

PROJETO GEODIVERSIDADE:

Manual Metodológico para Levantamento da Geodiversidade em escalas 1:100.000 a 1:50.000

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT
Departamento de Gestão Territorial – DEGET
Divisão de Gestão Territorial – DIGATE

Autores:

Maria Angélica Barreto Ramos
Marcelo Eduardo Dantas
Maria Adelaide Mansini Maia
Marcely Ferreira Machado
Pedro Augusto Pfaltzgraff
Marcelo Ferrassoli Ambrosio
Carlos Osório (*in memoriam*)

Data de atualização: 31/07/2020

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. A INSERÇÃO DO REGOLITO NOS ESTUDOS DE GEODIVERSIDADE	4
3. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS	9
4. HISTÓRICO DO PROGRAMA DE LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE...	11
5. METODOLOGIA DE TRABALHO (PROPOSTA INICIAL).....	13
5.1. Considerações gerais	13
5.2. Como seria a construção desse produto?.....	15
5.3. Elaboração do Mapa de Formações Superficiais/Regolito	17
5.3.1. Dicionário de Dados da Shape das Formações Superficiais (Os campos estão em ordem de construção)	25
6. ELABORAÇÃO DO MAPA DA GEODIVERSIDADE	26
6.1. Como são descritas novas Unidades Geológico Ambientais	27
6.2. Atributos Geológicos e Geotécnicos das Unidades Geológico-ambientais ...	29
7. CONTEÚDO DO MAPA.....	35
7.1. Temas abordados.....	35
7.2. Cartogramas.....	35
7.3. Aspecto geral e legenda do mapa geodiversidade.....	35
8. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	36
8.1. Conteúdo do SIG.....	36
9. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O TEMA USO DO SOLO E CAPACIDADE DE USO.....	37

AGRADECIMENTO

ANEXOS

I – Estruturação do COD-REG (REGOLITO)

II – Modelo de Legenda para o Mapa da Geodiversidade

APÊNDICES

I - Domínios e Unidades Geológico-Ambientais formadores do Território Brasileiro

II - Padrões de Relevo no Território Brasileiro

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2008), geodiversidade é “o estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composições, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico”. Consiste numa ferramenta teórico-conceitual e metodológica aplicada tanto para a Geoconservação quanto para o planejamento territorial (Gray, 2004; Silva et al., 2008; Ramos et al., 2010; Dantas et al., 2015, dentre outros).

Os levantamentos da geodiversidade têm, por objetivo principal, oferecer aos diversos segmentos produtivos, sociais e ambientais, uma tradução do conhecimento geológico-científico, com vista para sua aplicação ao uso adequado do território, notadamente nas áreas: obras, agricultura, recursos hídricos, recursos minerais e geoturismo.

O presente manual apresenta a metodologia de trabalho para o **Levantamento da Geodiversidade** em escalas de maior detalhe (1:100.000 até 1:50.000), implementada a partir de 2018, com foco nos aspectos do meio físico que interferem na ocupação de determinadas regiões do país com intensa dinâmica socioespacial, que experimentam acelerado crescimento populacional ou econômico. Tais regiões mostram franca expansão das atividades humanas, acarretando a necessidade de minucioso planejamento territorial com base no conhecimento do meio físico e na avaliação das potencialidades e fragilidades ambientais intrínsecas dos terrenos. Neste ínterim, vêm sendo mapeados recortes espaciais selecionados do território nacional para aplicação de estudos de Geodiversidade mais detalhados, com o intuito de nortear o desenvolvimento de forma sustentável dessas áreas de notável expansão das atividades econômicas. Destacam-se, neste sentido:

- a) As **regiões metropolitanas** (constituídas por núcleo urbano e periferia próxima densamente povoados, e áreas circunvizinhas de ocupação mais esparsa, típicas das franjas periurbanas). Foram executados, até o final de 2019, os mapeamentos de geodiversidade nas Regiões Metropolitanas de Recife, São Luís (Ilha do Maranhão), Distrito Federal e São Paulo (subsetor leste).
- b) Os **distritos mineiros e entorno**. Em 2020, foi iniciado o mapeamento de geodiversidade da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, no sudeste do Pará, que inserido na Província Mineral de Carajás.

- c) Os **polos de agricultura irrigada** (perímetro irrigado e as áreas dos municípios envolvidos). Até o momento, foram executados os mapeamentos de geodiversidade do polo de fruticultura de Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio, no sudoeste da Bahia; e do Baixio da Boa Vista, no Vale do Rio São Francisco, também no estado da Bahia.
- d) As **zonas de expansão de atividades turísticas** (com foco no desenvolvimento local sustentável, enfatizando o turismo geocientífico). Foram executados, até o final de 2019, os mapas de geodiversidade do litoral sul de Pernambuco; da costa nordeste do Pará. Em 2020, foram iniciados os trabalhos de mapeamento da geodiversidade do Delta do Rio Parnaíba, no Piauí; e do polo hidromineral de Juscimeira-Jaciara, no Mato Grosso.
- e) Os **municípios situados na Amazônia Legal** (com foco em Gestão Territorial em zona de avanço da fronteira econômica, em especial, ao longo do denominado Arco do Desflorestamento). Ressalta-se que grande parte desses municípios, muitos deles com grande extensão territorial, apresentam carência de informações e análises integradas do meio físico que dificulta, sobremaneira, a elaboração de Planos Diretores Municipais de forma eficiente e que promova o Desenvolvimento em Bases Sustentáveis desses municípios. Estão sendo executados, em 2020, o mapeamento da Geodiversidade dos municípios de Alto Alegre dos Parecis, Alto Paraíso, São Francisco do Guaporé, Cacoal e Espigão D'Oeste, todos localizados no estado de Rondônia.

2. A INSERÇÃO DO REGOLITO NOS ESTUDOS DE GEODIVERSIDADE

Devido às características peculiares de grande parte do território brasileiro que se insere na zona intertropical, o intemperismo tem um importante papel na transformação das rochas, formação dos solos e estruturação do relevo. Processos de intenso intemperismo químico, com geração de profundos e complexos perfis saprolíticos e lateríticos, são fenômenos de grande relevância para a compreensão da evolução morfodinâmica das paisagens e caracterização de espessos e diversificados mantos de alteração em regiões intertropicais úmidas e semiúmidas, conforme já estudado por diversos autores no Brasil (Costa, 1991; Filizola e Boulet, 1996; Horbe *et al.*, 1997; Queiroz Neto, 2001; Martins *et al.*, 2004, Espíndola, 2013, dentre outros).

Dessa forma, para um entendimento das características físicas dos terrenos, faz-se necessário caracterizar não somente o substrato rochoso (rocha sã), mas também todo o material que se desenvolve a partir dele.

Ao longo das últimas décadas, diversos autores consolidaram algumas definições que atualmente estão consagradas na literatura geológica e geomorfológica, sendo importantes para o estudo e avaliação mais precisa das **Formações Superficiais**.

Neste sentido, o **intemperismo** é definido como um conjunto de processos naturais de decomposição ou desintegração de rochas e minerais, quando expostos às condições superficiais ou alterações física e química de rochas ou minerais próximos ou na superfície da Terra, por ação de agentes atmosféricos e biológicos. Inicia com a desintegração e decomposição progressiva da rocha primária *in situ*, formando uma mistura de minerais primários resistentes e de neoformados estáveis no novo ambiente; o **saprólito**, por sua vez, refere-se ao perfil de alteração *in situ* (solo residual) do manto de intemperismo; o **regolito**, consiste num termo de maior abrangência, pois representa toda a camada superficial da Terra, que inclui o conjunto de horizontes dos perfis de alteração, os sedimentos e os solos formados pelo intemperismo, erosão, transporte e deposição (Chiossi 1979; Birkeland 1984; Pain e Ollier, 1996, dentre muitos outros) (Figura 1).



Figura 1 – Denominação dos materiais resultantes do intemperismo das rochas. Perfil de alteração em corte de estrada em domínio de morros altos, situado nas cercanias da localidade de Vila Nova do Bananal, município de Baixo Guandu, ES. Foto: Marcelly Ferreira Machado.

O **processo intempérico** é global e ocorre sob qualquer condição climática. Na zona intertropical onde o Brasil está situado, o intemperismo químico é mais proeminente. Grande parte do território é recoberto por espessos pacotes intempéricos/lateríticos /regolitos (Figura 2).

O conceito de **regolito** tem significado muito similar ao das **coberturas inconsolidadas** ou **formações superficiais**, podendo ser objeto específico de mapeamento, seja pela análise morfoestratigráfica, pela análise estrutural da cobertura pedológica/saprolítica ou pela avaliação de sistemas de terreno (Frye e Willman, 1962; Dewolf, 1983; Finlayson, 1984; Moura e Mello, 1991; Scislewski, 2003). Assim sendo, o conceito de **regolito** é bastante amplo e pode ser definido como a camada superficial da Terra, que inclui os horizontes dos perfis de alteração, os sedimentos e os solos formados pelo intemperismo, erosão, transporte e deposição. (Figura 3). Tem arquitetura complexa e varia entre poucos centímetros a centenas de metros de espessura. Hospeda depósitos minerais, vivemos sobre ela, nossos alimentos se desenvolvem a partir dela, serve de fundação para as obras de engenharia e é a fonte de água do planeta. (Pain, 2008).

Bloco-diagrama esquemático da paisagem regolítica no Planalto Central Brasileiro

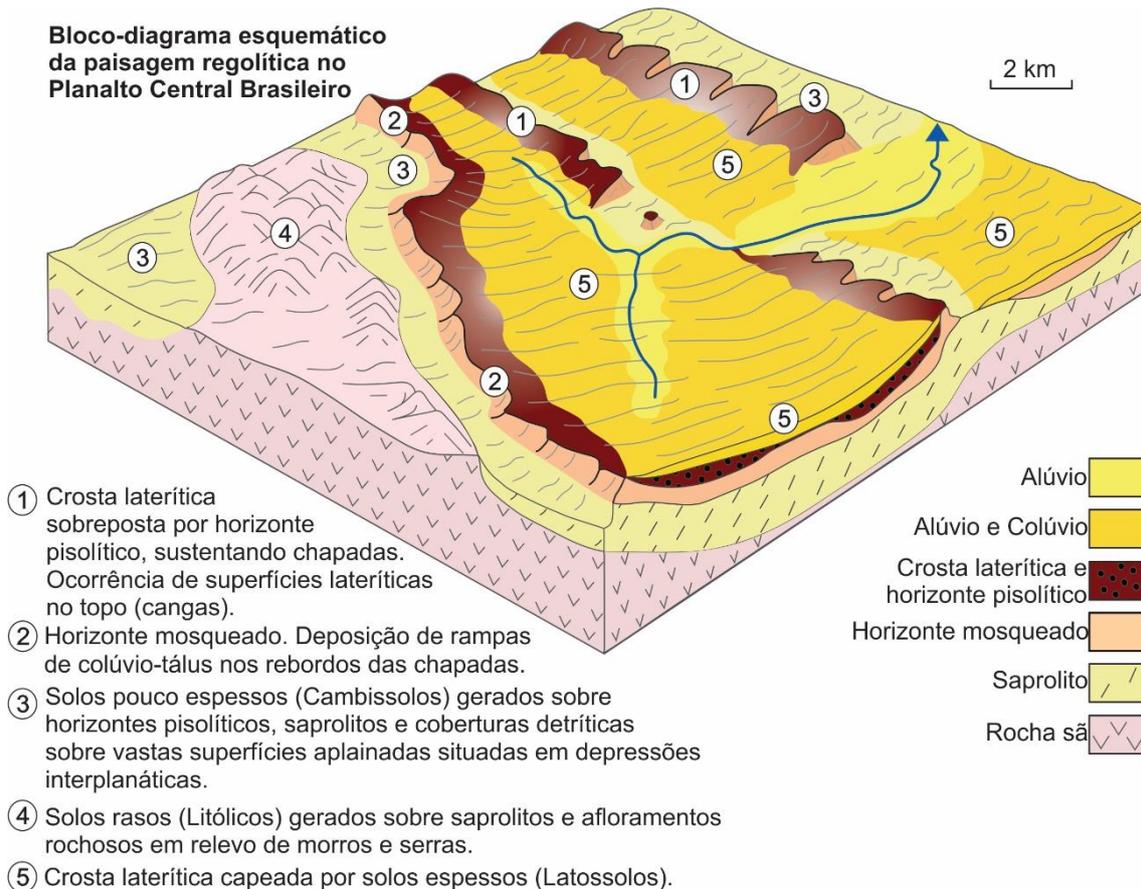


Figura 2 – Bloco-diagrama esquemático da paisagem regolítica e das formas de relevo associadas presentes no Planalto Central Brasileiro. Fonte: adaptado pelos autores de figura original de Anand e Paine, 2002.

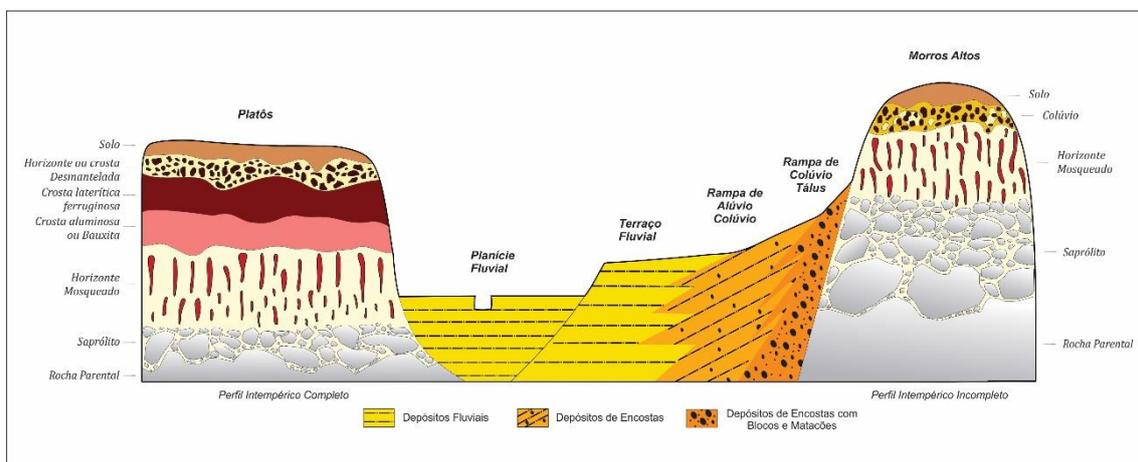


Figura 3 - Distribuição esquemática dos distintos ambientes deposicionais quaternários e suas Formações Superficiais correlatas. Fonte: elaborado pelos autores.

Mantos intempéricos/lateríticos profundos são consequência de longos períodos de estabilidade tectônica e rocha reativa. Eles somente se desenvolvem quando a taxa de erosão é menor que o desenvolvimento do *front* de alteração. Nessas condições, os

horizontes saprolítico, mosqueado e crosta se desenvolvem. Aportes laterais químicos e mecânicos, bem como deposição de sedimentos (fluviais e eólicos), retomada da lateritização (polifásica) e formação de solos podem modificar as características dos perfis e até recobri-los.

Outro conceito muito importante é o de **pedogênese**, que consiste na formação do solo do ponto pedológico (*solum*), a partir da atuação dos processos pedogenéticos (perda, adição, translocação, transformação) e da atividade biológica. Tais processos pedogenéticos são regulados conforme a combinação de fatores de formação de solos (geologia, relevo, clima, ação biogênica e tempo) e agem sobre o material parental sotoposto, que pode ser constituído pelo saprólito oriundo do intemperismo da rocha subjacente ou por algum material transportado.

O estudo dos mantos de intemperismo (ou saprólito) de um perfil regolítico (objeto de estudo por excelência do geólogo de engenharia) assume grande importância para a compreensão das características intrínsecas e do comportamento geotécnico das Formações Superficiais. Do mesmo modo, o estudo do solo (objeto de estudo por excelência do pedólogo) reveste-se de grande relevância para o entendimento do comportamento do topo do regolito, pois a atuação dos processos pedogenéticos e o consequente desenvolvimento de distintos tipos de solos acarretam em materiais com propriedades físicas e estruturais muito distintas dos saprólitos subjacentes. Devido a isso, o pleno entendimento da suscetibilidade à erosão e de determinadas propriedades hidrológicas e geotécnicas do topo dos regolitos só podem ser elucidados com a inserção da análise pedológica.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM começou a introduzir essa temática nos estudos de Geologia Ambiental e de Geodiversidade, conforme Scislewski (2003). Na abordagem dos autores, o conceito de **Formações Superficiais** abrange toda a cobertura de material decomposto sobrejacente à rocha sã, podendo ser de gênese autóctone, alóctone ou secundária (materiais neoformados). É frequentemente utilizado por geógrafos e geólogos e amplamente aplicado por diversos profissionais que atuam nas áreas de Geomorfologia, Geologia de Engenharia, Pedologia, Estratigrafia e estudos do Quaternário, dentre outros.

Deste modo, as Formações Superficiais abarcam materiais gerados *in situ*, provenientes da alteração das rochas ou de materiais transportados e depositados em outros locais pelos agentes erosivos ou por movimentos gravitacionais, assim como materiais neoformados (tais como as crostas lateríticas, as argilas de Belterra ou os

calcretes). Também são consideradas Formações Superficiais os depósitos de origem antrópica, como os aterros, lixões, pilhas de rejeito de minério, sambaquis, etc.

3. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

O Programa Levantamento da Geodiversidade do Brasil, executado pelo SGB/CPRM completou uma década de atividades (2006-2017) deixando um significativo legado de trabalhos, culminando com o mapeamento da geodiversidade de todos os estados da Federação, sendo finalizado em 2017 com o lançamento do mapa Geodiversidade do Rio de Janeiro.

O objetivo principal destes estudos foi oferecer aos diversos segmentos produtivos, sociais e ambientais, uma tradução do conhecimento geológico-científico, com vistas a sua aplicação ao uso adequado do território, notadamente nas áreas: obras, agricultura, recursos hídricos, recursos minerais e geoturismo. Portanto, destina-se a um público-alvo muito variado, incluindo desde as empresas mineradoras tradicionais, passando pela comunidade acadêmica, gestores públicos da área de ordenamento territorial e gestão ambiental.

A metodologia de análise integrada do meio físico, com ênfase na análise da geologia e com emprego complementar dos padrões de relevo foi consagrada nos diversos mapas e livros publicados nos últimos 14 anos pelo SGB/CPRM. Tal abordagem demonstrou ser uma ferramenta eficaz na avaliação integrada de territórios que apresentam áreas muito vastas e uma notável geodiversidade. Deste modo, foi mapeado todo o território nacional, em escalas regionais que variam entre 1:250.000 a 1:1.000.000, com informações gerais aplicáveis para gestão e planejamento territorial em níveis federal e estaduais.

Entretanto, com a finalização da etapa de mapeamento regional, o método de mapeamento da geodiversidade foi adequado para áreas específicas e de maior interesse de gestão territorial, em níveis de análise ajustadas ao estudo de microrregiões ou mesmo municipal. Neste sentido, serão alvo de estudo territórios que apresentam uma menor extensão territorial e que poderão ser analisados mais pormenorizadamente e em escalas maiores que variam entre 1:50.000 e 1:100.000.

Com base nisso, a cartografia e os métodos e variáveis de análise integrada do meio físico terão que ser refinados, tendo-se a oportunidade de almejar uma análise mais integral da geodiversidade, conforme postulados propostos por Gray (2004), cuja abordagem envolve, necessariamente, um mapeamento integrado entre a Geologia, a Geomorfologia e a Pedologia, associado às Formações Superficiais. Ou seja, cada

unidade de geodiversidade mapeada irá representar o trinômio rocha-relevo-regolito/solo, num enfoque genuinamente geossistêmico.

Nesta nova etapa, o mapeamento da geodiversidade apresentará um expressivo aprimoramento na qualidade da informação geocientífica a ser fornecida para planejamento territorial, tanto devido à escala de análise mais detalhada quanto pela metodologia mais completa e refinada. As informações gerais e abrangentes, geradas pelos mapeamentos regionais observados nas geodiversidades dos estados, serão substituídas por informações mais precisas, incisivas e detalhadas que poderão atender às demandas e carências de territórios com expressiva dinâmica socioeconômica e acelerada apropriação de recursos naturais, com consequente degradação ambiental e ocupação desordenada dos terrenos.

Em suma, estas áreas representam os novos **hot-spots** para o estudo e análise da geodiversidade, onde o ritmo de transformação do espaço geográfico ocorre de forma mais expressiva e radical, Constituem, portanto, os recortes espaciais do território brasileiro que mais necessitam do conhecimento integrado do meio físico para nortear o planejamento territorial de forma sustentável, apontando tanto as áreas de notável diversidade de elementos do meio físico conjugado com grande biodiversidade, que apresentam promissor potencial geoturístico e ocorrência de geossítios de relevância para geoconservação; quanto as áreas de ocupação acelerada e desordenada, com distorções de uso para recuperação ambiental.

A partir de 2018, o Programa Geodiversidade do Brasil prosseguiu com o mapeamento, iniciando-se então o estudo em áreas-alvo na escala de 1:100.000 a 1:50.000. Em geral, a maioria das regiões dinamizadas como, por exemplo, as Regiões Metropolitanas, já reúnem uma vasta gama de mapeamentos do meio físico, todavia dispersos e não integrados. Neste sentido, o mapa de Geodiversidade, também, cumpre o papel de coordenar e integrar o conhecimento do meio físico aplicado ao planejamento territorial de uma metrópole.

Neste enfoque, pretende-se auxiliar os gestores locais (órgãos gestores das regiões metropolitanas, associações de municípios, governo federal e estadual, órgãos e associações de classe da iniciativa privada) e população na tomada de decisões relacionadas aos seguintes problemas:

- Disponibilidade e escassez de água;
- Suscetibilidade à contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- Conhecimento da potencialidade de insumos básicos para construção civil e dos impactos ao meio físico decorrentes da sua extração;

- Identificação das áreas críticas em relação à erosão costeira, inundação e movimento de massa;
- Uso inadequado do meio físico, ressaltando os impactos socioambientais decorrentes de determinada ocupação;
- Incentiva a troca de experiência profissional entre especialistas dos diversos departamentos e diretorias do SGB/CPRM.
- Indicação de sítios com potencial turístico e interesse geocientífico ou representativos do patrimônio geológico local.
- Indicação de áreas destinadas prioritariamente à preservação ambiental, ressaltando a ocorrência de Áreas de Preservação Permanente (APPs).
- Subsídios à elaboração de Planos Diretores Municipais.

4. HISTÓRICO DO PROGRAMA DE LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

O estabelecimento dos domínios geológico-ambientais e suas subdivisões no **Levantamento da Geodiversidade** para as escalas regionais, que incluiu todos os estados brasileiros e as áreas especiais e de fronteira, teve como premissa, agrupar conjuntos litoestratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação dos terrenos.

Em alguns casos foram agrupadas, em um mesmo domínio, unidades litoestratigráficas com idades diferentes, desde que a elas se aplicasse um conjunto de critérios classificatórios, como: posicionamento tectônico, nível crustal, classe da rocha (ígneas, sedimentar ou metamórfica), grau de coesão, textura, composição, tipos e graus de deformação, expressividade do corpo rochoso, tipos de metamorfismo, expressão geomorfológica ou litotipos especiais. Se, por um lado, agruparam-se, por exemplo, quartzitos friáveis e arenitos friáveis, por outro lado foram separadas formações sedimentares muito semelhantes em sua composição, estrutura e textura, quando a geometria do corpo rochoso apontava no sentido da importância de distinguir uma situação de extensa cobertura de uma situação de pacote restrito, limitado em riftes.

O resultado obtido não foi um mapa geológico ou tectônico, mas sim um novo produto, denominado **Mapa Geodiversidade**, nos quais foram inseridas informações de cunho ambiental, muito embora a matéria-prima para as análises e agrupamentos tenha sido proveniente das informações contidas nas bases de dados de Litoestratigrafia e Recursos Minerais do GeoSGB, bem como na larga experiência em mapeamento e em projetos de ordenamento e gestão do território dos profissionais do SGB/CPRM.

O principal objetivo para tal compartimentação foi atender a uma ampla gama de usos e usuários interessados em conhecer as implicações ambientais decorrentes do embasamento geológico. Para a elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), foram analisadas somente as implicações ambientais provenientes de características físico-químicas, geométricas e genéticas dos corpos rochosos. Na escala do recorte ao milionésimo e dos estados (1:1.000.000 até 1:250.000) foram selecionados atributos aplicáveis ao planejamento e aos compartimentos de relevo, levando em consideração as características dos solos para descrever as adequabilidades e limitações desses terrenos frente aos diversos usos tais como: obras, agricultura, potencial mineral, potencial hidrogeológico, suscetibilidade a movimentos gravitacionais, potencial geoturístico, contaminação, etc. A Base Geodiversidade, estruturada ao longo dos 12 anos do Projeto Geodiversidade, é fruto da reclassificação das unidades litoestratigráficas contidas na Base Multiescalar da Litoestratigrafia, todas pertencentes ao Banco de Dados Cooperativo do SGB/CPRM, GeoSGB).

Atualmente, a Base Geodiversidade possui a estruturação em domínios e unidades geológico-ambientais, apresentada no **Apêndice I** (Unidades Geológico-Ambientais do Território Brasileiro). Tal estruturação é dinâmica e, na medida do avanço do detalhamento das escalas de trabalho, novos domínios e unidades podem ser inseridos.

Para um melhor entendimento das etapas anteriores do Projeto Geodiversidade, é sugerida a leitura dos Procedimentos Metodológicos (http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16855/procedimentos_SIG_Geodiversidade.pdf?sequence=1) (Figura 4).



Figura 4 – Distribuição dos Levantamentos da Geodiversidade desde 2006 até 2017. Fonte: elaborado pelos autores.

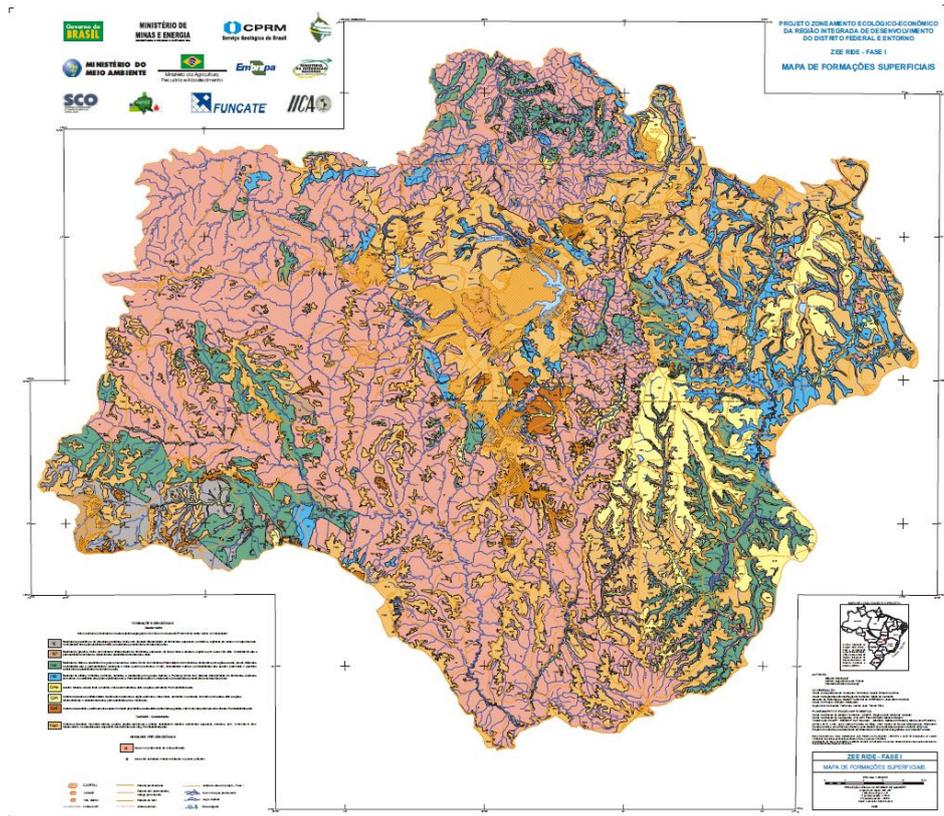
5. METODOLOGIA DE TRABALHO

5.1. Considerações gerais

Por concepção, mapas geológicos descrevem os materiais e estruturas geológicas existentes sobre a superfície terrestre. Entretanto, há uma preocupação de se caracterizar os litotipos subaflorantes (rocha sã), em detrimento dos materiais que se desenvolvem a partir destes ou transportados sobre estes (formações superficiais), decorrentes das ações intempéricas, erosivo-deposicionais e tectônicas.

Mapeamentos geológicos que consideram as Formações Superficiais não são tão usuais. Trabalhos neste sentido foram realizados pelo SGB/CPRM e Embrapa (2003), para atender ao projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF), onde foram identificados:

- Residual de granulitos e de intrusivas graníticas;
- Residual de xistos e quartzitos;
- Residual de siltitos, folhelhos, ardósias, metarenitos e metacalcários;
- Cobertura arenosa indiferenciada;
- Predomínio de rocha ou saprólito aflorante;
- Domínio das “coberturas detrito-lateríticas” que mostram duas gerações distintas, uma de idade Paleógena, correlacionável à Superfície de Aplainamento Sul-Americana, de King (1956), e outra Neógena, correlacionável com o Ciclo Velhas, do mesmo autor.
- Um último domínio, inexpressivo, é o dos aluviões recentes, (Figura 5).



FORMAÇÕES CENOZÓICAS

Quaternário

Solos residuais provenientes da alteração/desagregação de rochas do Arqueano/Proterozóico sobre relevo em dissecção

- rg** Residual de granulitos e de intrusivas graníticas. Solos com discreta diferenciação de horizontes, espessos, vermelhos, argilosos por vezes com alguma areia. Consistência alta e permeabilidade baixa. Adesividade e plasticidade moderadas a altas.
- rgR** Residual de granitos. Solos com discreta diferenciação de horizontes, espessos, de cores cinza a amarelo, argilosos por vezes com silte. Consistência alta e permeabilidade moderada. Adesividade e plasticidade moderadas a altas.
- rca** Residual de xistos e quartzitos dos grupos Canastra e Araxá. Solos com discreta diferenciação de horizontes, compostos por argilas e areia, pouco micáceos. Consistência alta e permeabilidade moderada a baixa quando predomina o xisto; consistência média e permeabilidade alta quando predomina o quartzito. Adesividade e plasticidade de moderada a alta.
- rdp** Residual de siltitos, folhelhos, ardósias, calcários e metarenitos dos grupos Bambuí e Paranoá. Solos com discreta diferenciação de horizontes, argilosos, vermelhos. Consistência alta e permeabilidade baixa. Permeabilidade alta nos metarenitos. Adesividade e plasticidade moderadas a altas.
- QHa** Aluvião recente. Areias finas a médias, cinza avermelhadas, silte e argilas vermelhas. Permeabilidade alta.
- QPi** Cobertura Arenosa Indiferenciada. Sedimentos arenosos e argilo-arenosos, cores cinza, vermelha ou amarela, formados por areias, silte e argilas inconsolidadas. Consistência baixa, permeabilidade alta a moderada.
- Qdl** Cobertura Laterítica. Laterito pouco espesso formado por pisólitos e esferulitos de hematita e goetita, com horizonte páldio pouco evidente. Permeabilidade alta.

Terciário - Quaternário

- TQdl** Cobertura laterítica: Hematita terrosa; goetita; goetita aluminosa e gibsita constituindo lateritos autóctones espessos, imaturos, com horizonte B bem desenvolvido. Correlacionada à Superfície Sul-Americana de King. Permeabilidade alta.

UNIDADES PRÉ-CENOZÓICAS

- R** Área com predomínio de rocha aflorante.
- Área com substrato rochoso aflorante ou pouco profundo.

Figura 5 – Aspecto do Mapa de Formações Superficiais ZEE RIDE. (Scislewski 2003). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/327315/zoneamento-ecologico-economico-da-regiao-integrada-de-desenvolvimento-do-distrito-federal-e-entorno-fase-i>

5.2. Como seria a construção do produto?

Para iniciar, é necessário reunir todas as informações mais recentes sobre a área, incluindo a cartografia geológica já disponibilizada no GeoSGB, além dos mapas de solos e/ou formações superficiais em outras escalas já disponíveis e o mapa de compartimentação do relevo.

Da mesma forma que nas etapas regionais do mapeamento de geodiversidade, haverá montagem do kit digital de trabalho, porém a organização será de responsabilidade das equipes técnicas mediante orientações/apoio da Coordenação Técnica. No caso da elaboração dos compartimentos de relevo, serão utilizadas as equipes locais e seus geomorfólogos para o levantamento das imagens e modelos digitais de elevação (MDE) ou de terreno (MDT).

A partir da interação e compreensão dos temas descritos, as Formações Superficiais podem ser esboçadas em imagens de satélite (principalmente), fotointerpretação ou com imagens de radar. O levantamento de campo é posterior à análise por sensoriamento remoto, ajustando os limites entre cada unidade e coletando maior ou menor quantidade de dados dependendo da escala do mapa. Evidentemente, uma etapa de campo mais detalhada é necessária para delimitação das Unidades de Formações Superficiais, quando comparadas com os trabalhos de campo tradicionais de Geodiversidade, onde apenas a compartimentação geológico-geomorfológica é revisada.

Como entendimento, as formações superficiais foram submetidas aos processos intempéricos e de transporte, a partir do momento que os mantos de alteração sofreram ação de processos erosivo-deposicionais, e passaram a constituir coberturas alóctones, genericamente denominados de “solos transportados”.

O tipo de processo envolvido na remoção do manto intempérico autóctone e deposição em posição topográfica inferior é de fundamental importância para o entendimento das formações superficiais alóctones. Neste contexto, a predominância de processos gravitacionais (movimentos de massa *latu sensu*) tende a gerar depósitos de tálus, colúvios e cones de dejeção. Por outro lado, a maior influência de processos hidroerosivos (erosão laminar, ravinamentos e voçorocamentos) tende a produzir leques aluviais, rampas alúvio-coluvionares e planícies fluviais.

No levantamento da geodiversidade em escalas regionais, que era um reflexo da cartografia geológica, as informações das coberturas residuais ou transportadas, dos sedimentos aluviais, coluviais, dos níveis concrecionários lateríticos, dos depósitos coluvionares e de tálus, e dos horizontes de solo, muitas vezes eram apenas

sugeridos ou descritos na legenda sem, contudo, terem representatividade na cartografia dos mapas e nem nas tabelas de atributos do arquivo digital. Na maioria das vezes, a inserção dos compartimentos de relevo permitiu uma separação dessas unidades e melhoria na análise, aliada aos trabalhos de campo.

O objetivo é cartografar as formações superficiais e, a partir desse "produto preliminar", fazer a reclassificação para as unidades geológico-ambientais dentro dos Domínios Geológico-Ambientais relacionados principalmente ao Cenozoico, porém poderemos estar no perfil intempérico cartografando saprolitos aflorantes de outros domínios como, por exemplo, os DCGR1 (Domínio dos Granitoides não Deformados), podendo haver alterações para melhor classificá-los e subdividi-los nas novas unidades geológico-ambientais que virão da cartografia das formações superficiais. Vide Apêndice I (DOMÍNIOS E UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO). Como as áreas dos projetos são bem menores, fica mais fácil o detalhamento.

A organização preliminar das novas unidades geológico-ambientais e os novos parâmetros e bibliotecas foram inicialmente estruturados pela Coordenação Técnica e apresentados/partilhados com as equipes para os ajustes antes da primeira etapa de campo. Posteriormente, com o avançar dos trabalhos de campo, as essas informações poderão ser ajustadas. Em abril de 2018 foi realizado um curso sobre Cartografia das Formações Superficiais e Processos de Intemperismo, com atividades de campo, ministrado pela Professora Adriana Horbe da UNB, com o objetivo de capacitar as equipes no entendimento de como essas unidades se apresentam no contexto da paisagem, ou seja, entender o manto regolítico.

No Quadro 1, encontram-se resumidas as principais atividades a serem realizadas na elaboração dos produtos.

Quadro 1 – Cronograma das atividades.

ATIVIDADE	DEZ 17	JAN 18	FEV 18	MAR 18	ABR 18	MAI a DEZ
Levantamento bibliográfico e de produtos já elaborados.	X	X	X			
Estruturação metodológica inicial (Coordenação). Envio da 1ª versão do manual metodológico.	X					
Análise e contribuição da proposta inicial (Equipes).	X	X				
Discussão do manual e definição das linhas do projeto (metodologia de mapeamento, materiais, caracterização das formações e temas abordados, conteúdo mínimo do KIT-SIG).			X	X		
Elaboração do kit de trabalho (SIG) pelas equipes. Elaboração dos mapas dos compartimentos de relevo.			X	X		
Capacitação UNB / 2ª reunião para consolidar o método para delimitar e nomear as unidades geológico-ambientais com base nas formações superficiais. Definição dos parâmetros e bibliotecas de preenchimento.					X	
Levantamentos de campo e elaboração dos mapas.						X
Elaboração do texto, SIG, visualizador e divulgação.						

5.3. Elaboração do Mapa de Formações Superficiais/Regolito

A elaboração da carta de Formações Superficiais/Regolito é executada a partir do arquivo vetorial dos compartimentos de relevo (**Apêndice II**), tendo pano de fundo para acompanhamento, o *layer* do mapa geológico da área. Tal procedimento se inspira na proposta metodológica de Chan (1988), que preconiza a identificação e delimitação de Unidades Geomorfológicas do Regolito (Regolith Landform Unit).

Os trabalhos de campo são fundamentais para o ajuste cartográfico, podendo ser utilizadas outras ferramentas na análise, como o mapa de solos e o uso de imagens para a delimitação dos polígonos.

A *shape* das Formações Superficiais como um produto proveniente do avanço da cartografia geológica deverá conter todos os campos possíveis de preenchimento da Base de Litoestratigrafia, porém para uso das equipes do mapa de geodiversidade, apenas, deverão ser selecionados os seguintes campos:

- SIGLA_UNID: (Bibliotecas a serem definidas com o aval da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais - DGM)
- NOME - (Bibliotecas a serem definidas com o aval da DGM)
- HIERARQUIA - (Bibliotecas a serem definidas com o aval da DGM)
- LITOTIPO 1 - (Bibliotecas a serem definidas com o aval da DGM)
- LITOTIPO 2 - (Bibliotecas a serem definidas com o aval da DGM)

Na *shape* das formações superficiais serão considerados os seguintes atributos (COD_REG) E (REGOLITO), que servirão como facilitadores entre as equipes **do DEGET e da DGM e que terão as bibliotecas de acordo com o Quadro 2.**

- **COD_REG – CÓDIGO DA UNIDADE REGOLÍTICA:** sigla da unidade regolítica. **Campo texto, 20 caracteres**
- **REGOLITO – DESCRIÇÃO DA UNIDADE REGOLÍTICA:** camada ou manto de material rochoso incoerente, de qualquer origem (transportado ou residual) que recobre a superfície rochosa ou embasamento. Compreende materiais de alteração de rocha em geral. **Campo texto, 50 caracteres**

Quadro 2 – Descrição do Regolito

NOME	REGOLITO	COD_REG	COMPOSIÇÃO
SOLO	Solo	SI	Material superficial desenvolvido por processos pedogenéticos (solum)
DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS	Depósitos tecnogênicos	Tec	Material de origem natural ou artificial, depositados através de ação antrópica
DEPÓSITOS DE GRAVIDADE	Tálus	T	Fragmentos de rocha com dimensões decimétricas a métricas com pouca matriz (> 80% de blocos no volume total do depósito)

	Depósitos com predomínio de tálus e colúvio subordinados	T-Co	Fragmentos de rocha com dimensões decimétricas a métricas com pouca matriz (20-80% de blocos no volume total do depósito)
	Depósitos com predomínio de colúvio e tálus subordinado.	Co-T	Material de granulometria argilo-silto –arenosa (proporção > 80 % de matriz no volume total do depósito), envolvendo blocos decimétricos a métricos
	Colúvio	Co	Material de granulometria argilo-silto-arenosa proveniente da movimentação dos materiais ao longo das encostas
DEPÓSITOS MISTOS COLUVIO - ALUVIONARES	Depósitos de alúvio-colúvio Interdigitados	Al-Co	Sedimento argilo-arenoso, imaturo, mal selecionado
DEPÓSITOS ALUVIONARES	Leques detríticos	Ld	Material incipientemente estratificado composto por areia grossa, cascalho e matacões
	Depósitos de planícies de inundação (em médio e alto curso-alta energia)	Dpac	Material estratificado e bem selecionado composto por areia fina a grossa e grânulos, intercalada com sedimento siltico-argiloso
	Depósitos de planícies de Inundação(em baixo curso-baixa energia)	Dpbc	Sedimento argiloso a areno-argiloso, bem selecionado, por vezes, rico em matéria orgânica
	Depósitos de terraços	Dt	Material estratificado e bem selecionado composto por areia fina a média intercalada com sedimento siltico-argiloso
DEPÓSITOS MARINHOS	Depósitos arenosos em cordões e terraços	Dmar	Areia fina a grossa, quartzosa, bem selecionada

DEPÓSITOS EÓLICOS	Dunas fixas	Ddf	Areia fina a média, quartzosa, arredondada e fosca, bem selecionada
	Dunas móveis	Ddm	
	Lençóis de areia	Dla	
DEPÓSITOS FLÚVIO-MARINHOS	Depósitos argilo-arenosos em planícies litorâneas	Dfm	Material estratificado e bem selecionado composto areia fina pouco a muito argilosa, com influência salina.
	Depósitos de mangue	Dm	Sedimento argiloso ou argilo-arenoso, rico em matéria orgânica, sais e enxofre
DEPÓSITOS FLUVIO-LAGUNARES	Depósitos argilo-arenosos	Dfl	Sedimentos argilo-arenosos, com presença de sais em sua matriz.
	Depósitos argilosos orgânicos (Incluindo turfas)	Dflo	Sedimentos argilosos, muito ricos em matéria orgânica,-sais e enxofre
	Turfeiras	Dflot	Matéria orgânica em diferentes graus de decomposição, formando Organossolos
DEPÓSITOS FLÚVIO-LACUSTRES	Depósitos argilo-arenosos	Dflc	Sedimentos argilo-arenosos
	Depósitos argilo-arenosos (incluindo turfas)	Dflco	Sedimentos argilosos, muito ricos em matéria orgânica
RECIFES DE ARENITO	Recifes	Rec	Areias e seixos consolidados por processos de cimentação ferruginosa ou carbonática (biogênica)
PERFIL INTEMPÉRICO	<p>Completas ou crostas lateríticas Podem ser maturo ou imaturo ¹</p> <p><i>(1) – Perfis Maturos (Presença do horizonte aluminoso abaixo do horizonte ferruginoso)</i></p>	Plt	<p>Presença de crosta. As crostas variam de ferruginosas (80-90% de goethita e/ou hematita, 75 % de Fe₂O₃ mas, geralmente, entre 40 e 65 %) até aluminosas ou bauxitas (80-90% de minerais de Al, max 65% de Al₂O₃).</p> <p>Esporadicamente podem ser manganésíferas, titaníferas, fosfáticas. Inclui calcrete, gipcrete, silcrete</p>
CROSTAS LATERÍTICAS			Ausência de um nível do

<p>CROSTA: FORMA-SE PRÓXIMO OU NA SUPERFÍCIE DE UM PERFIL INTEMPÉRICO, NORMALMENTE A PARTIR DE PRECIPITADOS DE SOLUÇÕES AQUOSAS EM CONDIÇÕES DE INTENSA LIXIVIAÇÃO.</p> <p>PARA SE DESENVOLVER NECESSITA LONGO PERÍODO ESTÁVEL COM BAIXÍSSIMA EROÇÃO.</p> <p>NORMALMENTE É POLIFÁSICA E ESTÁ ENCOBERTA POR COLÚVIO E/OU SOLO.</p>	Truncadas	Pli	perfil laterítico (no caso a crosta) em função da não formação ou erosão do perfil.
	Horizonte Mosqueado	Spm	Horizonte caracterizado pela segregação de um material pelo envolvente. O Fe é removido em solução, essencialmente na forma de Fe ²⁺ , provavelmente pela redução local de oxihidróxidos de Fe o que provoca cor esbranquiçada ou cinza (desferruginização). Em clima tropical úmido o mosqueado é a transição da rocha-mãe intemperizada (saprólito) para a crosta laterítica. Isolam-se zonas ricas em caulinita (neoformada in situ) e em quartzo (herdados da rocha-mãe) de zonas enriquecidas em oxihidróxidos de Fe. Há diferenciação de cores (material mais ferruginoso avermelhado em relação a amarelado, esbranquiçado, acinzentado argiloso) e aumento da porosidade.
<p>PRODUTO DA DECOMPOSIÇÃO DA ROCHA NA QUAL SUA TEXTURA E ESTRUTURA SÃO PRESERVADAS. (Podem ser rochas ígneas, metamórficas e sedimentares)</p>	Saprólito	Ssp	Material rochoso bastante alterado mas ainda com preservação da estrutura da rocha (solo saprolítico)
		Sp	Material rochoso com as características geomecânicas e estruturais bem preservadas
ROCHA SÃ	Rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares)	Rch	Material rochoso não alterado

Fonte: Elaborado pelos autores.

No **Anexo I** são apresentadas as possibilidades de Estruturação do **COD_REG** (REGOLITO) e que irão auxiliar a compor a biblioteca de possibilidades do novo **COD_UNIGEO**

Os **solos** também são inseridos na definição do termo **regolito**, porém na metodologia proposta eles não entram nomeando a **Unidade Regolítica**, mas podem compor a informação do COD_REG na tabela de atributos, legenda do Mapa de Formações Superficiais/Regolito e, conseqüentemente, na legenda do Mapa da Geodiversidade, propiciando novas deduções a respeito das adequabilidades e limitações das unidades geológico-ambientais.

Da mesma forma que os padrões de relevo foram informados, os tipos de solo também serão explicitados. Essa informação será baseada nos trabalhos de campo e no melhor mapa de solos disponível para a área.

O objetivo não é fazer um mapa de solos, pois o SGB/CPRM não dispõe de um quadro técnico de pedólogos e nem tem esse o objetivo, porém, durante os trabalhos de campo algumas características morfológicas dos solos podem ser observadas, como: cor, textura, estrutura, consistência, porosidade, cerosidade, nódulos, concreções minerais, coesão, minerais magnéticos, carbonatos, manganês, sulfetos e eflorescências, que poderão ser descritas na legenda do mapa das formações superficiais.

Para maiores informações recomendamos a leitura:
<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/propriedades-do-solo>

A fonte de informação do mapa pedológico deverá ser citada no rodapé das legendas e no campo **OBSERVAÇÕES** da tabela de atributos da *shape*.

Para a informação dos solos, a tabela de atributos constará apenas de dois parâmetros:

TIP_SOLO - TIPO DE SOLO: baseado nos 1º ou 2º Níveis Categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS-Embrapa):

<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos> **Campo texto, 50 caracteres**

Biblioteca
<ul style="list-style-type: none">• LATOSSOLOS (ordem)• LATOSSOLOS Vermelhos (subordem)

- **LATOSSOLOS Vermelho-Amarelos (subordem)**
- **LATOSSOLOS Amarelos (subordem)**
- **LATOSSOLOS Brunos (subordem)**
- **ARGISSOLOS (ordem)**
- **ARGISSOLOS Vermelhos (subordem)**
- **ARGISSOLOS Vermelho-Amarelos (subordem)**
- **ARGISSOLOS Amarelos (subordem)**
- **ARGISSOLOS Bruno-Acinzentados (subordem)**
- **ARGISSOLOS Acinzentados (subordem)**
- **CAMBISSOLOS (ordem)**
- **CAMBISSOLOS Háplicos (subordem)**
- **CAMBISSOLOS Flúvicos (subordem)**
- **CAMBISSOLOS Hísticos (subordem)**
- **CAMBISSOLOS Húmicos (subordem)**
- **NITOSSOLOS (ordem)**
- **NITOSSOLOS Háplicos (subordem)**
- **NITOSSOLOS Vermelhos (subordem)**
- **NITOSSOLOS Brunos (subordem)**
- **CHERNOSSOLOS (ordem)**
- **CHERNOSSOLOS Háplicos (subordem)**
- **CHERNOSSOLOS Argilúvicos (subordem)**
- **CHERNOSSOLOS Ebânicos (subordem)**
- **CHERNOSSOLOS Rêndzicos (subordem)**
- **LUVISSOLOS (ordem)**
- **LUVISSOLOS Háplico (subordem)**
- **LUVISSOLOS Crômicos (subordem)**
- **VERTISSOLOS (ordem)**
- **VERTISSOLOS Háplicos (subordem)**
- **VERTISSOLOS Ebânicos (subordem)**
- **VERTISSOLOS Hidromórficos (subordem)**
- **PLINTOSSOLOS (ordem)**
- **PLINTOSSOLOS Háplicos (subordem)**
- **PLINTOSSOLOS Argilúvicos (subordem)**
- **PLINTOSSOLOS Pétricos (subordem)**
- **PLINTOSSOLOS Argilúvicos (subordem)**
- **NEOSSOLOS (ordem)**
- **NEOSSOLOS Litólicos (subordem)**
- **NEOSSOLOS Regolíticos (subordem)**
- **NEOSSOLOS Flúvicos (subordem)**
- **NEOSSOLOS Quartzarênicos (subordem)**
- **ESPODOSSOLOS (ordem)**
- **ESPODOSSOLOS Humilúvicos (subordem)**
- **ESPODOSSOLOS Ferrilúvicos (subordem)**
- **ESPODOSSOLOS Ferri-humilúvicos (subordem)**
- **PLANOSSOLOS (ordem)**
- **PLANOSSOLOS Háplicos (subordem)**

- **PLANOSSOLOS Nátricos (subordem)**
 - **GLEISSOLOS (ordem)**
 - **GLEISSOLOS Háplicos (subordem)**
 - **GLEISSOLOS Melânicos (subordem)**
 - **GLEISSOLOS Sálicos (subordem)**
 - **GLEISSOLOS Tiomórficos (subordem)**
 - **ORGANOSSOLOS (ordem)**
 - **ORGANOSSOLOS Háplicos (subordem)**
 - **ORGANOSSOLOS Fólicos (subordem)**
 - **ORGANOSSOLOS Tiomórficos (subordem)**
 - **AFLORAMENTO DE ROCHA**
- Não se aplica

ESP_SOLO — Espessura dos horizontes pedológicos (superficiais e subsuperficiais) que poderão ser observados em campo. Para maiores informações: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/horizontes-diagnostics> - **Campo texto, 20 caracteres**

Biblioteca
<ul style="list-style-type: none"> • 0–50 cm • 50-100 cm • 100–200 cm • > 200 cm

- **PRO_GEOHID** – PROCESSOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS: Características, feições e processos que são intrínsecos às coberturas superficiais correlatas. **Campo texto, 20 caracteres.**

Biblioteca
<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamento • Enchente e inundação • Erosão • Erosão marinha • Erosão/Voçorocas • Queda, tombamento ou rolamento de blocos • Fluxo de detritos • Rastejo • Solapamento • Recalque • Colapso

- Deslizamento/Fluxo de detritos
- Deslizamento/Rastejo
- Deslizamento/Erosão
- Deslizamento/Queda, tombamento ou rolamento e tombamento de blocos.
- Enchente e inundação/Recalques
- Colapso/Solapamento
- Erosão/Colapso

5.3.1. Dicionário de Dados da Shape das Formações Superficiais (os campos estão em ordem de construção)

SIGLA_UNID – SIGLA DA UNIDADE: identidade única da unidade litoestratigráfica. **É o campo de chave primária que liga a tabela aos polígonos do mapa, ou seja, é o campo indexador que liga a tabela aos polígonos do mapa e ao banco de dados.**

NOME_UNIDA – NOME DA UNIDADE: denominação formal ou informal da unidade litoestratigráfica.

HIERARQUIA: hierarquia à qual pertence a unidade litoestratigráfica.

LITOTIPO1: litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

LITOTIPO2: litotipos que representam menos que 10% da unidade litoestratigráfica.

CLASSE_ROC – CLASSE DA ROCHA: classe dos litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

COD_REL – CÓDIGO DOS COMPARTIMENTOS DE RELEVO: sigla para a divisão dos macrocompartimentos de relevo.

RELEVO – MACROCOMPARTIMENTO DE RELEVO: descrição dos macrocompartimentos de relevo.

DECLIVIDAD – DECLIVIDADE: intervalo de declividades dos compartimentos de relevo.

AMPL_TOPO – AMPLITUDE: amplitudes topográficas.

COD_REG - CÓDIGO DA UNIDADE REGOLÍTICA: sigla da unidade regolítica

REGOLITO – DESCRIÇÃO DA UNIDADE REGOLÍTICA: material superficial resultante da alteração das rochas (autóctone ou *in situ*) ou de material transportado (alóctone).

TIP_SOLO - TIPO DE SOLO: baseado no 1º Nível Categórico de classificação de solos da Embrapa

ESP_SOLO – ESPESSURA DO SOLO – Espessura dos horizontes pedológicos (superficiais e subsuperficiais) que poderão ser observados em campo.

PRO_GEOHID – PROCESSOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS: Características, feições e processos que são intrínsecos às coberturas superficiais correlatas.

OBSERVAÇÃO - Descrição livre – Baseada na informação geológica e do que é observado em campo com relação às Formações Superficiais/Regolito. Esse campo irá auxiliar no futuro a descrição da Legenda do Mapa de Formações Superficiais e colaborar na descrição das adequabilidades e limitações das Unidades Geológicas-Ambientais.

6. ELABORAÇÃO DO MAPA DA GEODIVERSIDADE

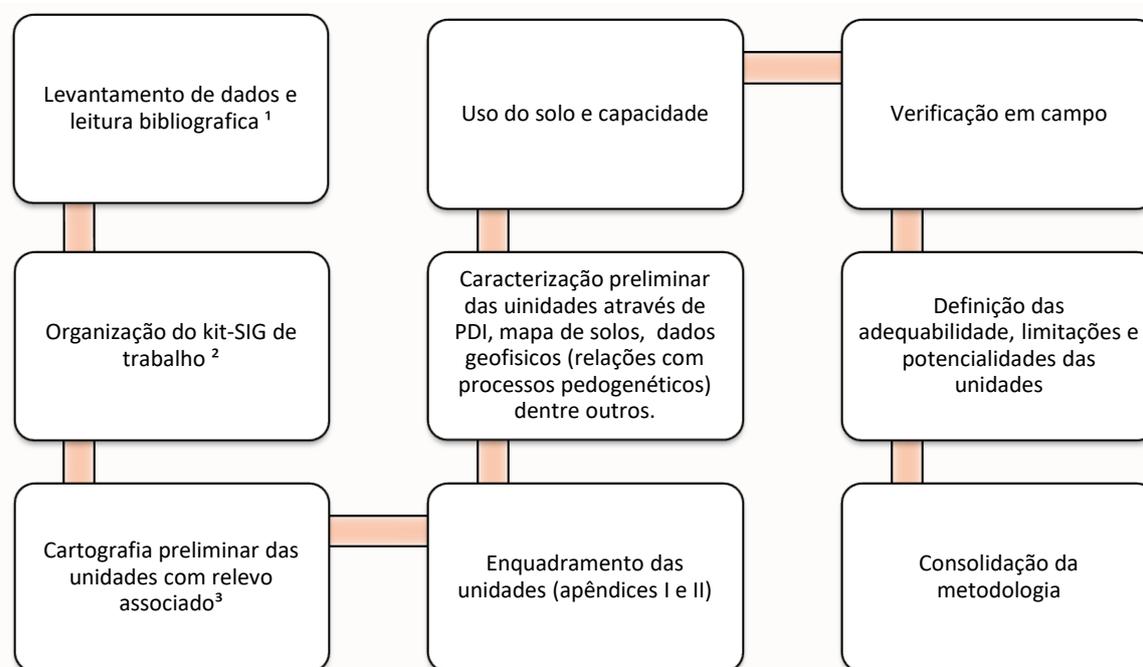
As unidades geológico-ambientais, advindas da reclassificação das formações superficiais/regolito, devem ser inseridas no **Apêndice I** e analisadas com o objetivo de responder a alguma das seguintes perguntas:

- ✓ Quais são os materiais que afloram na superfície do terreno? Qual o tipo de relevo e solo associado?
- ✓ Quais as características desse material (espessura, textura ...)?
- ✓ Quais são as adequabilidades, potenciais e limitações dessas unidades frente: a) **ao uso agrícola**; b) **às obras e ocupação** (erosão, inundação e movimento de massa), c) **aos recursos minerais** (foco para construção civil e agricultura); d) **aos recursos hídricos** (favorabilidade hidrogeológica, proteção das áreas de recarga de aquíferos, qualidade da água)?
- ✓ Quais são as áreas impróprias à ocupação devido aos riscos geológicos, cujos estudos devem ser detalhados por estudos posteriores?
- ✓ Quais são as áreas com potencial para agricultura, ainda não utilizadas, cujos estudos devem ser detalhados por estudos posteriores?
- ✓ Quais são as áreas com potencial hidrogeológico, ainda não utilizadas, cujos estudos devem ser detalhados por estudos posteriores?
- ✓ Existem pontos de interesse geoturísticos?

- ✓ Sugestão da equipe.

Importante destacar que o levantamento da geodiversidade tem por objetivo mostrar o panorama da área quanto seus aspectos positivos e negativos. Ao final, como sugestão, deverão ser propostos estudos complementares da área. Por exemplo, poderão ser sugeridos: a realização de cartas geotécnicas, os estudos hidrogeológicos para caracterização de aquíferos, os ensaios para os materiais de construção civil. Estes estudos poderão ser realizados pelo DEGET ou até mesmo por outros departamentos.

Para responder as perguntas, análise bibliográfica, materiais e métodos precisam ser definidos (Figura 6):



Nota:

- 1 - No tópico **Leituras Recomendadas** estão listados alguns estudos sobre Formações Superficiais/Regolitos que podem servir para direcionar a presente proposta de levantamento da geodiversidade.
- 2 - Conteúdo do Kit-SIG a ser preparado pelas equipes: base cartográfica, preparação das imagens e MDE (curva de nível, relevo sombreado, hipsometria, declividade com parâmetros adaptados à área).
- 3 - Interpretação dos padrões de relevo (Apêndice II modificado para a escala).

Figura 6 – Sugestão de fluxograma para delimitação das unidades geológico-ambientais com foco nas Formações Superficiais.

6.1. Como são descritas as novas Unidades Geológico-Ambientais

As novas Unidades Geológico-Ambientais podem ser descritas dentro da mesma regra já estabelecida no **Apêndice I**, apenas considerando a inserção dos termos relacionados às coberturas e ao perfil intempérico (Quadro 3).

Opções de classificação das novas unidades para discussão com as equipes:

Exemplos:

A)

- **Regolito:** Depósitos arenosos e areno-argilosos em planícies: **Dpbc**
- **Unidade Geológico-Ambiental:** Ambiente de planícies aluvionares recentes. Material inconsolidado e de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila. **Dca_Dpbc**
- **Compartimento de Relevo:** Planície de Inundação - **(R1a)**

B)

- **Regolito:** Depósitos argilosos orgânicos (incluindo mangues): **Dm**
- **Unidade Geológico-Ambiental:** Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, argilosos, em geral, ricos em matéria orgânica (mangues). **DCm_Dm**
- **Compartimento de Relevo:** Planícies fluviomarinhas (mangues) **(R1d1)**

C)

- **Regolito:** A rocha de formação não pode ser identificada, não aflora. Laterito incompleto: Ausência de um ou mais níveis do perfil laterítico em função da não formação ou erosão do perfil - **Pli**
- **Unidade geológico ambiental – Perfil laterítico incompleto:** Proveniente de processo de lateritização em rochas de composição diversas onde o perfil laterítico não formou crosta ou foi erodido - **DCDL_Pli**
- **Compartimento de Relevo – Chapada - (R2c)**

D)

- **Regolito:** Saprólito (em rochas graníticas não deformadas peraluminosas):
- **Unidade Geológico-Ambiental – DCGR1pal_Spm**
- **Compartimento de Relevo – Colinas - (R4a1)**

E)

- **Regolito:** Solo saprolítico de rocha vulcânica básica + horizonte mosqueado + crosta laterítica
- **Unidade Geológico-Ambiental: DCMuvb_Ssp-Spm-Plt**

Uma vantagem desse método é a continuidade de aperfeiçoamento do Apêndice I, contribuindo para a melhoria da cartografia geológica com subsídios para a base de litoestratigrafia.

6.2. Atributos Geológicos e Geotécnicos das Unidades Geológico-Ambientais

Nas etapas de maior detalhe (escalas 100.000 até 1:50.000), as Unidades Geológico-Ambientais advindas da reclassificação das Formações Superficiais (coberturas inconsolidadas/regolito) terão atributos geológicos e geotécnicos que permitirão uma série de interpretações na análise ambiental. A *shape* das unidades geológico-ambientais deverá conter todos os campos clássicos que fazem a indexação com a base de litoestratigrafia do **GEOSGB (vide item 4.2 e item 5.3)**, além dos seguintes campos ou parâmetros com suas respectivas bibliotecas:

- **EST_TEC** – ESTRUTURAS TECTÔNICAS: (relacionadas à dinâmica interna do planeta). Procede-se à sua interpretação a partir da ambiência tectônica, litológica e análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem. **Campo texto, 20 caracteres.**

Biblioteca
<ul style="list-style-type: none">• Ausente: solos e sedimentos inconsolidados (aluviões, dunas, terraços etc.).• Rúptil: fraturas e falhas• Dúctil: dobras, foliações e bandamentos• Dúctil/Rúptil: zonas de cisalhamento

- **ASPECTOS** - ASPECTOS TEXTURAIIS E ESTRUTURAIIS DECORRENTES DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO: de acordo com Oliveira e Brito (1998), as rochas podem apresentar as seguintes características reológicas (comportamento frente a esforços mecânicos): a) Comportamento Isotrópico – quando as propriedades das rochas são constantes, independentemente da direção observada (caso dos Granitos com granulação e textura homogêneas) e b) Comportamento Anisotrópico - quando as propriedades variam de acordo com a direção considerada (caso das unidades formadas por diversas litologias e/ou deformações heterogêneas). **Campo texto, 50 caracteres.**

Biblioteca
<ul style="list-style-type: none"> • Isotrópica maciça • Anisotrópica indefinida • Anisotrópica orientada • Anisotrópica estratificada • Anisotrópica biogênica • Anisotrópica concrecional/nodular • Não se aplica

- **GR_RES** - GRAU DE RESISTÊNCIA: resistência ao corte e à penetração, baseado na **Tabela 1**, de resistência à compressão uniaxial e classes de alteração (VAZ, 1996). **Campo texto, 50 caracteres.**

Biblioteca	
<ul style="list-style-type: none"> • Não se aplica - Solo • Muito brandas • Brandas • Médias • Duras • Variável 	<p>Vide Figura 1.</p>

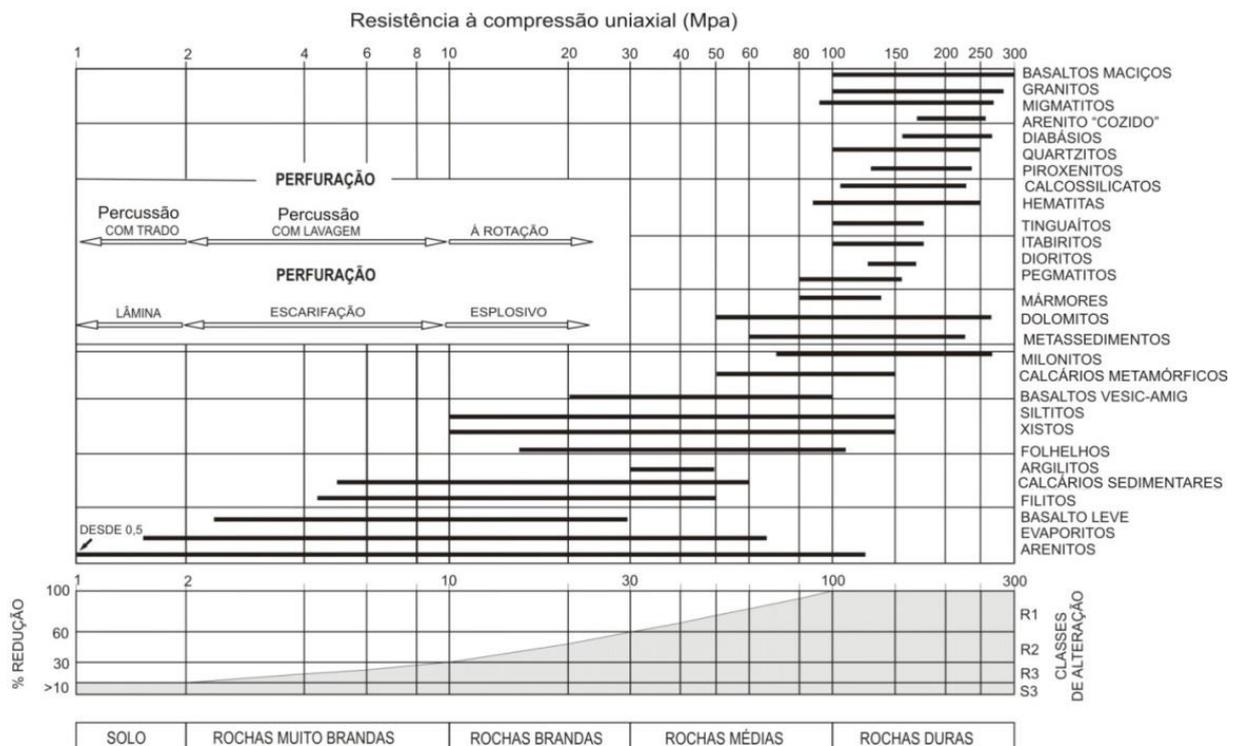


Tabela 1 - Resistência à compressão uniaxial e classes de alteração para diferentes tipos de rochas. Fonte: Modificado de Vaz (1996).

- **ESP_ALTER** – ESPESSURA DO PERFIL DE ALTERAÇÃO (metros): espessura média dos perfis. Inclui solo residual. **Campo texto, 20 caracteres.**

Biblioteca
0 - 5 m
5 - 15 m
> 15 m

- **POROS_1** – POROSIDADE PRIMÁRIA: relacionada ao volume de vazios sobre o volume total do substrato (rochoso ou cobertura). O preenchimento deverá seguir os procedimentos descritos na **Tabela 2**. **Campo texto, 20 caracteres.**

Biblioteca
<p>Baixa: 0 a 15%</p> <p>Moderada: 15 a 30%</p> <p>Alta: >30%</p> <p>Variável (0 a >30%): a exemplo das unidades em que o substrato rochoso é formado por um empilhamento irregular de camadas horizontalizadas porosas e não-porosas.</p>

Tabela 2: Tabela de porosidade total dos diversos materiais rochosos.

Material		Porosidade Total % m					Porosidade Eficaz % m_e			Obs.
		Média	Normal		Extraordi-nária		Média	Máx.	Mín.	
Tipo	Descrição		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.				
Rochas maciças	Granito	0,3	4	0,2	9	0,05	<0,2	0,5	0,0	A

	Calcário maciço	8	15	0,5	20		<0,5	1	0,0	B
	Dolomito	5	10	2			<0,5	1	0,0	B
Rochas metamórficas		0,5	5	0,2			<0,5	2	0,0	A
Rochas vulcânicas	Piroclasto e turfás	30	50	10	60	5	<5	20	0,0	C, E
	Escórias	25	80	10			20	50	1	C, E
	Pedra-pome	85	90	50			<5	20	0,0	D
	Basaltos densos, fonólitos	2	5	0,1			<1	2	0,1	A
	Basaltos vesiculares	12	30	5			5	10	1	C
Rochas sedimentares consolidadas (ver rochas maciças)	<i>Pizarras sedimentares</i>	5	15	2	30	0,5	<2	5	0,0	E
	Arenitos	15	25	3	30	0,5	10	20	0,0	F
	<i>Creta blanda</i>	20	50	10			1	5	0,2	B
	Calcário detritico	10	30	1,5			3	20	0,5	
Rochas sedimentares inconsolidadas	Aluviões	25	40	20	45	15	15	35	5	E
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Cascalho	30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Areias	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciais	25	35	15			15	30	5	
	Silte	40	50	25			10	20	2	E
	Argilas não-compactadas	45	60	40	85	30	2	10	0,0	E
	Solos superiores	50	60	30			10	20	1	E

Fonte: Modificado de Custodio e Llamas (1983).

Nota: Alguns dados, em especial os referentes à porosidade eficaz (m_e), devem ser tomados com precauções, segundo as circunstâncias locais.

A = Aumenta m e m_e por meteorização; **B** = Aumenta m e m_e por fenômenos de dissolução;

C = Diminui m e m_e com o tempo; **D** = Diminui m e pode aumentar m_e com o tempo;

E = m_e muito variável segundo as circunstâncias do tempo;

F = Varia segundo o grau de cimentação e solubilidade.

- **LITO_HIDRO**: Característica da unidade lito-hidrogeológica. **Campo texto, 20 caracteres.**

Biblioteca
Granular
Fissural

Granular/Fissural
Cárstico
Não se aplica

- **ESCAV – ESCAVABILIDADE:** Categoria do material de acordo com os métodos de escavação e sua resistência perante a eles. **Campo texto, 20 caracteres.**

Biblioteca

1ª Categoria: Solos, materiais decompostos, aluviões... (escavação simples)
2ª Categoria: Solos duros, heterogêneos (escarificação)
3ª Categoria: Rocha (desmonte com explosivos)
4ª Categoria: Variável

6.3 Dicionário de Dados da *Shape* da Geodiversidade

Como devem estar organizados os campos da *Shape* das Unidades Geológico-Ambientais pela ordem de construção dos campos.

SIGLA_UNID – SIGLA DA UNIDADE: identidade única da unidade litoestratigráfica. **É o campo de chave primária que liga a tabela aos polígonos do mapa, ou seja, é o campo indexador que liga a tabela aos polígonos do mapa e ao banco de dados.**

NOME_UNIDA – NOME DA UNIDADE: denominação formal ou informal da unidade litoestratigráfica.

HIERARQUIA: hierarquia à qual pertence a unidade litoestratigráfica.

LITOTIPO1: litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica ou com representatividade não determinada.

LITOTIPO2: litotipos que representam menos que 10% da unidade litoestratigráfica.

CLASSE_ROC – CLASSE DA ROCHA: classe dos litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica ou com representatividade não determinada.

COD_REL – CÓDIGO DOS COMPARTIMENTOS DE RELEVO: sigla para a divisão dos macrocompartimentos de relevo.

RELEVO – MACROCOMPARTIMENTO DE RELEVO: descrição dos macrocompartimentos de relevo.

DECLIVIDAD – DECLIVIDADE: intervalo de declividades dos compartimentos de relevo.

AMPL_TOPO – AMPLITUDE: amplitudes topográficas.

COD_REG - CÓDIGO DA UNIDADE REGOLÍTICA: sigla da unidade regolítica

REGOLITO – DESCRIÇÃO DA UNIDADE REGOLÍTICA: material superficial resultante da alteração das rochas (autóctone ou *in situ*) ou de material transportado (alóctone).

TIP_SOLO - TIPO DE SOLO: baseado no 1º Nível Categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS-Embrapa)

ESP_SOLO – ESPESSURA DO SOLO – Espessura dos horizontes pedológicos (superficiais e subsuperficiais) que poderão ser observados em campo.

PRO_GEOHID – PROCESSOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS: características, feições e processos que são intrínsecos às coberturas superficiais correlatas.

OBSERVAÇÃO - Descrição livre – Baseado na informação geológica e no que é observado em campo com relação às Formações Superficiais/Regolito. Esse campo irá auxiliar no futuro a descrição da Legenda do Mapa de Formações Superficiais e colaborar na descrição das adequabilidades e limitações das Unidades Geológicas-Ambientais.

COD_DOM – CÓDIGO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL: sigla dos domínios geológico-ambientais. Ver Apêndice I.

DOMINIO – DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL: reclassificação da geologia pelos grandes domínios geológicos. Ver Apêndice I.

COD_UNIGEO – NOVO CÓDIGO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL: sigla da unidade geológico-ambiental + o detalhamento do código regolito. Ver Apêndice I.

UNIGEO – DESCRIÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL MAIS A DESCRIÇÃO QUE VEM DO DETALHAMENTO DA DESCRIÇÃO DO REGOLITO: as unidades geológico-ambientais foram agrupadas com características semelhantes do ponto de vista da resposta ambiental, a partir da subdivisão dos domínios geológico-ambientais. Ver Apêndice I.

EST_TEC – ESTRUTURAS TECTÔNICAS: relacionadas à dinâmica interna do planeta. Procede-se à sua interpretação a partir da ambiência tectônica, litológica e análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem.

ASPECTOS - ASPECTOS TEXTURAIS E ESTRUTURAIS DECORRENTES DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO

ESP_ALTER - ESPESSURA DO PERFIL DE ALTERAÇÃO: espessura média dos perfis.

POROS – POROSIDADE: relacionada ao volume de vazios sobre o volume total do material (incluindo todo o perfil intempérico quando existir)

LITO_HIDRO: Característica da unidade lito-hidrogeológica.

ESCAV – ESCAVABILIDADE: categoria do material de acordo com os métodos de escavação e sua resistência perante a eles.

LEGENDA – Campo utilizado para a organização da legenda do Mapa de Geodiversidade

7. CONTEÚDO DO MAPA

7.1. Temas abordados

- Padrões de relevo
- Formações superficiais
- Hidrogeologia
- Geoquímica ambiental
- Vetores de expansão urbana
- Suscetibilidade a movimentos de massa e inundação
- Suscetibilidade à erosão
- Potencial mineral com destaque para construção civil e insumos agrícolas
- Potencial geoturístico

7.2. **Cartogramas** (estes serão representados no leitu de acordo com a importância para a área em estudo, podendo ser dentre outros os que seguem abaixo):

- RECURSOS MINERAIS E ÁREAS PROTEGIDAS E ESPECIAIS
- RECURSOS MINERAIS DO MAR
- PROCESSOS GEOLÓGICO-GEOTECNICOS E HIDROLÓGICOS
- FAVORABILIDADE HIDROGEOLÓGICA
- ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS
- PADRÕES DE RELEVO
- FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

7.3 Aspecto geral e legenda do Mapa Geodiversidade – ANEXO II

8. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Da mesma forma que nas etapas regionais do Mapa Geodiversidade, será feita a montagem do kit digital de trabalho, porém a organização será de responsabilidade das equipes, mediante orientações/apoio da Coordenação Técnica.

O Mapa Geodiversidade será gerado a partir dos mapas das Formações Superficiais e de informações agregadas, obtidas por meio de consulta bibliográfica, dados de instituições públicas e de pesquisa, interpretação de dados de sensores remotos e trabalho de campo.

Os arquivos vetoriais deverão estar em coordenadas geográficas (desprojetados), utilizando o Datum Sirgas 2000.

Os arquivos constituintes do SIG encontram-se em formato vetorial e raster, compatíveis com a escala (1:100.000 ou 1:50.000). Os dados utilizados na elaboração do SIG estão apresentados em coordenadas e o mapa impresso em projeção UTM nos casos da **Ilha do Maranhão - Zona 23 e Região Metropolitana de Recife – Zona 25**, todos no Datum Sirgas 2000.

No caso da área do DF, que tem uma pequena área na **Zona 22** e a maior parte na **Zona 23**, o mais indicado em termos de projeção de mapa é utilizar a Policônica e o Meridiano Central (-47,5).

Os arquivos raster deverão estar projetados para os cálculos dos subprodutos (declividade e hipsometria), seguindo a projeção UTM conforme especificado para cada projeto.

8.1. Conteúdo do SIG

O kit-SIG básico de trabalho pode variar entre as áreas de estudos, mas alguns temas são considerados básicos:

- **Base cartográfica** - A base cartográfica digital foi obtida a partir de simplificações, adaptações e modificações na hidrografia e sistema viário da Base Cartográfica (informação a ser inserida pelo executor). Os limites municipais adotados são obtidos no IBGE ou em outros órgãos estaduais responsáveis pela divisão política dos municípios, a exemplo da SEI (Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos da Bahia).
- **Imagens e Modelos Digitais de Elevação** - As imagens utilizadas são oriundas do (informação a ser inserida pelo executor) e apresenta como especificações: o Modelo Digital de Elevação utilizado (informação a ser inserida pelo executor) e

produtos digitais derivados, tais como curva de nível, relevo sombreado... são oriundos (informação a ser inserida pelo executor).

- **Áreas protegidas e especiais**
- **Atrativos geoturísticos**
- **Dados de infraestrutura**
- **Estruturas geológicas**
- **Geologia**
- **Poços do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)** – Poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do SGB/CPRM. Pesquisa realizada em (informação a ser inserida pelo executor), sendo selecionados alguns campos de informações.
- **Pontos de campo (incluindo as descrições e fotos)**
- **Recursos Minerais** – (Base Rec Mim do Geosgb).
- **Relevo** – A partir das bibliotecas do Apêndice II atualizadas.
- **Uso do solo**
- **Vetores de crescimento urbano**
- **Unidades Geológico-Ambientais**

9. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O TEMA USO DO SOLO E CAPACIDADE DE USO

Dentro do escopo do trabalho, a proposta metodológica para o uso do solo e capacidade de uso poderá ser apresentada como **Mapa de Uso Atual e Capacidade** ou ser inserida como tema.

Esse produto se configura num diagnóstico da situação atual da área de interesse que poderá servir para avaliar o grau e os tipos de degradação ambiental empreendido pelo processo de urbanização. Neste sentido, podemos identificar as diversas distorções de uso existentes, elaborar proposições com o intuito de buscar uma condição de sustentabilidade urbana e antever cenários de degradação ambiental futura, com base na análise dos vetores de expansão urbana, conjugada com o conhecimento da geodiversidade dos terrenos que deverão ser alcançados pela vaga de urbanização.

Legenda do Mapa de Uso Atual e Capacidade

A sua legenda poderia ser assim estruturada:

Exemplo: Geodiversidade da Ilha do Maranhão.

“Topo dos tabuleiros do Grupo Barreiras com desenvolvimento de Latossolos. Área preferencial de recarga dos aquíferos Barreiras e Itapecuru na Ilha do Maranhão”.

Condição Natural: Terrenos planos com solos e rochas permeáveis, bem drenados, com boa capacidade de suporte e alta vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea.

Condição atual: Consolidação da implantação de loteamentos proletários nos últimos 30 anos (Cidade Operária, Cidade Olímpica e Jardim América) com calçamento e asfaltamento, mas desprovidos de coleta de lixo e de efluentes domésticos.

Distorção de Uso existente: Impermeabilização do topo dos tabuleiros e drástica redução da recarga de água dos aquíferos subjacentes; contaminação dos aquíferos com chorume de vazadouros e da percolação de efluentes domésticos

Proposições de Sustentabilidade Urbana: Instituir um sistema público eficiente de coleta e tratamento de resíduos sólidos domésticos (lixo); construção de rede de coleta e estação de tratamento de esgoto; ações maciças de conscientização e educação ambiental; implantação de praças e áreas verdes em meio ao quadriculado da malha urbana dos loteamentos consolidados; construção de calçadas drenantes.

Vetores de expansão urbana: Processos de invasão de solo urbano e implantação de vias precárias indicam que a expansão desses loteamentos irá alcançar os rebordos erosivos dos tabuleiros costeiros em uma nova unidade geológico-ambiental: Rebordos erosivos esculpidos em arenitos imaturos da Formação Itapecuru revestidos por depósitos coluvionares.

Com base na análise da geodiversidade dos terrenos e da tendência do vetor de expansão urbana, pode-se antever um cenário de novos loteamentos ocupando os rebordos erosivos gerando sérios problemas de erosão laminar e voçorocamentos, além de criar áreas de risco geológico. Assoreamento dos rios com impactos nos manguezais que florescem na desembocadura dos mesmos.

Medidas preventivas necessárias: Rígido ordenamento urbano com proibição de ocupação de encostas íngremes e nascentes de rios; ações maciças de conscientização e educação ambiental; programas de habitação popular.

(A LEGENDA PARA O TEMA “USO DO SOLO E CAPACIDADE DE USO”, EM TODOS OS PROJETOS GEODIVERSIDADE, DEVERÁ SER DESENVOLVIDA PELA EQUIPE DE GEOMORFÓLOGOS)

AGRADECIMENTOS

“Os autores agradecem à professora Adriana Horbe pelo embasamento teórico-conceitual de grande relevância para a constituição deste manual, pelo acompanhamento das equipes nos primeiros projetos de geodiversidade realizados e por sua dedicação em sala de aula e em campo ao ministrar o Curso de Formações de Superficiais para uma equipe de cerca de 20 profissionais do Serviço Geológico do Brasil –CPRM”.

REFERÊNCIAS

- CHAN, R.A. Regolith terrain mapping for mineral exploration in Western Australia. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, Berlin, v. 68, p. 205-221, 1988. Supplementband.
- COSTA, M.L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 146-160, jun. 1991.
- DANTAS, M. E.; ARMESTO, R.C.G.; SILVA, C.R.da ; SHINZATO, E. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terrae Didática**, Campinas, v. 11, n. 1, p.4-13, 2015.
- DEWOLF, Y. **Proposition pour une definition, une typologie et une cartographie de formations superficiales**. São Paulo: USP, Depto. de Geografia, 1983. p. 433-445.
- ESPÍNDOLA, C.R. **Gênese e evolução das formações superficiais nos trópicos**. São Paulo: Beca, 2013. 364 p.
- FILIZOLA, H.F.; BOULET, R. Evolution and opening of closed depressions developed in a quartz-kaolinitic sedimentary substratum at Taubaté basin (São Paulo, Brazil) and analogy to the slope evolution. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 77-86, May 1996.
- FINLAYSON, A. A. Land surface evaluation for engineering practice; applications of the Australian PUCE system for terrain analysis. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, London, v. 17, n. 2, p. 149-158, May 1984.
- FRYE, J.C.; WILLMAN, H.B. Note 27: morphostratigraphic units in Pleistocene stratigraphy. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, Tulsa, v. 46, n. 1, p. 112-113, Jan. 1962.
- GRAY, J.M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester, UK: John Wiley, 2004. xiii, 434 p.
- HORBE, A.M.C.; NOGUEIRA, A.; HORBE, M.A.; COSTA, M.L.; SUGUIO, K. A laterização na gênese das superfícies de aplanamento da região de Presidente Figueiredo, Vila Balbina, nordeste do Amazonas. *In*: Costa M.L.; Angélica, R.S. (org.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: FINEP; SBG Núcleo Norte, 1997. p. 145-176.
- MARTINS, E. de S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.de; GUIMARÃES, R.F. Evolução geomorfológica do Distrito Federal. **Documentos**, Planaltina, DF, n. 122, 57 p. jul. 2004. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16150/1/ARTIGO_EvolucaoGeomorfologicaDistritoFederal.pdf. Acesso em: 09 jun. 2020.
- MOURA, J.R.S.; MELLO, C.L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 236-254, 1991.

PAIN, C.F.; OLLIER, C.D. Regolith stratigraphy: principles and problems. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, Canberra, v. 16, n. 3, p. 197-202, 1996.

PAIN, C.F. Regolith description and mapping. *In*: SCOTT K.M., PAIN C.F. (ed.). **Regolith science**. Callingwood, VIC, Australia: CSIRO Publishing, 2008. p. 281–306.

QUEIROZ NETO J.P. de. O estudo de formações superficiais no Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 22, n. 1-2, p. 65-78, 2001.

RAMOS, M.A.B.; DANTAS, M.E.; THEODOROVICZ, A.; MARQUES, V.J.; ORLANDI FILHO, V.; MAIA, M.A.M.; PFALTZGRAFF, P.A. dos S. Metodologia e estruturação de bases de dados em sistema de informação geográfica. *In*: CARVALHO, L.M.de; RAMOS, M.A.B. (org.). **Geodiversidade do estado da Bahia**. Salvador: CPRM, 2010. Cap. 4, p. 59-74.

SCISLEWSKI, G. Formações superficiais: subsídios para planejamento. *In*: ZONEAMENTO ecológico-econômico da região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno: fase 1. Rio de Janeiro: CPRM; [S.I.]: EMBRAPA, 2003. v. 1, cap. 5, p. 51-58.

SILVA, C.R. da (ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p.

SILVA, C.R. da; RAMOS, M.A.B.; PEDREIRA, A.J.; DANTAS, M.E. Começo de Tudo. *In*: SILVA, C.R. da (ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. cap. 1, p. 11-20.

ANEXO I ESTRUTURAÇÃO DO COD-REG (REGOLITO)

COD_REG	REGOLITO	NOME
Água	Água	Água
T	Tálus	Depósito de gravidade
T-Co	Depósitos com predomínio de tálus e colúvio subordinado	Depósito de gravidade
Co-T	Depósitos com predomínio de colúvio e tálus subordinado.	Depósito de gravidade
Co	Colúvio	Depósito de gravidade
Al-Co	Depósitos de alúvio-colúvio Interdigitados	Depósitos mistos aluvio-coluvionares
Ld	Leques detriticos	Depósitos aluvionares
Dpac	Depósitos de planícies de inundação (em médio e alto curso-alta energia)	Depósitos aluvionares
Dpbc	Depósitos de planícies de inundação(em baixo curso-baixa energia)	Depósitos aluvionares
Dt	Depósitos de terraços	Depósitos aluvionares
Dmar	Depósitos arenosos em cordões e terraços (recentes)	Depósitos marinhos
Dmara	Depósitos de cordões litorâneos antigos	Depósitos marinhos e eólicos
Ddf	Dunas fixas	Depósitos eólicos
Ddm	Dunas móveis	Depósitos eólicos
Dla	Lençóis de areia	Depósitos eólicos
Dfm	Depósitos argilo-arenosos em planícies litorâneas	Depósitos fluviomarinhos
Dm	Depósitos de Mangue	Depósitos fluviomarinhos
Dms	Depósitos de pântanos salinos	Depósitos fluviomarinhos
Dml	Depósitos de planície de maré lamosa	Depósitos fluviomarinhos
Dfl	Depósitos argilo-arenosos	Depósitos fluviolagunares
Dflo	Depósitos argilosos orgânicos (Incluindo turfas)	Depósitos fluviolagunares
Dflot	Turfeiras	Depósitos fluviolagunares
Dflc	Depósitos argilo-arenosos	Depósitos fluviolacustres
Dflco	Depósitos argilosos orgânicos (incluindo turfas)	Depósitos fluviolacustres
Sl	Solo (solum)	Horizonte pedogenético
Plt	Completas ou crostas lateríticas	Crosta lateríticas

Pli	Truncadas (não formadas ou erodidas)	Crostas lateríticas truncadas
Spm	Horizonte mosqueado	Horizonte intempérico
Ssp	Solo saprolítico	Horizonte intempérico
Sp	Saprólito	Horizonte intempérico
Plt-Spm-Ssp-Sp	Crostas lateríticas- horizonte mosqueado-saprólito	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
SI-Plt-Spm-Ssp-Sp	Solo-crostas lateríticas- horizonte mosqueado-saprólito	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Co- SI-Plt-Spm-Ssp-Sp	Colúvio – solo - crostas lateríticas - horizonte mosqueado-saprólito	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
COD_REG	REGOLITO	NOME
SI-Plt	<ul style="list-style-type: none"> Solo- Crostas lateríticas 	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Co-SI-Plt	<ul style="list-style-type: none"> Colúvio - Solo - Crostas lateríticas 	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Plt-Spm	<ul style="list-style-type: none"> Crostas lateríticas- Horizonte mosqueado 	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
SI-Plt-Spm	<ul style="list-style-type: none"> Solo - Crostas lateríticas - Horizonte mosqueado 	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Co-SI-Plt-Spm	<ul style="list-style-type: none"> Colúvio - solo - Crostas lateríticas - Horizonte mosqueado 	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Plt-Spm-Ssp	<ul style="list-style-type: none"> Crosta - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico 	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
SI-Plt-Spm-Ssp	Solo - Crostas lateríticas- Horizonte mosqueado - Solo saprolítico	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Co-SI-Plt-Spm-Ssp	Colúvio - Crostas lateríticas - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Plt-Ssp	Crostas lateríticas - Solo saprolítico	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
SI-Plt-Ssp	Solo - Crostas lateríticas - Solo saprolítico	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Co-SI-Plt-Ssp	Colúvio – Solo - Crostas lateríticas - Solo saprolítico	Crostas lateríticas - perfil de intemperismo
Spm-Ssp-Sp	Horizonte mosqueado - Solo saprolítico - saprólito	Perfil Intempérico
SI-Spm-Ssp-Sp	Solo - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico -saprólito	Perfil intempérico
Co-Spm-Ssp-Sp	Colúvio – Solo - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico -	Perfil intempérico

	Saprólito	
Spm-Ssp	Horizonte mosqueado - Solo saprolítico	Perfil intempérico
SI-Spm-Ssp	Solo - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico	Perfil intempérico
Co-SI-Spm-Ssp	Colúvio – Solo - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico	Perfil intempérico
Ssp-Sp	Solo saprolítico - Saprólito	Perfil intempérico
SI-Ssp-Sp	Solo - Solo saprolítico - Saprólito	Perfil intempérico
Co-SI-Ssp-Sp	Colúvio – Solo - Solo saprolítico - Saprólito	Perfil intempérico
Spm-Sp	Horizonte mosqueado - Saprólito	Perfil intempérico
COD_REG	REGOLITO	NOME
SI-Spm-Sp	Solo - Horizonte mosqueado - Saprólito	Perfil intempérico
Co-SI-Spm-Sp	Colúvio – Solo - Horizonte mosqueado - Saprólito	Perfil intempérico
Pli-Spm-Ssp-Sp	Truncada - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico - Saprólito	Perfil intempérico
SI-Pli-Spm-Ssp-Sp	Solo – Truncada - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico - Saprólito	Perfil intempérico
Co-Pli-Spm-Ssp-Sp	Colúvio – Solo – Truncada - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico - Saprólito	Perfil intempérico
Pli-Spm-Ssp	Truncada - Horizonte mosqueado - Solo Saprolítico	Perfil intempérico
SI-Pli-Spm-Ssp	Solo – Truncada - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico	Perfil intempérico
Co-Pli-Spm-Ssp	Colúvio – Truncada - Horizonte mosqueado - Solo saprolítico	Perfil intempérico
Pli-Sp	Truncada - Saprólito	Perfil intempérico
SI-Pli-Sp	Solo – Truncada - Saprolito	Perfil intempérico
Co-SI-Pli-Sp	Colúvio – Solo - Truncada - Saprolito	Perfil intempérico
Co-Sp	Colúvio - Saprolito	Perfil intempérico
SI-Sp	Solo - Saprolito	Perfil intempérico
Rec	Recifes de arenito	Recifes

Anexo II - Legenda resumida do mapa Geodiversidade da Ilha do Maranhão

Unidades Geológico-Ambientais	Padrões de Relevo	Formações Superficiais/ Perfil Intempérico	Adequabilidades/Potencialidades	Limitações
DCa_Dpac – Ambiente de planícies aluvionares recentes	Planície de inundação	Depósitos de Planícies de inundação	Terrenos planos constituídos por sedimentos inconsolidados, facilmente escaváveis. Aquíferos superficiais livres e rasos, de baixo custo para exploração. Solos de boa fertilidade natural (Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos) adequados ao plantio de culturas de várzea. Favorabilidade para exploração de areia e argila para construção civil e uso industrial. Alto potencial geoturístico associado à presença de rios, e vegetação com beleza cênica.	Áreas com alta suscetibilidade a inundação, onde deve ser evitada urbanização, obras viárias ou disposição de resíduos sólidos. Terrenos mal drenados com baixa capacidade de suporte. Unidade com lençol freático muito próximo à superfície, com alta vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea. Restrições ao fomento da atividade mineral devido à Legislação Ambiental, tendo em vista que margens de rios e matas ciliares são Áreas de Proteção Permanentes.
Ambiente misto (marinho/continental)	Planície fluviomarinha e planície lamosa	Depósitos argilosos e siltico-arenosos	Terrenos cobertos por vegetação que fixam sedimentos, e dificultam a erosão costeira. Ambiente caracterizado como criadouro e abrigo de várias espécies de fauna aquática e terrestre, constituindo regiões importantes para o equilíbrio ecológico, com alto potencial socioeconômico relacionado à pesca sustentável de mariscos e crustáceos e alto potencial para atividades de ecoturismo.	Relevo plano, muito mal drenado, com alta suscetibilidade a inundação, constituído por material com baixa capacidade de suporte e altamente compressível. Unidade não aquífera, devido a sua composição argilosa, permeabilidade muito baixa, além de apresentar águas salobras, sendo inadequadas para o consumo. Ambiente pouquíssimo explorado pela agricultura, devido o alto conteúdo de sais.
DCmc_Dmar Ambiente marinho costeiro	Planície marinha	Depósitos arenosos	Planícies marinhas sustentadas por material inconsolidado, facilmente escavável, com baixa resistência ao corte e à penetração e boa capacidade de suporte. Aquífero Litorâneo, de boa permeabilidade, mas com potencial hidrogeológico muito baixo, em decorrência de	Unidade com camadas arenosas, inconsolidadas, com depósitos de areia muito friável, sujeitos ao fenômeno da liquefação, apresentando uma alta suscetibilidade à erosão costeira. Unidade com restrições para exploração mineral, devido a danos ambientais, como por exemplo,

			água salgada, associada às cunhas salinas. Áreas com alto potencial geoturístico associadas às praias.	aumento da erosão, que já ocorre naturalmente pelas ondas do mar.
DCEm_Ddm Dunas móveis	Dunas móveis	Dunas móveis Areia fina a média	Material facilmente escavável, com baixa resistência ao corte e à penetração. Aquífero Eólico, com potencial hidrogeológico muito baixo a moderado, em decorrência de pequenas espessuras saturadas. Constituem área de recarga para a unidade geológica subjacente e, portanto, não deve ser permeabilizado e compactado. Grande potencial geoturístico, devido a grande beleza cênica e a associação com outros ambientes costeiros.	Aquífero com vulnerabilidade natural a contaminação média a alta em função da sua forma de ocorrência livre, e nível freático próximo à superfície. Áreas mais próximas ao litoral podem apresentar aquíferos influenciados pela cunha salina, principalmente se houver bombeamento excessivo de poços. Terreno com alta fragilidade ambiental, com restrições ao fomento de atividades mineral, onde a legislação ambiental vigente considera como Área de Preservação Permanente-APP.
DCEf_Ddf Dunas fixas	Dunas fixas	Dunas fixas Areia fina a média		
DCT_SI-Plt-Spm - Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa	Tabuleiros e tabuleiros dissecados	Material sedimentar de textura arenosa, areno-argilosa, argilo-arenosa, associado à crosta laterítica.	Terrenos planos a suavemente ondulados com alta capacidade de suporte, boa escavabilidade, baixa resistência ao corte e à penetração e baixa suscetibilidade a movimentos de massa. Potencial para exploração de areia, saibro e argila para construção civil. Solos profundos e bem drenados, favoráveis à agricultura mecanizável. Falésias junto à linha de costa representam feições com grande beleza cênica, com potencial para turismo científico.	Sedimentos estratificados podendo apresentar fácies mais impermeáveis ou suscetíveis à erosão. Aquíferos de baixa produtividade e de baixa qualidade devido à lenta circulação da água subterrânea (águas ferruginosas). Com moderada a alta vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos livres. Solos pobres e lixiviados, de baixa fertilidade natural.
DSVMPasaf_Pi i-SpmSsp-Sp	Tabuleiros dissecados	Intercalações de camadas arenosas, argilo-siltosas e lâminas de argila, intensamente intemperizadas, formando um	Terreno suave ondulado, sustentado por solos profundos e bem drenados, com grau de resistência branda para escavação e perfuração, com boas condições para implantação de obras de infraestrutura e agricultura mecanizada, isto quando retirado o nível concrecionário. Presença de concreções ferruginosas e cascalho laterítico	Relevo, com declividades razoavelmente elevadas, onde as bordas dos tabuleiros apresentam alta suscetibilidade movimento de massa e quando localizado na zona litorânea está sujeito às ondas e marés, com alta suscetibilidade à erosão costeira. A presença de horizonte concrecionário oferece resistência ao serem escavados e perfurados por

<p>Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos</p>		<p>perfil laterítico truncando (saprolito, mosqueado e horizonte concrecionário), sem presença de crosta laterítica preservada</p>	<p>com alto potencial para uso em obras de infraestrutura e como piçarra na construção civil. Assim como existência de espessas camadas de arenito intercaladas com argilito, com alto potencial para exploração de areia e argila. Aquífero com potencial hidrogeológico moderado a alto e vulnerabilidade natural insignificante a baixa.</p>	<p>processos de sondagens. Mas a retirada desse nível laterítico, possibilita que o material sedimentar subjacente fique exposto aos agentes erosivos. Solos de baixa fertilidade natural, lixiviados, ácidos, laterizados e pedregosos, onde a camada com concreções e cascalho laterítico precisa ser retirada para que haja mecanização e assim poder crescer raízes.</p>
----------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------