REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

HIERARQUIZAÇÃO MULTICRITERIAL DE ALTERNATIVAS DE MACRODRENAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BENFICA NA ÁREA URBANA DE BENEVIDES-PA, AMAZÔNIA, BRASIL

MULTICRITERIA RANKING OF MACRODRAINAGE ALTERNATIVES IN THE BENFICA RIVER BASIN IN THE URBAN AREA OF BENEVIDES-PA, AMAZON, BRAZIL

JERARQUÍA MULTICRITERIO DE ALTERNATIVAS DE MACRODRENAJE URBANO EN LA CUENCA DE RIO BENFICA EN BENEVIDES-PA, AMAZONIA, BRASIL

Marco Valério de Albuquerque Vinagre
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia
Universidade da Amazônia - UNAMA - Belém - Pará, Brasil
E-mail: valeriovinagre@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7650-9204

Natália Daniele de Lima Vinagre Fonseca
Faculty of Architecture, University of Lisbon, Lisboa, Portugal
E-mail: nataliafonseca@campus.ul.pt
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9535-6012

Márcia Rafaela Souza Vieira
Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano
Universidade da Amazônia - UNAMA - Belém - Pará, Brasil
E-mail: mrafaelaasouzaa@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4229-8258

Henrique da Silva Pizzo
Doutor em Engenharia Civil (Recursos Hídricos)
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - São Paulo/SP, Brasil
E-mail: henriquepizzo.estacio@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2334-1214

Alberto Carlos de Melo Lima
Doutor em Hidráulica e Saneamento
Universidade do Estado do Pará – UEPA - Belém – Pará, Brasil
E-mail: acmlima@uepa.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8752-7432

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Rodrigo Lauria Fonseca
Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano (PPDMU)
Universidade da Amazônia - UNAMA - Belém - Pará, Brasil
E-mail: rodrigolauriafonseca@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0007-6120-5244

Tony Carlos Dias da Costa
Doutorado em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará - UFPA - Belém- Pará, Brasil
E-mail: tony@ufpa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0762-3150

André Vicente do Rosario Marinho
Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano
Universidade da Amazônia – UNAMA - Belém - Pará, Brasil
E-mail: andrevicentemarinho@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4032-2752

Larissa Mourão Pantoja
Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano
Universidade da Amazônia – UNAMA - Belém - Pará, Brasil
E-mail: larissa.m.pantoja@hotmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7023-2742

Francisco Denis Pereira Chaves
Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano
Universidade da Amazônia - UNAMA - Belém -Pará, Brasil
E-mail: franciscodpchaves@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0003-7997-8190

Resumo

Estudou-se a Bacia Hidrográfica do Rio Benfica em Benevides-PA, na Amazônia, para auxílio na tomada de decisão no sentido de prevenir/minimizar alagamentos em suas áreas urbanas. Coletaram-se informações de textos científicos, dados de satélites e campo dessa bacia, com área de 61 km², dotada de canais em terreno natural e galerias em concreto. Com uso dos softwares QGIS, GISWATER e SWMM efetuou-se sua modelagem computacional sob efeito de chuva de período de retorno de 50 anos e preamar de até 4,20m, que não se propaga para as áreas urbanas devido suas elevações superiores a 19 m. Efetuou-se diagnóstico da situação atual e análise das seções dos condutos, propondo-se alterações de seções e rebaixamento de cota de 1m de trecho de canal a montante da BR-316, porém sem funcionalidade. Formularam-se mais nove alternativas considerando inserção de Unidades de Armazenamento. Efetuou-se a hierarquização multicritério dessas dez alternativas, segundo critérios técnicos, econômico-financeiros, ambientais e geral. Recomendou-se elaboração de projetos de engenharia, desassoreamento e melhoria das seções críticas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Palavras-chave: Manejo de águas pluviais. Análise multicritério. Benevides. Amazonia.

Abstract

Benfica River Basin in Benevides-PA, in the Amazon, was studied to aid in decision-making to prevent/minimize flooding in its urban areas. Information was collected from scientific texts, satellite and field data from this basin, with an area of 61 km², equipped with channels in natural terrain and concrete galleries. Using QGIS, GISWATER and SWMM software, its computational modeling was performed under the effect of rainfall with a return period of 50 years and high tides of up to 4.20 m, which do not propagate to urban areas due to their elevations above 19 m. A diagnosis of the current situation and analysis of the conduit sections were carried out, proposing changes in sections and a 1 m lowering of the channel section upstream of BR-316, but without functionality. Nine other alternatives were formulated considering the insertion of Storage Units. A multi-criteria ranking of these ten alternatives was carried out, according to technical, economic-financial, environmental and general criteria. It was recommended development of engineering projects, dredging and critical sections improvement.
Keywords: Management of rainwater. Multicriteria analysis. Benevides. Amazon.

Resumen

Se estudió la cuenca del río Benfica en Benevides-PA, en la Amazonia, para facilitar la toma de decisiones y prevenir/minimizar inundaciones en sus zonas urbanas. Esta cuenca, con una superficie de 61 km², dotada de canales en terreno natural y galerías de hormigón. Utilizando los softwares QGIS, GISWATER y SWMM, se realizó su modelado computacional bajo el efecto de precipitaciones con un período de retorno de 50 años y mareas altas de hasta 4,20 m, que no se propagan a las zonas urbanas debido a sus elevaciones superiores a 19 m. Se realizó un diagnóstico de la situación actual y un análisis de los tramos de conducción, proponiendo modificaciones en los tramos y un descenso de 1 m del canal arriba de la BR-316, pero sin funcionalidad. Se formularon otras nueve alternativas considerando la inserción de unidades de almacenamiento. Se realizó una clasificación multicriterio de estas diez alternativas, según criterios técnicos, económico-financieros, ambientales y generales. Se recomendó desarrollar proyectos de ingeniería, así como dragados y mejoras de secciones críticas.

Palabras clave: Gestión del agua de lluvia. Análisis multicriterio. Benevides. Amazonia.

1. Introdução

Os sistemas de drenagem urbana dividem-se em dois subsistemas: microdrenagem e macrodrenagem. Os condutos que recebem e conduzem as águas da chuva oriundas das construções, praças, ruas etc. constituem a microdrenagem. A macrodrenagem consiste na rede de drenagem natural, seja em seu estado original ou beneficiada na forma de componentes como canais, comportas, unidades de armazenamento e outros (CARNEIRO et al., 2011). No presente estudo foi elaborado modelo computacional do sistema de macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica nas áreas urbanas do

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

município de Benevides-PA, com o objetivo de auxiliar na tomada de decisões da gestão municipal em relação a prevenir/minimizar os alagamentos urbanos que ocorrem com cada vez maior frequência em Benevides, sob efeito das intensas chuvas amazônicas, causando transtornos ao sistema viário e prejuízos materiais. Para isso, considera-se o aproveitamento, adequação e melhoria de componentes já existentes, bem como a implantação de novos componentes necessários a essa finalidade, concebidos com uso de ferramentas de simulação computacional de eventos de precipitação intensa nessa bacia, possibilitando a análise e diagnóstico dos alagamentos urbanos, embasando a análise das causas e permitindo o desenvolvimento de alternativas para dar suporte técnico à tomada de decisão da Prefeitura de Benevides-PA. Para isto, procura responder a seguinte pergunta-chave: É possível estudar, conceber e hierarquizar alternativas para prevenir/minimizar os alagamentos urbanos que ocorrem com cada vez maior frequência em Benevides-PA, sob efeito das intensas chuvas amazônicas, com o uso de ferramentas computacionais como QGIS, GISWATER e SWMM.

2. Metodologia

2.1 Coleta de dados

Iniciou-se pela coleta de dados da Prefeitura Municipal de Benevides-PA (PMB); do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE); do Exército Brasileiro e dos satélites SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM) e ALOS PALSAR, sendo que este oferece imagens de alta (PRISM de 2,50 m PAN) e média (AVNIR-2 de 10 m colorido) resolução e também imagens Radar, de ótima qualidade radiométrica e geométrica; de estudos existentes relativos a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da área de estudo, com identificação das dimensões, definições e características físicas das bacias de contribuições (forma, tipo de solo, elevações, declividade, recobrimento vegetal; e cartas hipsométricas com delimitação e detalhamento das sub-bacias de contribuição, adequadas ao processamento computacional do modelo computacional. O Modelo Digital do Terreno (MDT), foi elaborado com base em Vieira (2022), com dados e imagens de satélite, do IBGE, de campo, entrelaçados

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

em modelo computacional hidrodinâmico sobre SWMM/GISWATER/QGIS com os shapefile das bacias hidrográficas urbanas e o Modelo Digital de Elevação (MDE) de 09 de setembro de 2009 com arquivos rasters (formato GeoTiff) oriundos do satélite ALOS/PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros. Esses dados estão disponíveis para download gratuito no site Vertex: Alaska Satellite Facility. Também foram levantados dados pluviométricos e equações de chuvas intensas da região; e coletadas informações das possíveis modificações futuras que ocorrerão nas bacias tais como projetos, plano diretor e tendências de ocupação.

2.2 Elaboração das alternativas

Para o estudo dos escoamentos e medidas estruturais porventura necessárias, utiliza-se modelagem computacional hidrodinâmica, optando-se pelo o uso das Equações de Saint-Venant, portanto considerando o modelo de transporte da Onda Dinâmica, por possibilitar uma análise computacional mais ampla e confiável, embora com tempo de processamento maior, pois leva em conta o armazenamento nos condutos, o ressalto hidráulico, as perdas nas entradas e saídas dos condutos, o remanso e o fluxo pressurizado. Considerando que o modelo calcula, de forma simultânea, os valores dos níveis de água nos nós e as vazões nos condutos, ele pode ser aplicado para qualquer tipo de traçado da rede de drenagem, mesmo àquele que contém nós com múltiplos divisores de fluxo a jusante ou às redes malhadas. Trata-se do método de resolução adequado para sistemas em que são importantes os fenômenos de ressalto hidráulico e remanso, originados por controles a jusante ou pela presença de elementos de regulação tais como orifícios e vertedores. O método de cálculo de transformação chuva-vazão deu-se pelo uso do SWMM, o qual, a partir da área das sub-bacias, do coeficiente de escoamento superficial, para o que foi adotado o Coeficiente CN (Curve Number), do National Resources Conservation Services (NRCS), que é um parâmetro que retrata o grau

de impermeabilização do solo em estudo, da série temporal de precipitação, utilizando-se o método de propagação de fluxo da onda dinâmica, que pode

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

representar condições como remansos, acumulações e resolve as equações completas unidimensionais de Saint-Venant, gerando resultados mais precisos que o método do fluxo em regime uniforme e da onda cinemática (os quais não devem ser aplicados no caso em estudo já que os fundos canais não apresentam declividade). O método da onda dinâmica considera a aplicação da equação da continuidade e da quantidade de movimento nos condutos e da equação da continuidade dos volumes nos nós. Com este modelo de transporte é possível representar o fluxo pressurizado quando um conduto fechado se encontra completamente cheio, de forma que a vazão que circula pelo mesmo pode ultrapassar o valor de vazão do tubo completamente cheio, obtido através da equação de Manning, o que também é adequado ao modelo simulado, no caso de travessias com seção plena, ou seja, 100% de capacidade. Inundações ocorrem no sistema quando a profundidade da água nas junções (nós) excede o valor máximo disponível nos mesmos. O excesso de vazão gerado pode ser perdido ou empoçar na parte superior do nó, reentrando posteriormente no sistema de drenagem. O modelo hidrológico foi concebido de modo a permitir simular cenários atuais e futuros, caracterizados pelo padrão de uso do solo e pelo conjunto de obras existentes e propostas, bem como o efeito de medidas estruturais de controle na fonte que forem propostas, tais como estruturas de retardamento, interceptação, armazenamento e infiltrações. Para conhecimento do problema, desenvolve-se diagnóstico da situação atual da macrodrenagem da área de estudo, com assistência dos programas livres QGIS, GISWATER e SWMM, sobre o MDT elaborado, utilizando a chuva de período de recorrência de cinquenta anos e os dados coletados. O Distrito Administrativo de Benevides (DABENE), que contém a área mais urbanizada e mais populosa do município, situado à margem direita da rodovia BR-316, que apresenta as situações mais críticas de transbordos e alagamentos, foi selecionado para estudo de soluções alternativas de macrodrenagem com uso de modelagem computacional. Esse estudo inicia-se pela modelagem da situação atual, para verificação e diagnóstico de sua funcionalidade ou não. Com base no modelo da situação atual, foram identificadas as seções

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

críticas, com transbordos, que corresponderam às galerias de travessias de importantes vias. A primeira alternativa elaborada foi a ampliação dessas seções críticas, entretanto, ainda assim não foi atingida a funcionalidade do sistema DABENE. Assim, verificou-se a necessidade de uso de unidades de armazenamento (UAs), e para isso foram identificadas seis áreas adequadas para implantação de UAs no DABENE, capazes de receber o volume de transbordamento dos canais. Essas UAs foram utilizadas na formulação de mais nove alternativas visando a funcionalidade da macrodrenagem no DABENE.

2.3 Análise Multicritério

Análise Multicritério consiste em um conjunto de técnicas que tem como propósito, auxiliar pessoas e/ou organizações na tomada de decisões acerca de um problema, em situações nas quais é necessário identificar prioridades, considerando, ao mesmo tempo, diversos aspectos (JANNUZZI et al., 2009). Segundo Castro (2002, 2007) a seleção de alternativas de projetos deve considerar mais de um critério, sendo importante considerar aspectos técnicos, econômicos, sociais, ambientais, ou outros que se mostrarem relevantes à comparação de um determinado conjunto de alternativas, de forma a torná-la mais abrangente e consistente. A metodologia desta etapa do estudo baseou-se em análise de multicritérios segundo Mendonça (2009) e Brito (2006) para a seleção da melhor alternativa considerando aspectos técnicos, econômicos e ambientais, a fim de minimizar os problemas de transbordos e alagamentos urbanos na BHRBB. Para a hierarquização das alternativas na análise assumiu-se expressões linguísticas/valores que estão relacionados a mensuração dos aspectos e critérios, portanto, as pontuações adotadas foram as seguintes:

Alta = 10; Médio = 5; Baixo= 0.

A pontuação geral da alternativa segundo os critérios e aspectos é dada por:

$$P_g = \sum_1^n \frac{\beta_c \cdot \sum_1^m \frac{\beta_c \cdot P_c}{\sum_1^n \beta_c}}{\sum_1^n P_c}$$

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

A pontuação geral da alternativa segundo os critérios e aspectos é dada por:

$$P_g = \sum_1^n \frac{\beta_c . \sum_1^m \frac{\beta_c P_c}{\sum_1^n \beta_c}}{\sum_1^n P_c} \quad (1)$$

Onde: β_a = Coeficiente do aspecto;

β_c = Coeficiente do critério;

P_a=Pontuação do aspecto na alternativa;

P_c=Pontuação da alternativa no critério.

Em seguida, as alternativas são hierarquizadas do menor para o maior valor de P_g. Conforme Brito (2006), a alternativa de menor valor apresenta maior proximidade da solução ideal.

3. Resultados e Discussão

3.1 Local de Estudo

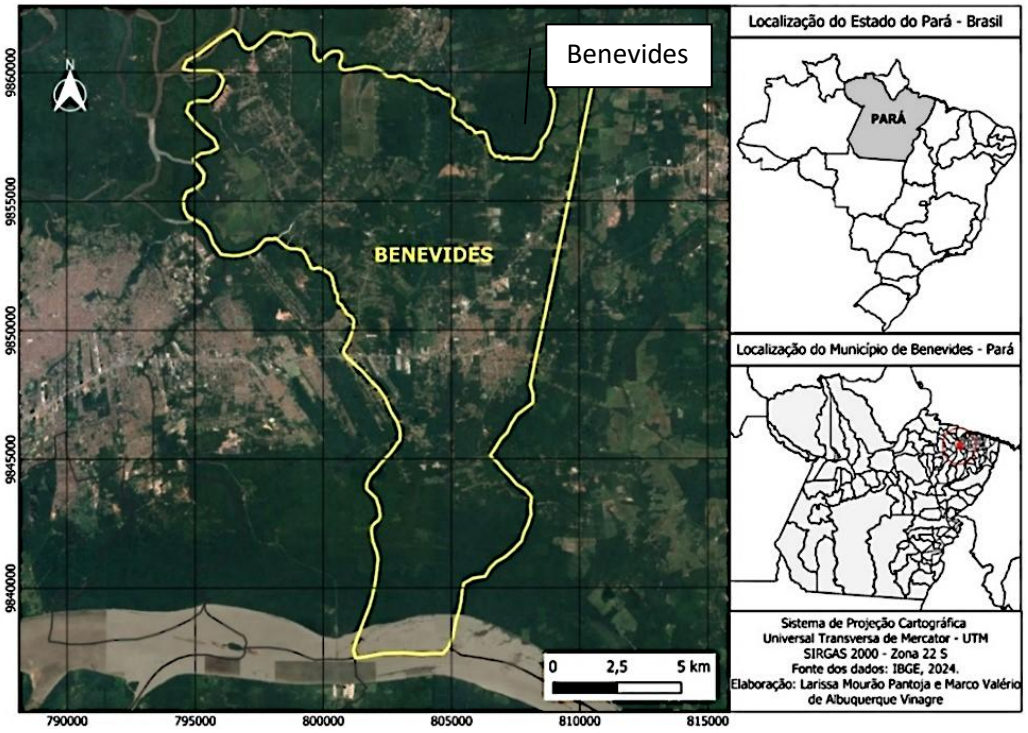
O município de Benevides-PA possui área de 187,82 km², localiza-se a latitude 01º21’41’’ sul e longitude 48º14’41’’.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 1. Localização do município de Benevides-PA.



Fonte: Autores (2025)

Observa-se na Figura 1 a localização do município de Benevides-PA, que se limita ao norte com o Município de Santa Bárbara do Pará, ao leste com Santa Isabel do Pará, ao Oeste com Ananindeua e Marituba, e ao Sul com o Rio Guamá; sendo um dos sete munícipios que integram a Região Metropolitana de Belém-PA.

O município de Benevides-PA subdivide-se em seis distritos administrativos:

I. Distrito Administrativo de Santa Maria (DASMA), com área urbana e rural;

II. Distrito Administrativo de Benfica (DABEN), com área urbana e rural;

III. Distrito Administrativo de Murinim (DAMU), com área urbana e rural;

IV. Distrito Administrativo de Benevides (DABENE), sede do município;

V. Distrito Administrativo de Paricatuba (DAPA), na zona rural;

VI. Distrito Administrativa de Taiassuí (DATAI), na zona rural

Em relação a cobertura vegetal, segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2016) e IBGE (2016), o município de Benevides-PA apresenta 53 km² de floresta, 8km² de corpos d'água e 127 km² de área desmatada. Benevides

CC BY

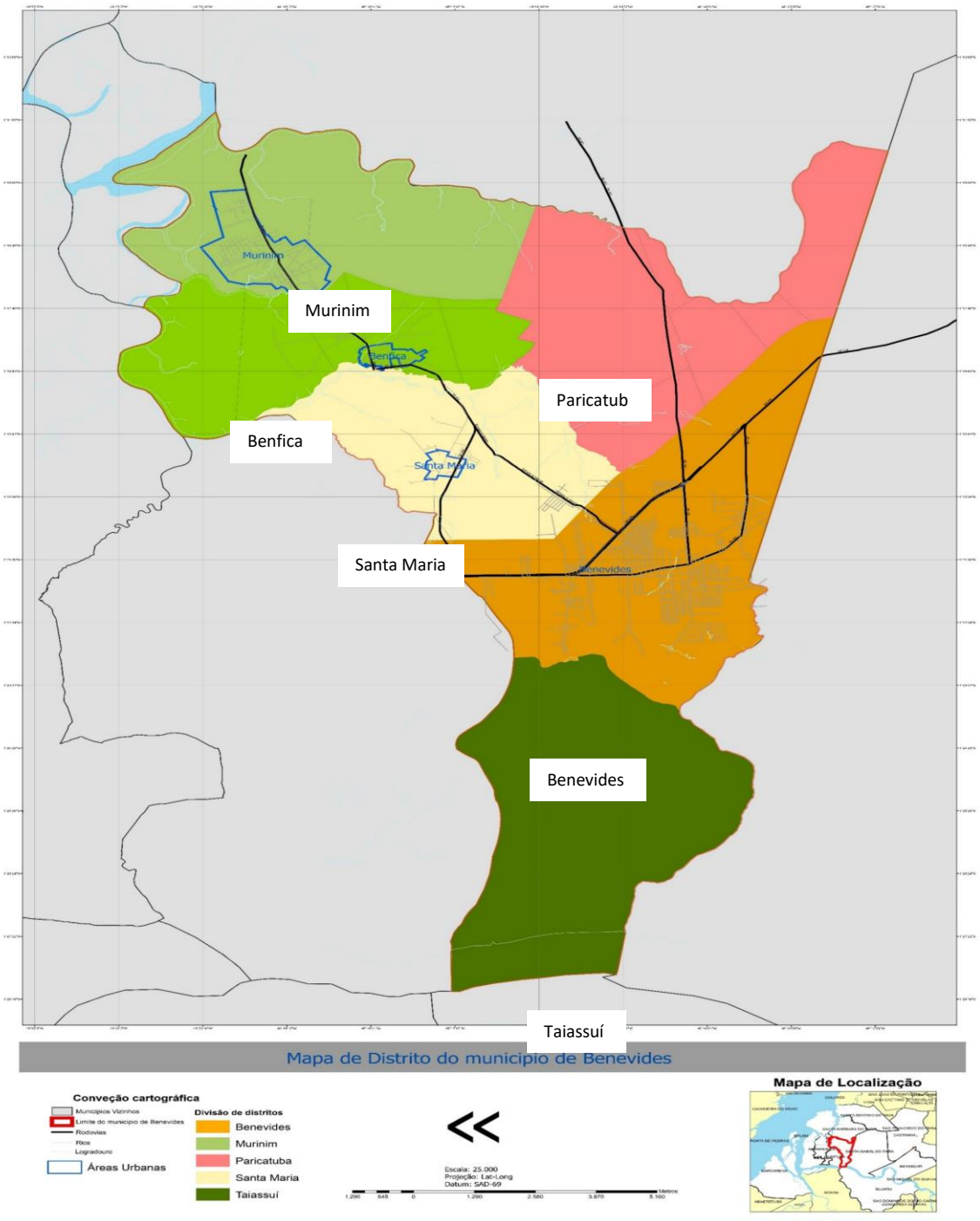
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

é notoriamente conhecido como o Município das Águas, tanto pela indústria de água mineral e cerveja, como por seus balneários.

A Figura 2 apresenta o mapa de distritos de Benevides-PA.

Figura 2. Mapa de distritos de Benevides-PA.



Fonte: Vieira (2019).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Observa-se na Figura 2 os seis distritos administrativos de Benevides-PA.

A Tabela 1 apresenta os dados censitários do crescimento populacional em Benevides, no período de 1991 a 2050.

Tabela 1. População, Área e Densidade Demográfica 2000 – 2050 de Benevides-PA.

Ano	População (Hab.)	Área (km²)	Densidade (Hab./km²)
2000	35.546	176,9	200,03
2010	51.651	187,83	274,42
2020 (1)	60.715	187,83	323,25
2030 (1)	71.370	187,83	379,97
2040 (1)	83.895	187,83	446,65
2050 (1)	98.618	187,83	525,04

(1) – Pop. estimada taxa de cresc. 1,63%a.a.
Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

Na Tabela 1 verifica-se que a população de Benevides-PA apresentou elevado crescimento populacional no período de 2000 a 2010, com taxa de 3,81% ao ano. Para estimar a população dos anos de 2010 em diante, utilizou-se a taxa de 1,63% ao ano, taxa média do crescimento populacional brasileiro no mesmo período.

A Bacia Hidrográfica do Rio Benfica apresenta urbanização desordenada às margens dos cursos d'água, suprimindo áreas verdes e potencializando processos erosivos e o assoreamento de rios, sendo predominantemente plana, com a maioria das direções de fluxo do escoamento superficial convergindo para a sua foz (sentido Norte-Noroeste). Os índices físicos apontam que a bacia apresenta tendência a enchentes e suscetibilidade a inundações. Verificou-se também, com a composição uso do solo, declividade e escoamento superficial que, sobre as áreas urbanizadas há o predomínio de pontos de concentração do fluxo de escoamento, nos quais há ocorrência de inundação. Silva Filho et al (2021).

Segundo IBGE (2010), a Bacia Hidrográfica do Rio Benfica possuí cerca de 134 km² de área, situando-se sua maior parte, cerca de 66,5 km², em Benevides,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

isso representando 49,6% do município (PAUNGARTTEN et al., 2016). Seu principal rio tem cerca de 19km, com nascentes próximas da área urbana central de Benevides, com dois ramos denominados de Igarapé do Trilho e Igarapé da Ana Parente se reunindo e formando o Rio Benfica. Essa BHRB apresenta permeabilidade média de 94%, e seu principal corpo d'água é o Rio Benfica, cujas cotas topográficas apresentam elevação de 9 a 50m.

A Tabela 2 apresenta as características e índices morfométricos da BHRB.

Tabela 2. Características e índices morfométricos da BHRB.

Características	Índices morfométricos	Valores Mensurados
Geometria da bacia	Área (km²)	129,39
	Perímetro (km)	53,01
	Fator de forma	0,57
	Índice de circularidade	0,58
	Coeficiente de compacidade	1,30
	Padrão de drenagem	Dendrítico
Relevo	Altitude mínima (m)	5
	Altitude máxima (m)	55
	Altitude média (m)	24
	Amplitude altimétrica (m)	50
	Declividade mínima (%)	0
	Declividade máxima (%)	14,84
	Declividade média (%)	2,09
	Índice de rugosidade	28,54
Rede de drenagem	Comprimento do rio principal (km)	17,62
	Comprimento total dos canais da bacia (km)	73,86
	Densidade de drenagem (km/km²)	0,57
	Índice de sinuosidade	1,46
	Ordem da bacia	4ª

Fonte: Silva Filho *et al* (2021)

Observa-se na tabela 2 as características e índices morfométricos da BHRB, com área de 129,39km², altitude mínima de 5m e máxima de 55m, circularidade de 0,58, padrão de drenagem dendrítico, ou seja, bastante ramificado, declividade média de 2,09%, mínima de 0% e máxima de 14,84%. Devido às pequenas declividades (portanto menores velocidades), circularidade (portanto menor tempo de concentração) e elevações (maior evaporação e precipitação), a BHRB

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

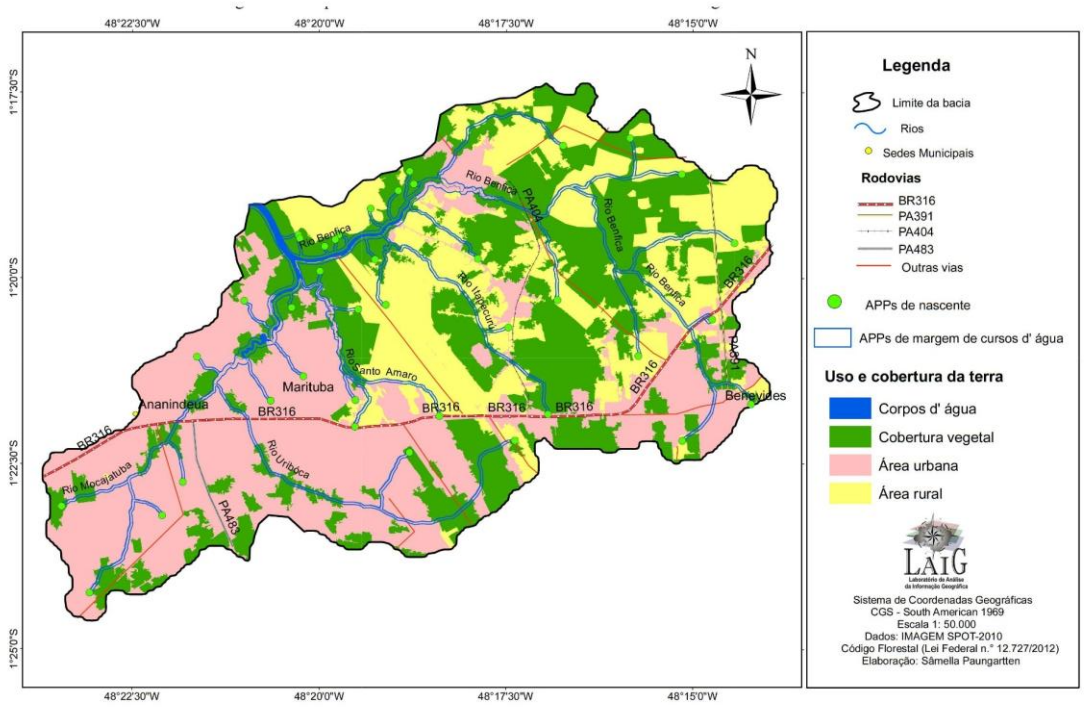
Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

apresenta tendencia mediana a inundações, segundo Silva Filho *et al* (2021). De fato, quando da ocorrência de chuvas importantes, verifica-se elevação do nível d´água que chega a ultrapassar a borda dos canais de drenagem causando transbordos e alagamentos.

Conforme Vieira (2019), a Bacia Hidrográfica do Rio Benfica, no município de Benevides-PA, apresenta rios com extensão 27.305m, largura de até 84m, profundidade de até 4,67m e volume de 10.711.585m³, com permeabilidade média de 94%.

A Figura 3 apresenta mapa de uso e cobertura do solo na BHRB.

Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Benfica



Fonte: Paungartten *et al.* (2016)

Observa-se na Figura 3 a ocorrência da ocupação urbana ao longo das rodovias. Segundo o Plano Diretor de Benevides-PA, o município é dividido em seis zonas: zona especial de interesse social, zona especial comercial industrial, zona Central, zona Intermediária, zona de Expansão e zona de Proteção Ambiental.

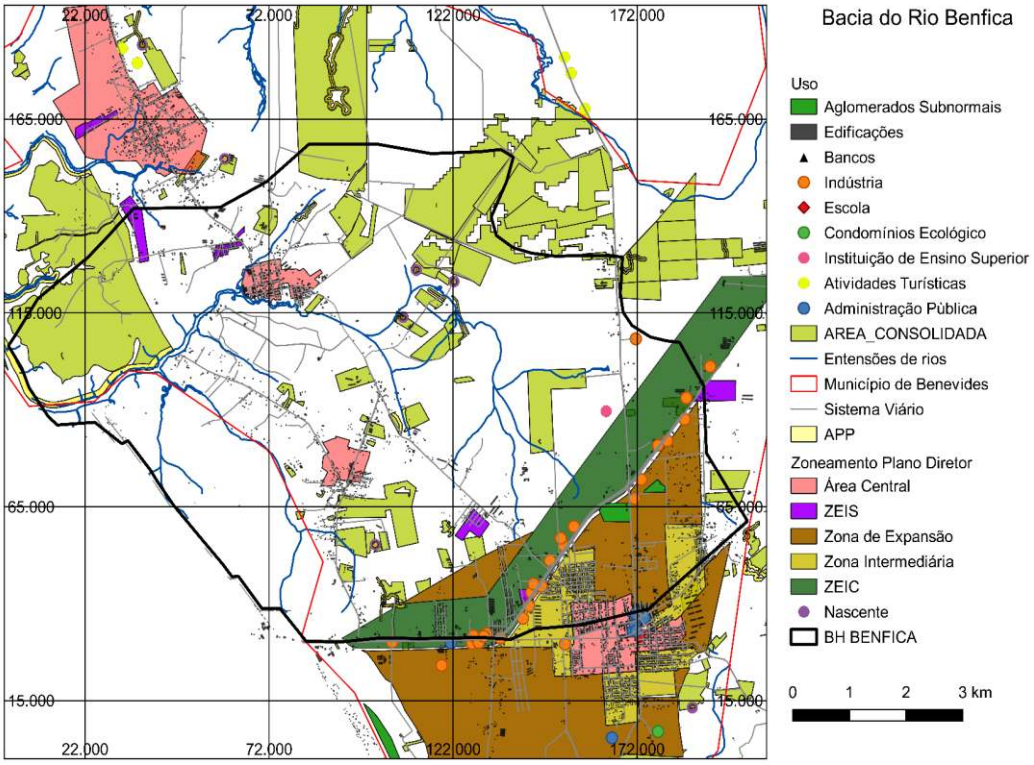
CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

A Figura 4 apresenta o mapa de uso do solo e zoneamento na Bacia Hidrográfica do Rio Benfica.

Figura 4. Mapa de Uso do Solo e Zoneamento na Bacia Hidrográfica do Rio Benfica.



Fonte: Vieira (2019).

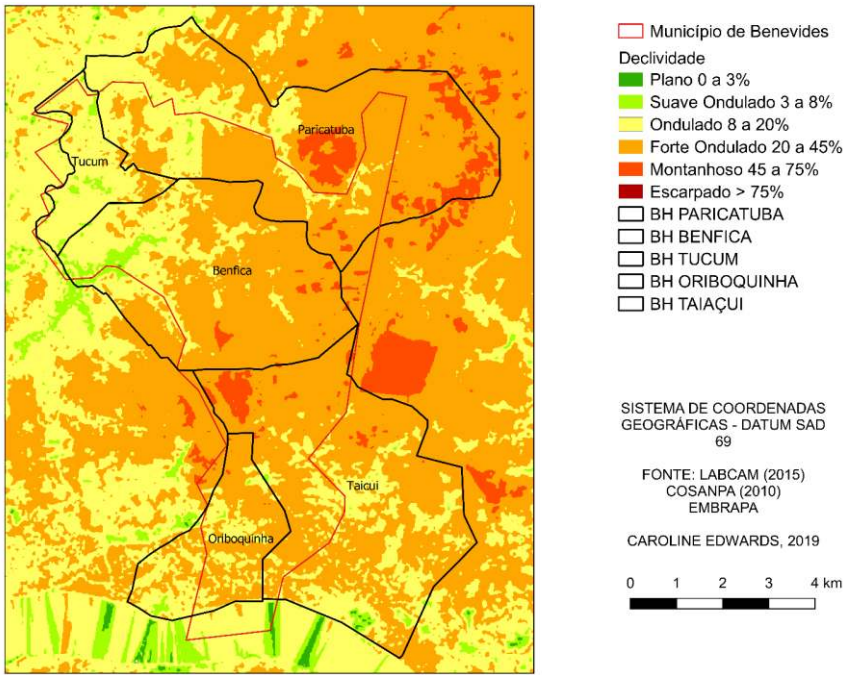
A tendência de ocupação de áreas dotadas de melhor infraestrutura viária e sanitária cresce, como resposta natural da sociedade aos benefícios e melhorias urbanas que são implementadas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 5. Bacias hidrográficas de Benevides-PA e suas declividades.



Fonte: Vieira (2019).

Observa-se na figura acima que as declividades das bacias variam de 0% 45%, conforme apresentado na legenda. A Bacia Hidrográfica do Rio Benfica – BHRB é a mais importante para as áreas urbanas de Benevides.

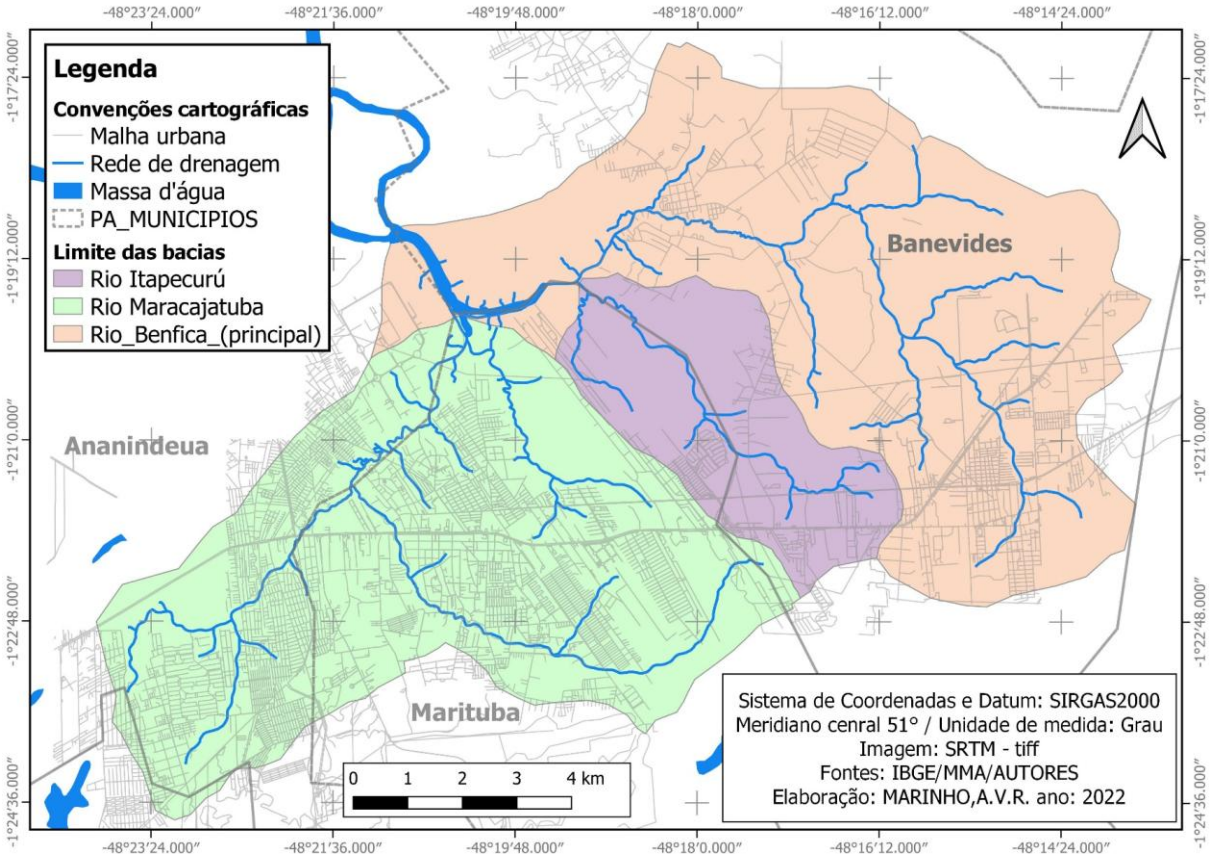
A Figura 6 mostra os municípios que integram a BHRB.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 6. Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 6 apresenta a Bacia Hidrográfica do Rio Benfica (BHRB), que abrange os municípios de Ananindeua, Marituba e Benevides.

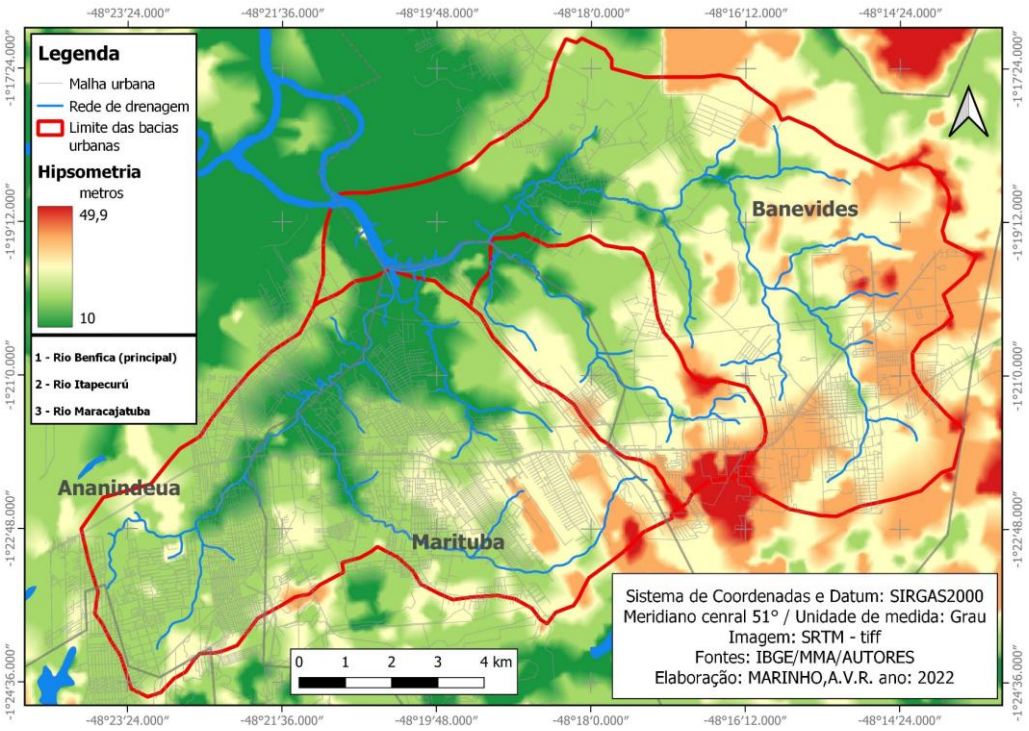
A Figura 7 apresenta a Hipsometria da BHRB.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 7. Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica.



Fonte: Autores (2022)

Na Figura 7 observa-se as cores indicando as elevações, sendo visível o arruamento e a rede natural de drenagem.

3.2. Diagnóstico da situação atual

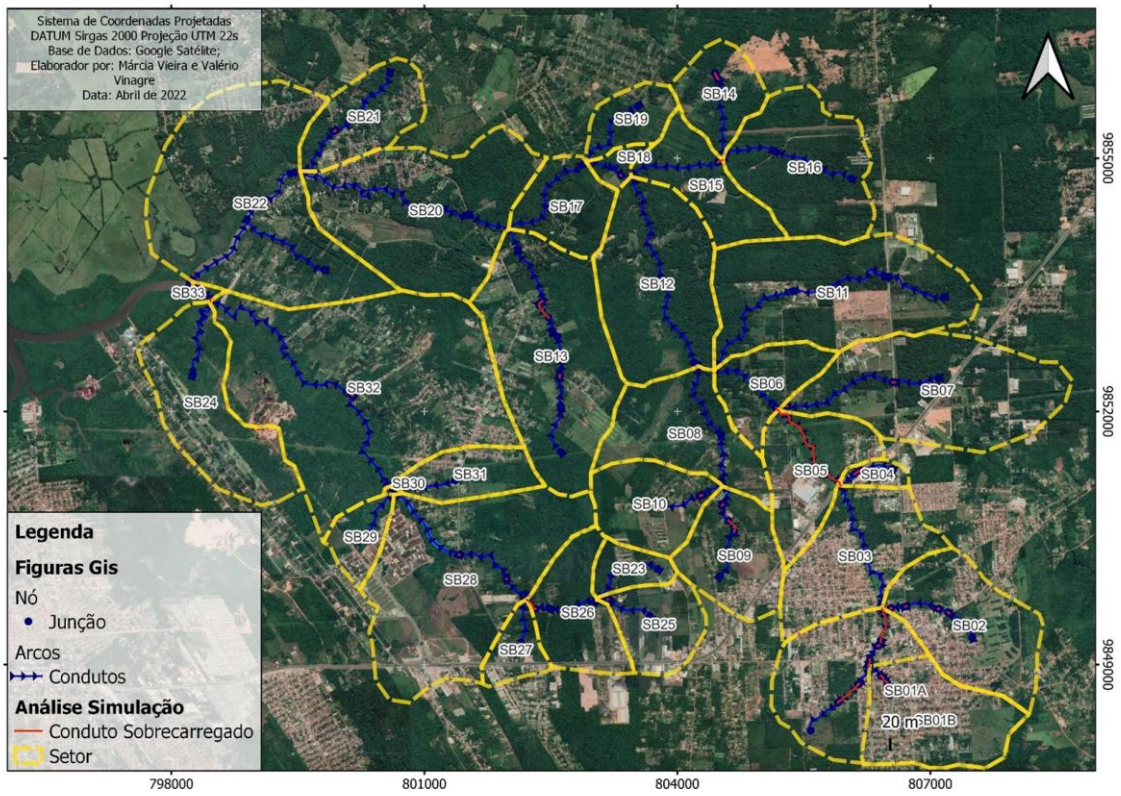
Apresenta-se a seguir mapa contendo a área da BHRBB, produzida com dados de satélites (SRTM e ALOS PALSAR) e do IBGE, contendo sub-bacias, canais e informações necessárias para processamento do modelo hidrodinâmico da BRHBB no SWMM sobre QGIS e assistência do GISWATER.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 8. Mapa das sub-bacias e canais da BHRBB para processamento do modelo.



Fonte: Autores (2025).

Observa-se na Figura 8 as sub-bacias da BHRBB delimitadas por linhas amarelas, condutos traçados em linhas azuis, ou vermelhas, caso haja sobrecarga. A BRHBB foi subdividida em 34 Sub-Bacias, com respectivas características de uso do solo, permeabilidade, declividade, topografia; nós, com suas elevações; e condutos, com declividade, *offsets*, seções, rugosidades.

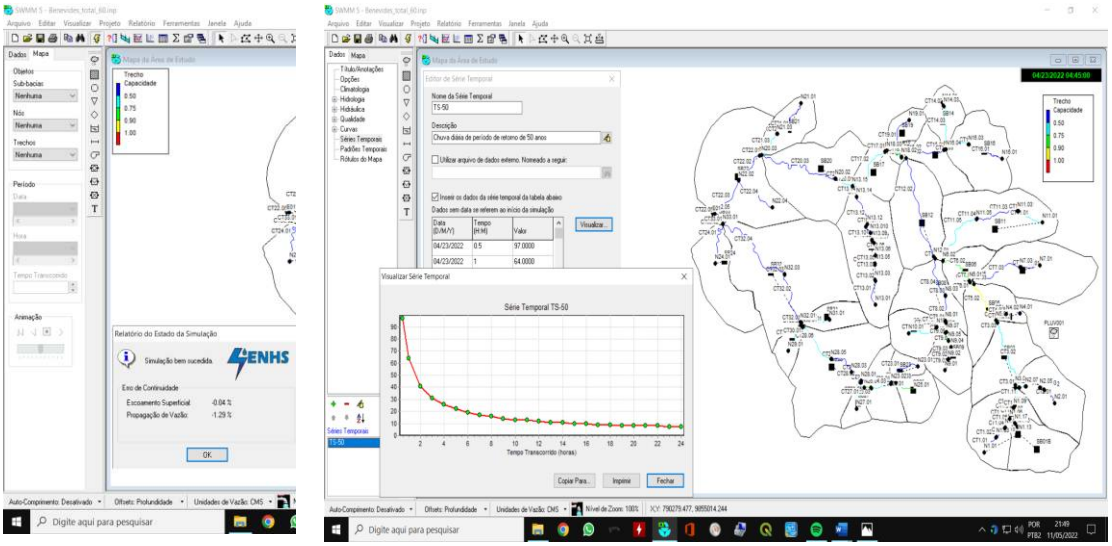
A Figura 10 mostra o resultado da simulação sob incidência de chuva diária com período de retorno de 50 anos (T50).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 9. Telas do SWMM com resultado e série temporal T50 da BHRBB.



Fonte: Autores (2022).

Observa-se na Figura 9 a elevada precisão dos resultados, com erros de continuidade de -0,04% para escoamento superficial e -1,29% para propagação de vazão, bastante inferiores ao limite aceitável de +-5%. A série temporal utilizada foi a chuva diária de período de retorno de 50 anos (T50), com chuva acumulada de 172mm em 24 horas, obtida a partir de Souza (2012). No exutório da BHRBB a máxima vazão foi de 5,5m³/s e a velocidade máxima de 1,97m/s, consideradas compatíveis com as condições da bacia, pois velocidades da ordem de 2m/s são encontradas em outros rios paraenses em momentos de chuva intensa e de marés vazantes.

A área mais urbanizada de Benevides situa-se no Distrito Administrativo de Benevides (DABENE) e se constitui em sua sede, e apresenta eventos de transbordos e alagamentos importantes. Por este motivo, este estudo indica esta área apresenta as bacias prioritárias.

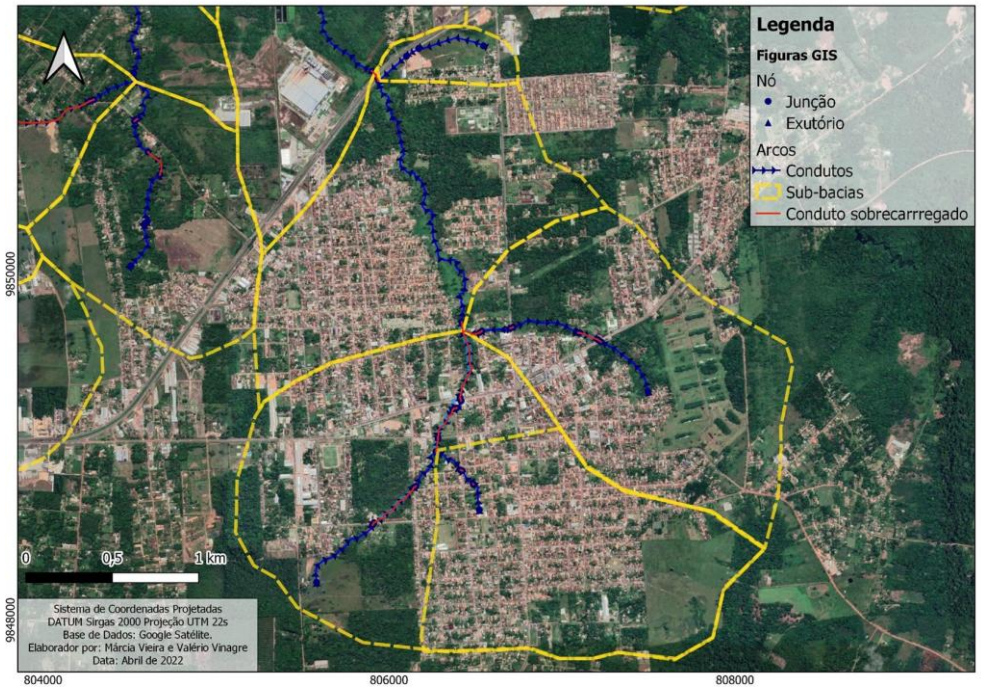
A Figura 11 apresenta tela do SWMM para a simulação do comportamento hidráulico das cinco sub-bacias da BHRBB-DABENE, destacada da simulação geral da BHRBB, sob incidência de chuva diária com período de retorno de 50 anos.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 10. Imagem das sub-bacias e condutos da sede de Benevides (BHRBB-DABENE) utilizada no SWMM.



Fonte: Autores (2022)

A Figura 10 mostra a área urbana da sede de Benevides, distrito DABENE, com suas cinco sub-bacias delimitadas por linhas amarelas, seus condutos em azul, ou vermelho, se sobrecarregados. Com relação ao seu comportamento hidráulico, esses canais apresentam transbordos e alagamentos importantes, conforme ocorrido em chuva severa no dia 29/03/2022. Nessa ocasião, na Av. Joaquim Pereira de Queirós, esquina com Rua Miranda Mateus, local onde se situa o cartório do Único Ofício de Benevides-PA, ocorreu sobrelevação de cerca de 0,50m sobre o nível da pista de rolamento.

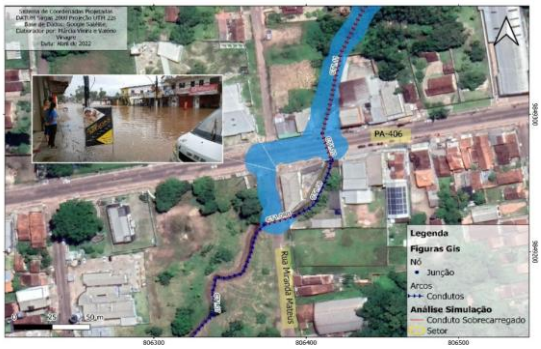
A Figura 11 apresenta mapas de alagamentos ocorridos no DABENE em chuva severa no dia 29/03/2022.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

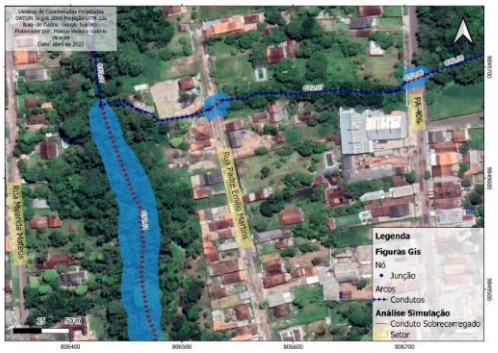
Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 11. Mapas de alagamentos ocorridos no DABENE no dia 29/03/2022.

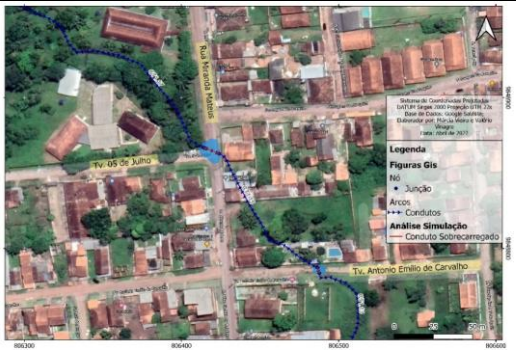
<table>
<tr>
<td>

Av. Joaquim Pereira de Queirós com Rua Miranda Mateus</td>
<td>

Igarapé do Trilho, Tv. 5 de Julho e Tv. Antônio Emílio de Carvalho.</td>
</tr>
<tr>
<td>

Igarapé do Trilho com Av. João Fanjas</td>
<td>

Rua Padre Emilio Martins</td>
</tr>
<tr>
<td>

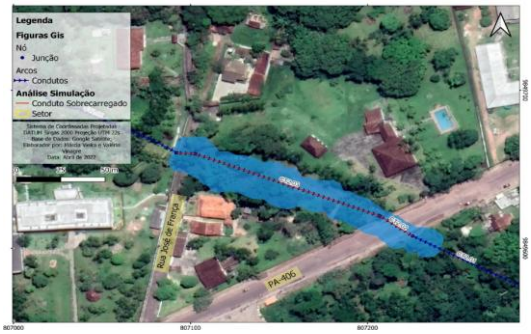
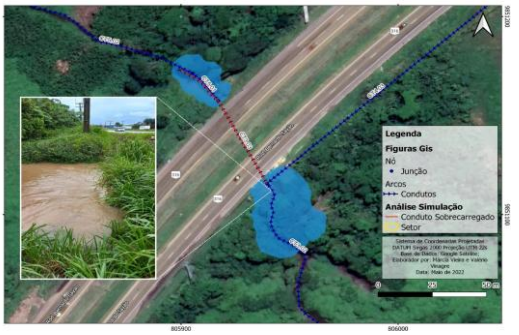
Av. Perimetral Sul</td>
<td>

Tv. Antônio Emilio de Carvalho</td>
</tr>
</table>

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

	
Rua José de França e PA-406	Rio Benfica na galeria da rodovia BR-316

Fonte: Autores (2022)

A Figura 11 mostra a galeria de travessia do Rio Benfica sob a BR-316 afogada. A pista de rolamento da BR-316 não foi alagada devido sua elevação de 3 m sobre a laje superior de sua galeria em concreto de seção 2m X 2m, sendo que o nível d'água no canal atingiu 1,5m sobre essa laje, faltando 1,5m para atingir o nível da pista.

3.3. Formulação de alternativas

A partir do diagnóstico da situação atual sem funcionalidade, formulou-se como 1.a Alternativa a ampliação de área das seções críticas, nas travessias com transbordos, a qual ainda assim apresentou transbordos, portanto sem funcionalidade.

Para a formulação de mais alternativas, dotadas de funcionalidade, estudou-se o uso de áreas livres passíveis de uso para a implantação de sistemas de detenção, retenção ou retardamento do escoamento, preferencialmente em áreas públicas sem edificações. Tendo em vista esse objetivo, entretanto pelo princípio da cautela, indica-se como áreas potenciais para uso com a finalidade de componentes de acumulação (Unidades de Armazenamento, bacias de detenção, retenção ou retardamento), as áreas indicadas na conforme a Figura 13, que apresenta as Sub-bacias 01(subdividida em 01A e 01B), 02, 03, 04, seus nós, condutos e localização proposta para potenciais unidades de armazenamento da BHRBB no DABENE.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Figura 12. Áreas potenciais para Unidades de Armazenamento.



Fonte: Autores (2022)

Observa-se na Figura 12 a localização de áreas não edificadas, proposta para potenciais Unidades de Armazenamento: UA01(BR-316), UA02(Queirós), UA03(Bosque), UA04(Fanjas), UA05(Perimetral) e UA06(PA-391), assinaladas em vermelho, adequadas para detenção, acumulação ou retardamento de escoamento, recebendo implantação de Unidades de Armazenamento (UAs), de modo a prevenir/minimizar alagamentos em sub-bacias do DABENE. As seções críticas de macrodrenagem da BHRBB no DABENE ocorreram nos condutos de travessias das seguintes vias: Av Perimetral Sul, Rua Luiz Pretestato de Souza, Av. João Fanjas, Rua Miranda Mateus, Av Joaquim Pereira de Queirós, Rua Miranda Mateus com Rua 5 de Julho, Rua José França, PA-406, Rua Padre Emilio Martins, BR-316, Rua Waldemar Carvalho.

Para as soluções alternativas elaboradas e estudadas, todas partem do pressuposto de melhorar as seções críticas identificadas no Diagnóstico da Situação Atual, bem como rebaixar a cota Nó N1.12 de 20m para 19m. Para cada solução alternativa ocorre a inserção de uma Unidade de Armazenamento ou mais, buscando atingir funcionalidade nas seções críticas da BHRBB no DABENE.

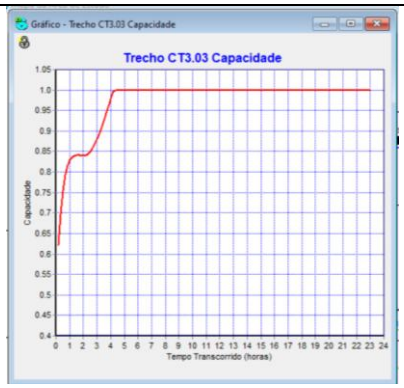
CC BY

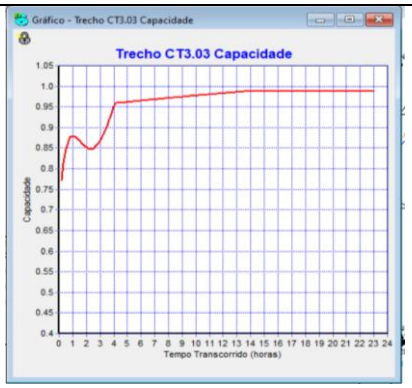
REMUNOM
ISSN 2178-6925

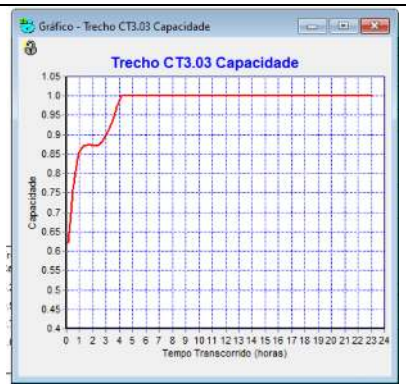
Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

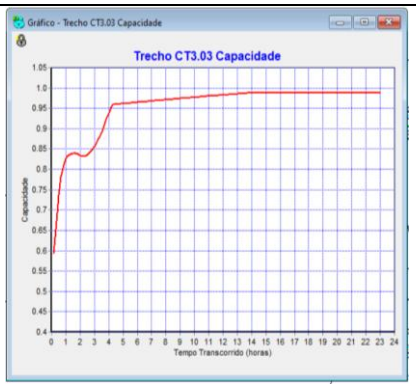
A Figura 13 apresenta gráficos da capacidade do conduto de travessia da BR-316 para as alternativas em estudo. Se não ocorrem transbordos nessa ou outras seções, há funcionalidade (F). Caso haja transbordo, não há funcionalidade (NF).

Figura 13. Capacidade do conduto da travessia da BR-316 segundo as alternativas.

<table>
<tr>
<td>

1.a ALTERNATIVA (NF) - Alteração de seções, rebaixo em 1,00m do N1.12.</td>
<td>

2.a ALTERNATIVA (F) - Acrescenta UA01_BR-316</td>
</tr>
<tr>
<td>

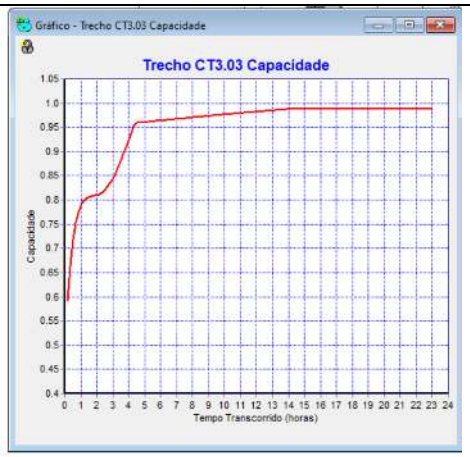
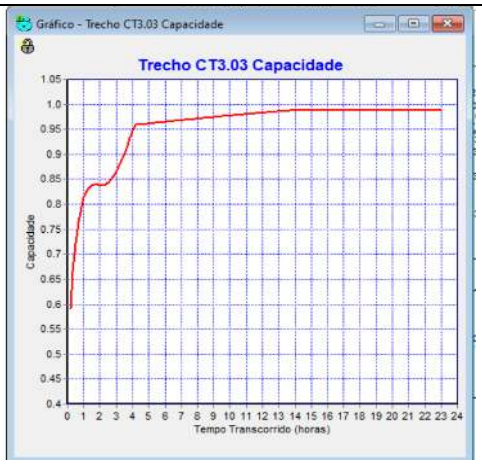
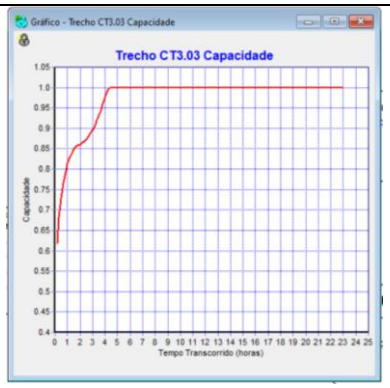
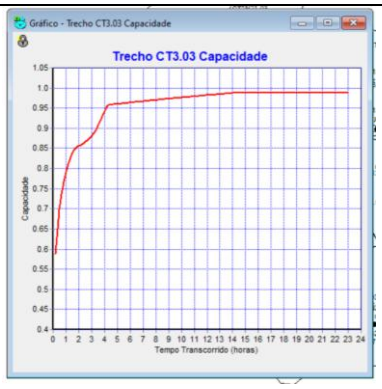
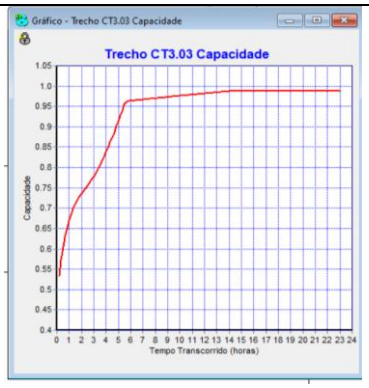
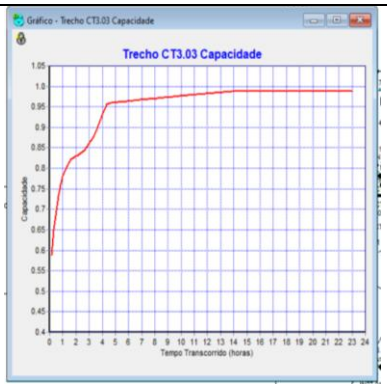
3.a ALTERNATIVA (NF) - Acrescenta UA02_QUEIRÓS</td>
<td>

4.a ALTERNATIVA (NF) - Acrescenta UA03_BOSQUE</td>
</tr>
</table>

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

	
5.a ALTERNATIVA (F) - Acrescenta UA04_FANJAS	6.a ALTERNATIVA (F) - Acrescenta UA05_PERIMETRAL
	
7.a ALTERNATIVA (NF) - Acrescenta UA06_PA-391	8.a ALTERNATIVA (F) - Acrescenta todas as UAs
	
9.a ALTERNATIVA (F) - Acrescenta UA01BR-316, UA03Bosque e UA06PA-391	10.a ALTERNATIVA (F) - Acrescenta UA01BR-316, UA03Bosque, UA04Fanjas, UA05Perimetral e

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

	UA06PA-391

Fonte: Autores (2022)

Observa-se na Figura 13 que embora a galeria da BR-316 ultrapasse 90% de sua capacidade, não transborda com a inserção de qualquer uma das seguintes unidades de armazenamento: UA01(BR-316), ou UA03(BOSQUE), ou UA04(FANJAS), ou UA05 (PERIMETRAL).

3.4. Hierarquização multicriterial das alternativas propostas

As avaliações TÉCNICA, ECONÔMICO-FINANCEIRA E AMBIENTAL DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS a seguir utilizam critérios baseados em Boldrin (2014), Brito (2006), Mendonça (2009) e Vinagre (2021). Para a análise multicritério objetivando a hierarquização das alternativas, do tipo quanto menor melhor, assumiu-se valores para expressões linguísticas, como fuzzyficação simplificada, tornando possível a pontuação das alternativas e avaliação multicriterial das soluções estudadas. As expressões linguísticas e suas pontuações adotadas foram as seguintes: ALTO=10; MÉDIO=5; BAIXO=0.

A Tabela a seguir apresenta critérios, aspectos e coeficientes considerados na hierarquização das alternativas estudadas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Tabela 3. Critérios, aspectos e coeficientes utilizados na hierarquização multicriterial.

CRITÉRIO	COEFI-CIENTE	ASPECTO		Coeficiente	Soma
TÉCNICO	30%	INFRAESTRUTURA	NECESSIDADE ÁREA	10%	100%
			RISCO TRANSBORDO	40%	
		OPERAÇÃO / MANUTENÇÃO	GRAU DIFICULDADE	20%	
			RISCO LANÇAMENTO ESGOTOS	10%	
			RISCO FALHA COMPORTAS	20%	
ECONÔMICO-FINANCEIRO	30%	CUSTO INSTALAÇÃO	AQUISIÇÃO DE ÁREAS	10%	100%
			IMPLANTAÇÃO DE CANAIS	20%	
			UNIDADE ARMAZENAMENTO	20%	
		CUSTO OPERAÇÃO / MANUTENÇÃO	OPERAÇÃO	25%	
			MANUTENÇÃO	25%	
AMBIENTAL	40%	QUALIDADE ÁGUAS	POLUIÇÃO ESGOTO SANITÁRIO	35%	100%
		QUANTIDADE ÁGUAS	RISCO ALAGAMENTO	35%	
		PAISAGEM URBANA	CONTRIBUIÇÃO NEGATIVA	30%	
SOMA	**100%**				

Fonte: Autores (2022)

A Tabela 3 acima apresenta os critérios, aspectos e coeficientes para a hierarquização técnica, econômico-financeira, ambiental e geral das soluções alternativas elaboradas para prevenir/minimizar alagamentos na área do DABENE na BHRBB. Os diferentes critérios e aspectos considerados podem levar a resultados conflitantes, de modo que a solução mais econômica pode não ser a melhor ambiental, ou vice-versa. Assim, os pontos positivos e negativos, as vantagens e desvantagens das alternativas estudadas são considerados, sistematizados, tratados e ponderados, sob cada um dos enviesamentos utilizados,

CC BY

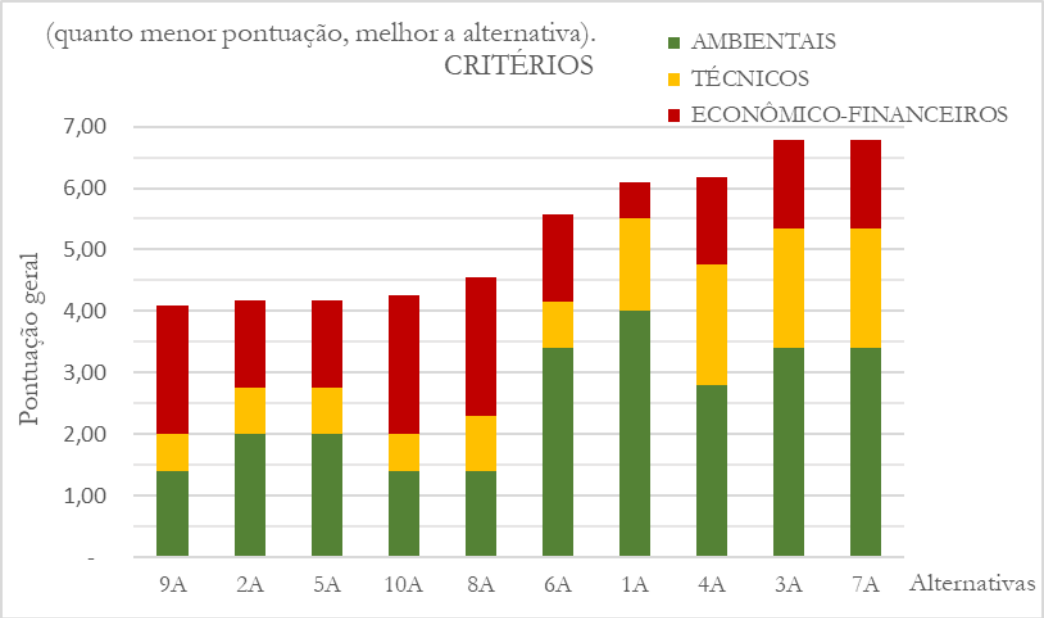
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

possibilitando uma análise comparativa e conjunta com o caráter multicriterial da análise desenvolvida, a fim permitir a interpretação da maior ou menor conveniência para a solução a ser adotada.

A Figura 14 apresenta a hierarquização multicriterial das alternativas.

Figura 14. Hierarquização multicriterial das alternativas.



Fonte: Autores (2022)

Observa-se na Figura acima pontuação geral por empilhamento de pontuação de critérios técnicos, econômico-financeiros e ambientais, sintetizando a hierarquização multicriterial das soluções alternativas elaboradas na busca da funcionalidade do sistema de macrodrenagem da BHRBB no DABENE. Quanto menor a pontuação, mais bem classificada a alternativa. A alternativa 9A obteve o primeiro lugar, seguida pelas alternativas 2A, 5A, 10A, 8A, 6A, 1A, 4A, 3A e 7A.

4. Conclusão

A partir da coleta de dados de satélites (SRTM e ALOS PALSAR), IBGE, Exército Brasileiro, e de campo, considerando toda a área da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica no município de Benevides-PA (BHRBB), desenvolveu-se a modelagem computacional dessa bacia com o uso dos softwares QGIS/GISWATER/SWMM, considerando efeito de maré e evento crítico para a ocorrência de alagamentos na bacia, que consistiu na ocorrência da chuva de período de retorno de 50 anos, para

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

investigar-se a funcionalidade do sistema de macrodrenagem dessa BRHBB, focando em prevenir/minimizar alagamentos nesse sistema de macrodrenagem, com formulação e hierarquização de dez soluções alternativas de macrodrenagem. Foram analisadas as seções dos condutos, propondo-se alterações nas seções com transbordos, e rebaixo de cota a montante da galeria na rodovia BR-316, que corresponde ao exutório do DABENE na BHRBB. Esta foi a 1.a Alternativa formulada, todavia sem funcionalidade, pois apresentou transbordos. Em seguida, além das melhorias de seção e rebaixo, estudou-se a inserção de seis Unidades de Armazenamento, cujas localizações e áreas se basearam em imagens de satélite, dados de campo e modelagem computacional. Foram formuladas mais nove alternativas, com uso individual das UAs para análise de seu efeito na funcionalidade e em seguida com combinações dessas UAs no sistema. Essas dez alternativas foram hierarquizadas segundo critérios e aspectos técnicos, econômico-financeiros e ambientais, para auxílio na tomada de decisão do município, resultando na seguinte hierarquização das alternativas, da melhor para a pior: 9A, 2A, 5A, 10A, 8A, 6A, 1A, 4A, 3A e 7A. A alternativa melhor classificada foi 9.a, que considera as melhorias das seções, o rebaixo, e as UAs da UA01_BR-316, UA03_Bosque e UA06_PA-391. Conclui-se, portanto, que é possível utilizar ferramentas computacionais como QGIS, GISWATER e SWMM para estudar, conceber e hierarquizar alternativas para prevenir/minimizar alagamentos urbanos que ocorrem com cada vez maior frequência em Benevides-PA, sob efeito das intensas chuvas amazônicas, para análise da situação atual, formulação e hierarquização de soluções alternativas de macrodrenagem, dotadas de funcionalidade, identificar medidas prioritárias como elaboração de projetos de engenharia e intervenções possíveis como limpeza, desassoreamento e melhoria das seções críticas de travessias indicadas, contribuindo muito positivamente para auxílio na tomada de decisão na implantação e gestão de um sistema de macrodrenagem funcional, útil, adequado, seguro e inteligente na BHRBB, com grandes benefícios para a população beneficiada.

AGRADECIMENTOS

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

Os autores expressam seu reconhecimento à Universidade da Amazônia (UNAMA), a Prefeitura Municipal de Benevides-PA, a quem agradecemos profundamente pelo apoio na presente pesquisa. Estendemos os agradecimentos ao grupo de pesquisa Modelagem Urbana e Ambiental (MURBA) pela colaboração acadêmica. Por fim, agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento concedido por meio de bolsa de estudos, recurso fundamental para o desenvolvimento e a viabilização desta pesquisa.

Referências

BENEVIDES. (2008). **Lei Municipal n.º 1.031, de 11 de outubro de 2006**. Plano Diretor do Município de Benevides.

BOLDRIN, A.J. **Avaliação do desempenho hidráulico de um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas**. Dissertação (Mestrado) – UNICAMP: Campinas, 2014.

BRITO, D.S. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. Dissertação (Mestrado) – UNB: Brasília, 2006.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira; MIGUEZ, Marcelo Gomes. **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. São Paulo: Annablume, 2011.

CASTRO, L. M. A. (2002). Proposição de indicadores para avaliação de sistemas de drenagem urbana. **Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, Brasil.

CASTRO, L. M. A. (2007). Proposição de metodologia para avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água. **Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, Brasil.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011). **Censo Demográfico 2010**, Área territorial brasileira.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2016). **Bases cartográficas 2016**. http://ww.mapas.ibge.gov.br/bases-ereferenciais/basescartograficas/cartas.html.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 08/07/2026 - **Accepted:** 18/08/2026
Vol: 13.18 - August
DOI: 10.66104/5qa0w476
Pages: 1-34

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019**). Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais**, Estimativas da população residente com data de referência 01 de julho de 2019.

JANNUZZI, P. de M., M., W. L., & SILVA, D. S. G. da. (2009). Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. Informática Pública, 11(1), pp. 69-87.

MENDONÇA, E.C. **Metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana**. Dissertação (Mestrado) – UNB: Brasília, 2009.

PAUNGARTTEN, S. P. L.; BORDALO, C. A. L.; LMA, A. M. M. **ANÁLISE EVOLUTIVA DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BENFICA (PA): PROCESSOS, DINÂMICA E TENDÊNCIAS.** Ambiente & Educação Revista de Educação Ambiental. Edição Especial V CBEAAGT, Vol. 21, n. 2, 2016.

SILVA FILHO, C. S.; ARAÚJO, S. R.; SODRÉ, S. S. V.; SANTOS, J. T. S. **Manejo de Bacias Hidrográficas e sua influência sobre os Recursos Hídricos: Estudo de Caso na Bacia Hidrográfica do Rio Benfica, Região Metropolitana de Belém/PA.** Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.03 (2021) 1458-1480. Disponível em https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe; Acesso em 07-04-2022.

SOUZA, R. O. R. de M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M. do; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, A. V. & SADECK, L. W. R. **Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará**. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.16, n.9, p.999–1005, 2012.

VIEIRA, C. E. **Análise Urbanístico-Ambiental da Ocupação das Bacias Hidrográficas de Benevides (PA).** 2019. Folhas 145. Dissertação. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPA. Pará.

VIEIRA, M. R. S. **Uso dos programas de código aberto QGIS, GISWATER e SWMM para o estudo de enchentes e alagamentos na Cidade de Paragominas-PA.** 2022. Dissertação de Mestrado–Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano, UNAMA. Pará.

VINAGRE, M.V.A.; VIEIRA, M.R.S.; LIMA, A.C.M.; LIBOS, N.M.C. & PONTE, M. J. M. **Hierarquização multicritério de alternativas de macrodrenagem urbana na bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA, Amazônia, Brasil**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, e76101119352, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19352 p. 1-15, ago. 2021.

CC BY