

Elaboração dos mapas de suscetibilidade dos solos de Pombos (PE) aplicando o geoprocessamento com software QGIS

Devido ao crescimento tecnológico e populacional é possível notar uma maior ocupação do solo. Visto que essa apropriação é feita, por muitas vezes, sem a projeção e com manejos de infertilidade, é necessário um maior detalhamento do terreno para fins construtivos, no qual são realizados mapeamentos geológicos-geotécnicos que permitem a elaboração de cartas de suscetibilidade do solo. Assim, este trabalho visa analisar a sensibilidade do solo do Município de Pombos-PE em relação a problemas geotécnicos por cartas de suscetibilidade, tendo como base os parâmetros pedológicos da região. Inicialmente, foi feito um levantamento dos dados geográficos do solo da cidade de Pombos - PE, para que em seguida fossem montadas as cartas de suscetibilidade e classificação quanto a sensibilidade do solo em baixa, média e alta, utilizando o método de Amorim (2004). Com isso, o território em estudo apresentou uma baixa suscetibilidade de ocorrência de solos expansivos, 1,43% de média suscetibilidade a solos colapsíveis, 22,09% de alta suscetibilidade a solos dispersivos e erosivos e 10,49% de alta suscetibilidade a solos moles. De posse dos dados, conclui-se que é possível mapear de forma eficaz, com poucos recursos e temas, a suscetibilidade dos solos relativos a problemas geotécnicos por meio do software QGIS v. 3.18.2.

Palavras-chave: Geologia Ambiental; Cartografia Geotécnica; Mapeamento geológico-geotécnico; Avaliação de suscetibilidade.

Elaboration of susceptibility maps for Pombos (PE) soil applying geoprocessing with QGIS software

Due to technological and population growth, it is possible to notice a greater occupation of the soil. Since this appropriation is made, many times, without the projection and with infertility managements, it is necessary a greater detailing of the land for construction purposes, in which geological-geotechnical mappings are carried out that allow the elaboration of soil susceptibility charts. Thus, this work aims to analyze the soil sensitivity of the Municipality of Pombos-PE in relation to geotechnical problems by susceptibility charts, based on the pedological parameters of the region. Initially, a survey was made of the geographical data of the soil of the city of Pombos - PE, so that the letters of susceptibility and classification were assembled as to the sensitivity of the soil in low, medium and high, using Amorim's method (2004). With this, the territory under study presented a low susceptibility to the occurrence of expansive soils, 1.43% of medium susceptibility to collapsible soils, 22.09% of high susceptibility to dispersive and erosive soils and 10.49% of high susceptibility to soft soils. In possession of the data, it is concluded that it is possible to effectively map, with few resources and themes, the susceptibility of soils related to geotechnical problems through the software QGIS v. 3.18.2.

Keywords: Environmental Geology; Geotechnical Cartography; Geological-geotechnical mapping; Susceptibility assessment.

Topic: **Engenharia Civil**

Received: **09/08/2021**

Approved: **11/11/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Valéria Elayne Carvalho dos Santos 

Centro Universitário FACOL, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/8325427818811796>

<https://orcid.org/0000-0002-3239-8071>

valeriaeg.civil@gmail.com

Guilherme Fernando Cavalcanti Pereira 

Centro Universitário FACOL, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/3333827836990109>

<https://orcid.org/0000-0002-8730-2364>

pereira.gfc@gmail.com

Iálysson da Silva Medeiros 

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5009920058744748>

<https://orcid.org/0000-0001-7112-5984>

ialysson.medeiros@ufpe.br

Martha Maria Bezerra Santos 

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2169917113082945>

<https://orcid.org/0000-0001-7330-5030>

martha.bezerra@ufpe.br



DOI: 10.6008/CBPC2318-3055.2021.003.0006

Referencing this:

SANTOS, V. E. C.; PEREIRA, G. F. C.; MEDEIROS, I. S.; SANTOS, M. M. B. Elaboração dos mapas de suscetibilidade dos solos de Pombos (PE) aplicando o geoprocessamento com software QGIS. **Engineering Sciences**, v.9, n.3, p.49-58, 2021. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.003.0006>

INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural de utilização do homem, em que é necessário o seu conhecimento para desenvolvimento de atividades como agropecuária, agricultura, realização de construções Civis, entre outros. Sua utilização em excesso degrada-o irreversivelmente, corrompendo o solo e tornando-o sensível.

Com o passar dos anos, observa-se um grande crescimento populacional e conseqüentemente uma expansão da malha urbana, fenômenos que, quando acontecem de maneira descontrolada, alteram profundamente o espaço geográfico. Tais modificações disparam o crescimento urbano em regiões que não são adequadas para moradia, como planícies de inundação e áreas de encostas (CEPED-RS/UFRGS, 2016).

A fim de maior detalhamento do terreno da região para fins construtivos são realizados mapeamentos geotécnicos que, segundo May et al. (2010) é uma ferramenta importante devido aos parâmetros oferecidos, os quais possibilitam a elaboração de mapas do terreno. Além disso, a finalidade desse mapeamento é agregar e explorar os dados de determinada área de estudo, onde pode-se considerar informações como a pedologia, topografia, hidrografia, rede de drenagem e dados obtidos através de sondagens (SILVEIRA, 2020).

Como pode-se perceber, diversas são as análises que podem ser realizadas em mapas de suscetibilidade. Assim, Liporoni (2021) elaborou a carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa do município de São Bernardo do Campo – SP, com dados geomórficos, geomorfológicos e ambientais, de forma que foram identificadas áreas de risco que já se encontram ocupadas. A autora conclui também que a fim de diminuir o dano potencial às propriedades e principalmente à vida das pessoas, seria cabível a realocação dessa população.

Quando é possível aliar o uso das cartas de suscetibilidade e as cartas de aptidão a urbanização torna-se viável associar o planejamento do uso do solo com a ocupação de áreas menos propensas a ocorrências de desastres, o que permite um melhor planejamento das medidas e obras de prevenção e de redução de riscos (UFABC, 2017).

Dessa forma, Moura et al. (2018) apresentaram as cartas de suscetibilidade e de urbanização de Angra dos Reis – RJ e por meio delas apontaram as áreas do Morro do Abel, Morro da Carioca, Morro do Carmo, Morro do Tatu e Morro do Perez como áreas que exigem a atenção das autoridades públicas. Além disso, os autores afirmam que a inserção da política de utilização das cartas na política urbana ainda não é suficientemente implementada.

Analogamente, Moura et al. (2019) analisaram as áreas de suscetibilidade a deslizamentos na Macro metrópole Paulista, identificando uma faixa com área de alta suscetibilidade a deslizamentos que se estende da Serra da Cantareira até os limites da Serra da Mantiqueira, contemplando municípios da baixada santista e do litoral norte.

Outro tipo de cartas de suscetibilidade muito realizadas é com relação a erosão. A elaboração dessas cartas leva em conta os atributos de solo, rocha, declividade, uso e ocupação do solo e a forma da encosta. Isso porque a erosão tem como mecanismos ativadores o clima, as condições do relevo, o substrato rochoso,

o tipo de solo e a cobertura vegetal (SENA, 2008).

O solo por sua vez tem suas características influenciadas pela ação do clima, da vegetação, da rocha, do relevo e do tempo de formação. Esses atributos resultam em um tipo de solo que será diagnosticado a partir da Pedologia. Segundo Simonson (1959), a pedogênese é o processo de formação dos solos, que se caracteriza pela adição, perda, transformação e transporte de material e atua desde o material de origem.

Os levantamentos pedológicos dão informações importantes sobre os horizontes das superfícies, geologia do local, sua formação e distribuição (CABRAL, 2018). Assim, segundo Mattson (1938, citado por MARTINS et al., 2016), a Pedosfera se situa em contato com a atmosfera, biosfera, hidrosfera e geosfera, e é uma forma de se definir o solo.

Tendo em vista esta realidade, é necessário que cada vez mais sejam realizados planejamentos territoriais, levando em consideração o grau de fragilidade ambiental da região que esteja sofrendo um processo de crescimento urbano (SILVA et al., 2019).

Dessa forma, devido à baixa produção técnico-científica de pesquisas referentes a Pedologia da região de Pombos-PE e a necessidade de enfatizar a importância de se obter informações sobre o solo que poderá servir para alguma atividade, viabilizou-se a elaboração desta pesquisa, com o objetivo de determinar a sensibilidade do solo do Município de Pombos-PE em relação a problemas geotécnicos, a partir de estudos realizados por cartas de suscetibilidade, tendo como base os parâmetros pedológicos da região. Dessa forma, a disponibilização das informações obtidas na pesquisa é de grande importância para o conhecimento da região e conseqüentemente uma adequação do uso consciente para melhor aproveitamento do solo no município, evitando possíveis problemas geotécnicos.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O Município de Pombos está localizado no estado de Pernambuco, situado na região nordeste do Brasil, e dista cerca de 60 km da capital (Recife). Limitado ao norte pela cidade de Passira, ao sul pela cidade de Primavera, ao leste pela cidade de Vitória de Santo Antão e a oeste pelas cidades de Gravatá e Chã Grande – Figura 1. A cidade detém uma área territorial de 239,876 km², que representa 0,24 % do estado de Pernambuco, e população estimada de 27.148 habitantes segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística¹.

Elevado à categoria de município pela Lei Estadual nº 4989, de 20 de dezembro de 1963 (ALEPE, 1963), a partir do desmembrado da cidade de Vitória de Santo Antão, o município de Pombos está localizado na mesorregião Mata e na Microrregião Vitória de Santo Antão do estado de Pernambuco. O acesso à cidade é realizado através da rodovia Luiz Gonzaga, BR-232, no quilômetro 58,5.

De acordo com a EMBRAPA², o município de Pombos, localizado no estado de Pernambuco, situado

¹ <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia.html>

² <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>

na região nordeste do Brasil, cuja área de 20.405 hectares, no qual está compreendido nela os solos aluviais, representando 3,09%, Gleissolos representando 10,49%, Latossolos Amarelos e Vermelhos-Amarelos, representando 1,43%, Podzólicos Amarelo e Vermelho-Amarelo representando 37,77%, Planossolos representando 17,99%, Podzólicos Vermelho-Amarelo 22,09%, Solos Litólicos representando 7,13%. A Figura 2 ilustra todas as unidades conforme citado anteriormente, quanto a Figura 3 traz as porcentagens do e acordo com o tipo de solo de uma forma mais ilustrativa.

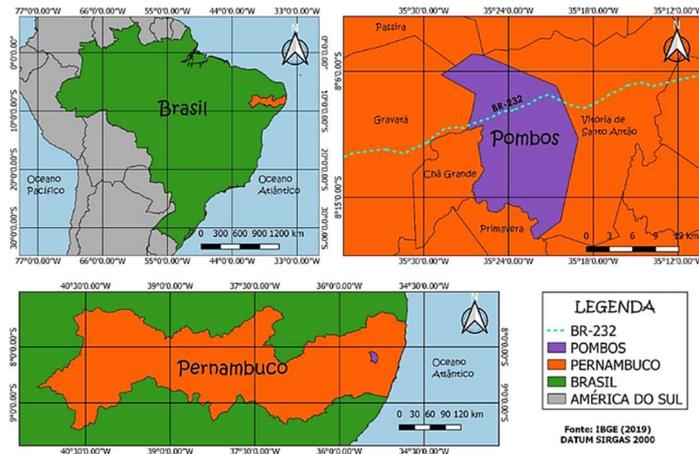


Figura 1: Localização da cidade de Pombos/PE. Fonte: IBGE³.

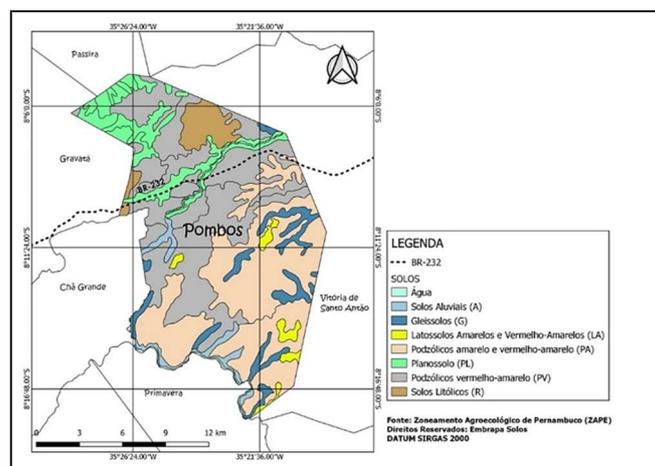


Figura 2: Distribuições e unidades de solo no município de Pombos-PE. Fonte: Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) (2021).

Segundo o diagnóstico do município de Pombos projeto cadastrado de fontes de abastecimento por água subterrânea (2005), o município de Pombos pertence ao grupo das superfícies retrabalhadas no qual constitui áreas em que o relevo tem sofrido retrabalho intenso, estando bastante dissecado e com vales profundos. O Município de Pombos também se encontra inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos Litotipos dos Complexos Salgadinho, Belém do São Francisco e Vertentes, das suítes Intrusiva leucocrática Peraluminosa e Calcicalcina de Médio a Alto Potássio Itaporanga e dos Granitóides Indiscriminados, como pode ser observado na Figura 4.

³ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/pombos/panorama>

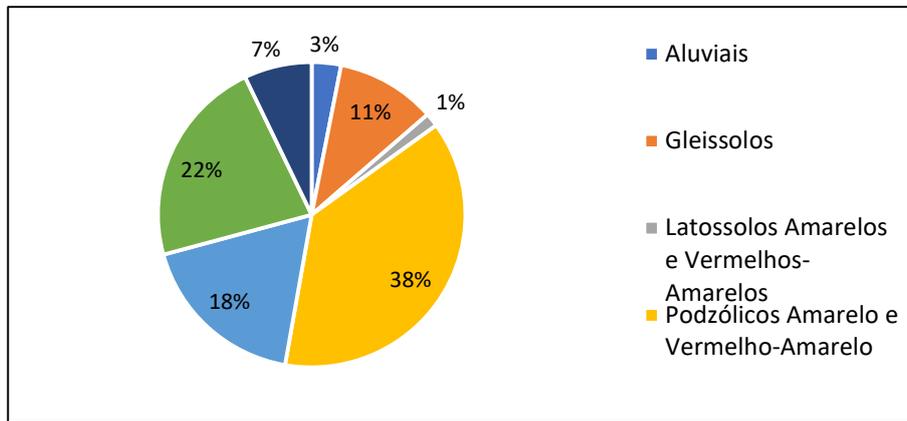


Figura 3: Unidades de solo no município de Pombos-PE e suas porcentagens. Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2018).

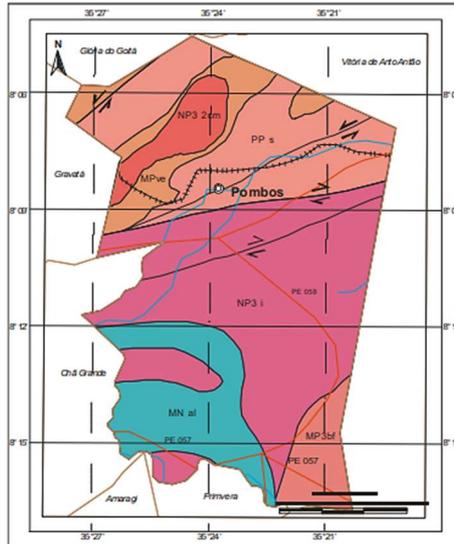


Figura 4: Província Borborema na cidade de Pombos. Fonte: CPRM (2005).

Etapas do estudo desenvolvido

A primeira fase do trabalho consistiu no levantamento de dados geográficos do solo da cidade de Pombos-PE, disponibilizados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA) e o projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.

Inicialmente foi feito um levantamento das unidades pedológicas no estado de Pernambuco, para que assim fosse possível identificar as características geotécnicas pertencentes a cidade de Pombos, dessa forma podendo constatar a suscetibilidade do solo da cidade de Pombos e sua possível aplicação de acordo com o uso. Após todo o levantamento pedológico foi elaborado cartas no qual identificam a suscetibilidade do solo ser considerando problemático do ponto de vista geotécnico (expansão, erosão, solos moles, disperso e colapso).

A classificação do grau de suscetibilidade dos solos problemáticos foi considerada com nível baixo, médio e alto para melhor entendimento. Foi utilizada a classificação apresentada por Amorim (2004) para a ocorrência de expansão e colapso em cada classe pedológica de solo. Para o potencial de dispersão, erosão e presença de solo mole, foram utilizados os graus de referência criados por Silva et al. (2020), com algumas modificações (Tabela 1).

A partir desses critérios, foi realizado um contraste entre as unidades pedológicas e as características

dos problemas geotécnicos ou das aplicações, onde foi classificado a suscetibilidade do solo em relação a expansão, erosão, solos moles, dispersivos e colapsáveis. É importante ressaltar que as análises seguintes são de caráter qualitativa, já que segundo Pereira et al. (2018) a pesquisa qualitativa caracteriza-se pela coleta de dados numéricos com medições de grandezas, obtendo-se números com as devidas unidades e as atribuições feitas não são sistemáticas. Nos tipos de solos que apresentam conformidades associadas aos seus critérios geotécnicos, no qual estes fossem relativos tanto a aplicação quanto a problemas geotécnicos, associa-se a característica de alta suscetibilidade. Por outro lado, em caso de discordância entre os tipos de solos e as características geotécnicas do solo, foi associado a uma baixa suscetibilidade. E para os casos intermediários, foi associado uma média suscetibilidade.

Em áreas onde foi identificado um tipo de solo, foi associado o grau em função das características geotécnicas, sendo relativo ao problema geotécnico. Onde havia dois tipos de solo, foi adotado o critério utilizado por Amorim (2004), que prescreve que a suscetibilidade final relativa a um solo composto que deveria ser a mais desfavorável em relação a áreas que foram identificadas com apenas um tipo de solo.

Tabela 1: Resumo das potencialidades de suscetibilidades do solo para ocorrência de colapso, expansão, erosão, dispersão e solo mole para as classes pedológicas de solo.

Horizontes	Classe Pedológica	Símbolo	Potencialidades de suscetibilidade				
			Colapso	Expansão	Erosão	Dispersão	Solos Moles
B Latossólicos	Latossolo Amarelo	LA	Médio/Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
	Latossolo Vermelho-Amarelo	LV	Médio/Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
	Latossolo Vermelho-escuro	LE	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
B Textural	Terra Roxa Estruturada	TR	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
	Podzólico Vermelho-Escuro	PE	Médio	Baixo/Alto	Alto	Médio	Baixo
	Podzólico Vermelho-Amarelo	PV	Baixo/Médio	Baixo/Alto	Alto	Alto	Baixo
	Podzólico Amarelo	PA	Baixo/Médio	Baixo/Alto	Baixo	Baixo	Baixo
	Podzólico Acinzentado	PZ	Baixo	Alto	Médio	Médio	Baixo
	Brunizem Avermelhado	BV	Baixo	Alto	Alto	Alto	Baixo
	Bruno não cálcico	NC	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Baixo
	Planossolo	PL	Baixo	Baixo/Alto	Baixo	Médio	Médio
B Solonético	Solonetz-Solidizado	SS	Médio	Médio	Médio	Alto	Baixo
B Podzol	Podzol	P	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
	Podzol Hidromórfico	HP	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
B Câmbico	Cambissolo	C	Baixo	Baixo/Alto	Baixo	Baixo	Baixo
Plíntico	Plintossolo	PT	Baixo	Baixo/Alto	Baixo	Baixo	Baixo
Glei	Gleissolo	G	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alto
Solos sem horizonte B ou pouco desenvolvido	Areias quartzosas	AQ	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Baixo
	Areias quartzosas marinhas	AM	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Baixo
	Solos Aluviais	A	Baixo/Médio	Baixo/Médio	Baixo	Baixo	Baixo
	Vertissolo	V	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Baixo
	Solo Litólico	R	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
	Regossolo	RE	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Rocha Inalterada	Afloramento de rochas	-	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: Adaptado de Amorim (2004) e de Silva et al. (2020). Legenda: Baixo/Alto e Baixo/Médio = o valor alto, baixo ou médio depende da atividade alta (Ta), baixa (Tb) ou média (Tm) dos solos.

A partir dos aspectos pedológicos foram elaboradas as cartas de suscetibilidade. Tais informações foram inseridas em um sistema de informação Geográfica (SIG), que possibilitou a execução de análises de

dados georreferenciadas. Também foi realizado a criação de banco de dados, automatização de arquivos de cartografias e a informação adquirida após a aplicação. A elaboração foi feita a partir do programa QGIS versão 3.18.2, onde o software cria, edita e analisa informações geoespaciais em conjunto com informações não gráficas.

Com os dados fornecidos pelo Topodata Geomorfométricos do Brasil, os dados pedológicos do solo foram tratados com auxílio do QGIS. A partir destes dados georreferenciados foi desenvolvida a carta pedológica. A carta referente ao município de Pombos-PE foi georreferenciada pelo Datum SIRGAS 2000. Na Figura 5 é apresentado o mapa pedológico que serviu de base para a execução das cartas de suscetibilidade com escala 1:250.000.

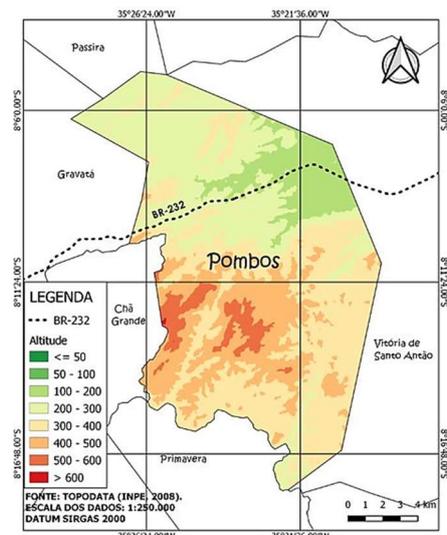


Figura 5: Mapa pedológico da cidade de Pombos. Fonte: TOPODATA⁴

RESULTADOS

De forma geral, os resultados da análise pedológica do Município de Pombos mostraram uma suscetibilidade baixa a expansão, não apresentando ocorrência de média ou alta suscetibilidade. Quanto ao colapso, o município apresentou 1,43% dos solos com média suscetibilidade (cerca de 3,430 km²) e 98,57% dos solos são de baixa suscetibilidade ao colapso (cerca de 236,446 km²), não havendo solos classificados com alta suscetibilidade ao colapso.

No que diz respeito a dispersividade, 22,09% dos solos do município de Pombos-PE foram classificados como alta suscetibilidade (cerca de 52,988 km²), 17,99% foram considerados de média suscetibilidade (cerca de 43,153 km²) e 59,92% foram classificados como baixa suscetibilidade (cerca de 143,733 km²)

Para a Erosividade, 22,09% dos solos do município foram classificados como alta suscetibilidade, o que corresponde cerca de 52,988 km², 7,13% são considerados de média suscetibilidade de modo que abrange cerca de 17,103 km², e 70,78% foram classificados como baixa suscetibilidade, no qual corresponde cerca de 169,784 km².

Por fim, para a ocorrência de solos moles na região, 10,49% dos solos do município foram

⁴ <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>

classificados como alta suscetibilidade, o que corresponde cerca de 25,162 km², 17,99% são considerados de média suscetibilidade de modo que abrange cerca de 43,153 km², e 71,52% foram classificados como baixa suscetibilidade, no qual corresponde cerca de 171,559 km².

A Figura 6 mostra o mapa exploratório dos solos do município de Pombos – PE (a), juntamente com o mapa de suscetibilidade dos solos: (b) à expansão, (c) ao colapso, (d) à dispersão, (e) à erosão e (f) à ocorrência de solos moles.

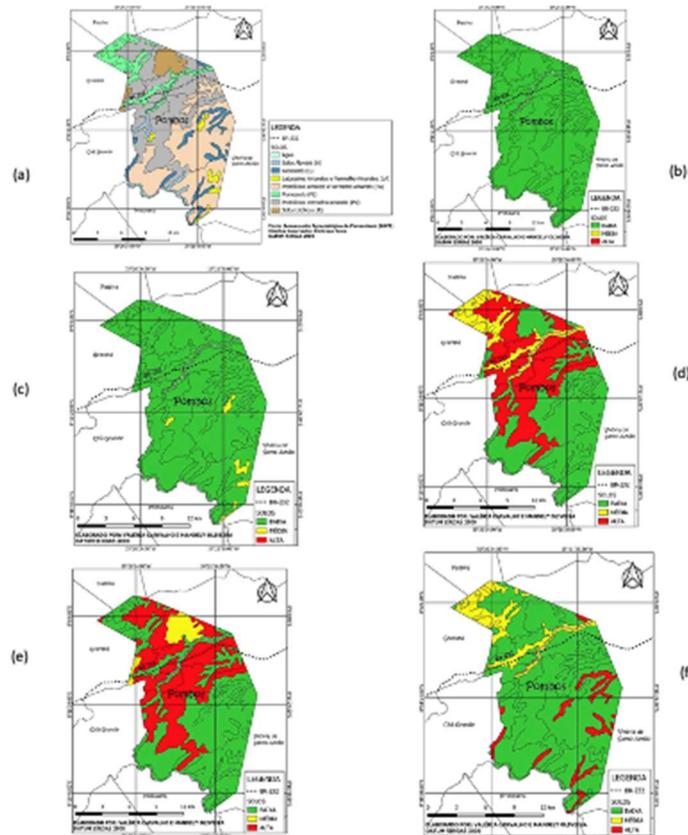


Figura 6: Mapa pedológico (a) e Mapa de suscetibilidade dos Solos da cidade de Pombos, Pernambuco, Brasil: (b) expansão; (c) colapso; (d) dispersão; (e) erosão; (f) solos moles

DISCUSSÃO

Quando comparado ao estudo de Amorim (2004), com mesma metodologia, o autor encontrou uma taxa de 60,7% de baixa suscetibilidade, 16,5% de média e 20,3% de alta suscetibilidade à expansão para todo o estado de Pernambuco, de forma que o município de Pombos tem suscetibilidade de ocorrência de solos expansivos menor que o do Estado.

De forma similar, Amorim (2004) obteve para o estado de Pernambuco 60,3% de baixa suscetibilidade, 32,6% de média e 4,7% de alta suscetibilidade ao colapso. Assim, o município de Pombos possui, novamente, uma menor suscetibilidade a solos colapsáveis do que o próprio Estado.

Assim, através dos dados obtidos e explicitados anteriormente, percebe-se que a região de Pombos-PE tem maior suscetibilidade a solos dispersíveis e erosivos do que aos demais tipos de solos. Nota-se também que os solos expansivos apresentam baixa suscetibilidade dentre os aspectos analisados.

A suscetibilidade do solo do município foi comparada entre os diversos tipos de solos da região (Figura 7), em que a baixa suscetibilidade à solos colapsáveis e expansivos fica ainda mais evidente quando

contraposta com as demais, confirmando que o solo da região não sofrerá problemas ocasionados pelos fenômenos de colapsividade e expansibilidade.

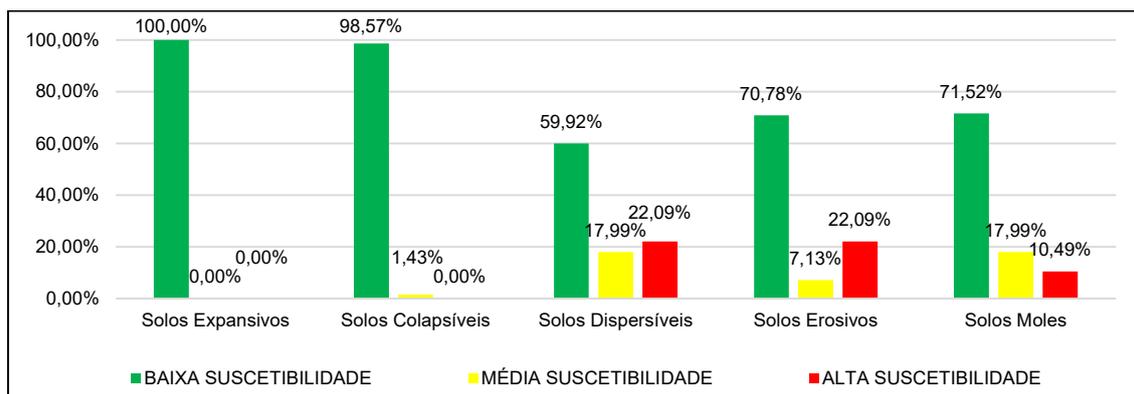


Figura 7: Gráfico geral dos resultados de suscetibilidade do Município de Pombos-PE.

CONCLUSÃO

O Mapa de Suscetibilidade dos solos do município de Pombos-PE traz como resultado um documento que corresponde a espacialização da fragilidade geológico-geotécnica local, possibilitando a identificação das áreas de riscos e seus respectivos graus de fragilidade. Este documento contribui diretamente aos gestores municipais para um estudo mais assertivo e seguro de um futuro zoneamento da área em estudo, proporcionando um processo de expansão da população urbana com um menor impacto ambiental possível.

O seguimento das etapas efetuadas no presente estudo foi o suficiente para a elaboração de cartas de suscetibilidade, podendo ser aplicado tanto em obras na Engenharia Civil, quanto aos problemas geotécnicos considerados. As cartas foram elaboradas por meio de *software* específico para ambiente de sistema de informação Geográfica (SIG), onde mostram-se importantes para estudos preliminares e pré-projetos, para os que necessitem o levantamento de áreas suscetíveis a problemas geotécnicos.

A escolha da carta de suscetibilidade na escala de 1:250.000 com a melhor representação gráfica para compreensão de problemas geotécnicos da área estudada se deve à falta de bases mínimas de informações em escalas maiores o que impede o maior detalhamento. Dessa forma, o objetivo dessas cartas é disponibilizar informações dos problemas geotécnicos encontrados no solo da região, precipitando cuidados para o uso dele.

Além disso, os resultados obtidos, nesse estudo demonstraram que é possível mapear de forma eficaz, com poucos recursos e temas a suscetibilidade dos solos relativos a problemas geotécnicos utilizando o *software* QGIS v. 3.18.2. O grande benefício do programa de geoprocessamento está na capacidade e facilidade de armazenamento de dados, a forma de trabalhar com dados espaciais, atualização de dados, e na precisão quanto aos resultados obtidos.

Tal abordagem tem como intuito dar mais precisão a leitura das cartas segundo os critérios de Amorim (2004), no qual, foi possível deixar as informações com mais clareza quanto ao grau de suscetibilidade de problemas geotécnicos no Município de Pombos-PE, classificando em baixa, média e alta.

Vale ressaltar que o estudo de áreas suscetíveis a problemas geotécnicos não é um estudo exato,

mas um estudo baseado em interpretações de dados, onde a qualidade desses dados é um fator muito importante. Nesse caso o mapeamento de campo baseado em análises geotécnicas enfatiza os dados recolhidos do estudo, mitigando os erros.

REFERÊNCIAS

ALEPE. Assembleia Legislativa do estado de Pernambuco. **Lei estadual nº 4.989**, de 20 de dezembro de 1963. Recife: DO, 1963.

AMORIM, S. F.. **Contribuição à Cartografia Geotécnica: Sistema de Informações Geográficas dos Solos Expansivos e Colapsíveis do Estado de Pernambuco (SIGSEC-PE)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

CABRAL, L. J. R. S.. **Levantamento pedológico da planície do delta do Parnaíba, PI**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.

CEPED-RS. **Mapeamento da Vulnerabilidade à Áreas Susceptíveis à Inundações e Deslizamento em 8 Municípios do Rio Grande do Sul- Igrejinha**. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Pernambuco: Diagnóstico do Município de Pombos**. Recife, 2005.

LIPORINI, F. B.. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa no município de São Bernardo do Campo – SP utilizando ferramentas de geoprocessamento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2021.

MARTINS, E. S.; VASCONCELOS, V.. Zoneamento agrogeológico como ferramenta para o manejo regional da fertilidade de solos agrícolas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3. **Anais**. Pelotas, 2016.

MOURA, R. B.; CANIL, K.. Utilização das cartas de suscetibilidade e de aptidão à urbanização como forma de compreensão dos limites de ocupação do território no município de Angra dos Reis, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO

DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 16. **Anais**. São Paulo, 2018.

MOURA, R. B.; CANIL, K.. Vulnerabilidade social, suscetibilidade e riscos de deslizamento: Um estudo sobre a macrometrópole Paulista. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, 13. **Anais**. São Paulo, 2019.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M.; PARREIRA, F. J.; SHITSUKA, R.. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: UFSM, 2018.

SENA, J. N.. **O uso do sistema de informação geográfica na avaliação de diferentes alternativas de geração de cartas de suscetibilidade à erosão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

SILVA, A. N.; SCHULER, C. A. B.; FALCÃO, N. A. M.. Mapeamento e Análise da Fragilidade Ambiental do Município de Paripueira-AL. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.42, n.4, p.155-162, 2019.

SILVA, T. B.; BELLO, M. I. M. C. V.; FERREIRA, S. R. M.. Correlações das classes pedológicas com características geotécnicas aplicadas ao uso e ocupação do solo. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.5, n.3, p.346-358, 2020.

SILVEIRA, P. E. M.. **Procedimento para elaboração de cartas geotécnicas aplicadas a solos colapsíveis em áreas urbanas utilizando o método do detalhamento progressivo**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2020.

SIMONSON, R. W.. Outline of a generalized theory of Soil Genesis. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v.23, p.152-156, 1959.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.