

## O MAPEAMENTO GEOTÉCNICO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DO TERRITÓRIO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL E INTERNACIONAL

### *Geotechnical Mapping as an Instrument for Territory Management: A Bibliometric Analysis of National and International Scientific Production*

**André Felipe Bozio**

**Helen Aline Jacinto**

**Universidade Federal de Santa Catarina**

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial  
andrefbozio@gmail.com; helenalinesenai@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 destas cartas, é notório que os conhecimentos acerca do estado da arte seja um fator relevante para a contribuição do campo teórico da temática. Este trabalho propõe um delineamento do panorama científico relacionado à sua produção, sob o conceito de mapeamento geotécnico, a partir de uma revisão que abrangesse o estado da arte e uma bibliometria dos estudos produzidos em periódicos a nível Brasil e mundo, mapeando a produção científica do novo milênio, entre 2000 a 2019. Trata-se de uma pesquisa metodologicamente embasada em técnicas bibliométricas e de revisão sistemática da literatura. Foram analisados 41 trabalhos, categorizados de acordo com a área de estudo mapeada, em território brasileiro e internacional, divididos em atributos metodológicos, temporais, autorais e temáticos. Os resultados trazem uma perspectiva do panorama científico acerca do conceito mapeamento geotécnico, revelando-o como um influente instrumento acerca do planejamento territorial das cidades brasileiras e mundiais.

**Palavras-chave:** Mapeamento Geotécnico; Gestão Territorial; Instrumentos de Gestão Urbana; Bibliometria.

#### **Abstract**

Documents from geotechnical mapping are important guidelines for planners and territorial managers, making them strong instruments. In view of the need to prepare these letters, it is clear that knowledge about the state of the art is a relevant factor for the contribution of the theoretical field of the theme. This work proposes a delineation of the scientific panorama related to its production, under the concept of geotechnical mapping, from a review that covered the state of the art and a bibliometrics of the studies produced in journals at Brazil and world context, mapping the scientific production of the new millennium, between 2000 to 2019. This is a methodologically based research based on bibliometric techniques and systematic literature review. 41 works were analyzed, categorized according to the mapped study area, in Brazilian and international territory, divided into methodological, temporal, authorial and thematic attributes. The results bring a perspective of the scientific panorama about the concept of geotechnical mapping, revealing it as an influential instrument about the land management of Brazilian and world cities.

**Keywords:** Geotechnical Mapping; Territorial Management; Urban Management Instruments; Bibliometrics.

## **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 passado (XAVIER e BRESSANI, 2019). Esta situação resulta em alterações e impactos como desmatamentos, disposição inadequada de resíduos sólidos, inundações, ausência no 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.

Este documento cartográfico 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 (CHAMINÉ *et al.*, 2016). 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 um 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 engendrada em âmbito Brasil e mundo, explicitando os resultados de uma revisão bibliométrica que contemple a síntese deste instrumento de gestão do território. Este estudo contribui ao apresentar a produção científica dos trabalhos de mapeamento geotécnico, o que viabiliza a partir das lacunas identificadas, o delineamento de uma agenda de pesquisa, proporcionando a partir desta, perspectivas para futuras pesquisas relacionadas à temática.

## 2. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Em 1913, na Alemanha foram apresentados documentos gráficos em uma feira de construções, os quais foram utilizados para orientação de construções na cidade de Erfurt e Danzig. A partir desse evento, esses documentos foram acrescidos de novas informações, avaliações e análises do meio físico em diferentes aplicações na engenharia (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004). Em 1968, a IAEG (*Internacional Association of Engineering Geology*) propôs a criação de uma comissão a fim de desenvolver estudos que regulamentassem o mapeamento geotécnico, produzindo diversas cartas para vários países (FRANCO *et al.*, 2010). No Brasil, o mapeamento geotécnico começou a ser praticado em 1970, consolidando-se na década de 1980 com as instituições de pesquisas e universidades produzindo diversas tipologias de mapas e cartas, em diferentes escalas e para diversas finalidades (SOBREIRA e SOUZA, 2012).

O mapeamento geotécnico, de acordo com Andrade e Ferreira (2017) é um instrumento de planejamento e gestão territorial, para obras de pequeno e grande porte, no contexto de obras lineares e pontuais, aplicações em geologia ambiental (taludes, vertentes, desastres naturais, etc.) e fornece subsídios para frentes de expansão urbana (EL AAL e MASOUD, 2018) de forma a coletar e analisar sistematicamente os dados do meio físico, gerenciando possíveis problemas decorrentes da implantação dos projetos (XAVIER e BRESSANI, 2019).

A produção de mapas geotécnicos, nos últimos anos, se tornou uma ferramenta importante para a atribuição de informações úteis ao planejamento e gestão do território, subsidiando tomadas de decisões para medidas preventivas e corretivas (RODRIGUES e FILHO, 2007). Os mapas geotécnicos fornecem de forma econômica subsídios para o planejamento e gerenciamento eficiente de expansões urbanas. Esses mapas auxiliam no levantamento de áreas de risco e nos recursos hídricos, bem como permitem tomarem decisões adequadas para obras de engenharia civil (EL AAL e MASOUD, 2018).

De acordo com Franco *et al.* (2010), o uso do mapeamento geotécnico está relacionado às obras de construções civis, atividades minerais, áreas de risco e suscetibilidade do solo e erosão, análises ambientais, gestão dos recursos hídricos e resíduos sólidos e o planejamento territorial. A discussão e a definição de uma metodologia de mapeamento estão baseadas em fatores técnicos, econômicos e de tempo disponível para a elaboração dos trabalhos (SOBREIRA e SOUZA, 2012).

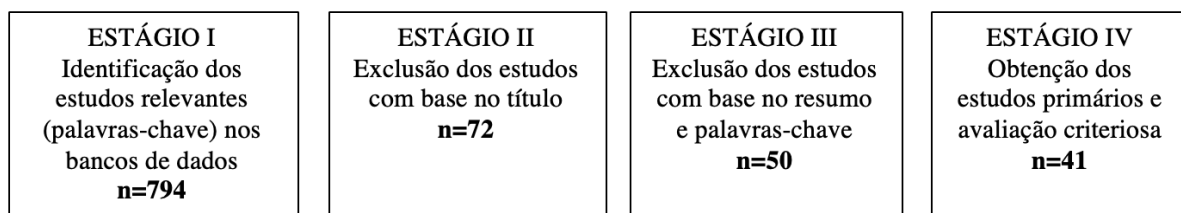
### 3. MATERIAIS E MÉTODO

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 Geotécnico. 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



Fonte: adaptado de Dybå e Dingsøyr (2008)

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, compuseram-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, foram descartados o total de 722 artigos, resultando em uma amostra de 72 textos.

No terceiro estágio de triagem, a amostra de 72 artigos foi submetida à 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 2 grandes 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 foram divididos de acordo com os seguinte 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.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos 41 artigos obtidos no Estágio IV, 27 deles foram classificados como estudos realizados em âmbito nacional, devido a área de estudo estar localizada em território brasileiro. Já os 14 artigos restantes foram classificados como estudos realizados em âmbito internacional.

#### 4.1 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 teóricos-empíricos, com áreas de estudos delimitadas, apresentando dados relevantes ao contexto estudado, e dois artigos abarcando ensaios teóricos.

Figura 2 - Localização das áreas estudadas no Mundo



Fonte: Os Autores

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 no Gráfico 1 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.

Gráfico 1: Publicações por ano em nível internacional



Fonte: Os Autores

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 à 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 descreveram 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%).

#### 4.2 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. A localização das áreas estudadas em território brasileiro está identificada por meio da Figura 3.

Figura 3 - Localização das áreas estudadas no Brasil



Fonte: Os Autores

A partir da geoespacialização dos pontos estudados, nota-se uma prevalência em áreas da região Sul (11 trabalhos) e Sudeste do Brasil (7 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 01 - Autores com mais de uma publicação em nível nacional

Autor	Instituição	Área de estudo	Nº de publicações
Collares, E. G	Universidade do Estado de Minas Gerais	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2

De Melo, N. A.	Universidade do Estado de Minas Gerais	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
Gomes, R. L.	Universidade Estadual de Santa Cruz	Ilhéus (BA)	2
Higashi, R. A. R.	Universidade Federal de Santa Catarina	São José (SC) e Ilhota (SC)	2
Jacó, A. P.	Universidade do Estado de Minas Gerais	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
Lorandi, R.	Universidade Federal de São Carlos	Porto Ferreira (SP) e Rio Clarinho (SP)	2

Fonte: Os Autores

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 4 publicações entre os anos de 2000 a 2019, seguidas da UNESP e UFRGS, com total de 3 publicações, e da UFSCar, UEMG e UnB com 2 publicações cada.

Em relação ao ano de publicação, ressalta-se uma maior quantidade nos últimos 5 anos, conforme o Gráfico 2 abaixo. Já nos anos de 2001 a 2004, 2013 e 2015 não houve publicações sobre o tema abordado.

Gráfico 2: Publicações por ano em nível nacional



Fonte: Os Autores

Quanto às temáticas abordadas nestes 27 artigos, a maioria deles apresentam 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

Fonte: Os Autores

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 pode-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 Zaíne (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 à 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. CONCLUSÃO

O presente estudo pretendeu contribuir 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 pelo trabalho, pôde-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, ficaram evidentes. É incipiente 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. Apresentando de forma tridimensional os resultados, otimizando os projetos de engenharia. Deve-se desenvolver igualmente, métodos específicos para diferentes tipos de solo, em diferentes contextos de análise. Tão importante quanto, o levantamento histórico de deslizamentos de terra anteriores, suas coberturas vegetais, classificações do uso e ocupação do solo, bem como áreas de expansão urbana.

É fátuo a necessidade de incorporar-se novas variáveis para criações de modelos de abstração do solo (umidade, índice de radiação solar, iluminação, estes obtidos através de um Modelo Digital de Terreno). Pode-se verificar a necessidade 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 a limitações desta pesquisa, é importante salientar que este estudo não visou ao esgotamento na literatura nacional ou internacional sobre o tema, visto que o corte para investigação limitou o período analisado, bem como a restrição aos periódicos científicos.

Reconhece-se que muito trabalho ainda deve ser feito para que este tipo de cartografia se torne uma teoria mais robusta. Os poucos trabalhos encontrados no Brasil e mundo assinalam a predominância de estudos empíricos, evocando o desenvolvimento teórico na área e, ainda, adotando a abordagem multimétodo, de forma a privilegiar o aprofundamento dos temas com as técnicas qualitativas, bem como preservando a objetividade e precisão da pesquisa quantitativa.

Por fim, 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 mapeamento geotécnico, tanto para o primeiro setor, quanto para o segundo. Foi proposto aqui um ponto de partida útil para a realização de futuras investigações que abracem uma melhor compreensão das estruturas física e geotécnicas do ambiente físico.

## Referências

AL-BAGHDADI, N. H. Geotechnical Mapping of An-Najaf City, Iraq. **Journal of University of Babylon**, v. 24, n. 4, p. 962-979, 2016.

AL-MAMOORI, S. K. Gypsum Content Horizontal and Vertical Distribution of An-Najaf and Al-Kufa Cities' Soil by Using GIS. **Basrah Journal for Engineering Science**, v. 17, n. 1, p. 48-60, 2017.

ANDRADE, P. S.; FERREIRA, M. Q. A cartografia geológico-geotécnica aplicada à geotecnia. Exemplos de aplicação em Portugal. **Memorias de la Real Sociedad Española de História Natural**, n. 14, p. 193-208, 2017.

ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 16, n. 31, p. 51-70, 2011.

CAMERON, Don. **Role of vegetation in stabilizing highly plastic clay subgrades**. 2006. Tese de Doutorado. Birmingham University Press.

CHAMINÉ, H. I. *et al.* From engineering geosciences mapping towards sustainable urban planning. **Eur. Geol. J**, v. 41, p. 16-25, 2016.

CLAYTON, Chris RI et al. Stresses in cast-iron pipes due to seasonal shrink-swell of clay soils. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management**. Thomas Telford Ltd, 2010. p. 157-162.

DEBICHE, F. *et al.* Use of GIS Systems to Analyze Soil Compressibility, Swelling and Bearing Capacity Under Superficial Foundations in Algiers Region, Algeria. **Urbanism. Arhitectura. Constructii**, v. 9, n. 4, p. 357-370, 2018.

DIAS, R. D. Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. **Revista do Instituto Geológico**, v. 16, n. esp, p. 51-55, 1995.

DÍAZ-DÍAZ, L. M.; PANDO, L.; ARIAS, D.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, C. Geotechnical map of a coastal and industrialized urban area (Avilés, NW Spain). **Journal of Maps**, v. 13, n. 2, p. 777-786, 2017.

DYBÅ, T.; DINGSØYR, T. Strength of evidence in systematic reviews in software engineering. In: **Proceedings of the Second ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement**. 2008. p. 178-187.

EL AAL, A. A.; MASOUD, A. A. Geotechnical Mapping of Najran Soils for Safe Urban Expansion, Najran Region, Saudi Arabia. **Geotech Geol Eng**, v. 36, 2018.

FRANCO, G. B. *et al.* Cartografia Geotécnica: Estágio Atual do Conhecimento. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 35, p.158-172, 2010.

GURE, E. G.; WELDEAREGAY, K.; BIRHANE, G. Engineering geological and geotechnical appraisal of Northern Mekelle town, Tigray, Northern Ethiopia. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)**, v. 5, n. 1, p. 23-56, 2013.

HOUMADI, Y. H.; MAMOUNE, S. M. A.; BELAKHDAR, K. Swelling and Geotechnical Cartography of Saida Soils. **Jordan Journal of Civil Engineering**, v. 3, n. 1, p. 32-40, 2009.

IAEG-UNESCO. (1976). Engineering geological maps: a guide to their preparation. (C. o. Geology, Ed.) Paris: Unesco Press.

MARTÍNEZ-GRANJA, A. *et al.* Engineering geology maps for planning and management of natural parks: “Las Batuecas-Sierra de Francia” and “Quilamas”(Central Spanish System, Salamanca, Spain). **Geosciences**, v. 3, n. 1, p. 46-62, 2013.

MASOUD, A. A. Geotechnical site suitability mapping for urban land management in Tanta District, Egypt. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 9, n. 5, p. 340, 2016.

MOHAMMED, A. M. S.; HOUMADI, Y.; BELLAKHDAR, K. Geotechnical risks map of Saïda city, Algeria. **Electron J Geotech Eng**, v. 15, n. E, p. 403-414, 2010.

PRITCHARD, A. *et al.* Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of documentation**, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

RODRIGUES, V. P.; AUGUSTO FILHO, A. Mapeamento geotécnico do perímetro urbano e sua área de expansão no município de Jaú-SP: base para o planejamento urbano e ambiental. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABGE, 2007. p. 725-740.

RUIZ JUNIOR, L. D.; OLIVEIRA, R. C. de. Áreas Protegidas e Expansão do Uso da Terra no Litoral Norte do Estado de São Paulo. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 48, p.48-59, 2013.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, LA de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.

TAGUE-SUTCLIFFE, J. An introduction to informetrics. **Information processing & management**, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992.

XAVIER, S. C.; BRESSANI, L. A. Progressive Mapping and Urban Growth: The Construction of Urbanization Suitability Map of Pelotas-Southern Brazil. **Soils and Rocks**, v. 42, n. 2, p. 99-116, 2019.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. Cartografia geotécnica. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.