



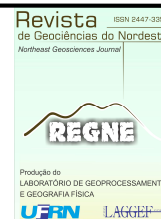
ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 10, nº 2 (2024)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n2ID34628>



Utilização de resíduos da construção civil e fibras como tecnologias alternativas de tratamento de solos, visando materiais mais sustentáveis para áreas de risco: uma revisão sistemática da literatura

Use of construction waste and fibers alternative technologies for soil treatment, seeking more sustainable materials for risk areas: a systematic review of the literature

Rayane Gabriella Pereira da Silva¹; Kalinny Patrícia Vaz Lafayette²

- ¹ Mestranda em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco (UPE/POLI), Recife/PE, Brasil. Email: rgps@poli.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6872-8060>
- ² Professora Doutora da Universidade de Pernambuco (UPE/POLI), Recife/PE, Brasil. Email: klafayette@poli.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7954-2317>

Resumo: Nos últimos anos houve um crescimento desordenado nas principais cidades do País, e dentre as regiões analisadas, o Nordeste é a segunda com o maior número de habitantes em áreas de risco. Desastres como alagamentos e deslizamentos de encostas tem sido recorrente nos últimos anos, apesar destes problemas terem origem natural sofrem influências das ações antrópicas. Isto acelera também, o processo de geração de resíduos sólidos, afetando o desenvolvimento sustentável e a segurança dos moradores nestes ambientes. O objetivo desta pesquisa é realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para analisar os fatores mais relevantes que contribuem para deslizamentos, como também melhoramento do solo como incorporação de resíduos da construção civil (RCC) e fibras. Foi realizada uma pesquisa em algumas bases de dados, limitando em artigos científicos, de revisão e dissertações na área de engenharia civil nos últimos 6 anos (2018-2023), resultando em 42 artigos. A partir dos resultados foi possível analisar que os principais fatores que influenciam no deslizamento de encostas são as ações antrópicas. Por fim, a incorporação de RCC e fibras ao solo, apresentaram resultados satisfatórios, pois, o aumento da resistência com a incorporação desses materiais, agiram de forma efetiva e benéfica nas propriedades do solo.

Palavras-chave: Áreas de risco; Resíduo da construção; Fibras.

Abstract: In recent years, there has been disorderly growth in the country's main cities, and among the regions highlighted, the Northeast is the second with the highest number of inhabitants in risk areas. Disasters such as flooding and penetration of slopes have been recurrent in recent years, although these problems have a natural origin and are influenced by human activities. This is also the process of generating solid waste, affecting the acceleration of sustainable development and the safety of residents in these environments. The objective of this research is to carry out a Systematic Literature Review (RSL) to analyze the most relevant factors that are profound for penetration, as well as improving the soil by incorporating construction waste (RCC) and fibers. A search was carried out in some databases, limited to scientific articles, review articles and dissertations in the area of civil engineering in the last 6 years (2018-2023), resulting in 42 articles. From the results it was possible to analyze that the main factors that influence the penetration of slopes are human actions. Finally, the incorporation of RCC and fibers into the soil obtained impressive results, as the increase in resistance with the incorporation of these materials acted effectively and beneficially on the properties of the soil.

Keywords: Risk areas; Construction waste; Fibers.

Recebido: 16/11/2023; Aceito: 15/03/2024; Publicado: 15/08/2024.

1. Introdução

O crescimento dos grandes centros urbanos de forma irregular ocorre de maneira acelerada (PARMA, 2023). Dentre as principais regiões do Brasil, o Nordeste é a segunda com maior quantitativo de pessoas em áreas de risco (CEMADEN, 2018; IBGE, 2022). Uma das principais causas que influenciam nesse resultado é o aumento da população urbana, que de acordo com o Censo IBGE (2022), foi estimada em 212,7 milhões em 2021, o que representa um aumento de 7,6% se comparado a 2012.

A medida que as cidades se urbanizam, em geral, haverá impactos devido ao crescimento populacional desordenado, causando efeitos danosos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais, perda de biodiversidade, emissões de carbono, escassez de água, condições meteorológicas extremas e poluição ambiental, ameaçando de uma forma geral a sustentabilidade ambiental, (CHAO *et al.*, 2023; MACEDO *et al.*, 2022; RUSK *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2020; PAN *et al.*, 2020; JIANG *et al.*, 2020; RIMAL *et al.*, 2019).

Segundo Souza (2019) os dois fatores, principais, relacionados ao meio físico do Brasil, que facilitam as movimentações de massa em áreas de risco é a ocorrência de chuvas atreladas ao processo de urbanização e desmatamento. O manejo inadequado do solo, da floresta, da água e o aumento das atividades produtivas impactam negativamente ao ecossistema independente do bioma apresentado (SILVA *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2020).

Desastres como deslizamentos de terra e alagamentos, tem sido relativamente frequentes nos últimos anos no Brasil e, apesar desses problemas apresentarem origem natural, sofrem influência de ações antrópicas como: o lançamento irregular de efluentes, cortes irregulares de taludes, desmatamento e a deposição irregular de resíduos sólidos que intensificam a incidência e intensidade desses eventos (SANTOS *et al.*, 2020). Portanto, o crescimento da urbanização tem se configurado em uma tendência global, gerando consideráveis impactos ambientais (BULTI; ABEBE, 2020). O conhecimento sobre as características da expansão urbana é útil para coordenar a relação entre a urbanização e o meio ambiente em uma área tão ecologicamente frágil, o que torna urgente realizar um entendimento detalhado da expansão do solo urbano no espaço e no tempo (TSAGKIS, BAKOGIANNIS; NIKITAS, 2023; RIMAL *et al.*, 2019).

Neste contexto, a busca por materiais alternativos como subsídio para uso em áreas de risco, é o foco desta Revisão Sistemática da Literatura, e que visa alavancar soluções que sejam capazes de oferecer ganhos, qualidade e segurança para as comunidades, a fim de garantir maior estabilidade, que certamente é um dos aspectos mais importantes do desenvolvimento de um novo material.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Uso e Ocupação do Solo

A expansão crescente da população provoca diversas mudanças na área, intensificando a transformação dos espaços e ambientes naturais a partir das ações antrópicas. A conformação do uso e ocupação do solo sem planejamento, gera diversos problemas no processo de urbanização das cidades, dentre estes, os riscos geológicos (MIRANDA; LIMA, 2021; PEREIRA; NUNES; ARAÚJO, 2021; MACEDO; SANDRE, 2022). A urbanização apresenta um conceito geográfico ligado ao crescimento das cidades e no consequente desenvolvimento da infraestrutura do local. Ao apropriar-se do território, a sociedade promove significativas mudanças na região natural, retirando a vegetação original e ocasionado a impermeabilização do solo. O uso do solo representa uma união de atividades e organizações humanas ligadas ao modo de relacionamento com o meio ambiente, em que a cidade apresenta variadas formas de concentração e o solo urbano será disputado para inúmeros usos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Nogueira *et al.* (2020), explica que é necessário um planejamento territorial integrado, através de projetos e pesquisas que forneçam informações suficientes a respeito do meio físico e das suas correspondentes características geológico-geotécnicas que permitam a habitabilidade do local. Sabe-se que, em locais de moradias irregulares em decorrência do crescimento populacional nos grandes centros urbanos e a grande intensificação da industrialização, problemas sociais e impactos ambientais tem sido recorrente, provenientes da geração de resíduos da construção civil (SILVA; FUCALE; FERREIRA, 2019). Segundo Leite (2022), uma alternativa para a redução da quantidade de resíduos da construção dispostos no meio ambiente é a reciclagem do RCC que a indústria gerou, reduzindo o descarte desse material para o meio ambiente. A Figura 1, apresenta moradias localizadas em áreas irregulares na Cidade do Recife/ Pernambuco.



Figura 1 – (a) Bairro de Nova Descoberta - Córrego da Josélia; (b) Bairro de Nova Descoberta – Alto Dr. Caeté; (c) Bairro de Macaxeira - Buriti e (d) Bairro de Vasco da Gama -Alto Nossa Senhora de Fátima.

Fonte: Autores (2023).

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho é analisar os resultados das pesquisas mais atuais que abordaram sobre áreas de risco com a inclusão no solo de resíduos da construção civil e fibras, com o objetivo de melhoramento das propriedades físicas e mecânicas, através de uma Revisão Sistemática da Literatura.

2.2 Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL), é uma modalidade de pesquisa, que busca dar coerência aos trabalhos que serão desenvolvidos, a partir de critérios nas etapas do protocolo (PICOLLI; STECANELA, 2023; OKOLI, 2019; GALVÃO, 2019). A revisão compreende os trabalhos publicados que oferecem um exame da literatura abrangendo assuntos específicos (GALVÃO, 2019). Os artigos que apresentam revisões da literatura estão usualmente entre os mais procurados pelos leitores de publicações e trabalhos científicos (BAEK *et al.*, 2018).

A técnica de (RSL) tem como objetivo reunir, analisar, avaliar criticamente e conduzir uma síntese dos resultados de vários estudos. Permitindo conhecer dentro de uma área do conhecimento, identificar, avaliar e interpretar os estudos de acordo com os critérios estabelecidos (SILVA; CUNHA; OLIVEIRA, 2022). Okoli (2019), descreve que existem oito passos fundamentais necessários para se realizar uma revisão sistemática da literatura, dentre eles; identificação do objetivo da pesquisa, planejamento do protocolo, aplicar critérios da pesquisa, realizar a busca bibliográfica, extração de dados, avaliação e qualidade dos critérios, sintetização dos estudos e por último a escrita da revisão.

3. Metodologia

A partir das etapas sugeridas por Okoli (2019), foi elaborado um protocolo utilizando a estratégia PICOC (População, Interesse, Controle, Resultado e Contexto) para definição da pergunta a ser respondida: Quais os fatores mais relevantes que influenciam no deslizamento de encostas? A Revisão Sistemática da Literatura consiste em realizar um estudo em um recorte temporal entre os anos de 2018 e 2023. Dentre os termos de busca destacam-se; áreas de risco, deslizamento de encostas, resíduo da construção civil (RCC), fibras e erodibilidade. Assim, a pesquisa foi dividida em quatro fases, que delimitaram o método sistemático da pesquisa: (1) Busca na base de dados, (2) Meta-análise, (3) Análise Bibliométrica e (4) Análise Descritiva, conforme a figura 2.

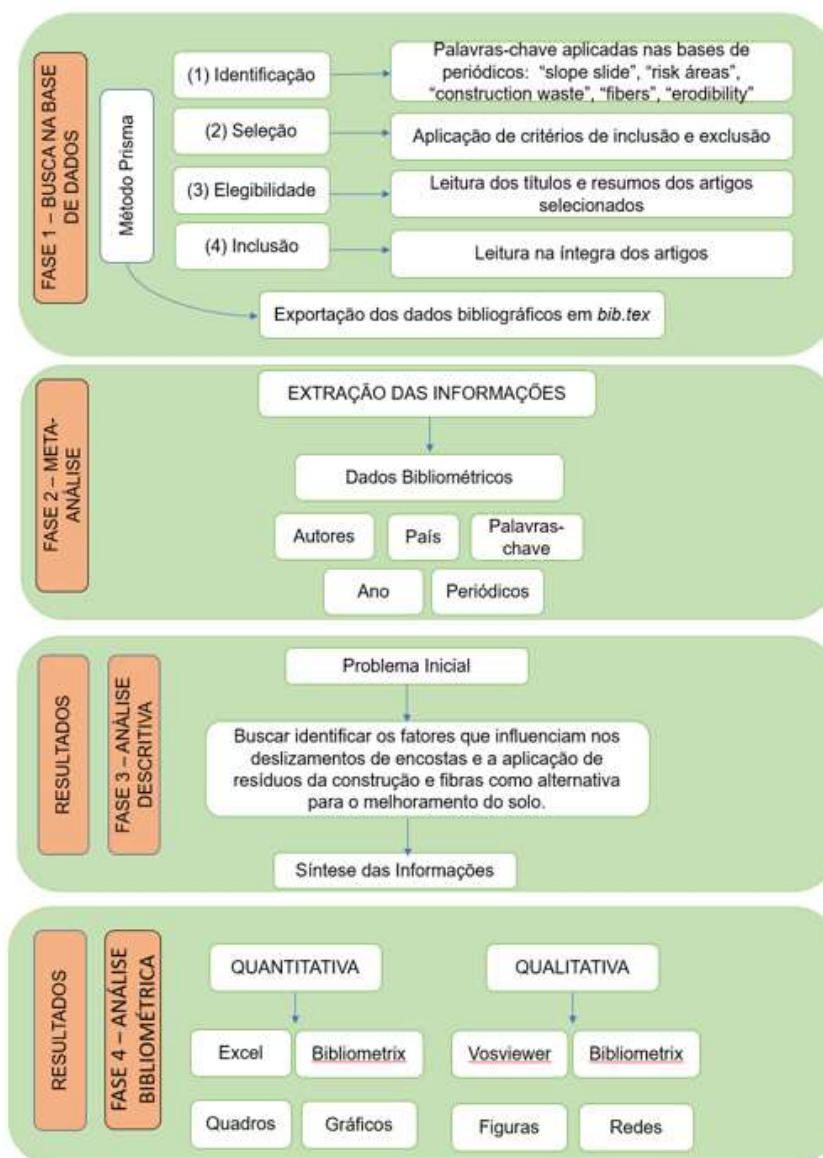


Figura 2 – Fluxograma sistemático da pesquisa bibliográfica.
Fonte: Autores (2023).

3.1 Busca na base de dados e Meta-Análise

A ferramenta utilizada foi o Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), biblioteca virtual brasileira em que consulta artigos, livros e periódicos, foi útil para a realização das pesquisas em três bases de dados: Scopus, Science Direct, Scielo e Google Academic; Utilizando os strings de busca compostas pelas palavras-chave e operadores booleanos (OR, AND): ("Slope slide" OR "Risk Areas") AND ("ConstructionWaste" OR "Fibers" OR "Erodibility").

No desenvolvimento da pesquisa foram aplicadas algumas limitações/filtros, como: - Palavras-chaves encontradas somente no título, resumo e palavras-chaves; - Área de publicação: Engenharia Civil; - Linguagem dos artigos: Inglês, Espanhol e Português; - Período dos artigos: 2018 a 2023 (últimos seis anos); - Tipos de artigos: Artigos de revisão, artigos

de pesquisa, livros e dissertações. Os artigos foram selecionados adotando os seguintes critérios de inclusão: (1) O artigo traz informações sobre áreas de risco (2) Artigos que tragam informações sobre melhoramento de solo com a utilização de fibras e RCC; (3) Artigos com textos completos; e excluídos por: (1) Artigos duplicados; (2) Artigos que não apresentam resumos; (3) Artigos sem metodologia e resultados bem detalhados; (4) Artigos que não são referentes a áreas de risco.

Em seguida, foi feita a seleção dos títulos compreendendo os itens: ano de publicação do estudo, palavras-chave; país de origem dos autores; tipo do artigo; periódico de publicação; palavras presentes no título e no resumo e posteriormente a seleção dos artigos para análise descritiva e bibliométrica.

4. Resultados e Discussões

4.1 Análise Descritiva

Em decorrência dos deslizamentos de encostas em áreas de risco, foi realizada uma análise descritiva sobre estudos de melhoramento do solo com resíduo da construção e fibras, com o objetivo de desenvolver as propriedades físicas e mecânicas desses materiais nos solos erodíveis e suscetíveis a escorregamento.

4.2 Áreas de Risco

No estudo realizado por Almeida (2021), foi possível analisar através de um diagrama de causas e efeitos, os principais fatores e indicadores que favoreceram ao deslizamento de uma encosta situada na Cidade do Recife/ PE, no inverno de 2019. Para o indicador ambiental “supressão vegetal”, uma das principais causas foi a redução da vegetação nativa, o aumento do solo exposto e a redução da resistência ao cisalhamento do solo. Para o indicador “ausência de rede sanitária”, as causas foram o lançamento de esgoto diretamente no solo e a redução na resistência ao cisalhamento do solo. Para o indicador ambiental “tipos de ocupação”, as causas mais relevantes foram as construções irregulares e a sobrecarga da terra. Por fim, para o indicador “densidade populacional”, a causa mais importante é o aumento da expansão urbana no local (ALMEIDA, 2021).

Esses processos ocorrem devido ao avanço da quantidade de habitantes no espaço urbano, surgindo novas formas de modificações no ambiente, e, assim, há o favorecimento da intensificação do processo de antropização, como a supressão da cobertura vegetal, a descaracterização do relevo e danos aos cursos d’água (PEREIRA; NUNES; ARAÚJO, 2021). Dentre os anos de 1988 a 2023, o total de vítimas em todo território brasileiro foi de 4196, com média anual de 119 vítimas. Em fevereiro de 2023, por exemplo, houve um deslizamento de terra no Litoral Norte de São Paulo, vitimizando 50 pessoas. Dentre os dados de óbitos há quatro grupos, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição do número de óbitos por grupo, entre os anos de 1988 e 2023.

Grupo	Nº de óbitos	Distribuição
I	< 30	23%
II	31 - 100	51%
III	101 - 300	20%
IV	> 301	6%

Fonte: Autores (2023).

O grupo I, anos em que os eventos não passaram de 30 óbitos, equivalente a 23% da distribuição; o grupo II, que corresponde a um número de fatalidades entre 31 e 100, 51%; o grupo III, que geraram entre 101 e 300 mortes, equivalente a 20%; e o grupo IV, em que o número de vítimas passou de 301, proporcional a 6% dos casos, correspondendo a 2011 e 2022 (MACEDO; SANDRE, 2022). Ainda de acordo com Macedo e Sandre (2022), observa-se que existem alguns casos anômalos ao longo dos anos, porém entre toda a distribuição, o ano de 2011 apresenta maior destaque, pois possui um número de óbitos extremamente maior (969) que os outros anos. Isto se deve a um evento extremo que atingiu a Região Serrana do Rio de Janeiro no verão de 2011, conforme Tabela 2. Afetando principalmente os municípios de Nova Friburgo (429 mortes), Teresópolis (382 mortes), e Petrópolis (74 mortes), totalizando nessa região 885 mortes.

Tabela 2 – Mortes na região serrana do Rio de Janeiro, causadas por eventos climáticos no ano de 2011.

Nº de Mortes	Região Serrana do Rio de Janeiro
429	Nova Friburgo
382	Teresópolis
74	Petrópolis
885	Total

Fonte: Adaptado de Macedo e Sandre (2022).

Outro ano que se destaca é 2022, cujos dados ainda são parciais, com 443 vítimas. Entretanto, exceto por estes dois anos, as outras anomalias se apresentam no grupo III, entre 101 a 300 mortes, ocorrendo nos anos de 1988, 1995, 1996, 2003, 2008, 2010 e 2020. Em relação aos resultados, o estado que apresenta o maior número de óbitos é o Rio de Janeiro, com 3,8 vezes mais que o estado de São Paulo que aparece em segundo lugar, Minas Gerais em terceiro e em quarto lugar Recife (MACEDO; SANDRE, 2022). O estado de Pernambuco possui em suas características climáticas, fatores potencializadores ou até mesmo deflagradores de situações de risco, cujas isoietas anuais chegam a 2.000 mm (SANTOS *et al.*, 2018). Em 2022, Pernambuco teve um total de 132 vítimas no período de inverno, (Tabela 3), em decorrência dos altos índices pluviométricos que se intensificaram com as ações antrópicas na região (MACEDO; SANDRE, 2022).

Tabela 3 – Mortes em Pernambuco por eventos climáticos em 2022.

Nº de Mortes	Cidades de Pernambuco
64	Jaboatão dos Guararapes
50	Recife
7	Camaragibe
6	Olinda
1	Paulista
1	Bom Conselho
1	Limoeiro
1	Jaqueira
1	Iati

Fonte: Adaptado de Macedo e Sandre (2022).

4.3 Tratamento do solo com RCC e a fibras

A utilização do agregado reciclado constitui uma alternativa interessante de utilização em obras de engenharia, mitigando os impactos ambientais causados pela exploração de jazidas e pelo descarte inadequado no meio ambiente dos resíduos gerados pelas atividades construtivas (DUARTE; REZENDE, 2023; SILVA; FUCALE; FERREIRA, 2019). Os RCC são gerados em construções, reformas, reparos, assim como resultantes de escavações de terrenos, sejam provenientes de empresas de pequeno a grande porte ou por geradores informais.

Maia *et al.* (2014), afirma que o melhoramento de solos com agregados tem se enquadrado cada vez mais na tecnologia dos materiais de compósitos, sendo estes originados da combinação de dois ou mais elementos diferentes, cujas propriedades não são encontradas nos materiais de origem, uma vez que suas características são otimizadas. Esses materiais devem ser vistos não apenas como uma forma de destinação correta ao resíduo, mas também como uma forma de diminuir a necessidade de matéria prima, tornando-se uma alternativa viável para diversos tipos de obras na construção civil (PIVETTA; VENDRUSCOLO, 2020). O agregado reciclado pode alcançar resultados interessantes em diversos usos, como por exemplo o aumento nas propriedades mecânicas e físicas do solo (BATISTA *et al.*, 2022; SOBRAL *et al.*, 2022).

Pivetta e Vendruscolo (2017), utilizaram resíduo da construção, com os percentuais de 0%, 25%, 50% e 75%. Pode-se obter, parâmetros para a combinação dos resíduos da construção com solo argiloso compactado de forma a compor um novo material que pode ser utilizado como base de fundações superficiais ou como aterros para a construção de estradas.

Constatou-se, que as amostras com adição de 50% e 75% de RCC mantiveram um comportamento da variação volumétrica semelhante ao do solo. A partir dos dados de tensão cisalhante e tensão normal de cada resíduo, os coeficientes de correlação linear deram maior que 0,98, o que pode ser considerado bom, para os resultados obtidos no ensaio de cisalhamento (PIVETTA; VENDRUSCOLO, 2017).

A adição de agregado reciclado aumenta a densidade seca máxima da mistura e reduz a umidade ótima. Este comportamento pode ser encontrado nos trabalhos de Santa Rosa *et al.* (2022), Pivetta e Vendruscolo (2017), Santos (2020), Silva (2020) e Almeida (2021). A incorporação de RCC (*Figura 3*) para o melhoramento no desempenho das propriedades dos materiais, tem-se mostrado bastante satisfatório. Alguns autores relatam que a adição de fibras ao resíduo e ao solo pode proporcionar mudanças nas características de compactação, deformabilidade, surgimento de fissuras, resistência ao solo à compressão, resistência ao cisalhamento entre outros (SILVEIRA, 2018; ALMEIDA, 2021). Porém, é bastante importante conhecer e compreender suas características físicas, químicas e mecânicas, principalmente na compressibilidade em solos argilosos (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2018).

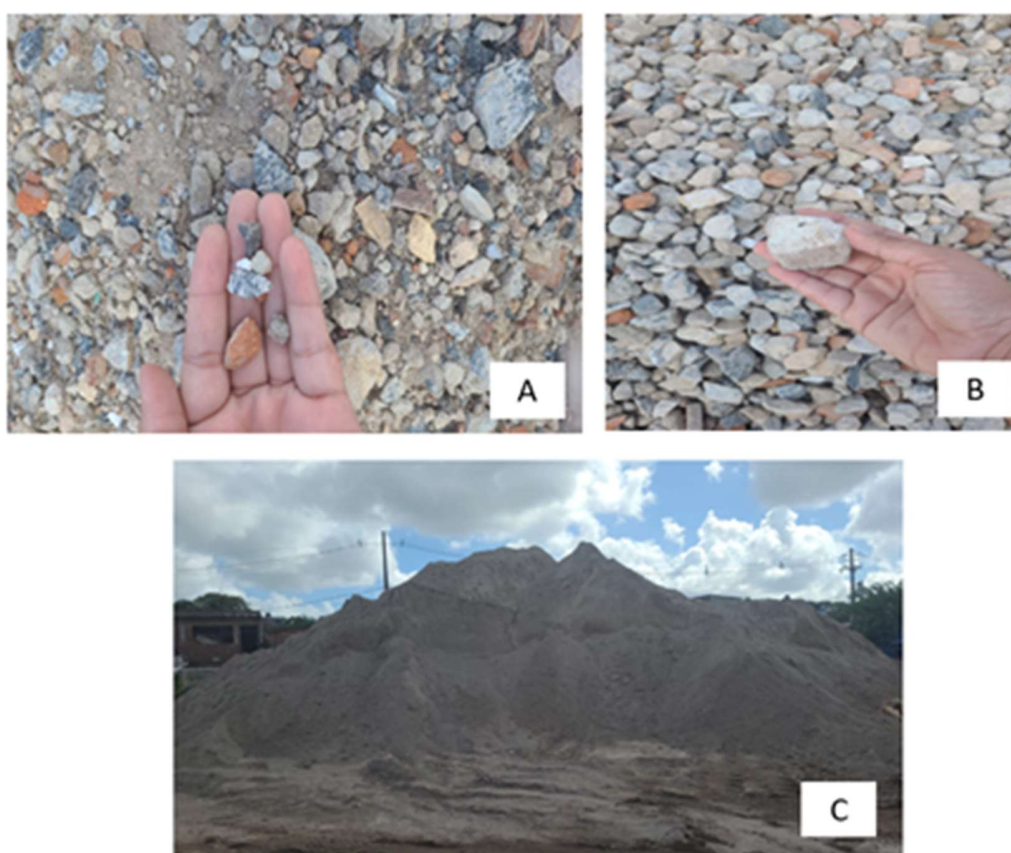


Figura 3 – Agregados reciclados utilizados na pesquisa a) brita 19mm; b) brita 25 mm; c) areia grossa. Fonte: Autores (2023).

Chen *et al.* (2021), utilizou a fibra de bambu para o melhoramento do solo de turba (solo fertilizante). Para 10% de adição de fibras o resultado não foi significativo, porém observaram que a adição de 50% de fibra, em 7 dias de cura, apresentou 40 vezes mais resistência ao cisalhamento do que o solo sem reforço. De acordo com resultados obtidos através da utilização da fibra de sisal como melhoramento de solo, o teor ideal tem uma variação de 0,4 a 0,8% para o aumento das resistências à compressão e cisalhamento (BAI *et al.*, 2019; WU *et al.*, 2020; SILVEIRA; CASAGRANDE, 2021). A fibra kenaf (fibra de hibisco), utilizada por EsmailpourShirvaniet *al.* (2019) apresentou uma alternativa para o

melhoramento do solo de encostas, evitando fissuração das camadas de pavimentação e aumentando em 15% a resistência ao cisalhamento do solo.

Santos (2020), considera que a adição de RCC e fibras de coco babaçu (Figura 4) apresentaram ganhos de 76, 79% passando de 182 kPa a 237 kPa da resistência à compressão simples aos 120 dias, quando comparado ao solo natural, indicando que a técnica é efetiva e benéfica às propriedades mecânicas do solo.



Figura 4 – Processo de beneficiamento da fibra de coco babaçu.

Fonte: Santos (2020).

Os melhores materiais ensaiados foram os compósitos com S70R29,5F0,5 (70% solo + 29,5% RCC + 0,5% fibras de coco babaçu) e S50R49F1 (50% solo + 49% RCC + 1% fibras de coco babaçu), com resistências de 1230 kPa e 1209 kPa respectivamente (SANTOS, 2020). Compósitos feitos com RCC e fibras de poliéster (Figura 5), apontaram ganhos na resistência à compressão simples, com os percentuais de S69,5R30F0,5 (69,5% solo + 30% RCC e 0,5% fibras de poliéster) e S49R50F1 (49% solo + 50% RCC e 1% fibras) apresentaram os valores de 902,71 kPa e 743,15 kPa aos 60 dias (PEDROSA, 2021).

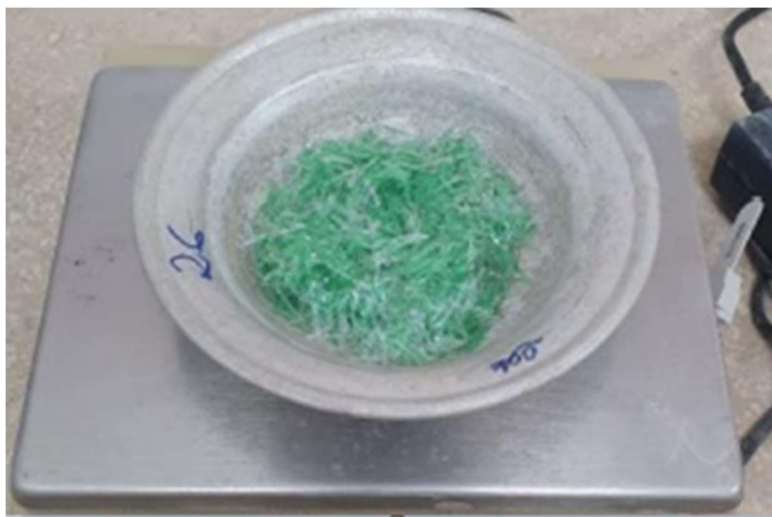


Figura 5 – Fibra de Polietileno Tereftalato (PET).

Fonte: Pedrosa (2021).

Foi observado por Almeida (2021), ganhos de resistência no acréscimo de fibras de sisal (Figura 6) no solo chegando a 860,15 kPa aos 60 dias, permitindo uma maior ductibilidade aos materiais, fazendo com que haja uma maior deformação antes do rompimento. As deformações chegaram na ordem dos 7 mm antes do rompimento. O comportamento dúctil é mais desejado nos processos de estabilização de encostas, por fornecer uma maior percepção sobre as situações de risco e permitir ações mais efetivas, evitando que desastres naturais atinjam maiores proporções.



*Figura 6 – Fibra de Sisal.
Fonte: Almeida (2021).*

Uma revisão sistemática elaborada por Duarte e Rezende (2023), reforçou que o uso de fibras naturais se mostra uma técnica de baixo custo e ambientalmente mais adequada, quando comparado ao uso de materiais sintéticos. Além disso, ao incluir fibras naturais como melhoramento ou adsorção, a técnica segue as metas colocadas na Agenda 2023. As fibras mais utilizadas são fibra do coco, fibra do bagaço-da-cana, amêndoa, abacaxi, fibra de bananeira, juta e milho, representando mais de 40% do total das fibras.

4.4 Análise Bibliométrica

Realizou-se uma revisão sistemática da literatura, analisando os artigos no período entre 2018 à2023. Na pesquisa foram encontrados 159 artigos nas bases de dados mencionadas e pelo Google Academic, e posteriormente foram submetidos a filtragem. O fluxograma de modelo PRISMA (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) apresenta os resultados após a filtragem.

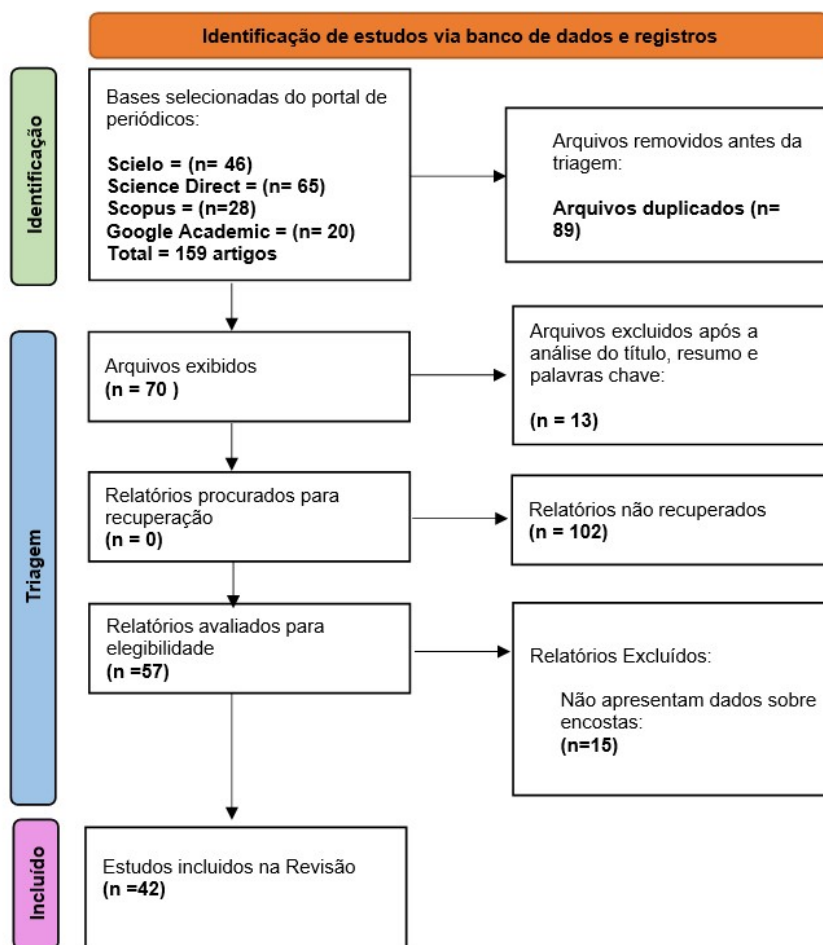


Figura 7 – Identificação de estudos via banco de dados e registros.
Fonte: Autores (2023).

A Erro! Fonte de referência não encontrada., apresentao número e o percentual de artigos encontrados em cada base de periódicos selecionados. A Science Direct foi responsável por 65 artigos selecionados gerando um percentual de 41%, seguido da Scielo com 46 (29%), Scopus com 28 artigos (18%) e Google Academic com 20 artigos equivalente a12,57% aproximadamente.

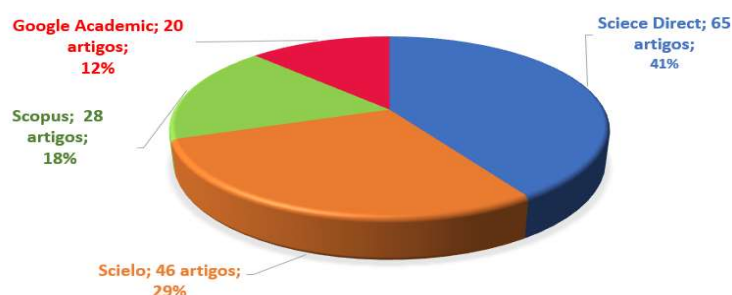


Figura 8 – Artigos selecionados através das bases de dados.
Fonte: Autores (2023).

A partir da análise de critérios de inclusão e exclusão, leitura do resumo textual, palavras-chave, foram vistos que apenas 42 artigos estavam de acordo com o objetivo da pesquisa. Este número corresponde a aproximadamente 26,41% dos artigos que foram selecionados. **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, apresenta o resultado do número de artigos por países que mais publicaram sobre o tema de áreas de risco e melhoramento do solo com RCC e fibras. O Brasil se destaca com 33 publicações, seguido da China com 3 artigos e Reino Unido, Coreia do Sul, Etiópia, Irã e Japão com 1 artigo. Destaca-se, que a maioria dos artigos encontrados no Brasil estão dentro da temática áreas de risco, enquanto os artigos encontrados nos demais países estão dentro do tema de melhoramento do solo.

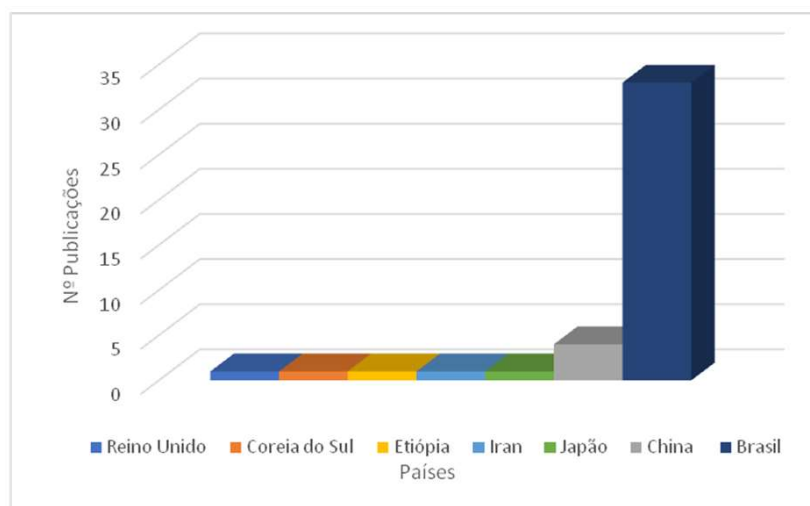


Figura 9 – Número de publicações de artigos encontrados por Países.
Fonte: Autores (2023).

No período de 2018 a 2023, o ano que apresentou maior destaque foi em 2019 com 12 artigos seguido dos anos de 2020 e 2021 com 10 artigos, 2022 com 7 artigos e 2018 com 3 artigos, como mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

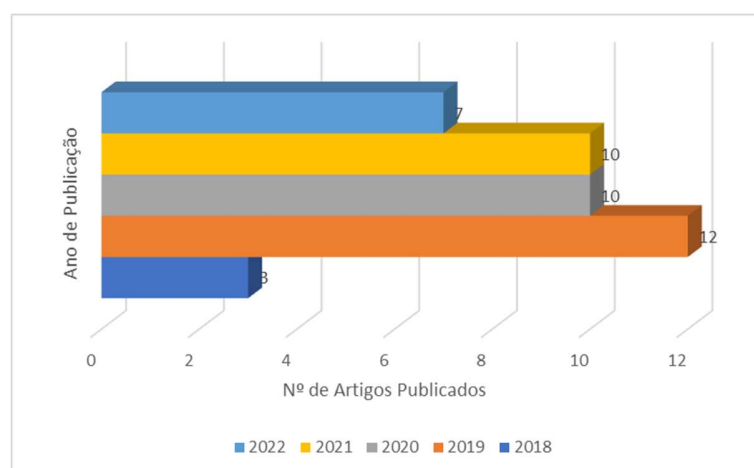


Figura 10 – Número de artigos x Ano de publicação.
Fonte: Autores (2023).

Quanto as palavras-chave utilizadas foram “landslide”, “polyethyleneterephthalates”, “mechanicalproperties”, “compressivestrength”, “wastedisposal”, “permeability”, “polymer”, “riskpercetion”, “urban área” e “constructionanddemolition”, conforme a figura 11.

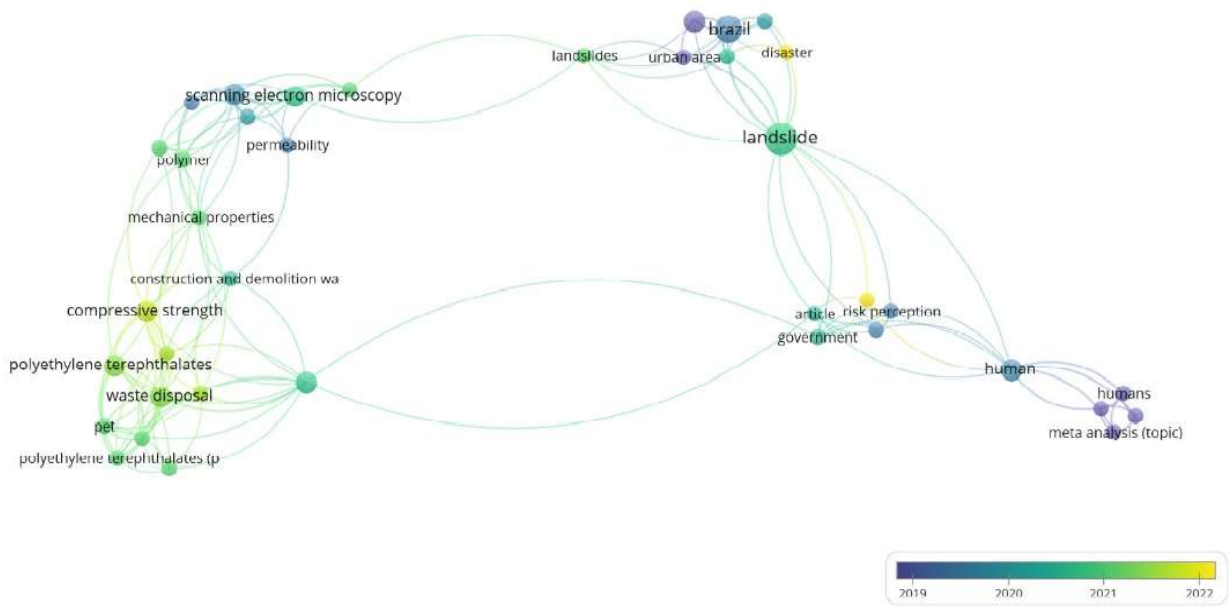


Figura 11 – Correlações das Palavras-Chaves.
Fonte: Autores (2023).

Foi gerada também uma nuvem de palavras (Figura 12) com os nomes dos periódicos que apareceram com maior frequência, dentre eles, o periódico “Revista Brasileira de Geografia Física” apareceu em maior tamanho da fonte, indicando que é o periódico que mais publicou artigos relacionados ao objetivo desta RSL.



Figura 12 – Nuvem de palavras: frequência de publicação por periódico.
Fonte: Autores (2023).

Dentre os artigos selecionados, foram reunidos os trabalhos que mais subsidiaram para as metodologias empregadas nesta revisão sistemática, conforme Tabela 4. Foram elencados 21 artigos e, entre eles, dez abordam a utilização de RCC e fibras para o estudo de melhoramento do solo, e os demais 11 artigos, analisaram os processos de uso e ocupação do solo bem como, a influência da ocupação desordenada em áreas de riscos acarretando deslizamentos de encostas.

Tabela 4 – Análise de artigos apresentados na revisão sistemática e metodologias adotadas na pesquisa.

Referência	Metodologias de Pesquisa	Revista
Santa Rosa <i>et al.</i> (2022)	Estudou a influência de resíduo da construção na produção de tijolos ecológicos.	Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento. 1ªed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2022.
Zhou <i>et al.</i> (2018)	Analisou o comportamento físico e mecânico do solo com adição de resíduo de tijolo e concreto.	Coatings
Wu <i>et al.</i> (2020)	Analisou o comportamento de solo arenoso com a incorporação de fibra de sisal.	Environmental and Engineering Geoscience
Chen <i>et al.</i> (2021)	Analisou o comportamento do solo com a adição de resíduo de cimento.	International Journal of Geomate
Santos (2020)	Estudou as consequências de deslizamentos de encostas e os impactos sociais e ambientais.	Diversitas Journal
Nascimento <i>et al.</i> (2020)	Analisou a influência da urbanização desordenada e degradação ambiental associados a escorregamentos.	Ciência E Natura
Batista <i>et al.</i> (2022)	Analisou o comportamento geomecânico de um solo reforçado com resíduo da construção civil e fibras de polietileno.	Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento. 1ªed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE
Almeida (2021)	Analisou os principais fatores que influenciam no deslizamento de encostas, através de um diagrama de causa e efeito e análise temporal .	European Academic Research
Pereira, Nunes e Araújo (2021)	Analisou o uso e ocupação do solo na Cidade de Caxias/Maranhão/Brasil	Revista Brasileira de Geografia Física
Santos <i>et al.</i> (2018)	Analisou os efeitos referentes a movimentos de massa e erosão ocorridos no Nordeste do Brasil.	Caderno de Geografia
Silva, Fucale e Ferreira (2019)	Estudou o efeito da adição de resíduos da construção nas propriedades do solo.	Revista Matéria
Bulti e Abebe (2020)	Analisou impactos causados pela urbanização na cidade de Adama na Etiópia.	SN Appl. Sci.
Carvalho <i>et al.</i> (2021)	Realizou uma revisão sistemática sobre gestão de resíduos da construção civil entre os anos de 210 a 2020.	Research, Society and Development

Sobrinho <i>et al.</i> (2022)	Realizou um mapeamento geoambiental para delimitação de regulamentadas de uso e ocupação.	Journal of Management and Sustainability.
Zebaloso <i>et al.</i> (2022)	Aplicou a metodologia de análise espaço-temporal a cobertura do solo no Município de Theobroma no Estado de Rondônia.	Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade
Bispo <i>et al.</i> (2019)	Analizou o processo de ocupação irregular de encostas urbanas no município de Maceió-AL/Brasil	Revista OKARA: Geografia em debate
Sobral <i>et al.</i> (2022)	Avaliou o solo erodível de uma encosta situada em Itamaracá/PE através do beneficiamento com material alternativo.	Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento. 1ªed. Recife:EDUFRPE e Gampe/UFRPE
Santos <i>et al.</i> (2022)	Realizou uma revisão sistemática da literatura, com artigos que utilizam fibras e RCC como melhoramento de solos erodíveis	Conjecturas
Santos, E.I <i>et al.</i> (202)	Utilizou geotecnologias no estudo de degradação do solo da bacia do rio Sucuru, na Paraíba/ Brasil.	Ciência E Natura
Leite (2022)	Utilizou resíduos da construção civil na adição de polietilenos na construção de pavimento intertravado.	Brazilian Journal of Development

Fonte: Autores (2023).

5. Considerações Finais

A revisão sistemática com análise bibliométrica mostrou-se um método eficaz para analisar e compreender as principais influências nos deslizamentos de encostas e estudo do melhoramento do solo, bem como para nortear futuras pesquisas. Através dos critérios de inclusão, exclusão e filtragem foi possível realizar uma análise descritiva dos artigos selecionados. Constatou-se que os estudos científicos vêm aumentando ao longo dos anos, principalmente a partir do ano de 2019, evidenciando que a temática está em ascensão.

A partir da análise descritiva, verificou-se que o aumento da urbanização nas grandes capitais é caracterizado pela alta densidade demográfica e fatores socioambientais, como desigualdade de renda. As ocupações irregulares nos morros das cidades, se tornaram mais frequentes, trazendo diversos riscos aos moradores e gerando bastante modificações nas características do local (ALMEIDA, 2021; BISPO; MELO; TOUJAGUEZ, 2019; PEREIRA; NUNES; ARAÚJO, 2021).

Um dos principais fatores que influenciam no deslizamento de encostas são as ações antrópicas, como por exemplo, construção das moradias em locais inapropriados, o lançamento indiscriminado de águas pluviais e águas servidas, a redução da supressão vegetal, aumentando o solo exposto e diminuindo a resistência ao cisalhamento, cortes irregulares nos taludes entre outros fatores. Dentre os resultados obtidos, em decorrência dos altos índices pluviométricos que se intensificaram, somatizado as ações antrópicas geraram grandes impactos nas capitais, ocasionando várias mortes por deslizamentos de encostas.

Em relação aos resultados relacionados ao melhoramento do solo utilizando resíduo da construção civil e fibras, foi possível analisar que a utilização desses materiais tem se mostrado bastante eficiente devido ao melhoramento no desempenho mecânico, porém, é bastante importante ressaltar, que esse desempenho só é válido, conhecendo e compreendendo suas características físicas, químicas e mecânicas, principalmente na compressibilidade de solos argilosos. Observa-se, que os percentuais de teores ideais de fibras e RCC para o melhoramento do solo são bastante diversificados. Vários parâmetros podem alterar esses percentuais como: o tipo de solo; tipo de fibra e RCC; características de cada fibra; quantidade de água utilizada nos ensaios.

Por fim, a adição de RCC e fibras, tem apresentado resultados satisfatórios, contribuindo na estabilização de encostas suscetíveis a deslizamentos e erosão em áreas de risco. O aumento da resistência ao cisalhamento e à compressão simples com a incorporação desses materiais, agiram de forma efetiva e benéfica, nas propriedades físicas e mecânicas do solo.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Funding Code 001.

Referências

- ALMEIDA, S.M; LAFAYETTE, K.P.V. Disordered Urbanization: Analysis of a Slope in Recife/PE. *EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH* - Vol. IX, Issue 8 / November 2021.
- BAEK, S. et al. The most downloaded and most cited articles in radiology journals: a comparative bibliometric analysis. *European Radiology*, v. 28, n. 11, p. 4832–4838, 2018.
- BAI, Y.; LIU, J.; SONG, Z.; CHEN, Z.; JIANG, C.; LAN, X.; SHI, X.; BU, F.; KANUNGO, D.P. Unconfined compressive properties of composite sand stabilized with organic polymers and natural fibers. *Polymers*, v. 11, n. 10, 2019.
- BATISTA, H. A. P. de M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, L. C. L. da S; ALMEIDA, S. M. de. Diagnóstico De Um Solo Dispersivo Com Reforço De Resíduo De Construção Civil. In: ALMEIDA, I. M. S. de; SILVA, K .A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). *Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento*. 1ªed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2022. p.351-367.
- BISPO, C.O.; MELO, N.A.; TOUJAGUEZ, R. Ocupação irregular de encostas urbanas no município de Maceió-AL. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v. 13, n. 1, p. 2016-229. 2019.
- BULTI, D.T., ABEBE, B.G. Analyzing the impacts of urbanization on runoff characteristics in Adama city, Ethiopia. *SN Appl. Sci.* 2, 1151, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2961-3>.
- CARVALHO. M. de B; BARRETO. O.A.C; Dos SANTOS. L.Q; MARQUES. E. E. Gestão de resíduos da construção civil: análise bibliométrica entre 2010 e 2020. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, e67101220113, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.120113>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- CEMADEM. *Cemadem e IBGE lançam base de dados sobre população exposta em áreas de risco de desastres*. 2018. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/cemaden-e-ibge-lancam-base-de-dados-sobre-populacao-exposta-em-areas-de-risco-de-desastres/>. Acesso em: 06 set. 2022.
- CHAO, Z.; SHANG, Z.; FEI, C.; ZHUANG, Z.; ZHOU, M. Spatiotemporal Analysis of Urban Expansion in the Mountainous Hindu Kush Himalayas Region. *Land* 2023, 12, 576. <https://doi.org/10.3390/land12030576>.
- CHEN, M.; GOWTHAMAN, S.; NAKASHIMA, K.; KAWASAKI, S. Evaluating Mechanical Strength of Peat Soil Treated by Fiber Incorporated io-cementation. *International Journal of GEOMATE*, v. 20, n. 78, p. 121–127, 2021.
- DONATO, H.; DONATO, M. Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática. *Acta Médica Portuguesa*, v. 32, n. 3, 2019.
- DUARTE, E.B; REZENDE, L. C. S. H. Inserção de fibras naturais em processos alternativos visando uma produção mais limpa: Uma revisão. Periódico eletrônico. *Fórum Ambiental da Alta Paulista* ISSN 1980-0827 – Volume 19, número 1, 2023.
- ESMAEILPOURSHIRVANI, N.; TAGHAVIGHALESARI, A.; TABARI, M.K.; CHOBBASTI, A.J. Improvement of the engineering behavior of sand-clay mixtures using kenaf fiber reinforcement. *Transportation Geotechnics*, v. 19, p. 1–8, 2019.
- GALVÃO, M.C.B; RICARTE, I.L.M. Revisão Sistemática da Literatura: Conceituação, Produção e Publicação. *LOGEION: Filosofia da informação*, Rio de Janeiro, v. 6 n. 1, p.57-73, set.2019/fev. 2020.
- IBGE. *População cresce, mas número de pessoas com menos de 30 anos cai 5,4% de 2012 a 2021*. Agência notícias IBGE, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de->

noticias/noticias/34438-populacao-cresce-mas-numero-de-pessoas-com-menos-de-30-anos-cai-5-4-de-2012-a-2021#:~:text=Os%20dados%20foram%20divulgados%20hoje,14%2C7%25%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o. Acesso 15 dez. 2022.

- JIANG, W.; LU, Y.; LIU, Y.; GAO, W. Ecosystem service value of the Qinghai-Tibet Plateau significantly increased during 25 years. *Ecosyst. Serv.* 2020, 44, 101146. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101146>.
- LEITE, B.L.F; LUCENA, A.M.D.S. Utilização de Resíduos da Construção e Demolição – RCD com Aditivos Plásticos (polietilenos) na Construção de Pavimento Intertravado Permeável “PAVERS”. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.8, n.5, p. 40788-40801. Acesso 10 fev. 2023.
- LI, X.; GONG, P.; ZHOU, Y.; WANG, J.; BAI, Y.; CHEN, B.; HU, T.; XIAO, Y.; XU, B.; YANG, J.; et al. Mapping global urban boundaries from the global artificial impervious area (GAIA) data. *Environ. Res. Lett.* 2020, 15, 094044. DOI 10.1088/1748-9326/ab9be3.
- MACEDO, E. S., SANDRE, L. H. *Mortes por deslizamentos no Brasil: 1988 a 2022*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental- ABGE. Disponível em: <https://www.abge.org.br/>. Acesso 15 jan. 2023.
- MAIA, E. S., AGUIAR, M. F. P., OLIVEIRA, F. H. L., Estudo de melhoramento de solo com utilização de resíduo de indústria de celulose, *Revista Tecnologia*, v. 35, n. 1 e 2, pp. 78-88, dez. 2014.
- MIRANDA, A. C. da S.; LIMA, A. M. M. de. Análise de Erosões Urbanas e o Risco associado as Voçorocas de Açailândia-MA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 2, abr. 2021.
- NASCIMENTO L. A.; SILVA, T. A.; LAFA, K. P. V.; SANTOS, M. J. P.; CAVALCANTI, A. R. Urbanização desordenada e degradação ambiental associados a escorregamentos: Uma abordagem metodológica para análise temporal de ocupações subnormais. *CIÊNCIA E NATURA*, v. 42, p. e81, 2020.
- NOGUEIRA, F.; PASSARELLI, S. H.; MOURA, R.; VARALLO, L. O emprego da carta geotécnica de aptidão à urbanização: Debate sobre o licenciamento do Centro Logístico Campo Grande, Santo André, SP. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 73741-73762, 2020.
- OKOLI, C. Guia para realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. *EAD em Foco*, v. 9, n. 1, 2019.
- PARMA, G.C. O RISCO AMBIENTAL AOS DESLIZAMENTOS DE TERRA. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 12, n. 1, p. e18741-e18741, 2023.
- PAN, X.; WANG, Y.; LIU, Z.; HE, C.; LIU, H.; CHEN, Z. Understanding urban expansion on the Tibetan Plateau over the past half century based on remote sensing: The case of Xining city, China. *Remote Sens.* 2020, 13, 46. <https://doi.org/10.3390/rs13010046>.
- PICCOLI, M.S de Q; STECANELI, N. Popularização da ciência: uma revisão sistemática de literatura. *Educação e Pesquisa*, v. 49, p. e253818, 2023.
- PEDROSA, A.A. Comportamento geomecânico de solo reforçado com resíduo da construção civil e fibras de polietileno tereftalato (PET). 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2021.
- PEREIRA, L. C.; ALMEIDA, A. S.; MONTEIRO, B. F.; LAMEIRA, W. J. M.; ASSUNÇÃO, S. P. Mapeamento de uso e cobertura de terra e análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Uraim. *Caminhos de Geografia*, v. 21, n. 75, p. 225-239, 2020.
- PEREIRA, P. B.; NUNES, H. K. B.; ARAÚJO, F. A. S. Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 14, n. 3, 2021.
- PIVETTA; C.P; VENDRUSCOLO, M.A. Análise de solo compactado com resíduo de construção e demolição. XXV Seminário de Iniciação Científica. Cerro largo, 2017.

- RIMAL, B.; SHARMA, R.; KUNWAR, R.; KESHTKAR, H.; STORK, N.E.; RIJAL, S.; RAHMAN, S.A.; BARAL, H. Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Koshi River Basin, Eastern Nepal. *Ecosyst. Serv.* 2019, 38, 101048. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100963>.
- RUSK, J.; MAHARJAN, A.; TIWARI, P.; CHEN, T.; SHNEIDERMAN, S.; TURIN, M.; SETO, K.C. Multi-hazard susceptibility and exposure assessment of the Hindu Kush Himalaya. *Sci. Total Environ.* 2021, 804, 150039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150039>.
- SANTOS, J.P.S. Reforço de um solo erodível com resíduos de construção e fibras de coco babaçu, 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2020.
- SANTOS, I. S., SILVA, F. G. A. da, MOURA Jr., J. M. de., LAFAYETTE, K. P. V., & KOHLMAN RABANNI, E. R. (2022). Reforço de solo erodível com utilização de fibras: Uma revisão sistemática da literatura. *Conjecturas*, 22(6), 288–304. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1042-P15>.
- SANTOS, E. O.; FALCÃO, N. A. M.; LIMA, J. V. A. Deslizamento de encostas urbanas: consequências e implicações sociais, ambientais e políticas, em Viçosa/AL, Brasil. *Diversitas Journal*, v. 5, n. 3, p. 1859-1886, 2020.
- SANTOS, E. I.; ALENC, M. L. S.; SCHRAMM, V. B.; SANTOS, J. S.; NASCIMENTO, M. T. C. C. Uso de geotecnologias no estudo da degradação das terras da bacia do rio Sucuru, na Paraíba. *Ciência & Natura*, v. 42, n. 57, p. 15, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/33089/html>. Acesso em: 06 dez. 2022.
- SANTA ROSA, J. M. de S.; LAFAYETTE, K. P. V.; DANTAS, D. M. de M; SILVA, G. R. da. Produção De Tijolos Ecológicos: Incorporação De Resíduos Alternativos. In: ALMEIDA, I. M. S. de; SILVA, K .A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). *Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento*. 1ªed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2022. p. 351-367.
- SANTOS, C.L., LISTO, F.L.R., SILVA, O.G., REIS, R.B. (2018). Análise metodológica de estudos referentes a eventos de movimentos de massa e erosão ocorridos na região Nordeste do Brasil. *Caderno de Geografia*, 28, p. 959-979.
- SILVA, J.N.; CUNHA, L.S; OLIVEIRA, N.E.C. O uso de Parâmetros Físico-Químicos na Delimitação de Contaminação por Lixiviado em áreas degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Revisão Sistemática de Literatura com Ênfase em Metanálise. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.15, n.03 (2022) 1587-1604, 2022.
- SILVA, A.C.; FUCALE, S.; FERREIRA, S.R.M. Efeito da adição de resíduos da construção e demolição (RCD) nas propriedades hidromecânicas de um solo arenoargiloso. *Matéria (Rio J.)*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, e12355, 2019.
- SILVEIRA, M. R. Efeito da inclusão de tiras poliméricas de polietileno tereftalato e da adição de cimento na resistência mecânica de solo arenoso laterítico. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.
- SILVEIRA, M. V. Análise do comportamento mecânico e da durabilidade em compósitos de areia reforçada com fibras naturais de carauá e sisal. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Pontífca Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- SILVEIRA, M.V.; CASAGRANDE, M.D.T. Effects of Degradation of Vegetal Fibers on the Mechanical Behavior of Reinforced Sand. *Geotechnical and Geological Engineering*, v. 39, n. 5, p. 3875–3887, 2021.
- SOBRAL, J. I. de A.; LAFAYETTE, K. P. V.; ALMEIDA, S. M de; SILVA, L. C. L. da S. de. Avaliação De Um Solo Erodível proveniente De Uma Encosta De Itamaracá/Pe Beneficiado Com Material Alternativo. In: ALMEIDA, I. M. S. de; SILVA, K .A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). *Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento*. 1ªed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2022. p. 351-367.
- SOBRINHO, J. F; BARBOSA, F.E.L; CARVALHO, B. L; ALES, V.C; FERNANDES, N.B.S; de ASSIS, P.H.E. Geoenvironmental Mapping for the Delimitation of Regulated Areas for Use and Occupation. *Journal of Management*

and Sustainability. Vol. 12, No. 2; 2022. DOI:10.5539/jms.v12n2p58. Disponível em: <https://ccsenet.org/journal/index.php/jms/article/view/0/47814>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SOUZA, J. R. G. Avaliação do Comprimento de Massa Deslocada em Deslizamentos em Função das Características Geológico-Geotécnicas e Geométricas das Encostas. Estudo de Caso: Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM). Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 151. 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/11823>. Acesso em: 06 dez. 2022.

TSAGKIS, P.; BAKOGIANNIS, E.; NIKITAS, A. Analysing urban growth using machine learning and open data: An artificial neural network modelled case study of five Greek cities. *Sustain. Cities Soc.* 2023, 89, 104337. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104337>.

WU, L.; WEI, Q.; LIU, J.; SONG, Z.; KANUNGO, D.P.; BAI, Y.; BU, F. Sisal fiber-polymer-treated sand mechanical properties in triaxial test. *Environmental and Engineering Geoscience*, v. 66, n. 1, p. 227–242, 2020.

ZEBALOS, C.H. dos S; OLIVEIRA, R.F.A; SOARES, E.R; de ALMEIDA, U.O; MELILO, R.C.S; CAVALCANTI, E.R; REZENDE, J.W. Análise espaço-temporal da cobertura do solo do Município de Theobroma, Estado de Rondônia, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* (2022): 9(21): 407-418. DOI.10.21438/rbgas (2022)092126. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v9n21/v09n21a26a.html>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ZHOU, L.; LIU, Y.; LU, J.; ZHOU, W.; WANG, H. Influence of Recycled Concrete Powder (RCP) and Recycled Brick Powder (RBP) on the Physical/Mechanical Properties and Durability of Raw Soil. *Coatings* 2021, 11, 1475. <https://doi.org/10.3390/coatings11121475>. Acesso em: 10 jan. 2023.