

9 de Abril de 2025



CAPACITAÇÃO EM PERCEPÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Cartas de Suscetibilidade





CONCEITOS - definições

Suscetibilidade, o que é?

Propensão natural dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico, **sem levar em conta a variável temporal e de recorrência**. (CPRM; IPT, 2014).

Cartas de Suscetibilidade, o que são?

As cartas de suscetibilidade são **documentos cartográficos que representam a possibilidade de ocorrência de um determinado evento**, que no caso deste projeto está relacionado à ocorrência de **movimentos gravitacionais de massa e processos hidrológicos**, frequentemente associados a desastres naturais ocorridos no país, em municípios priorizados pelo Governo Federal.





CONCEITOS – elaboração e objetivos

Como são feitas?

O levantamento consiste numa **modelagem matemática feita em escritório**, a qual posteriormente é **validada em trabalho de campo** por uma equipe de pesquisadores que percorre toda a extensão do município. As áreas são **classificadas em alta, média e baixa** suscetibilidade a movimentos de massa e inundações. Após o retorno, são feitas as **correções** e o **layout** da carta é montado.

Para que servem?

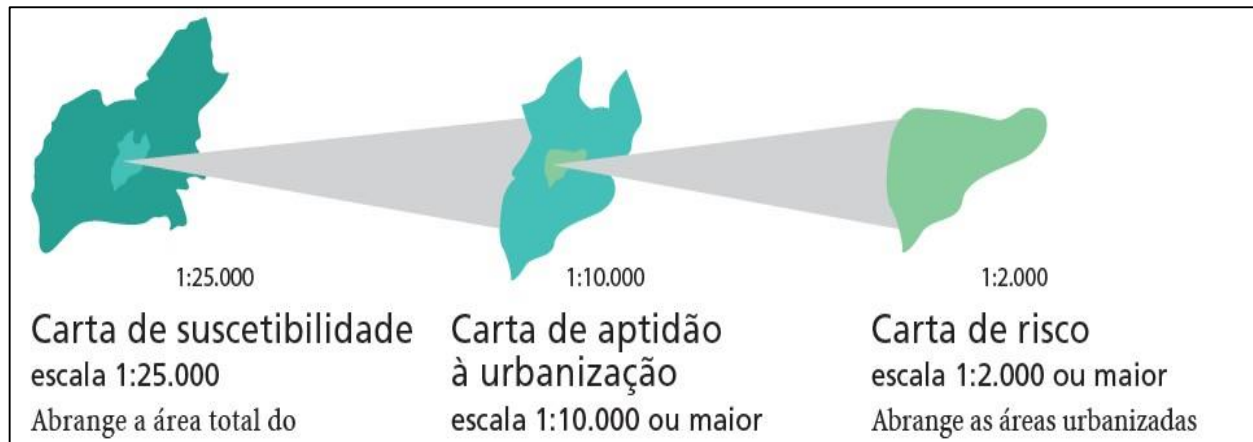
Ações de prevenção integradas às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente.

Insumos para outros produtos*.





CONCEITOS - escalas



De modo geral, a escala de trabalho é de **1:25.000**. Em regiões como a Amazônia, a escala é de 1:50.000, em virtude da escassez de dados compatíveis e a grande dimensão dos municípios.





ETAPAS



Pré-campo

Planejamento,
Elaboração da base
cartográfica, relevo,
identificação das
feições e modelagem
dos temas



Atividade de
campo

Validação dos
dados em loco



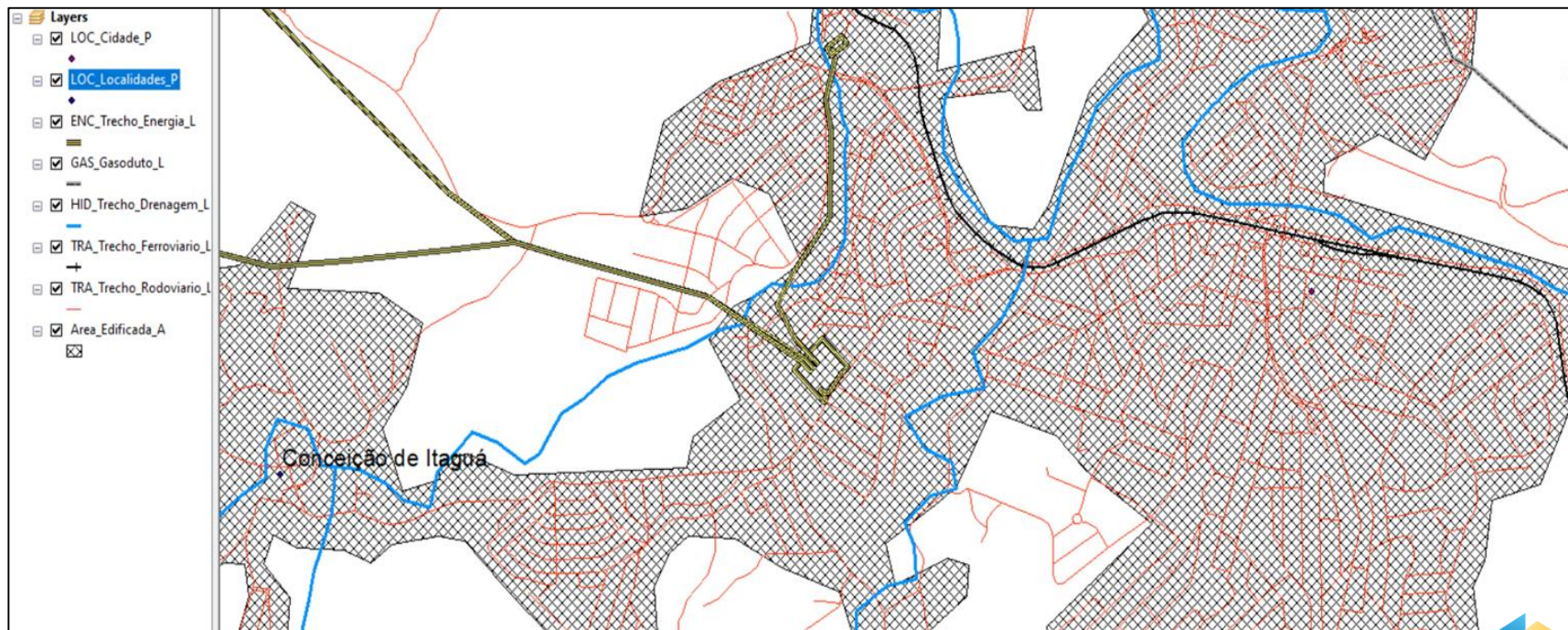
Pós-campo

Correções e
layout da carta.
Publicação





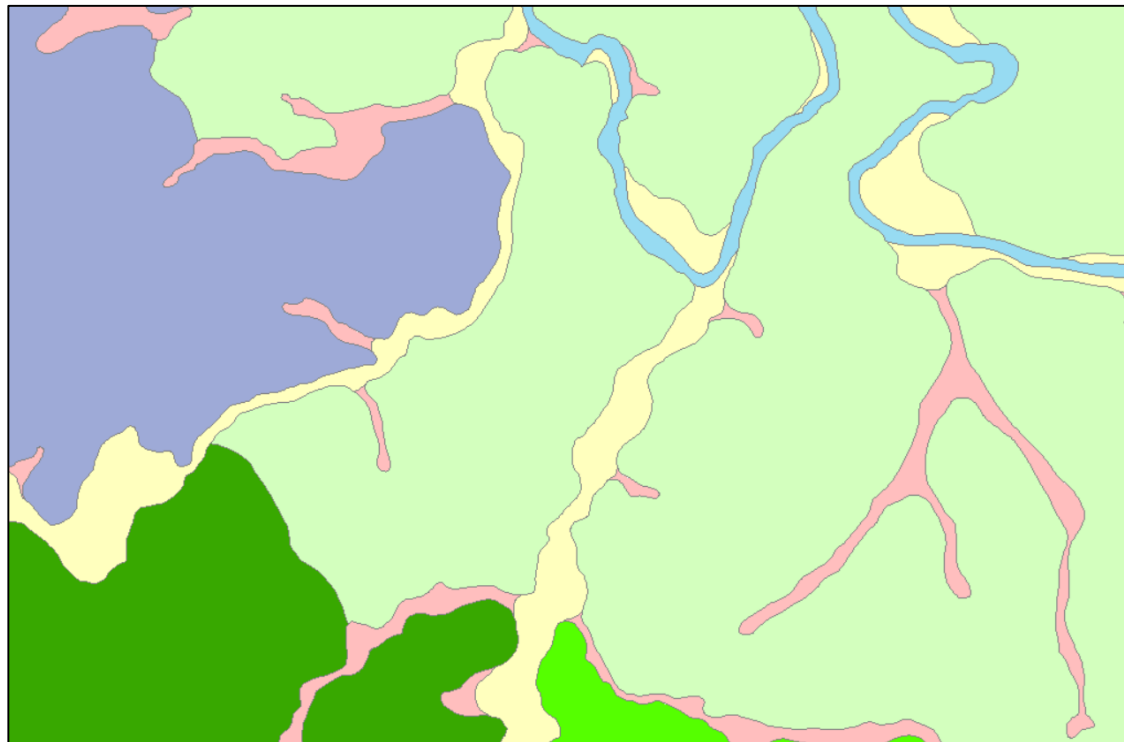
PRÉ-CAMPO – base cartográfica





PRÉ-CAMPO – relevo

Biblioteca de
Padrões de
Relevo

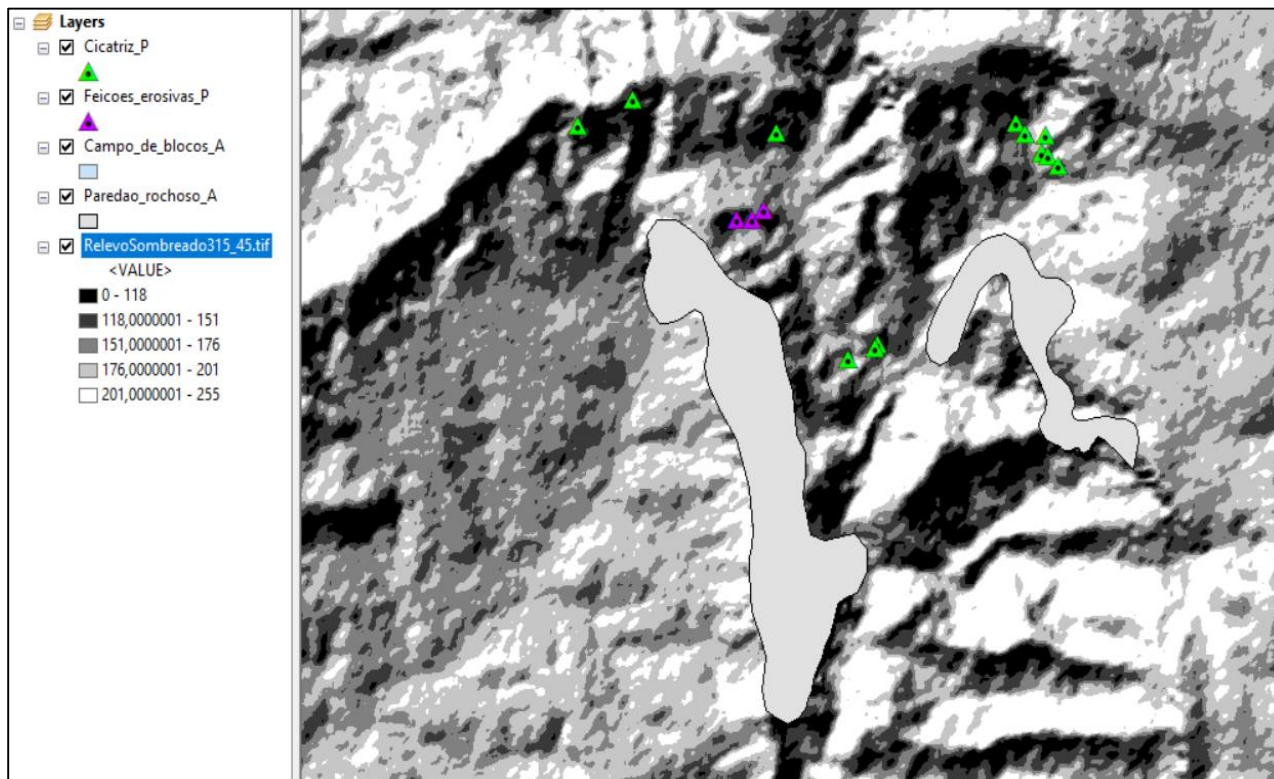


- ☒ Padrões_de_Relevo_A
- PADRAO
- Água
 - Planícies de Inundação (várzeas)
 - Rampas de Alúvio-Colúvio
 - Rampas de Colúvio/ Depósito de Tálus
 - Colinas
 - Morros baixos
 - Morros altos
 - Domínio Serrano
 - Escarpas de borda de planalto
 - Altos Platôs
 - Formações Tecnogênicas (terrenos alterados pela atividade de mineração)





PRÉ-CAMPO – feições

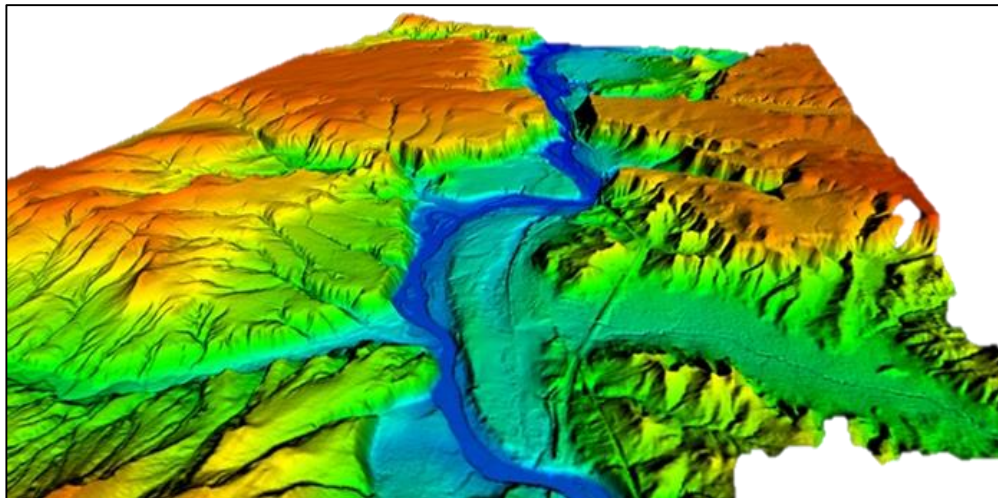


Nessa fase, as feições são cartografadas por fotointerpretação.





PRÉ-CAMPO – modelagem



As cartas de suscetibilidade são baseadas em **modelagens matemáticas computacionais**, que usam como insumo básico o **Modelo Digital de Elevação (MDE)**, para simplificar a **forma do terreno** e seus **processos** ocorrentes dentro de um espaço cartografado.

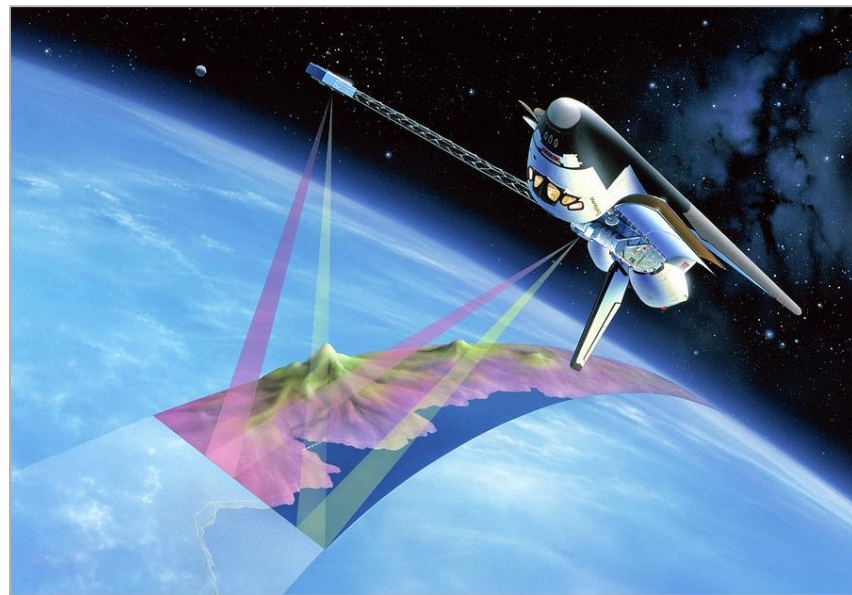




PRÉ-CAMPO – Modelo Digital de Elevação

O Modelo Digital de Elevação, ou MDE, é um conjunto de dados **geoespaciais** que representam a superfície e o terreno da Terra em três dimensões.

Existem dois tipos de modelos derivados dos MDE's, o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS).



Fonte: Adenilson Giovanini

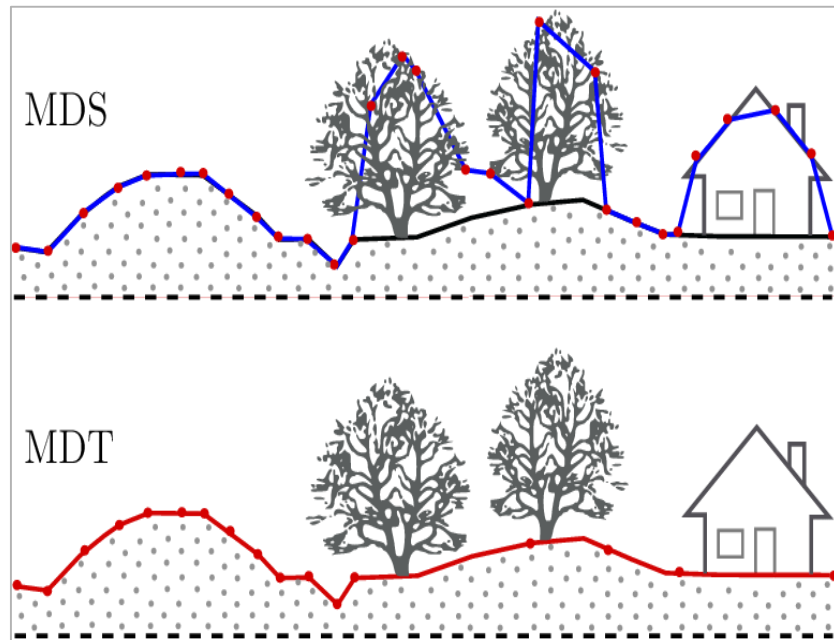




PRÉ-CAMPO – Modelo Digital de Elevação

O **MDT** ou Modelo Digital de Terreno inclui valores de X, Y e Z apenas para o **solo**. Os recursos de vegetação e construção foram retirados digitalmente do conjunto de dados do MDT.

O **MDS**, por outro lado, contém **todas as elevações**, seja da superfície do solo, **vegetação** ou **estruturas artificiais**.



Fonte: André Carrilho

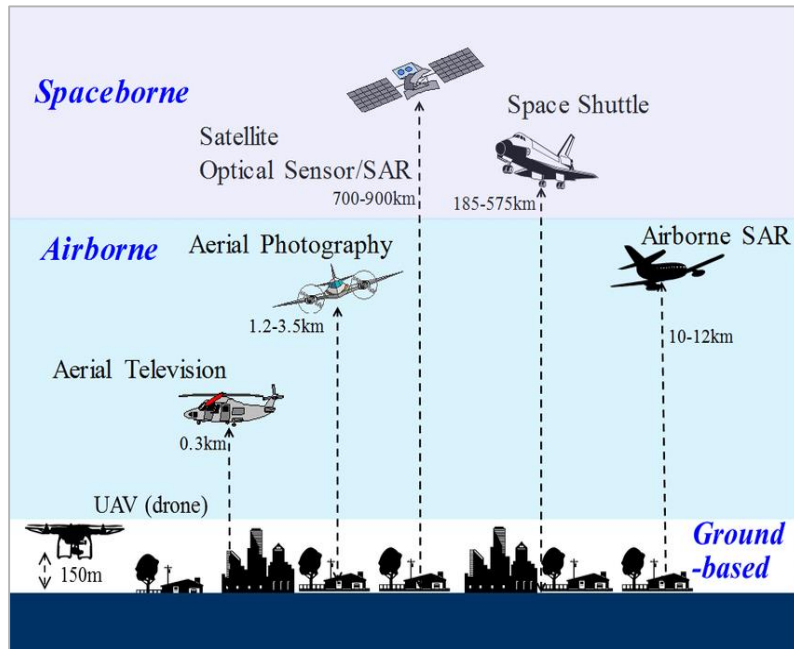




PRÉ-CAMPO – Modelo Digital de Elevação

Utilizam-se três tipos de sensores digitais que coletam dados usados para derivar medições de elevação: o **sensor de imagem óptica**, o **sensor de radar de abertura sintética (RAS)** ou **sensores de scanner a laser (LiDAR)**.

Os dados do LiDAR são mais frequentemente coletados por **aeronaves**, enquanto os sensores ópticos podem ser transportados por **satélites, aviões, helicópteros e drones**.



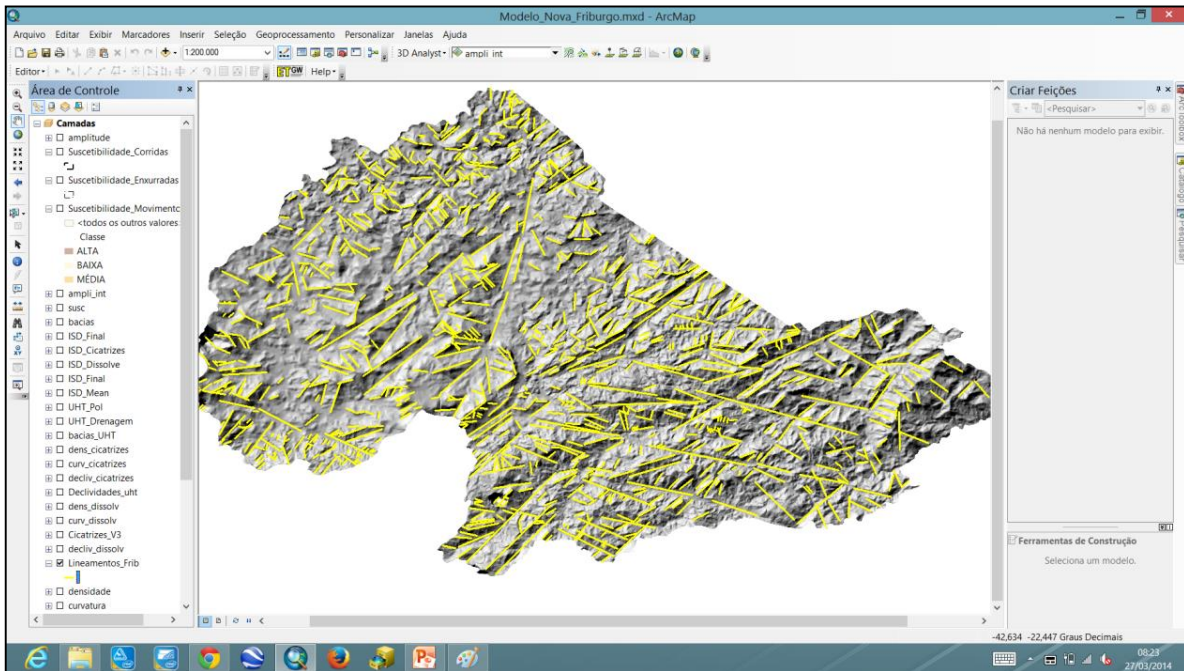
Fonte: MapScaping @byMapScaping





PRÉ-CAMPO – modelagem (movimentos gravitacionais de massa)

Traçado das feições primárias para o modelo

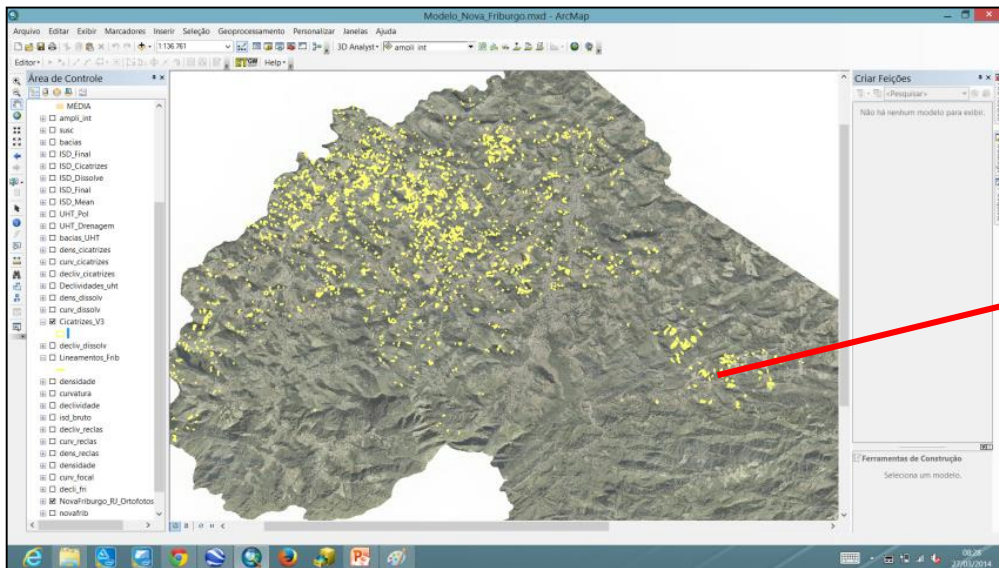


Traçado dos
lineamentos em
relevo sombreado.
(várias) direções de
iluminação)



PRÉ-CAMPO – modelagem (movimentos gravitacionais de massa)

Traçado das feições primárias para o modelo



Delimitação das **cicatrizes naturais** em **Ortofoto** + Imagens históricas onde houverem poucos dados. Delimitar apenas cicatrizes naturais, limitando-se a **área de ruptura**.

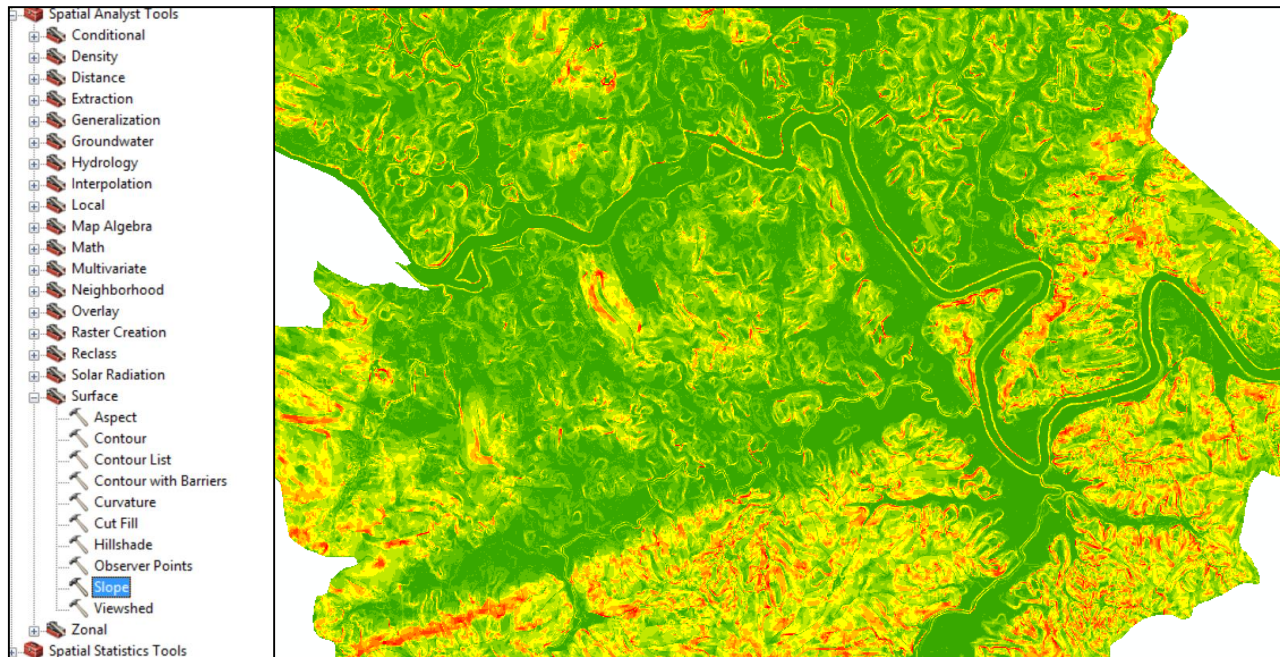




PRÉ-CAMPO – modelagem

(movimentos gravitacionais de massa)

Gerar a declividade através do **Slope**

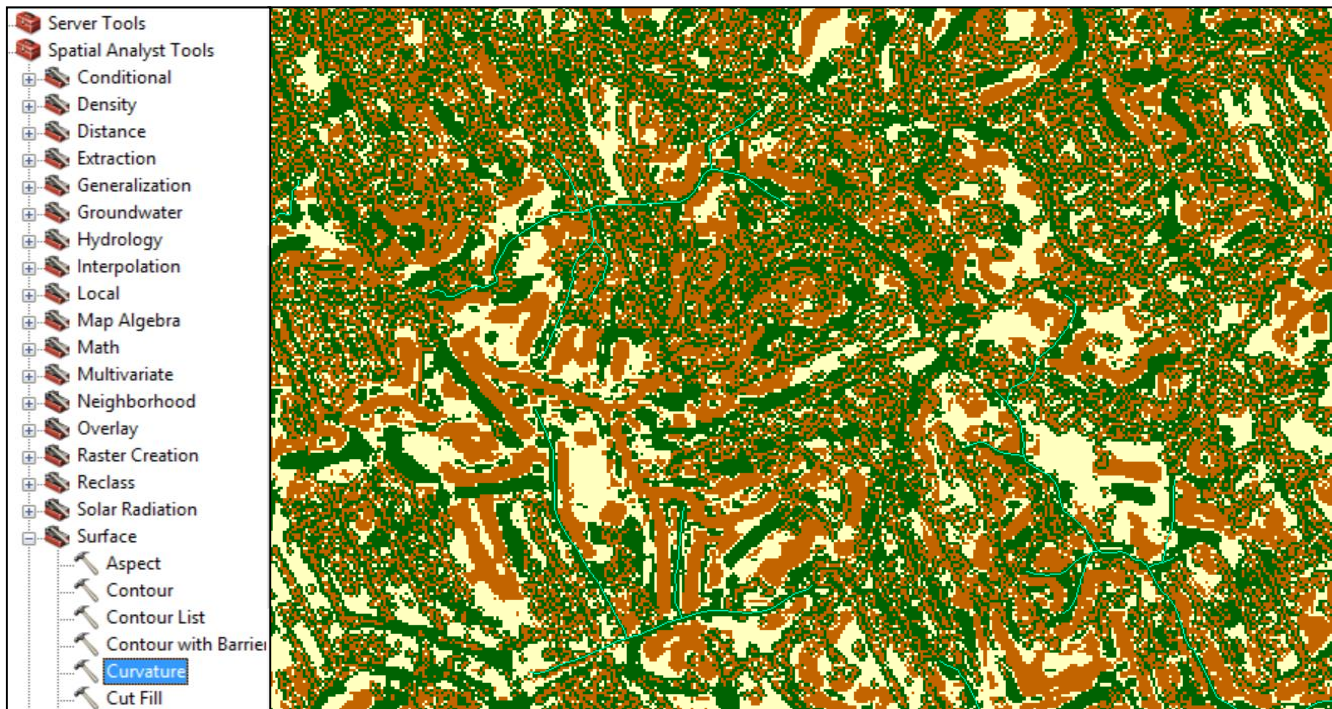




PRÉ-CAMPO – modelagem

(movimentos gravitacionais de massa)

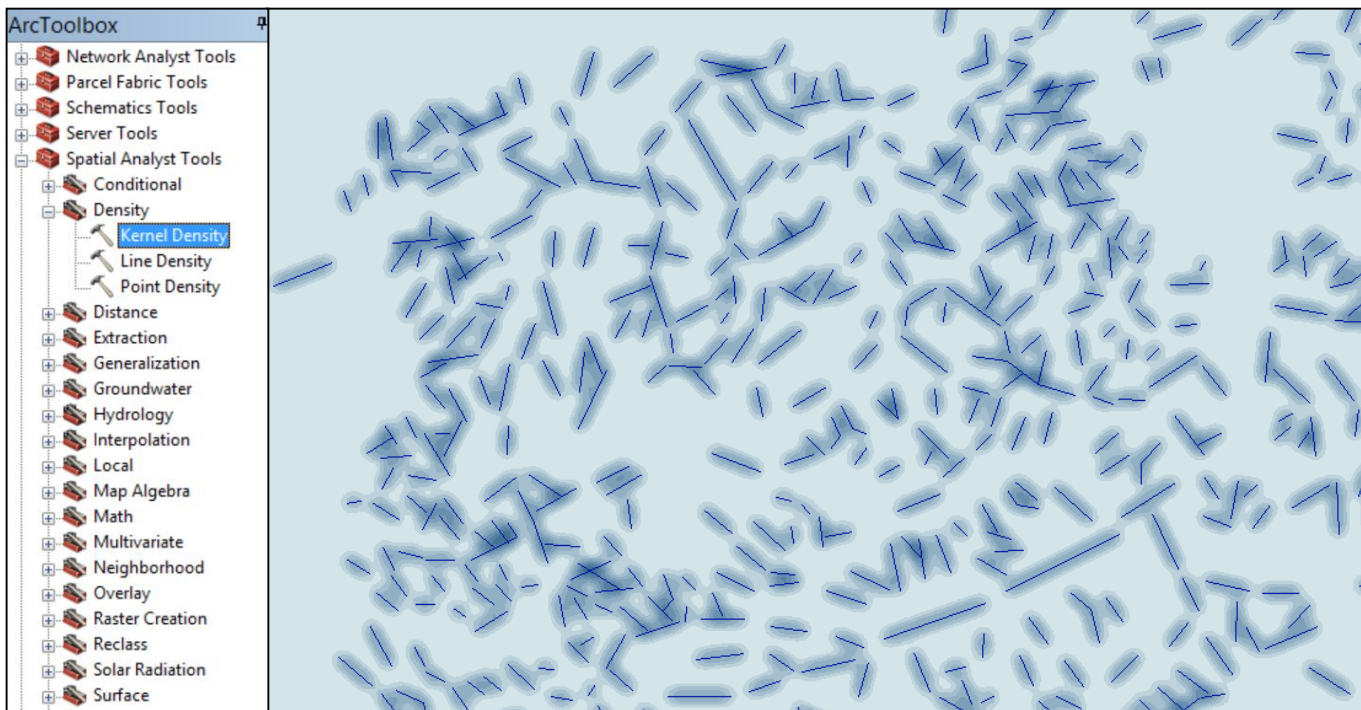
Gerar a curvatura através do **Curvature**



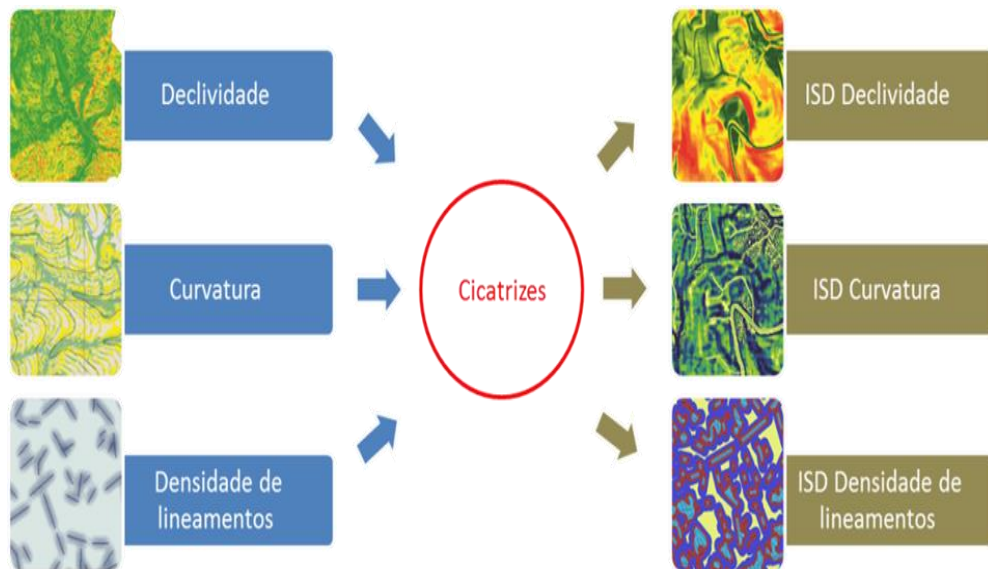


PRÉ-CAMPO – modelagem (movimentos gravitacionais de massa)

Gerar o mapa de Densidade de Lineamento através do comando **Curvature**



PRÉ-CAMPO – modelagem (movimentos gravitacionais de massa)



O **ISD total** é calculado a partir da **soma** do ISD de **cada feição**. Para calcular o ISD de cada feição é necessário seguir os seguintes passos:

- Calcular a área total de cada classe;
- Calcular a área de cada setor afetado por deslizamentos.





PRÉ-CAMPO – modelagem

(movimentos gravitacionais de massa)

ISD Declividade

+

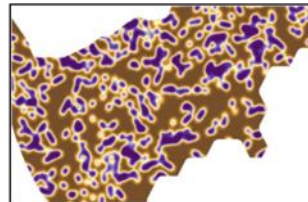
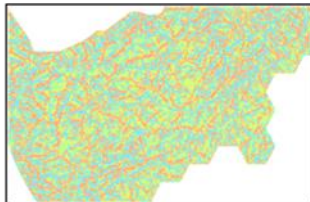
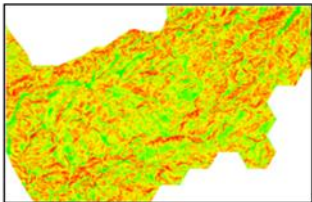
ISD Curvatura

+

ISD Dens. Lineamentos

=

Modelagem



Os índices são então “somados”, gerando a modelagem final.





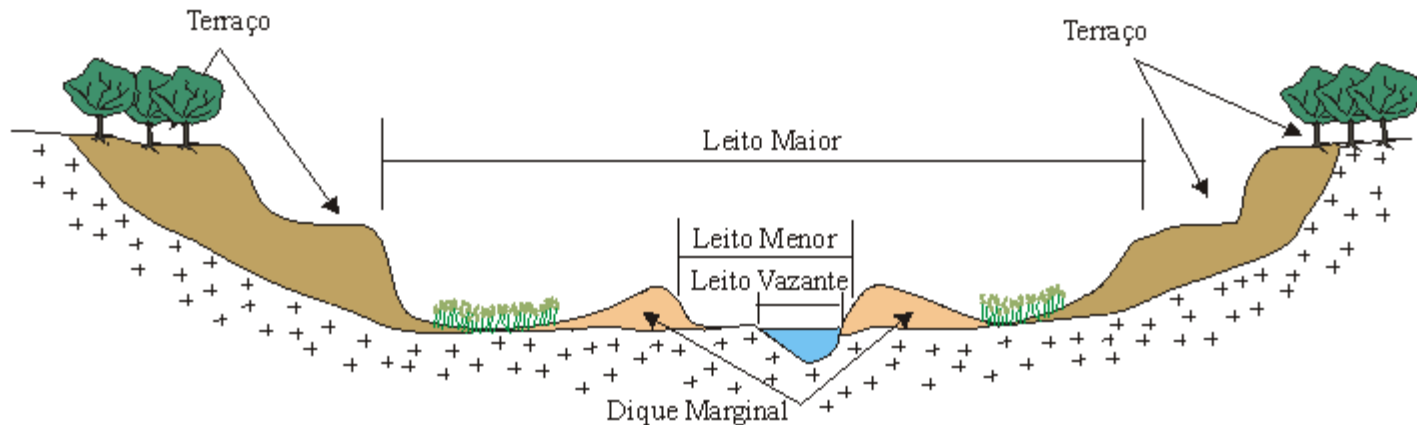
PRÉ-CAMPO – modelagem (inundações)





PRÉ-CAMPO – modelagem (inundações)

Padrões de relevo



As características naturais de cada forma de relevo apresentam uma maior ou menor propensão a inundações. **“Planícies são mais suscetíveis a inundações que os terraços fluviais”**, por exemplo.





PRÉ-CAMPO – modelagem (inundações)

Padrões de relevo

Padrões de relevo	Suscetibilidade	Atributo
Planícies de Inundação (várzeas)	Alta	3
Terraços Fluviais	Baixa	1
Terraços Lagunares	Baixa	1
Terraços Marinhos	Baixa	1
Baixadas Alúvio-Colúvionares	Média	2
Rampa de Alúvio-Colúvio	Média	2
Leques Aluviais	Média	2
Planícies Fluviomarinhas (mangues)	Alta	3
Planícies Fluviomarinhas (brejos)	Alta	3
Planícies Fluvioacustres (brejos)	Alta	3
Planícies Fluviodeltaicas (brejos)	Alta	3
Planícies Lagunares (brejos)	Alta	3
Planícies Costeiras (restingas)	Baixa	1
Recifes	Alta	3
Depósitos tecnogênicos (aterros sobre corpos d'água)	Baixa	1

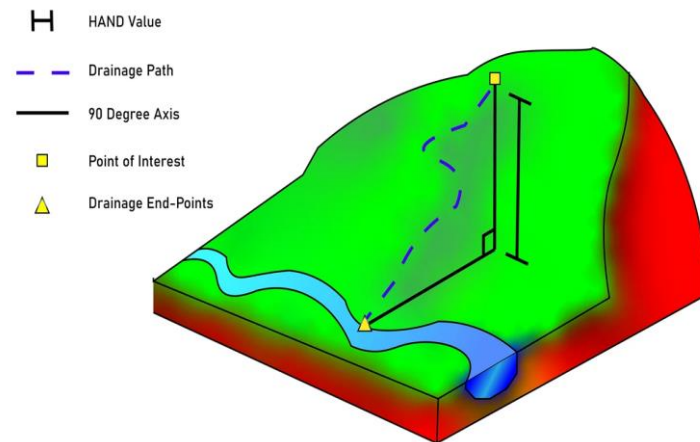
Com base nos mapeamentos se suscetibilidade já realizados e nos trabalho de DANTAS E MAIA (2010), DANTAS (2013), DANTAS E TEIXEIRA (2013) e DANTAS et al. (2014), os padrões de relevo foram classificados de acordo com a sua propensão a inundação, em **classes alta, média e baixa**



HAND - Height Above Nearest Drainage

Ou “distância vertical à drenagem mais próxima”. É um **algoritmo** que calcula a distância vertical de cada ponto do MDE, à drenagem mais próxima. Ou seja, calcula o **desnível do terreno em relação a drenagem**.

Desse modo, indica áreas suscetíveis a inundações pela análise dos desníveis topográficos e da proximidade relativa dos rios.



Fonte: Nobre et al (2011).



PRÉ-CAMPO – modelagem (inundações)

HAND - Height Above Nearest Drainage

HAND Classes procedure

Classifying HAND Topology

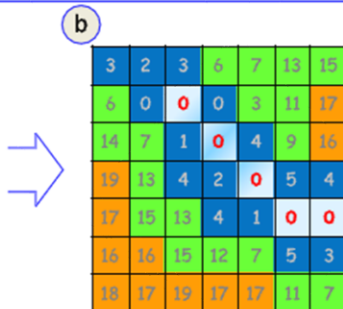
a

	j	3	2	3	6	7	13	15
i	6	0	0	0	0	3	11	17
	14	7	1	0	4	9	16	
	19	13	4	2	0	5	4	
	17	15	13	4	1	0	0	
	16	16	15	12	7	5	3	
	18	17	19	17	17	11	7	

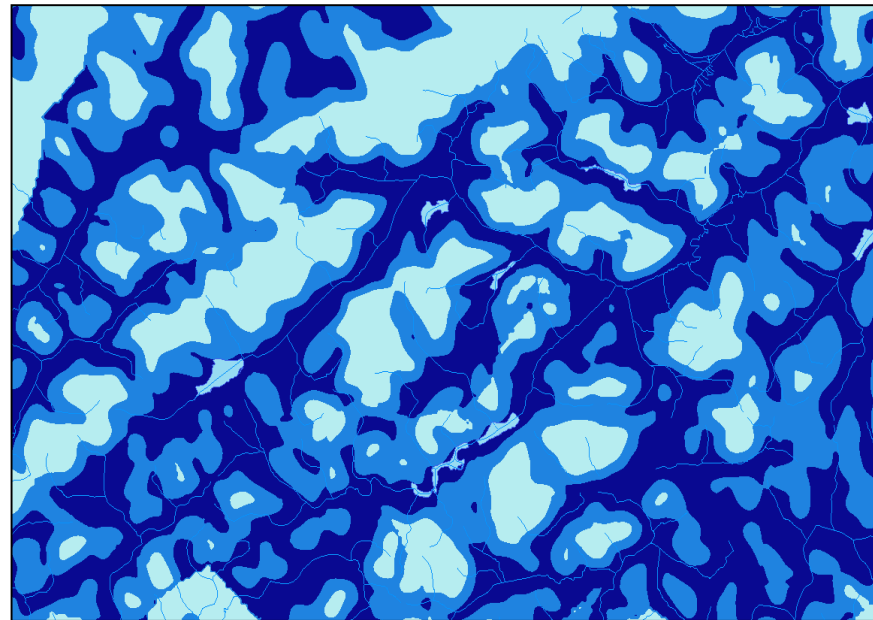
HAND Model

classification criteria

- 0 > HAND < 5 m [surface water table] Blue
- 5 > HAND < 15 m [shallow water table] Green
- HAND > 15 m [deep water table] Orange



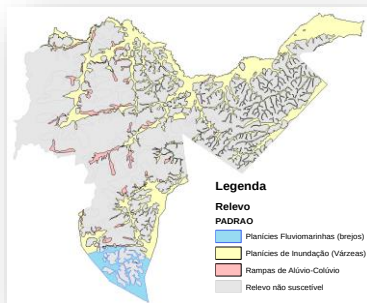
HAND Classes Map



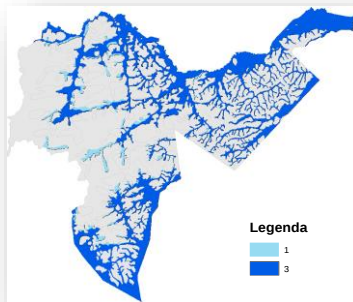


PRÉ-CAMPO – modelagem (inundações)

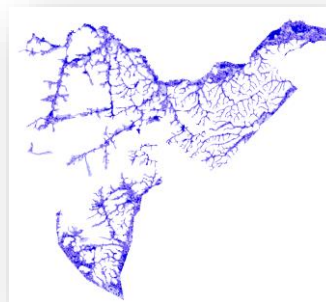
Modelo de áreas suscetíveis a inundação



Relevos
suscetíveis

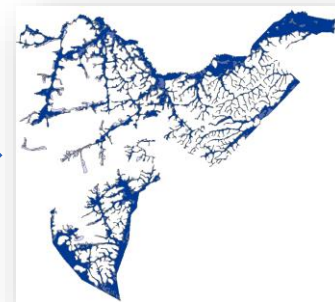


Classificação
dos Relevos
suscetíveis



Classificação
do HAND

Filtros



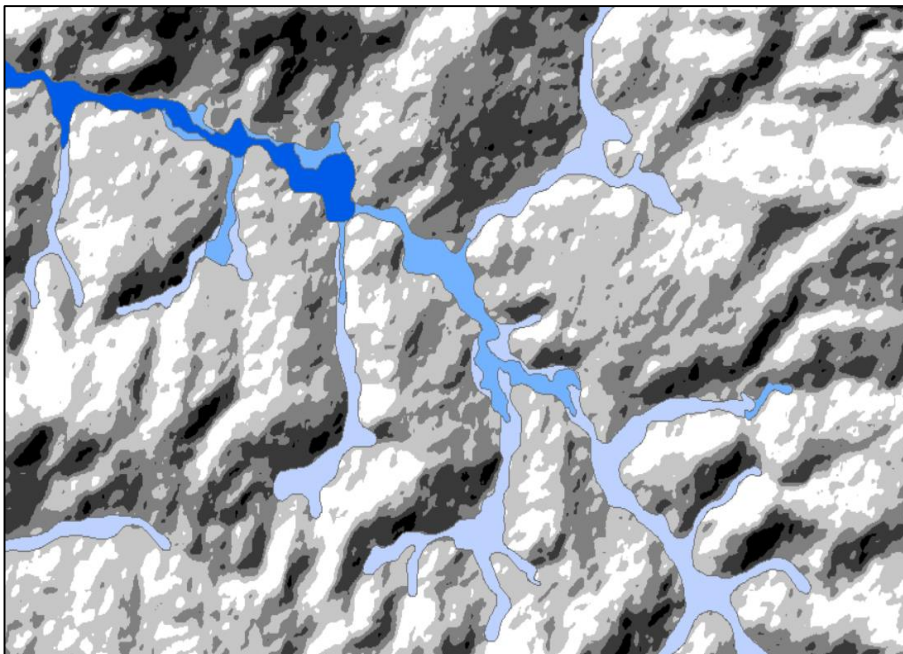
Modelo Final





PRÉ-CAMPO – modelagem (inundações)

Modelo de áreas suscetíveis a inundação

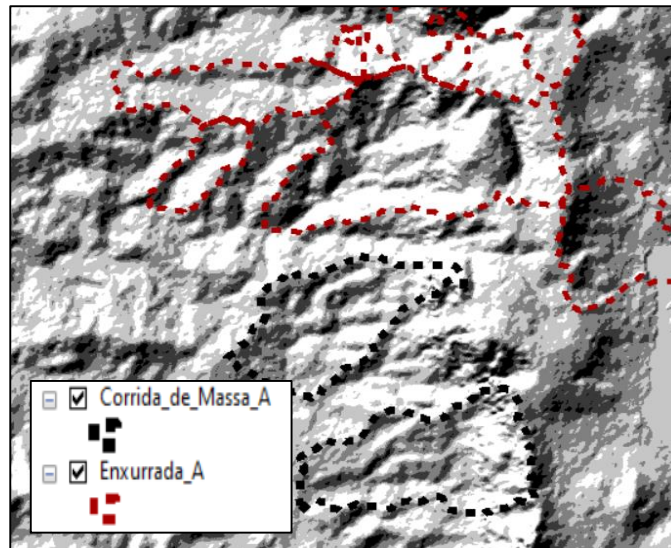
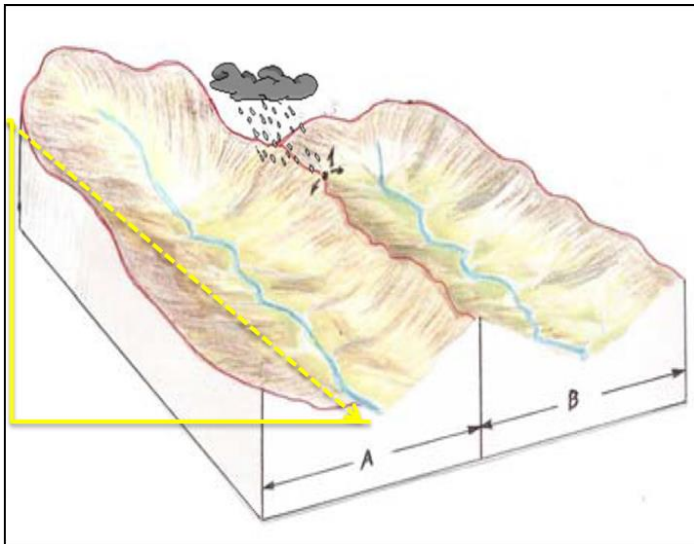


Índices Morfométricos \ Modelo HAND	Modelo HAND		
	Alta	Média	Baixa
Alta	Alta	Alta	Média
Média	Alta	Média	Baixa
Baixa	Média	Baixa	Baixa





PRÉ-CAMPO – modelagem (corrida de massa e enxurrada)



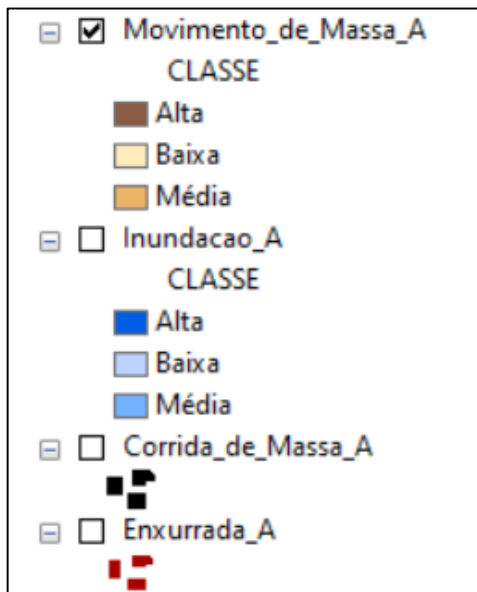
Corrida de massa - amplitudes maiores em 500 m; Área menor que 10 km²/ Índice de Melton.

Enxurrada – amplitudes maiores que 300 m; Área menor que 10 km².





PRÉ-CAMPO (modelagem)



CAMPO – validação

As equipes de mapeamento durante as **etapas de campo** serão responsáveis pelo registro (descrição e fotos) dos **pontos visitados** e farão os **ajustes** necessários nos **polígonos** delimitados nos **pré-mapas** pela modelagem espacial a partir da **checagem** e **observação em campo**. Durante as etapas de campo as equipes poderão levar além dos pré-mapas oriundos da modelagem, o mapa dos padrões de relevo, mapa geológico e de solo além das bases planimétricas disponíveis.



Mariana/MG - 2020



Óbidos/PA - 2014



Lajeado Grande/SC
2018



Fartura/SP - 2021

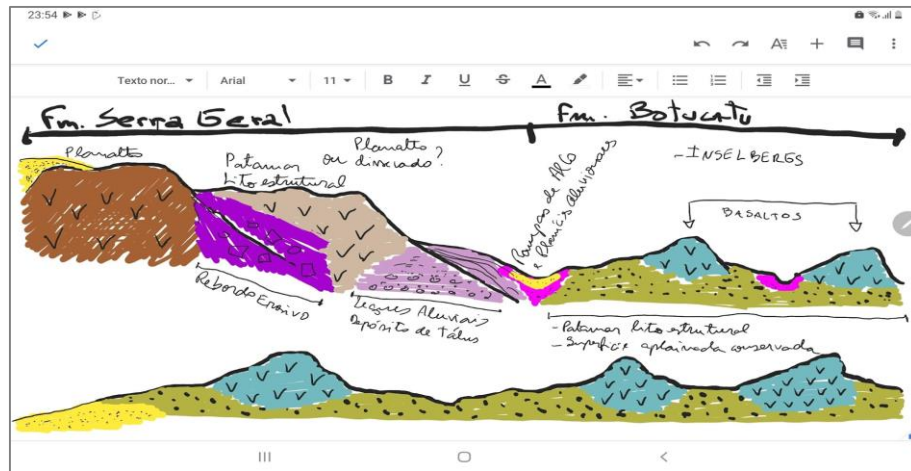
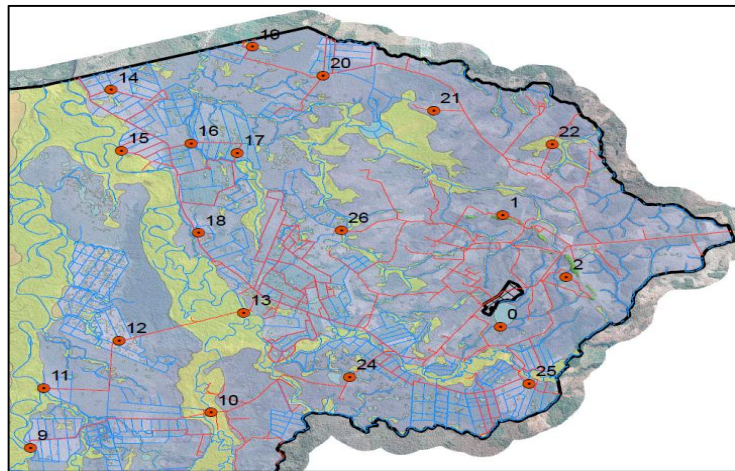


Natal/RN - 2022





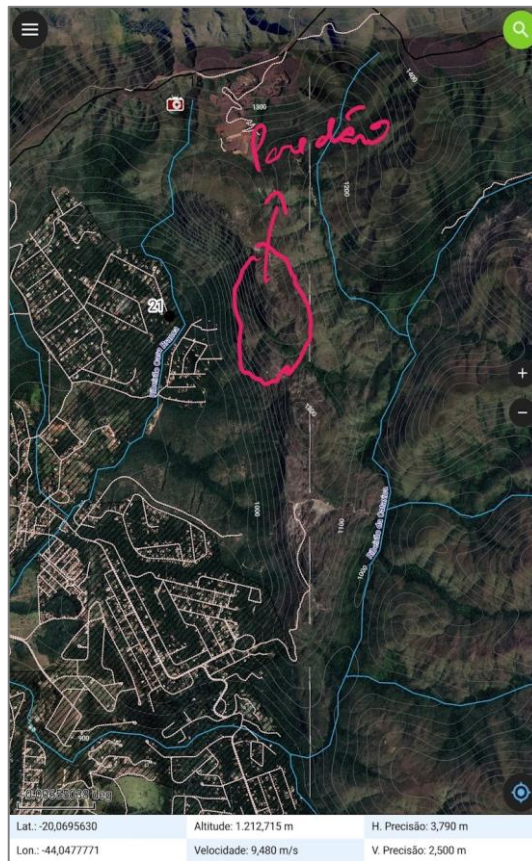
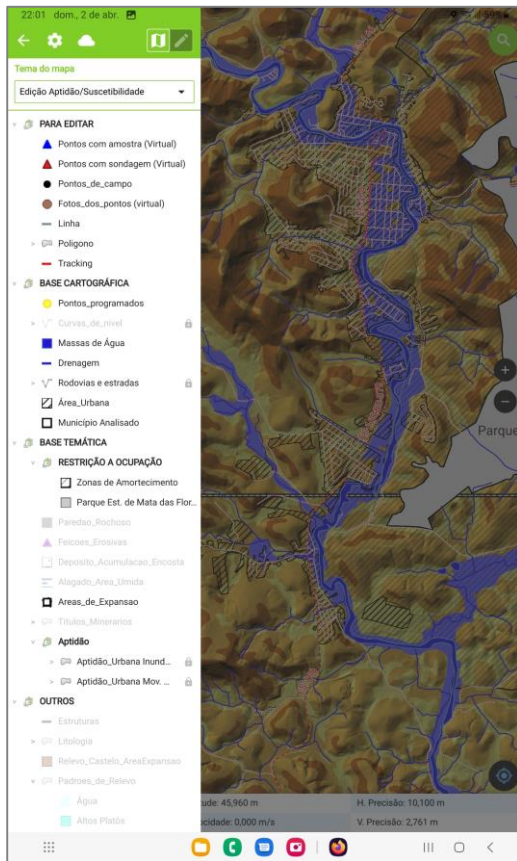
CAMPO – checagem por pontos



Nos trabalhos de campo, são **visitados diversos pontos**, os quais devem ser **representativos** do máximo de **combinações possíveis** entre as classes de **suscetibilidades, relevo, geologia e solos**, além das bacias de **enxurrada** e corridas de **massa** e nas feições já mapeadas e novas.



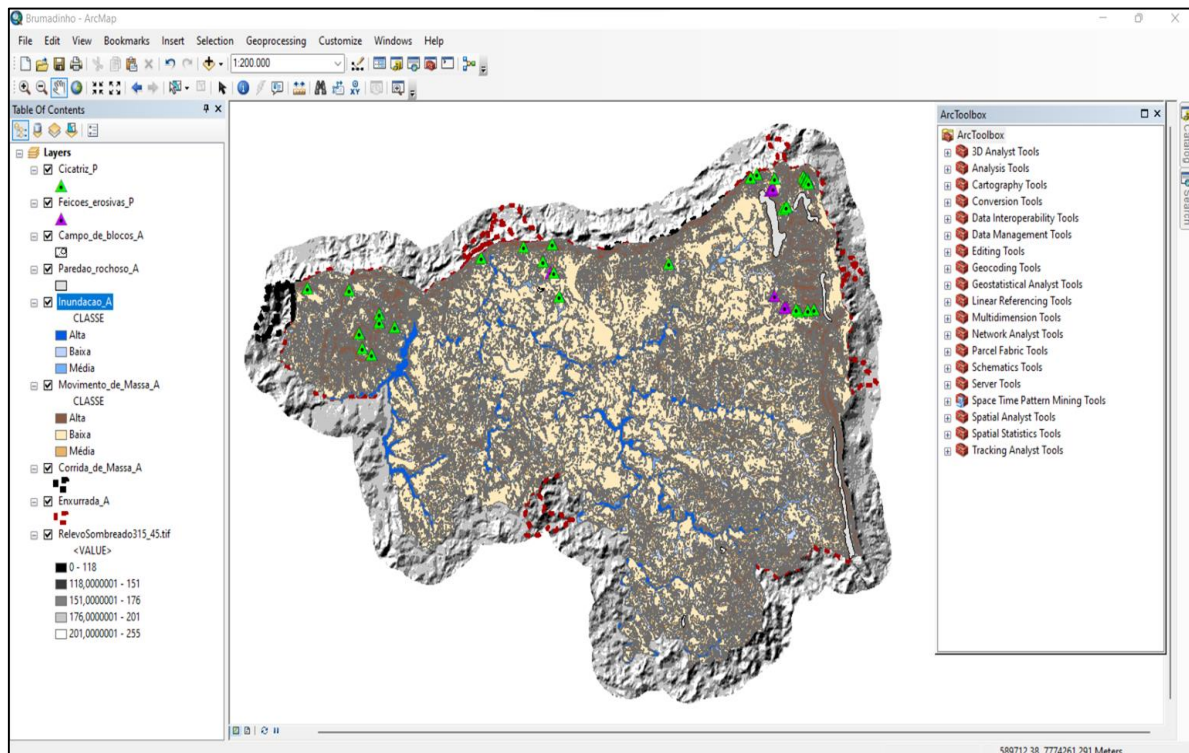
CAMPO – ferramentas



O **SGB** atualmente, executa **todos** seus trabalhos de campo vinculados ao **DEGET**, com o auxílio de tablets com **aplicativos de georreferenciamento** como o **Qfield**, o qual permite maior agilidade e praticidade na execução da etapa.



PÓS-CAMPO – CORREÇÕES

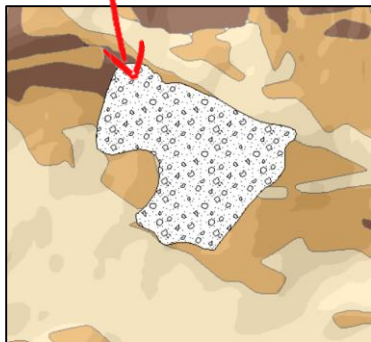
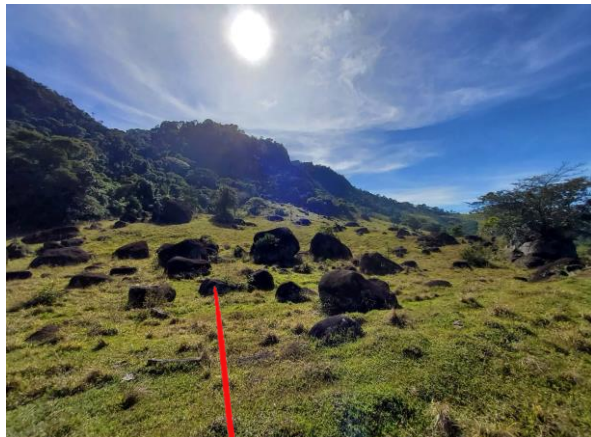


De volta ao escritório,
as **correções** dos
modelos são feitas de
forma manual em
ambiente SIG para
adequação à
realidade de campo.





PÓS-CAMPO – CORREÇÕES



Campo
de
blocos

Em escritório,
também são
adicionadas
novas feições
que foram
identificadas no
campo.

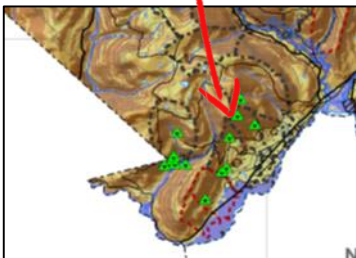


Paredão
rochoso





PÓS-CAMPO – CORREÇÕES



Cicatriz

Em escritório,
também são
adicionadas as
feições que foram
identificadas no
campo.

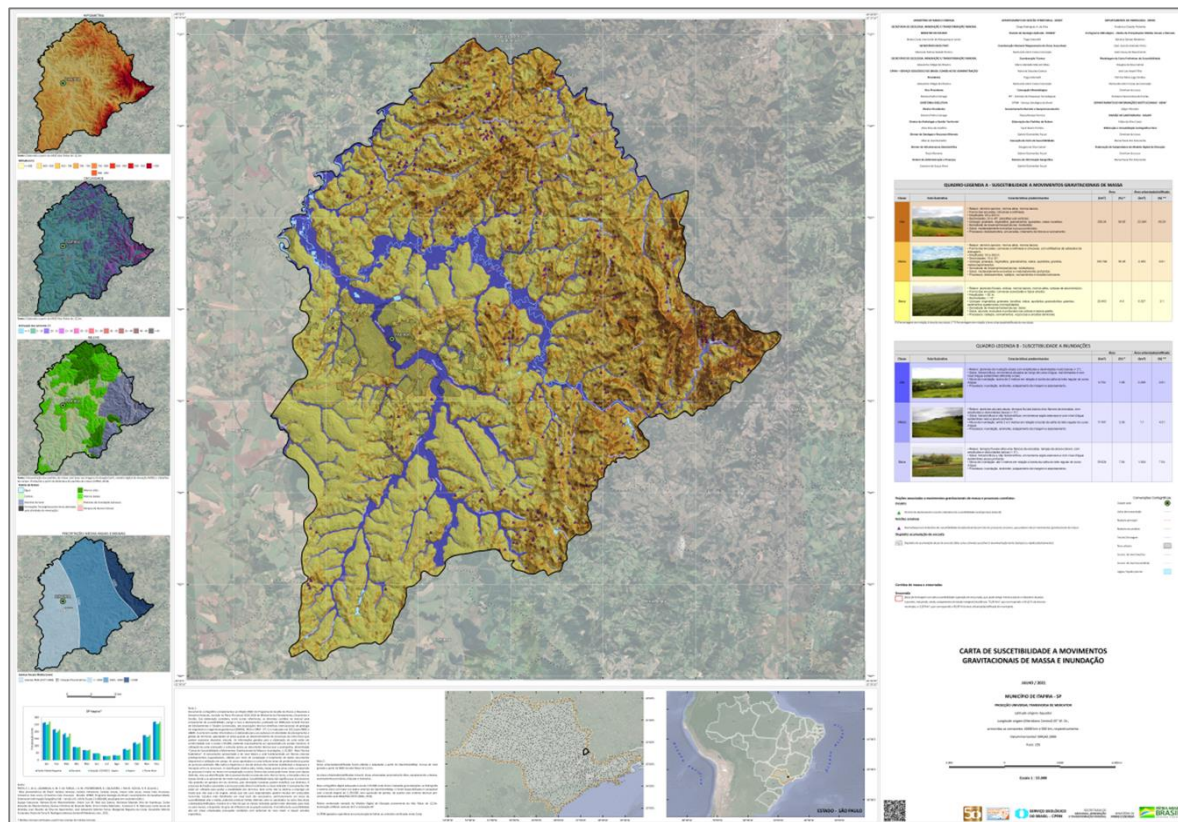


Erosão





PÓS-CAMPO – layout



Conteúdo do mapa:

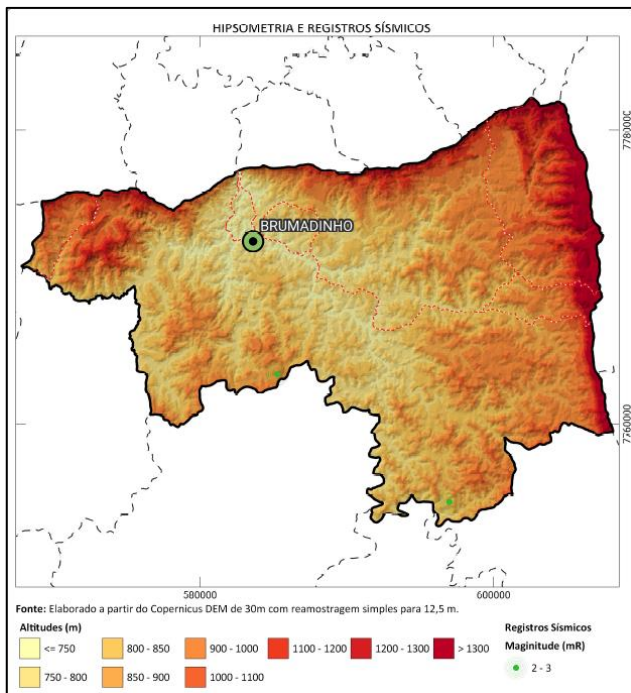
- Créditos
- Cartogramas
- Legendas
- Localização
- Mapa
- Nota técnica



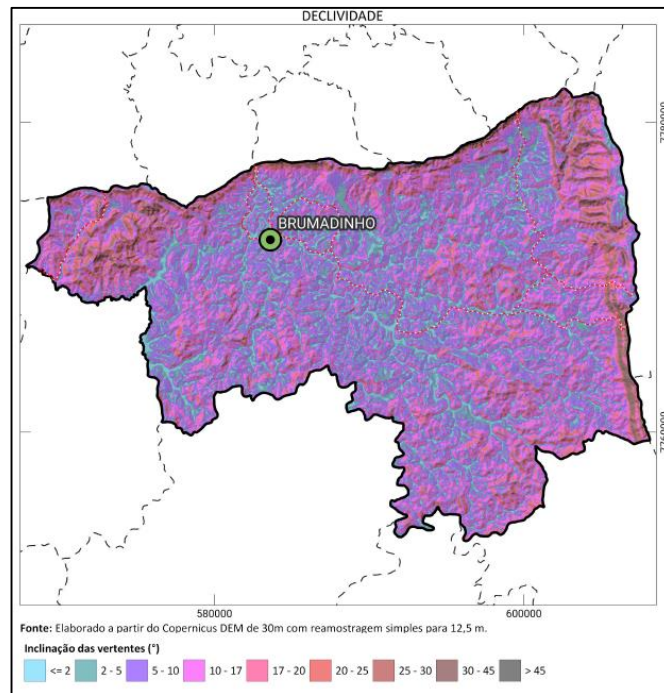


LEITURA DA CARTA - cartogramas

Hipsometria



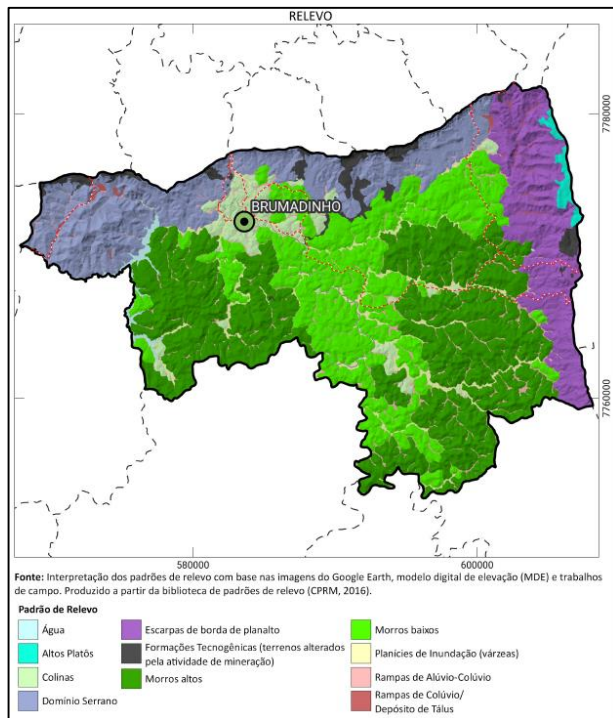
Declividade



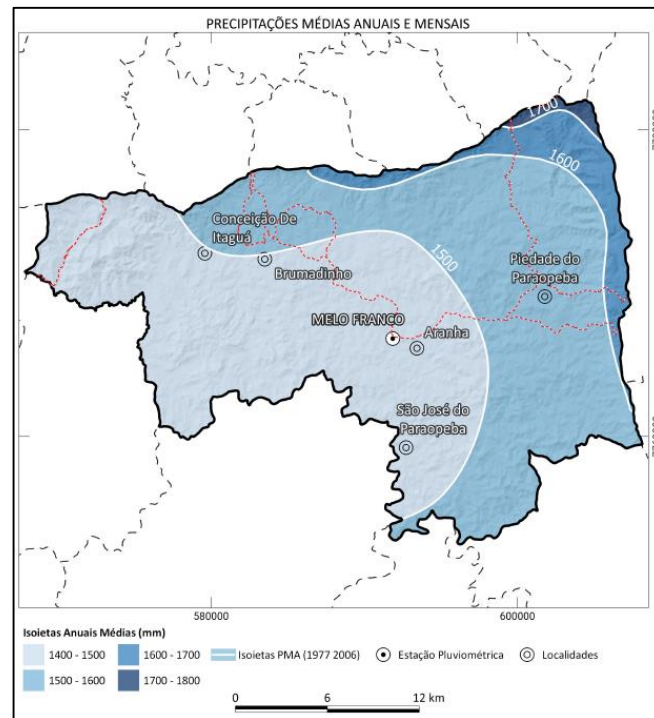


LEITURA DA CARTA - cartogramas

Relevo



Precipitações med./an





LEITURA DA CARTA - legendas

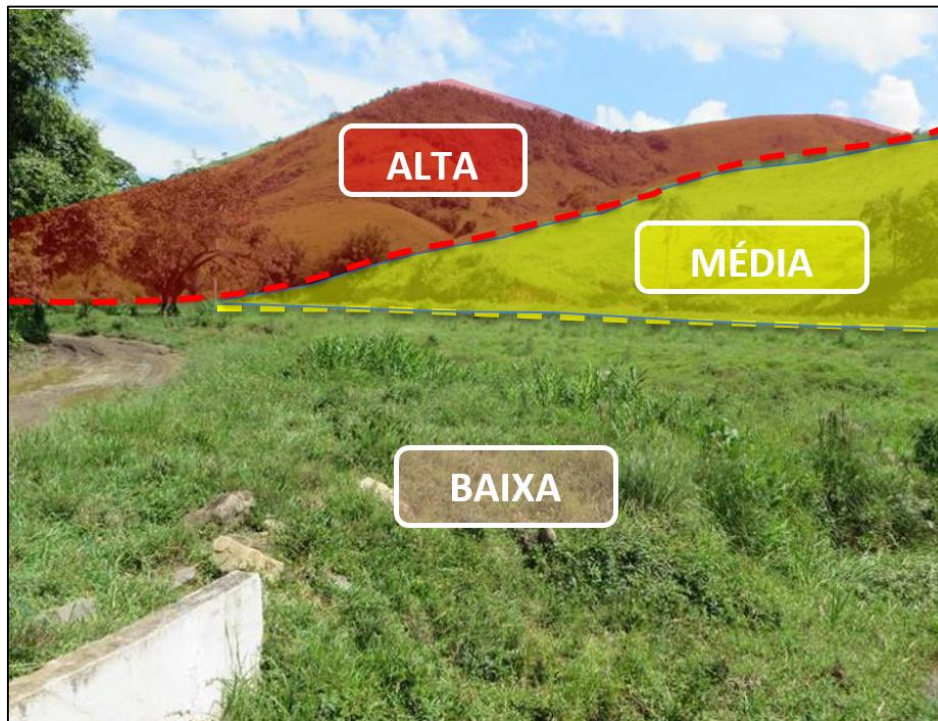
Classe	Características predominantes	Área		Área urbanizada/edificada	
		(km ²)	(%) *	(km ²)	(%) **
Alta	• Relevo: morros altos, escarpas degradadas e domínio serrano; • Forma das encostas: côncavas a retilíneas; • Amplitudes: 80 a 800 m; • Declividades: 20 a 45°, paredões sub-verticais; • Litologia: Itabiritos, filitos, quartzitos, xistos e ortognaisses; • Densidade de lineamentos/estruturas: média/alta; • Solos: moderadamente evoluídos e pouco profundos; • Processos: deslizamento, queda e rolamento de blocos.	68,76	10,76	0,26	0,58
Média					
Baixa	 • Relevo: planícies fluviais, colinas, morros baixos, terraços fluviais, rampas de alúvio colúvio; • Forma das encostas: convexas suavizadas e topos amplos; • Amplitudes: < 50 m; • Declividades: < 15°; • Litologia: gnaisses, tonalito e sedimentos quaternários inconsolidados; • Densidade de lineamentos/estruturas: baixa; • Solos: aluviais; evoluídos e profundos nas colinas; • Processos: rastejo, ravinamento, voçoroca e erosão laminar.	401,71	62,85	39,5	87,99

(*) Porcentagem em relação à área do município. (**) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.





LEITURA DA CARTA - legendas



As classes do Movimento de massa são baseadas em propriedades como a amplitude e a inclinação do terreno.



Baixa
*propensão
aos processos*



Média
*propensão
aos processos*



Alta
*propensão
aos processos*





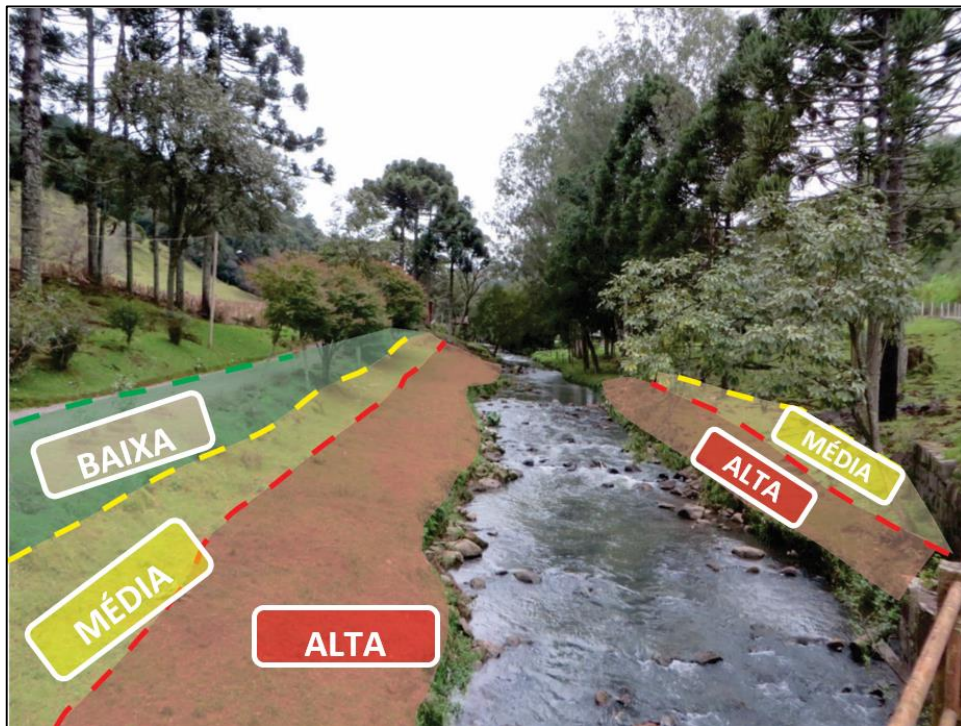
LEITURA DA CARTA - legendas

				Área		Área urbanizada/edificada	
Classe	Características predominantes			(km²)	(%) *	(km²)	(%) **
Alta	• Relevo: planícies aluviais atuais com amplitudes e declividades muito baixas (< 2°); • Solos: hidromórficos, em terrenos situados ao longo de curso d'água, mal drenados e com nível d'água subterrâneo aflorante a raso; • Altura de inundação: acima de 5 metros em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; • Processos: inundação, enchente, solapamento de margem e assoreamento.			23,56	3,69	2,46	5,48
Média							
Baixa		• Relevo: flancos de encostas, rampas de alúvio-colúvio, com amplitudes e declividades baixas (< 5°); • Solos: hidromórficos e não hidromórficos, em terrenos argilo-arenosos e com nível d'água subterrâneo pouco profundo; • Altura de inundação: até 3 metros em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; • Processos: inundação, enchente, solapamento de margem e assoreamento.	19,88	3,11	2,48	5,52	





LEITURA DA CARTA - legendas



As classes de Inundação são baseadas em propriedades como a amplitude e a inclinação do terreno e a proximidade do canal fluvial.



**Baixa
propensão
aos processos**



**Média
propensão
aos processos**



**Alta
propensão
aos processos**





LEITURA DA CARTA - legendas

Feições associadas a movimentos gravitacionais

Cicatriz



Cicatriz de deslizamento recente indicativa de suscetibilidade

Feições erosivas



Ravina/boçoroca indicativa de suscetibilidade

Campo de blocos



Campo de bloco rochoso suscetível a quedas, rolamentos ou tombamentos

Paredão rochoso



Paredão rochoso suscetível a quedas ou deslocamentos

Corridas de massa e enxurradas

Enxurrada



Bacia de drenagem com alta suscetibilidade a
solapamento de talude marginal (incluindo
área urbanizada/edificada do município)

Corrida de Massa



Bacia de drenagem com alta suscetibilidade a
jusante, induzindo, ainda, solapamento de
corresponde a 5,59% da área urbana

Convenções Cartográficas

Cidade sede



Distritos



Localidades



Área edificada



Rodovia principal



Rodovia secundária



Ferrovia



Curso d'água



Curvas de nível mestres



Curvas de nível secundárias





CONTEÚDO DA CARTA

Nome
 Base_cartografica
 Creditos
 Curvas_de_nivel
 Dados_hidrologicos
 Feicoes
 Fotos
 Geologia
 Imagens
 Legenda
 Limites
 Logomarcas
 Metadados
 Modelagem
 Pontos_de_campo
 Relevo
 Sismos
 Solos
 Suscetibilidade
 Alteracoes_Cuiaba.txt
 Cuiaba_para_campo.qgz
 Link_Tutorial_QField.txt

Além da suscetibilidade em si e das feições, também estão incluídos:

- Base cartográfica (rodovias, rios, área urbana, etc...)
- Mapa litológico
- Mapa de solos
- Mapa de relevos
- Limite municipal
- Curvas de nível
- Dados hidrológicos

Para um melhor aproveitamento do conteúdo, é indispensável que seja utilizado programas de georreferenciamento como o ArcGis e o Qgis.





PRODUÇÃO



Dashboard - Cartas de Suscetibilidade

Base de Dados atualizada em 25/02/2025

Estado:

Nenhuma categoria selecionada

Município:

Nenhuma categoria selecionada

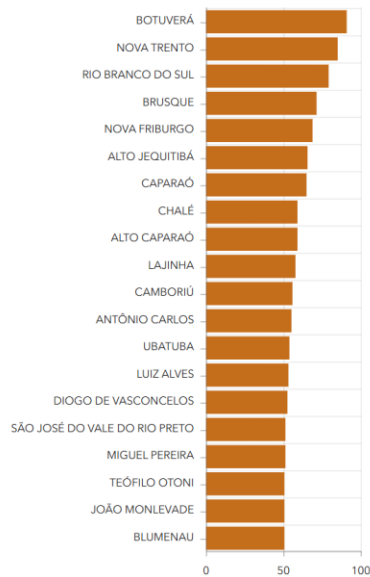
Com usar:
Selecione os estados e municípios de interesse para filtrar os dados. Para remover a seleção, basta clicar novamente no estado/município selecionado.

Os links mostrados no mapa redirecionam para a página do RiGeo - CPRM, onde a carta do município está disponível para download.

Os valores apresentados estão em km².

Top 20 Municípios - Alta Suscetibilidade a Movimento de Massa

% em relação a área do município



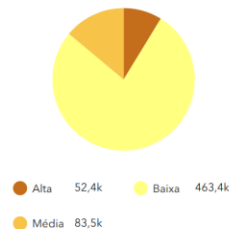
Movimento de Massa

Inundação

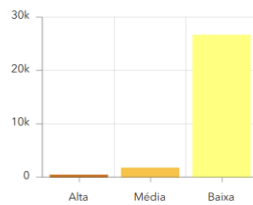
Quant. de municípios mapeados

702

Suscetibilidade a Movimento de Massa



Suscetibilidade a Movimento de Massa na Área Edificada



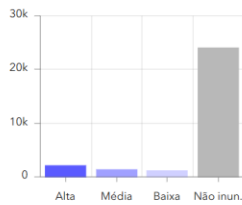
Área mapeada (km²)

600.052,27

Suscetibilidade a Inundação



Suscetibilidade a Inundação na Área Edificada



População Potencialmente Beneficiada

112.548.339





QUANDO USAR A CARTA?

Possibilidades de uso da carta de suscetibilidade:

- Planejamento do uso e ocupação do solo (Plano Diretor Municipal);
- Plano de contingência de proteção e defesa civil;
- Plano de implantação de obras e serviços (traçados de estradas e linhas de transmissão, por ex.);
- Mecanismos de controle e fiscalização em diversos temas ligados ao desenvolvimento urbano e meio ambiente;
- Elaboração de ZEEs – Recuperação ambiental e desenvolvimento econômico;
- Base para Cartas Geotécnicas, de Perigo e de Risco e etc...



Anselmo de Carvalho Pedrazzi
Coordenador Executivo

Serviço Geológico do Brasil – CPRM
e-mail: anselmo.pedrazzi@sgb.gov.br
Telefone: (21) 3044-0617
www.sgb.gov.br



OBRIGADO



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

