

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESESTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

Porto Velho, RO

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2023

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Hailton Madureira de Almeida

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Diogo Rodrigues A. da Silva

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

Tiago Antonelli

DIVISÃO DE GESTÃO TERRITORIAL

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Douglas da Silva Cabral

Modelagem

Patrícia Mara Lage Simões

Execução

Ivan Bispo de Oliveira Filho

Patrícia Mara Lage Simões

José Milton de Oliveira Filho

Eyck Medeiros Silva Fonseca

Fotos da capa: Acervo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

PORTO VELHO, RO

AUTORES

Ivan Bispo de Oliveira Filho
Patrícia Mara Lage Simões
José Milton de Oliveira Filho
Eyck Medeiros Silva Fonseca



RO

2023

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
RESUMO.....	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
5. DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS FINAIS.....	11
6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
6.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	16
6.2 ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....	17
7. RESULTADOS	22
7.1 CLASSES DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE A MOVIMENTOS DE MASSA, ENCHENTES E INUNDAÇÕES.....	22
7.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	23
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXOS.....	32

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Cavalcanti de Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão
Territorial

RESUMO

Este relatório apresenta de forma objetiva e sintética os aspectos que permeiam a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Porto Velho, produzida pelo do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM e conduzida pelo Departamento de Gestão Territorial (DEGET), da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT), no ano de 2023.

São apresentadas brevemente a metodologia e os dados utilizados, assim com os resultados da integração entre as informações coletadas em escritório e em campo, além de informações obtidas através de análises laboratoriais.

É importante destacar que as informações contidas neste relatório complementam às apresentadas nas Cartas e SIG produzidos e que, somados, constituem o produto final entregue à gestão municipal.

Palavras-chave: carta geotécnica; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

1. INTRODUÇÃO

As Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização constituem documentos cartográficos que traduzem a capacidade dos terrenos para suportar os diferentes usos e práticas da engenharia e do urbanismo, com o mínimo de impacto possível e com o maior nível de segurança à população.

Tem como objetivo principal caracterizar os terrenos do ponto de vista geológico-geotécnico e definir as aptidões à ocupação quanto à probabilidade de ocorrência dos desastres naturais, em regiões metropolitanas não ocupadas e zonas não ocupadas que caracterizam áreas de expansão a médio e longo prazos.

O documento é previsto no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais e atende as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/2012; BRASIL, 2012). Inicialmente desenvolvido em parceria com o Ministério das Cidades (atual Ministério do Desenvolvimento Regional), passando a partir de 2017 a serem desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM.

As cartas Geotécnicas de aptidão à Urbanização, associadas a outros produtos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil, como a Setorização das Áreas de Risco e as Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, constituem uma gama de informações essenciais para o planejamento e gestão urbanos.

Neste contexto, este relatório apresenta informações que complementam a leitura da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Porto Velho, realizada no ano de 2023, pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

2. OBJETIVOS

Este relatório tem premissa fornecer ao usuário, informações à respeito dos insumos utilizados e do processo de produção que envolve os resultados cartográficos finais. Dessa forma, nos tópicos seguintes, serão detalhadas informações referentes à área de estudo, dados utilizados, características das unidades mapeadas, ensaios de laboratório, leitura, usos e limitações da carta, além de outras informações pertinentes ao entendimento completo e correto dos produtos.

3. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO

A Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização pode ter diversas finalidades, podendo ser aplicada para:

1. Subsidiar o poder público na prevenção de desastres relacionados a movimentos de massa e inundações;
2. Regular de forma técnica o parcelamento do solo urbano sob uma abordagem preventiva e de planejamento;
3. Contribuir para projetos de urbanização, indicando onde não se deve permitir a aprovação de novos lotes urbanos voltados para ocupação permanente, áreas em que a aprovação dos lotes está condicionada a estudos de obras de intervenção que garantam a segurança da ocupação e áreas onde não há restrições à aprovação de novos lotes;
4. Avaliar e dar subsídio técnico à municipalidade quanto a aptidão de uma determinada área para a implantação de construções e condomínios residenciais, visando exclusivamente àquelas instalações com fundações rasas e para fins residenciais.

Entretanto, ela apresenta limitações de uso, não podendo ser utilizada para subsidiar de forma direta:

1. Análises de estabilidade de talude e encostas;

2. Projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais;
3. Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
4. Inferir aptidão para a implantação de obras de infra-estrutura de grandes dimensões e que necessitem de fundações profundas e/ou métodos construtivos mais elaborados, como edifícios, rodovias, obras metroviárias, instalações industriais, dentre outras;
5. Aplicações incompatíveis com a escala cartográfica de elaboração (1:10.000).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consiste no levantamento de informações do meio, com a descrição de características do terreno (geologia, solos/materiais inconsolidados e geomorfologia) e a execução de ensaios (in situ e em laboratório). Tais informações são analisadas e trabalhadas em escritório para composição do documento cartográfico.

Os trabalhos para produção das Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização perfazem de três etapas básicas. Estas etapas consistem de atividades de escritório, campo e laboratório, realizadas conforme cronograma apresentado na Erro! Fonte de referência não encontrada. e **Figura 1**.

Tabela 1. Equipe e período de realização das atividades de campo e laboratório

Atividades	Mês	Equipe
Campo – Etapa 1	Mar/2023	Ivan Bispo de Oliveira Filho Patrícia Mara Lage Simões José Milton de Oliveira Filho Eyck Medeiros Silva Fonseca
Laboratório - Etapa 1	Jul/2023	Patrícia Mara Lage Simões

		Jose Milton de Oliveira Filho
Campo – Etapa 2	Set/2023	Ivan Bispo de Oliveira Filho Eyck Medeiros Silva Fonseca
Escritório	Ago a Out/2023	Ivan Bispo de Oliveira Filho Patrícia Mara Lage Simões José Milton de Oliveira Filho Eyck Medeiros Silva Fonseca

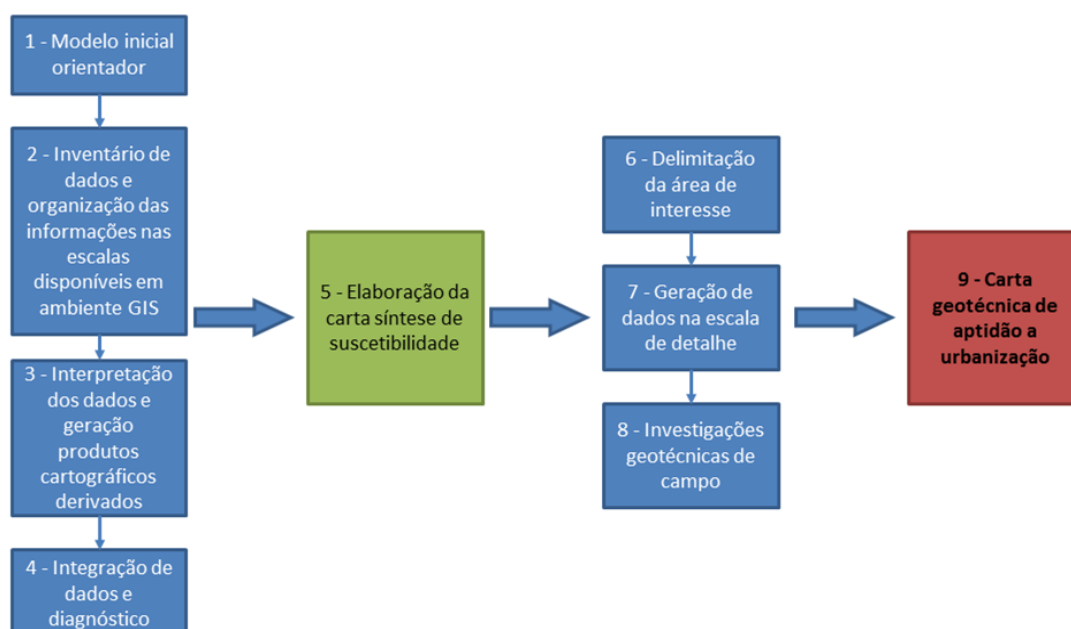


Figura 1 - Fluxo de processos executados durante o trabalho.

A metodologia utilizada durante os trabalhos (Erro! Fonte de referência não encontrada.2) é apresentada no Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial – Cartas Geotécnicas de Aptidão a Urbanização (ANTONELLI, MENEZES, *et al.*, 2021), disponível no link: [Guia de Procedimentos Técnicos](#).

Na Figura 2 a metodologia é melhor detalhada, descrevendo cada etapa que consiste a produção da carta geotécnica.

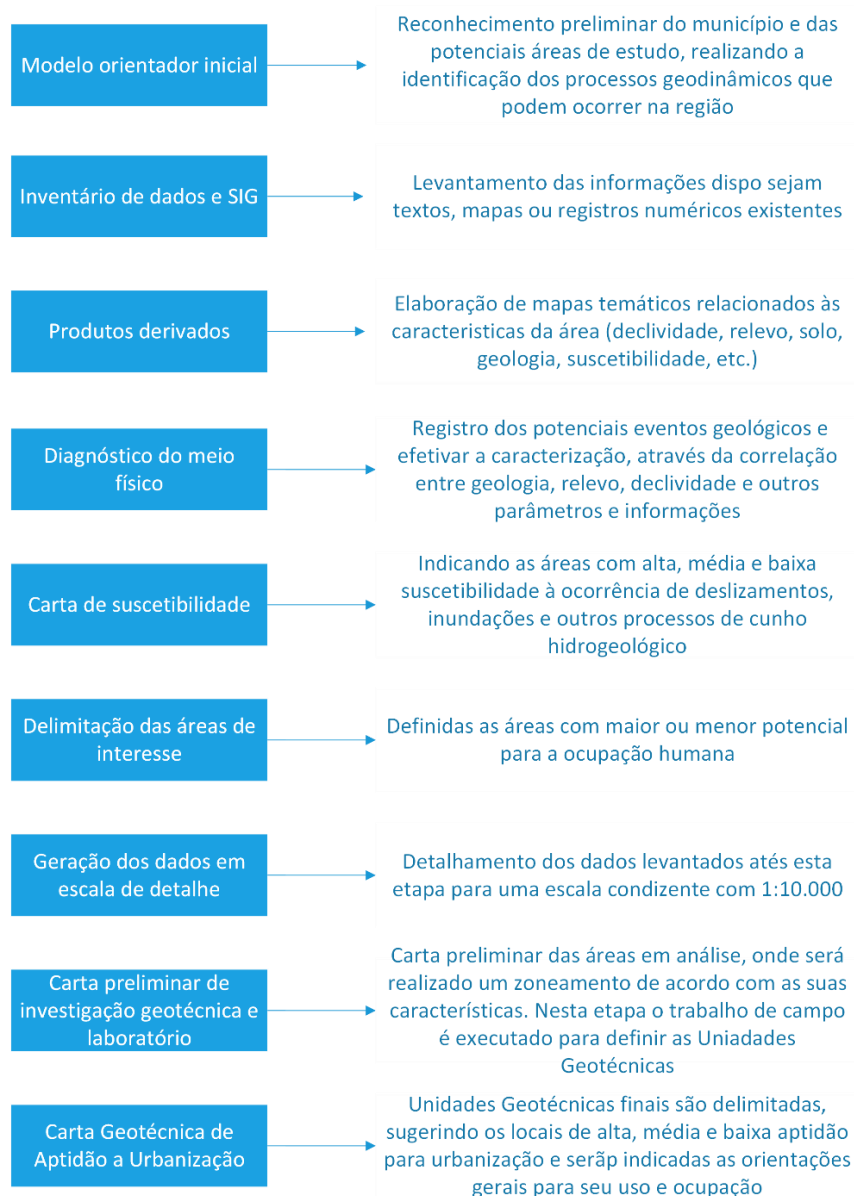


Figura 2 – Descrição da metodologia aplicada.

5. DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS FINAIS

5.1. PRODUTOS DISPONIBILIZADOS

O produto final da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Porto Velho é composto pelo conteúdo apresentado na Tabela 2. O Conteúdo da pasta SIG (Figura 3) é projetado no Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 UTM Zona 20S.

Todos esses dados poderão ser acessados através do Repositório Institucional de Geociências (RIGeo).

Tabela 2. Produtos finais da Carta Geotécnica de Aptidão a Urbanização

Produto	Descrição
Pasta Cartas em PDF	
Carta Índice	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha Geral (Escala 1:35.000)
Carta 1	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha 1 (Escala 1:10.000)
Carta 2	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha 2 (Escala 1:10.000)
Carta 3	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha 3 (Escala 1:10.000)
Carta 4	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha 4 (Escala 1:10.000)
Carta 5	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha 5 (Escala 1:10.000)
Pasta SIG	
Subpasta Base_Tematica	
Areas_Expansao_A	Limites da área de estudo - vetores de crescimento das áreas urbanas
Aptidão_Urbana_A	Polígonos de aptidão para urbanização, separados em classes de alta, média e baixa
Titulos_Minerarios_A	Áreas com algum tipo de requerimento necessários para a exploração mineral
Unidades_Geotecnicas_A	Polígonos das unidades geotécnicas mapeadas
Sub pasta Investigações e Coletas	
Amostragem_P	Informações dos materiais coletados em campo
Subpasta Pontos de Campo	
Pontos_de_Campo_P	Informações de todos os pontos de campo realizados

Subpasta Restrições	
Titulos_Minerarios	Áreas indicadas como títulos minerários segundo Sistema de Informações Geográficas de Mineração - SIGMINE
Unidades_Conservação	Áreas associadas à preservação ambiental conforme legislação vigente

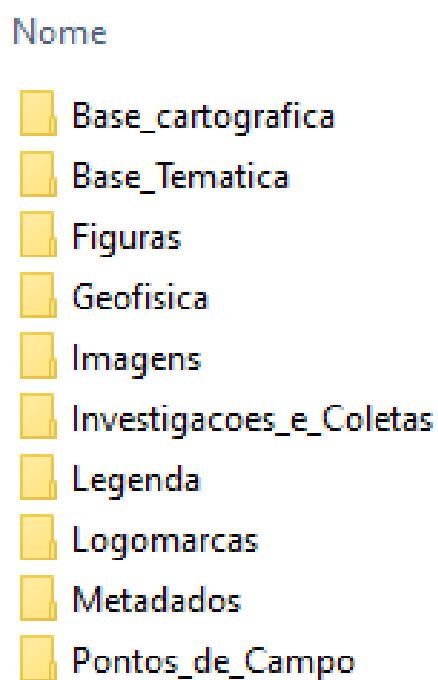


Figura 3 - Estruturação do SIG

6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudos do projeto foi baseada nas áreas de expansão (vetores de crescimento do Plano Diretor Municipal) fornecidas pela Prefeitura Municipal de Porto Velho. Com a finalidade de refinar os limites das áreas, foi acrescida uma pequena área em complemento a área inicialmente prevista para os estudos. (**Figura 4**).

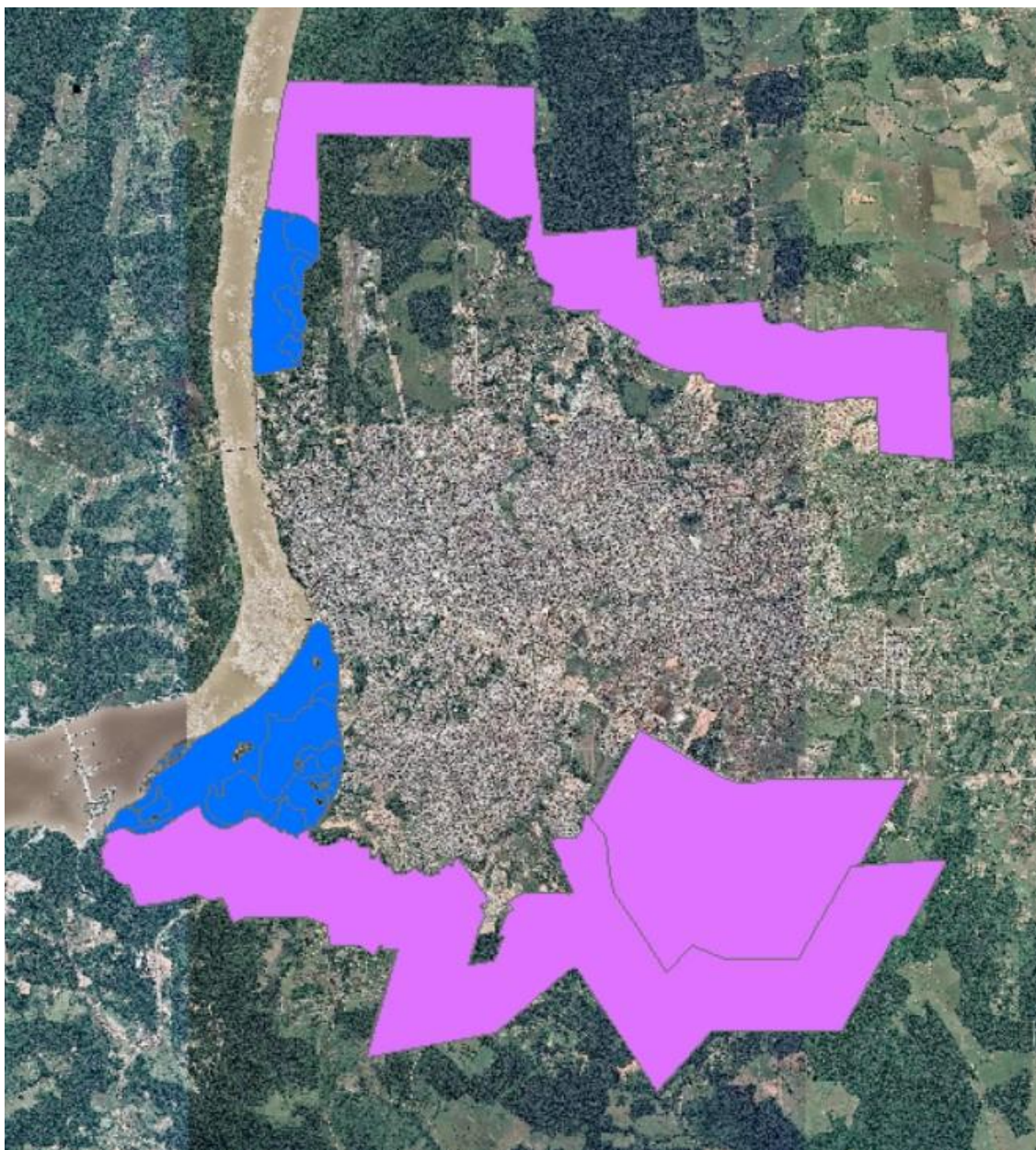


Figura 4 - Mapa de localização das áreas de estudos. Em rosa, a área prevista inicialmente; em azul, a área acrescida ao projeto, em consenso com a administração municipal. Fonte: Autores.

Para melhor compreensão e para facilitar a apresentação do projeto e a impressão da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização com uma escala gráfica que permita uma melhor compreensão do estudo, as áreas foram divididas e denominadas de **Área 1 (Folhas 1 e 2)**, localizada a norte; e **Área 2 (Folhas 3, 4 e 5)**, localizada a sul. A área total analisada, somadas as áreas 1 e 2, é de aproximadamente 95 km², o que

corresponde a 0,29% do território municipal, que por sua vez, possui uma área total aproximada de 34000 km².

Abaixo são apresentadas, para cada uma das áreas, as características geológicas, geotécnicas e geomorfológicas, que foram alvo direto das análises realizadas em todas as etapas do projeto. A interação destas componentes analisadas permite classificar as porções dos terrenos de acordo com as suas aptidões para o desenvolvimento e infraestrutura urbana.

O município de Porto Velho localizado na porção NNW do estado de Rondônia, limite com o estado do Amazonas, insere-se dentro de um contexto geomorfológico regional denominado de Depressão de Porto Velho (IBGE, 2006). Nesta depressão, o relevo caracteriza-se por ser, predominantemente, aplainado, e por desenvolver-se sobre um substrato sedimentar descrito como coberturas sedimentares indiferenciadas. Estas coberturas sedimentares indiferenciadas, com idades entre o final do terciário e o quaternário, se alternam com planícies de inundações e terrenos lateritizados com horizonte mosqueado associado, e com crostas lateríticas espessas em forma de tabuleiros dissecados.

A área a norte, de forma geral, se caracteriza por possuir uma topografia mais dissecada com presença de drenagens afluentes do rio Candeias, que banham o setor leste dessa área. As formas de relevo são mais rebaixadas, se comparadas a área ao sul da mancha urbana, com altitudes que não ultrapassam 115 m, e declividades mais suaves, predominando as extensas superfícies aplainadas degradadas entrecortadas pelas planícies de inundações dos afluentes do rio Candeias e os tributários menores do rio Madeira.

Já a área de expansão situada a sul da mancha urbana de Porto Velho, apresenta um relevo mais elevado com altitudes que podem alcançar 150 m nos topos dos tabuleiros dissecados formados pelas crostas lateríticas. Tais tabuleiros, nessa porção sul, são mais extensos que os observados na área norte e apresentam bordas marcadas por maior declividade, entre 10° e 15°, podendo configurar áreas com algum tipo de perigo para que solos ou mesmo pequenos blocos de laterita se desprendam. As paisagens geomorfológicas dessa porção também apresentam extensas superfícies aplainadas,

que assim como na porção norte da área, apresentam baixas declividade, as quais não ultrapassam 4° graus.

6.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Conforme apresentado no tópico destinado a metodologia, foram levantados os dados do meio físico já existentes para as áreas de trabalho. Para a elaboração dos produtos finais, foram utilizados como fonte principal, os dados abaixo, adequados à escala de trabalho quando necessários.

- Dados coletados em campo: tipos de rochas, coberturas superficiais, relevo, tipo de solo e feições relacionadas a processos de movimento de massa, inundações, enxurradas e erosões;
- Mapas geológicos (OLIVEIRA 2013) na escala 1: 100.000;
- Mapa de Coberturas Superficiais elaborados com dados de campo;
- Mapa com a mancha de inundação provocada pelas cheias do Rio Madeira (https://www.cprm.gov.br/sace/index_bacias_monitoradas.php#);
- Mapa de solos na escala 1:10.000 produzidos pela Embrapa (2010)
- Modelagens de movimentos de massa e inundações provenientes da carta de suscetibilidade do município e refinadas em atividade de campo;
- Mapa de padrões de relevo; Mapa de declividade (inclinação) e Mapa hipsométrico (altitude);

Vale ressaltar que os dados topográficos utilizados para gerar as modelagens, mapas de declividade, hipsométrico e relevo, foram gerados a partir de Modelos Digitais de Elevação Copérnicus**.

** Devido a ausência de dados topográficos compatíveis com a escala de trabalho, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) Copérnicus¹ com resolução espacial de 30 m. Para os locais mais relevantes da área, foram gerados MDEs a partir do sobrevoo

¹ **Mais informações:** <https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/dataset-details?articleId=394198>

com RPA/Drone, com resolução espacial de 30 cm.** (caso não exista modelo de detalhe para a área).

As imagens óticas foram obtidas a partir da plataforma Google Earth, utilizando serviços de *Web Map Services* (WMS). Em atividade de campo foram geradas imagens através de aeronave remotamente pilotada (RPA/Drone) que foram processadas para auxiliar na interpretação dos dados.

6.2 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Durante as atividades de campo foram coletadas 04 amostras de campo, contudo apenas 03 foram analisadas, pois a amostra 06 não apresentou material suficiente no processo de destorroamento para as análises. Estas amostras foram analisadas em paralelo pelo Laboratório de Análise Mineral (Lamin) e no Laboratório de Mecânica dos Solos (Lameso), ambos do Serviço Geológico do Brasil. As análises realizadas no Lamin foram executadas no município de Manaus, AM, enquanto as demais análises foram feitas na unidade do Lameso, localizado no município do Rio de Janeiro, RJ.

A análise realizada no Lamin se refere a avaliação granulométrica do material fino, através de análises granulométricas por espalhamento a laser para partículas entre 0,02 a 1000 μm . O equipamento utilizado é o Granulômetro a laser Mastersizer 2000 - com dispersor Hydro 2000MU e os dados foram processados com o *software* Mastersizer 2000, conforme Instrução Técnica SGB - IT-03-09-01 (2021).

As amostras encaminhadas ao Lameso-RJ, foram ensaiadas conforme indicado na Tabela 3, onde são mostrados os tipos de ensaio aos quais as amostras foram submetidas e as respectivas normas de procedimentos técnicos seguidos.

Através dos ensaios (Figura 5), os tipos de solo das áreas de estudo, foram classificados, seguindo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), o que auxilia na determinação da aptidão à urbanização.

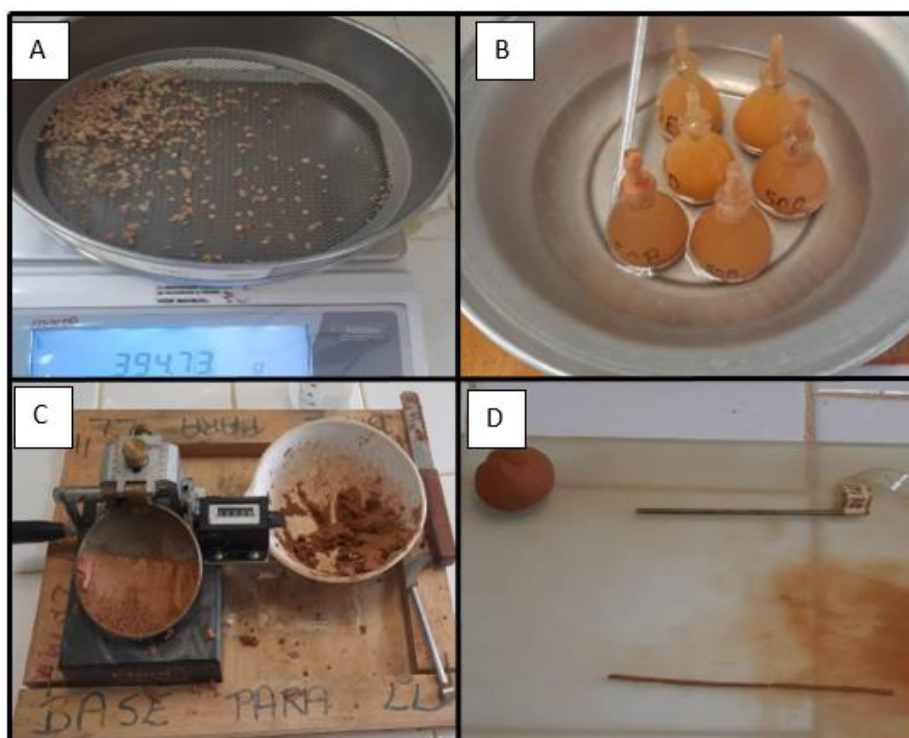


Figura 5 - Ensaio realizados: (A) Granulometria, (B) Densidade dos grãos, (C) Limite de Liquides e (D) Limite de Plasticidade. Fotos: Autores.

Tabela 3. Ensaio executados em laboratório

Ensaio	Norma
Umidade higroscópica	Norma 6457 (ABNT, 2016)
Densidade e massa específica dos grãos	DNER-ME 093/94 (DNER-ME, 1994)
Análise granulométrica por espalhamento a laser	SGB: IT-03-09-01 (2021)
Análise granulométrica (peneiramento grosso)	Norma 7181 (ABNT, 2016)
Limites de Atterberg (limite de liquidez - LL e limite de plasticidade - LP)	LL: Norma 6459 (ABNT, 2016) LP: Norma 7180 (ABNT, 2016)

Das quatro amostras de solos coletadas na área de expansão do município de Porto Velho, 02 foram coletadas na porção norte da área, e as outras duas na porção sul (Figura 6). Dessas quatro amostras, apenas três foram analisadas no laboratório, pois a

amostra 06 após o procedimento de destorroar não apresentou material suficiente para as análises.

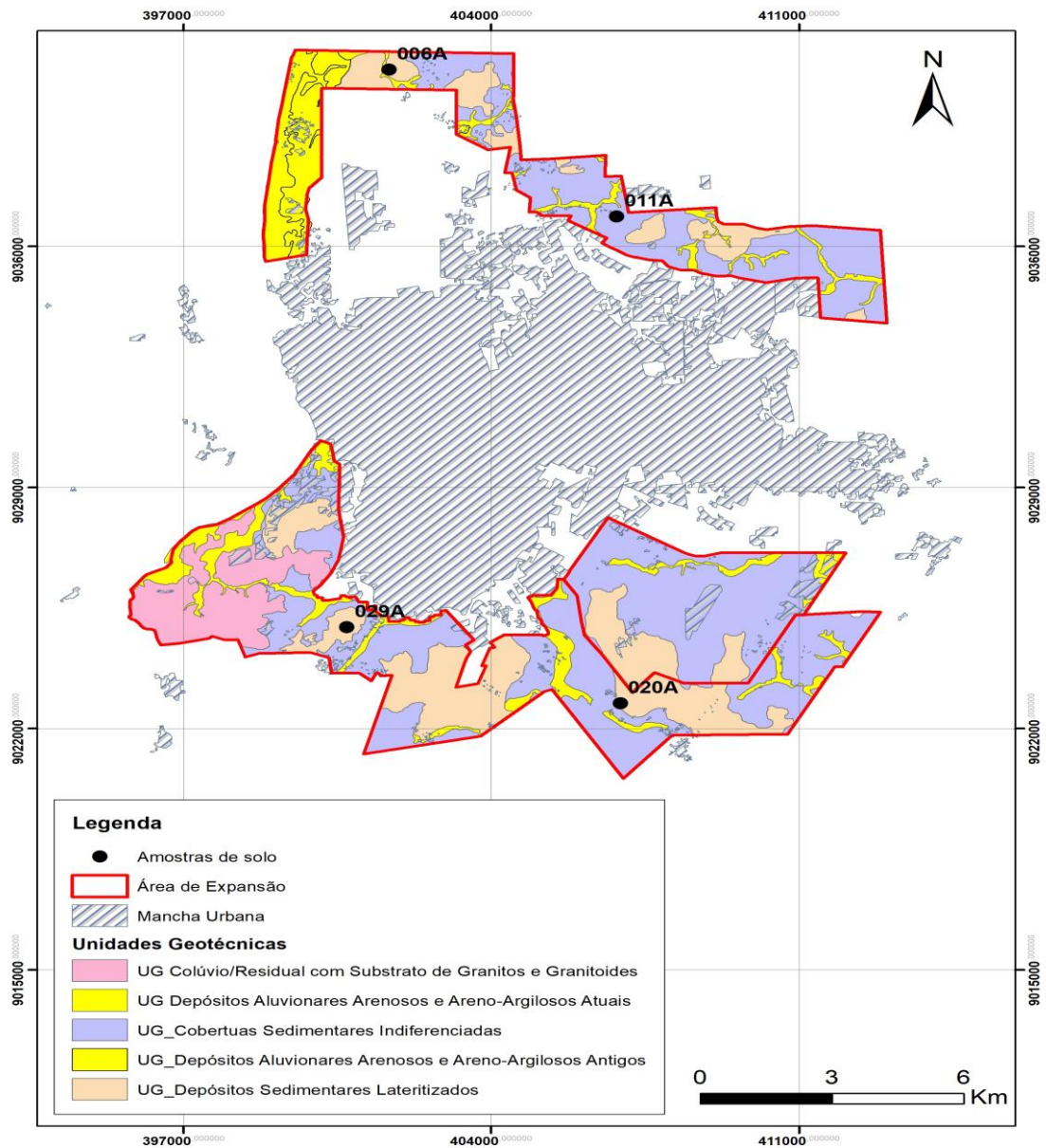


Figura 6 - Mapa de localização das áreas de estudos. Em rosa, a área prevista inicialmente; em azul, a área acrescida ao projeto, em consenso com a administração municipal. Fonte: Autores.

As amostras 06, 20 e 29 (Figura 7 - B, C e D) localizam-se na unidade geotécnica de depósitos sedimentares lateritizados. Uma vez que, a amostra 06 apresenta muitas concreções, reduzindo o material disponível para as análises (Figura 07 - D). A amostra 11 (Figura A) situa-se na unidade de Cobertura Sedimentar Indiferenciada.



Figura 7 - Amostras de solo: (A) Amostra 11, (B) Amostra 20, (C) Amostra 29 e (D) Detalhe de alta quantidade de concreções na amostra 06. Fotos: Autores.

Das três amostras de solo analisadas, duas são classificadas como material fino, amostras 11 e 20, apenas a amostra 29 é categorizada como material grosso (granular). A amostra do ponto 11 foi classificada como argila de alta compressibilidade (CH), contudo apresenta uma grande concentração de material na fração silte (Figura 8 A). O material da amostra 20 foi classificado como silte de alta compressibilidade (MH). Sendo que, nessa amostra a curva granulométrica se mostra homogênea na distribuição entre as frações, sem grandes mudanças abruptas (Figura 8 B). A amostra 29 é a única caracterizada como material granular, sendo classificada como areia siltosa (SM). Na distribuição granulométrica observa-se uma concentração maior na fração grossa, sobretudo no pedregulho, 44% (Figura 8 C).

As amostras 11, 20 e 29 apresentam índices de atividade de argila ativa, respectivamente, 2,90; 1,34 e 2,52. Este índice demonstra que a argila é classificada

como ativa e sugere a necessidade de identificar os tipos de argilominerais presente para entender melhor as limitações ou restrições de ocupação dessas áreas associadas a essas características.

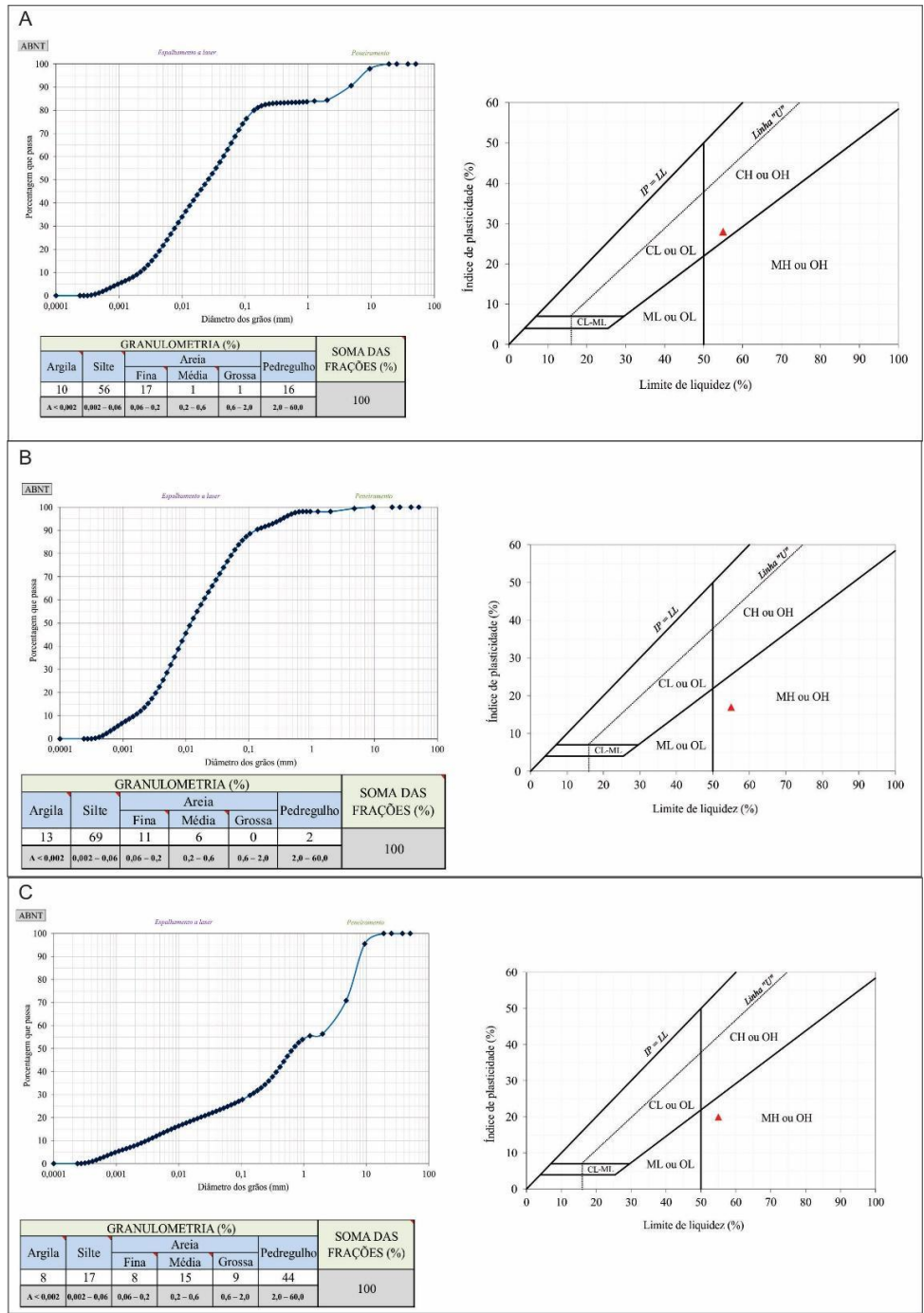


Figura 8. Resultados das análises de laboratório das amostras de solo: (A) Amostra 11, (B) Amostra 20, (C) Amostra 29. Fonte: Autores.

Os resultados obtidos a partir das análises das amostras em laboratório nos permitem ter uma ideia com relação as características físico-químicas dos substratos sedimentares que constitui as unidades geotécnicas, contudo, em função do baixo número de amostra coletadas e analisadas, para fins de engenharia, os resultados apresentados neste trabalho devem ser complementando por uma nova campanha de coleta de acordo com as práticas técnicas recomendadas.

7. RESULTADOS



A interpretação de todos os dados obtidos através do levantamento preliminar, modelagens, atividades de campo e ensaios laboratoriais, resultaram em dois planos de informação principais: as unidades geotécnicas e as áreas classificadas quanto a aptidão à urbanização. A primeira é a combinação do substrato litológico com as coberturas inconsolidadas. A segunda é a integração entre as áreas classificadas quanto à suscetibilidade a movimentos de massa e inundações, e as unidades geotécnicas, resultando em áreas de baixa, média e alta aptidão à urbanização.


A seguir são descritas as principais características das áreas aptas e das unidades geotécnicas, identificadas no município.

7.1 CLASSES DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE A MOVIMENTOS DE MASSA, ENCHENTES E INUNDAÇÕES

As classes de aptidão são apresentadas na **Tabela 4**.

Tabela 4. Classes de Aptidão e suas características

Símbolo no mapa	Classe	Características
	Alta	Áreas sem restrição à urbanização ou já consolidadas do ponto de vista geológico-geotécnico.
	Média	Áreas apresentando restrições geológico-geotécnicas que exigem o correto atendimento a critérios técnicos e diretrizes para sua urbanização. Devido sua heterogeneidade geotécnica, podem exigir custos

		variáveis para sua consolidação, por meio de intervenções estruturantes.
	Baixa	Áreas com severas restrições à ocupação e/ou áreas caracterizadas como não consolidáveis do ponto de vista geológico-geotécnico. Recomenda-se outra destinação, devido à complexidade e aos altos custos necessários para sua urbanização.

7.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

UG_Al-ar.ag - Unidade Geotécnica Depósitos Aluvionares Arenosos e Arenos-Argilosos

Esta Unidade Geotécnica é uma das mais importantes e representativas neste projeto, pois corresponde às áreas onde se encontram as planícies de inundação da margem direita do Rio Madeira (Figura 9) ao longo de toda a cidade de Porto Velho, e que sofre constantemente com as inundações provocadas pelas cheias do Rio Madeira. Também é importante ressaltar que os taludes marginais do Rio Madeira são altamente suscetíveis a processos erosivos o que pode resultar em deslizamentos de grandes porções de terra (Figura 10).



Figura 9 – Planície de inundação do Rio Madeira. Foto: Autores.



Figura 10 – Erosão fluvial na margem direita do Rio Madeira. Foto: Autores.

Esta unidade é constituída por materiais provenientes da deposição fluvial ao longo da rede de drenagem formando as planícies de inundação e os terraços. É representada por sedimentos de textura arenosa de cor cinza esbranquiçado a cinza ou marrom, siltosa de cor acinzentada, e argilosa cinza ou marrom. Estes sedimentos apresentam-se dispostos sob a forma de camadas e/ou lentes que afloram nas margens dos rios, com extensão variando de alguns metros a uma dezena de quilômetros.

Esta unidade compreende relevo plano, localmente muito pouco ondulado. As amplitudes variam entre 1 e 3 metros e as declividades entre 1° e 5° graus. Predominam solos dos tipos Neossolos Flúvicos.

A capacidade de suporte é variável, desde baixa nas camadas mais argilosas até média a alta nas camadas areno-siltosas. A escavabilidade é boa (1ª categoria) nos locais com maior espessura de material arenoso e/ou argiloso. Entretanto poderão existir dificuldades de escavação pela baixa coesão do material e do nível d'água próximo à superfície. Os níveis argilosos são compressíveis, e neles podem ocorrer recalques em fundações, aterros, infraestruturas subterrâneas e pavimentos viários.

A possibilidade de desenvolvimento de processos erosivos varia de moderada a alta, pelo solapamento ao longo das margens dos rios e terraços arenosos.

Nos níveis arenosos que são permeáveis, pode ocorrer a contaminação do lençol freático quando este é encontrado a pouca profundidade em relação à superfície dos terrenos.

UG_NQi - Unidade Geotécnica Coberturas Sedimentares Indiferenciadas

Esta Unidade predomina, não só na área estudada, mas em toda a região de Porto Velho. É constituída por depósitos de areia, silte, argila ou cascalho, restos de materiais lateríticos (horizonte mosqueado a argiloso e fragmentos de crosta laterítica ferruginosa), além de sedimentos aluvionares, coluvionares e eluvionares indiferenciados, sobre os quais se desenvolve uma cobertura de solos indiscriminados. As condições de deposição compreendem ambientes distintos: leques aluviais, canais fluviais, planícies de inundação e lacustres. A Sucessão de sedimentos sub-horizontalizados, não deformados, com boa homogeneidade geotécnica e hidráulica lateral. Na vertical, pela variação textural dos sedimentos, tais características são contrastantes, podendo mudar

bruscamente de uma camada para outra, facilitando, assim, a desestabilização em taludes de corte e aterros, notadamente em áreas de relevo mais pronunciado ou com desníveis altimétricos acentuados. Predominam sedimentos pouco consistentes, geralmente de baixa capacidade de suporte de carga do solo e baixa resistência ao corte e à penetração, podendo ser escavados com facilidade por equipamentos rotineiros. Os relevos aplainados são dominantes (Figuras 11 e 12), distribuídos em cotas diferenciadas, com suscetibilidade variável à erosão: estabilizados e com baixo poder erosivo nas áreas rebaixadas, enquanto em terrenos colinosos são instáveis e de alto poder erosivo, principalmente quando arenosos.



Figura 11 – Relevo plano desenvolvido sobre as coberturas sedimentares indiferenciadas. Foto da região central da área 1, a norte da área urbana de Porto Velho. Foto: Autores.



Figura 12 – Relevo plano desenvolvido sobre as coberturas sedimentares indiferenciadas. Foto da região central da área 2, a sul da área urbana de Porto Velho. Foto: Autores.

Em períodos chuvosos, os sedimentos siltico-argilosos encharcam-se plenamente, em decorrência da elevação do nível freático. Os fragmentos de crostas lateríticas são responsáveis pelo comportamento geotécnico diferenciado em locais específicos.

UG_Lat - Unidade Geotécnica Depósitos Sedimentares Lateritizados

Constituem coberturas aflorantes resultantes de intemperismo químico atuando de forma indiscriminada em litologias distintas em idade e gênese. Ocorrem de forma descontínua, em forma de tabuleiros dissecado de baixa amplitude (Figura 13), e sob a forma de depósitos argilo-arenosos e siltico-arenosos ricos em concreções ferruginosas (Figura 14), apresentando ou não perfis completos, e depósitos detríticos derivados do desmantelamento da crosta laterítica subjacente por processos erosivos.



Figura 13 – Exemplo de tabuleiro de baixa amplitude sustentado por costa laterítica. Foto: Autores.

Essa unidade apresenta características geomecânicas, espessura, grau de consolidação e dureza variáveis. As rochas podem ser bastante compactas, espessas e coesas, com alta resistência ao corte e à penetração, como as crostas ferruginosas, ou moles e friáveis em horizontes mosqueados. As linhas de pedra e o horizonte concrecionário possuem fácil a moderada desagregação. As espessas seções compostas pelos perfis lateríticos e solos conferem moderada a alta capacidade de suporte de carga aos terrenos. Entretanto, formam facilmente cavernas e cavidades, prejudiciais à implantação de obras de engenharia. Ocorrem de forma bastante irregular (lajeados, blocos, matacões e camadas em subsuperfície irregularmente distribuídas), dificultando as escavações e a perfuração com sondas rotativas. A retirada da crosta laterítica comum em obras de terraplanagem pode desestabilizar o perfil de solo e favorecer a instalação de processos erosivos.



Figura 14 – Foto de detalhe da crosta laterítica mostrando as concreções ferruginosas. Foto: Autores.

Ug_Co-SR/gr - Unidade Geotécnica Colúvio/Residual com Substrato de Granitos e/ou Granitóides.

Esta unidade ocorre a oeste da área sul, é a menos representativa em termos de área no projeto. É constituída por uma combinação de materiais inconsolidados (solos coluvionar e residual) capeando o substrato rochoso cristalino constituído por granitoide tardi a pós-orogênico da Suíte Intrusiva Santo Antônio, que tem como principais litotipos os Biotita monzogranito, sienogranito com textura rapakivie e anti-rapakivi, quartzo-monzonito, pegmatito e aplito subordinados. Diques de diabásio contemporâneos.

Aflora sob a forma de depósitos coluvionares, em geral próximos à fonte, com pouca distância de transporte, ou como um solo residual maduro, mais argiloso e de maior coesão, portanto menos sujeito à erosão. Nestas camadas predominam solos dos tipos Latossolos e Argissolos. Subjacente a este horizonte superficial ocorrem horizontes de

solo residual estruturado, constituído por camadas silto-arenosas, friáveis e geralmente erodíveis, que mostram estruturas reliquias das rochas de origem, algumas vezes envolvendo blocos rochosos constituídos por núcleos mais resistentes do maciço rochoso. A feição menos evoluída destes solos residuais é constituída por horizontes de saprólito e blocos, que estão sobrejacentes ao maciço rochoso.

A escavabilidade dos terrenos desta Unidade nos horizontes de colúvio é, em geral, fácil (1a categoria), passando a moderada no solo residual maduro, pois nele podem ocorrer materiais de 2a categoria de escavação, lamináveis e escarificáveis.

A capacidade de suporte dos horizontes de colúvio é, em geral, moderada a baixa. Nos horizontes de solo residual maduro, solo residual estruturado, e saprólito é variável, entre média e alta. A suscetibilidade à erosão nos horizontes de solo residual maduro varia de baixa a moderada, conforme a porcentagem da fração argila. Nos horizontes de solo residual estruturado e saprólito esta suscetibilidade varia de moderada a alta em função da predominância das frações silte e areia. Estes horizontes, quando afloram, ou em cortes e escavações, podem apresentar ocorrência de feições como erosão laminar, sulcos e ravinas.

A suscetibilidade a movimentos de massa desta unidade, face à estrutura isotrópica dos seus horizontes, varia de moderada a baixa.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em linhas gerais, as áreas no entorno da mancha urbana de Porto Velho que foram objetos deste estudo possuem características geológico-geotécnicas que favorecem a expansão urbana. Entretanto, algumas áreas específicas, como as áreas próximas ao Rio Madeira e as áreas próximas às encostas formadas pelos tabuleiros, devem ser evitadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. **Rio de Janeiro. 2016.**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez. **Rio de Janeiro. 2016.**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade. **Rio de Janeiro. 2016.**

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. **Rio de Janeiro. 2016.**

ANTONELLI, T. et al. Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: volume 2, versão 1: cartas geotécnicas de aptidão para urbanização. **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Brasília, p. 23. 2021.**

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC [...]. **Brasília, 2012.**

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Acesso em outubro de 2023. Disponível em: https://www.cprm.gov.br/sace/index_bacias_monitoradas.php#

DNER-ME. 093: Solos - determinação da densidade real. **[S.l.]. 1994.**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Carta Geomorfológica do estado de Rondônia. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/unidades_da_federacao/ro_geomorfologia.pdf. **Acesso: 29/09/2023.**

OLIVEIRA, Carlos Eduardo Santos; SARDOU FILHO, Ruben. Materiais de construção civil da folha Porto Velho: estado de Rondônia. Porto Velho: CPRM, **2013.** il. color. 1 CD-ROM. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, 10).

ANEXOS

- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA GERAL (ESCALA 1:35.000).
- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA 1 (ESCALA 1:10.000).
- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA 2 (ESCALA 1:10.000).
- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA 3 (ESCALA 1:10.000).
- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA 4 (ESCALA 1:10.000).
- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA 5 (ESCALA 1:10.000).
- LINK PARA ACESSO ÀS IMAGENS ÁEREAS EM 360 GRAUS OBTIDAS COM USO DE DRONE DOS PONTOS DE CAMPO: <https://geoportal.sqb.gov.br/360portovelho/>

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.

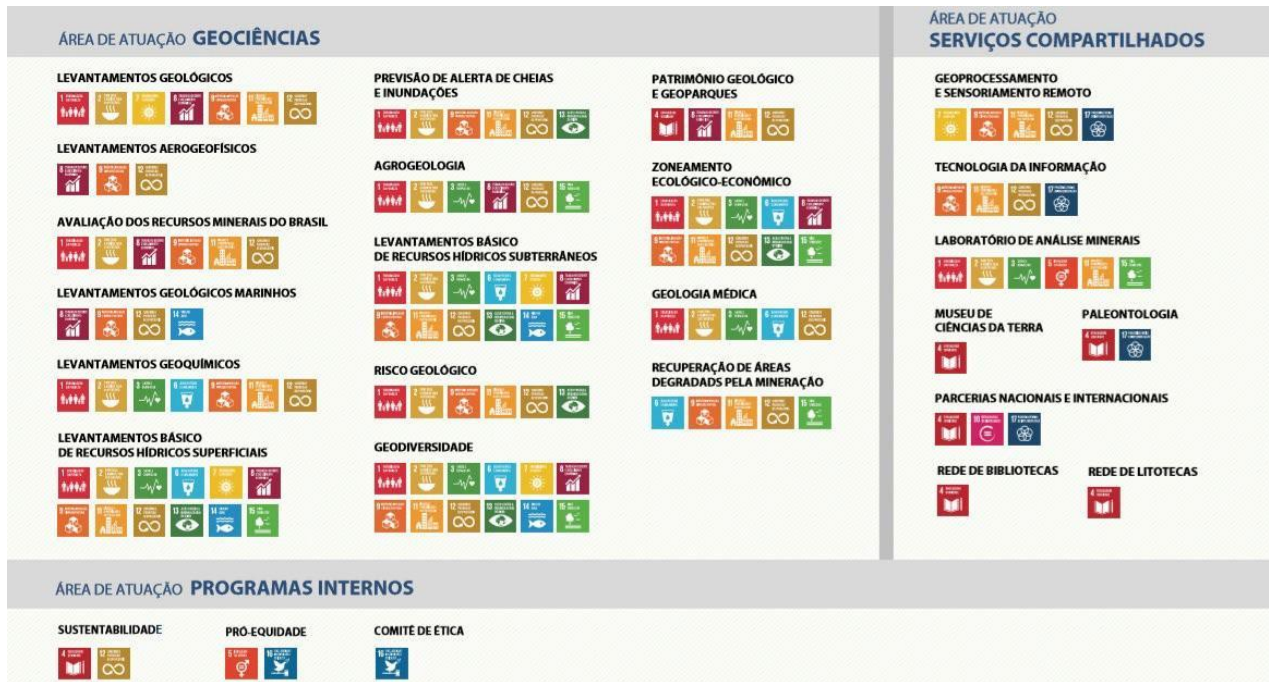


O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

Geologia e Recursos Minerais; Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial; Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel----ODS->



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

