

O escoamento das águas superficiais pela rodovia Expresso Porto - Município de Porto Velho/RO



<https://doi.org/10.56238/sevened2023.006-085>

Márcio Diógenes do Nascimento

Geógrafo pela Universidade Federal de Rondônia
 E-mail: diogenespvh@hotmail.com

Catia Eliza Zuffo

Doutora do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Rondônia
 E-mail: catiazuffo@unir.br

Grasiela Rocha Torres Goveia

Mestra em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia
 E-mail: grasiela.torres@gmail.com

Osmair Oliveira dos Santos

Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia
 E-mail: osmairsantos@gmail.com

RESUMO

Os grandes projetos governamentais na Amazônia brasileira, particularmente a abertura de rodovias sempre ocasionaram forte impacto e diversas transformações territoriais marcadas por aspectos

relacionados à abundância de rios e suas consideráveis vazões, assim como a falta de manutenção de bueiros dispostos ao longo dessas vias. O objetivo desse artigo é demonstrar aspectos relacionados ao escoamento superficial na Rodovia Expresso Porto, no município de Porto Velho, Estado de Rondônia, Brasil, com ênfase nos três principais canais hidrográficos que cortam a Rodovia. A pesquisa apresenta uma abordagem quali-quantitativa com o emprego do método hipotético-dedutivo, procurando efetuar uma caracterização da área de estudo com pesquisa bibliográfica e o emprego de técnicas de sensoriamento remoto na elaboração de mapas temáticos. Os resultados apontam problemas em dois dos três bueiros analisados, não pela insuficiência de diâmetro para a vazão, e sim pelo desnível considerável em que foram colocados, bem como pela falta de manutenção para a retirada de solo e outros resíduos na entrada dos mesmos. Neste contexto, evidencia-se a importância de bons estudos topográficos para embasar futuras obras de engenharia semelhantes.

Palavras-chave: Rodovia, Expresso Porto, Drenagem, Vazão de Água.

1 INTRODUÇÃO

Em Rondônia, assim como em muitos estados brasileiros, as rodovias são de fundamental importância para o escoamento da produção e para melhorar a trafegabilidade das pessoas. Com a abertura da Rodovia Expresso Porto, o trânsito dentro do perímetro urbano da cidade de Porto Velho (RO) se tornou mais fluido, diminuindo os índices de acidentes e aumentando a qualidade de vida da população.

A abertura dessa estrada de 18 km de extensão levou à supressão vegetal em sua área de abrangência, que, associada a declividade do terreno, poderá ocasionar o carreamento mais rápido de sedimentos para o leito dos rios, aumentando a vazão, e, conseqüentemente, a erosão. Para Pinto (1976, p. 36), as trajetórias descritas pela água no seu movimento são determinadas, principalmente, pelas



linhas de maior declive de terreno e são influenciadas pelos obstáculos existentes. Nessa fase, temos o movimento das águas livres.

Segundo o DNIT (2005, p. 16),

Como os danos decorrentes da insuficiência de vazão dependem da importância da obra para o sistema, são diferentes os valores a serem adotados para o período de recorrência, variando conforme o tipo de obra. Assim, um bueiro de rodovia pode causar a erosão dos taludes junto à sua abertura à jusante, ruptura do aterro por transbordamento das águas, ou inundação de áreas a montante.

Valendo-se de publicações de diversos autores e utilizando ferramentas como o software livre com código fonte aberto de sistema de informações geográficas (QGIS) e visitas de campo para entender a dinâmica do meio físico em estudo, definiu-se como objetivo deste estudo demonstrar os aspectos relacionados ao escoamento superficial na Rodovia Expresso Porto, no município de Porto Velho, estado de Rondônia.

O texto é fruto de uma pesquisa de abordagem quali-quantitativa com o emprego do método hipotético-dedutivo, procurando efetuar a caracterização da área de estudo com pesquisa bibliográfica e o emprego de técnicas de sensoriamento remoto na elaboração de mapas temáticos, abordando aspectos intervenientes ao escoamento de drenagens existentes na rodovia e a realização do cálculo de vazão pelo método de flutuadores nos três principais igarapés, além da identificação de problemas ocasionados pela abertura da rodovia visando a adoção de medidas mitigadoras para os impactos mais comuns a este tipo de ação antrópica.

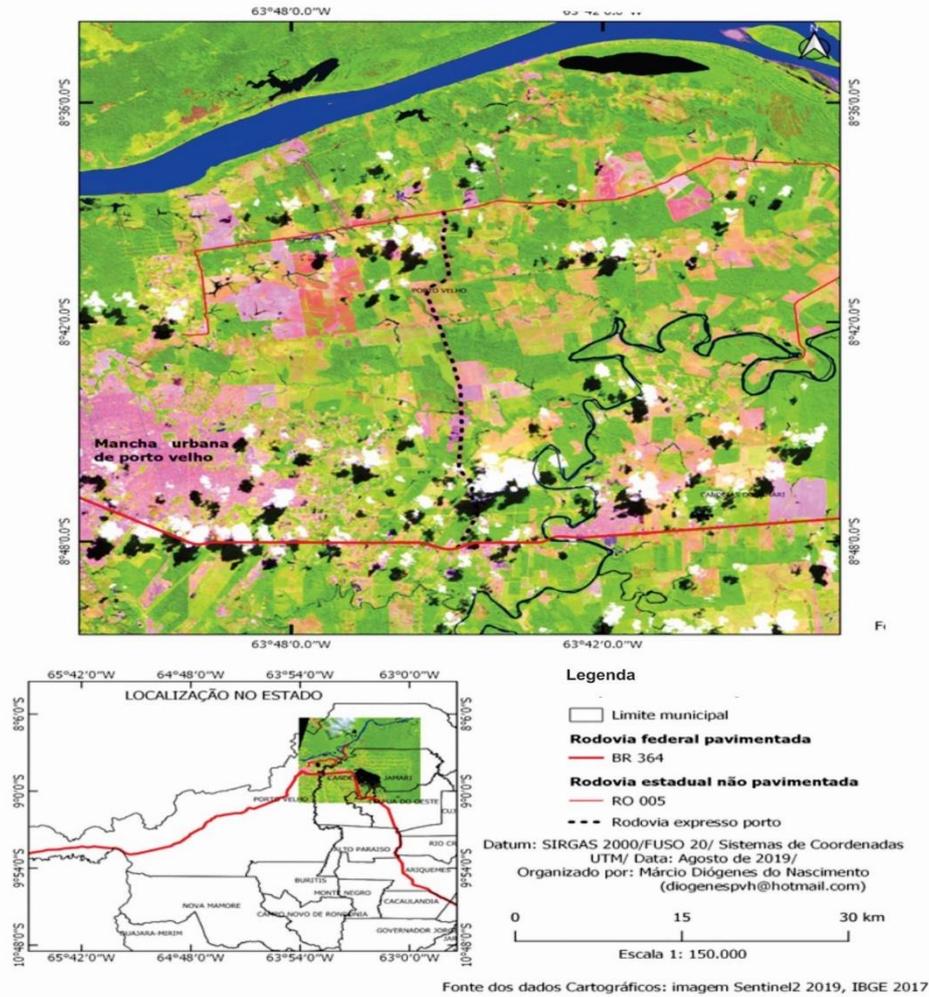
Além da parte conceitual, o artigo descreve características do meio físico da área em estudo, salientando a importância da abertura da Rodovia em questão para o desenvolvimento econômico do município. Apresenta também, aspectos intervenientes ao escoamento de drenagens, mostrando através de mapas a importância do estudo topográfico para a execução de obras de drenagens na região.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A Rodovia Expresso Porto possui uma extensão de 18 km e está localizada no município de Porto Velho (RO), Amazônia Meridional. Tem como trecho inicial a entrada pela BR-364 nas coordenadas geográficas de latitude 8°48'5.60"S e longitude 63°44'45.76"W e, final com as coordenadas geográficas de latitude 8°38'59.66"S e longitude 63°45'4.05"W, ligando a rodovia federal à RO-005, conforme apresentado na figura 1, a seguir.



Figura 1: Localização da Área de Estudo.



Fonte: Dos autores (2019).

2.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Quanto à temperatura, o clima do estado de Rondônia caracteriza-se por uma homogeneidade espacial e sazonal da temperatura média do ar, o mesmo não ocorrendo em relação à precipitação pluviométrica que apresenta uma variabilidade temporal e em menor escala espacial, ocasionada pelos diferentes fenômenos atmosféricos que atuam no ciclo anual da precipitação (SEDAM, 2002, p. 3). Ainda de acordo com a Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental – SEDAM (RO), pelos parâmetros da classificação de Köppen:

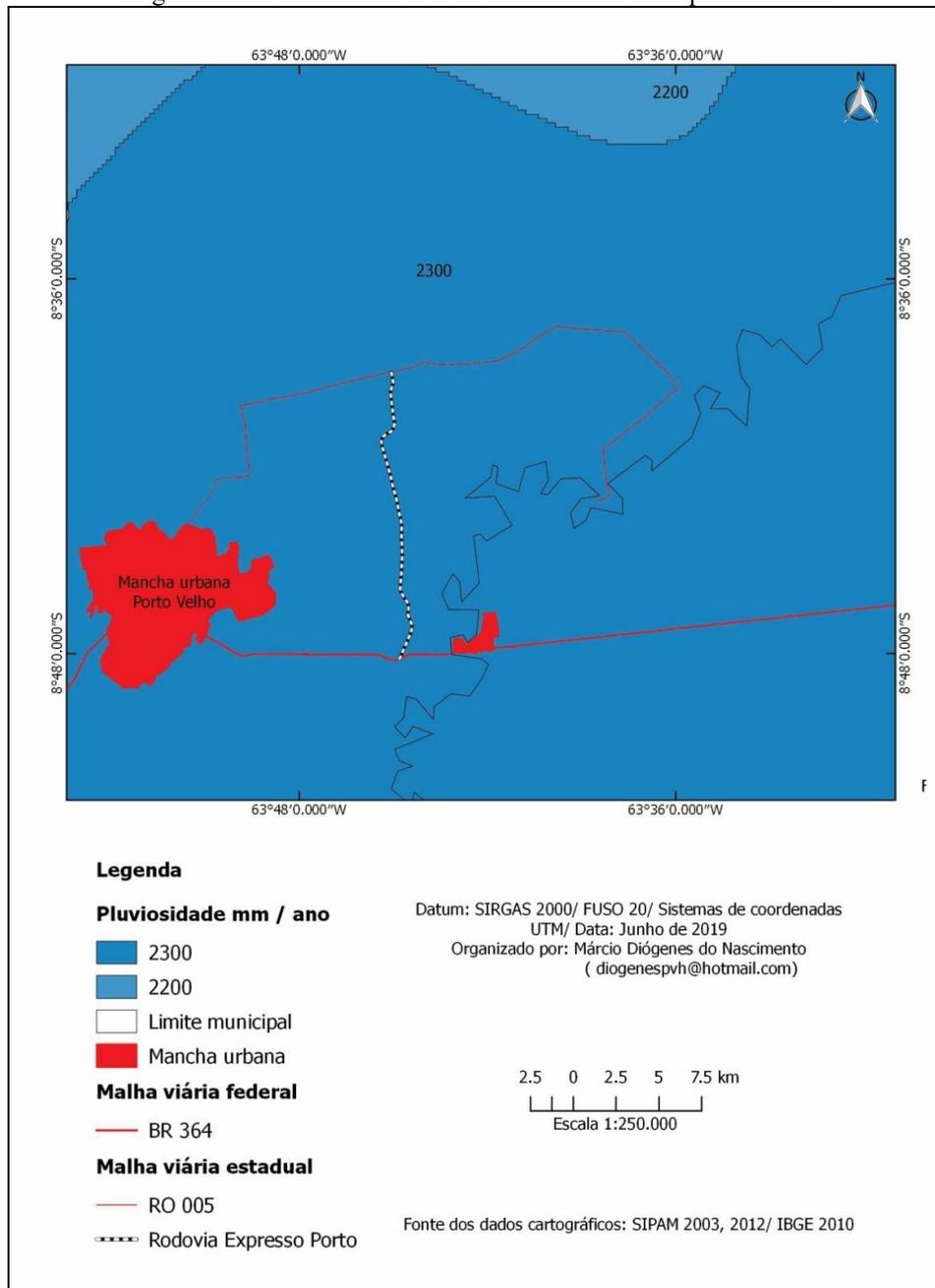
A região apresenta um clima do tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso, onde há uma estação úmida durante o verão e outra seca no inverno. Apresenta período de estiagem bem definido no decorrer do inverno, quando ocorre uma redução moderada dos níveis pluviométricos atingindo taxas inferiores 50 mm/mês. A média climatológica dos meses de junho, julho e agosto é aproximadamente abaixo de 20 mm/mês. Por estar sob a influência do clima Aw, a média anual de precipitação varia entre 1.300 a 2.600 mm ano (SEDAM, 2002, p. 03).

Na porção correspondente à área de estudo a precipitação média atinge 2.300 mm anuais (figura 2). Sua distribuição ao longo do ano é bastante irregular, isto se deve ao período de seca na região



amazônica (junho, julho e agosto), que vai interferir direto no deflúvio dessa área, quando a precipitação e a umidade relativa do ar atingem valores reduzidos. Ao contrário do regime pluvial, o térmico é bem definido, com temperatura média anual variando entre 24°C a 25°C.

Figura 2: Pluviosidade da área de estudo Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).

2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006a), a unidade geológica onde está localizada a Rodovia Expresso Porto é relativamente antiga, suas unidades litoestratigráficas datam do fanerozoico que se iniciou a 0.01 milhões de anos (M.A.) atrás, e se estendeu a 540 milhões de anos (M.A.), assim descritos:



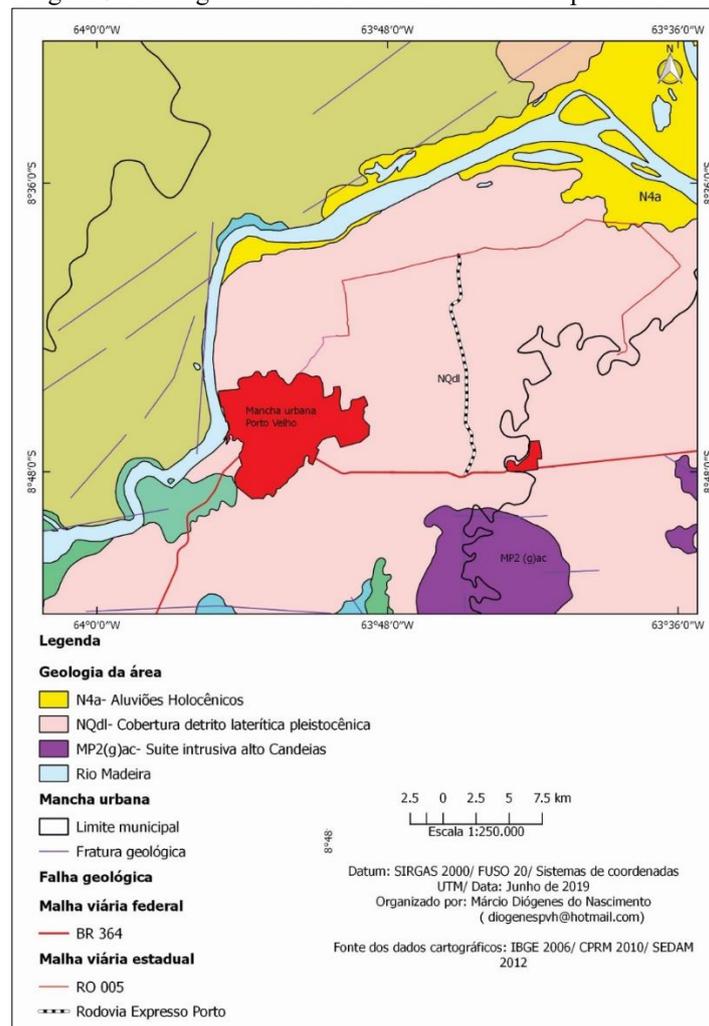
Cobertura Detrito Laterítica Pleistocênica: sedimento argilo-arenosos amarelados, caoliníticos, alóctones, parcial ou totalmente pedogeneizados (latossolosargilo-arenosos) gerado por processos alúvio-colúviais.

Aluviões Holocênicos: depósitos de areias grossas e conglomeráticas, representando residuais de canal; arenosos relativo à barra em pontal; pelíticos retratando aqueles de transbordamento e fluviolacustres; também eólicos quando retrabalhados pelo vento.

Suíte Intrusiva Alto Candeias: anfibóliobiotitasienogranitos, biotita-monzogranitos, quartzo-biotita-sienogranito, quartzo-biotita-monzogranitos, sienitos e charnoquitosporfiríticos, pegmatóides e rapakivíticos, viborgitos, piterlitos e ckcharnoquitos (IBGE, 2006b).

A geologia é considerável na formação da dinâmica e no traçado da rodovia, através da qual será constatado o tipo de material existente na área, fator de extrema importância para a execução da terraplenagem. Por ocasião da elaboração do mapa geológico da área (figura 3), foi constatado que o traçado da rodovia se encontra em porção da Cobertura Detrito Laterítica Pleistocênica, passando sobre uma falha geológica.

Figura 3: Geologia da área de estudo - Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).



2.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, estas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações que caracterizam o modelado topográfico de uma área (Christofolletti, 1980, p. 01). De acordo com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na área de estudo foram detectadas as seguintes Unidades Geomorfológicas (IBGE, 2006c):

Depressão Porto Velho (262Dt11): é diferencial, conjunto de formas de relevo de topos tabulares, conformando feições de rampas suavemente inclinada e de lombadas esculpidas em rochas sedimentares e cristalinas denotando eventual controle estrutural. São em geral definidas por vales rasos, apresentando vertentes de baixa a média declividade. Resultam da instauração de processos de dissecação atuando sobre a superfície de aplainamento, sua densidade de drenagem é muito grosseira e o aprofundamento da incisão é muito fraco.

Planície Amazônica (151Atf1): formada pelo terraço fluvial, acumulação fluvial de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e as várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhada devido às mudanças de condições de escoamento e consequente retomada de erosão. Os índices 1 e 2 representam dois níveis altimétricos diferentes de terraços.

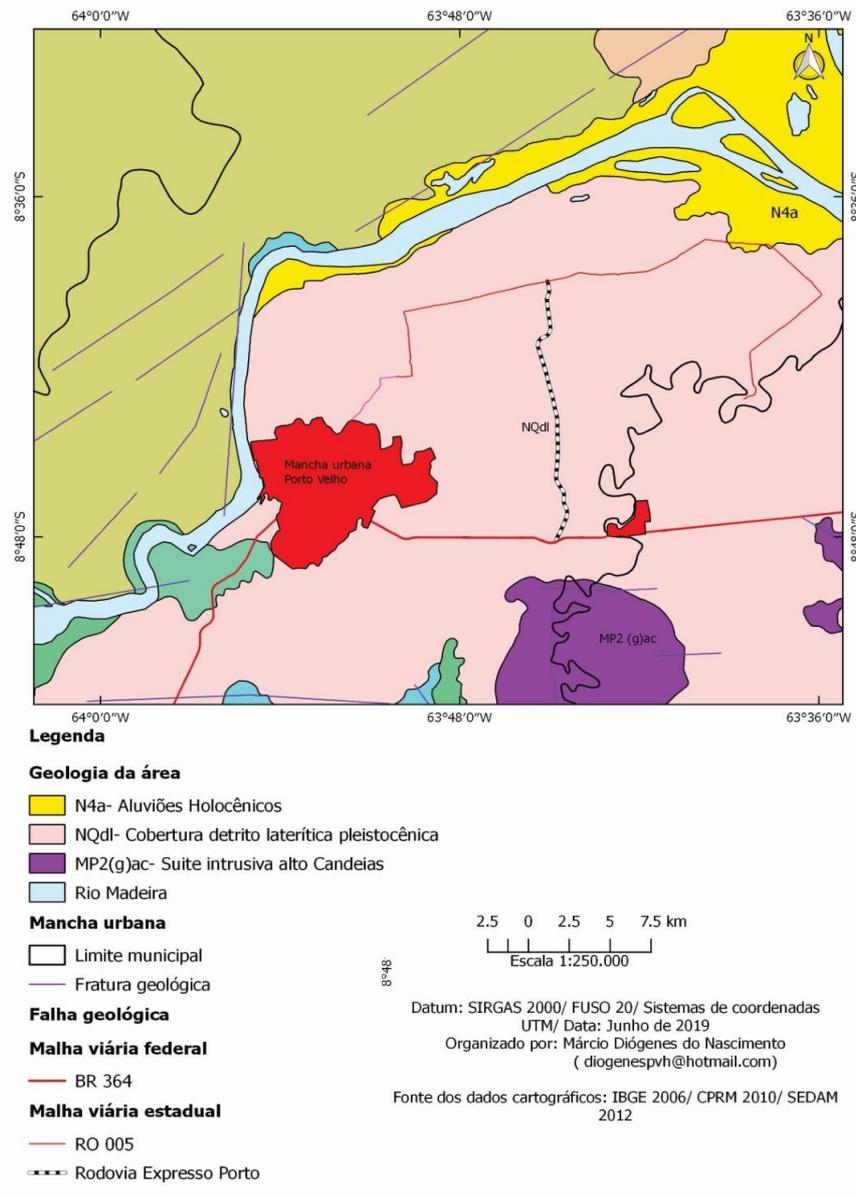
A área que corresponde ao entorno do traçado da rodovia apresenta pouca diversidade geomorfológica, conforme pode ser observar na figura 4. Os terrenos planos correspondem às planícies de inundação e o baixo terraço sofre inundações anualmente no período de chuvas. São formadas por sedimentos aluviais inconsolidados.

Ainda, de acordo com o IBGE (2006d, p. 1) e conforme se observa na Figura 4, é encontrada a unidade geomorfológica Superfície de Aplanamento, Nível III (200m) com dissecação baixa e nenhum ou esporádicos *Inselbergs* e *Tors*.

Todas essas informações são de grande relevância para entender o processo de escoamento, a exemplo do tipo de material existente que interfere diretamente nos índices de saturação do solo e no abastecimento do lençol freático, afetando na vazão desses canais, entre outras informações, como os tipos de relevo.



Figura 4: Geomorfologia da área de estudo Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).

2.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Os tipos de solos predominante na área de estudo da Rodovia Expresso Porto de acordo com o IBGE (2006a, p. 1) e mapa (figura 5) são:

Latossolo Amarelo Distrófico (LAD2): de 2 – 8% bem drenado e arenoso, e média + neossolo quartzarênico órtico, ambos típicos, textura indiscriminada, a moderado relevo plano.

Agilossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVad5): de 0 – 2% bem drenado ambos típicos, textura argilosa, a moderado, relevo suave ondulado.

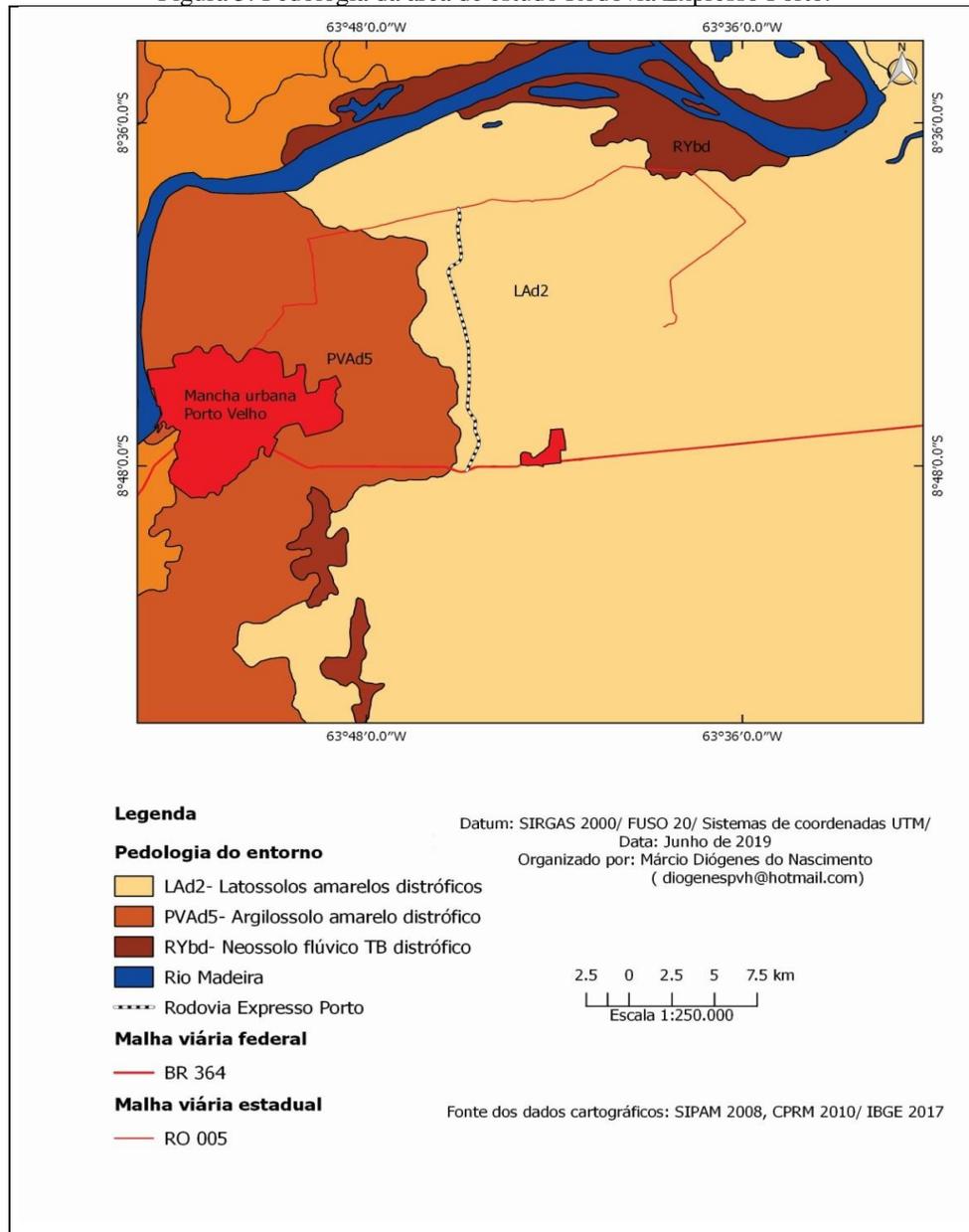
Neossolo Flúvico TB Distrófico (RYbd): 0 – 2% moderado, drenado todos típicos, textura indiscriminada, a moderado relevo plano.



Em toda a extensão da Rodovia o solo predominante é o Latossolo Amarelo Distrófico, através da sua coloração é possível entender o tipo predominante de material de origem, com expressivo acúmulo de hidróxido de ferro. Segundo Schneider, Klamt e Giasson (2007, p. 31):

As cores avermelhadas, alaranjadas e amareladas indicam a presença de diferentes tipos de hidróxido de ferro. Esses são formados e apresentam-se estáveis em diferentes condições ambientais, e através de sua avaliação é possível entender melhor os processos genéticos que deram origem a um solo.

Figura 5: Pedologia da área de estudo Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).

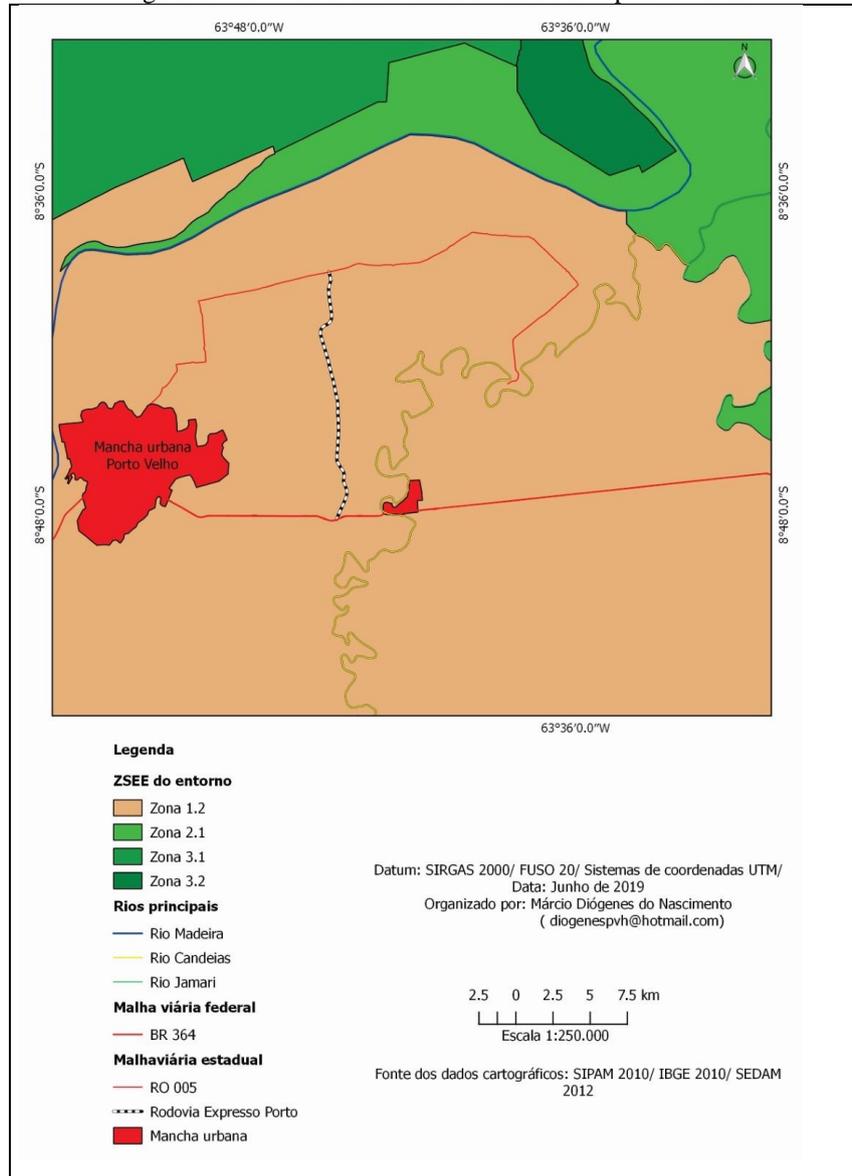
3 ZONEAMENTO SOCIOECONÔMICO E ECOLÓGICO

De acordo com a SEDAM (2010, p. 12), o Zoneamento Socioeconômico e Ecológico de Rondônia possui várias zonas. A Zona 1 tem características específicas, sendo composta de áreas de uso agropecuário, agroflorestal e florestal, abrange 120.310,48 km², equivalente a 50,45% da área total



do estado. Dessa forma a Zona 1 foi dividida em 4 subzonas e observa-se, na figura 6, que a rodovia ficou totalmente dentro da subzona 1.2, onde, de acordo com a SEDAM (2010, p. 13), é uma área com médio potencial social, predomina a cobertura vegetal natural, com processo acelerado de ocupação, e com desmatamentos não controlados. Sua aptidão agrícola é regular, com baixa a média vulnerabilidade à erosão.

Figura 6: ZSEE da área de estudo Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).

4 VEGETAÇÃO

A vegetação é composta predominantemente por Floresta Aberta Submontana e pelo Contato Savana/Floresta Ombrófila que respectivamente cobrem as faixas norte e sul da Rodovia. As áreas antropizadas ocorrem em maior extensão nos limites municipais entre Candeias do Jamari e Porto Velho. Tais ocupações antrópicas resultam da proximidade com a malha rodoviária, em destaque a BR-



364, sendo a principal via de escoamento de grãos do Estado, além do fácil acesso proporcionado pelas vias de circulação estadual e municipal que interligam os municípios.

Floresta ombrófila de terras baixas: ocorre em relevo plano a suavemente ondulado não ultrapassando 100m de altitude.

Floresta ombrófila aberta submontana: ocorre em relevos mais acentuados, variando em 100 a 600m de altitude.

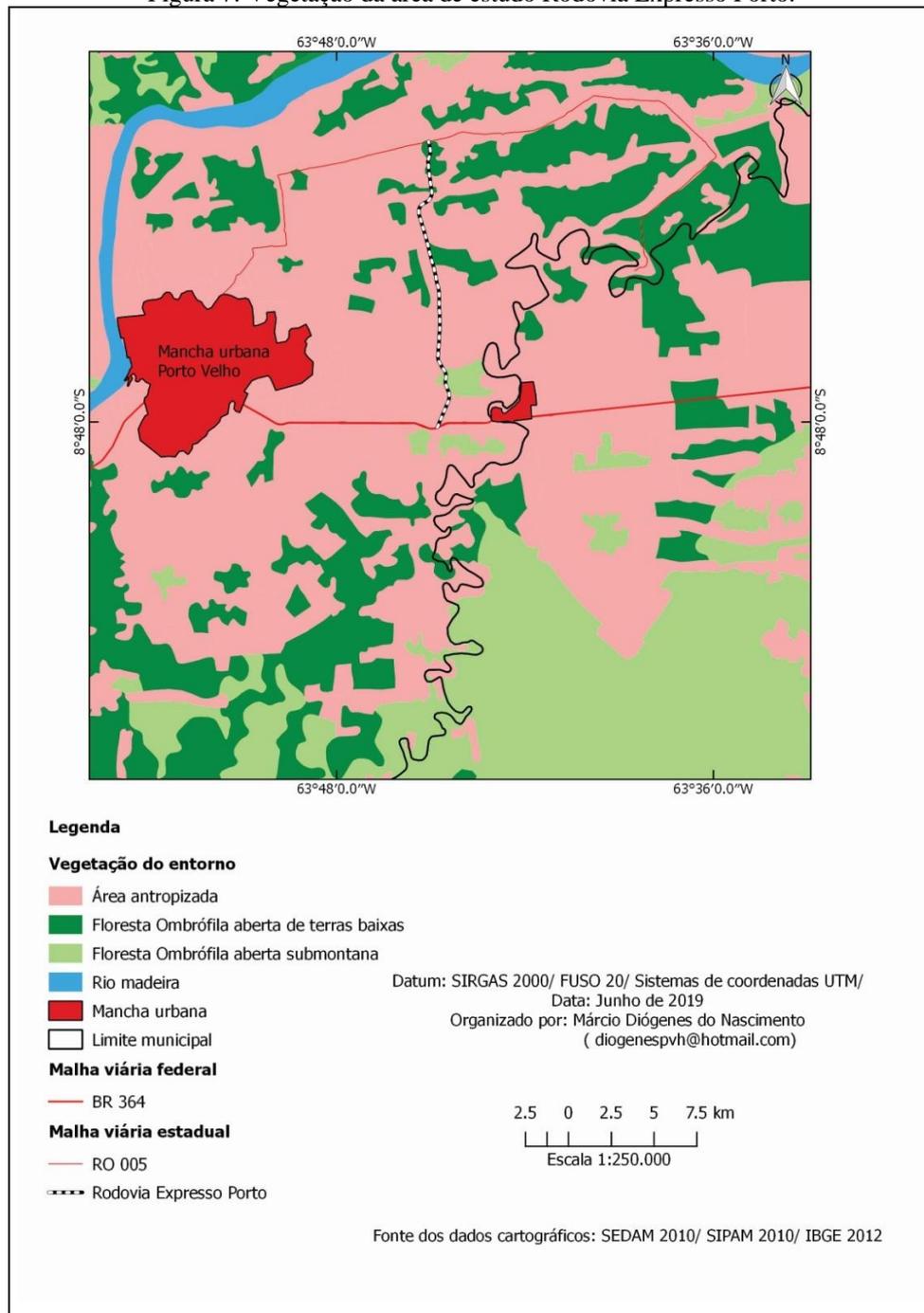
Floresta ombrófila aberta é caracterizada pela descontinuidade do dossel permitindo que a luz solar alcance o sub-bosque favorecendo a sua regeneração. Os troncos apresentam mais espaçados no estrato mais alto, que atinge cerca de trinta metros de altura, enquanto o sub-bosque encontra-se estratificado (SEDAM, 2002, p. 03).

A vegetação é importante, pois ela tem um papel fundamental no escoamento superficial, funcionando como bloqueador da precipitação, fazendo que não tenha o contato direto com o solo, diminuindo a erosão dessa área e abastecendo o lençol freático. Para Florenzano (2011, p. 88), a cobertura vegetal intercepta parte da precipitação e retarda o escoamento das águas das chuvas, enquanto as superfícies impermeabilizadas das áreas urbanas aceleram o escoamento das águas e, conseqüentemente, a vazão dos rios.

A figura 7 a seguir, mostra a distribuição da vegetação e a ação antrópica no entorno do traçado da rodovia, ressaltando a data das fontes, acredita-se que a supressão da vegetação nativa tenha aumentado, desde então.



Figura 7: Vegetação da área de estudo Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).

5 DRENAGEM DO ENTORNO DA ÁREA DE ESTUDO

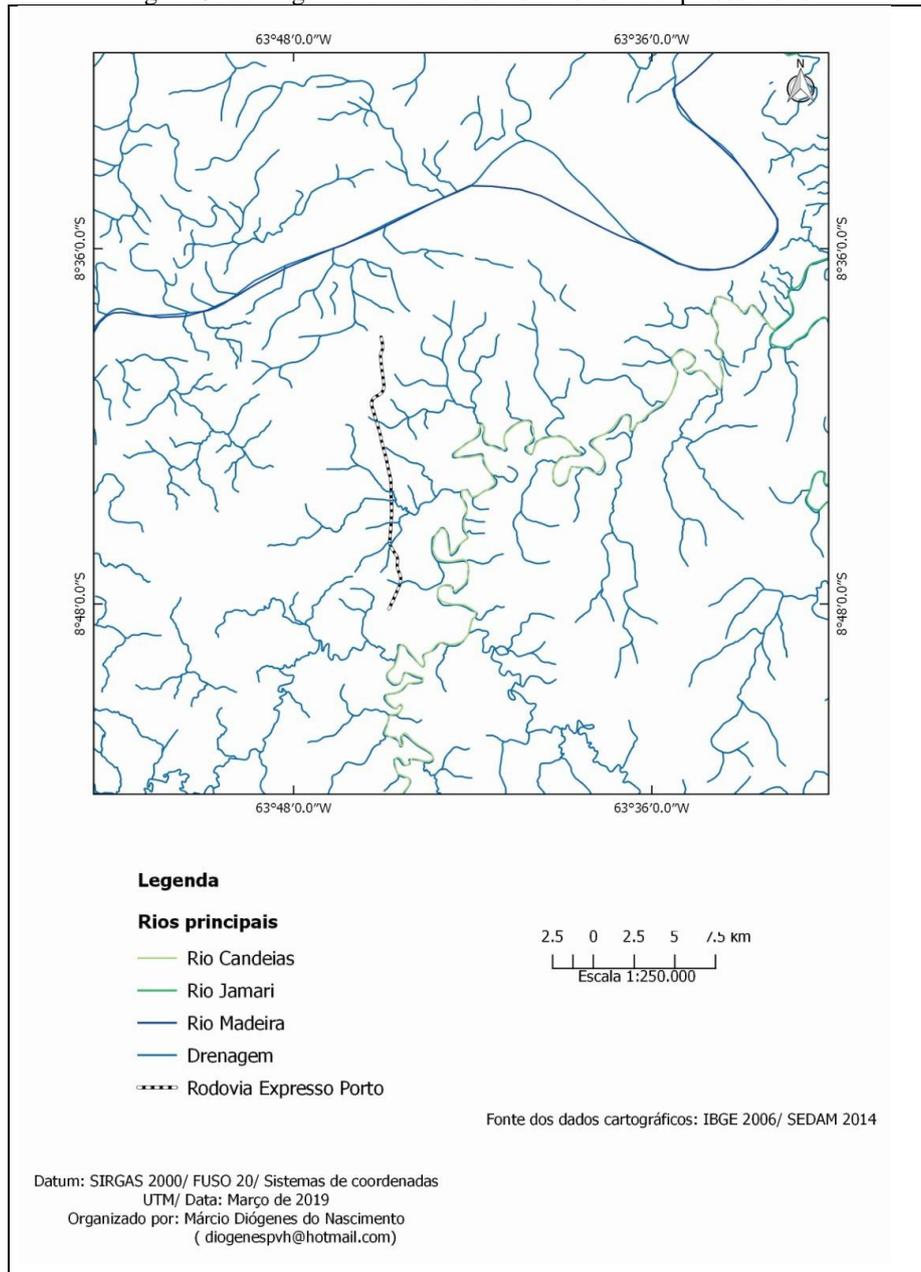
De acordo com Christofolletti (1980, p. 102):

A drenagem é composta por um conjunto de canais inter-relacionados que formam a bacia de drenagem, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e a infiltração.



O padrão de drenagem encontrado nos canais que atravessam a Rodovia Expresso Porto é o dendrítico (Figura 8), devido ao seu desenvolvimento assemelhar-se com a configuração de uma árvore. O referido padrão se define a partir do tipo de material rochoso na trajetória dos canais existentes, influenciado pelo tipo de solo e declividade, fatores essenciais para a definição do modelado. São padrões desenvolvidos sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares.

Figura 8: Drenagem da área de estudo - Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).

5.1 HIDROGRAFIA

A bacia hidrográfica é definida como sendo uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes a montante de uma determinada seção transversal, para qual convergem as águas que drenam

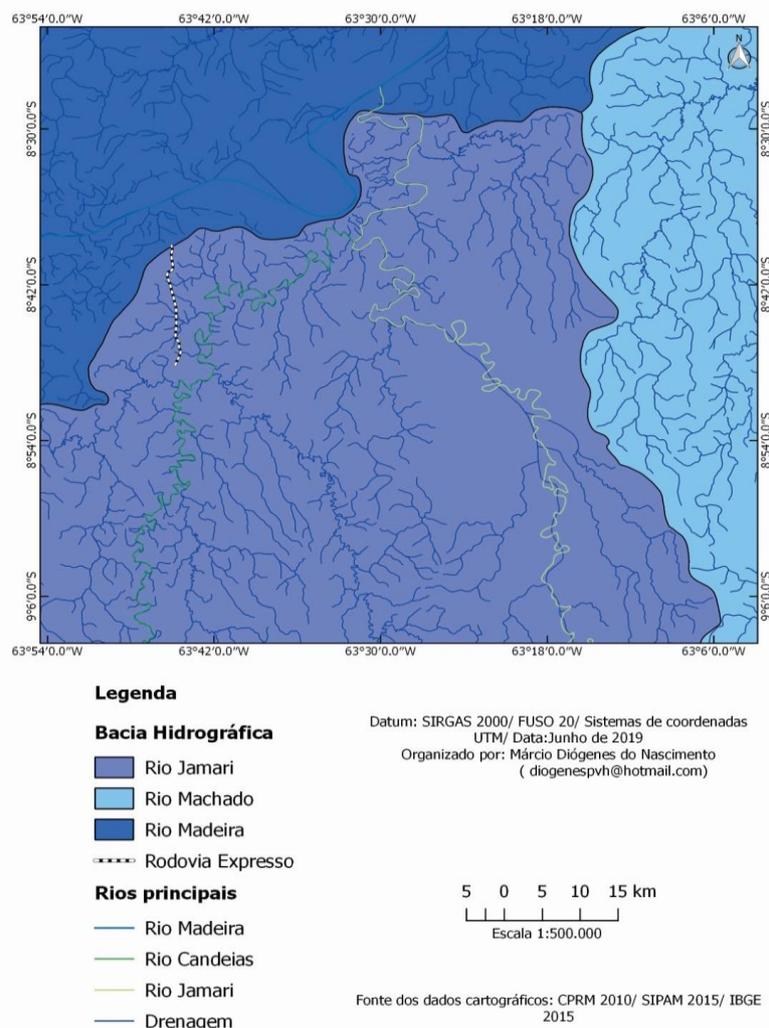


a área considerada (Brasil, 1997). Dentro dos segmentos do ciclo hidrológico, os insumos básicos em termos hídricos são as precipitações, sendo, as águas superficiais e subterrâneas as mais utilizadas para os diversos usos.

A área de estudo tem como bacia hidrográfica principal o Rio Jamari, que está dividido em quatro sub-bacias: Alto Rio Candeias, baixo Rio Candeias, Alto Rio Jamari e Baixo Rio Jamari. A Rodovia Expresso Porto, em sua total extensão está localizada na sub-bacia do baixo Rio Candeias que possui uma área de 7.960,827 km² e perímetro de 564,72 km (Figura 9).

Prever o comportamento da bacia hidrográfica facilita os estudos relacionados com obras de pavimentação, para evitar problemas futuros relacionados com o escoamento superficial, como por exemplo, saber a dimensão da área de influência da bacia, pois “qualquer intervenção efetuada em sistemas hidrológicos fluviais seja para aumentar ou diminuir a vazão, formar reservatórios ou modificar” (Bastos; Freitas, 2009, p. 24), podem influenciar diretamente na vazão do canal, e no escoamento superficial da área.

Figura 9: Bacia Hidrográfica da Área de estudo Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).

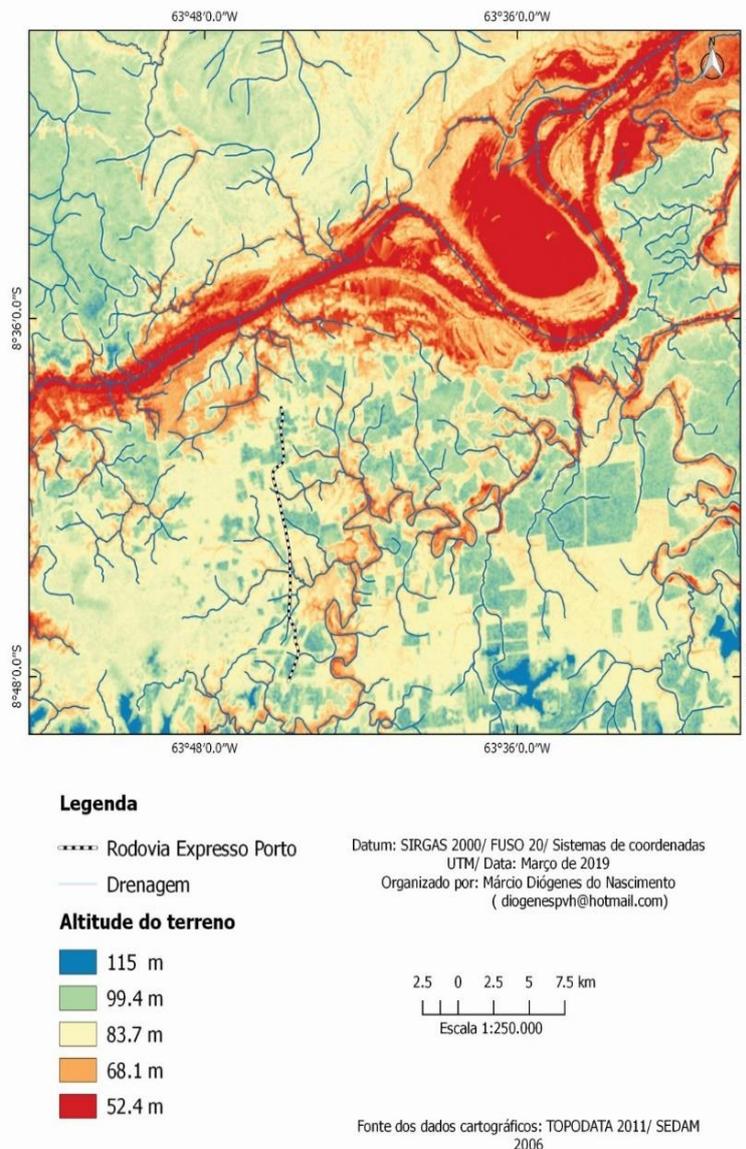


6 ANÁLISE TOPOGRÁFICA

A dinâmica do terreno, entre outros fatores, influencia diretamente na vazão dos corpos de água localizados numa determinada área. Obras como a construção de rodovias causam uma transformação significativa na paisagem com a retirada da vegetação no seu entorno, construção de bueiros e aterros, principalmente na área do traçado da pista para a construção da estrada.

Na área em questão constatou-se uma pequena elevação do terreno na parte do traçado. Na parte inicial da via, a altura do terreno é de 50 metros e no fim do traçado, chega a quase 90 metros, ou seja, um aumento de 40 metros em relação a BR-364, motivo este que levou a um grande aterro próximo dela, tornando uma região vulnerável a processos erosivos. O traçado da Rodovia Expresso Porto é demonstrado na figura 10.

Figura 10: Topografia da Área de estudo Rodovia Expresso Porto.



Fonte: Dos autores (2019).



7 ASPECTOS INTERVENIENTES AO ESCOAMENTO DAS DRENAGENS

Refere-se ao meio físico da área de estudo, ou seja, o tipo de solo que interfere diretamente nos processos erosivos, ou a vegetação que com a sua retirada ocasiona o contato direto da precipitação com o solo, ocasionado a partir da saturação e do perfil topográfico do terreno, o carreamento de materiais para as partes mais baixas do entorno. De acordo com o DNIT (2005, p. 17):

Embora seja adotado diversos procedimentos simplificadores, perfeitamente justificáveis para a natureza das obras dimensionadas, deve-se dar tanta importância as características fisiográficas das bacias que independem das condições climáticas, como das características pedológicas, que indicam o comportamento dos cursos d'água em função dos solos e da cobertura vegetal.

Através do ciclo hidrológico pode-se perceber que a quantidade de vapor de água presente na atmosfera e também em grandes superfícies nas proximidades expostas a evaporação, assim como as condições meteorológicas e topográficas são favoráveis à evaporação.

Denomina-se ciclo hidrológico o “processo de evaporação, condensação, precipitação, detenção e escoamento, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamentos fluviais e interações entre esses componentes” (Righetto, 1998, p. 9).

Existem outros fatores que interferem diretamente no escoamento superficial de drenagens existentes em rodovias, no caso da Expresso Porto, no município de Porto Velho (RO), a insuficiência da vazão, em muitos casos, está relacionada a construção dos bueiros. Não por apresentarem dimensões em descordo, mas por desníveis em relação ao nível da água, fator este que causa danos a rodovia, como transbordamento de taludes e erosão, (Figura 11) podendo represar a montante e causar buracos à jusante.

Figura 11: Bueiro com manilha de 1,50m, onde foi constatado problemas de assoreamento e processos erosivos a jusante do canal



Fonte: Dos autores (2019).

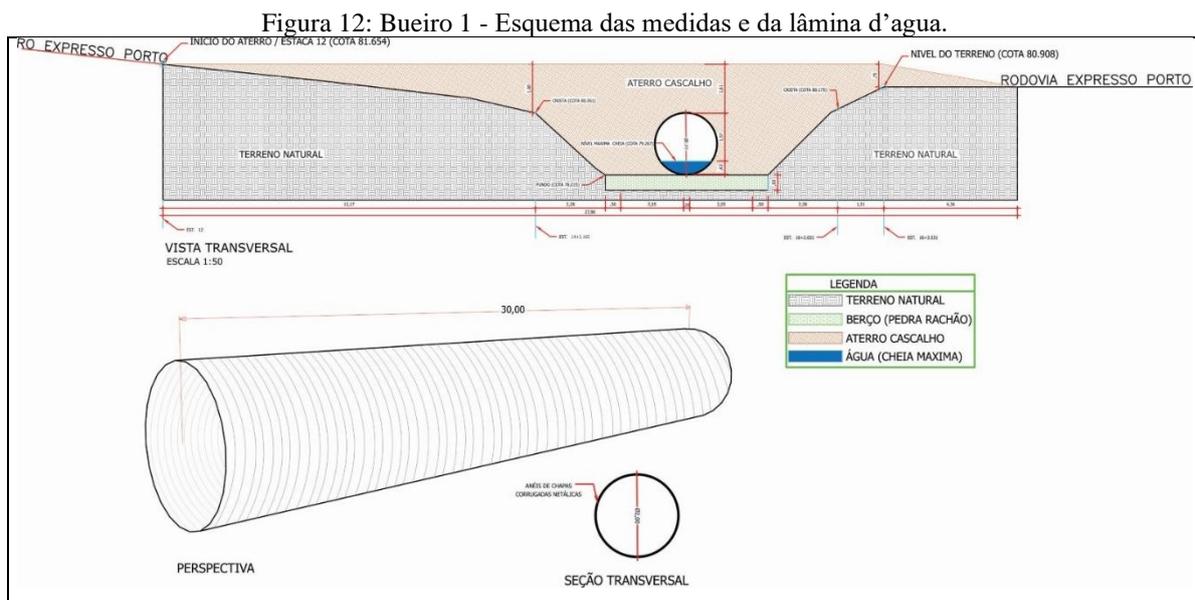


Um bueiro de rodovia com incapacidade de vazão pode causar erosão dos “taludes junto a boca de jusante, ruptura do aterro por transbordamento das águas, ou inundação de áreas a montante” (DNIT, 2005, p.19). Outro problema constatado na Rodovia Expresso Porto, através de imagens e leituras complementares do Manual de Hidrologia Básica do DNIT (2005), foi a utilização de bueiros em desacordo com a vazão do canal.

8 CÁLCULOS DE VAZÃO DOS PRINCIPAIS BUEIROS

Para conhecimento da vazão dos corpos de água na área da Rodovia Expresso Porto foram realizados os cálculos da vazão de três principais bueiros, utilizando o método de flutuadores, no mês de março de 2019, mostrando através de desenhos técnicos a lâmina d’água de cada bueiro e suas respectivas medidas utilizadas nos cálculos. Ressalta-se que, a vazão de um canal ou rio sofre influência da distribuição e volume das chuvas, do tamanho da respectiva bacia hidrográfica, que vai definir, entre outros fatores, a sua capacidade de absorção e infiltração e a quantidade de água que vai escoar superficialmente.

No bueiro (figura 12), coordenadas geográficas $8^{\circ}45'51.74''S$ e $63^{\circ}44'46.61''O$, foram utilizados os índices de correção para o cálculo de vazão e, através do esquema ilustrativo, verificou-se que o escoamento dentro do bueiro, durante o levantamento em campo, foi de apenas 43 centímetros, restando ainda 1,57 metros para o preenchimento total do espaço interno, ou seja, não existe falta de espaço para a vazão neste bueiro, e sim desnível na colocação, levando ao represamento do igarapé a montante.



Cálculo da área e vazão no bueiro 01 de 2 metros de diâmetro:

Calcular a velocidade



$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$

$$A = 3,14 \cdot 2^2 / 4 = 3,14 \text{m}^2$$

Calcular a velocidade média

$$V_m = S_m / T_m$$

$$V_m = 30 \text{m} / 21 \text{s}$$

$$V_m = 1,43 \text{m/s}$$

Velocidade média corrigida

$$V_{mc} = i_c \cdot v_m$$

$$V_{mc} = 0,83 \cdot 1,43$$

$$V_{mc} = 1,18 \text{m/s}$$

Vazão

$$Q = A \cdot V_{mc}$$

$$Q = 3,14 \cdot 1,18$$

$$Q = 3,70 \text{m}^3/\text{s} \cdot 78\%$$

$$Q = 2,88 \text{m}^3/\text{s} \text{ ou } 2.880 \text{ litros por segundo}$$

Cálculo da área e vazão no bueiro 02 de 3 metros de diâmetro (figura 13):

Calcular a velocidade

$$V_m = S_m / T_m$$

Calcular a velocidade média

$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$

$$A = 7,06 \text{m}^2$$

$$V_m = 33 \text{m} / 15 \text{s}$$

$$V_m = 2,2 \text{m/s}$$

Velocidade média corrigida

$$V_{mc} = i_c \cdot v_m$$

$$V_{mc} = 0,83 \cdot 2,2$$

$$V_{mc} = 1,82 \text{m/s}$$

Vazão

$$Q = A \cdot V_{mc}$$

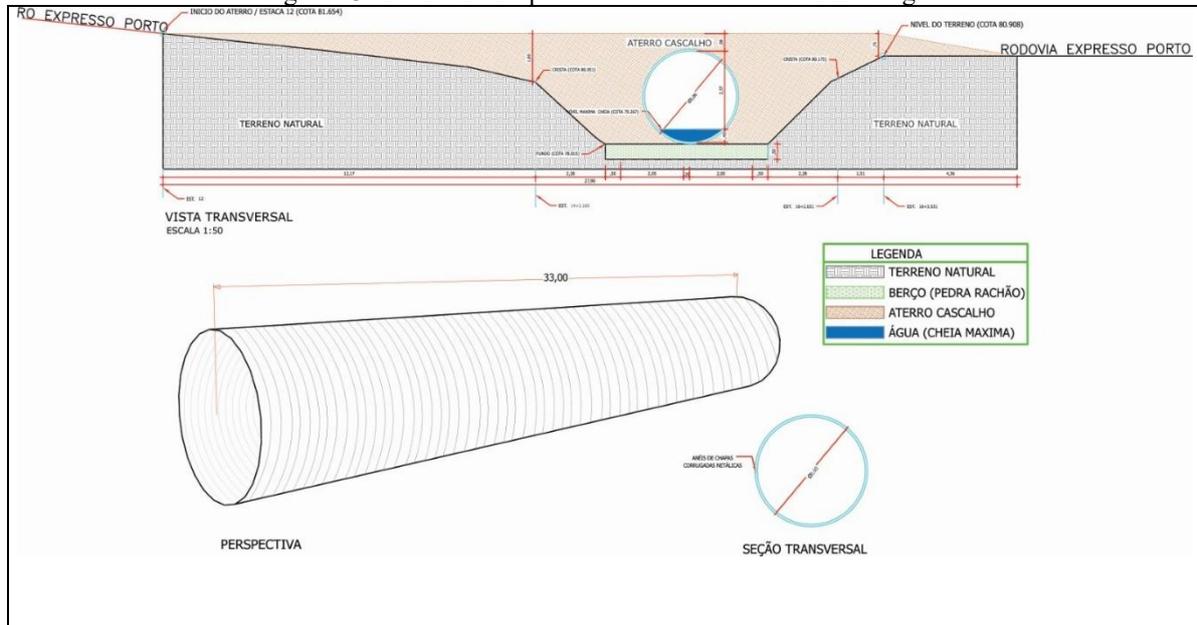


$$Q = 7,06 \times 1,82$$

$$Q = 12,84 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 52\%$$

$$Q = 6,67 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 6.670 \text{ litros por segundo}$$

Figura 13: Bueiro 2 - Esquema das medidas e da lâmina d'água.



Fonte: Dos autores (2019).

Com esses cálculos também ficou claro que no bueiro 02, de coordenadas geográficas $8^{\circ}44'28.40''\text{S}$ e $63^{\circ}44'42.93''\text{O}$, apesar de apresentar uma vazão maior neste igarapé, o bueiro não estava utilizando grande capacidade de escoamento, portanto, além de ele ser maior que o primeiro em espessura, a lâmina d'água estava muito baixa, representando proporcionalmente valor semelhante ao bueiro 01.

Cálculo da área e vazão no bueiro 03 de 3 metros de diâmetro (Figura 14):

Calcular a velocidade

$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$

$$A = 3,14 \cdot 3^2 / 4 = 7,06 \text{ m}$$

Calcular a velocidade média

$$V_m = S_m / T_m$$

$$V_m = 26 \text{ m} / 9,6 \text{ s}$$

$$V_m = 2,70 \text{ m/s}$$

Velocidade média corrigida

$$V_{mc} = i_c \cdot v_m$$

$$V_{mc} = 0,83 \cdot 2,70$$



$$V_{mc} = 2,24\text{m/s}$$

Vazão

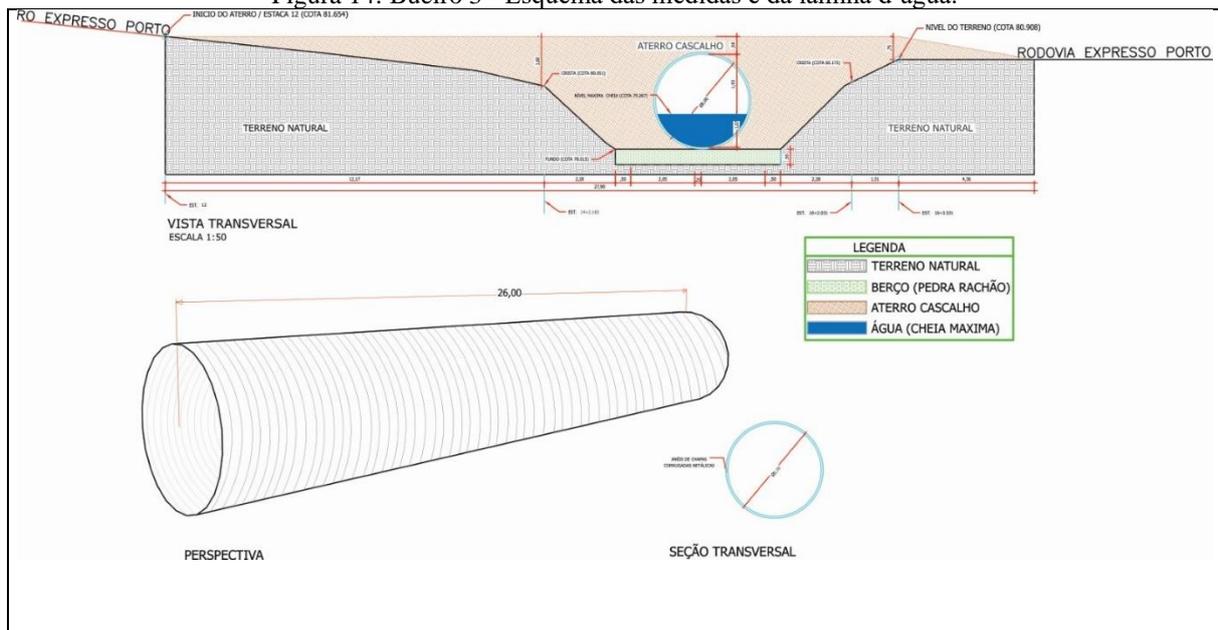
$$Q = A \cdot V_{mc}$$

$$Q = 7,06 \cdot 2,24$$

$$Q = 15,81\text{m}^3/\text{s} \cdot 64\%$$

$$Q = 10,12\text{m}^3/\text{s} \text{ ou } 10.120 \text{ litros por segundo}$$

Figura 14: Bueiro 3 - Esquema das medidas e da lâmina d'água.



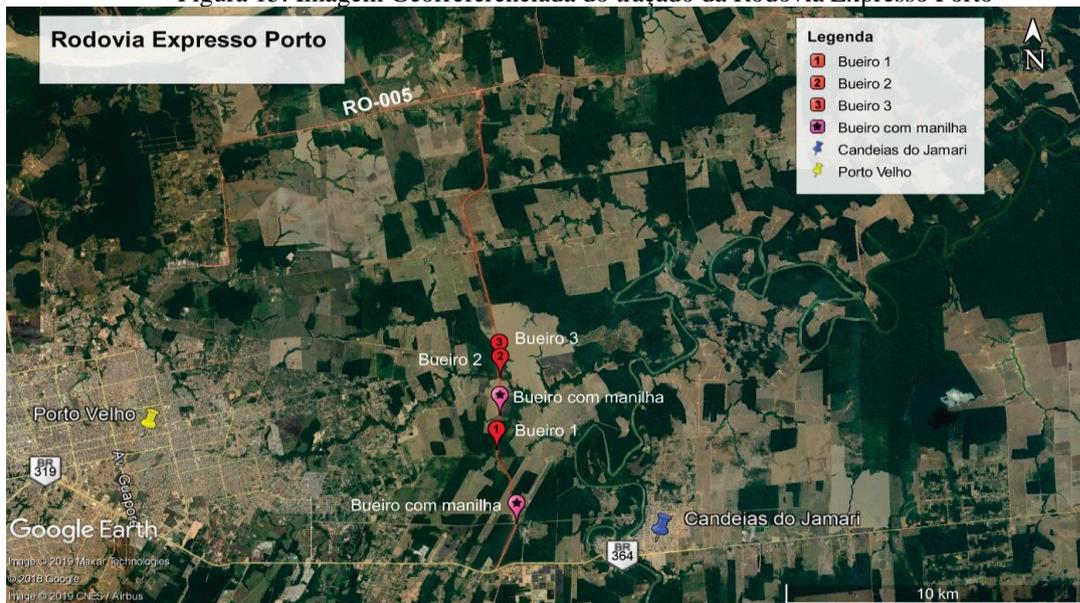
No bueiro 03, com as coordenadas geográficas $8^{\circ}44'12.56''\text{S}$ e $63^{\circ}44'43.95''\text{O}$ a vazão calculada foi maior, ultrapassando os 10.000 l/seg, sendo o único dos três que apresenta uma adequada instalação junto ao curso d'água.

Os cálculos mostram que os bueiros da rodovia, objeto deste estudo (figura 15), têm capacidade adequada para fluir a vazão dos respectivos igarapés, porém, existe desnível expressivo de montante para jusante, aterramento dos taludes e erosão a jusante causando grandes buracos, entre outros problemas.

A trafegabilidade dos veículos é segura com instalação de sinalização vertical, em conformidade com as normas técnicas e contribui para o desenvolvimento econômico do município de Porto Velho, visto que o anel viário (Terminal Remoto/Expresso Porto) será um corredor para o escoamento da produção de grãos do Estado do Mato Grosso e do Cone Sul de Rondônia para exportação por via fluvial.



Figura 15: Imagem Georreferenciada do traçado da Rodovia Expresso Porto



Fonte: Adapto de Google Earth pelo autores (2019).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É pertinente o fato de que, não somente no estado de Rondônia, existem problemas relacionados a construção de rodovias, mas em todo o território nacional. No caso da Rodovia Expresso Porto, no município de Porto Velho (RO) o estudo mostrou que o escoamento superficial vem sofrendo alterações de intensidade, devido às ações antrópicas no meio físico, a exemplo da retirada da vegetação e com a instalação de bueiros de dimensões variadas. Tal fato evidencia que chuvas expressivas, com o aumento da vazão de alguns canais, principalmente aqueles que foram desviados para a realização de obras hidráulicas, podem causar desmoronamento nas cabeceiras de bueiros e desbarrancamento de taludes.

Através do sistema de informações geográficas, como o sensoriamento remoto para a confecção de mapas, foi possível demonstrar fatores que influenciam no escoamento superficial. O cálculo de vazão dos principais corpos d'água onde houve a necessidade da construção de bueiros evidenciou que o diâmetro deles supre a necessidade da vazão, no entanto, em alguns há problemas de desnível, ou seja, foram colocados acima da cota das drenagens superficiais. Isso tem proporcionado o represamento de águas e erosão de taludes a montante e surgimento de buracos na calha dos igarapés a jusante.

Estes e outros impactos, reflexos da ação antrópica, como a supressão da vegetação e as obras de drenagem da própria rodovia necessitam de implantação de medidas mitigadoras por parte do poder público. O estudo mostrou também a importância de realizar bons estudos topográficos para embasar futuras obras de engenharia semelhantes, assim como a necessidade de acompanhamento técnico na sua execução.



REFERÊNCIAS

- BASTOS, A. C. S.; FREITAS, A. C. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). Avaliação e perícia ambiental. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2. ed. Rio de Janeiro: DENIT, 2005.
- BRASIL. Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, D.F. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 07 de janeiro de 2023.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C. P. (Org.). Atlas Geoambiental de Rondônia. Porto Velho: SEDAM, 2002.
- FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoramento Remoto. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de Geomorfologia do estado de Rondônia. Rio de Janeiro: IBGE, 2006a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de Geologia do estado de Rondônia. Rio de Janeiro: IBGE, 2006b.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de vegetação do estado de Rondônia. Rio de Janeiro: IBGE, 2006c.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa Exploratório de solos. Rio de Janeiro: IBGE, 2006d.
- NASCIMENTO, M.D. O escoamento de águas superficiais por bueiros na rodovia Expresso Porto - Município de Porto Velho/RO. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2019.
- PINTO, N. L. de S. Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.
- RIGHETTO, A. M. Hidrologia e recursos hídricos. São Carlos: EEESC -USP, 1998.
- SCHNEIDER, P.; KLAMT, E.; GIASSON, E. Morfologia do solo: subsídios para caracterização e interpretação de solos a campo. Guaíba: Agrolivros, 2007.
- Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM RO). Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável e Proteção Ambiental. Porto Velho: SEDAM, 2010.