

Campos Experimentais como Ferramenta para Avaliação da Durabilidade de Geossintéticos: Panorama Atual e Perspectivas Futuras

Alex Armando da Silva

Discente, UnB, Brasília, Brasil, 232107906@aluno.unb.br

Fagner Alexandre Nunes de França

Docente, UFRN, Natal, Brasil, fagner.franca@ufrn.edu

Gregório Luis Silva Araújo

Docente, UnB, Brasília, Brasil, gregorio@unb.br

Maria Cecília Martins Gomes Rangel

Discente, UENF, Campos dos Goytacazes, Brasil, 20211100096@pq.uenf.br

Paulo César de Almeida Maia

Docente, UENF, Campos dos Goytacazes, Brasil, maia@uenf.br

RESUMO: A criação e expansão de campos experimentais voltados ao estudo da durabilidade de geossintéticos é essencial para o avanço da engenharia geotécnica, especialmente quando levado em conta sua capacidade de monitoramento das alterações que ocorrem nos materiais expostos em diferentes condições de degradação. Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo apresentar um panorama da disposição dos campos experimentais consolidados no Brasil e no mundo. A metodologia consistiu na revisão bibliográfica de estudos publicados, visando mapear a distribuição desses campos e compreender a dinâmica de sua implantação. Como resultado, buscou-se identificar regiões carentes em infraestrutura de pesquisa, afim de expandir os estudos experimentais da degradação em campo dos geossintéticos no país.

PALAVRAS-CHAVE: Campos experimentais, Degradação de geossintéticos, Intemperismo ambiental, Durabilidade.

ABSTRACT: The creation and expansion of experimental fields aimed at the study of the durability of geosynthetics is essential for the advancement of geotechnical engineering, especially when taking into account its ability to monitor the changes that occur in materials exposed under different degradation conditions. Thus, this article aims to present an overview of the disposition of the consolidated experimental fields in Brazil and in the world. The methodology consisted of a bibliographic review of published studies, aiming to map the distribution of these fields and understand the dynamics of their implementation. As a result, we sought to identify regions lacking research infrastructure, in order to expand experimental studies of the field degradation of geosynthetics in the country.

KEYWORDS: Experimental fields, Geosynthetics degradation, Environmental weathering, Durability.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de geossintéticos tem sido a solução para diversos problemas dentro da engenharia civil e ambiental devido a sua versatilidade e qualidade de desempenho em funções como reforço de solos, separação de camadas, drenagem, controle de erosão, impermeabilização e outros, além do baixo custo de manutenção (Koerner, 2012). Entre os diversos aspectos que justificam o sucesso do uso desses materiais, a durabilidade se apresenta como um fator que se destaca, especialmente em projetos de longa duração, sujeitos a intempéries e ações físico-químicas do ambiente (Lopes e Barroso, 2024).



Os estudos de durabilidade em geossintéticos podem ser realizados em laboratório por meio de ensaios de intemperismo acelerados, submetendo o material a condições extremas com o objetivo de reduzir o tempo necessário para estimar a sua vida útil. Entretanto, devido a sua prioridade em produzir resultados a partir de um determinado período de tempo esses ensaios possuem limitações em caracterizar adequadamente os mecanismos de degradação que ocorrem em campo, como o efeito da combinação de radiação ultravioleta, temperatura, umidade, carregamento mecânico e agentes químicos. Estudos como o de Carneiro e Lopes (2022) demonstram que a degradação observada em geotêxteis por ensaios acelerados em laboratório pode ser significativamente diferente da exposta em condições naturais.

Diante dessas limitações, campos experimentais surgem como uma ferramenta promissora, oferecendo uma alternativa mais realista para monitorar o desempenho a longo prazo em condições naturais mais próximas da realidade de uso. Nesse contexto, diferentes estudos têm investigado a durabilidade de geossintéticos expostos sob condições naturais no campo (Rowe e Ewais, 2015; Vahidi, 2019; Urashima, 2020, Dias Filho et al. 2024), possibilitando a coleta de dados sob condições reais de exposição, os quais são fundamentais para o desenvolvimento de modelos de previsão de vida útil mais confiáveis.

Apesar do seu potencial, a implementação desses campos ainda enfrenta desafios relacionados ao custo e ao tempo de observação. Dessa forma, este artigo tem como objetivo apresentar um panorama sobre a disposição de campos experimentais na avaliação da durabilidade de geossintéticos, discutindo os principais avanços e limitações observadas na literatura. Além disso, são exploradas perspectivas futuras afim de preencher lacunas existentes na distribuição de campos experimentais e fortalecer a base científica necessária para a consolidação dessa área no Brasil.

2 METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DOS CAMPOS EXPERIMENTAIS

Este artigo utiliza como metodologia o levantamento de trabalhos obtidos pela base de dados científicos do Scopus (Elsevier), Web of Science (Clarivate Analytics), ScienceDirect, Google Scholar, SpringerLink, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD). A coleta de material ocorreu com ênfase em: “*Estudos de durabilidade de geossintéticos em campos experimentais sujeitos ao intemperismo natural*”, tendo sido realizada em junho de 2025, incluindo artigos em inglês e português, levando em consideração todo o período das bases.

Como critério de inclusão, foram coletados trabalhos completos e sem restrição de acesso (disponíveis gratuitamente). A seleção englobou documentos relevantes, como artigos, teses e dissertações, com ênfase em trabalhos que abordassem a degradação natural em campo sofrida pelos geossintéticos. Foram excluídos estudos fora do escopo, principalmente aqueles que tratavam exclusivamente de processos de envelhecimento acelerado em laboratório, por não refletirem as condições reais de exposição necessárias para os objetivos deste estudo.

3 REGISTROS DE CAMPOS EXPERIMENTAIS NO MUNDO

A partir do levantamento sobre estudos de degradação de geossintéticos em campos experimentais, foram identificados 26 trabalhos (2 teses, 4 dissertações, 20 artigos), entre os anos de 1991 e 2025. Essas pesquisas compreendem 34 estudos de casos (mais de um campo experimental por pesquisa) com variação no tempo de exposição de amostras entre 2 e 192 meses em campos experimentais.

Em sua maioria as amostras são expostas de acordo com a latitude da localização do campo experimental, pois permite que ao longo do ano o material possa receber a maior quantidade de luz solar possível. Foi identificado que a exposição das amostras também ocorreu com inclinação de 45° em relação ao solo (Vahidi, 2019; Brand e Pang, 1991), em caixas de poli cloreto de vinila (PVC) preenchidas com areia para simular as condições de obras costeiras (Santos, 2020; Silva, 2022), imersos em água do mar e água do mar-radiação solar de forma simultânea (Carneiro et al. 2018) e expostos em encostas, lagos de retenção de águas pluviais e barragens de água (Rowe et al. 2012, Rowe e Ewais, 2015). O Quadro 1 apresenta as pesquisas realizadas com o tempo de exposição e localização dos campos experimentais.



2025

Quadro 1. Pesquisas nacionais e internacionais desenvolvidas sobre a durabilidade de geossintéticos expostos em campos experimentais.

Autores	Pesquisa	Tempo de exposição	Campo experimental	Coordenadas geográficas
BRAND e PANG (1991)	Durabilidade de geotêxteis em condições de exposição externa em Hong Kong	9 meses	North Point, Hong Kong China	-
GRUBB et al. (2000)	Comparação da durabilidade de geotêxteis em condições de exposição externa nos Andes peruanos e no sudeste dos EUA	12 meses	Mina Huaron, Huayllay Peru	-
			Georgia, Atlanta EUA	33°46' S 84°23' O Altitude: 315 m
			Vijus, Patatz Peru	7°45' S Altitude: 1250 m
LODI (2003)	Aspectos de degradação de geomembranas poliméricas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de poli (cloreto de vinila) PVC	6, 12, 18 e 30 meses	Ilha Solteira, SP Brasil	20°25'23" S 51°21'22" O Altitude: 335 m
DIERICKX e VAN DEN BERGHE (2004)	Desgaste natural de têxteis usados em aplicações agrícolas	60 meses	Lokeren Bélgica	-
SANTOS et al. (2007)	Investigação do Dano Mecânico e do Dano aos Raios Ultravioleta em Geotêxteis Expostos a Condições de Campo	6, 36 meses	São Paulo Brasil	-
		36 meses		
LODI et. al. (2008)	Degradação por intemperismo de geotêxteis de poliéster e polipropileno	4 meses	Ilha Solteira, SP Brasil	20°25'23" S 51°21'22" O Altitude: 335 m
LODI et al. (2008)	Análise de Propriedades Mecânicas e Físicas Após Exposição ao Intemperismo	2 meses	Ilha Solteira, SP – Brasil	20°25'23" S 51°21'22" O Altitude: 335 m
ROWE et al. (2012)	Estudo de campo de rugas em uma geomembrana em um local de teste de revestimento composto	-	Kingston, Ontario, Canadá	44°34' N 76°39' O Altitude: -
LODI et al. (2013)	Os efeitos da exposição às intempéries nas propriedades físicas, mecânicas e térmicas do polietileno de alta densidade e do poli (cloreto de vinila)	6, 12, 18 e 30 meses	São Carlos, SP Brasil	20°22' S 51°22' O Altitude: 335 m
GIBBS et al. (2014)	Durabilidade de geotêxteis de poliéster submetidos a intemperismo acelerado e ao ar livre na Austrália	12 meses	Gold Coast, QLD Austrália	-
ROWE e EWAIS (2015)	Envelhecimento de geomembranas expostas em locais com diferentes condições climatológicas	72 meses	Kingston, Ontario Canadá	44°34' N 76°39' O Altitude: 79 m
BHARTU (2015)	Degradação das Propriedades Mecânicas de Geotêxteis e Geomembranas Expostos à Radiação Solar Externa sob Várias Condições de Exposição - Parte I: Resultados da Degradação UV	1, 3, 6 e 12 meses	Mumbai Índia	-
MILAGRES (2016)	Degradação de Geotêxteis Frente a Elementos Climáticos em Ensaios de Campo e Laboratório: Realidade Climática Local	2 meses	Varginha, MG – Brasil	21,5° S 45,4° O Altitude: 925 m
DIAS FILHO (2016)	Comportamento Geomecânico e de Durabilidade de Formas Têxteis Tubulares Aplicadas em Obras Hidráulicas	24 meses	Campos dos Goytacaze, RJ Brasil	21°48' S 41°19' O Altitude: 14 m



Quadro 1. Pesquisas nacionais e internacionais desenvolvidas sobre a durabilidade de geossintéticos expostos em campos experimentais (cont.).

Autores	Pesquisa	Tempo de exposição	Campo experimental	Coordenadas geográficas
CARNEIRO et al. (2018)	Degradação de geotêxteis de polipropileno com diferentes estabilizações químicas em ambientes marinhos	36 meses	Ilha do Pico Portugal	38°25' N 28°24' S Altitude: 24 m
			Ilha do Faial Portugal	38°31' N 28°37' S Altitude: 24 m
DIAS FILHO et al. (2019)	Espectrofotometria como ferramenta para caracterização da durabilidade de geotêxteis tecidos	24 meses	Campos dos Goytacazes, RJ Brasil	21°48' S 41°19' O Altitude: 14 m
VAHIDI et al. (2020)	Previsão da depleção de antioxidantes em polietileno de alta densidade (PEAD) sob luz solar usando a lei da reciprocidade	4 meses	Gainesville EUA	-
GUIMARÃES et al. (2020)	Influência das exposições aberta e fechada na durabilidade de geossintéticos sob intempéries	10 meses	Minas Gerais Brasil	-21,5° S -45,41° O Altitude: 925 m
URASHIMA et al. (2020)	Degradação de Geotêxteis Expostos às Intempéries	12 meses	Minas Gerais Brasil	21°33'05" S 45°25'49" O Altitude: 916 m
SANTOS (2020)	Avaliação da Degradação de um Geotêxtil Tecido Submetido ao Intemperismo do Ambiente Costeiro em Natal	3 meses	Natal, RN Brasil	5°47'42" S 35°12'34" O Altitude: 30 m
APARICIO-ARDILA et al. (2021)	Avaliação da degradação de um geotêxtil não tecido de polipropileno exposto à erosão natural por 3 anos	36 meses	São Carlos, SP Brasil	20°00'11" S 47°53'57" O Altitude: 819 m
CARNEIRO et al. (2022)	Intemperismo de um geotêxtil não tecido de polipropileno: Exposição em campo vs. laboratório	6, 12, 18 e 24 meses	Porto Portugal	41°13' N 8°39' O Altitude: 49 m
SILVA (2022)	Degradação de geossintéticos por intemperismo natural em área costeira	5,9 meses	Natal, RN Brasil	5°47'42" S 35°12'34" O Altitude: 30 m
SILVA (2021)	Avaliação de Degradação de Geotêxteis Submetidos à Exposição por Radiação Ultravioleta no Município de Mossoró / RN	3 Meses	Mossoró, RN Brasil	5°13'2,5" S 37°19'33,4" O Altitude: 30 m
DIAS FILHO et al. (2024)	Efeitos naturais de intemperismo em geotêxteis não tecidos expostos a diferentes condições climáticas	18 meses	São Carlos, SP Brasil	20°00'11" S 47°53'57" O Altitude: 819 m
			São José dos Campos, SP Brasil	23°13'45" S 45°51'41" O Altitude: 600 m
			Natal, RN Brasil	5°46' 45" S 35°12' 13" O Altitude: 30 m
APARICIO-ARDILA et al. (2025)	Efeitos naturais de intemperismo em materiais plásticos texturizados de PEAD (polietileno de alta densidade) branco, verde e preto.	102, 108, 126 meses	Rio Grande do Sul Brasil	29°52'39,8" S 51°11'3,1" O Altitude: -

Tendo em vista o Quadro 1, é possível notar uma pequena diversidade em relação as localizações geográficas dos campos experimentais no Brasil e no mundo, com uma significativa variação em relação as condições climáticas predominantes, abrangendo desde regiões de clima temperado como Austrália, Canadá, Estados Unidos e Bélgica, zonas do mediterrâneo como Portugal e o subtropical presente na China, até zonas tropicais e equatoriais, como no Brasil, Índia e Peru.

Em relação ao panorama brasileiro, é possível notar que o estado de São Paulo é o local onde foram desenvolvidos mais estudos (nove pesquisas), seguido do Rio Grande do Norte (quatro pesquisas), Minas



2025

Gerais (três pesquisas), Rio de Janeiro (duas pesquisas) e Rio Grande do Sul (uma pesquisa). Observa-se ainda que a região Sudeste é a que possui mais estudos realizados. No Nordeste todas as pesquisas foram executadas no Rio Grande do Norte (nas cidades de Natal e Mossoró). Desse modo, não foi encontrada pesquisa localizada na região Norte e Centro-Oeste do país, refletindo na falta da compressão a cerca da distribuição dos campos experimentais.

Foi observado também durante o levantamento de dados que a área de ocupação dos campos experimentais não segue um padrão normativo, tendo em vista pequenas plataformas de exposição em pórticos inclinados até campos mais complexos, instalados em barragens, lagos de retenção e zonas costeiras. O tempo de exposição também se mostrou bastante heterogêneo, com análises variando entre curtos períodos de 1 a 6 meses, até longos monitoramentos de até 192 meses (Rowe, 2015).

Outro ponto analisado foi a ausência de estações meteorológicas nos campos experimentais para a captação de parâmetros climáticos no ponto de exposição. No entanto, à partir de critérios como latitude e altitude (abordados no Quadro 1), regime climático e tempo de exposição (abordados no Quadro 1), percebe-se a importância na discussão de uma análise mais fundamentada no efeito das condições climáticas em razão da variabilidade geográfica na durabilidade dos geossintéticos.

As perspectivas apontam para a necessidade de ampliação e descentralização desses campos, visando abranger diferentes zonas climáticas e geográficas. Assim sendo, o fortalecimento da infraestrutura experimental e o investimento em estudos regionais são fundamentais para aprimorar os critérios técnicos de projeto, aumentar a confiabilidade das estruturas que utilizam geossintéticos e garantir maior segurança e sustentabilidade em obras de engenharia civil e ambiental.

3 PERSPECTIVAS FUTURAS

Diante do exposto, observa-se que nos últimos dez anos houve apenas uma tímida expansão no número de campos experimentais dedicados ao estudo de degradação dos geossintéticos. No entanto, considerando o avanço das mudanças climáticas no Brasil e no mundo, torna-se cada vez mais urgente ampliar esse tipo de pesquisa. É essencial que os estudos acompanhem essas mudanças e aprofundem a compreensão das especificações necessárias para cada área de aplicação, gerando resultados que considerem as particularidades climáticas e as características dos materiais utilizados, a fim de mitigar os riscos de comprometimento estrutural em projetos de engenharia civil e ambiental que empregam geossintéticos expostos a tensões e processos de degradação por agentes ambientais.

Nesse sentido, uma perspectiva válida para o futuro é a criação de grupos de pesquisa dedicados ao estudo de um mesmo tipo de material exposto a diferentes condições climáticas, possibilitando análises comparativas mais abrangentes. Um exemplo dessa abordagem é uma pesquisa atualmente em desenvolvimento, que investiga os efeitos do intemperismo no envelhecimento de geomembranas e geotêxteis submetidos a ensaios em laboratório e expostos em campo em distintas regiões do Brasil.

Para avaliar o nível de degradação em diferentes condições climáticas, os geossintéticos foram instalados em campos experimentais localizados no campus da Universidade de Brasília (UnB) (latitude: 15°45'52" S, longitude: 47°51'52" O), campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) em Campos dos Goytacazes/RJ (latitude: 21°48'14" S, longitude: 41°19'26" O), Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (DOL/UFRN) em Natal/RN (latitude: 5°47'41" S, longitude: 35°10'58" O) e na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP/UFAM) em Manaus/AM (latitude: 3°38'58"S, longitude: 60°03'10" O).

Nesses locais, as geomembranas e os geotêxteis permanecem expostos às condições naturais por 24 meses, com análises periódicas a cada seis meses para verificar o nível de envelhecimento e comparar as propriedades físicas, químicas e mecânicas com as amostras não expostas. Para garantir a máxima incidência de radiação solar, os pórticos foram construídos com inclinação próxima ao valor da latitude local e orientados no eixo Leste-Oeste, com inclinação voltada para o Norte no sentido horário (Figura 1). Essa configuração assegura uma exposição direta e uniforme das amostras à luz solar. Assim, em razão da variabilidade atmosférica entre as regiões de exposição, espera-se observar diferenças significativas na tendência de alteração das propriedades estudadas ao longo do tempo.

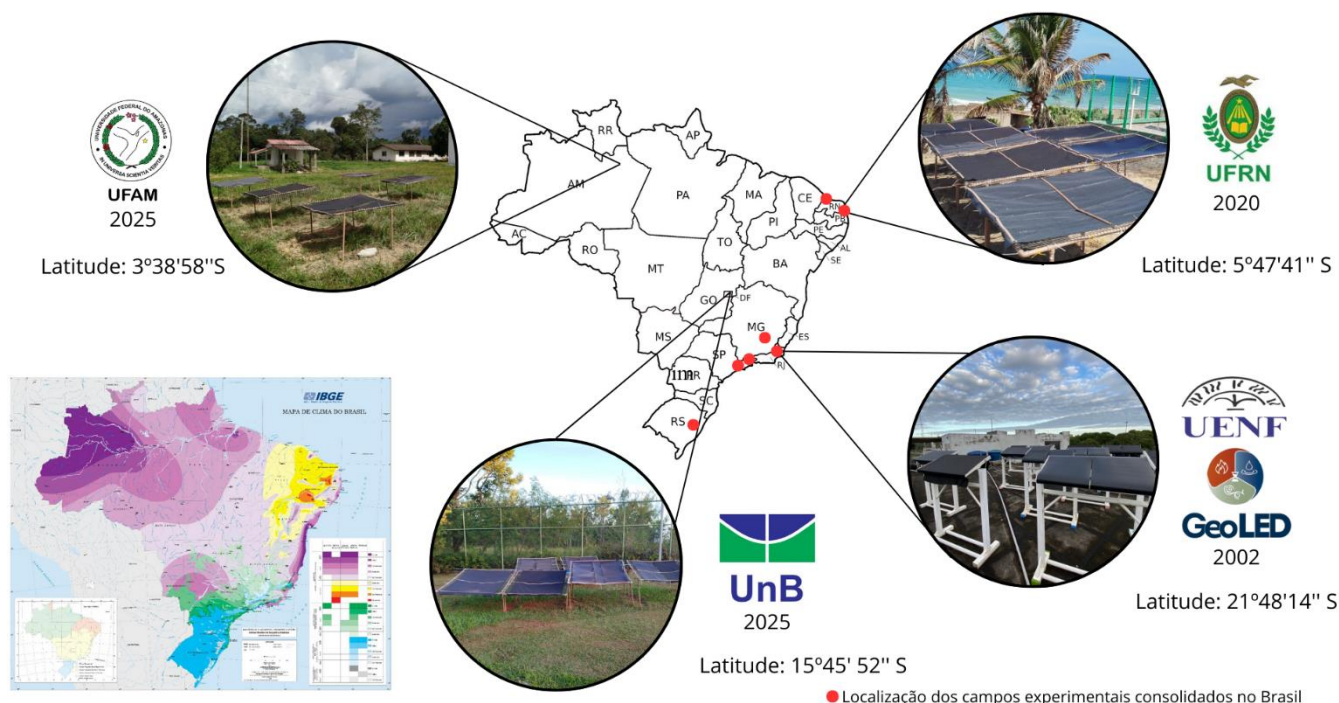


Figura 1. Pórticos instalados nos campos experimentais de degradação de geossintéticos no DOL/UFRN, UENF, FAEXP/UFAM e UnB e a localização dos campos já consolidados no Brasil.

Como resultado esperado da atuação desses grupos de pesquisa, destaca-se a possibilidade de utilizar os dados coletados nos campos experimentais de degradação natural para validar modelos de previsão do comportamento de longo prazo dos geossintéticos. Esses dados fornecerão subsídios para a calibração de modelos matemáticos e computacionais mais precisos, capazes de considerar as variáveis mais relevantes — como temperatura, umidade, pH do meio, radiação solar, entre outras — que afetam diretamente o desempenho dos materiais.

Espera-se, ainda, que essa abordagem fortaleça a interação entre a indústria e a academia, promovendo o aprimoramento de produtos já existentes e incentivando o desenvolvimento de novas soluções mais duráveis e adequadas às condições reais de uso, contribuindo para maior segurança, eficiência e sustentabilidade em projetos de engenharia civil e ambiental.

4 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou os trabalhos desenvolvidos e os campos experimentais existentes e distribuídos no Brasil e no mundo como ferramenta auxiliar para a avaliação da durabilidade de geossintéticos sob condições reais de exposição ambiental. Embora os ensaios acelerados em laboratório forneçam subsídios iniciais para estimativas de vida útil, eles não reproduzem com fidelidade os complexos mecanismos de degradação presentes em campo, especialmente quando se consideram fatores combinados como radiação UV, temperatura, umidade, carga mecânica e agentes químicos. Diante do observado, pode-se concluir que:

- A análise do panorama atual revelou uma distribuição geográfica desigual dos campos experimentais no Brasil, com maior concentração na região Sudeste, notadamente no Estado do Rio de Janeiro e São Paulo;
- Regiões como o Norte e o Centro-Oeste ainda carecem de investigações nesse eixo temático, o que limita a representatividade dos dados frente à diversidade climática nacional. No entanto, com a iniciativa do grupo de pesquisa abordado no tópico 3, é possível notar o preenchimento dessa lacuna com o fomento de estudos nos estados do Amazonas e Goiás;
- Em nível internacional, destacam-se os estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, Canadá e Portugal.



- As perspectivas futuras apontam para a necessidade de ampliação e descentralização desses campos, visando abranger diferentes zonas climáticas e geográficas;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio-Ardila, MA, Kobelnik, M., Valentin, CA, Palomino, CF, Sabogal-Paz, LP, & Silva, JL (2025). *Efeitos do intemperismo natural em materiais plásticos texturizados de HDPE branco, verde e preto*. Geosynthetics International, 1-40.
- Aparicio-Ardila, M. A., Pedroso, G. O. M., Kobelnik, M., Valentin, C. A., da Luz, M. P., & Lins da Silva, J. (2021). *Evaluating the degradation of a nonwoven polypropylene geotextile exposed to natural weathering for 3 years*. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering, 7, 1-11.
- Bhartu, V. G. (2015). *Degradation of Mechanical Properties of Geotextiles and Geomembranes Exposed to Outdoor Solar Radiation under Various Exposure Condition—Part I: Results of UV-Degradation*. Journal of Geological Resource and Engineering, 4, 173-184.
- Benjamim, C. V. D. S., Bueno, B. D. S., Lodi, P. C., & Zornberg, J. G. (2007). *Investigação do dano mecânico e do dano aos raios ultravioleta em geotêxteis expostos a condições de campo*. 50º Simpósio Brasileiro de Geossintéticos, Geossintéticos 2007, e 60º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, REGEO 2007, Recife, Brasil, 1-8.
- Brand, E. W., & Pang, P. R. (1991). *Durability of geotextiles to outdoor exposure in Hong Kong*. Journal of geotechnical engineering, 117(7), 979-1000.
- Carneiro, J. R., Morais, M., & de Lurdes Lopes, M. (2018). *Degradation of polypropylene geotextiles with different chemical stabilisations in marine environments*. Construction and Building Materials, 165, 877-886.
- Carneiro, J. R., & Lopes, M. D. L. (2022). *Weathering of a nonwoven polypropylene geotextile: field vs. laboratory exposure*. Materials, 15(22), 8216.
- Dias Filho, J. L. E. (2016). *Comportamento Geomecânico e de Durabilidade de Formas Têxteis Tubulares Aplicadas em Obras Hidráulicas*. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 243p.
- Dias Filho, J. L. E., de Almeida Maia, P. C., & de Castro Xavier, G. (2019). *Spectrophotometry as a tool for characterizing durability of woven geotextiles*. Geotextiles and Geomembranes, 47(4), 577-585.
- Dias Filho, J. L. E., Silva, J. L., Valentin, C. A., Fleury, M. P., Aparicio-Ardila, M. A., Vidal, D. M., & Costa, C. M. L. (2024). *Natural weathering effects of nonwoven geotextile exposed to different climate conditions*. Geosynthetics International, 1-11.
- Dierickx, W., & Van Den Berghe, P. (2004). *Natural weathering of textiles used in agricultural applications*. Geotextiles and Geomembranes, 22(4), 255-272.
- Gibbs, D., Austin, R., & Smith, D. (2014). *Durability of Polyester Geotextiles Subjected to Australian Outdoor and Accelerated Weathering*. In 7th International Congress on Environmental Geotechnics (pp. 1-8).
- Grubb, DG, Diesing III, WE, Cheng, SCJ, & Sabanas, RM (2000). *Comparação da durabilidade de geotêxteis com condições de exposição externa nos Andes peruanos e no sudeste dos EUA*. Geosynthetics International, 7 (1), 23-45.
- Guimaraes, M.G.A.; Urashima, D.C & Vidal, D.M. (2014). *Dewatering of sludge from a water treatment plant in geotextile closed systems*. Geosynthetics International, 21(5): 310-320.
- Guimarães, M. G. A., Urashima, D. C., Vidal, D. M., & Castro, C. A. C. (2020). *Influência das exposições aberta e fechada na durabilidade de geossintéticos sob intempéries*. Brazilian Journal of Development, 6(6), 37031-37049.
- Hsieh, C., Wang, J., & Chiu, Y. (2006). *The degradation behavior of geotextiles in ocean environments*. Geosynth. Int, 13, 543-552.
- Koerner, R. M. (2012). *Designing with Geosynthetics* (6th ed.). Xlibris Corporation.



- Lodi, P. C. (2003). *Aspectos de degradação de geomembranas poliméricas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de poli (cloreto de vinila) (PVC)*. 2003. (Tese de Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 354 p.
- Lodi, P. C., Bueno, B. D. S., Zornberg, J. G., & Correia, N. D. S. (2008). *Analysis of mechanical and physical properties on geotextiles after weathering exposure*. In Proceedings of the 4th European Geosynthetics Conference, Edinburgh, UK, 6p. (CD-ROM–Paper 203).
- Lodi, P. C., Bueno, B. D. S., & Vilar, O. M. (2013). *The effects of weathering exposure on the physical, mechanical, and thermal properties of high-density polyethylene and poly (vinyl chloride)*. Materials Research, 16, 1331-1335.
- Lopes, M. L., & Barroso, M. (2024). *Durabilidade dos geossintéticos: estigma ou fator de sustentabilidade*. Geotecnia, Extra, 9–19.
- Milagres, B. V. (2016). *Degradação de geotêxteis frente a elementos climáticos em ensaios de campo e laboratório: realidade climática local*. 2016. (Dissertação de Mestrado em Geotecnia), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais), 173 p.
- Rowe, R. K., Chappel, M. J., Brachman, R. W. I., & Take, W. A. (2012). *Field study of wrinkles in a geomembrane at a composite liner test site*. Canadian Geotechnical Journal, 49(10), 1196-1211.
- Rowe, R. K., & Ewais, A. M. R. (2015). *Ageing of exposed geomembranes at locations with different climatological conditions*. Canadian Geotechnical Journal, 52(3), 326-343.
- Santos, E. W. C. D. (2020). *Avaliação da degradação de um geotêxtil tecido submetido ao intemperismo do ambiente costeiro em Natal*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 107p.
- Silva, R. K. S. D. (2022). *Degradação de geossintéticos por intemperismo natural em área costeira*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 86 p.
- Silva, J. T. F. D. (2021). *Avaliação da degradação de geotêxteis submetidos à exposição por radiação ultravioleta no município de Mossoró/RN*. (Dissertação de mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte) 58p.
- Urashima, B. M. C., Urashima, D. C, Castro, C. A. C., & Guimarães, M. G. A. (2020). *Degradação de geotêxteis expostos às intempéries*. Brazilian Journal of Development, 6(5), 25208-25219.
- Vahidi, S., Hsuan, G., & ElSafty, A. (2020). *Predicting the depletion of antioxidants in high density polyethylene (HDPE) under sunlight using the reciprocity law*. Geotextiles and Geomembranes, 48(2), 170-175.