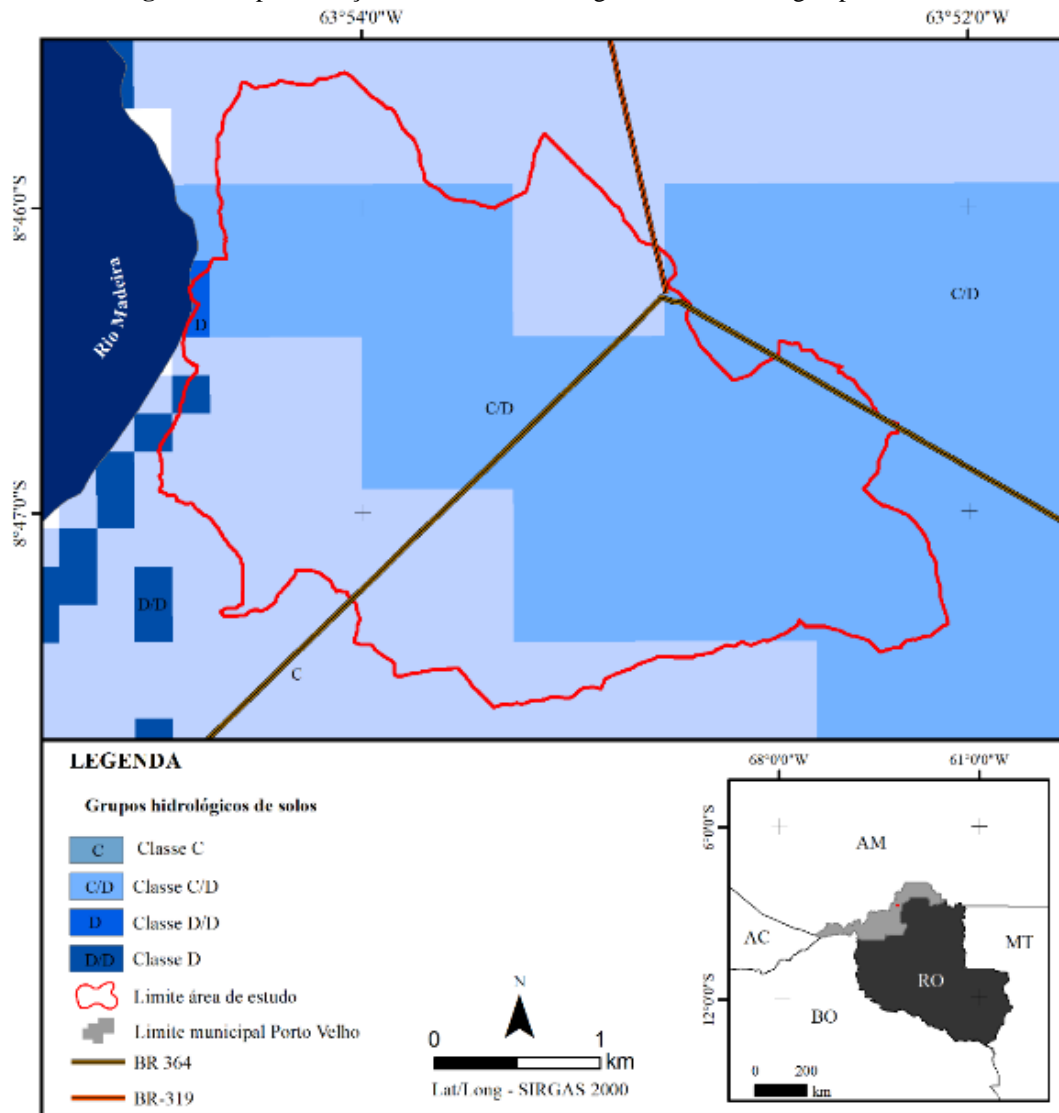
Unidade geológica	Área (km ²)	(%)
Gleissolos Distróficos, mal drenados, argilosos	1,99	18,09
Latossolo Vermelho-amarelos, 0-2%, bem drenados, argilosos	8,65	78,64
Latossolos Vermelhos, 2-8%, bem drenados, francos	0,36	3,27
Total	11,00	100,00

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A Tabela 2 evidencia a predominância de Latossolos na bacia do Igarapé Grande, que ocupam cerca de 81,91% da área total, com destaque para os Latossolos Vermelho-Amarelos (78,64%), caracterizados por boa drenagem e textura argilosa, condições que favorecem a

infiltração da água quando associados à cobertura vegetal. Em menor proporção, os Latossolos Vermelhos (3,27%) ocorrem em áreas com declividades entre 2 e 8%, apresentando textura mais franca e comportamento hidrológico intermediário. Já os Gleissolos Distróficos, que correspondem a 18,09% da bacia, concentram-se em setores mal drenados e argilosos, geralmente associados a áreas de menor declividade e maior saturação hídrica, o que limita a infiltração e favorece o escoamento superficial. Essa distribuição pedológica é fundamental para compreender a variabilidade espacial das taxas de infiltração observadas na bacia, bem como para subsidiar a classificação hidrológica dos solos e a aplicação do método Curve Number.

Já a Figura 3 apresenta a espacialização das classes pedológicas da bacia do Igarapé Grande, evidenciando a predominância de Latossolos e a presença de outros solos como Argissolos e Neossolos. Essa distribuição influencia diretamente a capacidade de infiltração da região, uma vez que os Latossolos, por serem profundos e bem drenados, favorecem maior absorção de água, enquanto os Argissolos, com horizonte B argiloso, dificultam o percolamento e aumentam o escoamento superficial. A análise espacial dos solos permite compreender a variação das taxas de infiltração observadas nos pontos amostrados e sustenta a classificação hidrológica adotada no modelo Curve Number, reforçando a importância da pedologia na avaliação da resposta hidrológica da bacia.

Figura 4. Espacialização das classes hidrológicas da bacia do Igarapé Grande.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Tabela 3. Grupos hidrológicos por classes Distribuição das unidades geológicas da bacia do Igarapé Grande.

Unidade geológica	Área (km ²)	(%)
Classe C	4,37	39,73
Classe C/D	0,05	0,45
Classe D/D	6,51	59,18
Classe D	0,07	0,64
Total	11,00	100,00

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos grupos hidrológicos dos solos da bacia do Igarapé Grande, evidenciando o predomínio de classes associadas a baixa capacidade de infiltração. A classe D/D é a mais representativa, abrangendo 59,18% da área da bacia, caracterizando solos com elevada restrição à infiltração e alta propensão ao escoamento superficial, geralmente relacionados a solos argilosos, mal drenados ou intensamente

compactados por ação antrópica. A classe C ocupa 39,73% da área e representa solos com capacidade moderada de infiltração, que ainda permitem alguma percolação da água no solo, especialmente quando associados à cobertura vegetal. As classes de transição C/D (0,45%) e D (0,64%) possuem ocorrência pouco expressiva, indicando setores pontuais com condições intermediárias ou extremas de escoamento. Essa distribuição reforça a elevada vulnerabilidade hidrológica da bacia, explicando a tendência ao aumento do escoamento superficial e a suscetibilidade a alagamentos, sobretudo em áreas urbanizadas.

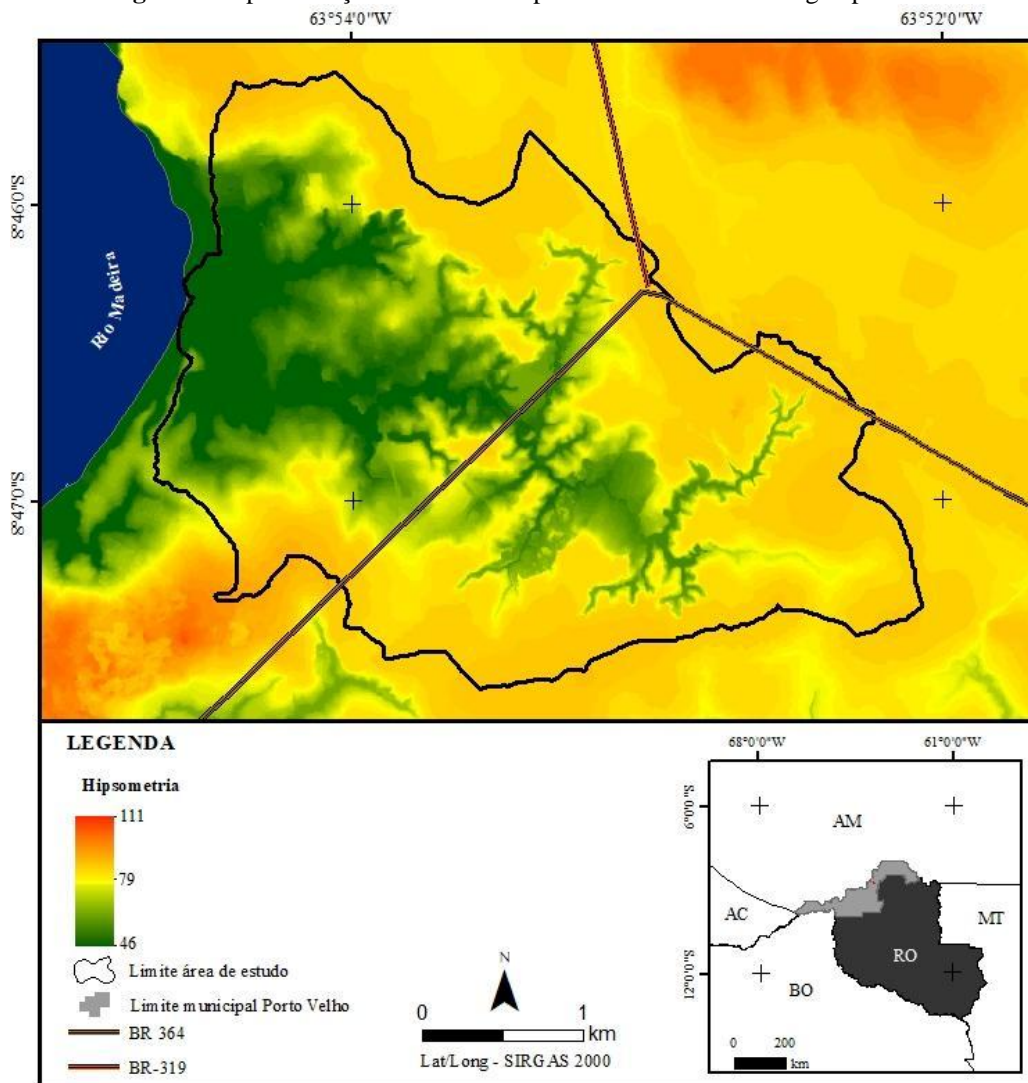
A Figura 4 e a Tabela 3 apresentam a distribuição das classes hidrológicas na região montante da bacia do Igarapé Grande. Nota-se que a maior parte da área, equivalente a 59,18%, encontra-se na classe D/D, que corresponde a solos com baixa capacidade de infiltração e alta propensão ao escoamento superficial. Esses solos frequentemente estão associados a áreas sob significativa interferência antrópica, como regiões urbanizadas, locais com solos expostos ou compactados. A classe C abrange 39,73% da bacia, representando solos de capacidade moderada de infiltração. Geralmente, essas áreas ainda conservam alguma cobertura vegetal ou apresentam menor grau de urbanização. Por sua vez, as classes C/D (0,45%) e D (0,64%) ocupam parcelas menores do território, refletindo zonas em transição ou condições extremas de escoamento.

A análise espacial dessas classes é crucial por permitir identificar as áreas mais suscetíveis ao escoamento superficial. As regiões classificadas como D/D demandam atenção prioritária, visto que possuem maior vulnerabilidade a alagamentos e processos erosivos. Com base nessas informações, torna-se possível planejar ações voltadas à conservação do solo, recuperação da vegetação e controle da impermeabilização, promovendo um equilíbrio hidrológico na bacia e mitigando os impactos associados à urbanização.

3.4.3 Geomorfologia

A Figura 5 apresenta a distribuição hipsométrica da bacia do Igarapé Grande, evidenciando que mais da metade de sua área (51,64%) possui um relevo plano a suavemente ondulado, com declividades de 0% a 3%. Essa característica é favorável ao processo de infiltração, desde que a superfície não esteja impermeabilizada.

Figura 5. Espacialização das classes Hipsométricas da bacia do Igarapé Grande.



Fonte: Souza (2019).

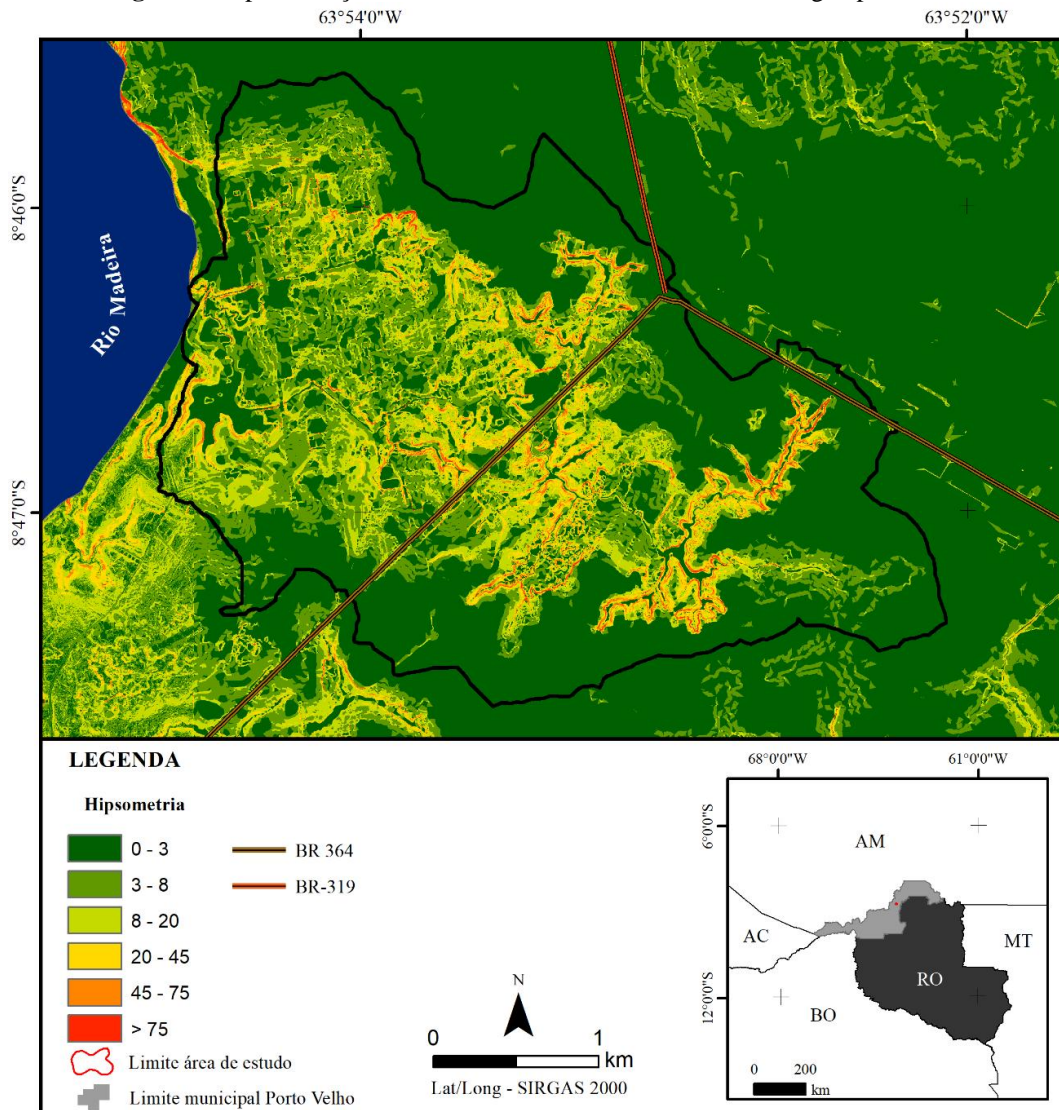
Por outro lado, cerca de 38% da área apresenta declividades acima de 3%, o que tende a aumentar a velocidade do escoamento superficial, especialmente em locais desprovidos de cobertura vegetal adequada. Áreas com declividades superiores a 20% (representando

aproximadamente 10% da bacia) são particularmente suscetíveis à erosão e demandam estratégias específicas de manejo do solo.

A análise hipsométrica desempenha um papel fundamental na compreensão da dinâmica hidrológica da bacia, dado que o relevo afeta diretamente a velocidade do escoamento, a capacidade de infiltração e os riscos relacionados a processos erosivos. Esses dados reforçam a importância de preservar as áreas de baixa declividade e adotar práticas conservacionistas nas encostas mais íngremes, garantindo um equilíbrio adequado entre o escoamento superficial e a infiltração da água.

A Figura 6 ilustra a distribuição das classes de declividade na porção montante da bacia do Igarapé Grande, evidenciando que mais da metade da área, correspondente a 51,64%, apresenta relevo plano, com declividades entre 0% e 3%. Essa característica geomorfológica favorece a infiltração de água no solo, contribuindo para a recarga hídrica e a redução do escoamento superficial, desde que a superfície não esteja impermeabilizada.

Figura 6. Espacialização das Classes de declividade da bacia do Igarapé Grande.



Fonte: Souza (2019).

Antes da apresentação da Tabela 4, a análise da declividade é essencial para compreender o comportamento hidrológico da bacia do Igarapé Grande, uma vez que o relevo exerce influência direta sobre a infiltração da água no solo, a velocidade do escoamento superficial e a suscetibilidade a processos erosivos. Em áreas com menores declividades, a água tende a permanecer por mais tempo em contato com o solo, favorecendo a infiltração, enquanto em terrenos mais íngremes ocorre aceleração do escoamento, reduzindo a percolação e aumentando o potencial de erosão. Dessa forma, a caracterização das classes de declividade constitui um elemento fundamental para interpretar a dinâmica hídrica da bacia e subsidiar

análises relacionadas ao uso e ocupação do solo, bem como ao planejamento urbano e ambiental.

Tabela 4. Distribuição das classes de declividade da bacia do Igarapé Grande.

Unidade geológica	Área (km²)	(%)
0-3	5,68	51,64
3-8	2,45	22,27
8-20	1,76	16,00
20-45	0,78	7,09
45-75	0,26	2,36
>75	0,07	0,64
Total	11,00	100,00

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

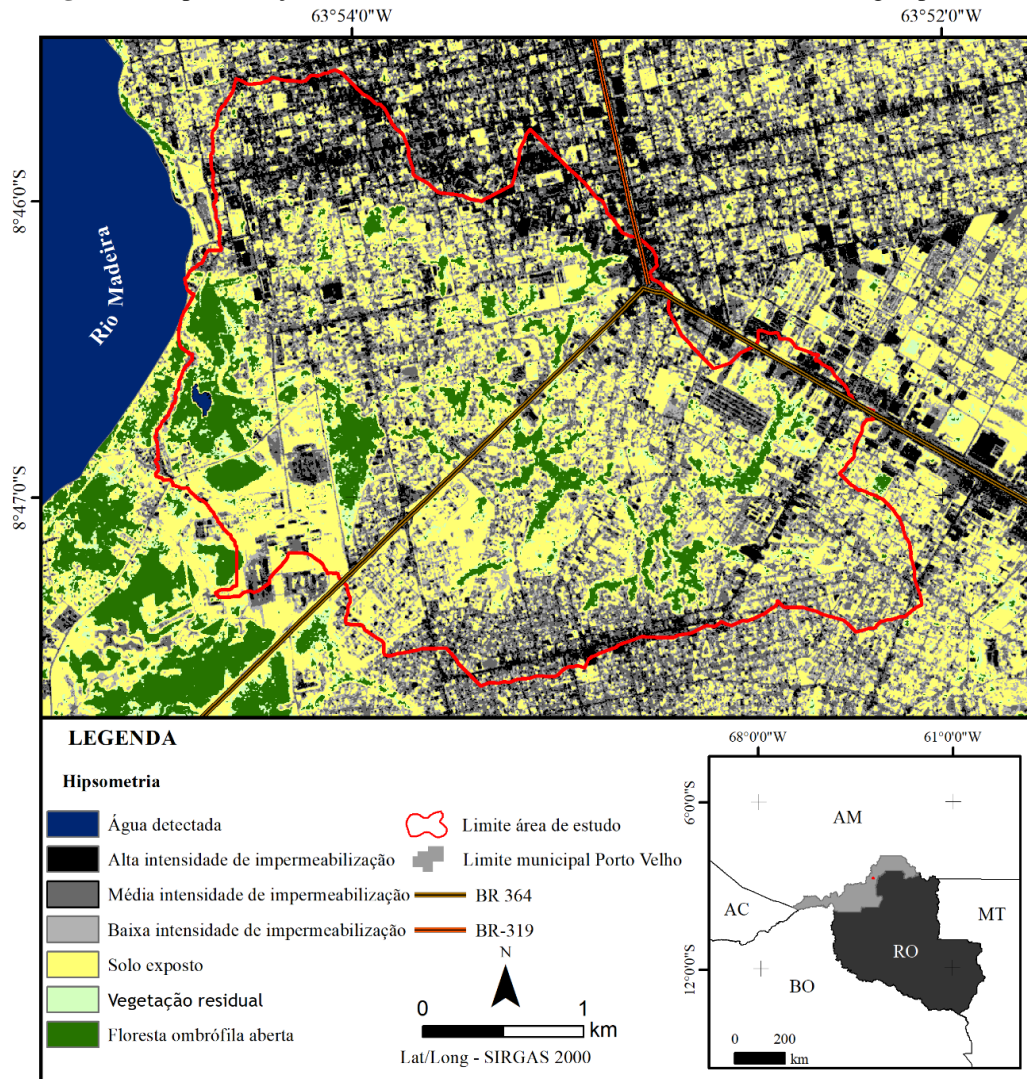
As áreas com declividades entre 3% e 20% totalizam 38,27% da bacia, caracterizando regiões com leve a moderada inclinação. Nesses setores, observa-se um aumento no escoamento superficial, especialmente em áreas urbanizadas ou com solo degradado. Por sua vez, os locais mais íngremes, onde as declividades ultrapassam 20% e que correspondem a 10,09% da área, estão concentrados em encostas e zonas de transição topográfica, sendo considerados críticos para a ocorrência de erosão e deslizamentos.

A análise espacial das declividades desempenha um papel crucial no planejamento urbano e ambiental da bacia, ao identificar áreas que demandam manejo especial do solo, controle adequado do uso e adoção de práticas de conservação, como reflorestamento, terraceamento e sistemas de drenagem controlada. Tais ações são fundamentais para minimizar os impactos da urbanização e manter a estabilidade geomorfológica da região.

3.4.4 Uso e cobertura do solo

Os dados foram coletados no período de 17 de outubro a 02 de novembro de 2024. Para realizar o experimento de determinação da infiltração, foram escolhidos 22 pontos, considerando a disponibilidade de terrenos em solo natural sem intervenções humanas, bem como áreas alteradas por desmatamento ou aterramento (Figura 7).

Figura 7. Espacialização das Classes de uso e cobertura do solo da bacia do Igarapé Grande.



Fonte: Souza (2019).

A caracterização do uso e da ocupação do solo na bacia do Igarapé Grande é fundamental para a compreensão dos processos hidrológicos, especialmente no que se refere à infiltração da água e à geração do escoamento superficial. As diferentes formas de ocupação alteram diretamente as propriedades físicas do solo, seja por meio da impermeabilização, da compactação ou da supressão da cobertura vegetal, influenciando o tempo de permanência da água na superfície e sua capacidade de percolação. Nesse contexto, a análise espacial das classes de uso e cobertura do solo permite identificar áreas mais suscetíveis a alagamentos, erosão e degradação ambiental, além de subsidiar a interpretação dos resultados de infiltração e a aplicação de modelos hidrológicos na bacia.

Tabela 5. Distribuição das classes de uso e ocupação dos solos Distribuição das classes de declividade da bacia do Igarapé Grande.

Classe de uso	Área (km²)	(%)
Água detectada	0,01	0,09
Alta intensidade de impermeabilização	1,19	10,82
Média intensidade de impermeabilização	2,49	22,64
Baixa intensidade de impermeabilização	2,02	18,36
Solo exposto	3,75	34,09
Vegetação residual	0,49	4,45
Floresta ombrófila aberta	1,05	9,55
Total	11,00	100,00

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A análise do uso e da cobertura do solo na região montante da bacia do Igarapé Grande aponta para um cenário alarmante sob os aspectos hidrológico e ambiental. De acordo com os dados apresentados na figura correspondente, cerca de 34,09% da área é caracterizada por solo exposto, enquanto 33,46% demonstram algum nível de impermeabilização, variando de médio a alto. Esses números evidenciam uma significativa intervenção humana, resultando em ampla porção do solo desprotegida ou coberta por pavimentos e edificações. Essa condição impacta diretamente a infiltração de água no solo, potencializando o escoamento superficial.

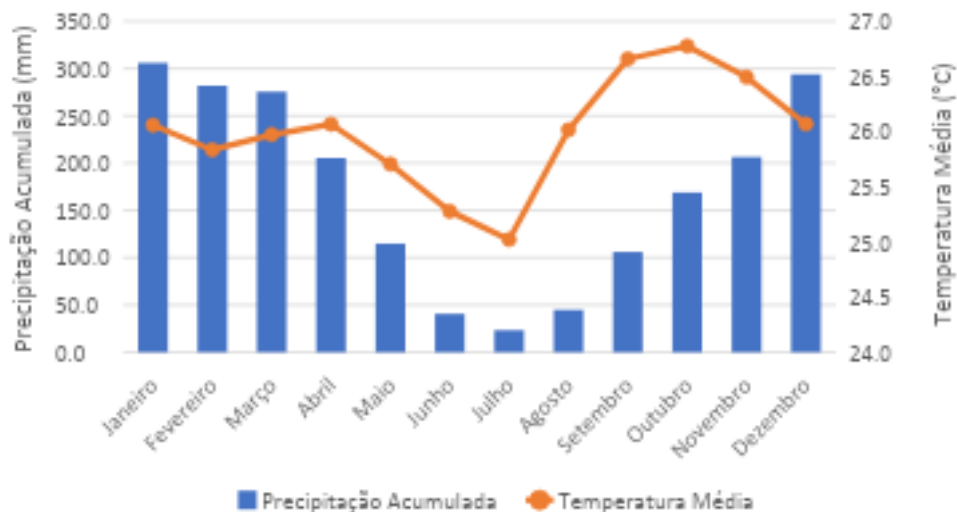
Em contrapartida, apenas 9,55% da área ainda conserva cobertura de floresta ombrófila aberta, e 4,45% apresentam vegetação residual. Apesar dessas zonas serem mais favoráveis à infiltração, sua área restrita não é suficiente para compensar os impactos negativos na dinâmica hidrológica da bacia.

A ampla presença de superfícies impermeáveis e áreas degradadas na porção montante exige uma atuação imediata voltada à recuperação ambiental, ao controle do crescimento urbano e à ampliação de áreas verdes. Tais estratégias são essenciais para melhorar a infiltração da água, reduzir o escoamento superficial e, assim, minimizar os riscos de alagamentos, erosão e degradação do solo.

3.4.5 Aspectos climáticos

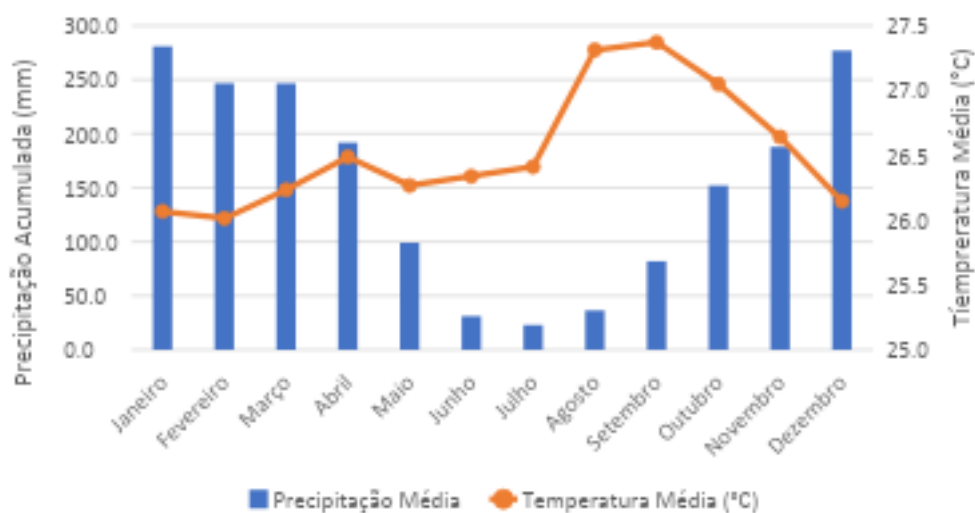
O clima na bacia do Igarapé Grande é Tropical Chuvoso (AW), com altas temperaturas e chuvas, além de uma estação seca de maio a setembro, quando a radiação solar incide mais no hemisfério Norte. De novembro a abril, a precipitação supera 180 mm/mês, enquanto junho, julho e agosto registram menos de 50 mm/mês, sendo o período mais seco. Maio e outubro fazem a transição entre as estações. A precipitação anual ultrapassa 1800 mm.

Figura 8. Distribuição da precipitação acumulada mensal e temperatura média do ar dos anos de 1982 a 2021 da cidade de Porto Velho, Rondônia, através da Estação Meteorológica 82825/A925.



Fonte: INMET (2022).

Figura 9. Distribuição da precipitação acumulada mensal e temperatura média do ar dos anos de 1992 a 2021 da cidade de Porto Velho, Rondônia, através da Estação meteorológica 82824.



Fonte: OGIMET (2022).

As Figuras 8 e 9 mostram que Porto Velho possui um regime de chuvas concentrado nos primeiros meses do ano, com temperatura média estável. Essa sazonalidade influencia diretamente o escoamento superficial, pois, em períodos de chuva intensa, o solo pode atingir rapidamente sua saturação, reduzindo a infiltração e aumentando o risco de alagamentos. Esses dados climáticos reforçam a importância de se avaliar a capacidade de infiltração dos solos da bacia do Igarapé Grande.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada a partir da adaptação da metodologia proposta Roose e colaboradores (1993) e foi dividida em quatro etapas: a) organização dos dados anteriores; b) trabalho de campo, c) cálculo da lâmina e taxa de infiltração e, finalmente, d) o estabelecimento da resposta hidrológica da bacia a partir da determinação da curva número (CN).

O trabalho de campo consistiu na realização de medições em campo realizadas utilizando um cilindro metálico de 150 mm com altura e de 100 mm de largura cravado no solo até aproximadamente 30 mm na vertical. Para isso foi utilizado uma marreta de 2 kilogramas para que com golpes sobe uma tábua inserir o referido cilindro ao solo, conforme explicado por Roose et al. (1993) e observado na Figura 10. As medições foram realizadas em 22 pontos distribuídos ao longo da bacia, abrangendo diferentes usos e ocupações do solo. As leituras serão registradas a cada 5 mm em um período máximo de 30 minutos.

Figura 10. Exemplo de Cilindro metálico e medição da infiltração em campo, realizado na porção montante do igarapé Grande na cidade Porto Velho, Rondônia, Brasil.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Os dados obtidos durante o trabalho de campo foram utilizados para calcular os principais parâmetros relacionados ao estudo da infiltração. Foram aplicadas equações específicas para determinar a lâmina infiltrada (Equações 1, 2 e 3), possibilitando a estimativa da profundidade alcançada pela frente de molhamento. Já a Equação 4 foi empregada para

estimar o volume de escoamento superficial, enquanto a Equação 5 permitiu calcular a quantidade de água retida no solo.

A lâmina de infiltração será calculada, em mm, com o volume de água colocado no infiltrômetro conforme a Equação 1.

Equação 1

$$I = \frac{V}{A}$$

Onde:

I: Lâmina de infiltração (mm);

V: Volume de água (litros);

A: Área do cilindro em m².

As taxas de infiltração, por sua vez, serão calculadas com a Equação 2. Em seguida, para desconsiderar a infiltração lateral que faz com que o raio médio da frente de molhamento (R) exceda o raio do cilindro (r), será realizada a correção da razão entre o volume da frente de molhamento e o volume do cilindro (Equação 3).

Equação 2

$$TI = \frac{I}{\Delta T}$$

Onde:

TI: Taxa de infiltração (mm.h⁻¹);

ΔT: Intervalo de tempo (h).

Equação 3

$$\frac{\text{Vol. da frente de molhamento}}{\text{Vol. do cilindro}} = \frac{\pi \cdot H \cdot R^2}{\pi \cdot H \cdot r^2} = \frac{R^2}{r^2} = \frac{R^2}{25}$$

Onde:

R²: Raio da frente de molhamento;

r²: Raio do cilindro.

Finalmente, foi estabelecido a capacidade de reposta hidrológica da bacia do Igarapé Grande a partir do estabelecimento da curva número (CN) que subsidiará o cálculo do escoamento superficial em cada um dos pontos de realização do ensaio de infiltração. Os procedimentos para esta última fase do trabalho serão realizados através do recomendado por (SCS) Soil Conservation Service (1957) e segundo as equações 4 e 5.

Equação 4

$$Pe = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S}$$

Equação 5

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254$$

Onde:

Pe é a precipitação efetiva, ou escoamento superficial (mm);

P é a precipitação acumulada de um evento (mm);

S é a retenção potencial do solo (mm)
 CN é chamado de “número da curva” (adimensional).

Com base nos dados coletados sobre o uso e os tipos de solo, foram definidos valores de número de curva (CN) conforme as referências apresentadas no Quadro 1, atribuindo-os a cada ponto de amostragem. Esse procedimento possibilitou a análise comparativa entre os valores teóricos e os resultados obtidos experimentalmente, incluindo também a classificação hidrológica dos solos avaliados. Esse cálculo foi essencial para compreender de que forma as distintas coberturas do solo influenciam diretamente os processos de escoamento superficial na área estudada.

Quadro 1 - Valores de referência de *curve number* (CN).

Cobertura do solo	A	B	C	D
Zonas cultivadas sem conservação do solo	72	81	88	91
Com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagem ou terreno em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Florestais – cobertura boa	25	55	70	77
Zonas residenciais				
Lotes de (m ²)	% média impermeável			
<500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Arruamentos e estradas asfaltadas com drenagem pluvial	77	85	90	92
Paralelepípedos	76	85	89	91
terra	72	82	87	89

Fonte: adaptada SCS (1972).

Os resultados obtidos experimentalmente foram contrastados com os valores estimados pelo método do número de curva (CN). Essa análise possibilitou a avaliação da precisão do modelo (CN), verificando se os valores teóricos refletiam adequadamente as condições reais da bacia, permitindo identificar possíveis discrepâncias e examinar as diferenças entre os valores experimentais e os preconizados.

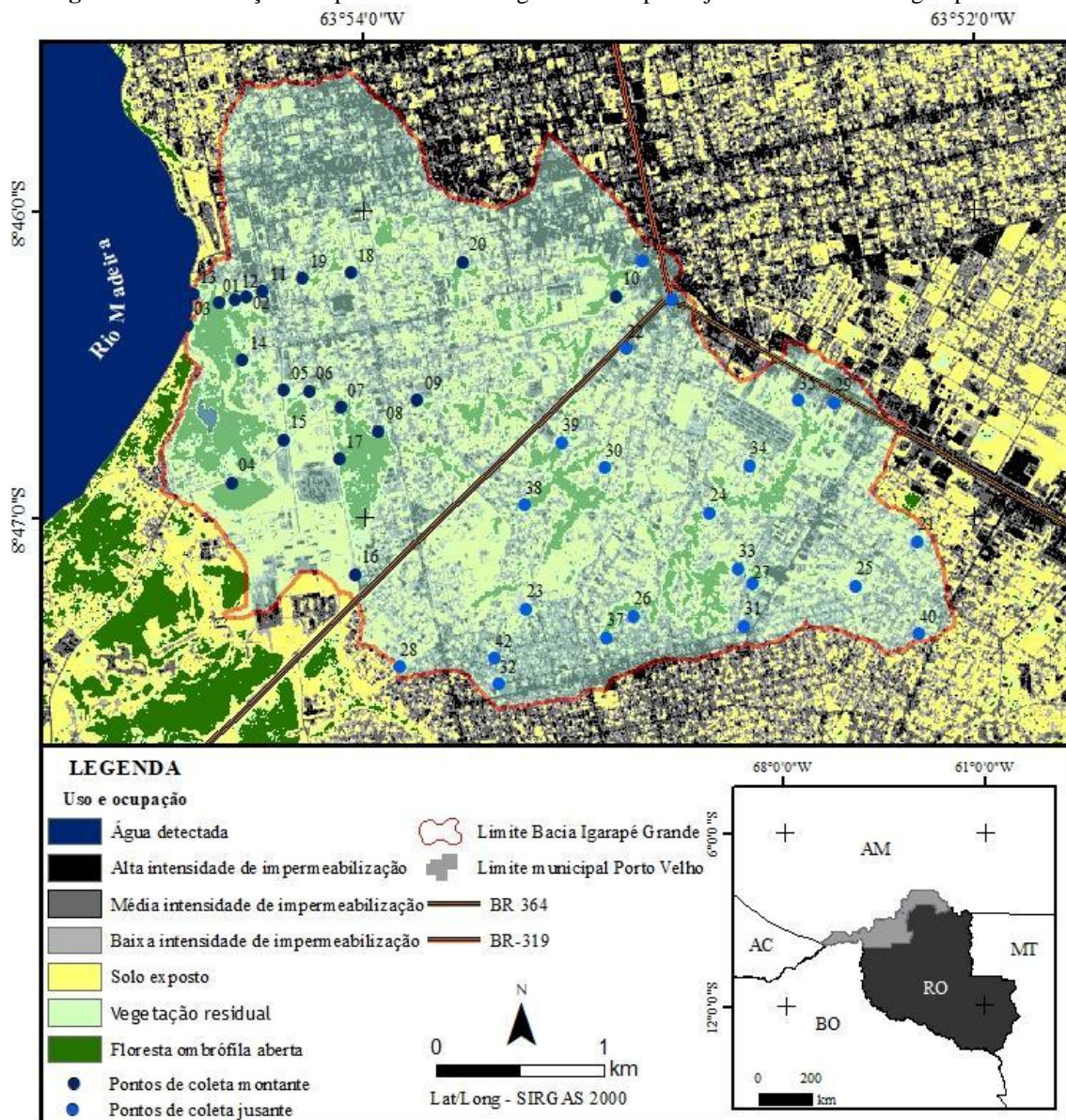
Além disso, ajustes foram realizados no modelo (CN) com base nos dados experimentais, o que possibilitou adequá-lo melhor às características específicas da bacia do Igarapé Grande. Esses resultados poderão ser utilizados como base para propor medidas que visem melhorar a capacidade de infiltração dos solos, por meio de práticas sustentáveis de

manejo e uso do solo, reduzindo os impactos negativos causados pela urbanização e ocupação desordenada da região.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A coleta de dados foi realizada entre os dias 17 de outubro e 2 de novembro de 2024. Para a execução do experimento destinado à determinação da taxa de infiltração, empregou-se o método de infiltração por cilindro único (ICU). Foram selecionados 22 pontos de amostragem, Figura 11 e Quadro 2, definidos conforme a disponibilidade de áreas com solo em condição natural, sem evidências de antropização, bem como de locais modificados por processos de desmatamento e/ou aterramento.

Figura 11. Distribuição dos pontos de amostragem em campo na jusante da bacia do Igarapé Grande.



Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados de Santos (2025).

Quadro 2. Descrição de usos e ocupações dos pontos coletados.

Ponto	Data	Coordenadas		Descrição da área de coleta
		Latitude	Longitude	
P21	02/11/2024	-8.782788°	-63.893079°	Vegetação residual , solo seco e plano com vegetação rasteira esparsa.
P22	28/10/2024	-8.791062°	-63.892819°	Solo exposto, compactado com pequenos arbustos e sem sombreamento.
P23	28/10/2024	-8.788477°	-63.888084°	Solo exposto, vegetação rasteira com sombreamento e solo úmido.
P24	17/10/2024	-8.783176°	-63.881091°	Solo exposto, com vegetação baixa e alto impacto antrópico.
P25	21/10/2024	-8.787439°	-63.873650°	Média intensidade de impermeabilização, encosta leve declive com solo arenoso e vegetação rala.
P26	18/10/2024	-8.788887°	-63.885262°	Solo exposto e ausência de vegetação
P27	18/10/2024	-8.787008°	-63.878830°	Baixa intensidade de impermeabilização, com presença de estrato herbáceo e com solo compactado e úmido.
P28	28/10/2024	-8.793118°	-63.899058°	Média intensidade de impermeabilização, solo compactado com cobertura de folhas secas, presença de árvores de pequeno e médio porte
P29	29/10/2024	-8.777179°	-63.874241°	Floresta ombrófila com presença de vegetação arbórea de médio e grande porte.
P30	17/10/2024	-8.780670°	-63.886791°	Terreno com presença de entulho, vegetação de gramíneas, arbórea e arbustos.
P31	18/10/2024	-8.788602°	-63.879308°	Média intensidade de impermeabilização com vegetação, gramíneas, predominantemente, em regeneração e solo parcialmente exposto.
P32	28/10/2024	-8.792365°	-63.892648°	Baixa intensidade de impermeabilização, com solo compactado com material de aterro e presença de raízes.
P33	21/10/2024	-8.785764°	-63.879137°	Floresta ombrófila, área sombreada por árvores de grande porte, com solo úmido e folhas sobre o solo.
P34	02/11/2024	-8.785764°	-63.878714°	Floresta ombrófila, área sombreada por árvores de pequeno e médio porte, com solo úmido e folhas sobre o solo.
P35	25/10/2024	-8.776960°	-63.876164°	Floresta ombrófila, local de uso misto: vegetação arbórea e vegetação rala, solo pouco compactado e alguma interferência urbana.
P36	25/10/2024	-8.772381°	-63.883466°	Média intensidade de impermeabilização, Área com presença de algumas gramíneas, encosta levemente inclinado.
P37	25/10/2024	-8.790012°	-63.886885°	Solo exposto, solo argiloso, com presença de gramíneas de e moderada inclinação moderada.
P38	17/10/2024	-8.785349°	-63.883774°	com predominância de partículas arenosas, com cobertura de gramíneas.
P39	02/11/2024	-8.778063°	-63.887623°	Floresta ombrófila com árvores de pequeno e médio porte.
P40	25/10/2024	-8.789697°	-63.869597°	Solo exposto com material de aterro com aspecto arenoso e recoberto por gramíneas. .
P41	25/10/2024	-8.782789°	-63.893078°	Solo exposto com material de aterro com aspecto arenoso e recoberto por gramíneas
P42	25/10/2024	-8.791061°	-63.892819°	Média intensidade de impermeabilização, solo compactado e com presença de gramíneas.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Na Tabela 6 são apresentadas as taxas de infiltração final corrigidas obtidas em diferentes pontos amostrais localizados na porção de jusante do Igarapé Grande. Segundo os dados obtidos do trabalho de Santos (2025). Os valores variaram amplamente de $7,57 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, ponto 13, a $2.394,41 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, ponto 04, com média de $210,10 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e mediana de $42,49 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. O elevado desvio-padrão, $528,75 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, e, conseqüentemente, a elevada variância, $279.581,84$ evidenciam considerável heterogeneidade espacial nas condições de infiltração, indicando forte influência das propriedades físicas do solo e do uso e ocupação da superfície, como também indicado por Santos (2025).

Tabela 6. Taxas de infiltração da porção de jusante da Bacia do Igarapé Grande.

Ponto	Data	Infiltração final corrigida ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)
P01	03.08.24	41,23
P02	10.08.24	16,29
P03	10.08.24	13,43
P04	10.08.24	2394,41
P05	10.08.24	10,65
P06	07.09.24	112,74
P07	07.09.24	9,98
P08	07.09.24	208,24
P09	07.09.24	58,93
P10	07.09.24	54,78
P11	11.09.24	43,74
P12	11.09.24	14,97
P13	11.09.24	7,57
P14	11.09.24	7,69
P15	13.09.24	457,67
P16	13.09.24	26,25
P17	13.09.24	204,28
P18	14.09.24	335,04
P19	14.09.24	10,06
P20	14.09.24	174,08
	Média	210,10
	Mediana	42,49
	Máximo	2394,41
	Mínimo	7,57
	D. Padrão	528,75
	Variância	279581,84

Fonte: Santos (2025).

Na Tabela 7 são apresentadas as taxas de infiltração final corrigidas dos pontos amostrais localizados nas porções de montante do Igarapé Grande. Os valores variaram de $7,09 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, ponto 36, a $816,33 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, ponto 29. A média calculada para esse conjunto foi de $213,41 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, a mediana foi $104,01 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, o desvio-padrão $236,69 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e a variância $56.022,22$. Portanto, também, evidenciando acentuada heterogeneidade espacial nas condições de infiltração.

Tabela 7. Taxas de infiltração da porção de montante da Bacia do Igarapé Grande

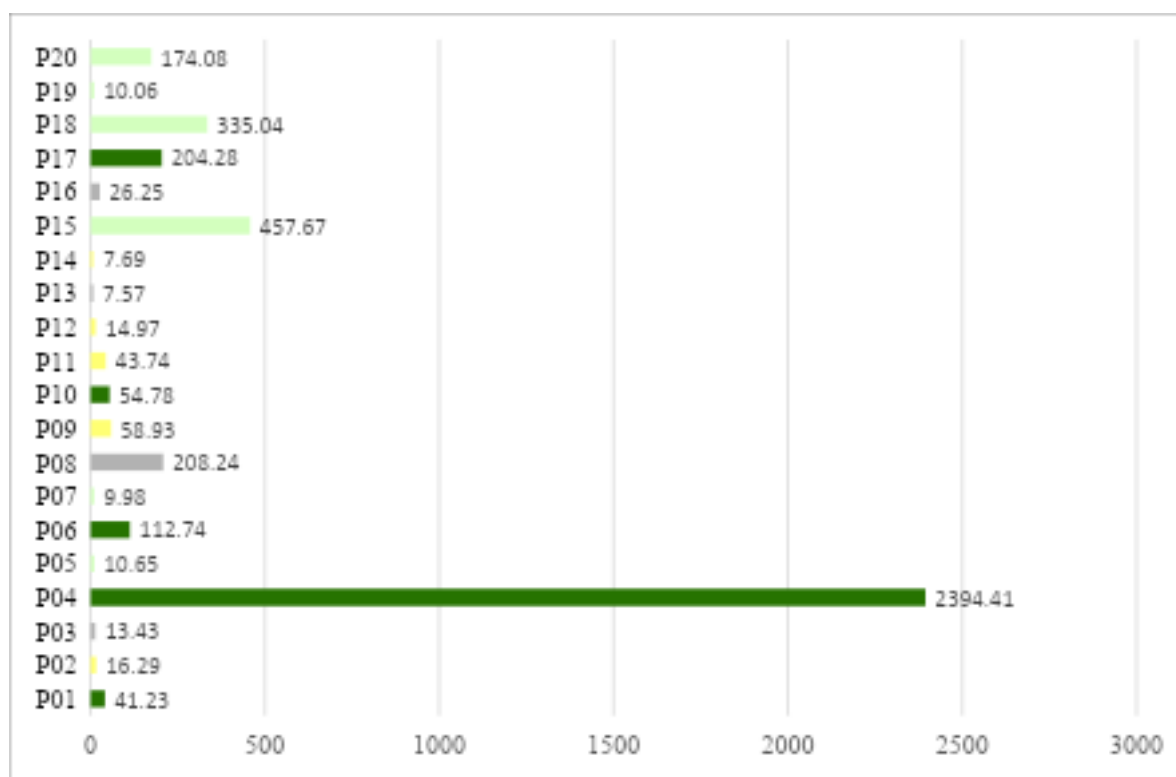
Ponto	Data	Infiltração final corrigida (mm.h⁻¹)
P21	02.11.24	90,87
P22	28.10.24	47,68
P23	28.10.24	24,61
P24	17.10.24	117,14
P25	21.10.24	237,94
P26	18.10.24	281,96
P27	18.10.24	31,31
P28	28.10.24	26,08
P29	29.10.24	816,33
P30	17.10.24	21,19
P31	18.10.24	61,10
P32	28.10.24	14,46
P33	21.10.24	762,96
P34	02.11.24	416,81
P35	25.10.24	483,35
P36	25.10.24	7,09
P37	25.10.24	86,74
P38	17.10.24	64,28
P39	02.11.24	416,17
P40	25.10.24	314,58
P41	25.10.24	151,92
P42	21.10.24	220,46
	Média	213,41
	Mediana	104,01
	Máximo	816,33
	Mínimo	7,09
	D. Padrão	236,69
	Variância	56022,22

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Ao comparar as taxas de infiltração final corrigida entre as porções de jusante e montante da Bacia do Igarapé Grande, Tabelas 6 e 7, observa-se que as médias são bastante próximas, 210,10 mm.h⁻¹, para jusante e 213,41 mm.h⁻¹, para montante. Essa proximidade indica que ambas as porções apresentam potencial de infiltração semelhante. No entanto, a mediana difere significativamente, sendo de 42,49 mm.h⁻¹, para a jusante e 104,01 mm.h⁻¹, para a montante. Logo, esse comportamento sugere uma distribuição mais assimétrica na jusante, com a presença de valores extremos muito elevados, como por exemplo, o ponto P04, com 2394,41 mm.h⁻¹. A análise da variância e do desvio padrão, por sua vez, reforça essa interpretação. A jusante apresenta variância de 279.581,84 e desvio padrão de 528,75, valores substancialmente superiores aos do montante (56.022,22 e 236,69, respectivamente), evidenciando maior dispersão e heterogeneidade das taxas de infiltração na parte inferior da bacia. Essa variação acentuada pode estar relacionada às diferenças locais de uso e cobertura do solo, à compactação superficial e à presença de solos com diferentes texturas e estruturas, que influenciam diretamente a capacidade de infiltração.

A distribuição da infiltração segundo as classes de uso e ocupação do solo na jusante da bacia do Igarapé Grande é apresentada na Figura 12. Observa-se uma variação expressiva entre as classes, evidenciando o papel determinante das características superficiais e estruturais do solo no controle da infiltração. As áreas de floresta ombrófila, pontos P04, P17, P10, P11 e P01 registram as maiores taxas de infiltração, enquanto a vegetação residual, P15, P18, P20 e P07, apresenta valores intermediários. Já os pontos localizados em solo exposto ou sob áreas de impermeabilização, P02, P03, P06, P08, P09, P12, P13 e P14, exibem as menores taxas entre as superfícies, resultado da maior suscetibilidade ao selamento superficial. De forma geral, os dados evidenciam um gradiente decrescente de infiltração conforme aumenta o grau de antropização, seguindo a sequência: floresta ombrófila, vegetação residual, solo exposto e área impermeabilizada.

Figura 12. Infiltração em $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ por classe de uso e ocupação na porção de jusante do Igarapé Grande.



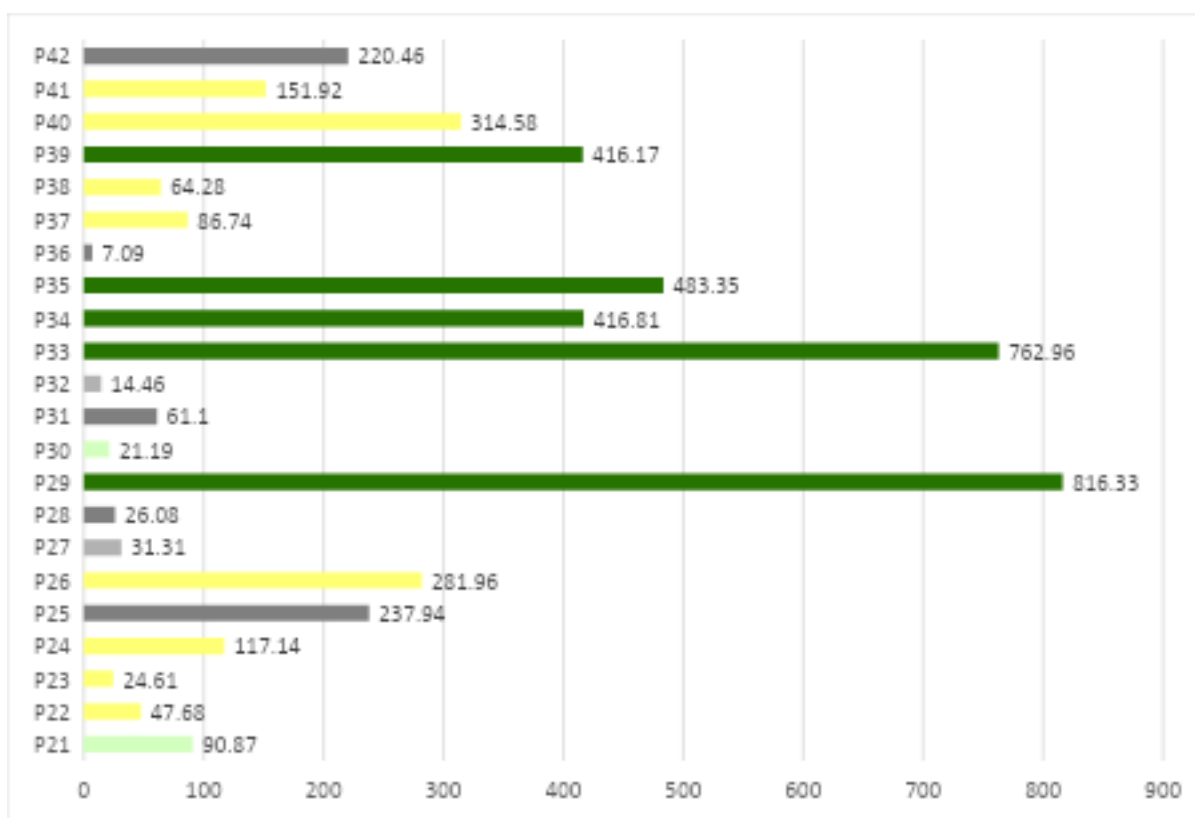
Fonte: Santos (2025).

O comportamento da infiltração na porção de jusante da bacia do Igarapé Grande na Figura 12, está associado à estrutura bem desenvolvida dos solos florestais, marcada por elevada macroporosidade e pela presença de serapilheira, que reduz o impacto das gotas de chuva e favorece a percolação vertical da água. Reichardt e Timm (2012) destacam que solos sob vegetação nativa mantêm características físicas que promovem maior condutividade

hidráulica e infiltração eficiente. Em contraste, como enfatiza Tucci (2022). A remoção da cobertura vegetal, no entanto, intensifica o impacto direto da chuva, favorecendo selamento e compactação, reduzindo a condutividade hidráulica, ampliando o escoamento superficial, diminuindo a recarga subterrânea e aumentando a ocorrência de eventos de inundação localizados.

Na Figura 13 é apresentada a distribuição das taxas de infiltração na porção de montante da bacia do Igarapé Grande, discriminadas segundo as classes de uso e cobertura do solo. Observa-se, dessa maneira, que assim como na jusante da bacia, os pontos ensaiados sobre solos em vegetação ombrófila concentra os maiores valores de infiltração, representada por pontos como P29, P33, P35 e P39, os quais atingem taxas elevadas, com máxima de 816,33 mm.h^{-1} , que refletem a maior macroporosidade, estrutura agregada e presença de serapilheira típica de áreas florestadas. A vegetação residual, representada pelos pontos P21 e P32, exibe valores intermediários, com, respectivamente 21,19 e 90,87 mm.h^{-1} , compatíveis com áreas parcialmente alteradas, porém ainda com capacidade de infiltração moderada. Em contraste, as classes de solo exposto, média e baixa impermeabilização, pontos P22, P23, P26, P37, P41, P24, P31, P42, P25 e P41 apresenta valores mais baixos, com valor mínimo de 7,09 mm.h^{-1} .

Figura 13. Infiltração em mm.h^{-1} por classe de uso e ocupação na porção de montante do Igarapé Grande.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A comparação da infiltração entre as porções de montante e jusante da área de estudo, representadas pelas Figuras 13 e 12, respectivamente, evidencia diferenças marcantes no comportamento hidrológico associadas ao uso e à ocupação do solo. Na porção de montante, os pontos de ensaio inseridos em áreas de floresta ombrófila apresentam as maiores taxas de infiltração, com valores relativamente homogêneos, refletindo condições estruturais mais preservadas do solo e maior eficiência na percolação vertical da água.

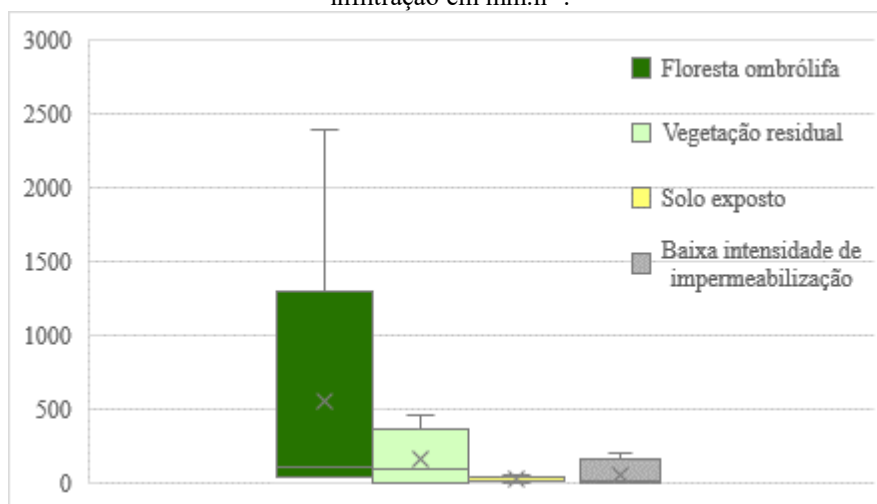
Na porção de jusante, embora a floresta ombrófila também registre os maiores valores de infiltração, observa-se maior variabilidade entre os pontos amostrados, indicando um ambiente mais heterogêneo e fortemente influenciado por intervenções antrópicas. Além disso, as classes de solo exposto e áreas impermeabilizadas na jusante apresentam taxas de infiltração mais baixas e mais dispersas quando comparadas às do montante, o que evidencia maior degradação do solo e intensificação dos processos de compactação e selamento superficial.

A vegetação residual apresenta comportamento intermediário em ambas as porções da bacia, porém com valores ligeiramente inferiores na jusante, sugerindo um estágio mais avançado de degradação nessas áreas. De modo geral, os resultados indicam que a porção de montante mantém melhores condições de infiltração, especialmente nas áreas florestadas e com menor impacto antrópico, enquanto a jusante concentra as menores taxas, associadas ao aumento da impermeabilização e à remoção da cobertura vegetal, fatores que reduzem a condutividade hidráulica do solo e intensificam o escoamento superficial.

As diferenças nas capacidades de infiltração entre as classes de uso e ocupação da jusante do Igarapé Grande são apresentadas na Figura 14. Assim, a classe floresta ombrófila apresentou o maior potencial infiltrativo, mediana de $112,74 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, máximo de $2.394,41 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, corroborando evidências de que solos sob cobertura florestal mantêm elevada macroporosidade, estoques de matéria orgânica e fluxo preferencial, fatores que aumentam a condutividade hidráulica saturada, (Silva e Paiva, 2012).

Já a classe de solo exposto apresentou a menor capacidade de infiltração, já que sua mediana foi de apenas $16,29 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, com média de $28,32 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Por fim, A classe de Baixa Intensidade de Impermeabilização, embora apresente valores ligeiramente superiores, mediana de $19,84 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e média de $63,87 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, inda reflete restrições hídricas derivadas da perturbação antrópica, compactação e substituição parcial da cobertura vegetal.

Figura 14. Estatística descritiva por classe de uso e ocupação na porção de jusante do Igarapé Grande da infiltração em $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$.



Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados de Santos (2025).

Por outro lado, as classes de vegetação residual, de solo exposto e as áreas impermeabilizadas, apresentaram resposta hidrológica heterogênea, caracterizada por forte assimetria. A primeira, apresentou mediana de $10,65 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, média de $162,25 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, e terceiro quartil de $335,04 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Comportamento que indica coexistência de áreas degradadas e segmentos com estrutura parcialmente preservada. Dinâmicas semelhantes são relatadas por Garofolo e Rodriguez (2022) para florestas secundárias amazônicas, nas quais a recomposição estrutural ocorre de forma espacialmente desigual, influenciando a infiltração.

A classe de solo exposto, por sua vez, apresentou a menor capacidade de infiltração, uma vez que sua mediana foi de apenas $16,29 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, com média de $28,32 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Trata-se de um desempenho característico de superfícies desprovidas de cobertura vegetal, sujeitas a selamento superficial e compactação, que reduzem drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento superficial, conforme também verificado por Alves (2025) ao estudar a erosão hídrica e a infiltração de água no solo em áreas de transição Cerrado-Amazônia, com diferentes usos e coberturas.

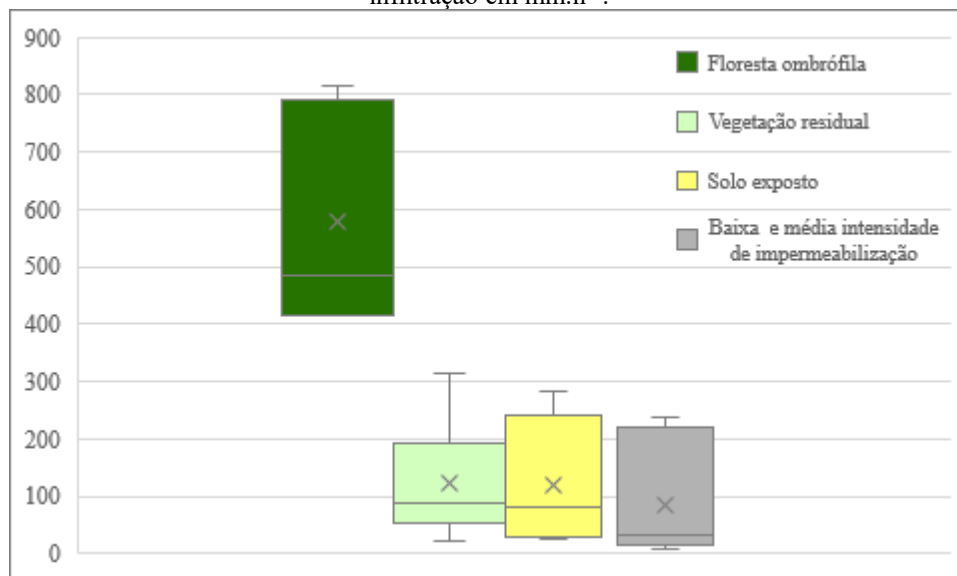
Por fim, as áreas classificadas como impermeáveis, ainda que com baixa intensidade, embora tenham apresentado valores ligeiramente superiores ao da vegetação residual e solo exposto, mediana de $19,84 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e média de $63,87 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, inda reflete restrições hídricas derivadas da perturbação antrópica, compactação e substituição parcial da cobertura vegetal.

Portanto, valores observados confirmam que a infiltração na jusante do Igarapé Grande é fortemente condicionada pelo uso e ocupação do solo. A remoção total ou parcial da cobertura vegetal reduz drasticamente a capacidade de infiltração e altera o balanço hidrológico local,

reforçando a necessidade de estratégias de conservação e manejo voltadas à manutenção da integridade estrutural do solo e da vegetação.

A distribuição das taxas de infiltração na porção de montante do Igarapé Grande, Figura 15, também revelou forte dependência do uso e ocupação do solo e elevada variabilidade interna entre as classes. A classe floresta ombrófila apresenta o maior desempenho hidrológico, com valores que variam entre 416,17 e 816,33 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, resultando em média de 579,12 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e mediana de 483,35 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. A vegetação residual exhibe comportamento intermediário, porém altamente heterogêneo. A amplitude é expressiva, 21,19 a 314,58 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, com média de 121,26 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e mediana de 86,74 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. O solo exposto apresenta a menor capacidade de infiltração, com valores entre 24,61 e 281,96 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, média de 117,60 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e mediana de 47,68 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Finalmente, os pontos ensaiados nas áreas com baixa e média Intensidade de Impermeabilização apresentam variabilidade muito elevada, 7,09 a 237,94 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, com média de 85,85 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ e mediana de 31,31 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Portanto, O gradiente mediano observado para a montante foi o seguinte: floresta ombrófila, vegetação residual, Solo Exposto e baixa e média intensidade de impermeabilização. Logo, a integridade da cobertura vegetal e a menor perturbação do solo favorecem a infiltração. Em contrapartida, a degradação da cobertura ou o aumento da impermeabilização reduzem drasticamente esse processo hidrológico crítico.

Figura 15. Estatística descritiva por classe de uso e ocupação na porção de montante do Igarapé Grande da infiltração em $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$.

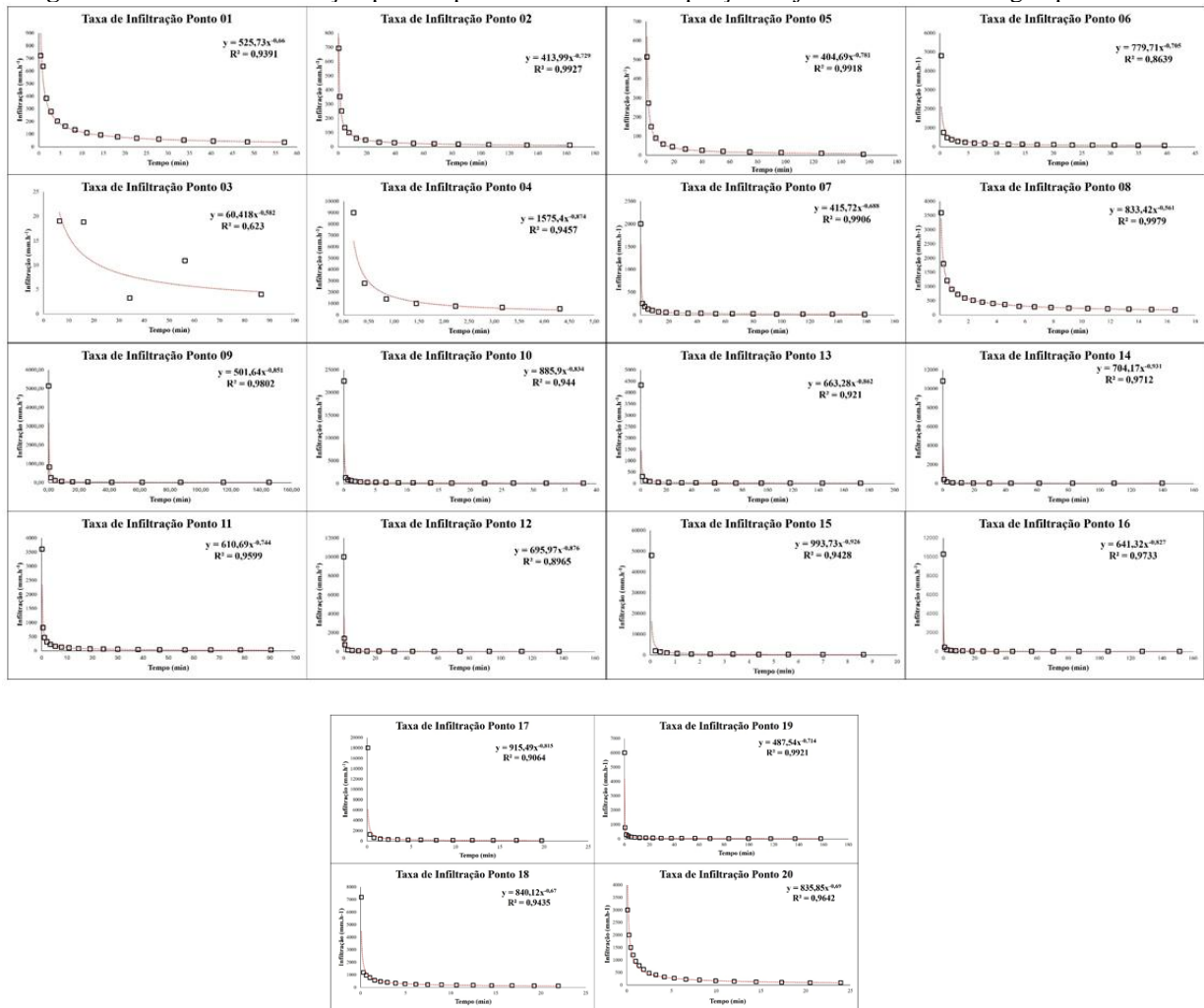


Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Os gráficos das curvas de infiltração de cada ponto do ensaio realizado pelo método do ICU, Figura 16 e 17, demonstram a taxa de infiltração ao longo do tempo acumulado. Observa-se que, em todos os 42 pontos, o melhor ajuste para a regressão linear foi encontrado

pela linha de tendência de potência. O fato de que uma linha curva é melhor utilizada em conjuntos de dados que comparam medidas que aumentam a uma taxa específica (Murolo, 2011). O que demonstra, que a taxa de infiltração tende a se tornar cada vez mais lenta conforme o tempo acumulado aumenta.

Figura 16. Curvas de infiltração para os pontos localizados na porção de jusante da bacia do Igarapé Grande.

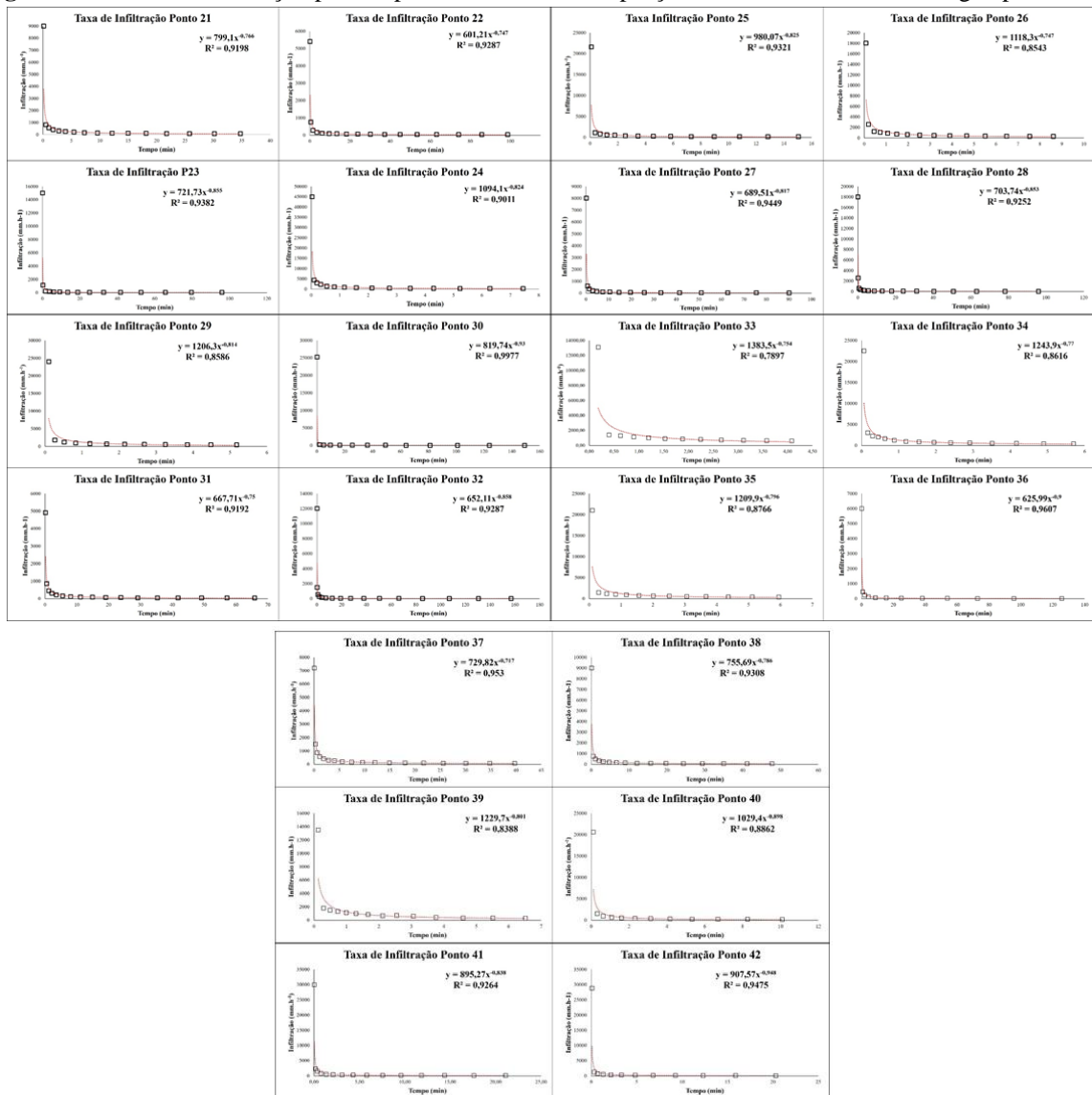


Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados de Santos (2025).

Portanto, verifica-se que a infiltração é maior nos primeiros 5 minutos, tornando-se estável após transcorridos 10 minutos. A esse respeito, Furquim et al. (2025) explicam que a velocidade de infiltração é alta quando o solo está seco e tende a diminuir à medida que os poros do solo são preenchidos com água, até que o solo se sature e a velocidade se torne constante, conhecida por taxa de infiltração básica. Esta taxa é influenciada diretamente pelas condições da superfície do solo, como a cobertura vegetal, que o protege dos efeitos do impacto das gotas de chuva e do escoamento superficial, e pelos atributos relacionados com à

estruturação do solo, como a distribuição de poros, matéria orgânica, textura e densidade do solo.

Figura 17. Curvas de infiltração para os pontos localizados na porção de montante da bacia do Igarapé Grande.

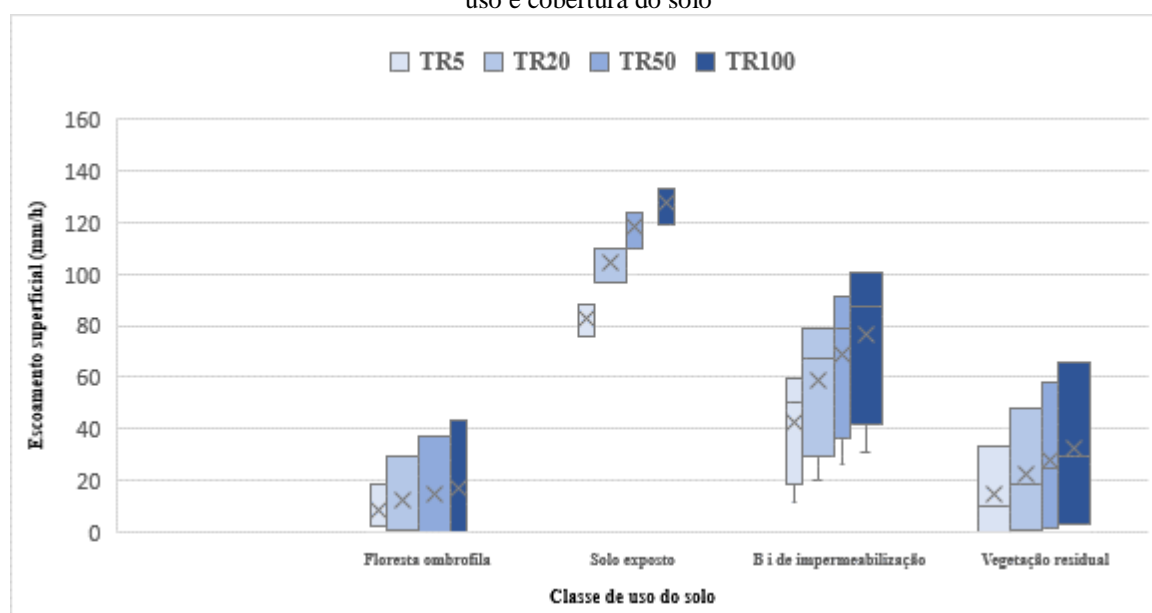


Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Na Figura 18 é apresentado o comportamento do escoamento superficial simulado para diferentes classes de uso e ocupação do solo, Floresta Ombrófila, Solo Exposto, Baixa Impermeabilização, Vegetação Residual, para a porção de montante considerando os tempos de retorno (TR), TR20, TR50 e TR100. Observa-se que a floresta ombrófila possui os menores valores de escoamento em todos os cenários, variando aproximadamente de 15 a 45 mm·h⁻¹, refletindo a elevada capacidade de infiltração típica dessa cobertura. O Solo exposto, por outro lado, apresenta os maiores volumes gerados, com valores entre cerca de 90 e 135 mm·h⁻¹,

evidenciando a ausência de proteção superficial e a conseqüente maior propensão à geração de escoamento. A classe de baixa impermeabilização exibe valores intermediários, porém elevados, variando aproximadamente de 55 a 100 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, indicando que mesmo pequenas frações de superfícies impermeáveis exercem influência significativa na resposta hidrológica. Já a vegetação residual apresenta escoamentos entre 30 e 70 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, mostrando comportamento moderado, com maior capacidade de retenção que áreas expostas, mas menor que a floresta madura.

Figura 18. Escoamento superficial em $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ da porção de jusante da bacia do Igarapé Grande segundo o tipo de uso e cobertura do solo

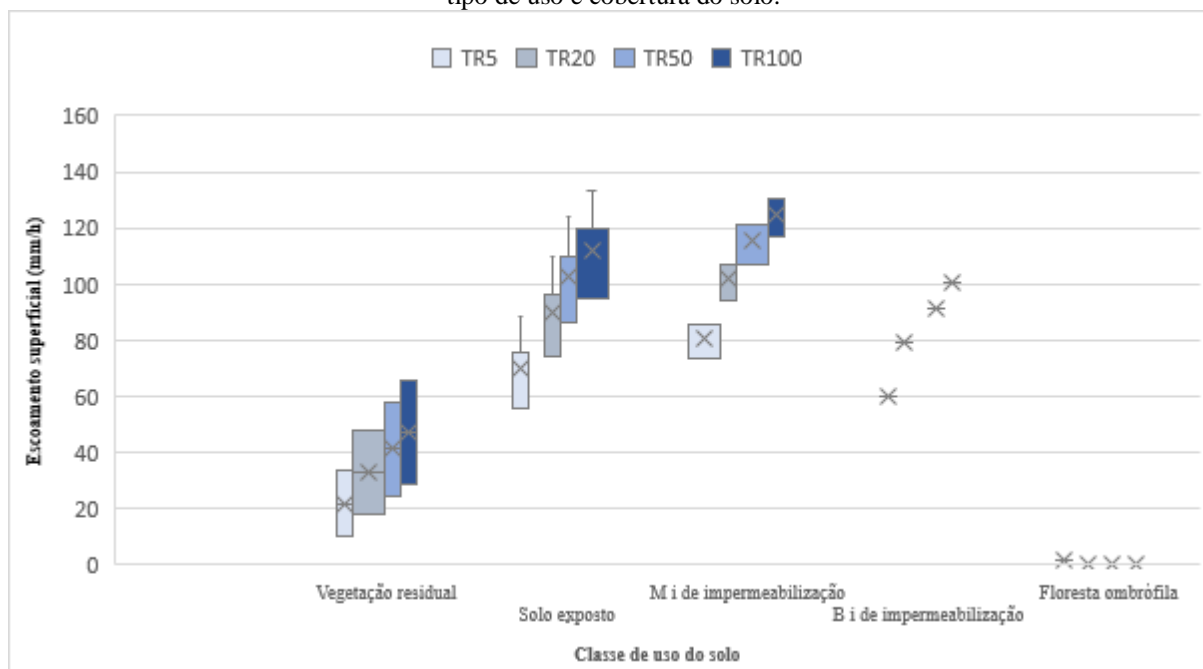


Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados de Santos (2025).

Na Figura 19 é possível observar o comportamento do escoamento superficial para diferentes classes de uso e ocupação, floresta ombrófila, solo exposto, baixa e média impermeabilização, vegetação residual, considerando os períodos de retorno TR5, TR20, TR50 e TR100. Observa-se que a vegetação residual apresenta valores moderados, variando aproximadamente entre 25 e 65 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, com aumento progressivo conforme cresce o período de retorno. O solo exposto evidencia uma resposta mais intensa, com escoamentos entre cerca de 70 e 115 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, demonstrando maior suscetibilidade à geração de escoamento devido à ausência de cobertura protetora. A classe de média impermeabilização apresenta valores ainda mais elevados, aproximadamente entre 95 e 135 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, indicando que o incremento de superfícies impermeáveis intensifica expressivamente o escoamento superficial. Uma vez, que a baixa impermeabilização exibe escoamentos intermediários, entre 60 e 100 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, mas claramente superiores aos observados em áreas vegetadas. Por fim, a floresta ombrófila

apresenta os menores valores da figura, situados aproximadamente entre 5 e 15 mm·h⁻¹, evidenciando sua alta capacidade de retenção e infiltração, mesmo sob eventos de maior magnitude.

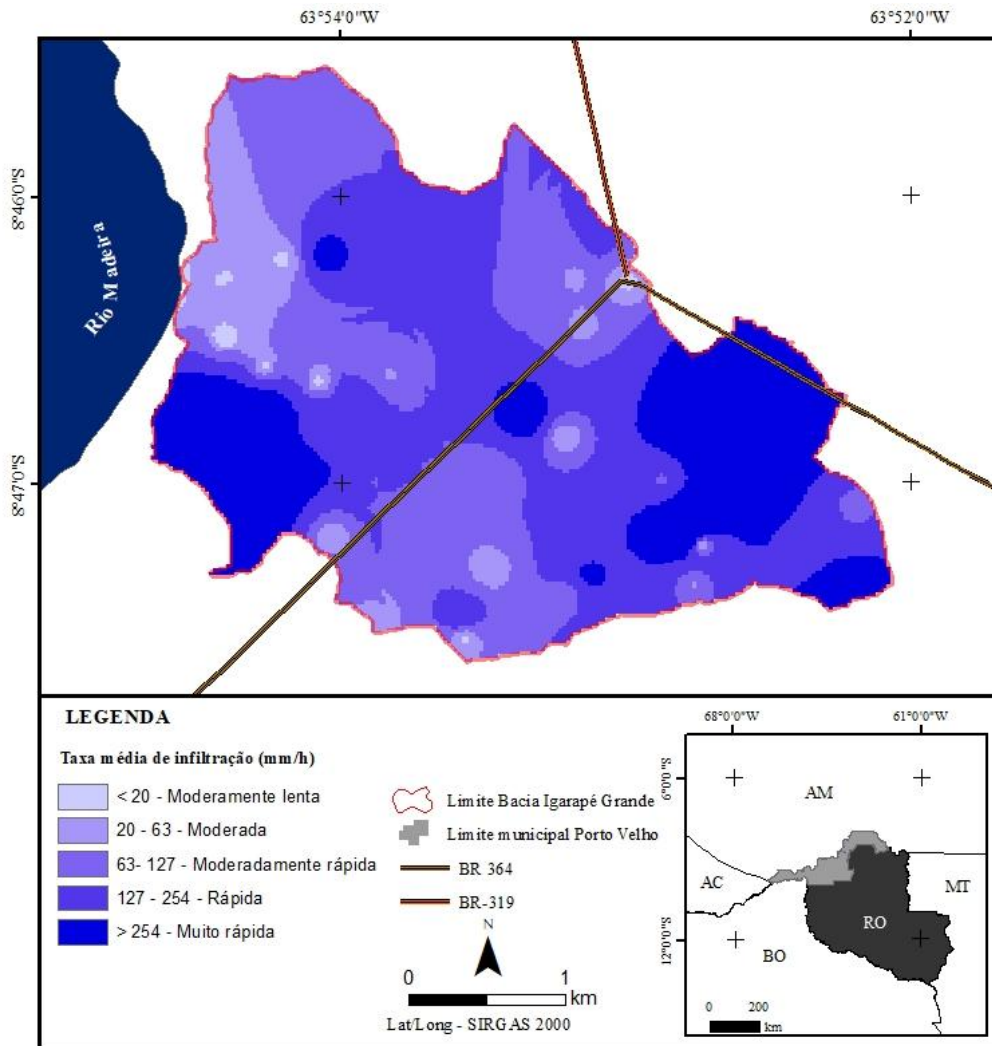
Figura 19. Escoamento superficial em mm.h⁻¹ da porção de montante da bacia do Igarapé Grande segundo o tipo de uso e cobertura do solo.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A distribuição das classes de taxa de infiltração das porções de jusante, montante e ao longo de toda Bacia do Igarapé Grande, Figura 20 e Tabela 8, revelou que na porção de jusante, a maior parte da área encontra-se classificada como rápida, 37,38%, e moderadamente rápida, 32,89%, totalizando 70,27%. Essa dominância sugere que, embora haja influência de processos de ocupação antrópica, ainda persistem condições físicas favoráveis à percolação da água. A presença de 15,63% de áreas com infiltração muito rápida reforça a hipótese de solos bem drenados ou com estratificação mais grosseira, características comuns em formações sedimentares da Amazônia, segundo Martins et al. (2014). Em contraste, as classes moderadas (13,25%) e moderadamente lenta (0,85%) representam proporções reduzidas, indicando menor expressividade de solos argilosos ou compactados, bem como a importância do uso e cobertura para manutenção da taxa de infiltração e, conseqüentemente, para que não ocorra o aumento do escoamento superficial e problemas hidrológicos ligados a alagamentos e inundações.

Figura 20. Espacialização da taxa média de infiltração (mm/h) na bacia do Igarapé Grande.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A Figura 20 apresenta a espacialização da taxa média de infiltração na bacia do Igarapé Grande, evidenciando a variabilidade espacial desse parâmetro hidrológico ao longo da área de estudo. Observa-se o predomínio de classes de infiltração moderada a moderadamente rápida, distribuídas principalmente nas porções centrais e de montante da bacia, refletindo áreas com solos menos impactados e maior capacidade de percolação da água. As classes de infiltração rápida e muito rápida ocorrem de forma pontual, associadas, em geral, a setores com melhor conservação da estrutura do solo e maior cobertura vegetal. Em contraste, as áreas classificadas com infiltração moderadamente lenta concentram-se sobretudo em regiões mais sujeitas à ocupação antrópica, próximas às infraestruturas viárias e à jusante da bacia, indicando

influência da impermeabilização e da compactação do solo. Esse padrão espacial reforça a relação direta entre uso e ocupação do solo, condições físicas dos solos e o comportamento da infiltração, contribuindo para a compreensão da dinâmica do escoamento superficial na bacia.

Tabela 8. Taxa de infiltração em mm.h⁻¹ da bacia hidrográfica do Igarapé Grande.

Jusante		
Taxa de infiltração (mm.h⁻¹)	Área (km²)	Porcentagem (%)
Moderadamente lenta	0,051	0,85
Moderada	0,783	13,25
Moderadamente rápida	1,944	32,89
Rápida	2,209	37,38
Muito rápida	0,924	15,63
Total	5,910	100,00
Montante		
Taxa de infiltração (mm.h⁻¹)	Área (km²)	Porcentagem (%)
Moderadamente lenta	0,010	0,20
Moderada	0,207	4,06
Moderadamente rápida	1,427	28,01
Rápida	1,827	35,86
Muito rápida	1,624	31,87
Total	5,095	100,00
Bacia do Igarapé Grande		
Taxa de infiltração (mm.h⁻¹)	Área (km²)	Porcentagem (%)
Moderadamente lenta	0,061	0,55
Moderada	0,990	8,99
Moderadamente rápida	3,371	30,63
Rápida	4,036	36,68
Muito rápida	2,547	23,15
Total	11,005	100,00

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados de Santos (2025).

No trecho de montante, o padrão é semelhante, porém com maior proporção de áreas muito rápidas (31,87%), o que aponta para condições ainda mais propícias à infiltração quando comparado à jusante. Já que as classes, rápida (35,86%) e moderadamente rápida (28,01%) somam 63,87%, enquanto as categorias de menor infiltração totalizam apenas 4,26%. Isso pode refletir menor grau de impacto antrópico, maior cobertura vegetal ou solos menos sujeitos à compactação, fatores que corroboram o efeito positivo da vegetação sobre a infiltração, amplamente descrito por estudos de Hodnett et al. (1997) e Tomasella et al. (2000).

Considerando a bacia como um todo, observa-se uma distribuição integrada coerente com os padrões das porções de montante e jusante. Uma vez, que cerca de 67,31% da área

corresponde às classes rápida e moderadamente rápida, e 23,15% enquadra-se na categoria muito rápida. Os resultados demonstram que a bacia possui elevada capacidade de absorção de água no solo, o que pode reduzir a geração de escoamento superficial e amortecer picos de cheia, que como explicado por Nearing et al. (2005) são mecanismos fundamentais para a manutenção do regime hidrológico amazônico. No entanto, a diferença relativa entre jusante e montante sugere que pressões antrópicas, como desmatamento ou compactação do solo, tendem a reduzir a capacidade de infiltração na bacia objeto do presente trabalho, bem como o aumento a potencialidade de ocorrência de alagamentos e inundações, conforme LAL (1998).

6 CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou a capacidade de infiltração dos solos superficiais na porção de montante da Bacia Hidrográfica do Igarapé Grande. Para tanto, foi aplicado o método de infiltrômetro de cilindro de anel único (ICU) em 22 pontos. Assim, tornou-se possível caracterizar a dinâmica infiltrativa local e avaliar a relação dos padrões de uso e cobertura com a capacidade de infiltração do solo, bem como o potencial de escoamento superficial.

A análise das taxas de infiltração considerando variações de declividade demonstrou que o relevo não constitui o principal fator controlador da infiltração na bacia. Tanto na Jusante quanto na Montante. Logo, o comportamento infiltrativo é dominado pelas condições estruturais, pela qualidade física do solo e uso e ocupação. A heterogeneidade foi expressiva, com taxas variando de 7,57 a 2.394,41 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ na porção jusante e de 7,09 a 816,33 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ na Porção montante. A dispersão elevada, refletida nos altos valores de variância, 279.581,84 na Jusante e 56.022,22 na Montante. Tais valores confirmam que fatores como textura, macroporosidade, selamento superficial, compactação e uso e ocupação do explicam mais a variabilidade do que o gradiente de infiltração ao longo da bacia do Igarapé Grande.

Os resultados evidenciaram, ainda, que a infiltração varia em conformidade com os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. Em ambas as porções da bacia, a floresta ombrófila apresentou o maior potencial de absorção de água, com medianas de 112,74 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ na jusante e 483,35 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ na Montante, refletindo elevada macroporosidade, elevada proporção de poros estruturais e presença de serapilheira. A vegetação residual apresentou comportamento intermediário, porém marcado por forte heterogeneidade espacial. Por outro lado, as classes de solo exposto, bem como áreas de baixa e média impermeabilização, exibiram as menores taxas de infiltração, com medianas variando de 7,09 a 31,31 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Portanto, evidenciando a influência direta da degradação superficial, do selamento e da compactação. Essa organização estabelece um gradiente ao longo de toda a bacia, seguindo a sequência: floresta ombrófila, vegetação residual, solo exposto e, por fim, áreas impermeabilizadas. Por conseguinte, confirmando o papel determinante do uso e cobertura no controle da infiltração em ambientes tropicais úmidos.

A comparação entre as taxas observadas e as estimativas de escoamento superficial simuladas via método *curve number* (CN) demonstrou que as classes com maiores taxas de infiltração apresentaram os menores volumes de escoamento gerado em todos os tempos de retorno, enquanto superfícies degradadas mostraram maior propensão à geração de escoamento. Na porção montante, a floresta ombrófila apresentou escoamentos mínimos, entre 5 e 15 mm,

mesmo em TR100, ao passo que o solo exposto superou 115 mm. Resultados semelhantes foram observados na jusante, confirmando que a redução da capacidade de infiltração em áreas antropizadas amplia significativamente o escoamento superficial e o risco de alagamentos, conforme previsto pela lógica do método CN.

A infiltração na bacia do Igarapé Grande é elevada na maior parte da área, com predominância das classes rápida e moderadamente rápida em 67,31%. Todavia a distribuição espacial é sensível à degradação da cobertura vegetal e à compactação do solo. A montante apresenta condições mais homogêneas e valores mais elevados devido ao menor impacto antrópico, enquanto a jusante concentra as menores taxas e maior variabilidade, associadas à presença de solos expostos, áreas aterradas e ambientes mais urbanizados.

Portanto, a capacidade de infiltração dos solos do Igarapé Grande é alta em áreas preservadas, moderada em superfícies parcialmente alteradas e drasticamente reduzida em ambientes degradados. Esses achados demonstram que o manejo adequado da cobertura vegetal e o controle da impermeabilização superficial são fundamentais para a manutenção da infiltração, para a moderação do escoamento superficial e para a estabilidade hidrológica da bacia, contribuindo diretamente para a mitigação de riscos associados a alagamentos e inundações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. S. **Erosão hídrica e infiltração de água no solo em sistemas de cultivo, sob chuva simulada**. Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo 64f, Seropédica RJ, 2015. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/bitstream/20.500.14407/10694/3/2015%20-%20Wilk%20Sampaio%20de%20Almeida.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.
- ALVES, L. L. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas urbanas de Porto Velho-RO**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia, 2016.
- ALVES, M. A. B. Erosão hídrica, infiltração de água no solo e estoque de carbono em áreas de transição Cerrado-Amazônia, com diferentes usos e coberturas. 2023. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/18748>
- AMARAL, D. P. B.. Aplicação do modelo hidrológico SWMM na gestão das águas pluviais urbanas: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Morto, Rio de Janeiro. 89f. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.btd.uerj.br:8443/bitstream/1/10956/1/Daniele%20Pereira%20Batista_Pt1.pdf. Acesso em: 01 mai 2025.
- BEZERRA, S. F.; DELLA JUSTINA, E. E.; SAMPAIO, S. F.; ARAUJO, M. S.. **Diagnóstico, avaliação e monitoramento das áreas de risco na bacia do Igarapé Grande Porto Velho-RO**. Academia.edu, 2023. Disponível em: https://www.academia.edu/91292513/Diagn%C3%B3stico_Avalia%C3%A7%C3%A3o_e_Monitoramento_Das_%C3%81reas_De_Risco_Na_Bacia_Do_Igarap%C3%A9_Grande_Porto_Velho_Ro. Acesso em: 7 mai 2025.
- BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **The Nature and Properties of Soils**. 14. ed. Prentice Hall, 2008.
- BRITO, A. S.; COSTA, M. L.; SOUZA, F. T. Dinâmica sedimentar e alterações geomorfológicas em bacias urbanas amazônicas: um estudo de caso em Porto Velho, RO. *Revista Geociências Amazônicas*, v. 8, n. 2, p. 45-58, 2022.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, W. L. C. Avaliação de métodos para determinação da infiltração de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, 2001.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, W. L.C. Avaliação de métodos para determinação da infiltração de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000200025>. Acesso em: 6 mai 2025.
- COSTA, F. S.; LIMA, R. A.; PEREIRA, M. G. Avaliação de métodos de infiltração em solos tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20190123>. Acesso em: 6 maio 2025.

DINOTTE, A. C. B. P.; SILVA, N. J.; SILVA, C. F. A.; SILVA, J. R. Interferência do avanço da urbanização no sistema hidrogeomorfológico na bacia do córrego Cercadinho, Belo Horizonte, MG. **Revista de Geografia**, v. 40, n. 1, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/256816>. Acesso em: 15 mar. 2025.

FREITAS, P. L. Métodos para determinação da infiltração de água no solo: **limitações e aplicações**. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 3, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.13083/1414-3984/reveng.v22n3p175-182>. Acesso em: 6 maio 2025.

GAROFOLO, L.; RODRIGUEZ, D. A. Impacto observado das mudanças no uso e cobertura da terra na hidrologia de bacias com ênfase em regiões tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasil, v. 42, p. 1–15, 2022. DOI: 10.4336/2022.pfb.42e201902069. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/2069>

GOUVÊA, R. M. **Alternativas para mitigação de riscos de inundações: estudo de caso da microbacia hidrográfica dos córregos Bambus/Custodinho**, Três Pontas/MG. 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/9a43f1d4-d10f-4b77-877b-89ba0d7e4c06>. Acesso em: 03 mai 2025.

HODNETT, M. G.; DA SILVA, L. P.; DA ROCHA, H. R.; CRUZ, M. G. Seasonal soil water storage changes beneath central Amazonian rainforest and pasture. **Journal of Hydrology**, v. 170, n. 1–4, p. 233–254, 1995

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

LAL, R. Soil quality changes under continuous cropping for seventeen seasons. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, n. 6, p. 1935–1941, 1998.

MARTINS, G. C.; RODRIGUES, R.; et al. Caracterização físico-hídrica de solos na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1860–1871, 2014.

NASCIMENTO, C. P.; SILVA, Maurício. A cidade de Porto Velho e as transformações no espaço urbano. **Ateliê Geográfico**, v. 18, n. 2, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/download/77785/41329/398821>. Acesso em: 5 abr. 2025.

NASCIMENTO, C. P.; SILVA, M.. A cidade de Porto Velho e as transformações no espaço urbano. **Ateliê Geográfico**, v. 18, n. 2, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/download/77785/41329/398821>. Acesso em: 5 abr. 2025.

NEARING, M. A.; PRUSKI, F. F.; OMARY, M. Modeling runoff and soil erosion in conservation tillage. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 60, n. 6, p. 313–320, 2005

OLIVEIRA, C. E. S. de; BERGAMI, G. N.; SILVA, D. R. V. da; MEDEIROS, C. G. de; RIBEIRO, T. de J.; SCANDOLARA, J. E. Carta Geológica da folha SC.20-Y-A-III, Igarapé Água Azul. Porto Velho: CPRM, 2021. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22189>. Acesso em: 6 mai. 2025.

OLIVEIRA, C. P. M.. PLATAFORMA DE ANÁLISE E SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA PLASH. **Ph. D. thesis**, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Cristiano-Oliveira->

2/publication/326331122_PLATAFORMA_DE_ANALISE_E_SIMULACAO_HIDROLOGICA_-_PLASH/links/5b4638b245851519b4b06d76/PLATAFORMA-DE-ANALISE-E-SIMULACAO-HIDROLOGICA-PLASH.pdf. Acesso em: 01 mai 2025.

PALHETA, J. V. B. et al. **Modelagem da capacidade de infiltração de diferentes cenários de pavimentos permeáveis na bacia do Una-Belém-PA**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará. 101f, Belém, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/16367/4/Dissertacao_ModelagemCapacidadeInfiltracao.pdf. Acesso em: 04 fev 2025.

PEREIRA, P. M.; SANTANA, M. C.P.; NETO, Manoel Cirício Pereira. Taxa de Infiltração de Água no Solo como Indicador de Degradação Ambiental em Unidades Geoecológicas no Município de Assú, Rn, Brasil. **Revista Eletrônica Casa de Makunaima**, 2024.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Manole, 2012.

RIBEIRO, A. C. M. et al. **Influência da geometria dos blocos e das encostas rochosas na dinâmica de queda de blocos: uma aplicação da teoria do caos**. Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 142f Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/bitstream/1/16346/2/Disserta%20a%20Alana%20da%20Costa%20Moreira%20Assis%20Ribeiro%20-%202020%20-%20Completa.pdf>. Acesso em: 02 mai 2025.

RONDÔNIA. **Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia. Zoneamento socioeconômico-ecológico do Estado de Rondônia: texto explicativo e mapas de geomorfologia, vegetação e solos**, escala 1:250.000. Porto Velho, 1999.

ROOSE, E.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, P. L. D. Un simple test de terrain pour évaluer la capacité d'infiltration et le comportement hydrodynamique des horizons pédologiques superficiels: méthode et exemples. **Cahiers Orstom, Série Pédologie (Spécial érosion:réhabilitation des sols)**, Paris, v. XXVIII, n. 2, p. 413-419, 1993.

ROSS, C. W. et al. Global hydrologic soil groups (HYSOGs250m) for curve number-based runoff modeling. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. 2018.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C.; OLIVEIRA, J. P.; VIEIRA, B. C. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

SANTOS, K. F.; BARBOSA, F. T.; Bertol, I.; Werner, R. de S.; Wolschick, N. H.; Mota, J. M. Study of soil physical properties and water infiltration rates in different types of land use. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 1, p. 87-98, 2018.

SAMPAIO, S. F.; JUSTINA, E. E. D.; BEZERRA, S. F. Características socioeconômicas dos moradores de área de risco da bacia do Igarapé Grande - Porto Velho (RO). **Revista Geonorte**, v. 14, n. 1, 2023. Disponível em:

<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1851>. Acesso em: 22 mar. 2025.

SILVA, A. C. et al. Influência de propriedades do solo na taxa de infiltração: porosidade, textura, umidade inicial e cobertura vegetal. **Geociências (UNESP)**, (artigo / relatório online), 2019. Disponível em:

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/download/13032/11563/79352>

SILVA, A. C. S. **Definição de padrões de plasticidade de solos através do cone de penetração, por comparação com o método de Casagrande**. 24f. 2013. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico do Porto (Portugal). Disponível em:

<https://www.proquest.com/openview/9c25142fded7bdeedbfbc63d251f768c/1?cbl=2026366&diss=y&pq-origsite=gscholar>. Acesso em: 02 jan 2025.

SILVA, E. R.; SOUZA, R. M. S.; MANIESI, V. A suscetibilidade para a ocorrência de enchentes e inundações a partir da análise morfométrica da bacia do Igarapé Grande Porto Velho, Rondônia. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 50, 2024. Disponível em:

<https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/76867>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SOUZA, L. F. Geologia e geomorfologia da bacia hidrográfica do Igarapé Grande, Porto Velho – RO. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2019.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. G. Soil water retention characteristics and their relationships with particle size distribution for central Amazonian soils. **Geoderma**, v. 83, n. 1–2, p. 33–58, 1998.

UNITED STATES. Soil Conservation Service. **National Engineering Handbook: Section 4 – Hydrology**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 1972.

VACCARI, Leonardo; MARTINEZ, Alexis Abounemer Neme Garcia. **Soluções não convencionais para controle de enchentes em grandes centros urbanos**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Civil. 106f, São Caetano do Sul, 2023. Disponível em:

<https://repositorio.maua.br/bitstream/handle/MAUA/472/CVN10.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: -1 mai 2025.

VIDALETTI, V. F.; Marins, A. C. de; Secco, D.; Rizzi, R. L.; Chang, P. Impact of land cover, slope and precipitation on soil water infiltration. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, 2021

