

Mapeamento geotécnico e gestão territorial: análise bibliométrica da produção científica nacional e internacional

André Felipe Bozio

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, andrefbozio@gmail.com

Helen Aline Jacinto

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, helenalinesenai@gmail.com

Vivian da Silva Celestino Reginato

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, vivian.celestino@ufsc.br

Rafael Augusto dos Reis Higashi

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, rhigashi@gmail.com

RESUMO: Os documentos provenientes dos mapeamentos geotécnicos são importantes norteadores para planejadores e gestores territoriais, tornando-os fortes instrumentos. Haja vista a necessidade da elaboração de cartas relativas ao mapeamento geotécnico, é notório que os conhecimentos acerca do estado da arte seja um fator relevante para a contribuição do campo teórico da temática. Neste sentido o objetivo deste artigo é apresentar um panorama da produção científica acerca do mapeamento geotécnico de forma a contemplá-lo como instrumento de gestão do território. Como método para se chegar aos resultados foi utilizada a pesquisa bibliográfica exploratória e bibliométrica, que permitiu realizar uma revisão sistemática da literatura da área a partir das produções brasileiras e internacionais produzidas do novo milênio, entre os anos de 2000 e 2019. Foram analisados 41 trabalhos, categorizados de acordo com a área de estudo mapeada. Os produtos analisados também foram classificados por suas abordagens metodológicas, temporais, autorais e temáticas. Os resultados advindos da pesquisa providenciaram uma perspectiva panorâmica científica acerca do conceito de mapeamento geotécnico, revelando-o como um influente instrumento de subsídio ao planejamento e gestão territorial das cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento Geotécnico; Gestão Territorial; Planejamento Territorial; Instrumento de Gestão Territorial; Bibliometria.

1 INTRODUÇÃO

O acelerado e desordenado crescimento populacional no território impacta diretamente os sistemas ambientais e físicos das cidades, isto, desde as primeiras décadas do século XX, de acordo com Xavier e Bressani (2019). Esta situação resulta em alterações e impactos como desmatamentos, disposição inadequada de resíduos sólidos, inundações, ausência de tratamento de efluentes e movimentos de massa (RUIZ JUNIOR e OLIVEIRA, 2013).

A partir desta problemática, surge a necessidade

de investigar e cartografar o meio físico no contexto geológico-geotécnico (XAVIER e BRESSANI, 2019). Para fins de uso e ocupação do solo as investigações prévias garantem ao planejador territorial um maior grau de confiabilidade em seus projetos (MASOUD, 2016), e aos gestores territoriais, um maior domínio e reconhecimento do território (EL AAL e MASOUD, 2018).

Na conjuntura das aplicações práticas deste tipo de cartografia, Andrade e Quinta-Ferreira (2017) afirmam que o mapeamento geotécnico se aplica em projetos de ordenamento e planejamento territorial, obras de grande e pequeno porte, sendo elas lineares

ou pontuais, aplicações em análises de estabilidade de taludes, acerca dos desastres naturais e áreas de risco.

O mapeamento geotécnico produz documento cartográfico e este documento, conforme Chaminé *et al.* (2016) é um importante instrumento na gestão urbana, acerca dos levantamentos de investigações geotécnicas, comportamento dos solos, recursos geológicos, avaliações de patrimônio e riscos geográficos com a finalidade do planejamento urbano e territorial. Todavia, a área de estudo que será analisada geotecnicamente por meio da cartografia, bem como sua finalidade, implica diretamente nas escolhas da metodologia, instrumentos tecnológicos, escalas, entre outros meios para se chegar ao resultado final (ANDRADE e QUINTA-FERREIRA, 2017).

A partir da contextualização por hora desenhada, é proposto o seguinte questionamento: Como estão sendo desenvolvidos os estudos em âmbito nacional e internacional, relativos aos trabalhos de mapeamento geotécnico como instrumento de gestão territorial, de forma a compor o estado da arte para esta temática?

A análise bibliométrica, área conexas à Ciência da Informação, proporciona um relevante diagnóstico da produção científica acerca de um determinado tema, já que retrata o comportamento e o desenvolvimento, apontando lacunas teóricas e empíricas de certo campo de conhecimento (ARAÚJO e ALVARENGA, 2011), quantificando as características presente em uma determinada amostra de trabalhos (PRITCHARD, 1969; TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

Destarte, o objetivo deste artigo é apresentar um panorama da produção científica acerca do mapeamento geotécnico de forma a contemplá-lo como instrumento de gestão do território. Especificamente o objetivo é apresentar um panorama da produção científica engendrada em âmbito brasileiro e mundial ocorrida nos primeiros anos do século XXI.

Este estudo contribui ao apresentar a produção científica dos trabalhos relativos ao mapeamento geotécnico, o que viabiliza, a partir das lacunas identificadas, delinear uma agenda de pesquisa futura.

2 MATERIAIS E MÉTODO

Tendo em vista a realização do objetivo proposto, realizou-se um levantamento bibliográfico em relação ao mapeamento geotécnico de forma a reunir a produção científica do novo milênio, no lapso temporal entre 2000 a 2019, contemplando as

publicações em periódicos indexadas nas seguintes bases de dados: Scielo, Web of Science, Scopus, Science Direct, juntamente com uma pesquisa dos artigos na base Google Scholar.

Cabe salientar que a triagem da amostra inicial se deu pelas seguintes palavras chaves: *Geotechnical Mapping*, *Geotechnical Cartography*, e no idioma português: Mapeamento Geotécnico e Cartografia Geotécnica. A escolha pelas palavras chaves em inglês se justifica pelo objetivo do artigo, haja vista que se pretende analisar o contexto internacional das pesquisas em mapeamento geotécnico, ademais, as portuguesas se esteiam na ideia da análise da produção em nível nacional. O período de acesso nas bases de dados ocorreu no mês de maio de 2020.

No tocante à metodologia que fundamenta esta bibliometria, foi utilizado o método de *Systematic Review*, elaborada por Dybå e Dingsøyr (2008), os quais definem uma estrutura de triagem de artigos relevantes de um determinado campo de conhecimento. O método consiste em uma triagem por etapas dos estudos encontrados nas bases de dados, analisando em cada uma destas algum tópico específico do texto, finalizados com a leitura integral do trabalho. Para elucidar as etapas deste método e o processo de filtragem dos trabalhos que constituem a amostra final deste trabalho, a Figura 1 determina um resumo das etapas concretizadas.

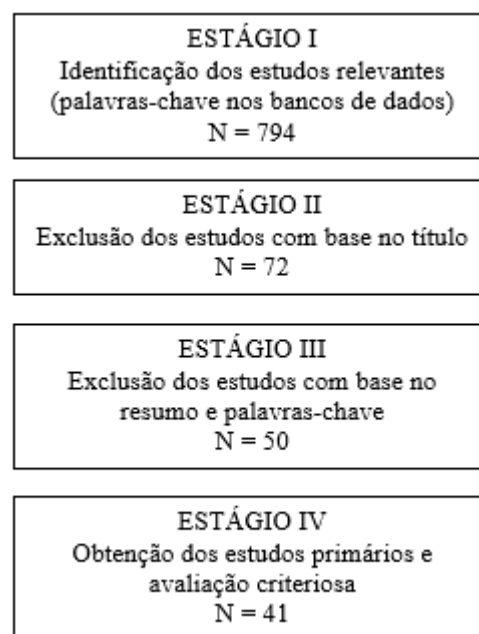


Figura 1. Processo de seleção dos trabalhos.

O primeiro estágio consistiu na triagem de todos os artigos encontrados nas bases de dados, por meio das palavras chaves supracitadas. Por consequência

foram encontrados 794 trabalhos, contendo apenas artigos de periódicos. Nesta primeira triagem, a amostra integral compôs-se de artigos duplicados e/ou que não necessariamente fossem relacionados à temática.

Na segunda etapa de filtragem, foram observados e selecionados trabalhos nos quais continham em seu título e/ou palavras-chave, os termos utilizados para buscá-los nas bases de dados (*Geotechnical Mapping*, *Geotechnical Cartography*, Mapeamento Geotécnico e Cartografia Geotécnica). Dybå e Dingsøyr (2008) informam que os trabalhos duplicados sejam descartados nesta fase, bem como artigos que não condizem com a temática em questão. Neste sentido, foi descartado o total de 722 artigos, resultando em uma amostra de 72 textos.

No terceiro estágio de triagem, a amostra de 72 artigos foi submetida a uma análise criteriosa dos resumos e palavras-chave. Esta etapa consiste em verificar o objetivo principal do artigo, no qual o mesmo deveria abordar a elaboração de um mapeamento geotécnico, independente da sua finalidade, ou ensaios teóricos relacionados ao tema, reduzindo a amostra em 50 artigos. De modo final, o quarto estágio abarcou a leitura integral e crítica do texto em seu alto teor, considerando aqueles que realmente tratam a temática como ponto central do trabalho, não apenas o citam. Para esta etapa e amostra final desta bibliometria, somaram-se um total de 41 artigos.

Os trabalhos selecionados foram analisados e categorizados por meio de um fichamento, objetivando as principais informações contidas em cada artigo. Após isto, os textos foram categorizados e planilhados eletronicamente. Nesta etapa de organização, os textos foram divididos em duas planilhas, delimitadas pela área de estudo. Estruturou-se uma planilha contendo pesquisas fora do Brasil e outra, delimitando-se em escala nacional, com a aplicação do mapeamento geotécnico no território brasileiro.

A partir desta divisão, cada planilha contendo os trabalhos foi dividida de acordo com os seguintes atributos: (1) autor(es), (2) nome da revista, (3) área de estudo, (4) ano de publicação, (5) instituição de origem dos autores, (6) palavras-chave, (7) objetivos do mapeamento, (8) método de cartografia geotécnica e (9) *softwares* utilizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos 41 artigos obtidos no Estágio IV, 27 deles foram classificados como estudos realizados em âmbito nacional, devido à área de estudo se localizar em território brasileiro. Já os 14 artigos

restantes foram classificados como estudos realizados em âmbito internacional.

3.1 Panorama da Produção Científica Internacional

Os primeiros resultados dizem respeito à quantidade de artigos encontrados em áreas de estudos fora do Brasil, conforme Figura 2. Com uma amostra final de 14 artigos, no que tange ao enquadramento do trabalho, há a preponderância de 12 artigos teórico-empíricos, com áreas de estudos delimitadas, apresentando dados relevantes ao contexto estudado, e dois artigos abarcando ensaios teóricos.

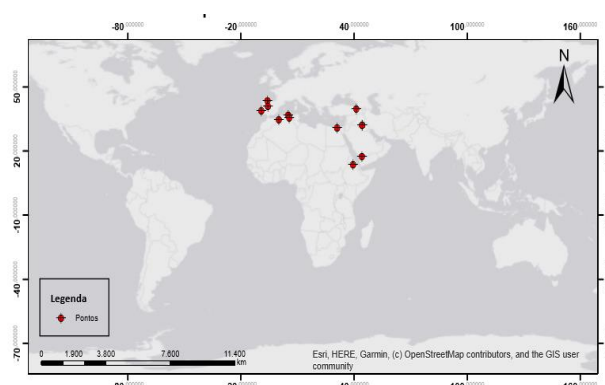


Figura 2. Mapa de localização das áreas de estudo internacionais.

A partir da triagem dos dados foi possível destacar três autores que publicaram mais de uma vez com o tema sobre mapeamento geotécnico, sendo eles BELLAKHDAR, K., HOUMADI, Y. H. e MASOUD, A. A.

A partir das análises realizadas pelo planilhamento dos artigos identificou-se que as instituições que mais publicaram entre os períodos de 2000 a 2019 foram a *University of Kufa*, localizada no Iraque e a *Tanta University*, localizada no Egito.

Estes estudos trouxeram o mapeamento como subsídio a explicação para os fenômenos de argilas expansivas em zonas de risco (HOUMADI *et al.*, 2009; MOHAMMED *et al.*, 2010; EL AAL e MASOUD, 2018), justificado pelo fato destas áreas estarem contidas em zonas em que o solo sofre longos períodos de cheias e grandes períodos de seca, ocasionando desta forma um inchaço e encolhimento do mesmo (CAMERON, 2006; CLAYTON *et al.*, 2010).

Quanto ao ano de publicação dos artigos em área de estudo internacional, observa-se na Figura 3 que os anos de 2016 e 2017 obtiveram maior número de pesquisas relacionados, apresentando 3 publicações para cada ano.

Considerando que foram analisados os últimos 20 anos, é razoável afirmar que a quantidade de estudos realizados é baixa, retratando a incipiência das pesquisas em âmbito internacional. Na primeira década analisada, apenas 4 publicações foram encontradas. A partir de 2011 é possível concluir que houve um esforço eminente na produção científica internacional nesta área do conhecimento, totalizando 10 trabalhos. Ainda que seja perceptível a lacuna no tocante ao mapeamento geotécnico neste período, houve um leve aumento a partir da segunda década.



Figura 3. Publicações internacionais por ano.

No que tange às temáticas centrais destes trabalhos, a construção de banco de dados geotécnicos lidera o *ranking* com 26,67% da amostra, buscando contribuir nas investigações geotécnicas locais para emprego de uso e ocupação do solo, geoespacializando por meio de *softwares* SIG os parâmetros geotécnicos para cada área. Logo após, são classificados artigos que tiveram por objetivo a construção do mapeamento geotécnico como subsídio ao planejamento territorial (20,00%) trazendo contribuições acerca da otimização da gestão dos planejadores, fazendo com que estes nas etapas de projeto e planejamento observem áreas de risco ou que gerem custos excessivos às obras de engenharia civil (GURE *et al.*, 2013; MASOUD, 2016), podendo servir como mitigadores e para análises de desastres naturais (MARTÍNEZ-GRANA *et al.*, 2013), apesar destes mapas não substituírem análises pontuais para as diferentes obras civis (GURE *et al.*, 2013).

A fim de utilizar estes mapeamentos para análises das fundações (13,33%) os autores buscaram geoespacializar os parâmetros geotécnicos de forma a retirarem aspectos acerca das fundações e contribuir com a adoção de medidas preventivas e de controle nos projetos e obras (LILLOUCH *et al.*, 2018; EL AAL e MASOUD, 2018). As áreas de risco (13,33%) também foram foco destes trabalhos, retratando as primeiras estimativas em áreas de deslizamento de terra (HOUMADI *et al.*, 2009) e inchamento dos solos (MOHAMMED *et al.*, 2010).

Por fim, foram levantados trabalhos relacionados a movimento de massa, riscos sísmicos, suscetibilidade de solos, ambos com apenas um artigo (6,67%).

No âmbito de natureza do artigo, o único ensaio teórico traz as principais contribuições da cartografia geotécnica com fins ao planejamento urbano, à ocupação racional dos terrenos e para as construções civis (pontuais ou lineares), igualmente, realiza um apanhado histórico da cartografia geotécnica em Portugal (ANDRADE e FERREIRA, 2017).

É razoável afirmar que há uma incipiência na produção de artigos teóricos os quais buscam uma discussão conceitual das práticas de mapeamento geotécnico, trazendo à luz a necessidade de desenvolver os conceitos acerca desta prática no contexto internacional. Contudo, os artigos empíricos, aqueles que aplicaram as técnicas de mapeamento geotécnico em uma determinada área de estudo, trazem nas descrições de suas metodologias um enredo não padronizado e uma metodologia de mapeamento não justificada para as determinadas áreas de estudo, visto que isso assume grande responsabilidade na qualidade do produto final.

Em uma amostra de 14 artigos empíricos, apenas quatro determinaram de forma explícita a escolha de um método previamente definido acerca do mapeamento, sendo que 10 destes, ou seja, 71% da quantidade de artigos empíricos internacionais não delimitam de forma clara e explícita o método e a escolha deste para sua aplicação.

Realizou-se juntamente uma análise dos subsídios digitais e *softwares* para a organização, compilação e representação das propriedades e produtos finais do mapeamento. A maioria dos autores descreveu como "um software da plataforma GIS" (40%), ou não especificaram (27%). Dentre os *softwares* descritos destacam-se o ArcGIS (13%), ArcView (6%), Surfer (7%) e MapInfo (7%).

3.2 Panorama da produção Científica Brasileira

Na triagem dos artigos obteve-se 27 trabalhos de âmbito nacional. Da amostra total para nível nacional, 25 artigos são considerados empíricos, apresentando informações e resultados acerca das áreas de estudos determinadas. E dois artigos enfatizam a teoria. As localizações das áreas estudadas em território brasileiro estão identificadas por meio da Figura 4.

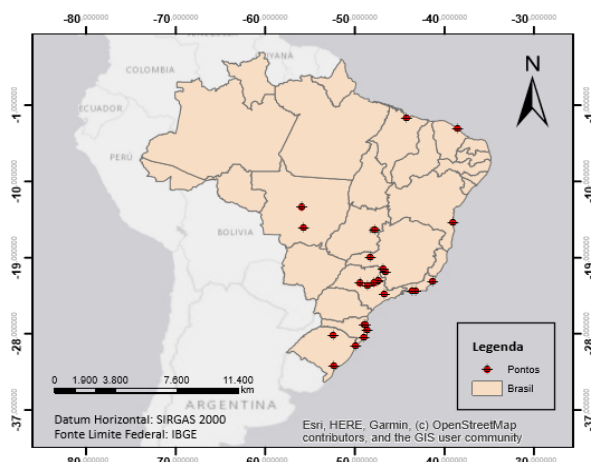


Figura 4. Mapa de localização das áreas de estudo nacionais.

A partir da geoespacialização dos pontos estudados, nota-se uma prevalência em áreas da região Sul (11 trabalhos) e Sudeste do Brasil (sete trabalhos).

Relacionado aos autores brasileiros que mais publicaram (publicaram mais de um trabalho no lapso temporal), somam-se o total de seis pesquisadores, retratados pela Tabela 1.

Tabela 1 - Autores nacionais que mais publicaram.

Autor	Instituição	Área de estudo	Nº de publicações
Collares, E.	UEMG	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
De Melo, N. A.	UEMG	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
Gomes, R. L	UESC	Ilhéus (BA)	2
Higashi, R. A. R	UFSC	São José (SC) e Ilhota (SC)	2
Jacó, A. P.	UEMG	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
Lorandi, R.	UFSCar	Porto Ferreira (SP) e Rio Claro (SP)	2

Diante do exposto foram realizadas pesquisas acerca dos perfis destes pesquisadores, trazendo suas

áreas de conhecimento e formação, por meio da Plataforma Lattes do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Diante desta busca, pode-se concluir que a formação dos pesquisadores caminha entre as áreas de geologia, engenharia civil e ambiental, permeando-se nas áreas de conhecimento acerca da pedologia, geotecnia, engenharia urbana, cartografia temática, geoprocessamento e para todos os pesquisadores, o planejamento territorial, como área igualmente estudada por todos.

Dentre as universidades que mais realizam estudos sobre mapeamento geotécnico é possível destacar a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tendo quatro publicações entre os anos de 2000 a 2019, seguidas da UNESP e UFRGS, com total de três publicações, e da UFSCar, UEMG e UnB com duas publicações cada.

Em relação ao ano de publicação, ressalta-se uma maior quantidade nos últimos cinco anos, conforme o Figura 5. Já nos anos de 2001 a 2004, 2013 e 2015 não houve publicações sobre o tema abordado.



Figura 5. Publicações nacionais por ano

Quanto às temáticas abordadas nestes 27 artigos, a maioria deles apresenta como finalidade o planejamento territorial, totalizando 10 artigos, de acordo com a Tabela 02.

Tabela 02 - Temáticas abordadas no mapeamento geotécnico em nível nacional

Temática	%
Planejamento Territorial	33,33
Movimentos de Massa	14,81
Estradas	11,11
Fundações	11,11
Teórico	7,41
Uso e Ocupação do Solo	7,41
Avaliação Ambiental	3,70
Banco de Dados	3,70
Erosão	3,70
Resíduos Sólidos	3,70

A respeito destas temáticas, o planejamento territorial lidera o *ranking*. Estes estudos trazem

contribuições de forma a subsidiar futuras expansões territoriais (XAVIER e BRESSANI, 2019) de forma a verificar as variações de possíveis ocupações e utilizações do meio físico, bem como às limitações para atividades humanas (SILVA *et al.*, 2000). A partir da coleta de dados, especializando-os em *softwares* de SIG podem-se analisar informações e pontuar áreas de riscos para mineração, áreas ribeirinhas, drenagem da cidade, entre outras (PONS e PEJON, 2008).

No que tange aos artigos relacionados aos movimentos de massa, a aplicação do mapeamento geotécnico como subsídio à modelos matemáticos de suscetibilidade foram demonstrados por meio dos estudos de Sbroglia *et al.* (2016) e Rosolem *et al.* (2017), contribuindo de forma direta em análises pontuais de deslizamentos de terra, fluxo de deslizamento, haja vista que estes estudos morfodinâmicos podem se associar à caracterização geológica-geotécnica (AMORIM *et al.*, 2017). No contexto do uso e ocupação do solo, seguindo os objetivos do mapeamento geotécnico, Pereira e Zaïne (2007) definiram unidades geotécnicas com aptidão para urbanização e para outras classes de ocupação, e, Costa e Alves (2006) especificaram frentes de expansão para a cidade.

Nas análises acerca das fundações dos edifícios, as pesquisas nacionais buscaram caracterizar as áreas de estudos por meio de ensaios geotécnicos definidos. Utilizaram-se parâmetros oriundos de ensaios SPT, CPTu, ensaios de palheta, retirada de amostras indeformadas, ensaios oedométricos e DPL (FOLLE *et al.*, 2008; MARQUES *et al.*, 2016; LUPATINI *et al.*, 2018). São apresentados trabalhos que contribuem de forma direta nos projetos viários, e que justifiquem a relevância do mapeamento geotécnico para a área de transportes, subsidiando o traçado de rodovias (MASSOCO *et al.*, 2019) e em questões ambientais e de suscetibilidade ao longo das estradas (FERNANDES e CERRI, 2011), ainda, apresentaram-se metodologias que contemplassem parâmetros relevantes para estes tipos de projetos (RIBEIRO *et al.*, 2018). Ainda sobre avaliação ambiental, o trabalho de Gomes e Teixeira (2011) analisou por meio de mapas geotécnicos áreas possíveis para instalação de postos de combustíveis.

Foram aplicadas técnicas de mapeamento geotécnico para análises da erosão do solo (HEIDEMANN, 2014) e para disposição de resíduos sólidos (SILVA *et al.*, 2005).

Dentre os *softwares* mais utilizados para a realização do mapeamento geotécnico em nível nacional, destaca-se o ArcGIS, totalizando 32%. Vale ressaltar que 29% dos artigos não especificam quais *softwares* utilizam.

Entre os periódicos com maiores índices de publicações (acima de duas) de artigos oriundos de áreas brasileiras, estão a Revista Brasileira de Cartografia (n = 4), seguindo com a Caminhos de Geografia (n = 2), Ciência *et Praxis* (n = 2), Geociência/Geosciences (n = 2), Revista Brasileira de Geociências (n = 2) e a Soils and Rocks (n = 2). Partindo-se de uma análise de seus escopos, percebe-se uma aproximação às temáticas de ciências humanas, tecnológicas e ambientais, cartografia, Sistema de Informação Geográfica, cadastro territorial, geodésia, fotogrametria, hidrografia, sensoriamento remoto, engenharia geotécnica, geológica e do desenvolvimento territorial. Portanto, áreas correlatas às geociências.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o presente estudo contribuiu com o desenvolvimento teórico a respeito do mapeamento geotécnico por meio de uma revisão sistemática e bibliométrica e da proposta de reflexões e direcionamentos sobre o tema.

A partir das análises desenvolvidas pela pesquisa apresentada, puderam-se delimitar diversas lacunas pelas quais impulsionarão futuras pesquisas na temática. A falta de padronização acerca das apresentações das coletas de dados e qualidade destes ficou evidente. São incipientes os trabalhos que delimitam um método de mapeamento geotécnico, de forma a delinear um fluxo claro das etapas de trabalho. A apresentação dos produtos cartográficos gerados não segue um modelo previamente estabelecido. É razoável apontar a necessidade de uma estruturação de banco de dados, haja vista que os trabalhos de cartografia geotécnica dependem diretamente deles.

Alguns autores trazem a necessidade de investigação dos parâmetros geotécnicos por meio de outros métodos investigativos, como a geofísica.

Também se verificou que, quando apresentados de forma tridimensional os resultados poderiam otimizar os projetos de engenharia.

Foi possível concluir que devem ser desenvolvidos métodos específicos para diferentes tipos de solo, em diferentes contextos de análise e que muitas vezes são somente replicados alguns métodos.

Foi considerado importante o levantamento histórico acerca de deslizamentos de terra ocorridos em anos anteriores as publicações das pesquisas, assim como é importante verificar as coberturas vegetais, as classificações do uso e ocupação do solo, bem como as áreas de expansão urbana existentes na área mapeada.

É fátua a necessidade de incorporarem-se novas variáveis para criações de modelos de abstração do solo (umidade, índice de radiação solar, iluminação), variáveis que podem ser obtidas através de modelos digitais ou imagens de satélite.

Pode ser verificada, também, a carência de trabalhos que contemplem análises mais pontuais acerca das unidades geotécnicas delimitadas, como estudos de caso em taludes, áreas de disposição de resíduos, obras viárias, entre outros.

Quanto as limitações desta pesquisa, é importante salientar que este estudo não visou esgotar a literatura nacional ou internacional sobre o tema, visto que o limite estabelecido se propôs somente a investigar as publicações ocorridas em determinada época e que a mesma se restringiu aos periódicos científicos.

Considera-se que muito trabalho ainda deve ser realizado para que este tipo de cartografia se torne uma teoria mais robusta. Os poucos trabalhos encontrados no Brasil e no mundo assinalam a predominância de estudos empíricos, mas evocam o desenvolvimento teórico na área. Alguns adotam a abordagem multimétodo, privilegiam o aprofundamento dos temas com as técnicas qualitativas, bem como preservam a objetividade e precisão da pesquisa quantitativa.

Por fim, conclui-se que, apesar das limitações apresentadas, o principal objetivo deste estudo foi alcançado, desvelando o quadro conceitual a respeito da cartografia geotécnica por meio da apresentação do estado da arte, do panorama da produção nacional e internacional, e, principalmente, do direcionamento para pesquisas futuras.

Considerando a relevância do conceito acerca do mapeamento geotécnico, foi proposto aqui um ponto de partida para a realização de futuras investigações que abracem uma melhor compreensão da área.

REFERÊNCIAS

- Abd El Aal, A., & Masoud, A. A. (2018). Geotechnical mapping of Najran soils for safe urban expansion, Najran Region, Saudi Arabia. *Geotechnical and Geological Engineering*, 36(4), 2003-2020.
- Al-Baghdadi, N. H. (2016). Geotechnical mapping of An-Najaf City, Iraq. *Journal of University of Babylon*, 24(4), 962-22.
- Al-Mamoori, S. K. (2017). Gypsum content horizontal and vertical distribution of An-Najaf and Al-Kufa Cities' soil by using GIS. *Basra Journal of Engineering Sciences*, 17(1), 48-60.
- Andrade, P. S., & Ferreira, M. Q. (2017). A cartografia geológico-geotécnica aplicada à geotecnia. Exemplos de aplicação em Portugal. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, (14), 193-208.
- Araújo, R. F., & Alvarenga, L. (2011). A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 16(31), 51-70.
- Cameron, D. (2006). *Role of vegetation in stabilizing highly plastic clay subgrades* (Doctoral dissertation, Birmingham University Press).
- Chaminé, H. I., Teixeira, J., Freitas, L., Pires, A., Silva, R. S., Pinho, T., ... & Carvalho, J. M. (2016). From engineering geosciences mapping towards sustainable urban planning. *European Geologist Journal*, 41, 16-25.
- Clayton, C. R., Xu, M., Whiter, J. T., Ham, A., & Rust, M. (2010, March). Stresses in cast-iron pipes due to seasonal shrink-swell of clay soils. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management* (Vol. 163, No. 3, pp. 157-162). Thomas Telford Ltd.
- Commission on Engineering Geological Maps International Association of Engineering Geology, & International Association of Engineering Geology. Commission on Engineering Geological Maps. (1976). *Engineering Geological maps: A guide to their preparation* (Vol. 15). Paris, Unesco Press.
- Debiche, F., Kettab, R. M., Benbouras, M. A., Benbellil, B., Djerbal, L., & Petrisor, A. I. (2018). Use Ofgis Systems To Analyze Soil Compressibility, Swelling And Bearing Capacity Under Superficial Foundations Inalgiers Region, Algeria. *Urbanism. Arhitectura. Constructii*, 9(4), 357-370.
- Dias, R. D. (1995). Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. *Revista do Instituto Geológico*, 16(esp), 51-55.
- Díaz-Díaz, L. M., Pando, L., Arias, D., & López-Fernández, C. (2017). Geotechnical map of a coastal and industrialized urban area (Avilés, NW Spain). *Journal of Maps*, 13(2), 777-786.
- Dybå, T., & Dingsøyr, T. (2008, October). Strength of evidence in systematic reviews in software engineering. In *Proceedings of the Second ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement* (pp. 178-187).
- Gandolfi, N., & Zuquette, L. V. (2004). *Cartografia geotécnica*. Oficina de Textos.
- Gure, E. G., Weldearegay, K., & Birhane, G. (2013). Engineering geological and geotechnical appraisal of Northern Mekelle town, Tigray, Northern Ethiopia. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 5(1), 23-56.
- Houmadi, Y., Mamoune, S. M. A., & Belakhdar, K. (2009). Swelling and geotechnical cartography of Saida soils. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 3(1), 32-40.
- Junior, L. D. R., & de Oliveira, R. C. (2013). Áreas protegidas e expansão do uso da terra no litoral norte do estado de São Paulo. *Caminhos de Geografia*, 14(48).

- Martínez-Graña, A., Goy, J. L., Zazo, C., & Yenes, M. (2013). Engineering geology maps for planning and management of natural parks: “Las Batuecas-Sierra de Francia” and “Quilamas”(Central Spanish System, Salamanca, Spain). *Geosciences*, 3(1), 46-62.
- Masoud, A. A. (2016). Geotechnical site suitability mapping for urban land management in Tanta District, Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(5), 340.
- Mohammed, A. M. S., Houmadi, Y., & Bellakhdar, K. (2010). Geotechnical risks map of Saïda city, Algeria. *Electron J Geotech Eng*, 15(E), 403-414.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4), 348-349.
- RODRIGUES, V., & AUGUSTO FILHO, A. (2007). Mapeamento geotécnico do perímetro urbano e sua área de expansão no município de Jaú-SP: base para o planejamento urbano e ambiental. *Simpósio Brasileiro De Cartografia Geotécnica E Geoambiental*, 6, 725-740.
- Sobreira, F. G., & Souza, L. D. (2012). Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2(1), 79-97.
- Tague-Sutcliffe, J. (1992). An introduction to informetrics. *Information processing & management*, 28(1), 1-3.
- Xavier, S. C., & Bressani, L. A. (2019). Progressive mapping and urban growth: the construction of urbanization suitability map of Pelotas-Southern Brazil. *Soils Rocks* 42 (2): 99–116.