

USO DE GEORRADAR EM ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS

Joyce Santiago Moreira

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências.
j203570@dac.unicamp.br

Archimedes Perez Filho

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências.
arch@unicamp.br

RESUMO

Os estudos relacionados à Geomorfologia, em sua maioria, anseiam compreender os processos que desencadearam a formação das paisagens atuais. Para isso, a busca por inovação e a tentativa de encontrar metodologias que possam gerar bons resultados são incessantes. Nas últimas décadas, pesquisadores das Ciências da Terra estão utilizando o Georradar como subsídio para a sondagem de subsuperfícies, a fim de obter resultados mais rápidos e precisos sobre as áreas que estudam. O Georradar também denominado de Radar de Penetração do Solo (GPR) é um equipamento que permite detectar determinada superfície em alta resolução, por meio de comandos programados e reflexão de ondas eletromagnéticas de rádio em frequências muito altas (entre 10 – 1000 MHz). Neste sentido, o objetivo principal deste trabalho foi abordar aspectos e potencialidades do uso do GPR em estudos geomorfológicos. Para isso, foram utilizadas bibliografias dos últimos cinco anos que abordam em suas metodologias a aplicação desta ferramenta como principal obtenção de dados para análise e discussão dos seus resultados. Por fim, estabeleceu-se a relação sobre os usos do GPR nos estudos geomorfológicos, demonstrando a alta capacidade que o aparelho e sua operação possuem para contribuição nas pesquisas no âmbito das Ciências da Terra.

Palavras-chave: Radar de Penetração do Solo. Geomorfologia. Geofísica.

USE OF GEORADAR IN GEOMORPHOLOGICAL STUDIES

ABSTRACT

For the most part, studies related to Geomorphology aim to understand the processes that initiated the formation of current landscapes. For this, the search for innovation and the attempt to find methodologies that can generate good results are incessant. In recent decades, Earth Science researchers are using Georadar as their due of probing the subsurface to get faster and more accurate results about the study areas. The Georadar is also known as Ground Penetrating Radar (GPR) is a device that allows the detection of a certain surface in high resolution, through programmed commands and reflection of radio electromagnetic waves at very high frequencies (between 10 - 1000 MHz). In this sense, the main objective of this work was to address aspects and potentialities of the use of GPR in geomorphological studies. For this purpose, bibliographies of the last five years have been used that address in their methodologies the application of this tool as the main data management for analysis and discussion of its results. Finally, a relationship was established on the uses of GPR in geomorphological studies, demonstrating the high capacity that the device and its operation must contribute to research in the field of Earth Sciences.

Keywords: Ground Penetration Radar. Geomorphology. Geophysics.

INTRODUÇÃO

A Geomorfologia é definida por Christofolletti (1980, p.1) como “a ciência que estuda as formas do relevo”. Compreender os processos (endógenos e exógenos) que culminaram nas atuais formas do relevo evidenciam certa complexidade. Na busca por tal compreensão, as pesquisas em Geomorfologia apresentam múltiplas abordagens metodológicas com a finalidade de atestar e esclarecer a evolução da paisagem.

O uso de novas tecnologias e procedimentos metodológicos associados à geofísica, fez com que, nas últimas décadas, as pesquisas nesta área das Ciências da Terra avançassem. Tornando-se assim, aliadas no desenvolvimento de estudos geomorfológicos (NUNES *et al.*, 2019).

Dentre as diversas ferramentas metodológicas utilizadas na geofísica, destaca-se o Georradar ou Radar de Penetração do Solo (GPR). O GPR é um equipamento que permite detectar determinada superfície em alta resolução, por meio de comandos programados e reflexão de ondas eletromagnéticas de rádio em frequências muito altas (entre 10 – 1000 MHz) (DAVIS e ANNAN, 1989).

Uma das finalidades do uso do GPR é identificar estruturas e feições geológicas de subsuperfície em diferentes locais de pesquisa. Além disso, é atestado que, em terrenos majoritariamente arenosos a apuração dos dados pelo GPR demonstra bons resultados (BARBOZA *et al.*, 2021; LÄMMLE *et al.*, 2022).

Diante disso, e sabendo que os estudos sobre os processos de evolução da paisagem tendem a analisar testemunhos para sustentar as próprias teorias, o GPR pode contribuir para o aperfeiçoamento das mesmas. Visto sua capacidade de reproduzir e projetar características difíceis de identificar visualmente em determinados pontos e locais de estudo e coleta de dados.

Neste sentido, o objetivo principal deste trabalho foi abordar aspectos e potencialidades do uso do GPR em estudos geomorfológicos. Para tanto, foram

utilizadas bibliografias dos últimos cinco anos que abordam em suas metodologias a aplicação desta ferramenta como principal obtenção de dados para análise e discussão dos seus resultados.

Por fim, estabeleceu-se a relação sobre os usos do GPR nos estudos geomorfológicos, demonstrando a alta capacidade que o aparelho e sua operação possuem para contribuição nas pesquisas no âmbito das Ciências da Terra.

CONTEXTO HISTÓRICO E USO DO GEORRADAR

O Georradar também denominado de Radar de Penetração do Solo (GPR) (Figura 1), é um equipamento utilizado na geofísica para sondagem da subsuperfície por meio de ondas eletromagnéticas. Atualmente esta ferramenta auxilia o desenvolvimento de pesquisas e possui diversas aplicações.

Figura 1 - GPR *Subsurface*. Marca Proceq. Modelo GS8000.



Fonte: PROCEQ, 2022.

Entretanto, a utilização de ondas de rádio de alta frequência para identificação das estruturas subsuperficiais, iniciaram nos primeiros vinte anos do século XX, quando W. Stern mediu a espessura de geleiras (OLHOEFT, 1986 *apud* NUNES *et al.*, 2019). Posteriormente, El Said (1956) utiliza da mesma técnica para identificar a profundidade do nível freático nos desertos do Egito.

Annan (2002) aborda em seu artigo a história e o avanço do uso do GPR em pesquisas. O autor afirma que houve um avanço na consolidação dos estudos que utilizavam frequências de rádio a partir de trabalhos como o de Waite e Schimith (1962), no qual os pesquisadores desenvolveram técnicas de sondagem de gelo e de Cook (1976) na aplicação da técnica em minas de carvão.

Em outro contexto de aplicação, a missão espacial à lua, Apollo 17, também na década de setenta, adotou os princípios da técnica de ondas em frequência de rádio, em ambientes diferentes dos habitualmente aplicados. Fazendo com que houvesse uma ampliação da popularização de tais procedimentos e evolução em termos de aplicação (ANNAN, 2002; NUNES *et al.*, 2019).

Com o avanço da tecnologia, em 1970 a empresa *Geophysical Survey Systems Inc.* (GSSI) se consolida no desenvolvimento de sistemas para GPR. Um ano mais tarde, em 1971, lança o primeiro Georradar para fins comerciais (PEDROSA, 2009). A contar deste tempo, diversos pesquisadores de áreas distintas começaram a utilizar o equipamento para compor suas bases metodológicas, conseqüentemente surgiram as primeiras publicações científicas.

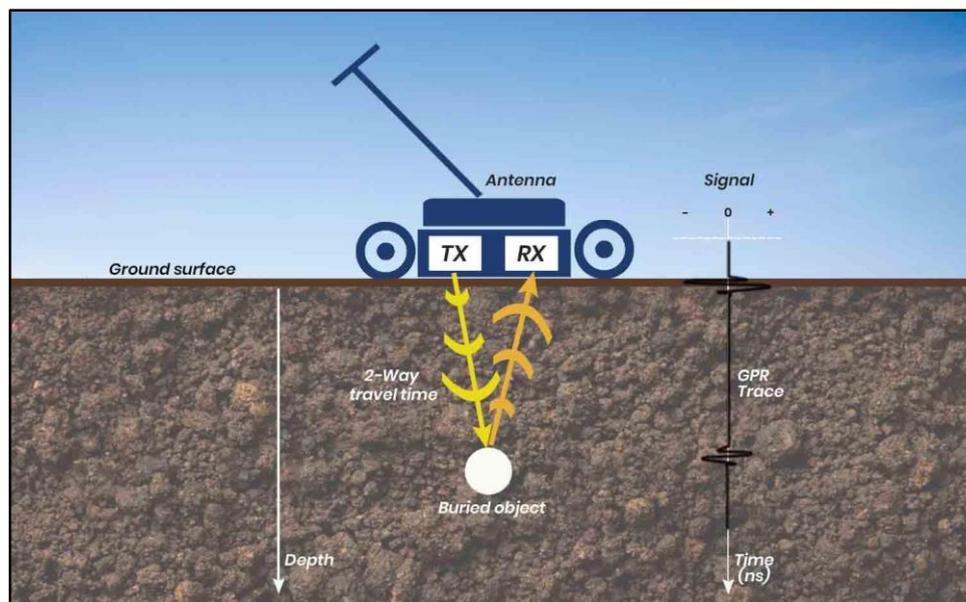
Na Geomorfologia, os primeiros trabalhos divulgados em meio acadêmico com uso do GPR, foram no início da década de 1990, em estudos de depósitos deltaicos na região norte do Canadá. No qual, Jol e Smith (1991), atestam os depósitos de areia e cascalho presentes no local de estudo. Juntamente com o de Schenk *et al.*, (1993), que demonstrou a 5m de profundidade como se comportava o arcabouço interno das dunas do *Great Sand Dunes National Monument*.

A funcionalidade do GPR na geofísica, é a detecção de estruturas na subsuperfície sem a necessidade destrutiva, facilitando a identificação do que se investiga em materiais mais friáveis até em rochas *in situ*. Dessa forma, a geomorfologia utiliza a praticidade de captação de informação do GPR por meio do eletromagnetismo, obtendo dados mais rápidos e elucidados.

O GPR opera emitindo pulsos eletromagnéticos de alta frequência, variando entre 10 a 1000 MHz em intervalos de tempo entre 10 e 100 ns (DAVIS e ANNAN, 1989; CAPOZZOLI, 2019; PEREZ FILHO; LÄMMLE; MOREIRA, 2020). O

equipamento possui antenas que “[...] transmitem os pulsos para o solo e sua resposta é captada por antenas receptoras. Os sinais refletidos são detectados, amplificados, digitalizados e estocados em computador” (UCHA; BOAS; HADLICH, 2010, p. 86) (Figura 2).

Figura 2 - Esquema de operação do GPR.



Fonte: IMPULSE RADAR, 2022.

Nunes *et al.* (2019, p. 218), afirma que “a penetração da onda eletromagnética depende também do meio material, podendo variar de 5m a 25m em relação inversamente proporcional à resolução da imagem produzida no ‘radargrama’, que pode variar de 0,5 cm a 100 cm”. Portanto, as condições dos locais de uso do GPR podem influenciar os dados fornecidos pelo mesmo.

Neste sentido, o GPR se mostra uma ferramenta com grande potencial de contribuição para pesquisas tanto na geomorfologia e pedologia, quanto em outras áreas, como a engenharia e outras ciências que admite a aplicação do mesmo.

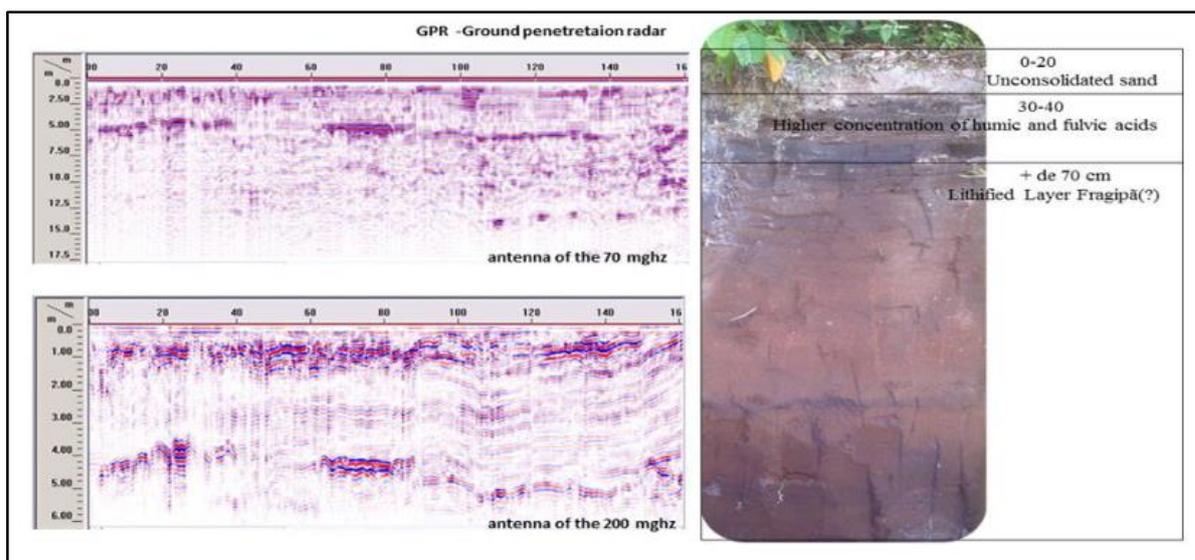
POTENCIALIDADES DO GEORRADAR EM ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS

O trabalho de Ross e Fierz (2018), aborda a morfogênese, morfodinâmica e as fragilidades da Serra do Mar e a Planície Costeira em São Paulo. Dentre outros produtos gerados pelos autores, um mapa geomorfológico e de fragilidade foram feitos

a partir da obtenção de dados fornecidos por análises e equipamentos, os quais o GPR se inclui.

Ao utilizarem o GPR na área de estudo, os autores, constataram uma camada endurecida, a qual se referia a um espodossolo, classificada como um terraço marinho (Figura 3).

Figura 3 - GPR Imagens e Perfil de camada endurecida do espodossolo.



Fonte: Fierz, 2008 *apud* Ross e Fierz, 2018.

Neste caso, a técnica proporcionada pelo GPR foi aplicada em cinco perfis com as mesmas características, a fim de apurar a profundidade da camada espódica e as características do material resistente que a compõem (ROSS e FIERZ, 2018).

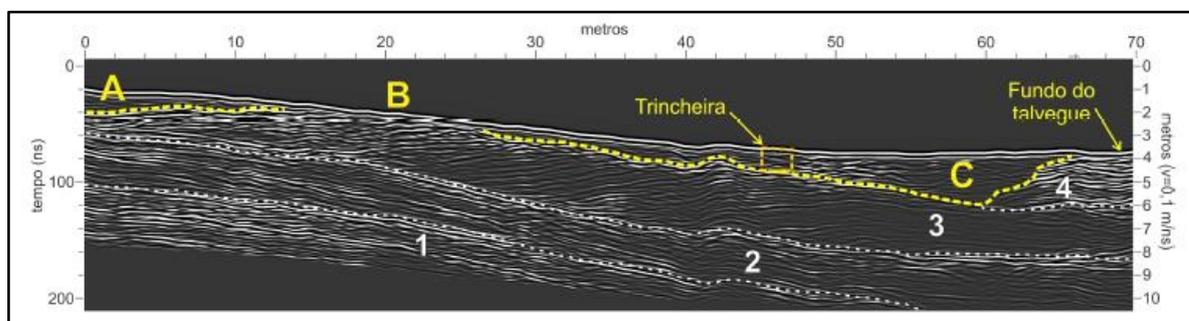
O uso do GPR nos procedimentos metodológicos, juntamente com os outros procedimentos, possivelmente contribuiu de forma significativa para a análise e discussão dos resultados obtidos no estudo. De acordo com Ross e Fierz (2018), foi importante a aplicação das técnicas do GPR para uma verificação mais precisa e detalhada das camadas espessas da planície costeira, assegurando a classificação das fragilidades ambientais.

Outro estudo apontado é o de Oliveira e Santos (2019), que realizou um trabalho de prospecção aprofundado. O estudo intitulado “Estratigrafia GPR e Morfogênese Quaternária no Semiárido Brasileiro” é baseado em outros projetos de pesquisa que já utilizam este tipo de abordagem com o GPR.

A área de estudo é o Parque Nacional da Serra da Capivara (PNSC), no estado do Piauí (PI), onde foram feitas prospecções da estratigrafia rasa de depósitos quaternários com o uso do GPR e coleta para datações por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE).

Oliveira e Santos (2019, p. 3), identificaram “coberturas sedimentares e superfícies de truncamento quaternárias ao longo de interflúvios rebaixados, de pedimentos, e de fundos de vale”. Que podem ter correlação com os depósitos quaternários ainda inconsolidados e rochas sedimentares (Figura 4).

Figura 4 - Radargrama obtido com antena GPR de 200 MHz, cruzando o eixo do talvegue do vale da Serra Branca.



Fonte: Oliveira e Santos, 2019.

De acordo com a interpretação de Oliveira e Santos (2019), na Figura 4, os pontos onde se encontram as letras A e C, mostram um padrão de reflexão de sedimentos recentes. Já a letra B, é um exemplo de um padrão de reflexão de rochas sedimentares, próximas ou não da superfície. Os números em branco apontam de uma forma geral as unidades estratigráficas para as rochas paleozoicas presentes no local.

Nota-se que os resultados de sondagem de subsuperfície estão diretamente relacionados com as condições que os materiais se encontram, existe uma distinção do padrão de reflexão do GPR. Como por exemplo, em áreas mais encharcadas, observa-se maior reflexão e organização espacial dos materiais em camadas com características físicas diferentes.

Oliveira e Santos (2019) alcançaram resultados refinados com a aplicação da metodologia utilizando GPR, até mesmo com a velocidade relativa de propagação de pulsos do GPR. Juntamente com a LOE, os autores relacionaram a Física com os

processos naturais da Terra. Consolidaram uma associação lúcida entre diversos aspectos da paisagem com a tecnologia de ação do GPR, estabelecendo formas de interpretações que podem servir de referências para as pesquisas neste âmbito nas Ciências da Terra.

As bibliografias referentes aos usos do GPR, mostram que grande parte dos trabalhos desenvolvidos em regiões costeiras do Brasil, utilizam o equipamento em conjunto com outros procedimentos em suas metodologias. Visto isso, os baixos terraços marinhos, considerados testemunhos de deposições sedimentares pretéritas, podem ser locais propícios de investigação para a identificação dos processos contribuíram para a evolução da paisagem.

Os terraços marinhos são constituídos por depósitos litorâneos arenosos provenientes do mar. Essas feições traduzem aspectos anteriores do relevo costeiro, localizados acima ou abaixo do atual nível do mar, tendo em vista as paleolinhas praianas (GUERRA e GUERRA, 1997).

Lämmle *et al.* (2022) identificaram e caracterizaram os diferentes níveis de baixos terraços marinhos e as coberturas superficiais na Planície Costeira do rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. Para atingirem o objetivo principal do trabalho citado, os autores utilizaram como metodologia imagens orbitais e não orbitais, análise granulométrica e o GPR.

O equipamento proporcionou ao trabalho maior detalhamento dos dados das camadas superficiais. A transição do solo seco para o saturado é facilmente visualizada nos radargramas (gráficos do GPR). Nesta transição, o sinal emitido pelo GPR reflete com maior potência no pulso de radar pelas mudanças de contraste do material que está sendo sondado.

Segundo Lämmle *et al.* (2022), o GPR teve um desempenho importante ao viabilizar a interpretação dos dados de suas análises sedimentares. A interpretação mais assertiva das diferentes coberturas superficiais e formas deposicionais, vieram com os resultados obtidos pelo GPR, além das análises granulométricas. Os autores destacam ainda, a importância de geotecnologias em estudos como este.

Em síntese, estes foram alguns dos trabalhos de pesquisa que, como diversos outros, tiveram sucesso na aplicação do GPR, tornando-se uma ferramenta de grande contribuição para a geomorfologia, assim como em outras áreas do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, foram trazidas discussões de bibliografias na tentativa de mostrar as potencialidades do uso do GPR. Em meio a tantas alternativas, equipamentos e procedimentos metodológicos nas pesquisas realizadas nas últimas décadas, tentou-se elucidar que o GPR trouxe inovação e praticidade na obtenção de dados para estudos geomorfológicos.

Sabe-se que o acesso ao equipamento é restrito devido ao seu valor econômico. Diante da atual situação de fomento à pesquisa enfrentada no país, a ampliação do uso do GPR nas diversas instituições de ensino e pesquisa públicas, certamente está limitada. No entanto, vê-se em publicações científicas, parcerias institucionais e laboratoriais que promovem um intercâmbio para uso e aplicação do GPR, trazendo bons resultados à ciência brasileira.

Posterior a este pequeno trabalho, será utilizado um equipamento de GPR, modelo conforme mostrado na Figura 1. O GPR Proceq GS8000 *Subsurface Mapping System*, juntamente com o GS8000 *Software Subscription*, para processamento dos dados da tese de doutorado de espacialização e geocronologia de baixos terraços, que está sendo realizada na área do baixo curso do Rio Buranhém - Bahia.

Este equipamento permitirá obter uma imagem clara do subsolo em 2D e 3D, além de digitalizar os resultados no local de pesquisa. Mostrando a estrutura interna das coberturas superficiais dos pontos de coleta de amostras de sedimento para datação. Colaborando assim, com o avanço da pesquisa sem potencial destrutivo desnecessário.

AGRADECIMENTOS

Reconhecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro à pesquisa. E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto que permitiu ao Laboratório de Geomorfologia e Análise Ambiental - Instituto de

Geociências (IG) - UNICAMP, adquirir o aparelho GPR para estudos do grupo de pesquisa coordenado pelo Prof. Dr. Archimedes Perez Filho, bem como, toda a comunidade acadêmica do IG.

REFERÊNCIAS

- ANNAN, A. P. GPR—History, Trends, and Future Developments. **Subsurface Sensing Technologies And Applications**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 253-270, 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1020657129590>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1020657129590#citeas>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- BARBOZA, E. G.; DILLENBURG, S. R.; RITTER, M. do N.; ANGULO, R. J.; SILVA, A. B. da; ROSA, M. L. C. da C.; CARON, F.; SOUZA, M. C. de. Holocene Sea-Level Changes in Southern Brazil Based on High-Resolution Radar Stratigraphy. **Geosciences**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 326, 31 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences11080326>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3263/11/8/326>. Acesso em: 08 set. 2022.
- CAPOZZOLI, L.; MARTINO, G. de; POLEMIO, M.; RIZZO, E. Geophysical Techniques for Monitoring Settlement Phenomena Occurring in Reinforced Concrete Buildings. **Surveys In Geophysics**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 575-604, 28 set. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10712-019-09554-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10712-019-09554-8>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- COOK, J.C. Radar exploration through rock in advance of mining. **Trans. Soc. Min. Eng. Aime**. United States, p. 140-146. 01 jun. 1976. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/6752850>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª ed., 1980.
- DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. GROUND-PENETRATING RADAR FOR HIGH-RESOLUTION MAPPING OF SOIL AND ROCK STRATIGRAPHY1. **Geophysical Prospecting**, [S.L.], v. 37, n. 5, p. 531-551, jul. 1989. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2478.1989.tb02221.x>. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2008049](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2008049). Acesso em: 08 set. 2022.
- EL-SAID, M. H. Geophysical Prospection of Underground Water in the Desert by Means of Electromagnetic Interference Fringes. **Proceedings Of The Ire**, [S.L.], v. 44, n. 1, p. 24-30, jan. 1956. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jrproc.1956.274846>. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4051840?casa_token=rfjm5Mbrk5YAAAAA:IFVHZFTJnv2fZfwbl8nl8BoP3psPrwZGCB7Pas_hKM8R5qmOqUtZOIOvDli hazG-NPQadRor2bg. Acesso em: 15 nov. 2022.
- GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.
- IMPULSE RADAR. **Tecnologia GPR**. 2022. Disponível em: <https://impulseradargpr.com/pt/technology/>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- JOL, H. M.; SMITH, D. G. Ground penetrating radar of northern lacustrine deltas. **Canadian Journal Of Earth Sciences**, [S.L.], v. 28, n. 12, p. 1939-1947, 1 dez. 1991. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/e91-175>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/e91-175>. Acesso em: 16 nov. 2022.

- LÄMMLE, L.; PEREZ FILHO, A.; DONADIO, C.; MOREIRA, V. B.; SANTOS, C. de J.; SOUZA, A. de O. Baixos terraços marinhos associados às transgressões e regressões marinhas holocênicas na Planície Costeira do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 1285-1303, 6 abr. 2022. Revista Brasileira de Geomorfologia. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v23i2.1992>. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1992>. Acesso em: 01 set. 2022.
- NUNES, J. G. da S.; UAGODA, R.; CALDEIRA, D.; BRAGA, L. M.; HUSSAIN, Y.; CARVAJAL, H. M. APLICAÇÃO DO GPR PARA ANÁLISE E DIFERENCIAÇÃO ENTRE MATERIAIS ALUVIONARES E COLUVIONARES, EMBASADAS EM OBSERVAÇÕES DIRETAS, NO VALE DO RIBEIRÃO CONTAGEM - DISTRITO FEDERAL (BRASIL). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. I.], v. 20, n. 2, 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i2.1382. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1382>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- OLIVEIRA, M. A. T. de; SANTOS, J. C. ESTRATIGRAFIA GPR E MORFOGÊNESE QUATERNÁRIA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Mercator**, Fortaleza, v. 8, n. 18027, p. 1-22, 15 nov. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/RyYJDX7nZTGgFzGkHJTp8BP/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2022.
- PEDROSA, M. J. N. **CARACTERIZAÇÃO DA FUNDAÇÃO DE INFRA-ESTRUTURAS DE TRANSPORTE COM RECURSO AO GEORADAR**: identificação das camadas de apoio. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil- Especialização em Geotecnia, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto - Pt, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.posgraduacaoredentor.com.br/?q=georadar>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- PEREZ FILHO, A.; LÄMMLE, L.; MOREIRA, V. B. GEOTECHNOLOGIES AND THEIR APPROACHES IN GEOMORPHOLOGICAL STUDIES: challenges and possibilities beyond geographical information systems (gis). **William Morris Davis – Revista de Geomorfologia**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 145-161, 14 ago. 2020. Revista de Geomorfologia. <http://dx.doi.org/10.48025/issn2675-6900.v1n1.p145-161.2020>.
- PROCEQ. **GPR GP8000**. 2022. Disponível em: <https://www.screeningeagle.com/>. Acesso em 08 de agosto de 2022.
- ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. de S. M. A Serra do Mar e a Planície Costeira em São Paulo: morfogênese, morfodinâmica e as suas fragilidades. **Boletim Paulista de Geografia**, [S. I.], n. 100, p. 17–38, 2018. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/article/view/1497>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- SILVA FIGUEIREDO, M.; BAPTISTA DA ROCHA, T.; FERNANDEZ, G. B. GEOMORFOLOGIA E ARQUITETURA DEPOSICIONAL INTERNA DA BARREIRA COSTEIRA HOLOCÊNICA DA MASSAMBABA, LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. I.], v. 19, n. 3, 2018. DOI: 10.20502/rbg.v19i3.1374. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1374>. Acesso em: 12 nov. 2022.
- SCHENK, C. J.; GAUTIER, D. L.; OLHOEFT, G. R.; LUCIUS, J. E. Internal Structure of an Aeolian Dune using Ground-Penetrating Radar. **Aeolian Sediments**, [S.L.], p. 61-69, 27 maio 1993. Blackwell Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444303971.ch5>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781444303971.ch5>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- UCHA, J. M.; VILAS BOAS, G. da S.; HADLICH, G. M. O USO DO RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO NA INVESTIGAÇÃO DOS PROCESSOS DE

TRANSFORMAÇÃO PEDOGEOMORFOLÓGICA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 11, n. 1, 2010. DOI: 10.20502/rbg.v.11i1.145. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/145>. Acesso em: 14 nov. 2022.

WAITE, A.; SCHMIDT, S. Gross Errors in Height Indication from Pulsed Radar Altimeters Operating over Thick Ice or Snow. **Proceedings Of The Ire**, [S.L.], v. 50, n. 6, p. 1515-1520, jun. 1962. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jrproc.1962.288195>. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Gross-Errors-in-Height-Indication-from-Pulsed-Radar-Waite-Schmidt/acf8b6fc34931f5b60eb0c0088af87aae9951b31>. Acesso em: 15 nov. 2022.