



## TOPOSSEQUÊNCIAS EM AMBIENTES DE EMBASAMENTO CRISTALINO NO BRASIL: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Erlis Tony da Silva<sup>1</sup>  
Ingrid Ellen de Oliveira<sup>2</sup>  
Natan Pinheiro de Freitas<sup>3</sup>  
Francisco Sergio Bernardes Ladeira<sup>4</sup>

### RESUMO

A diversidade das formas de vertentes nos leva a buscar meios de compreender os processos pretéritos e atuais que atuaram e atuam sobre determinado ambiente, resultando na cobertura pedológica. Seja para diferenciar substratos autóctones de alóctones, para compreender uma superfície do passado, a relação rocha – solo, solo – relevo ou tantas outras dinâmicas ambientais, sempre se pensou em práticas e técnicas que nos levassem a um resultado mais próximo e real de quais são esses processos. A topossequência aparece como um conceito difundido na ciência do solo que visa não somente facilitar a interpretação do ambiente que está sendo explorado, mas como uma fonte que contribui para a compreensão da evolução do solo, com foco em explorar a diferenciação pedológica ao longo de uma vertente e quais são os fatores que estão em ação para que essa variação ocorra. Pensando nisso, o trabalho teve como objetivo fazer um levantamento bibliométrico das principais pesquisas que fazem o uso desse conceito em estudos da evolução de vertentes em ambientes de embasamento cristalino no Brasil. Para tal, buscou-se aqui integrar os principais estudos disponíveis entre artigos científicos, dissertações acadêmicas e teses, identificando tendências, contradições e lacunas no tema, possibilitando a comparação de diferentes perspectivas e abordagens. Dentro desse levantamento crítico e sistemático, obteve-se um apanhado teórico sobre o conceito amplamente difundido nas práticas de levantamentos pedológicos, servindo de base para a compreensão da evolução dos estudos dos solos e das paisagens nesses ambientes.

Palavras-chave: Topossequência; solo-rocha; embasamento cristalino; análise bibliométrica.

### INTRODUÇÃO

Entre as décadas de 1930 e 1940, houve um expressivo empenho da sociedade pedológica norte-americana para implementar um sistema de classificação de solos que pudesse ser aplicado em regiões que se assemelhassem quanto às suas características

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas, [e263744@dac.unicamp.br](mailto:e263744@dac.unicamp.br);

<sup>2</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas, [i196963@dac.unicamp.br](mailto:i196963@dac.unicamp.br);

<sup>3</sup> Mestre pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas, [n175152@dac.unicamp.br](mailto:n175152@dac.unicamp.br);

<sup>4</sup> Professor do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, [ladeira@unicamp.br](mailto:ladeira@unicamp.br).



naturais. Milne (1935), em seus estudos de mapeamento e classificação de solos na África Oriental, sugeriu o uso da palavra “catena” (do latim: corrente) para se referir à sucessão de solos que estão ligados por relação topográfica, deixando o material de origem em segundo plano.

Jenny (1946) destaca que a diferenciação da formação e distribuição dos solos ao longo de uma vertente é amplamente influenciada pelo clima, matéria orgânica, material de origem, tempo de formação do solo e pelo resultado do movimento lateral dos materiais, superficial e subsuperficialmente, possibilitada pela ação da variação dos níveis do lençol freático, solubilizando e tornando mais suscetível o transporte dos elementos, a depender da permeabilidade do solo.

O uso da catena tornou-se, portanto, um termo sugerido para implementar definições taxonômicas e ser aplicado em mapeamentos de solos a partir de características de áreas similares, levando em consideração fatores vegetais e climáticos, mas que possuem particularidades físicas. De acordo com Bushnell (1943) “[...] o termo “Catena de solo” implica associações de áreas ou gradações de solos relacionados com as condições de drenagem ou ao transecto de um vale” (BUSHNELL, 194, p.466).

Como forma de classificar os fatores determinantes de maneira mais direta, em sua obra “Arrangement of soil series and types according to functions of soil-forming factor”, Jenny (1946), sugere a utilização do termo topossequência, para formação de solos em que a topografia se sobressai, climossequência, quando o fator for o clima, cronossequência, para o tempo cronológico, biossequência, quando organismos e litossequência, para indicar que o material de origem é o fator determinante da gênese da cobertura pedológica.

A partir daí, observou-se uma mudança na escolha dos termos em novos estudos pedológicos na literatura estadunidense, em que a investigação da gênese estava diretamente ligada à topografia, passando-se a preferir “topossequência” no lugar de “catena”, uma vez que este último tomou lugar de um método de mapeamento e não mais de um indicador de fator de formação (ALVES et. al, 2023).

Nesse sentido, Winters (1949), sustenta que o uso da topossequência em estudos de solo começou a ser preferível e apoiado, pois o termo enfatiza que as variações nas propriedades dos solos podem estar diretamente relacionadas com a oscilação topográfica, independente do seu material de origem, dando destaque para regiões onde



predominam colúvios e aluviões, que impedem a continuidade que se espera em uma catena.

Boulet et al. (1982a), apresenta uma abordagem melhor sistematizada para o emprego de topossequências em estudos focados na organização bidimensional do solo. O conceito, segundo o autor, pode servir tanto para estudos de gênese e evolução pedológica, quanto para o mapeamento. Esse trabalho é concebido por parte da comunidade da ciência do solo como um marco metodológico para a pedologia, sendo base para outros grandes estudiosos.

Alves et al. (2023) conduziu um trabalho que apresenta a evolução do uso do conceito “topossequência” em trabalhos acadêmicos em todo o mundo desde o ano de 1900 a 2022. Aqui, pretendemos demonstrar essa evolução focada nos estudos pedológicos do Brasil que fizeram o uso do termo, mais especificamente, nos ambientes de embasamento cristalino, definindo o período de 1974, ano da primeira publicação no país com o tema, a julho 2025, mês de confecção desta pesquisa.

A partir dos resultados obtidos pelas buscas em bases de dados confiáveis, propõem-se elucidar como esse conceito é adotado e trabalhado dentro dos estudos pedológicos de vertente, a partir de gráficos e mapas, trazendo uma análise quantitativa do uso da palavra e considerações sobre a sua evolução.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Com a definição dos resultados esperados no levantamento bibliométrico, foi escolhida a plataforma Web of Science (WoS), para o levantamento e análise dos dados. A escolha se justifica, pois, a WoS é reconhecida como uma das interfaces mais confiáveis para a pesquisa científica a nível mundial, além de disponibilizar recursos de alto impacto e relevância para análises bibliométricas, a plataforma reúne um acervo de alta qualidade que acreditamos ser condizente com o nível de detalhamento que se espera ao final deste trabalho. Para a pesquisa consideramos todas as bases disponíveis na WoS (MORAES; KAFURE, 2020).

Para a interpretação dos dados levantados na WoS foi utilizado o software VOSviewer na versão 1.6.20, disponibilizada em 31 de outubro de 2023. Uma ferramenta útil para analisar e representar dados bibliométricos a partir de informações selecionadas dentro dos trabalhos científicos (VAN ECK; WALTMAN, 2010). O programa permite



que dados levantados na WoS sejam processados a partir de diversas finalidades interpretativas, tais como mapear coocorrência de palavras-chave, redes de coautoria, cocitação, além da transparência nos processos de revisões bibliográficas e bibliométricas, entregando resultados fidedignos (CANPELLE,2023).

Dentro da WoS foram utilizados os operadores booleanos AND, OR e \*, dentro de todos os campos de pesquisa, com a finalidade de filtrar somente os documentos que fossem de interesse do escopo do trabalho. O recorte histórico escolhido foi 1974 a 2025.

Para a primeira parte da pesquisa foi escolhido o termo: (Soil\*) AND (Toposequence OR Toposequences) AND (Brazil), que resultou num total de 862 artigos. Restringindo somente para publicações realizadas no Brasil, chegamos a um total de 228 obras.

Para a segunda parte, onde refinamos os dados para obter os trabalhos que tivessem como tema principal “topossequências em ambientes de embasamento cristalino no Brasil”, para abranger a maior parte das áreas que fossem compatíveis com os critérios estabelecidos, o termo utilizado foi: (soil\*) AND (toposequence OR toposequences) AND (Brazil) AND ("crystalline basement" OR "crystalline terrain" OR "crystalline rock" OR "Precambrian shield" OR "Precambrian terrain" OR granite OR gneiss OR migmatite OR "igneous rock" OR "metamorphic rock" OR "Craton São Francisco" OR "São Francisco Craton" OR "Serra da Mantiqueira" OR "Serra do Mar" OR "Chapada Diamantina" OR "Escudo das Guianas" OR "Craton Amazônico" OR "Craton São Luís" OR "Planalto da Borborema" OR "Zona da Mata" OR "Alto Paranaíba" OR "Alto Jequitinhonha" OR "Serra do Espinhaço"), que resultou num total de 34 trabalhos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consideramos o período a partir de 1974, ano do primeiro registro de publicação com o uso das palavras “topossequência” e “Brasil”, com a obra “*Investigations in an Oxisol-Ultisol Toposequence in São Paulo State, Brazil*”, de autoria de Igo Fernando Lepcsh e Stanley W. Boul, publicada na revista “*Soil Science Society of America Journal*”. Na figura 1 apresentamos a evolução das publicações contendo esses termos desde o referido ano até o dia 03 de julho de 2025, data da realização deste levantamento.

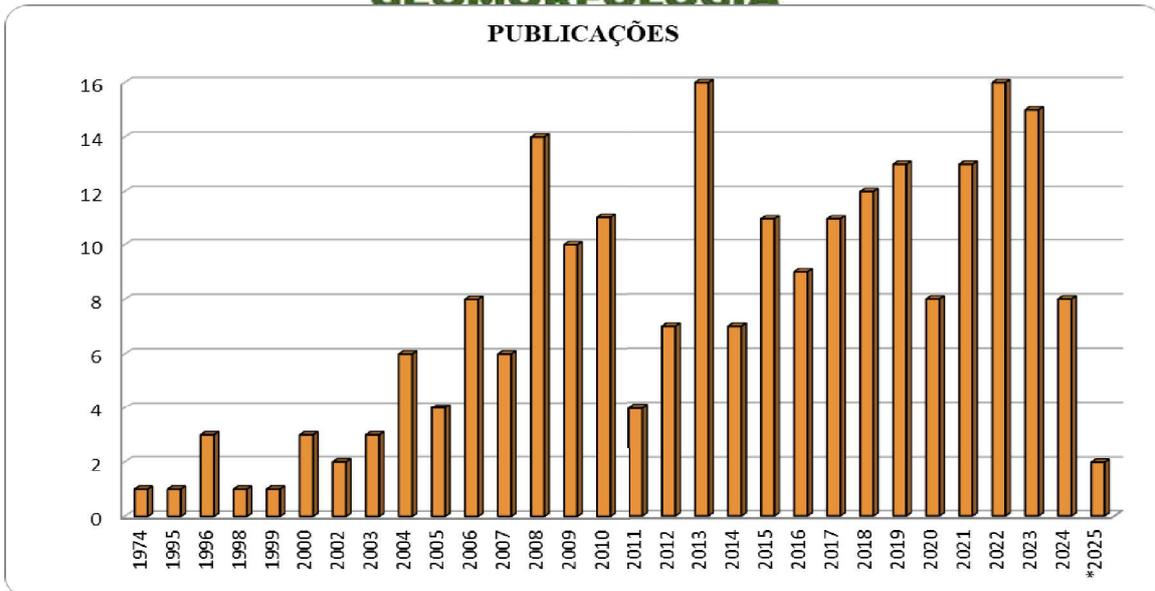


Figura 1: Evolução das publicações com o termo “Soil\* AND Toposequence OR Toposequences AND Brazil”, do período 1974 a 2025. Fonte: Web of Science.

É possível observar, também na figura 1, que no período 1975 a 1994 não houve publicações relacionadas com os termos em questão, e somente quatro anos desse período apresentaram registros de citações sendo eles: 1980 e 1982 com uma citação cada, 1989 e 1994 com duas citações cada, como mostra a figura 2. Apesar de apresentar oscilações ao longo do tempo, os números de publicações e citações começam a ter um crescente relevante a partir de 2002, atingindo o maior número de publicações primeiro em 2013, com 16, seguido de 2022, com a mesma quantidade. Este último também é o ano em que registra maior número de citações, com 450.

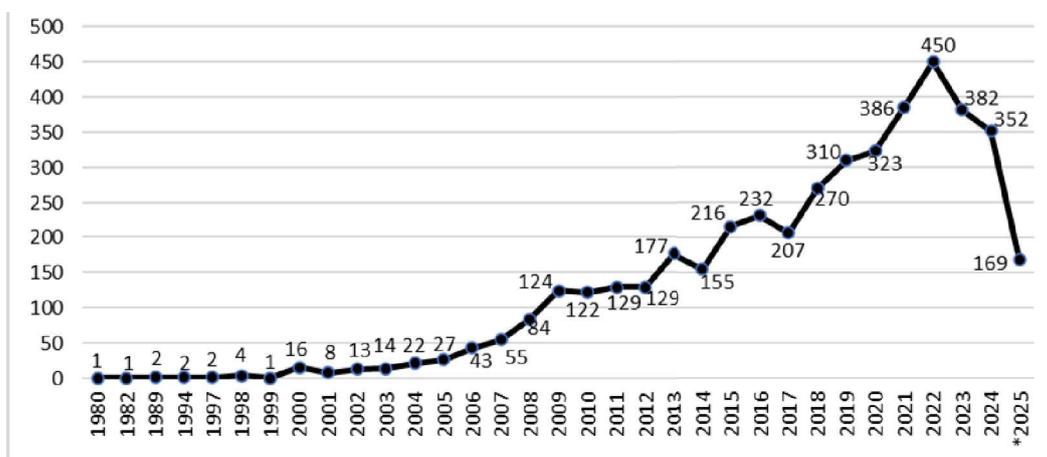


Figura 2: Evolução das citações em trabalhos com o termo “Soil\* AND Toposequence OR Toposequences AND Brazil”, do período 1974 a 2025. Fonte: Web of Science, 2025.



Na análise temporal e quantitativa das publicações e citações dos trabalhos realizados utilizando termo “topossequência” em ambientes de embasamento cristalino no Brasil, é possível notar, como mostra a figura 4, que o primeiro registro de publicação se dá no ano de 2004, com o número máximo anual de trabalhos publicados em um ano no período sendo 3, atingido nos anos de 2007, 2009, 2013, 2016, 2020 e 2021, e nos anos de 2008, 2018 e 2019 não houve registros de trabalhos divulgados envolvendo a temática. Observa-se um crescente nas citações a partir de 2009, sendo 2022 o ano com maior expressividade, somando 59 citações, e os de 2004 e 2005 sem quaisquer registros de citações.

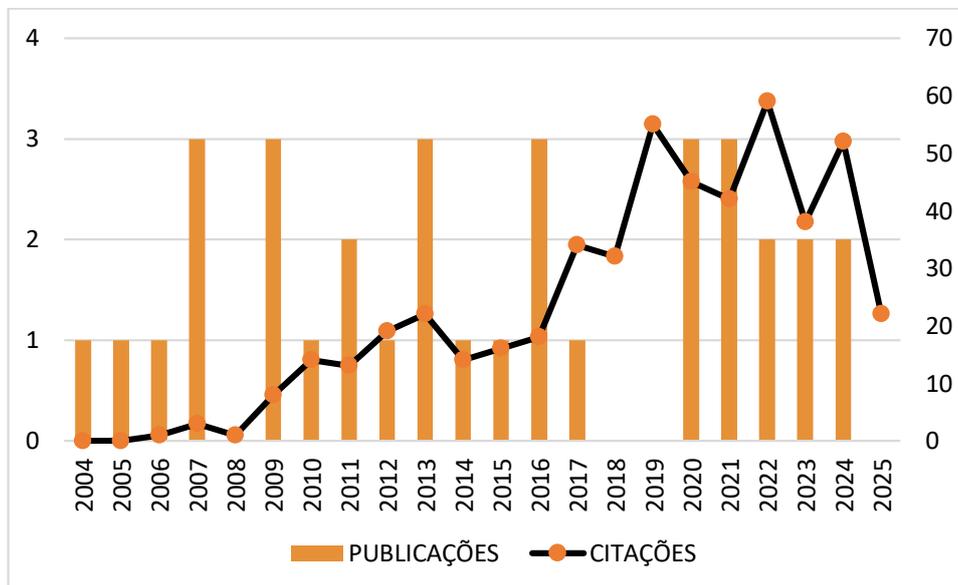


Figura 4: Relação de publicações e citações com o termo “Topossequência” em regiões de embasamento cristalino no Brasil, no período de 2004 a 2025. Fonte: Web of Science, 2025.

Para o refinamento e análise dos dados obtidos na WoS, definimos dentro do VOSviewer os seguintes critérios: coocorrência de todas as palavras-chave dos 34 artigos analisados, com uma ocorrência mínima de 3 vezes. Essa pesquisa retornou um total de 18 palavras (ver figura 5), sendo as mais frequentes “*toposequence*” com 11 ocorrências e total de força de ligação entre outras palavras-chave de 29, seguida de “*mineralogy*” com o ocorrência de 7 e 22 ligações, “*pedogenesis*” com ocorrência 9 e 21 ligações e “*weathering*” com 5 ocorrências e 17 ligações, evidenciando que a linha de pesquisa que faz uso relevante dos termos investigados se concentram, principalmente, na gênese e influência do relevo na evolução pedológica, como evidencia Barros (2013) em seu estudo sobre gênese e classificação de solo em topossequência na Serra da Bodoquenha.

Outras palavras se mostraram relevantes no mapa de densidade, dessa vez, indicando estudos em caracterização morfológica dos solos, intemperismo e matéria orgânica, sendo elas: “*classification*” com 3 ocorrências e 15 ligações, “*organic-matter*” com 3 ocorrências e 13 ligações e “*micromorphology*” com 4 ocorrências e força de ligação entre outras palavras de 7.

As palavras que menos registraram ocorrências e ligações com outras palavras, mas que ainda assim se manifestam de forma importante, quando levado em consideração todo o contexto das pesquisas, foram: “*forest*”, “*climate*” e “*iron*”, com 3 ocorrências cada. As duas primeiras palavras evidenciam a abordagem interdisciplinar do conceito, relacionando fatores ecossistêmicos nas análises de ambientes com embasamento litológico de rochas cristalinas, já a terceira palavra, “*iron*” pode ser relacionada com pesquisas ligadas à classificação e taxonomia.

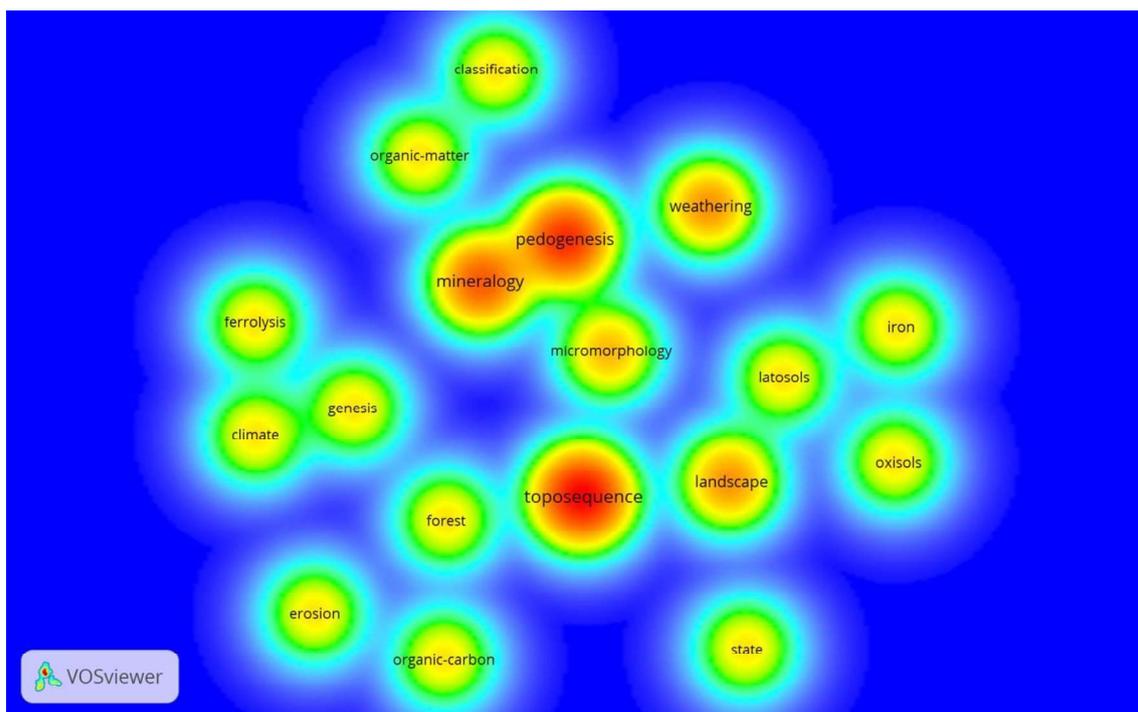


Figura 5: mapa de densidade de palavras-chave. Fonte: VOSviewer, 2025.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dados os resultados obtidos nesta investigação, foi possível esclarecer que o uso do termo “toposequência” vem ganhando uma forte notoriedade na última década em produções nacionais, principalmente quando se leva em consideração que os trabalhos



desenvolvidos servem de base para estudos em regiões onde se predominam características físicas semelhantes. Apesar do número de publicações não atingir um volume significativamente alto, podemos concluir a colocação supracitada a partir do expressivo número de citações, que são adotados por vários campos da ciência que extrapolam a ciência do solo, a saber, dentre eles: agronomia, recursos hídricos, silvicultura, botânica e outros mais.

Os ambientes em que a litologia predominante é o embasamento cristalino, apesar de serem diversas e estarem em todas as regiões do país, apresentam uma evolução modesta no uso do conceito de “topossequência” em seus estudos. Isso pode se dar por vários fatores, sugere-se aqui que um desses ainda pode ser a confusão conceitual em trabalhos que fazem o uso do termo “catena” quando correto seria “topossequência” e a carência de incentivo para que novas pesquisas dessa linha de pensamento se desenvolvam nessas áreas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Grace Bungenstab; OLIVEIRA, Fábio Soares de; SILVA, Artur Henrique Nascimento da; SOUZA JUNIOR, Valdomiro Severino de. **Toposequence: What are we talking about?** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 48, p. e0230137, 2023.

BARROS E SILVA, Marlen; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; PEREIRA, Nilton Marcos; SCHIAVO, Jolimar Antônio; COOPER, Miguel; CAVASSANI, Rafael de Souza. **Genesis and classification of soils in a toposequence of karst in Serra da Bodoquena (MS).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 6, p. 1464–1480, 2013.

BOULET, René; CHAUVEL, Armand; HUMBEL, François-Xavier; LUCAS, Yves. **Analyse structurale et cartographie en pédologie. I – Prise en compte de l’organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols.** Cahiers ORSTOM. Série Pédologie, v. XIX, p. 309–321, 1982a.

BUSHNELL, Thomas M. **Some aspects of the soil catena concept.** Soil Science Society of America Journal, v. 7, p. 466–476, 1943. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1943.036159950007000C0079x>. Acesso em: 18 jun. 2025.



CANEPPELE, Nairana Radtke; SHIGAKI, Helena Belintani; RAMOS, Heidi Rodriguez; RIBEIRO, Ivano. **A utilização do software VOSviewer em pesquisas científicas**. Revista Ibero-Americana de Estratégia, v. 22, n. 1, p. e24970–e24970, 2023.

JENNY, Hans. **Arrangement of soil series and types according to functions of soil-forming factors**. Soil Science, v. 61, n. 5, p. 375-392, 1946.

LEPSCH, Igo Fernando; BUOL, Stanley W. **Investigations in an Oxisol-Ultisol Toposequence in S. Paulo State, Brazil**. Soil Science Society of America Journal, v. 38, n. 3, p. 491-496, 1974.

LIMA, Ricardo Arcanjo de; BREFIN, Maria de Lourdes Mendonca Santos. **Indicadores bibliométricos e tendências da Ciência do Solo no Brasil**. Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientometria, v. 3, 2012.

MILNE, George. **Some suggested units of classification and mapping, particularly of East African soils**. 1935; 3. 183-198. Kenya Agricultural and Livestock Research Organization. Disponível em: <https://kalroerepository.kalro.org/items/d7d63348-7b78-411d-9608-9d51032d0ec0>. Acesso em: 21 jun. 2025.

MORAES, Lena Lúcia de; KAFURE, Ivette. **Bibliometria e ciência de dados um exemplo de busca e análise de dados da Web of Science (WoS)**. RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, v. 18, p. e020016, 2020.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. **Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping**. Scientometrics, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

WINTERS, Eric. **Interpretative soil classifications: Genetic groupings**. Soil Science, v. 67, n. 2, p. 131-140, 1949.

WOS. Web of Science database. 2025. Disponível em: <<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-searchh>>. Acesso em: 03 de julho de 2025.