



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

FRANCISCO EVARISTO DE ASSIS JÚNIOR
LÁZARO DE SOUSA GONÇALVES

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DAS ÁREAS DE RISCO
GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO SETOR HABITACIONAL FERCAL

BRASÍLIA

2021

FRANCISCO EVARISTO DE ASSIS JÚNIOR
LÁZARO DE SOUSA GONÇALVES

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DAS ÁREAS DE RISCO
GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO SETOR HABITACIONAL FERCAL

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Luango Augusto Feitosa Ahualli

BRASÍLIA

2021

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, que muito nos apoiaram e incentivaram a realizá-lo. E a todos professores e colegas de curso que contribuíram para o nosso crescimento e aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaríamos de agradecer à instituição Fundação e Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) por nos fornecer suporte financeiro, contribuindo assim para o desenvolvimento desta pesquisa. Gostaríamos de agradecer também, ao nosso professor orientador Luango Augusto, por nos mostrar o caminho e os objetivos que deveríamos alcançar.

Eu, Francisco Evaristo, gostaria de agradecer o apoio que meus pais Assis e Cristina, e também o apoio que minhas irmãs, Anne e Carolina, me deram durante todo o período. Em especial a minha namorada Isabela, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigado, linda, por aguentar tantas crises de estresse e ansiedade. Sem você ao meu lado este trabalho não seria possível.

A todos os amigos, especialmente Aryelle e Thaynara, nosso muito obrigado. Vocês foram fundamentais para nossa formação, por isso merecem o nosso eterno agradecimento.

*Em uma enchente a função da água é
selecionar classes sociais.*

(Murillo Leal)

RESUMO

O processo de ocupação e urbanização brasileiro tem como característica a falta de planejamento e o crescimento acelerado. No Distrito Federal essa realidade não é diferente, a região do Setor Habitacional Fercal, por exemplo, também se deu sem o devido planejamento, o que se tornou a condicionante para a ocorrência de desastres. Levantamento de área de riscos realizado pela Defesa Civil do Distrito Federal verificou que no Setor Habitacional Fercal existem oito locais com alertas considerados graves. Sendo assim, neste trabalho foram utilizados os programas HEC-RAS e QGIS para verificar quais áreas habitadas, próximas ao córrego Engenho Velho, correm risco de inundação. Além disso, por meio do Google Earth foi realizada a classificação e marcação de 754 residências no Bairro Engenho Velho quanto ao padrão construtivo, técnica construtiva, topografia e infraestrutura com o objetivo de verificar a resistência e a predisposição das edificações ao fenômeno de inundações. Sendo assim, através da composição das cartas geotécnicas e da aplicação da classificação verificou-se que foram atingidas pela mancha de água o total de 145 residências, que representa 19% das edificações selecionadas. Sendo que as residências classificadas que apresentaram os melhores resultados, chamadas de Tipo 01, não foram atingidas pela água. Nesse sentido, restou demonstrado que o risco de inundação no Bairro Engenho Velho no Setor Habitacional da Fercal está diretamente relacionado com a falta de planejamento urbano. Ademais, verificou-se que a utilização de modelos hidrológicos como HEC-RAS e cartas geotécnicas são ferramentas importantes para a análise de risco de desastres, e devem ser empregadas para o mapeamento de áreas de riscos, e consequentemente, devem ser utilizadas para auxiliar nas tomadas de decisões relacionadas a prevenção e controle de desastres.

Palavras-chave: Urbanização; Cartas Geotécnicas; Área de risco; Inundação.

1	INTRODUÇÃO	1
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
3	MÉTODO	5
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
	REFERÊNCIAS	17
	APÊNDICES	19

1 INTRODUÇÃO

A expansão urbana e o aumento das áreas de risco nas grandes cidades estão diretamente ligados, isto porque, o processo de expansão muitas vezes é realizado sem o devido ajuste e aderência da produção do espaço urbano aos sistemas naturais (MARANDOLA JR. et al, 2013).

Além disso, o crescimento populacional e suas demandas se refletem em diversos problemas socioambientais, ligadas principalmente à exploração de recursos naturais e ocupação indiscriminada de áreas de proteção ambiental, tais como o aumento de alagamentos, inundações e deslizamentos de terra (MARANDOLA JR. et al, 2013 e LIMA e AMARIM, 2014).

A falta de alternativas habitacionais para a população de mais baixa renda, também contribui para o agravamento das situações de risco associadas ao meio físico. Por não terem outras opções de moradia, a população mais pobre passou a ocupar áreas geologicamente desfavoráveis, sem planejamento e infraestrutura (ROSA FILHO, 2012).

O presente trabalho versa sobre a caracterização geotécnica de áreas de risco geológico-geotécnico. A pesquisa tem como objeto de estudo o Setor Habitacional da Fercal (RA- XXXI), do Distrito Federal, que é composta por 14 comunidades, sendo que 06 são rurais e 08 urbanas, contando com aproximadamente 32.000 mil habitantes (GDF, 201-).

O Setor Habitacional Fercal é rico em recursos naturais e é considerada a 1ª Cidade Operária do Distrito Federal, em razão da existência de grandes empresas produtoras de cimento e usinas de asfalto instaladas na região, cuja alta demanda de mão-de-obra desencadeou o surgimento de comunidades de trabalhadores (GDF, 201-).

Todavia, o processo habitacional e construtivo do Setor Habitacional Fercal não foi propriamente planejado, e conseqüentemente, a região se tornou condicionante para a ocorrência de desastres, refletindo a susceptibilidade a fenômenos naturais aumentados principalmente pelos riscos por ocupações irregulares em áreas de alto risco mapeadas (GDF, 2019).

Conforme levantamento realizado pela Defesa Civil, desde 2016, houve aumento de aproximadamente 20% de moradias localizadas em áreas de risco no Distrito Federal, sendo que na SHF existem 08 (oito) locais com alertas considerados graves (BARBIERI, 2019).

Cumprе salientar que o problema se agrava quando a região da Fercal é assolada por chuvas, pois os córregos transbordam ocasionando alagamento de ruas e residências próximas. A força da água derruba muros, destrói estradas e ocasiona desmoronamentos de terra (G1, 2012 e 2014). Apesar disso, até o presente momento a RA não conta com um plano de urbanização ou mesmo um plano consistente e efetivo de redução e eliminação dos riscos.

Logo, a elaboração de estudos de risco de inundações em bairros próximos a córregos e nascentes na SHF possui relevância científica e social, considerando sua importância para a tomada de decisões, prevenção e controle de desastres na região.

Com relação aos riscos de inundações, o Ministério da Ciência e Tecnologia no ano de 2002, afirmou que as inundações causam perdas de 1 bilhão de dólares por ano ao país. E a cada ano os prejuízos se repetem, pois as inundações ocorrem com mais frequência e mais intensidade (HORA e GOMES, 2009).

A aplicação de modelos hidrológicos representa uma solução aproximada, uma vez que as relações empíricas são usadas para aproximar os efeitos do momento. No modelo HEC-RAS, por exemplo, as previsões de enchentes são conduzidas usando um procedimento de duas etapas. Primeiro, o roteamento de inundação é conduzido, normalmente usando modelos hidrológicos. E em seguida os picos de inundação resultantes são então convertidos em previsões de nível de água usando um modelo hidráulico de fluxo constante (HICKS e PEACOCK, 2005).

Inobstante, as medidas de controle de inundação podem ser estruturais, como obras de engenharia, ou não estruturais, como sistemas de alerta e seguros. Por meio de softwares que realizam modelação, é possível, por exemplo, criar cenários e simular eventos hidrológicos para que se possam avaliar as consequências da implantação das medidas de controle, de modo a auxiliar o poder público no processo de tomada de decisão (DECINA e BRANDÃO, 2016).

Sendo assim, neste trabalho será realizada uma simulação de inundação no modelo hidrológico HEC-RAS, do córrego Engenho Velho, para melhor verificar o risco à inundação de residências próximas ao referido córrego, no Bairro Engenho Velho.

OBJETIVOS

Analisar as áreas de risco geológico-geotécnico do Setor Habitacional da Fercal (RA-XXXI), para a criação de carta de risco de inundação de residências no Bairro Engenho Velho.

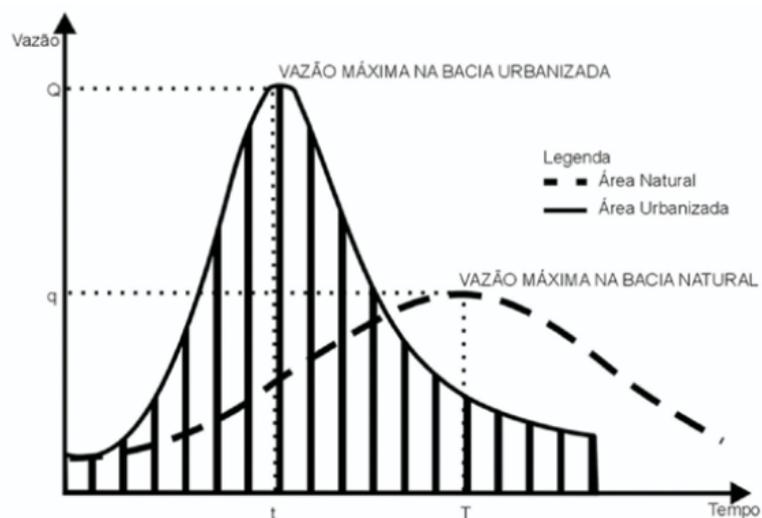
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde o ano de 2005, estudos internacionais indicam que a aplicação de modelos como o HEC-RAS podem ser utilizados para previsão de roteamento e nível de inundações, baseados em dados de domínio público, sendo que a rugosidade é um fator importante para melhorar o modelo de precisão (HICKS e PEACOCK, 2005).

Estudo realizado na região de Teófilo Otoni, Minas Gerais, concluiu que a utilização de geotecnologias são extremamente viáveis para mapeamento da suscetibilidade a inundação e escorregamentos na área investigada, mostrando-se ainda mais eficaz quando associada a trabalhos de campo (FERRAZ et al, 2019).

Cumprе salientar que diversas intervenções humanas são consideradas determinantes na ocorrência de desastres em áreas urbanas. A urbanização sob o ponto de vista hidrológico provoca a impermeabilização dos terrenos, podendo alterar a vazão máxima de uma bacia, conforme ilustrado na Figura 1 a seguir (BRASIL, 201-).

Figura 1 - Modificações no hidrograma pela impermeabilização da bacia



Fonte: BRASIL, 201-.

Estudo do ano de 2019 avaliou a suscetibilidade da SHF à inundação e corrida de massa conforme Índice de Melton, por meio de adaptação da metodologia proposta por BITTAR et al (2014), relacionando a amplitude da bacia, área de contribuição e a suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa e enxurrada na região. Restando demonstrado que parte considerável das áreas já ocupadas próximas aos córregos possuem alta suscetibilidade à inundações, conforme Figura 2 abaixo (AHUALLI, 2019).

Figura 2 - Áreas com Suscetibilidade à Inundação



Fonte: AHUALLI, 2019.

Cartas geotécnicas de aptidão elaboradas por estes mesmos autores, determinaram que considerando os fatores de uso e cobertura, solo e declividade o Setor Habitacional da

Fercal possui poucas áreas com boa aptidão à urbanização. Ao observar as cartas de Uso e Cobertura e de Declividade (Apêndice A e C) é possível verificar que o Bairro Engenho Velho representa parte significativa das áreas já ocupadas com declividade (ASSIS JR. e GONÇALVES, 2021).

Todavia, restou verificado a necessidade de estudos mais aprofundados que acrescentem fatores hidrográficos e que qualifiquem os métodos construtivos das edificações na região SHF, pois são determinantes a análise de suscetibilidade ou risco de desastres como inundações, alagamentos e movimentos de massas destas áreas já ocupadas (ASSIS JR. e GONÇALVES, 2021).

3 MÉTODO

Inicialmente por meio do *software Google Earth Pro*, foram criados marcadores para classificar as residências próximas da área do córrego do Engenho Velho. Sendo que foram classificados 03 (três) grupos de tipos de edificações diferentes, quais sejam: Tipo 01 (Verde), Tipo 02 (amarelo) e Tipo 03 (vermelho), considerando a proximidade de córregos e nascentes da região e a carta de susceptibilidade à inundação elaborada por AHUALLI (2019), em que, as residências do tipo 03 (vermelho) teriam alta suscetibilidade à inundação, tipo 02 (amarelo) média suscetibilidade e as tipo 01 (verde) baixa suscetibilidade.

Posteriormente, esses marcadores foram convertidos e exportados para dados no formato *.kmz* compatíveis com o sistema SIG (Sistema de Informação Geográfica) para então ser realizada a aplicação dos dados obtidos no *software QGIS (Quantum Geographic Information System)*. Em seguida, foi realizado o georreferenciamento, para determinar a localização exata de cada marcador, cujas residências foram classificadas conforme os grupos acima.

Para obtenção de resultados e respostas acerca da classificação das áreas de risco e susceptibilidade apresentada, foram criados parâmetros de classificação e análise de cada residência marcada quanto ao: padrão construtivo (PC), técnica construtiva (TC), topografia (T) e infraestrutura (I), com o objetivo de verificar a resistência e predisposição das edificações aos fenômenos de alagamento e inundações, conforme tabelas a seguir elaboradas pelos autores, cujas imagens são *prints* de residências selecionadas por meio do *View Street* do *Google Earth Pro*.

Tabela 1 - Classificação quanto ao Padrão Construtivo

Grupo	Subgrupo	Descrição	Característica (imagens da Fercal)
	PCB - Bom	Padrão construtivo aceitável e material de construção de boa qualidade, com pouco risco hidroclimático.	
	PCM - Médio	Padrão construtivo e materiais de média qualidade. Edificações com pouco risco às intempéries.	
	PCR - Ruim	Padrão construtivo de baixa qualidade e frágil. Material de fácil propagação do fogo. Edificações vulneráveis e suscetíveis a danos causados pelas intempéries.	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para elaboração da Tabela 1, as residências foram analisadas considerando o padrão construtivo quanto a qualidade e quais materiais foram empregados em sua construção. Desta maneira, foram classificadas em: a) PCB (padrão construtivo bom), quando apresenta uma construção por meio de alvenaria de tijolos cerâmicos e emprego também de concreto armado, materiais ótimos, com pouco risco hidroclimático; b) PCR (padrão construtivo ruim), quando verificado o emprego de resto de obras como: escoras e tapumes de madeiras, tapumes metálicos dentre outros, sendo esses, frágeis quanto algumas intempéries; c) PCM (padrão construtivo médio), quando verificada a mesclagem de todos esses materiais.

Tabela 2 - Classificação quanto à Técnica Construtiva

Grupo	Subgrupo	Descrição	Característica (imagens da Fercal)
TC	TCA - Alta	Edificação com técnica construtiva adequada planejada , executada em concreto usinado.	
	TCM - Média	Edificação com técnica construtiva simples em alvenaria.	
	TCB - Baixa	Edificação com técnica inadequada, improvisada e materiais construtivos de baixa qualidade.	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Já a Tabela 2 foi criada para identificar e classificar as edificações do setor, verificando o emprego da técnica construtiva aplicada na concepção das construções, sendo em casas ou em prédios existentes no bairro. Assim sendo, foram classificadas em: a) TCA (técnica construtiva alta), quando verificado que a técnica construtiva foi adequada e planejada, executada principalmente em concreto usinado; b) TCM (técnica construtiva média), quando verificado que o método básico de construção simples em alvenaria e c) TCB (técnica construtiva baixa) quando identificada construção de improvisação.

Tabela 3 - Classificação quanto à Topografia

Grupo	Subgrupo	Descrição	Característica (imagens a Fercal)
T	TP - Plano	São aqueles em que a frente e o fundo do terreno têm praticamente o mesmo nível da rua.	
	TA - Declive	São aqueles em que o fundo do terreno é mais alto do que o nível da rua.	
	TD - Declive	São aqueles em que o fundo do terreno é mais baixo que o nível da rua.	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Buscando classificar a topografia do terreno foi criada a Tabela 3 em que realizou-se a classificação dos terrenos das edificações quanto a posição em nível de terreno, com relação ao nível da rua. Assim, a TP (topografia plana) possui o mesmo nível da rua, a TA (topografia a declive) tem o fundo do terreno alto com relação a rua, e TD (topografia declive) o fundo do lote é mais baixo que o nível da rua.

Tabela 4 - Classificação quanto à Infraestrutura

Grupo	Subgrupo	Descrição	Característica (imagens da Fercal)
I	IP - Presença	Presença de rede de esgoto, rede de drenagem pluvial e de pavimentação asfáltica.	
	IA - Ausência	Ausência de rede de esgoto, rede de drenagem pluvial e de pavimentação asfáltica.	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Cumprir salientar que no estudo da região pelo *View Street* do *Google Earth Pro*, verificou-se ainda que alguns dos bairros do Setor Habitacional Fercal não apresentam pavimentação e rede de drenagem pluvial. Sendo assim, a Tabela 4 foi criada para classificar a infraestrutura da localidade quanto a presença (IP) ou ausência (IA) desses indicadores.

Mediante as classificações criadas e explicadas acima, bem como tomando por base a proximidade das residências do córrego Engenho Velho, foi delimitado o bairro Engenho Velho da SHF para a simulação de susceptibilidade à inundação.

3.1 Obtenção de dados no formato *shapefile* da região estudada

Após delimitar a área de estudo, foram acessados os seguintes bancos de dados: TOPODATA do banco de dados geomorfométricos do Brasil, Geoportal da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) e o GeoSGB do serviço geológico do Brasil, objetivando a obtenção de dados topográficos e geológicos do Setor Habitacional Fercal em formato de *shapefile*, compatíveis com o *software* QGIS.

3.2 Elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE)

Os dados obtidos no TOPODATA, referentes à altitude e topografia, foram aplicados no *software* QGIS para elaboração e produção do arquivo *raster* do Modelo Digital de Elevação (MDE) da região.

3.3 Elaboração da carta de Índice de Rugosidade do Terreno (TRI)

A partir do arquivo *raster* do Modelo Digital de Elevação (MDE) foi possível aplicar e fazer a análise no *software* QGIS do Índice de Rugosidade do Terreno (TRI). Deste modo, foi criada a carta de índice de rugosidade que identifica os números de *Manning* posteriormente utilizados na produção da Carta de Suscetibilidade de Inundação.

3.4 Obtenção de dados fluviométricos da região estudada

A obtenção dos dados fluviométricos da região estudada se deu por meio do acesso ao site governamental da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), opção Monitoramento e Eventos Críticos, em seguida opção Monitoramento Hidrológico e ferramenta *HIDROWEB*, que contém dados de toda a série histórica fluviométrica e pluviométrica da área de interesse.

No *HIDROWEB* foram obtidos os dados referentes à estação convencional Engenho Velho – DF 150. Sendo essa estação do tipo fluviométrica. Assim, foi possível obter todos os dados hidrológicos de vazão da área selecionada.

Tabela 5 - Vazões mensais do ano 2011

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Vazão (m ³ /s)	0,23	0,45	0,31	0,25	0,21	0,21	0,14	0,13	0,15	0,17	1,14	0,55

Fonte: ANA, 2011.

Os dados de vazão da série histórica são divididos mensalmente durante vários anos e com isso foi possível fazer uma análise, e conforme visto no ano de 2011 houve um evento hidrológico de maior vazão comparado com os demais anos. Por isso, foram selecionadas todas as vazões mensais deste ano.

3.5 Aplicação dos dados no *software* HEC-RAS

No *software* HEC-RAS, foi definido o sistema internacional (SI) de medidas como o padrão. Em seguida, foi realizado download da projeção de coordenadas EPSG: 31983:

SIRGAS 2000 / UTM zona 23S do site *spatial reference*, na qual abrange o Setor Habitacional Fercal. Em seguida, já na ferramenta RAS MAP, foi aplicada a projeção.

Após aplicação da projeção de coordenadas, foi inserido o MDE criado da área de estudo e seguidamente foi iniciada a delimitação e criação do escoamento da hidrográfica do córrego Engenho Velho.

Foi criada então a geometria de análise em cima do MDE do trecho pretendido: primeiro criou-se o sentido do fluxo do córrego, e em seguida delimitou-se às margens esquerda e direita de todo o trecho. Posteriormente, criou-se várias seções no percurso do rio para fazer análises específicas.

Ademais, com a geometria de análise definida, foi selecionado o tipo de regime de escoamento para rodar o *software*, considerando os aspectos de não haver variáveis ao longo do tempo no curso do córrego, determinamos a análise por regime permanente.

Seguidamente, aplicou-se os dados obtidos de vazão e depois os dados de índice de rugosidade do terreno (TRI) obtidos na carta elaborada, sendo que os valores de rugosidade são denominados como *mannings*. Com os valores *mannings*, foi possível calibrar a geometria do nosso modelo criado. Portanto, foram utilizados os valores altos de *mannings* para forçar o modelo a acompanhar as marcas de cheias existentes próximas das residências.

Aplicado o MDE, criado a geometria do córrego, e definido os parâmetros de análise com os dados de vazão fluviométrica, foi possível simular e gerar as manchas de inundações no terreno para os diferentes períodos no *software* HEC-RAS. Desta maneira, observou-se que a maior mancha foi referente ao mês de novembro, onde ocorreu a maior vazão máxima durante todos os períodos.

3.6 Elaboração da carta de susceptibilidade à inundação

Após gerar as manchas de inundações, exportou-se o arquivo no formato *raster* e inseriu-se os resultados no *software* QGIS. A partir disso foi elaborada a carta de risco à inundação, e foi adicionado a ela os marcadores de classificação dos tipos de residências. Com isso, foi possível obter as informações essenciais da quantidade de residências que estão em áreas de riscos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do *software* QGIS foi possível realizar a análise e classificação das residências selecionadas (marcadores), com a ferramenta de seleção de feições. Em que foram classificadas ao todo 754 residências por meio do *software Google Earth Pro*, próximas da área do córrego do Engenho Velho e de nascentes na região.

Conforme tabela 6 abaixo, das 754 residências selecionadas 7% foram classificadas como Tipo 01 (verde), 45% como Tipo 02 (amarelo) e 48% como Tipo 03 (vermelho), considerando a proximidade de córregos e nascentes da região e tomando como base a carta de susceptibilidade à inundação elaborada por AHUALLI (2019).

Tabela 6 - Residências classificadas

Tipo	Quantidade	Porcentagem por tipo
01 - Verde	51	7%
02 - Amarelo	341	45%
03 - Vermelho	362	48%

Fonte: Elaborada pelos autores.

No tocante ao padrão construtivo das residências selecionadas, observou-se os seguintes resultados na Tabela 7: das residências Tipo 01 (verde), 67% apresentaram bom padrão construtivo, 33% médio padrão construtivo e nenhuma teve um padrão construtivo ruim; das Tipo 02 (amarelo), 13% apresentaram bom padrão construtivo, 70% médio padrão construtivo e 17% padrão construtivo ruim; E não foi verificado nenhuma residência com bom padrão construtivo dentre as de Tipo 03 (vermelho), sendo que 76% apresentaram padrão construtivo ruim e 24% médio.

Tabela 7 - Resultado do Padrão Construtivo

Padrão Construtivo	Tipo	Quantidade por Tipo	Porcentagem por Tipo
PCB - Bom	01 - Verde	34	67%
	02 - Amarelo	45	13%

	03 - Vermelho	0	0%
PCM - Médio	01 - Verde	17	33%
	02 - Amarelo	238	70%
	03 - Vermelho	86	24%
PCR - Ruim	01 - Verde	0	0%
	02 - Amarelo	58	17%
	03 - Vermelho	276	76%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerando a técnica construtiva empregada nas residências, foram obtidos os seguintes resultados: das residências Tipo 01 (verde), 82% tiveram TCA e 18% TCM; das Tipo 02 (amarelo), 8% tiveram TCA, 64% apresentaram TCM, e 8% TCB; Já as Tipo 03 (vermelho), 21% apresentaram TCM e 79% tiveram TCB.

Tabela 8 - Resultado da Técnica Construtiva

Técnica Construtiva	Tipo	Quantidade por tipo	Porcentagem por tipo
TCA - Alta	01 - Verde	42	82%
	02 - Amarelo	28	8%
	03 - Vermelho	0	0%
TCM - Média	01 - Verde	9	18%
	02 - Amarelo	217	64%
	03 - Vermelho	77	21%
TCB - Baixa	01 - Verde	0	0%
	02 - Amarelo	96	28%
	03 - Vermelho	285	79%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme verificado na tabela 9, a classificação quanto a topografia demonstrou que

as residências Tipo 01 (verde) são as únicas que apresentaram edificações planas (47%), sendo que as residências Tipo 02 (amarelo) e Tipo 03 (vermelho), apresentaram resultado significativo de declividade, respectivamente, 83% e 85%.

Tabela 9 - Resultado da Topografia

Topografia	Tipo	Quantidade por tipo	Porcentagem por tipo
Plana	01 - Verde	24	47%
	02 - Amarelo	0	0%
	03 - Vermelho	0	0%
Active	01 - Verde	0	0%
	02 - Amarelo	58	17%
	03 - Vermelho	56	15%
Declive	01 - Verde	27	53%
	02 - Amarelo	283	83%
	03 - Vermelho	306	85%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Segundo a classificação realizada quanto a infraestrutura no bairro Engenho Velho, verificou-se que a região apresenta um percentual ótimo de desenvolvimento com relação à presença de pavimentação, todavia, foi observado que em boa parte da região não existe saneamento básico e rede de drenagem pluvial. Sendo assim, os resultados apontam que em 100% das residências Tipo 1 (Verde) há presença de infraestrutura, com relação às Tipo 02 (amarelo) 85% há presença e 15% há ausência de infraestrutura, já as de Tipo 03 (vermelho) apresentaram o pior resultado, em que 74% existe algum tipo de infraestrutura e 26% a infraestrutura é considerada ausente, conforme tabela 10.

Tabela 10 - Resultado da Infraestrutura

Infraestrutura	Tipo	Quantidade por tipo	Porcentagem por tipo
Presença	01 - Verde	51	100%

	02 - Amarelo	289	85%
	03 - Vermelho	269	74%
Ausência	01 - Verde	0	0%
	02 - Amarelo	51	15%
	03 - Vermelho	93	26%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Por fim, após a realização da simulação, verificou-se na Carta de risco a inundação (Apêndice F) que ao todo foram atingidas pela mancha de água o total de 145 residências, que representam 19% das residências selecionadas. Sendo que 52 delas são do tipo 02 (amarelo) e 93 do tipo 03 (vermelho) conforme Tabela 11. As residências de Tipo (01) não foram atingidas pela água,

Tabela 11 - Residências atingidas pela inundação simulada

Tipo	Quantidade
02 - Amarelo	52
03 - Vermelho	93

Fonte: Elaborada pelos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão urbana na SHF por ter ocorrido de forma desordenada, modificou as condições originais do ciclo hidrológico da região. Sendo que o desmatamento, a exposição dos terrenos à erosão e conseqüente assoreamento dos cursos d'água, a impermeabilização dos terrenos acabaram por condicionar alguns bairros da região a ocorrência de desastres, como inundações.

Apesar de não ter sido possível realizar análises em campo e ensaios geológico-geotécnicos no solo da região estudada, em razão das medidas restritivas contra o COVID-19, que impuseram o fechamento das instituições educativas, incluindo laboratórios, foi possível realizar o trabalho com base em Relatório da Defesa Civil e pesquisas bibliográficas.

Considerando os resultados da simulação de inundação foi possível verificar que residências Tipo 01 (verdes) não foram atingidas pela inundação simulada. Cabe salientar que os marcadores verdes, também apresentaram bom e médio padrão construtivo, melhores resultados de técnica construtiva, presença de infraestrutura e 47% eram planas, quanto a topografia.

Nesse sentido, concluiu-se que o risco de inundação no Bairro Engenho Velho está diretamente relacionado com a falta de planejamento urbano, pois as residências atingidas pela inundação foram as que apresentaram piores resultados quanto aos critérios de classificação escolhidos por estes autores.

Além disso, verificou-se que a utilização de modelos hidrológicos como HEC-RAS e cartas geotécnicas são ferramentas importantes para a análise de risco de desastres, e devem ser empregadas para o mapeamento de áreas de risco, e conseqüentemente, auxiliam nas tomadas de decisões relacionadas a prevenção e controle de desastres. Devendo, quando possível, serem utilizadas em conjunto com trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

AHUALLI, L. A. F. **Aplicação da cartografia geotécnica como subsídio para planejamento urbano no Setor Habitacional Fercal**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília-DF, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/38513>>. Acesso em 13 de março de 2021.

BARBIERI, C. **Áreas que podem alargar ou ter desabamento abrigam 6 mil famílias, Janela Indiscreta**, Metrôpoles, 06 de dezembro de 2019. Disponível em: <<https://www.metropoles.com/colunas/janela-indiscreta/areas-que-podem-alargar-ou-ter-de-sabamento-abrigam-6-mil-familias-no-df>>. Acesso em 15 de março de 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. TOPODATA, Bancos de Dados Geomorfológicos do Brasil. Disponível: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em 10 de julho de 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Riscos**, 201-. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>. Acesso em 10 de julho de 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em 30 de julho de 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **HIDROWEB v.3.2.6**, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas?codigoEstacao=20001150>>. Acesso em 27 de julho de 2021.

BUTLER, H; SCHMIDT, C.; SPRINGMEYER, D.; e LIVNI, J. **Spatial Reference**. Disponível em <<https://spatialreference.org/ref/?search=sirgas+2000>>. Acesso em 10 de julho de 2021.

G1. **Chuva provoca estragos na Fercal**. Globo. Distrito Federal, 26 de novembro de 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/distrito-federal/videos/v/chuva-provoca-estragos-na-fercal/2261631/>>. Acesso em 15 de março de 2021.

G1. **Forte Chuva alaga ruas na Fercal**. Globo. Distrito Federal, 20 de janeiro de 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/distrito-federal/videos/v/forte-chuva-alaga-ruas-da-fercal/3088893/>>. Acesso em 15 de março de 2021.

GDF - Governo do Distrito Federal. **Conheça a RA: Breve histórico da Fercal**, Administração Regional da Fercal, 14 de março de 201-. Disponível em:

<<http://www.fercal.df.gov.br/category/sobre-a-ra/conheca-a-ra/>>. Acesso em: 14 de março de 2021.

GDF - Governo do Distrito Federal. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação - SEDUH. **Geoportal**. Disponível em: <<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>>. Acesso em 15 de julho de 2021.

GDF - Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado da Segurança Pública. Subsecretaria do Sistema de Defesa Civil - SUDEC. Coordenação de Planejamento, Monitoramento e Controle. **Levantamento de Áreas de Risco do Distrito Federal**, Distrito Federal, 2019.

FERRAZ, C. M. L; VALADÃO, R. C.; HENRIQUES, R.J.; TRINDADE, B. C. e LADISLAU, F. F. **Uso de geotecnologias para mapeamento da suscetibilidade a inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: potencialidades e limitações**, Revista Vozes dos Vales. Minas Gerais: UFVJM, nº 24, ano VII, 2019. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2018/10/Caio0108.pdf>>. Acesso em 20 de julho de 2021.

HICKS, F. e PEACOCK, T. **Suitability of HEC-RAS for flood forecasting**. Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques, University of Albertav. n. 2, p. 159-174, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.4296/cwrj3002159>>. Acesso em 05 de março de 2021.

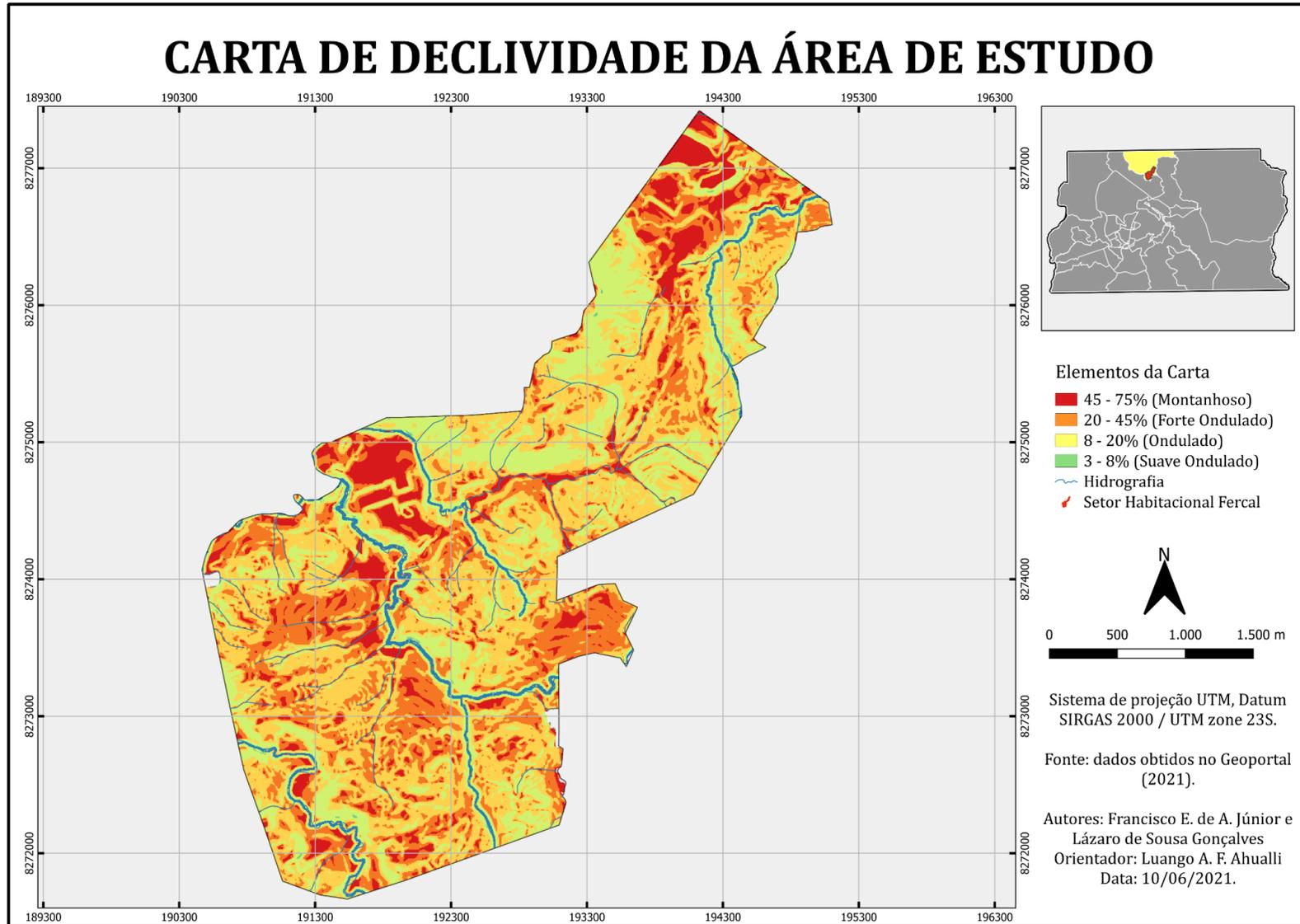
HORA, S. B. da; GOMES, R. L. **Mapeamento e avaliação do risco de inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA**. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia-MG, v.21, n. 2, p. 57-75, agosto de 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1982-45132009000200005>>. Acesso em 7 de março de 2021.

LIMA, A. P.; AMORIM, M. C. de C. T. **Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Paulo a partir de notícias de jornal**. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], v. 15, abril de 2015. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33406>>. Acesso em: 05 de março 2021.

MARANDOLA JR., E.; MARQUES, C.; PAULA, L. T. de; CASSANELI, L. B. **Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo**. Revista Brasileira de Estudos de População, vol.30, n.1 p.35-56, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-30982013000100003>>. Acesso em 12 de março de 2021.

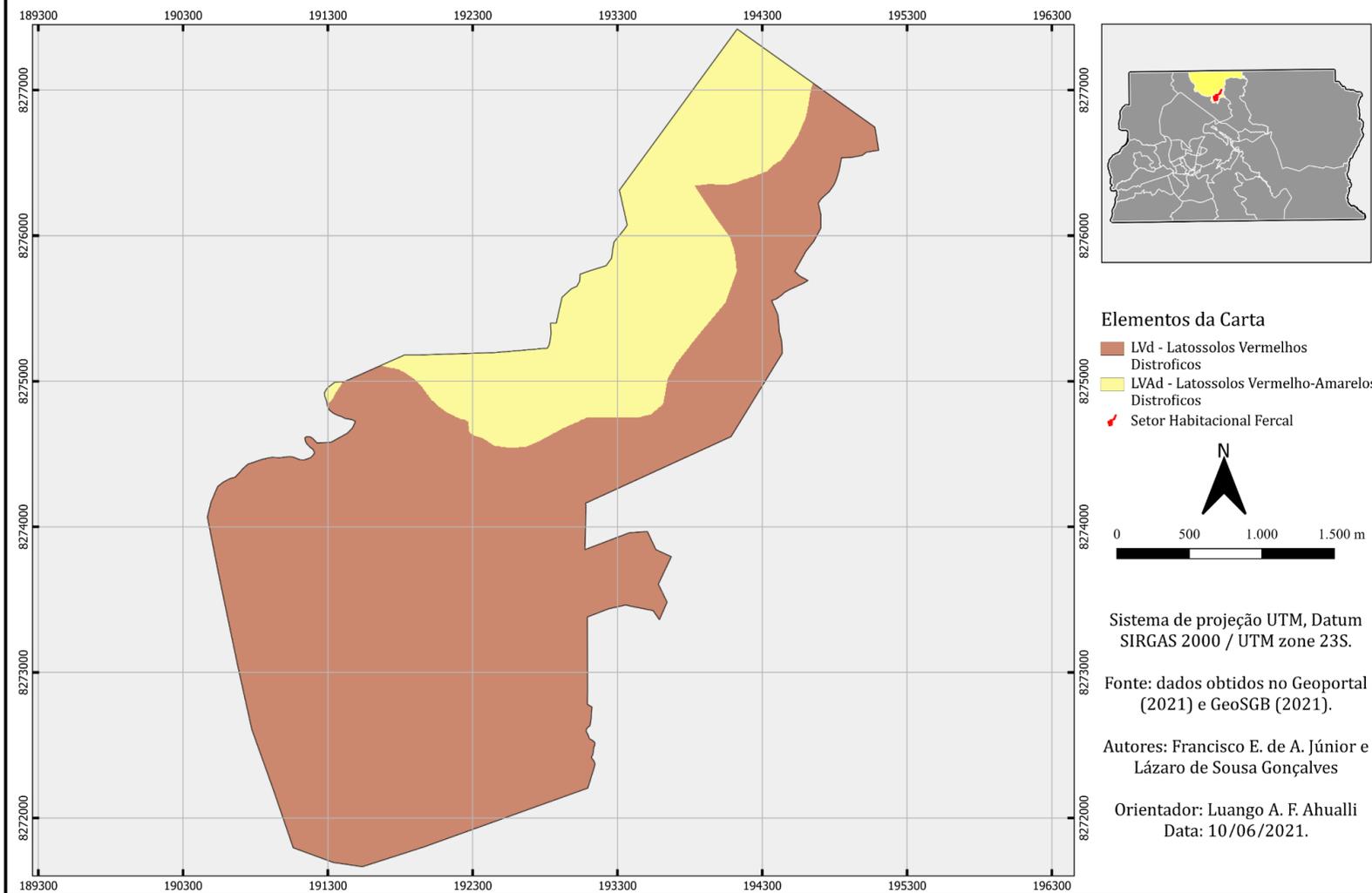
ROSA FILHO, A. **Os deslizamentos de encostas nas favelas em áreas de risco da “Suíça brasileira”**, ACTA Geográfica, Boa Vista, v.6, n.11, p.23-34, jan./abr. de 2012. Disponível em: <<https://revista.ufrn.br/index.php/actageo/article/view/764>>. Acesso em: 05 de março de 2021.

APÊNDICES A - Carta de declividade

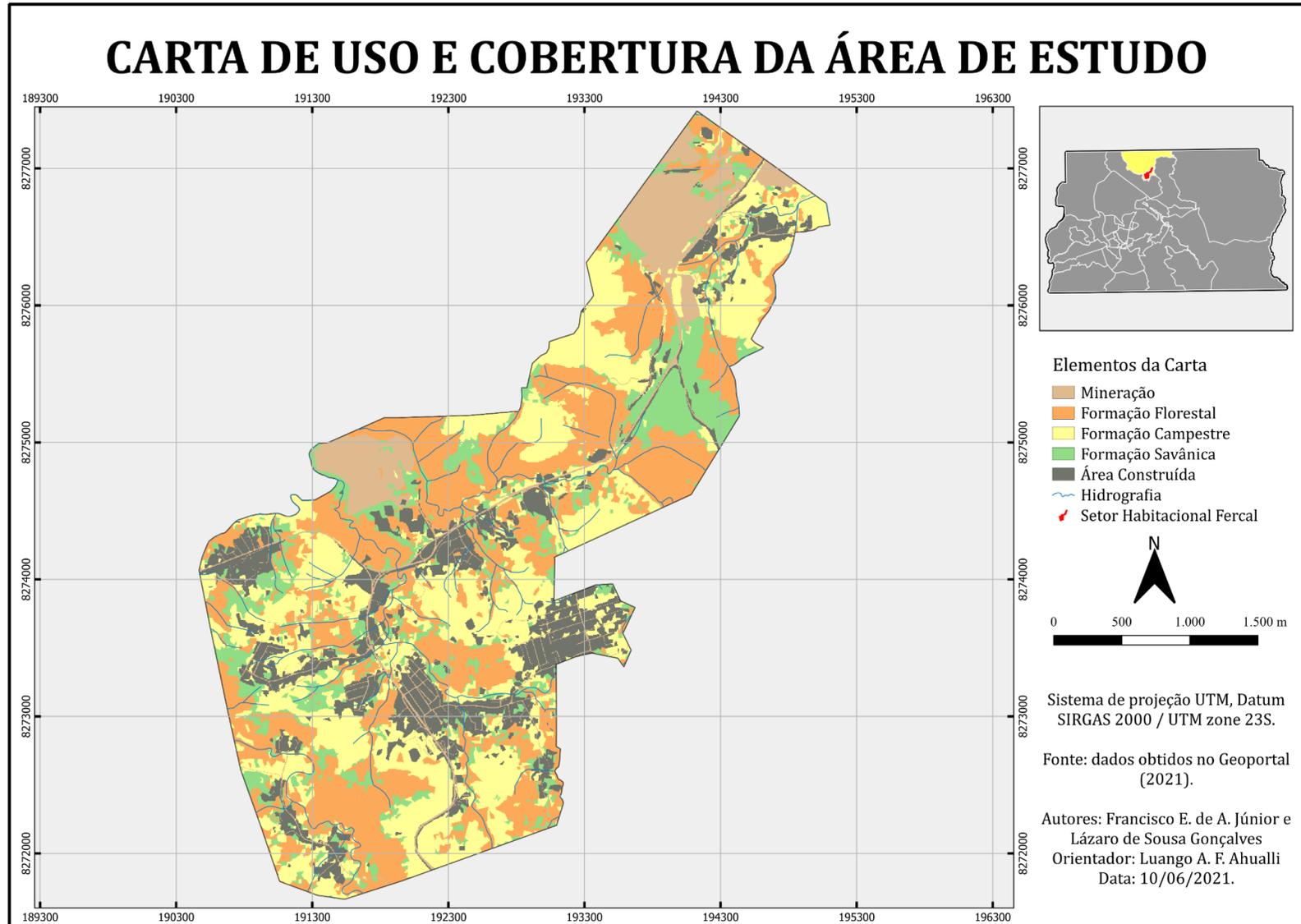


APÊNDICES B - Carta de solos

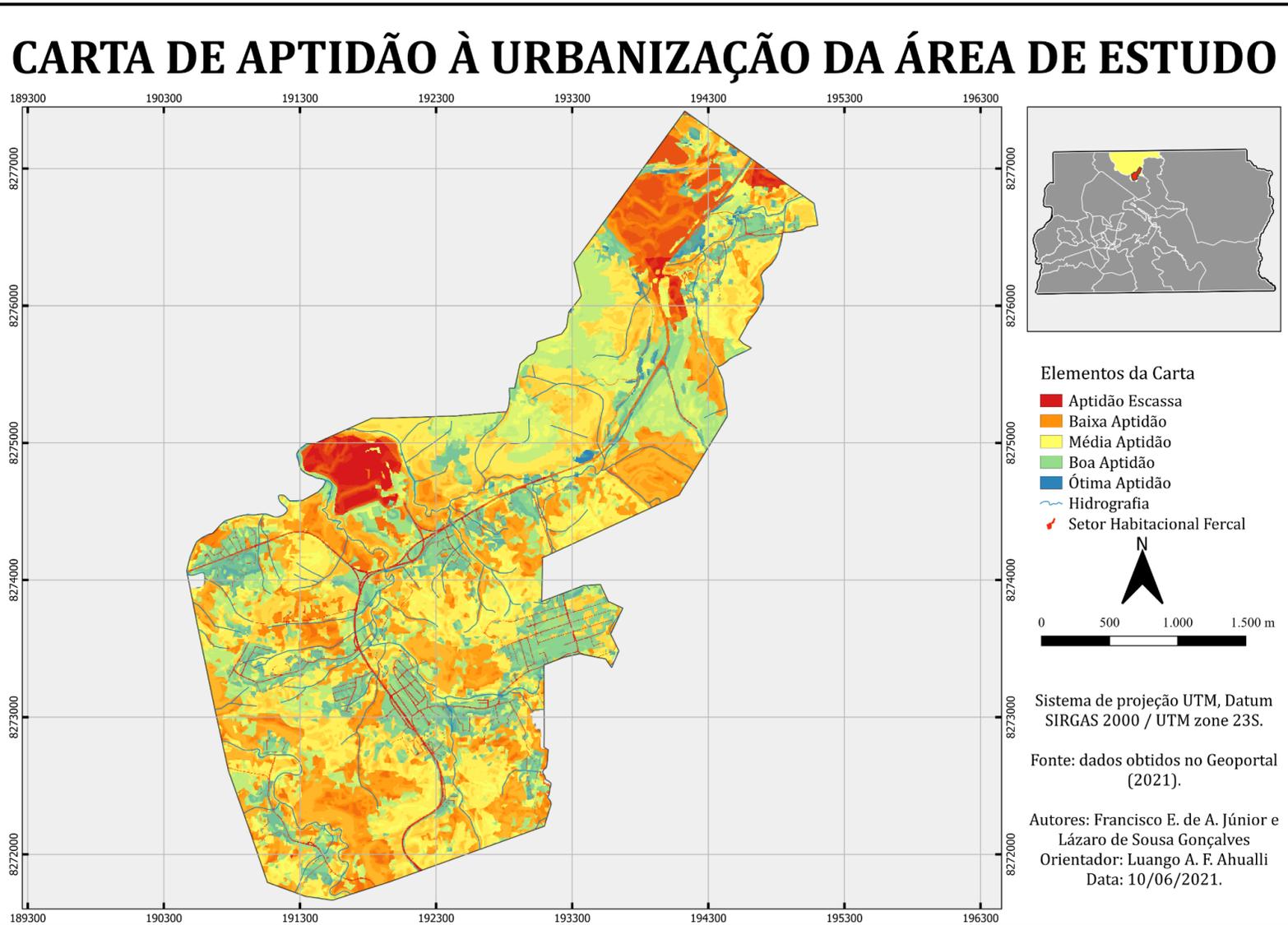
CARTA DE SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO



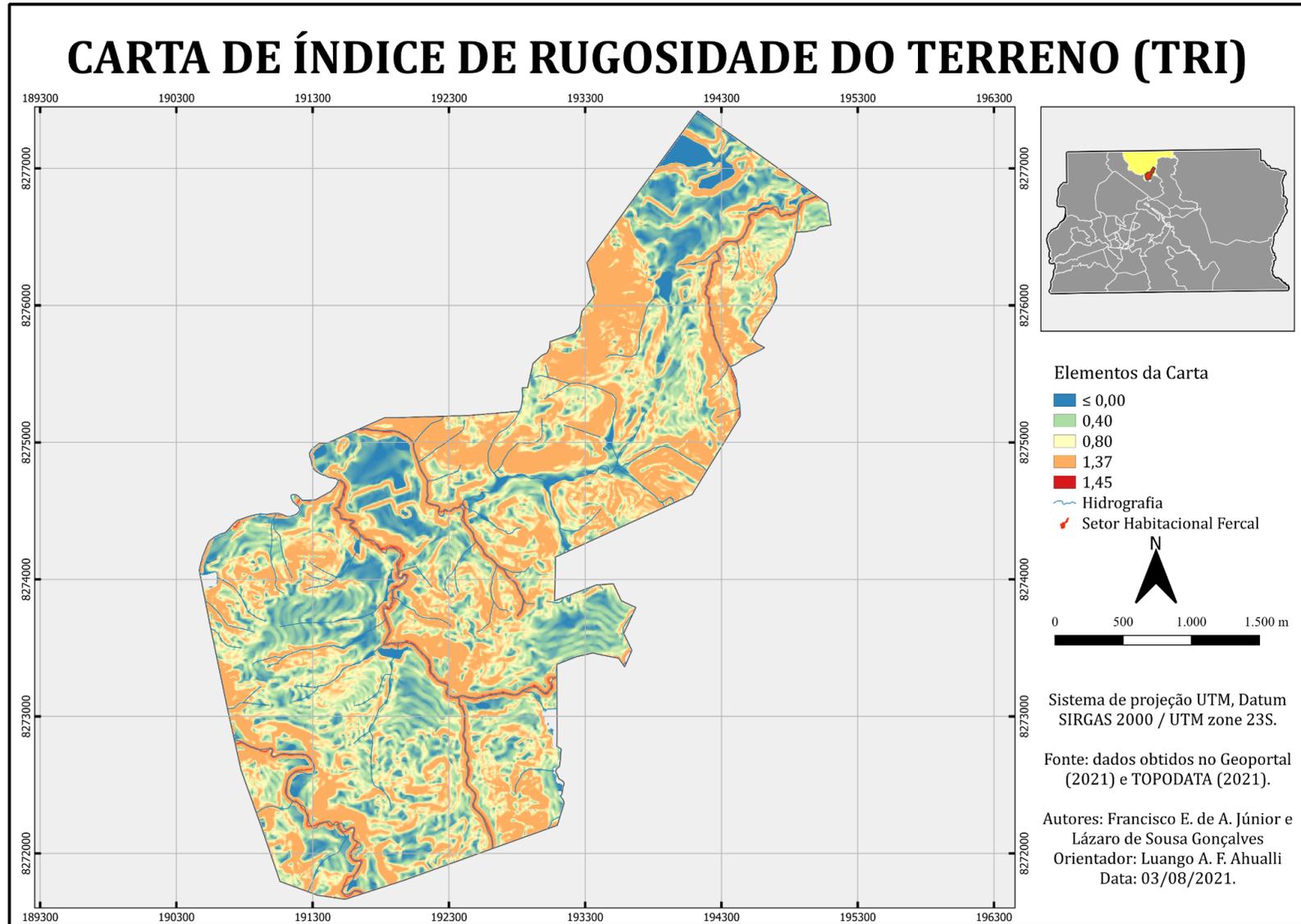
APÊNDICES C - Carta de uso e cobertura



APÊNDICES D - Carta de aptidão à urbanização



APÊNDICES E - Carta de índice de rugosidade do terreno (TRI)



APÊNDICES F - Carta de risco à inundação

CARTA DE RISCO À INUNDAÇÃO

