

Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia

Panorama da Cartografia Geotécnica do Estado de Mato Grosso

Overview of the Geotechnical Cartography of the State of Mato Grosso

Resumen de la Cartografía Geotécnica del Estado de Mato Grosso

Bruno Rodrigues Oliveira¹ 

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil

RESUMO

A elaboração de cartas geotécnicas requer uma abordagem multidisciplinar e abrangente, envolvendo desde o planejamento até a sua atualização. Esta pesquisa analisa os procedimentos metodológicos utilizados na elaboração desses produtos cartográficos no Estado de Mato Grosso com o objetivo de compreender tanto seus benefícios quanto suas limitações e de formular recomendações acerca dos métodos utilizados para a elaboração de futuras cartas geotécnicas no Estado de Mato Grosso. Considerando os quatro produtos elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil (SBG) e as cinco cartas elaboradas em convênios com a Universidade Federal de Mato Grosso, observa-se que 95% dos municípios do estado não possuem nenhuma carta geotécnica que subsidie o processo de uso e ocupação do solo. O método de delimitação das unidades geotécnicas, utilizado nas cartas, se apresenta como uma abordagem adequada de definição de unidades geotécnicas preliminares devido à sua fácil aplicação, mas carece de quantificação das propriedades geotécnicas. Recomenda-se padronizar a representação dos símbolos, escalas e legendas utilizados na representação cartográfica, adotando padrões preferencialmente utilizados pelo SGB e documentar de maneira detalhada os métodos de coleta de dados, as análises realizadas e as conclusões obtidas durante o processo de elaboração da carta geotécnica.

Palavras-chave: Planejamento; Gestão Territorial; Lei 12608/2012; Mapeamento Geotécnico

ABSTRACT

The development of geotechnical maps requires a multidisciplinary and comprehensive approach, involving everything from planning to updating. This research analyzes the methodological procedures used in the development of these cartographic products in the state of Mato Grosso with the aim of understanding both their benefits and limitations and formulating recommendations regarding the methods used for the development of future geotechnical maps in the state of Mato Grosso. Considering the four products developed by the Brazilian Geological Survey (SBG) and the five maps developed in

agreements with the Federal University of Mato Grosso, it is observed that 95% of the municipalities in the state do not have any geotechnical maps to support the land use and occupation process. The method of delimiting the geotechnical units used in the maps presents itself as an appropriate approach for defining preliminary geotechnical units due to its easy application but lacks quantification of geotechnical properties. It is recommended to standardize the representation of symbols, scales, and legends used in cartographic representation, adopting standards preferably used by the SBG, and to thoroughly document the data collection methods, analyses performed, and conclusions drawn during the geotechnical map development process.

Keywords: Planning; Territorial Management; Law 12608/2012; Geotechnical Mapping

RESUMEN

El desarrollo de mapas geotécnicos requiere un enfoque multidisciplinario y completo, que involucra desde la planificación hasta la actualización. Esta investigación analiza los procedimientos metodológicos utilizados en el desarrollo de estos productos cartográficos en el estado de Mato Grosso con el objetivo de comprender tanto sus beneficios como sus limitaciones, y formular recomendaciones sobre los métodos utilizados para el desarrollo de futuros mapas geotécnicos en el estado de Mato Grosso. Considerando los cuatro productos desarrollados por el Servicio Geológico Brasileño (SBG) y los cinco mapas elaborados en convenios con la Universidad Federal de Mato Grosso, se observa que el 95% de los municipios en el estado no tienen ningún mapa geotécnico para apoyar el proceso de uso y ocupación del suelo. El método de delimitación de las unidades geotécnicas utilizadas en los mapas se presenta como un enfoque adecuado para definir unidades geotécnicas preliminares debido a su fácil aplicación, pero carece de cuantificación de propiedades geotécnicas. Se recomienda estandarizar la representación de símbolos, escalas y leyendas utilizadas en la representación cartográfica, adoptando estándares preferiblemente utilizados por el SBG, y documentar minuciosamente los métodos de recolección de datos, análisis realizados y conclusiones obtenidas durante el proceso de desarrollo del mapa geotécnico.

Palabras-clave: Planificación; Gestión Territorial; Ley 12.608/2012

1 INTRODUÇÃO

Desde o Plano de Ação para a implementação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) em 2010 (Cinde, 2010) até a sua implementação, a Geoinformação passou a ocupar uma posição estratégica na tomada de decisão nos mais diversos setores, seja na prospecção de novas oportunidades de negócio até o planejamento e a gestão territorial (Krol *et al.*, 2016; Procópio; Lopes; Feitosa, 2023; Silva & Julião, 2022).

Muitos consumidores de Geoinformação produzem seus próprios dados devido à ausência de informação na escala de interesse do projeto. É usual ocorrer desperdício de recursos com a duplicação de dados por falta de comunicação ou divulgação dos

trabalhos anteriores (Oliveira *et al.*, 2021). As universidades apresentam um grande potencial de divulgação diante da grande quantidade de Geoinformação produzida, mesmo com a escassez de recursos destinados à pesquisa, que comumente fica restrita aos computadores dos laboratórios, relatórios e periódicos.

Diante da demanda por dados geotécnicos, as cartas geotécnicas de suscetibilidade, aptidão à urbanização e risco se tornaram itens obrigatórios no instrumento de planejamento territorial, conhecido como Plano Diretor, após a promulgação da Lei nº 12.608 de 2012 (Brasil, 2012). Esta lei prevê, além de outras providências, que os municípios incluídos no Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos, ou Hidrológicos Correlatos, instituído pelo Decreto nº 10.692 de 03 de maio de 2021 (Brasil, 2021), sejam obrigados por lei a incluir os referidos produtos cartográficos supramencionados nos seus respectivos planos diretores.

No Estado de Mato Grosso, até novembro de 2023, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) visitou 22 municípios, nos quais foram realizados três mapeamentos de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações (Pinho & Silva, 2022; SGB, 2015; Souza & Silva, 2023) e 22 cartas de setorização de risco geológico (Serviço Geológico Do Brasil SGB, 2023). Além das cartas elaboradas pelo SGB, oito cartas geotécnicas foram elaboradas por meio de convênios, parcerias, pesquisas e prestações de serviços entre órgãos estaduais, municipais, empresas privadas e universidades.

Observa-se então uma indisponibilidade de informações geológico-geotécnicas, na forma de produtos cartográficos direcionados para o uso e ocupação do solo, em aproximadamente 85% da área do Estado de Mato Grosso, o que corresponde a 119 dos 141 municípios. As informações geotécnicas, quando reinterpretadas, servem como subsídio na elaboração de diretrizes urbanísticas com vistas à segurança dos novos parcelamentos do solo e ao aproveitamento de agregados para a construção civil, conforme obrigatoriedade estabelecida pelo Decreto nº 10.692 de 03 de maio de 2021 (Brasil, 2021).

A pequena quantidade de cartas geotécnicas elaboradas no Estado está

relacionada com o desconhecimento da obrigatoriedade, importância e aplicabilidade das cartas geotécnicas e principalmente com a indisponibilidade de dados temáticos em escalas adequadas para a sua elaboração. A disponibilidade de dados preexistentes otimiza a elaboração dos produtos cartográficos obrigatórios previstos na Lei nº 12.608 de 2012 (Brasil, 2012), entretanto, quando os dados temáticos estão disponíveis, comumente se apresentam como levantamentos descontínuos, ou seja, os dados não cobrem todo o território do Estado ou Município ou em escalas distintas.

A ausência de informações em escalas compatíveis levanta comumente a necessidade da readequação das abordagens metodológicas ou da produção de novos dados geotécnicos. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é compilar e analisar os procedimentos metodológicos utilizados na elaboração das cartas geotécnicas desenvolvidas no Estado de Mato Grosso, com enfoque nas oito cartas geotécnicas elaboradas por convênios, parcerias, pesquisas e prestações de serviços entre órgãos estaduais, municipais, empresas privadas e universidades. Isso visa compreender tanto suas vantagens quanto suas limitações dos procedimentos metodológicos adotados, a fim de formular recomendações acerca dos procedimentos essenciais para a elaboração de futuras cartas geotécnicas no estado de Mato Grosso.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A compilação de dados preexistentes foi realizada por meio de solicitações via Lei de Acesso à Informação, consultas em periódicos e contato com os responsáveis pela elaboração dos produtos cartográficos. No total, foram compiladas oito cartas geotécnicas cujas principais características são apresentadas na Tabela 1.

Os dados compilados foram compatibilizados em um formato que atenda aos critérios de interoperabilidade da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (Cinde, 2010) e de pesquisas que tratam de dados geotécnicos (Barros, *et al.*, 2022; Bozio, 2022; Bozio & Reginato, 2020; Oliveira *et al.*, 2021; Oliveira, 2023; Oliveira *et al.*, 2022), ou seja, dados em formatos que permitam a sua utilização em diferentes programas.

Tabela 1 – Resumo das informações das cartas geotécnicas compiladas como localidade, método de obtenção da informação e referência.

Local	Área aproximada (km²)	Escala	Referência
Várzea Grande	17.000	15.000	(Salomão; Madruga; Castro J, 2012)
Rondonópolis (Aptidão)	331.354	10.000	
Rondonópolis (Suscetibilidade)	331.354	25.000	(GEOEMP, 2018)
Rondonópolis (Risco)	87	2.000	
Chapada dos Guimarães	13,23	15.000	(Salomão; Madruga, Migliorini, 2012)
Cuiabá	153	25.000	(Feuerharmmel; Santos; Rodrigues, 1995)
Rio Bandeira	16	7.500	(Salomão; Barros; Madruga, 2017)
Distrito de Sucuri	18	7.500	(Salomão; Barros; Madruga, 2016)

Fonte: Organizado pelos autores (2024)

O processo de compatibilização envolve o georreferenciamento dos arquivos digitais em formato de matricial, sempre mantendo o erro máximo de dez metros no processo. Em seguida, os dados foram reprojatados do sistema original para o sistema de referência vigente SIRGAS 2000 (EPSG:4674). Posteriormente, foi realizada a conversão dos dados matriciais em vetoriais por meio do processo de vetorização manual das poligonais e das unidades geotécnicas delimitadas nos produtos cartográficos.

Todos os dados foram validados quanto ao preenchimento, topologia e fidelidade em relação ao dado original, seguindo as orientações do manual de avaliação da qualidade de dados geoespaciais (IBGE, 2017) e da qualidade de dados geotécnicos (Oliveira, 2023).

A primitiva geométrica das poligonais das cartas geotécnicas foram definidas do tipo multi-polígono, onde as geometrias podem se sobrepor mesmo que sejam executados no mesmo período. A geometria pode possuir anéis internos ou lacunas desde que correspondam a áreas não mapeadas (Oliveira *et al.*, 2021).

Já as unidades geotécnicas são representadas por geo-objetos do tipo polígono que não podem se sobrepor e não podem ter lacunas caso estejam relacionadas à mesma carta geotécnica. Entretanto, anéis internos são permitidos, pois é possível ocorrer unidades geotécnicas dentro de outra unidade. Todas as unidades devem estar contidas no limite da poligonal da carta geotécnica correspondente (Oliveira *et al.*, 2021).

Por fim, os dados foram incluídos no banco de dados PostgreSQL (POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, 2021) e estendidos espacialmente com PostGIS (PostGIS, 2022), permitindo a exportação em formatos Shapefile e XML utilizados pela INDE. São disponibilizados via geoserviços no Geoserver (OSGEO, 2023), servidor de código aberto para disponibilização de dados geoespaciais e no site da Faculdade de Geociências (FAGEO) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) (UFMT, 2023).

Nos dados compilados foram analisados no tocante: a disponibilidade de dados brutos que subsidiaram a elaboração dos produtos cartográficos; a clareza na definição dos materiais e métodos; na relação entre a quantidade e qualidade dos dados utilizados na elaboração e a escala do produto; e na utilização de dados preexistentes e produção de novos dados geotécnicos. Com base nos resultados desse diagnóstico, serão propostas recomendações sobre os procedimentos necessários para a elaboração de novas cartas geotécnicas.

3 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA ELABORADO NO ESTADO DO MATO GROSSO

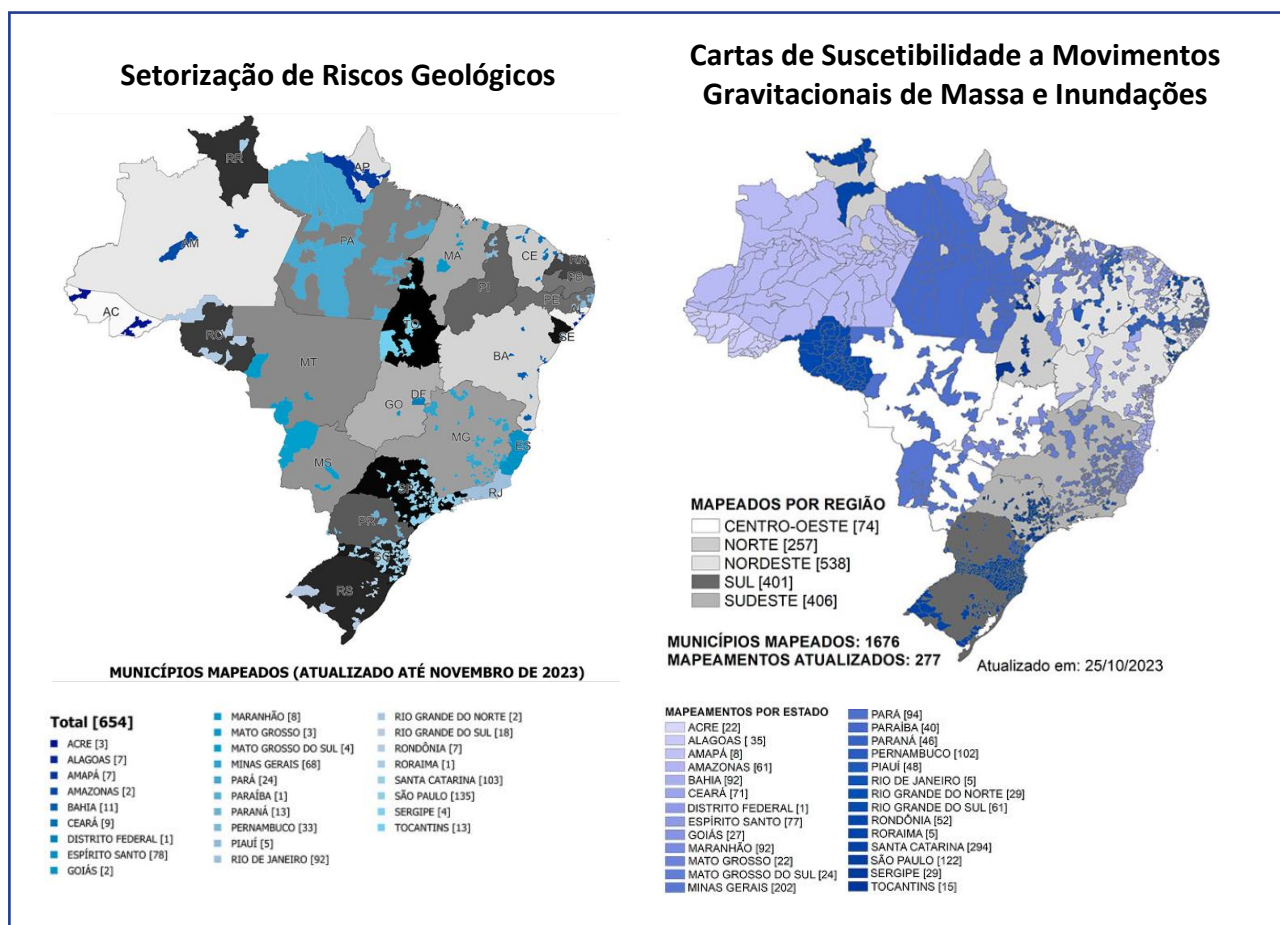
As cartas geotécnicas são produtos cartográficos que fornecem uma representação generalizada de todos os componentes de um ambiente geológico de significância para a finalidade da carta e sintetiza o conhecimento de modo a subsidiar a elaboração de medidas preventivas ou corretivas visando reduzir problemas ambientais, orientar o uso e ocupação do solo e mitigar os riscos relacionados a implantação de empreendimentos de engenharia civil e de mineração (Bozio *et al.*, 2022; IAEG, 1976).

As cartas geotécnicas podem ser divididas em diversos tipos, mas o Serviço Geológico do Brasil atua na produção de três produtos cartográficos: as Cartas de

Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações (SGB & IPT, 2014); Cartas Geotécnicas de Aptidão a Urbanização (Antonelli *et al.*, 2021); e a Setorização de Riscos Geológicos (SGB, 2021).

O estado de Mato Grosso tem uma área de aproximadamente 903.000 km² (IBGE, 2023), dos quais apenas 5% foram mapeados pelo Serviço Geológico Brasileiro no tocante a Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Desde 2012, o SGB visitou 22 municípios atuando na Setorização de Riscos Geológicos, que consistem em levantamentos localizados quando comparados aos demais produtos cartográficos elaborados pelo SBG nessa temática (Figura 1).

Figura 1 – Municípios contemplados com cartas geotécnicas de suscetibilidade (à esquerda) e com cartas de setores de risco (à direita) elaboradas pelo Serviço Geológico do Brasil

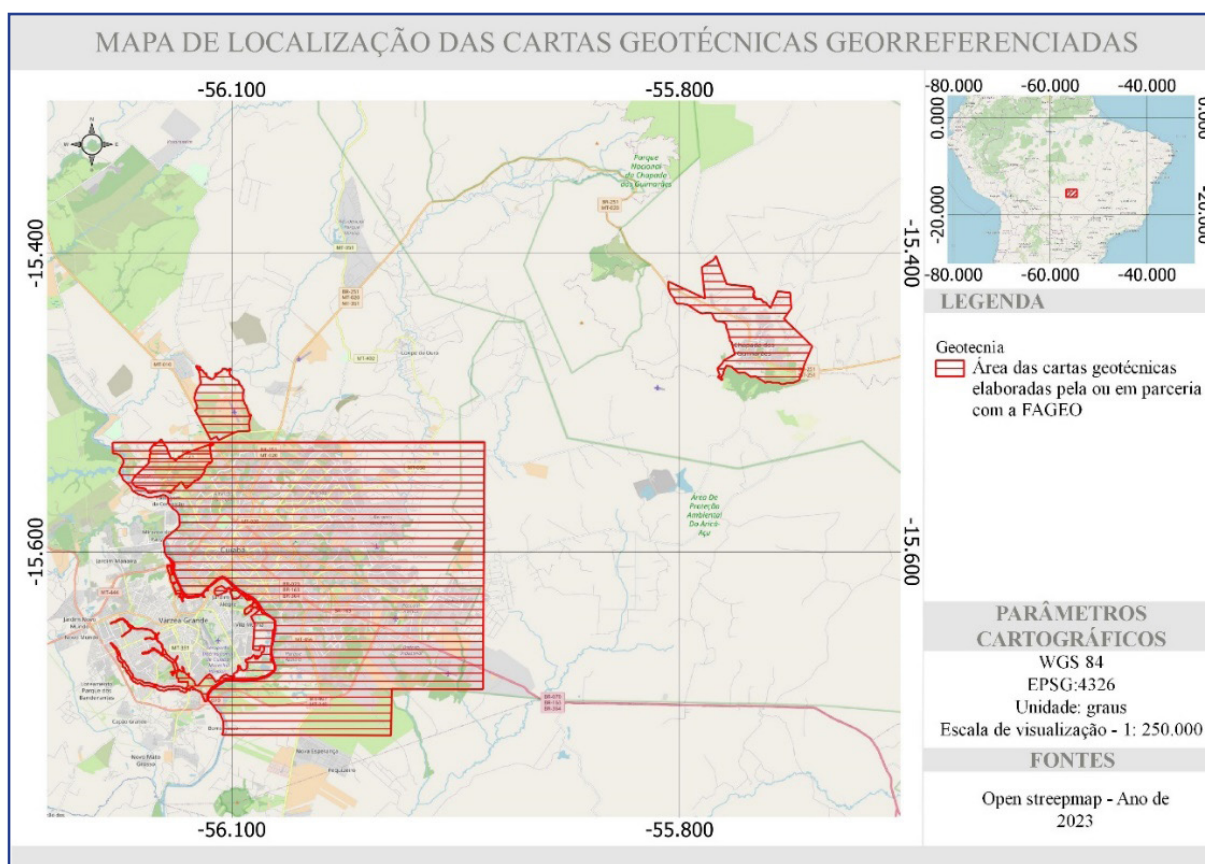


Fonte: (Serviço Geológico Do Brasil - SGB, 2023; Serviço Geológico Do Brasil SGB, 2023)

A Faculdade de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso atuou na elaboração de cinco das oito cartas geotécnicas, além das elaboradas pelo SBG, no

Estado de Mato Grosso. As poligonais de cartas geotécnicas recobrem cerca de 567 km² (Figura 2), menos de 1% da área do Estado. A carta da Chapada dos Guimarães foi publicada em periódico (Salomão *et al.*, 2012), três cartas na forma de parcerias com o poder público (Salomão *et al.*, 2016; 2017) e uma colaboração na elaboração (Feuerharmmel; Santos; Rodrigues, 1995).

Figura 2 – Mapa de localização das poligonais georreferenciadas das cartas geotécnicas elaboradas pela Faculdade de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso



Fonte: Organizado pelos autores (Janeiro, 2024)

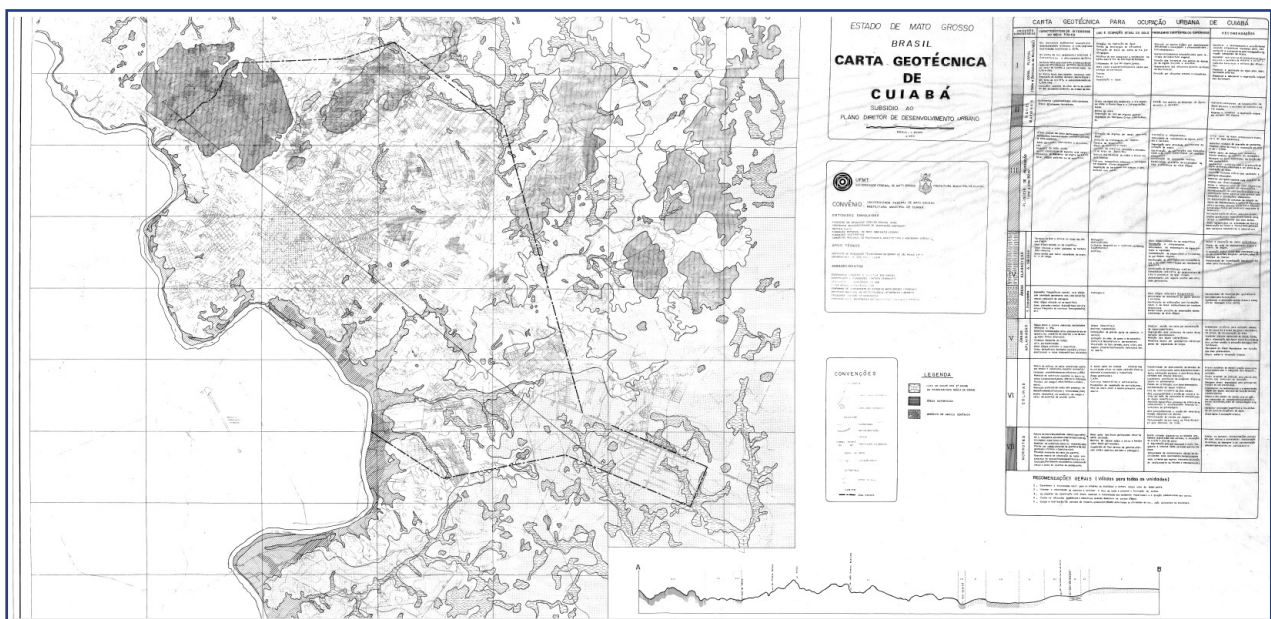
3.1 Carta Geotécnica de Cuiabá - 1990

Feuerharmmel; Santos; Rodrigues (1995) afirmam que a Carta Geotécnica de Cuiabá foi elaborada na escala 1:25.000 com ampla participação da comunidade local, buscando compreender as relações do meio físico e os problemas decorrentes do uso e da ocupação do solo. Dentre os problemas, os autores apontam a ocupação das margens do rio Cuiabá, de sua planície de inundação e de seus afluentes, a extração

de materiais naturais de construção, a invasão de áreas degradadas e o lançamento de efluentes e resíduos sólidos, entre outros.

A Figura 3 mostra uma reprodução da carta geotécnica de Cuiabá, ainda em papel vegetal, onde o traçado do sistema viário é a única informação locacional que auxilia no enquadramento de uma área nas zonas definidas pelos autores.

Figura 3 – Carta geotécnica de Cuiabá elaborada em convênio entre a Prefeitura de Cuiabá e a UFMT, segundo informações constantes na própria carta



Fonte: (Feuerharmmel; Santos; Rodrigues, 1995)

A carta apresenta sete unidades geotécnicas ou unidades homogêneas, delimitadas a partir de unidades geomorfológicas, quanto às características de interesse do meio físico, aos problemas existentes ou esperados frente às várias formas de uso e de ocupação do solo e quanto às medidas preventivas e corretivas. As propriedades geotécnicas ou características de interesse das unidades são apresentadas de maneira pontual, e estão principalmente relacionadas à textura, nível de água e ocorrência ou não de solos moles.

A carta não acompanha um relatório informando a abordagem metodológica e quais e quantos dados foram utilizados na elaboração da carta geotécnica. Isso está relacionado com a data de elaboração da carta de Cuiabá. Nesta época, muitos recursos, dados e orientações disponíveis hoje não foram incorporadas na sua

elaboração. Assim como o Plano Diretor deve ser revisado periodicamente, os estudos que o subsidiam também necessitam de atualização e isso inclui a carta geotécnica.

3.2 Carta Geotécnica de Várzea Grande - 2012

A foi elaborada na margem do rio Cuiabá e alguns afluentes (região leste da área urbana), na escala 1: 15.000, a Carta Geotécnica de Várzea Grande, apresentando as principais características e comportamento dos terrenos frente ao uso do solo.

Os autores definiram sete unidades geotécnicas com base em interpretação de fotografias aéreas e imagem de satélite (Google Earth) e na análise integrada de componentes do meio físico envolvendo o substrato geológico, as formas e feições do relevo e os tipos pedológicos.

Para cada uma das unidades, (Salomão; Madruga; Castro J, 2012) sintetizaram informações sobre o substrato geológico, formas e feições do relevo, solos, aquíferos superficial e subterrâneo, processos do meio físico, atributos geotécnicos e potencialidades e restrições ao uso do solo. A definição das unidades foi complementada por observações em campo e execução de sondagens a trado e abertura de trincheiras (Salomão; Madruga; Castro J, 2012).

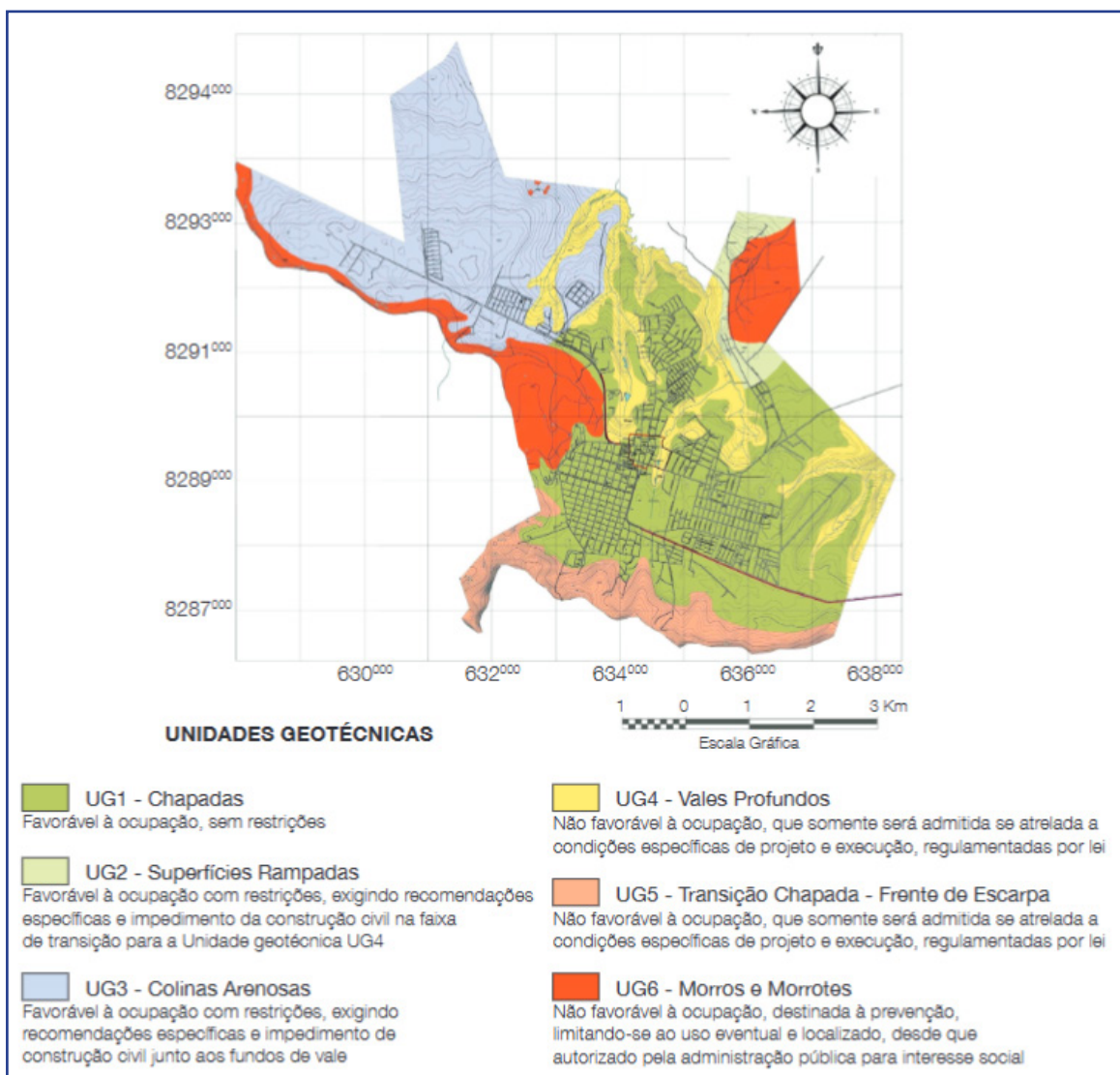
Na relação entre quantidade e qualidade dos dados utilizados na elaboração e a escala do produto, os autores utilizaram somente nove investigações diretas, implicando em elevada homogeneidade dos materiais para ser possível alcançar a escala proposta pelos autores.

A carta (Figura 4) acompanha um relatório informando a abordagem metodológica e quais dados foram utilizados na elaboração da carta geotécnica. Esse produto cartográfico está sendo atualizado para a nova revisão Plano Diretor do município de Várzea Grande (Technum Consultoria SS, 2020).

3.3 Carta Geotécnica da Chapada dos Guimarães – 2012

A Carta Geotécnica da Chapada dos Guimarães (Figura 5) foi elaborada no perímetro urbano, na escala 1:15.000, apresentando a interpretação dos atributos geotécnicos, a partir dos compartimentos morfopedológicos, relacionados à resistência dos materiais que compõem a cobertura pedológica e o substrato rochoso, tais como: compressibilidade, capacidade de carga e expansividade e possibilidades de utilização desses materiais (Salomão; Madruga; Migliorini, 2012).

Figura 5: Carta geotécnica da Chapada dos Guimarães publicada em periódico



Fonte: (Salomão; Madruga; Migliorini, 2012)

A carta foi elaborada com base na sobreposição das cartas temáticas de Geologia, Geomorfologia e Pedologia, obtidas de dados disponíveis, e na análise de imagens digitais e dos resultados das informações recolhidas em campo. Áreas relativamente homogêneas representando compartimentos morfopedológicos foram cartograficamente delimitadas e, em campo, caracterizadas (Salomão; Madruga; Castro J, 2012). As unidades geotécnicas seguem o mesmo padrão de nomenclatura e metodologia de definição da carta de Várzea Grande.

Por se tratar de uma publicação de um periódico, a disponibilidade de dados brutos que subsidiaram a elaboração dos produtos cartográficos e a relação entre a quantidade e qualidade dos dados utilizados na elaboração e a escala do produto não foram detalhadas.

3.4 Carta Geotécnica do Distrito do Sucuri – 2016 e Bandeira - 2017

As cartas geotécnicas da área do Distrito Municipal de Sucuri (Salomão; Barros; Madruga, 2016) e Bandeira (Salomão; Barros; Madruga, 2017), foram elaboradas na escala de 1:7500 a partir da compilação de dados preexistentes, interpretação das imagens de satélite e fotos aéreas, reconhecimento geral da área, levantamentos de campo e síntese dos dados.

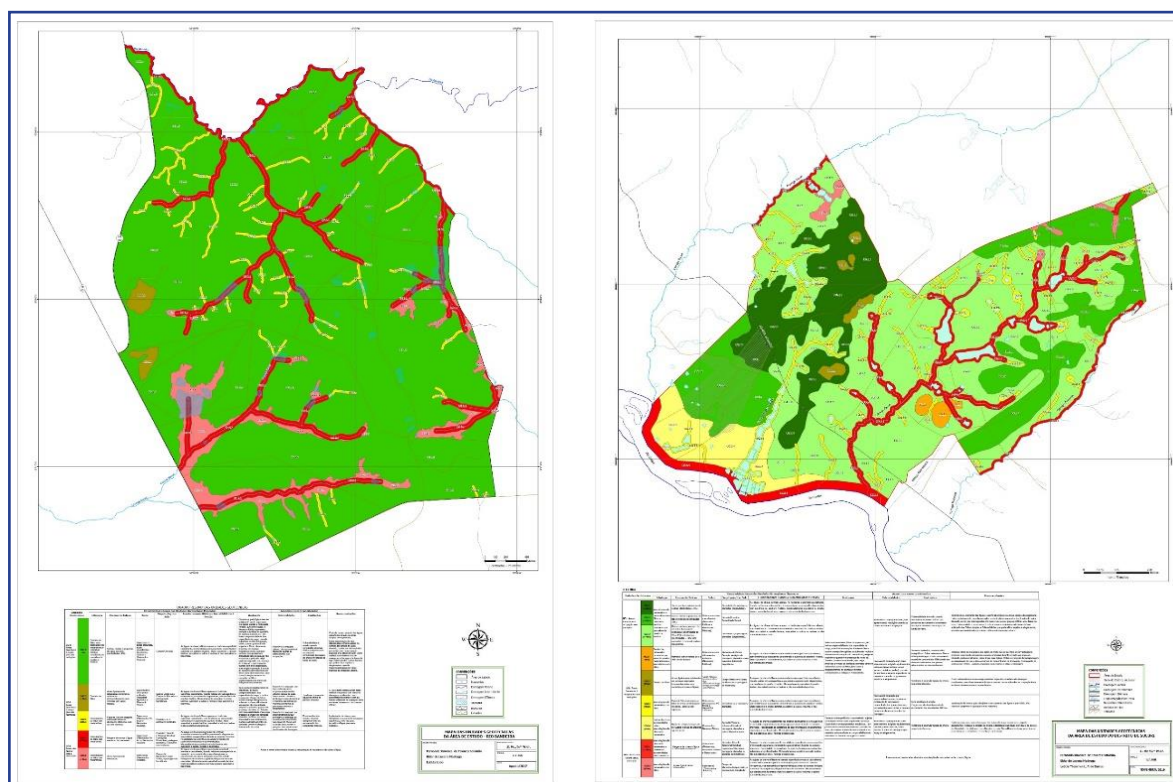
Os dados das investigações que subsidiaram a elaboração dos produtos cartográficos e a abordagem metodológica estão disponíveis no relatório que acompanha a carta geotécnica. Uma ilustração de ambas as cartas é apresentada na Figura 6.

As características geotécnicas estão associadas principalmente ao funcionamento hídrico do solo e são obtidas a partir de sondagens a trado, trincheiras e da abordagem morfopedológica permite o entendimento integrado de uma determinada superfície e o funcionamento das condicionantes geradoras de processos da dinâmica superfície.

Os produtos cartográficos foram elaborados com base em cinco trincheiras para uma área de 18km² no Distrito do Sucuri e três trincheiras para uma área de 16km² no Distrito de Bandeira. As unidades geotécnicas foram definidas com base na análise integrada do meio físico apresentada em (Salomão; Madruga; Migliorini, 2012),

tendo o uso e ocupação e processos associados e as demandas e limites de utilização (Salomão; Barros; Madruga, 2016; 2017).

Figura 6 – Figuras ilustrativas das cartas geotécnicas dos distritos de Bandeira à esquerda e Sucuri à direita



Fonte: (Salomão; Barros; Madruga, 2016, 2017)

Na relação entre quantidade e qualidade dos dados utilizados na elaboração e a escala do produto, observamos a mesma situação da Carta Geotécnica de Várzea Grande (Salomão; Madruga; Castro J, 2012). Observa-se um produto cartográfico de escala maior que 1:10.000 embasado em uma pequena quantidade de investigações diretas, trados e trincheiras, sem medições de propriedades geotécnicas.

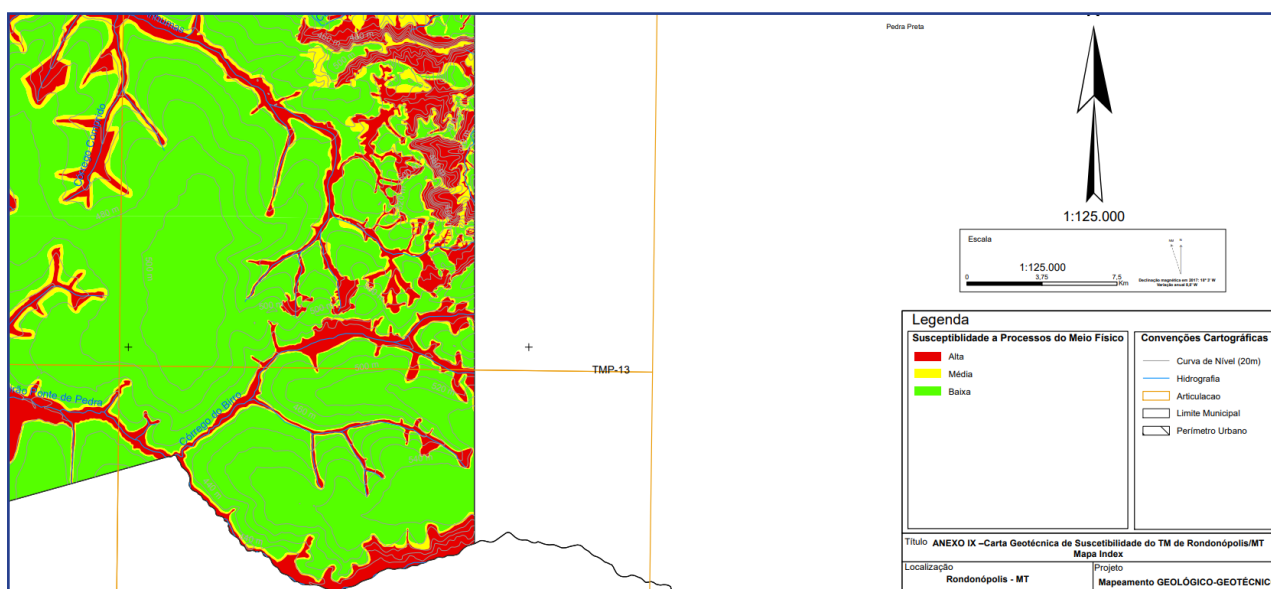
3.5 Carta Geotécnica de Rondonópolis - 2018

As cartas geotécnicas de Rondonópolis foram elaboradas por meio de prestação de serviços que resultaram: na Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Processos do Meio Físico, na escala 1:10.000 para todo o Perímetro Urbano e na escala 1:50.000 para o Território Municipal; na Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização na escala

1:5.000 para porções do Perímetro Urbano e na escala 1:25.000 de porções do Território Municipal; e na Carta Geotécnica de Risco Geológico na escala 1:2.000 para porções do Perímetro Urbano de Rondonópolis-MT (GEOEMP, 2018).

Não existem informações sobre os procedimentos metodológicos que culminaram nos produtos cartográficos, mas pelo observado na Figura 7 é possível que seja uma síntese e/ou sobreposição das diferentes temáticas (Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Hipsometria, Declividade, Hidrografia, Hidrogeologia e Uso e Ocupação do Solo) produzidas durante o contrato.

Figura 7 – Recorte da carta de Suscetibilidade a Processos do Meio Físico elaborado para a área urbana de Rondonópolis. Notar a ausência de informações na legenda da carta, o que dificulta a sua interpretação



Fonte: (GEOEMP, 2018)

Os relatórios técnicos que acompanham os produtos cartográficos não estão disponíveis, logo não é possível avaliar a disponibilidade de dados brutos que subsidiaram a elaboração dos produtos cartográficos, a clareza na definição dos materiais e métodos, na relação entre quantidade e qualidade dos dados utilizados na elaboração e a escala do produto e na utilização de dados preexistentes e produção de novos dados geotécnicos.

4. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ASPECTOS METODOLÓGICOS

De maneira geral, as cartas geotécnicas elaboradas no Estado de Mato Grosso possuem abordagens qualitativas tendo como base a obtenção e análise de imagens de satélite e cartas topográficas em escalas de detalhe e da compilação de dados preexistentes seguida da validação com atividades de campo. Durante a interpretação das imagens, são identificados prováveis locais de nascentes, cursos d'água, áreas de alagados naturais e de áreas com características específicas de relevo e de solos correspondentes, além da rede viária, para auxiliar nos levantamentos de campo.

Não foi observada a utilização de investigações de campo diferentes de sondagens a trado e trincheiras ou ensaios de laboratório na elaboração dos produtos cartográficos. A Tabela 2 apresenta um resumo das informações compiladas sobre as cartas geotécnicas que não foram elaboradas pelo SGB. Todos os resultados dos mapeamentos podem ser consultados no endereço IDE/FAGEO (ufmt.br).

Tabela 2 – Resumo das características das cartas geotécnicas que não foram elaboradas pelo SGB

Carta Geotécnica	Investigações de Campo Tipo	Quantidade	Delimitações das unidades geotécnicas	Referência
Cuiabá	Sem informações	Sem informações	Unidades geomorfológicas	Feuerharmmel; Santos; Rodrigues (1995)
Várzea Grande	Trincheira, Sondagem a Trado e Visita de Campo	9	Compartimentação morfopedológica	Salomão, Madruga, <i>et al.</i> (2012)
Chapa dos Guimarães	Sondagem a Trado e Visita de Campo	Sem informações	Compartimentação morfopedológica	Salomão <i>et al.</i> (2012)
Distrito de Sucuri	Trincheira, Sondagem a Trado e Visita de Campo	5	Compartimentação morfopedológica	Salomão <i>et al.</i> (2016)
Distrito de Bandeira	Trincheira, Sondagem a Trado e Visita de Campo	3	Compartimentação morfopedológica	Salomão <i>et al.</i> (2017)
Rondonópolis	Visita de Campo	Sem informações	Dado Indisponível	GEOEMP (2018)

Fonte: Organizado pelos autores (2024)

As unidades são definidas com base na compartimentação pedológica utilizada por (Salomão; Barros; Madruga, 2016; 2017; Salomão; Madruga; Migliorini, 2012; Salomão; Madruga; Castro J, 2012). A partir dos compartimentos, são estimados comportamentos geotécnicos com base na classificação pedológica, morfologia dos terrenos e na experiência dos autores. Aspectos relacionados com processos da dinâmica superficial são frequentemente abordados nos produtos cartográficos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carta geotécnica é um produto cartográfico que traz informações relevantes para o planejamento e gestão territorial. A elaboração de cartas geotécnicas deve envolver uma equipe multidisciplinar de especialistas, incluindo geólogos, engenheiros geotécnicos, geógrafos, sociólogos, cartógrafos e arquitetos urbanistas. A combinação de conhecimentos diversificados contribui para uma análise mais integrada do meio ambiente.

Para garantir a confiabilidade desses produtos cartográficos, é recomendado seguir procedimentos essenciais que abrangem desde a coleta de dados até a interpretação e representação cartográfica. Antes de iniciar a elaboração da carta geotécnica, é crucial realizar um planejamento que envolve a definição clara dos objetivos, dos métodos de coleta e aquisição de dados e do método de delimitação das unidades geotécnicas.

O objetivo da carta geotécnica está diretamente relacionado com a abordagem metodológica e os dados necessários para a sua elaboração. Durante a coleta de dados preexistentes, recomenda-se um registro detalhado dos metadados, principalmente a escala e fonte dos dados, visto que produtos cartográficos em escala de detalhe necessitam de dados temáticos em escala compatível com o produto elaborado. No caso de detalhamento das temáticas antes da elaboração da carta, apresentar a localização e descrição de todos os pontos investigados. Isso garante que os usuários interpretem corretamente os dados derivados e sejam capazes de avaliar a incerteza ao tomar decisões com base nos produtos cartográficos apresentados.

É fundamental documentar de maneira detalhada os métodos de coleta de dados, as análises realizadas e as conclusões obtidas durante o processo de elaboração da carta geotécnica. Essa documentação fornece transparência e facilita a posterior atualização do estudo. Considerando que o ambiente geotécnico pode sofrer alterações ao longo do tempo devido a eventos naturais ou intervenções humanas, julga-se essencial realizar atualizações periódicas nas cartas geotécnicas para refletir com precisão as condições mais recentes do local.

Sugere-se também padronizar os símbolos, escalas e legendas utilizados na representação cartográfica, adotando padrões preferencialmente utilizados pelo SGB. A adoção de nomenclaturas semelhantes em regiões distintas pode levar à confusão quando diretrizes forem relacionadas às unidades. A padronização facilita a compreensão da informação apresentada na carta e a posterior integração de diferentes produtos cartográficos.

No tocante à definição das unidades geotécnicas, a compartimentação morfopedológica utilizada pelos autores, diante da quantidade de trabalhos com aplicações bem-sucedidas, se apresenta como um bom método de definição de unidades geotécnicas preliminares devido à sua fácil aplicação. Essa abordagem consiste na análise integrada dos componentes do meio físico envolvendo o substrato geológico, as formas e feições do relevo e os tipos pedológicos, fornecendo uma compreensão da ocorrência dos processos superficiais do meio físico.

Entretanto, é imprescindível complementar os levantamentos de campo com ensaios geotécnicos de caracterização em laboratório em todas as unidades geotécnicas, informando as localizações, métodos de coleta e respectivas quantidades. Investigações de campo como penetrômetro dinâmico leve e ensaios de infiltração são ensaios rápidos e baratos que podem ser incorporados às campanhas de investigação e fornecem informações de resistência e permeabilidade do solo. Os tipos de ensaios laboratório a serem realizados dependem do objetivo da carta, mas ensaios de caracterização básicos, como granulometria e limites de consistência, amplamente realizados em projetos de engenharia, podem ser incorporados às campanhas de investigação.

Considerando que o Estado de Mato Grosso possui a terceira maior extensão territorial entre os estados, ficando atrás do Amazonas e Pará, e não dispõe de levantamentos sistemáticos contínuos em seu território recomenda-se uma abordagem de delimitação de unidades geotécnicas que permita a continuidade dos levantamentos e sua atualização à medida que novos dados temáticos e geotécnicos são produzidos. A produção de mapas geológicos, pedológicos e geomorfológicos podem ser produzidos em parceria com as universidades e podem ser otimizados utilizando dados geotécnicos (sondagens a percussão e rotativas, ensaios de granulometria, plasticidade, entre outros) obtidos para subsidiar a elaboração de projetos de engenharia.

REFERÊNCIAS

- ANTONELLI, T.; JESUS, D. de; MENEZES, Í. P. de; BISPO FILHO, I.; SILVA, D. R. A. da; CONCEIÇÃO, R. A. C. da; FERREIRA, C. E. O. **Cartas geotécnicas de aptidão para urbanização (versão 1)**. Brasília: CPRM, 2021.
- BARROS, M. de L; OLIVEIRA, B. R. de; SILVA JUNIOR, E. E. de A.; CAVALCANTE, A. L. B. Proposta de padrão de dados geoespaciais geotécnicos para a integração BIM e GIS. *In: 3º Simpósio Brasileiro de Infraestrutura de Dados Espaciais - SBIDE*. [S. l.: s. n.], 2022.
- BOZIO, A. F. **Modelagem conceitual aplicada ao mapeamento geotécnico de aptidão às fundações**. 2022. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- BOZIO, A. F.; JACINTO, H. A.; REGINATO, V. da S. C.; HIGASHI, R. A. dos R. Mapeamento geotécnico como subsídio à gestão territorial: um itinerário sobre a produção científica do século XXI / Geotechnical mapping as a subsidy to territorial management: an itinerary on scientific production of the 21st century. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 30730–30744, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-518>.
- BOZIO, A. F.; REGINATO, V. S. C. Modelagem conceitual de banco de dados para mapeamento geotécnico. *In: (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), Org. 2o Simpósio Brasileiro de Infraestrutura de Dados Espaciais - SBIDE*. Online: [s. n.], 2020. p. 1–13.
- BRASIL. Lei no 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a política nacional de proteção e defesa civil; dispõe sobre o sistema nacional de proteção e defesa civil e o conselho nacional de proteção e defesa civil; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm#art31.

BRASIL. Decreto No 10.692, de 3 de Maio de 2021. Institui o Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 82, p. 7, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.692-de-3-de-maio-de-2021-317632332>.

CINDE. **Plano de ação para Implantação da INDE**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2010.

FEUERHARMME, A. R.; SANTOS, J. A. L. dos; RODRIGUES, P. Aplicação da Carta Geotécnica de Cuiabá. **Revista do Instituto Geológico**, [S.l.], v. 16, n. esp, p. 121–123, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.33958/revig.v16iesp.624>.

GEOEMP, G. E. L. **Projeto Rondonópolis (Mapeamento Geotécnico)**. Rondonópolis: [s. n.], 2018.

IAEG. **Engineering geological maps: a guide to their preparation**. Paris: The Unesco Press, 1976. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000016580>.

IBGE. **Avaliação da Qualidade de Dados Geospaciais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. **Cidades e Estados**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt.html>. Acesso em: 23 nov. 2023.

KROL, B.; BOERBOOM, L.; LOOIJEN, J.; VAN WESTEN, C. The Use of Geo-information in Eco-DRR: From Mapping to Decision Support. *In*: RENAUD, F.; SUDMEIER-RIEUX, K.; ESTRELLA, M.; NEHREN, U. (eds) **Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Adaptation in Practice** (Advances in Natural and Technological Hazards Research, 42). Switzerland: Springer, 2016. p. 161–179. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-43633-3_7.

OLIVEIRA, B. R. de. **Modelagem conceitual e implementação de banco de dados geotécnicos tridimensionais (BDGT)**. 2023. 315 f., il. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

OLIVEIRA, B. R.; SOUZA, N. M.; SILVA, R. C.; SILVA JUNIOR, E. E. Modeling of Spatial Database for Geotechnical data. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 41, n. 2, p. 335–345, 2022.

OLIVEIRA, B.; SOUZA, N.; SILVA, R.; SILVA JUNIOR, E. Tridimensional geotechnical database modeling as a subsidy to the standardization of geospatial geotechnical data. **Soils and Rocks**, [S.l.], v. 44, n. 4, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.28927/SR.2021.073321>

OSGEO. **Geoserver**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://geoserver.org/>. Acesso em: 25 maio. 2023.

PINHO, D.; SILVA, J. A. da S. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações**: Município de Cuiabá, MT. Cuiabá: CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22635>.

POSTGIS. **Spatial database extender for PostgreSQL object-relational database**. [S. l.]: open source development community, 2022. Disponível em: <https://postgis.net/install/>

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, T. **PostgreSQL**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://www.postgresql.org/about/>

DE JESUS PROCÓPIO, J. V. de J.; LOPES, L.; RAMALHO FEITOSA, W. GEOANALYTICS APLICADO AO CONCEITO DE CIDADE INTELIGENTES. **Revista Inovação Tecnológica**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 109–117, 2023.

SALOMÃO, F. X. de T.; BARROS, L. T. L. P. de; MADRUGA, E. de L. **Carta Geotécnica: Subsídio para ordenamento urbano do distrito municipal de Sucuri, Cuiabá/MT**. Cuiabá: [s. n.], 2016.

SALOMÃO, F. X. de T.; MADRUGA, E. de L.; MIGLIORINI, R. B. Carta geotécnica do perímetro urbano da Chapada dos Guimarães: subsídios ao plano diretor. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 5–15, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2012000100002>

SALOMÃO, F. X. de T.; MADRUGA, E. de L.; CASTRO J, P. de. **Carta Geotécnica da Zona de Conservação Ambiental - Área Urbana de Várzea Grande, MT**. Prefeitura Municipal de Várzea Grande-MT e Grupo de Pesquisa Geologia de Engenharia – UFMT. 2012. 67p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Comodoro - MT**. [S. l.]: CPRM, 2015.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Produtos por Estado - **Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/cartas-de-suscetibilidade>. Acesso em: 23 nov. 2023.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Produtos por Estado - Setorização de Riscos Geológicos**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/produtos-por-estado-setorizacao-de-riscos-geologicos>. Acesso em: 23 nov. 2023.

BITAR, Omar Yazbek. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000** (livro eletrônico) - nota técnica explicativa. São Paulo: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/16588/1/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Cartas de Suscetibilidade e Setorização de Risco**. [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 3 jul. 2021.

SILVA, R. L. da; JULIÃO, R. P. O IMPACTO DA GEOINFORMAÇÃO ABERTA NO DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS. *In*: Brasil, 2022. **III Simpósio Brasileiro de Infraestrutura de Dados Espaciais (III SBIDE)**. Brasil: INDE, 2022. p. 1–4.

SOUZA, A. A. de; SILVA, J. A. da. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Cáceres - MT**. [S. l.]: SGB-CPRM, 2023.

TECHNUM CONSULTORIA SS. **Estudos Ambientais Complementares - “Zonas de Conservação e Preservação - ZCP” do município de Várzea Grande - MT**. Várzea Grande: [s. n.], 2020.

UFMT. **Faculdade de Geociências - FAGEO/UFMT**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.ufmt.br/unidade/fageo>. Acesso em: 14 jun. 2023.

Contribuições de autoria

1 – Bruno Rodrigues Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso, Doutor em Geotecnia

<https://orcid.org/0000-0001-6757-0559> • brunorodriguesoli@gmail.com

Contribuição: Conceituação, metodologia, escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

OLIVEIRA, B. R. Panorama da Cartografia Geotécnica do Estado de Mato Grosso. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e86361, 2024. Disponível em: 10.5902/2236499486361. Acesso em: dia mês abreviado. ano.