

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÊXTIL
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL

Helen Cristine Salai

**Efeito da radiação UV nas propriedades mecânicas de tela antigranizo para
aplicação em agrotêxteis**

Blumenau
2023

Helen Cristine Salai

Efeito da radiação UV nas propriedades mecânicas de tela antigranizo para aplicação em agrotêxteis

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Têxtil do Centro Tecnológico de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Steffens.

Blumenau

2023

Salai, Helen Cristine

Efeito da radiação UV nas propriedades mecânicas de tela antigranizo para aplicação em agrotêxteis /Helen Cristine Salai orientadora, Fernanda Steffens , 2023.

59 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Têxtil. 2. Engenharia Têxtil. 3. Têxteis técnicos . 4. Agrotêxtil . I. Steffens , Fernanda . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Têxtil. III. Título.

Helen Cristine Salai

Efeito da radiação UV nas propriedades mecânicas de tela antigranizo para aplicação em agrotêxteis

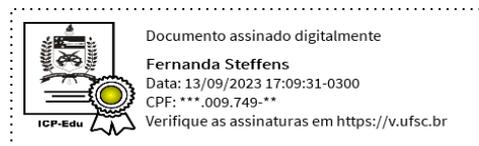
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Engenheiro Têxtil” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Têxtil.

Blumenau, 15 de agosto de 2023.

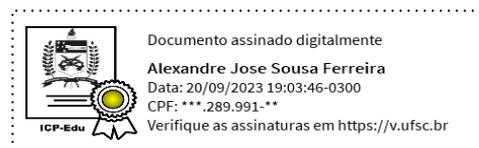


Prof.^a Grazyella Cristina Oliveira de Aguiar, Dr.^a
Coordenação do Curso

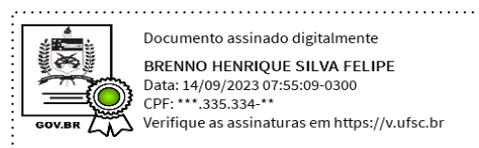
Banca examinadora



Prof.^a Fernanda Steffens, Dr.^a
Orientadora



Prof. Alexandre José Sousa Ferreira, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Brenno Henrique Silva Felipe, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 2023.

Este trabalho é dedicado à minha família, em especial, meu pai, minha mãe e meu irmão, e aos meus amigos, que sempre me apoiaram durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina, em especial ao Campus Blumenau, por me fornecer base acadêmica que foi fundamental para eu alcançar essa conquista.

Agradeço a Deus por todas as bênçãos e oportunidades que me fez saber aproveitar.

Agradeço a minha família, em especial meu pai, Mauro Curt Salai, minha mãe, Neusa Todt Koslow, e meu irmão, Mauro Curt Salai Júnior, por sempre me apoiarem e incentivarem a alcançar meus objetivos durante toda minha trajetória.

Agradeço a Prof.^a Dr.^a Fernanda Steffens por ter aceitado ser minha orientadora, pela dedicação e incentivo para a realização deste trabalho.

Agradeço ao corpo docente da Engenharia Têxtil por compartilharam seus conhecimentos, fornecendo base acadêmica, contribuindo para que este trabalho se tornasse realidade.

Agradeço aos técnicos, Daniel e Henrique, pelo auxílio na operação dos equipamentos dos laboratórios.

Agradeço aos meus amigos por me ajudarem e darem apoio na realização deste trabalho.

A todos, muito obrigada.

“Nunca ande por trilhas, pois assim só irá até onde os outros já foram”.

(Alexander Graham Bell)

RESUMO

No Brasil, a agricultura é de suma importância para a economia. Sua produtividade está diretamente relacionada a fatores climáticos, entretanto, a exposição a condições extremas pode acarretar prejuízos para os agricultores. Para evitar tais prejuízos, uma alternativa viável seria a utilização de agrotêxteis como meio de proteção. Os agrotêxteis são um assunto muito recente e com poucos estudos na área dos têxteis técnicos. Desta forma, este trabalho tem como proposta estudar estruturas de tecido plano leno utilizados na agricultura para aplicação em telas antigranizo. Foram realizadas as seguintes técnicas para caracterização dos tecidos: densidade, gramatura, espessura, título do fio e análise de Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) (este último para confirmar que a composição dos substratos realmente se tratava de polietileno de alta densidade). Também foram realizados teste de queima e ensaio de resistência à tração. No teste de queima, as amostras não liberaram fumaça e não houve gotejamento após a combustão, sendo assim, caso o fogo consumisse as telas antigranizo, elas não prejudicariam uma plantação. O ensaio de resistência à tração antes e após a exposição às intempéries evidenciou que os tecidos têm sua resistência prejudicada ao longo do tempo.

Palavras-chave: Agricultura; leno; têxteis técnicos.

ABSTRACT

In Brazil, agriculture is of paramount importance to the economy. It's productivity is directly related to climatic factors. However, exposure to extreme conditions can cause damage to farmers. To avoid such losses, a viable alternative would be the use of agrotexiles as a means of protection. Agrotexiles are a very recent subject with few studies in the technical textile area. In this way, this work proposes to study structures of leno woven fabric used in agriculture for the application of anti-hail screens. The following techniques were performed to characterize the fabrics: density, grams per square meter, thickness, yarn count and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis (the latter to confirm that the composition of the substrates really was High Density Polyethylene). Flame test and tensile strength test were also carried out. In the flame test, the samples did not release smoke and there was no dripping after combustion, so if the fire consumed the anti-hail screens, they would not harm a plantation. The tensile strength test before and after exposure to the weather conditions showed that the leno woven fabrics have their resistance impaired over time.

Keywords: Agriculture; leno; technical textiles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número de publicações entre 2013 e 15 de junho 2023.	18
Figura 2 – Superfícies têxteis utilizadas no segmento agro.	22
Figura 3 – Estrutura leno.	27
Figura 4 – Aplicação do tecido leno.	28
Figura 5 – Formação da estrutura leno.	29
Figura 6 – Estrutura molecular do polietileno.	29
Figura 7 – Esferas de granizo.	32
Figura 8 – Danos materiais e prejuízos (setor público e privado) entre 1995 e 2019.	33
Figura 9 – Subdivisões dos danos materiais e prejuízos (público e privado) entre 1995 e 2019.	34
Figura 10 – Danos e prejuízos com granizo por região do Brasil.	35
Figura 11 – Estrutura leno: amostra 1 (a) e amostra 2 (b).	36
Figura 12 – Telas antigranizo expostas às intempéries.	37
Figura 13 – Equipamento Perkin Elmer®.	39
Figura 14 – Procedimento para realização do teste de queima.	40
Figura 15 – Procedimento para realização do ensaio de tração.	41
Figura 16 – FTIR das amostras 1 e 2.	44
Figura 17 – FTIR das amostras 1 e 2 após expostas às intempéries.	45
Figura 18 – Teste de queima, amostra 1, direção da trama (a) e urdume (b).	46
Figura 19 – Teste de queima, amostra 2, direção da trama (a) e urdume (b).	46
Figura 20 – Diagrama tensão-deformação, amostra 1, direção da trama (a) e urdume (b).	47
Figura 21 – Diagrama tensão-deformação, amostra 2, direção da trama (a) e urdume (b).	48
Figura 22 – Diagrama tensão-deformação, amostra 1, após exposição às intempéries, direção da trama (a) e urdume (b).	49
Figura 23 – Diagrama de tensão-deformação, amostra 2, após exposição às intempéries, direção da trama (a) e urdume (b).	49
Figura 24 – Valores médios de força máxima das amostras.	51
Figura 25 – Valores médios de tensão de ruptura das amostras.	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação e área de aplicação dos têxteis técnicos.	20
Quadro 2 – Fibras utilizadas na produção de agrotêxteis.	21
Quadro 3 – Diferentes produtos agrotêxteis.....	23
Quadro 4 – Normas Indianas utilizadas para a realização de testes em agrotêxteis.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades mecânicas e térmicas do PEAD.....	30
Tabela 2 – Número de fios de trama e urdume em 1 centímetro de tecido.....	42
Tabela 3 – Valores referentes a gramatura dos corpos de provas.....	42
Tabela 4 – Título dos fios, em Tex.	43
Tabela 5 – Valores médios obtidos a partir das curvas do ensaio de tração, amostras 1 e 2.	50
Tabela 6 – Valores médios obtidos a partir das curvas do ensaio de tração, amostras 1 e 2, após a exposição às intempéries.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FTIR	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBHS	<i>Insurance Institute for Business & Home Safety</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LABENE	Laboratório de Beneficiamento
LABTEC	Laboratório de Tecidos e Malhas
LEM	Laboratório de Ensaios Mecânicos
LTE	Laboratório de Análises Térmicas e Espectroscopia
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PELBD	Polietileno Linear de Baixa Densidade
PEUAPM	Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular
PEUBD	Polietileno de Ultra Baixa Densidade
PIB	Produto Interno Bruto
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL	19
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	TÊXTEIS TÉCNICOS.....	20
3.1.1	AGROTÊXTEIS.....	21
3.2	ESTRUTURA LENO	26
3.3	POLIETILENO.....	29
3.4	GRANIZO.....	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.1	MATERIAIS.....	36
4.1.1	EXPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS À INTEMPÉRIES	36
4.2	MÉTODOS	37
4.2.1	Caracterização	37
4.2.1.1	<i>Densidade</i>	37
4.2.1.2	<i>Gramatura</i>	38
4.2.1.3	<i>Densidade linear</i>	38
4.2.1.4	<i>Análise por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier</i> 38	
4.2.2	Teste de queima	39
4.2.3	Ensaio de resistência à tração	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1	CARACTERIZAÇÃO	42
5.1.1	Densidade	42
5.1.2	Gramatura	42
5.1.3	Densidade linear	43
5.1.4	Análise por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier 43	
5.2	TESTE DE QUEIMA	45
5.3	ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	47
6	CONCLUSÃO	53
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	54

REFERÊNCIAS	55
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma prática econômica de grande importância para a economia brasileira. Isso se deve a elevada quantidade de recursos naturais existentes. Além disso, em razão das variações climáticas presentes no território brasileiro, possibilita uma grande diversidade de espécies a serem cultivadas. Com o passar dos anos, a agricultura no Brasil tem se tornado cada vez mais moderna, porém ainda possui oportunidades de estudos para melhorias futuras (EMBRAPA, 2018).

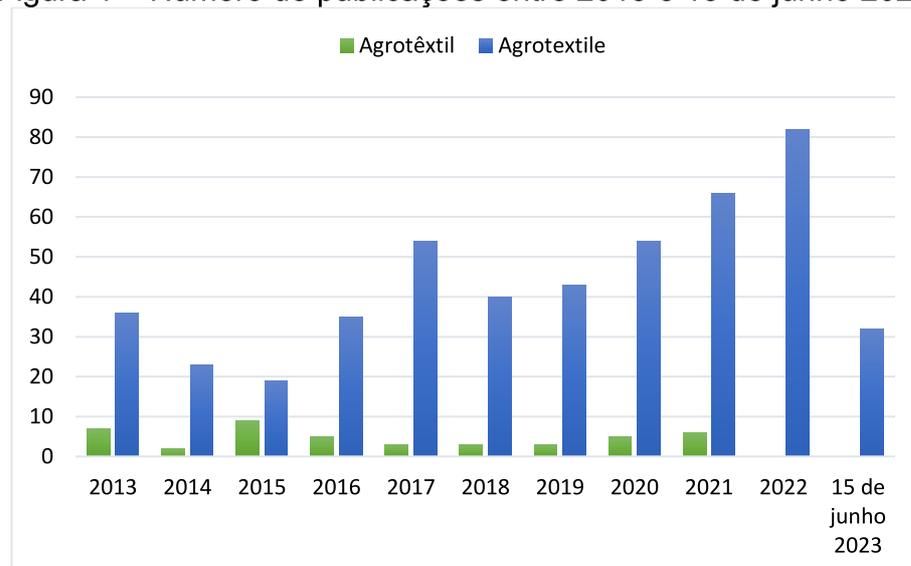
No Brasil, no primeiro trimestre de 2023, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), observou-se que o Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária teve um aumento de 21,6 %, em relação ao quarto trimestre de 2022, representando cerca de 8 % da economia do país, enquanto a indústria extrativa aumentou apenas 7,7 % (IBGE, 2023). Em 2020, os estados da região Sul do Brasil estavam entre os 10 com maior valor bruto da produção, o que corresponde ao faturamento base da pecuária e das principais lavouras, dentro da propriedade rural (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2021). Em vista disso, verifica-se que a agropecuária é um propulsor para a economia brasileira.

A agricultura depende diretamente de fatores relacionados ao clima para se obter uma ótima produtividade, entretanto as mudanças climáticas podem causar danos e prejuízos para os agricultores, podendo ser irreversíveis. Essas mudanças climáticas estão relacionadas diretamente às emissões de gases de efeito estufa (Martins, S. R., *et al.*, 2010).

Para evitar que essas mudanças climáticas e outros fatores externos causem danos à agricultura, uma solução encontrada é a utilização de agrotêxteis como meio de proteção. Os agrotêxteis desempenham diversas funções, destacando-se a proteção contra condições climáticas; conservação do solo; controle de temperatura; entre outros. São utilizados na agricultura, pecuária, silvicultura, horticultura, floricultura, segmentos pesqueiros, paisagismo, jardinagem, aquicultura e agroengenharia (Chowdhury, *et al.*, 2017). No geral, os agrotêxteis estão expostos diretamente a diversos fatores climáticos, sendo de extrema importância o estudo relacionado ao efeito da radiação ultravioleta (UV) e intempéries nesses produtos, por exemplo.

A pesquisa em agrotêxteis é uma área dentro do segmento têxtil que tem ganhado relevância nos últimos anos, com muita possibilidade de estudo. Para justificar essa afirmativa, foi realizada uma busca por número de publicações científicas (artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses) na plataforma *Google Scholar* durante o período de 2013 a 15 de junho de 2023, com as palavras-chaves “agrotêxtil” e “agrotexstile”, entre aspas, separadamente. Obteve-se como resultado 43 e 484 publicações, respectivamente. Na Figura 1 pode-se observar que o número de publicações, no idioma em inglês, nos últimos 5 anos, vem crescendo. Entretanto, em português, não possui nenhuma publicação nos anos de 2022 e 2023. Em 2023 o número de publicações com o termo *agrotexstile* é pequeno comparado ao ano anterior, mas como o ano ainda não finalizou, existe a possibilidade de crescimento nesse resultado.

Figura 1 – Número de publicações entre 2013 e 15 de junho 2023.



Fonte: Autor (2023).

Verifica-se, portanto, que estudos relacionados à têxteis aplicados na agricultura são de extrema relevância, principalmente na língua portuguesa, havendo grande possibilidade de pesquisa e desenvolvimento de produto no âmbito desta temática.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a estrutura de tecido plano leno utilizado na agricultura para aplicação de telas antigranizo.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Caracterizar estruturalmente a estrutura de tecido plano usada como tela antigranizo;
- b) Caracterizar as amostras de telas antigranizo a partir da técnica de Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) para verificar a sua composição;
- c) Avaliar e comparar o comportamento mecânico de resistência à tração do substrato têxtil antes e após a exposição as intempéries;
- d) Avaliar o comportamento do substrato têxtil após a realização do teste de queima.

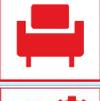
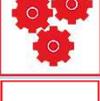
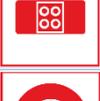
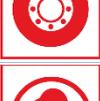
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TÊXTEIS TÉCNICOS

Os têxteis técnicos são estruturas que possuem elevado desempenho e são desenvolvidos para realizar funções técnicas específicas em relação a sua aplicação. A durabilidade e o custo dos têxteis técnicos são mais elevados quando comparados a um têxtil convencional, devido às exigências de seu uso (Araújo, M., *et al.*, 2001).

Os têxteis técnicos foram definidos e classificados em doze áreas de aplicações (Quadro 1), pela *Techtextil*, feira internacional de Têxteis Técnicos e Não tecidos, que acontece em cada dois anos em Frankfurt, na Alemanha. Têxteis aplicados na área agro são denominados como *agrotech*, ou em português como agrotêxtil.

Quadro 1 – Classificação e área de aplicação dos têxteis técnicos.

SÍMBOLO	ÁREA	APLICAÇÃO
	<i>Agrotech</i>	Agricultura, horticultura, silvicultura e paisagismo
	<i>Buildtech</i>	Construção e arquitetura
	<i>Clothtech</i>	Desenvolvimento na fabricação de calçados e vestuário
	<i>Geotech</i>	Construção de estradas, barragens, aterros e engenharia civil
	<i>Homotech</i>	Desenvolvimento na fabricação de móveis, estofados, carpetes e pisos
	<i>Indutech</i>	Soluções em produtos para as mais diversas indústrias, como engenharia mecânica, química e elétrica
	<i>Medtech</i>	Fabricação, processamento e aplicação de produtos médicos e de higiene
	<i>Mobitech</i>	Desenvolvimento na construção de meios de transporte, como aeronaves, navios e automóveis
	<i>Oekotech</i>	Proteção ambiental
	<i>Packtech</i>	Inovações em embalagem

SÍMBOLO	ÁREA	APLICAÇÃO
	<i>Protech</i>	Proteção pessoal
	<i>Sporttech</i>	Desenvolvimento de produto para esporte e lazer

Fonte: Adaptado de Techtextil (2023).

3.1.1 AGROTÊXTEIS

Dentro das 12 áreas classificadas como têxteis técnicos está o *agrotech*, em tradução livre, também conhecido por agrotêxtil. Os agrotêxteis são utilizados na agricultura, pecuária, silvicultura, horticultura, floricultura, segmentos pesqueiros, paisagismo, jardinagem, aquicultura e agroengenharia (Chowdhury, *et al.*, 2017).

No Quadro 2 estão apresentadas as fibras utilizadas na produção de agrotêxteis. As fibras sintéticas são mais utilizadas por possuírem baixo custo, durabilidade e massa reduzida. Embora sejam utilizadas em menor proporção, a maior vantagem das fibras naturais está relacionada a sua biodegradabilidade (Palamucu, S., *et al.*, 2017).

Quadro 2 – Fibras utilizadas na produção de agrotêxteis.

FIBRAS	MATÉRIA-PRIMA
Fibras naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Algodão • Linho • Lã • Juta • Coco • Sisal • Cânhamo
Fibras sintéticas	<ul style="list-style-type: none"> • Poliéster • Poliamida • Polietileno • Polipropileno

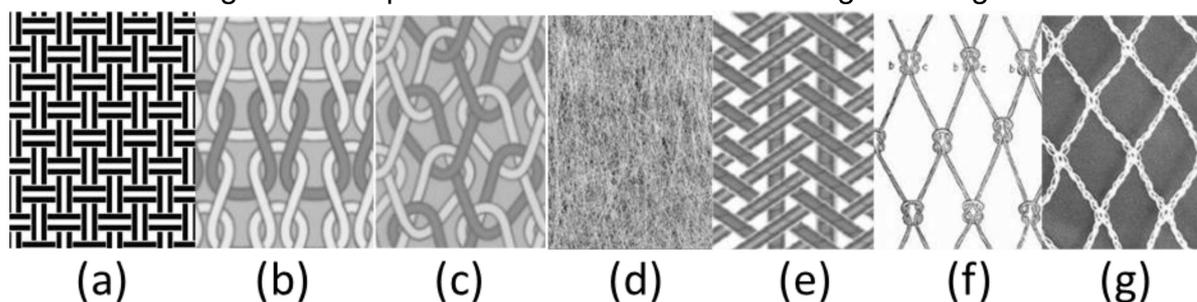
Fonte: Adaptado de Palamucu, S., *et al.*, (2017).

Quando fabricados com fibras sintéticas, os agrotêxteis acabam por poluir o meio ambiente, pois ao chegar no final da sua vida útil são de difícil recuperação. Sendo assim, pode-se observar que as fibras naturais têm um futuro promissor na produção de agrotêxteis, sendo mais favoráveis ao meio ambiente, promovendo maior

sustentabilidade. Dentre as fibras naturais existentes, pode-se destacar a juta, pois apresenta características como baixo custo, elevada resistência a tração, resistência térmica, alta capacidade de absorção e retenção de umidade, sendo considerada a fibra do futuro (Palamucu, S., *et al.*, 2017).

As principais estruturas têxteis utilizadas na produção de agrotêxteis estão representadas na Figura 2: são tecido plano (a), malha por trama (b), malha por urdume (c), não-tecido (d), entrançado (e), *knotted* (f), e *twined* (g), sendo (f) e (g) também conhecidas como rede, estes dois últimos sem tradução própria para a língua portuguesa, em tradução livre, sendo traduzidas, literalmente, para tecido atado e entrelaçado, respectivamente (Palamucu, S., *et al.*, 2017). A escolha da superfície está relacionada conforme suas características, como por exemplo resistência à tração, elasticidade, permeabilidade, resistência mecânica, estabilidade dimensional, resistência à flexão, em relação a suas áreas de aplicações específicas.

Figura 2 – Superfícies têxteis utilizadas no segmento agro.



Fonte: Adaptado de Palamucu, S., *et al.*, (2017).

As principais propriedades que um agrotêxtil deve possuir são resistência à tração, resistência à radiação ultravioleta, resistência à abrasão, resistência a intempéries, resistência a produtos químicos, permeabilidade a luz, permeabilidade a líquidos, impermeabilidade a líquidos, durabilidade a longo prazo, massa reduzida e biodegradabilidade (Palamucu, S., *et al.*, 2017). Cada propriedade depende exclusivamente da finalidade de cada aplicação do agrotêxtil.

Existem diversas aplicações de produtos agrotêxteis, os quais exercem funções distintas e são produzidas a partir de diferentes matérias-primas, conforme apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Diferentes produtos agrotêxteis.

PRODUTO	APLICAÇÃO	FIBRA UTILIZADA	ILUSTRAÇÃO
Cobertura para solo	Podem ser utilizadas para o controle de pragas e ervas daninhas, e manter o solo úmido	Polipropileno	
Embalagem	Embalagem para produtos agrícolas, como frutas, verduras e legumes. Também podem ser para o transporte de plantas	Polipropileno	
Para-brisa	Utilizadas proteger plantações de ventos fortes	Polietileno	
Protetor solar	Utilizadas para controlar a quantidade de sombra e sol necessárias para a plantação	Polipropileno	
Rede de aquicultura	São utilizadas para cultivo de peixes	Monofilamento de Poliamida ou Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	
Rede de pesca	São utilizadas para pesca em maiores quantidades	Monofilamento de Poliamida ou Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	

PRODUTO	APLICAÇÃO	FIBRA UTILIZADA	ILUSTRAÇÃO
Sacos para proteção de frutas	São utilizados para proteger frutas das intempéries, protegendo-as até sua colheita	Polipropileno	
Telas antigranizo	São utilizadas para proteger plantações do granizo	Polietileno	
Tela de proteção contra pássaros e insetos	Protegem sementes, frutos e colheitas de danos causados por pássaros, insetos e outras pragas	Poliamida, Polietileno e Polipropileno	

Fonte: Adaptado Chowdhury, *et al.*, (2017).

As vantagens em se utilizar têxteis técnicos na agricultura estão relacionadas principalmente ao seu benefício em longo prazo e a sustentabilidade, tanto pela possibilidade em se utilizar fibras naturais na sua fabricação como a de cultivar a terra de maneira mais correta, por exemplo, sem a necessidade da utilização de agrotóxicos. Além disso, as diferentes fibras e superfícies têxteis são selecionadas para melhor se adequar as necessidades de aplicação, com o objetivo de melhorar a produtividade.

Em relação a normas técnicas, países da Europa Ocidental, Índia e China possuem normalizações nacionais em relação a teste, fabricação e definições de alguns tipos de agrotêxteis. O Quadro 4 apresenta algumas normas relativas a Índia.

Por existir poucas normas de padrões internacionais para a produção de agrotêxteis e realização de testes, cada país apresenta variações em seus resultados

e produtos, impossibilitando sua comparação e padronização (Ghosh, S. K., *et al.*, 2016). No Brasil não existem normas nacionais para produtos agrotêxteis.

Quadro 4 – Normas Indianas utilizadas para a realização de testes em agrotêxteis.

NORMA	DESCRIÇÃO
IS 15351: 2015	Agrotêxteis: Polietileno de alta densidade laminado (PEAD) Geomembrana para revestimento à prova d'água – Especificação.
IS 15907: 2010	Agrotêxteis: Polietileno de Alta Densidade (PEAD) tecido para vermicultura
IS 16008: Parte 1: 2016	Agrotêxteis: Tela de sombreamento para agricultura e horticultura – Especificação parte 1 – Redes de sombra produzidas a partir de fios
IS 16008: Parte 2: 2016	Agrotêxteis: Telas de sombreamento para agricultura e horticultura - Especificação parte 2 – telas de sombreamento produzidas a partir de monofilamento
IS 16190: 2014	Agrotêxteis: Polietileno de Alta Densidade (PEAD) Tecido laminado tubular para irrigação – Especificação
IS 16390: 2015	Agrotêxteis: Luvas de malha de nylon sem costura para colheita de tabaco
IS 16513: 2016	Agrotêxteis: Tela de proteção contra insetos para agricultura e horticultura – Especificação
IS 16627: 2017	Agrotêxteis: Polietileno de Alta Densidade (PEAD) Tecido laminado tubo plano para uso em redes e sistema de irrigação por gotejamento
IS 17070: 2019	Agrotêxteis: Tecido de juta utilizado para crescimento de plantas e supressão de ervas daninhas – Especificação
IS 17355: 2020	Agrotêxteis: Não-tecido <i>Spubonded</i> de polipropileno para aplicações na agricultura e horticultura – Especificação
IS 17356: 2020	Agrotêxteis: Para-brisas para agricultura e horticultura – Especificação
IS 17358: Parte 1: 2020	Agrotêxteis: Cerca de tela para agricultura e horticultura – Especificação - Parte 1 – Cerca de tela produzidas a partir de polímero extrudado

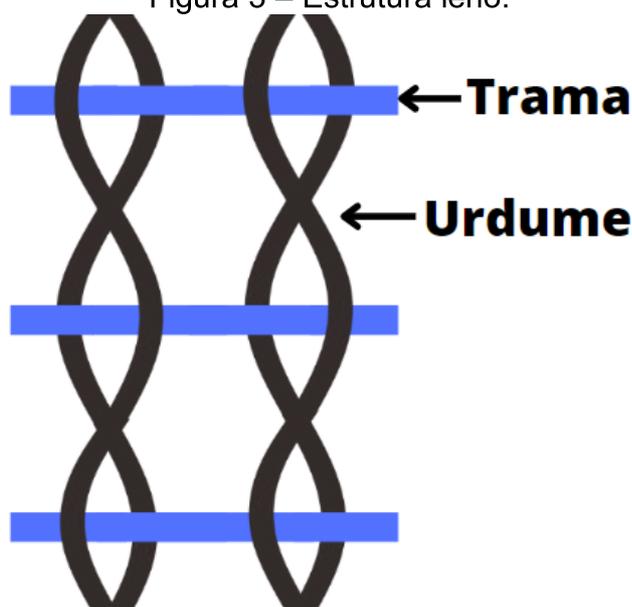
NORMA	DESCRIÇÃO
IS 17358: Parte 2: 2020	Agrotêxteis: Cerca de tela para agricultura e horticultura – Especificação – Parte 2 – Cerca de tela produzidas a partir de monofilamento e combinação de fita e monofilamento
IS 17513: 2020	Agrotêxteis: Redes de suporte vegetal para agricultura e horticultura – Especificação
IS 17728: 2021	Agrotêxteis: Polietileno de Alta Densidade (PEAD) Tecido laminado tubo plano e conexões para uso em sistema de irrigação pluvial – Especificação
IS 17729: 2021	Agrotêxteis: Tanque flexível de armazenamento de água para agricultura e horticultura – Especificação
IS 17730: Parte 1: 2021	Agrotêxteis: Tela antigranizo para agricultura e horticultura – Especificação – Parte 1 – Telas de proteção contra granizo de malha de urdume
IS 17730: Parte 2: 2021	Agrotêxteis: Tela antigranizo para agricultura e horticultura – Especificação – Parte 2 – Telas de proteção contra granizo de tecido plano
IS 17731: 2021	Agrotêxteis: Tecidos laminados para de proteção de pomar – Especificação

Fonte: Adaptado de Ghosh, S. K., *et al.*, (2016).

3.2 ESTRUTURA LENO

A estrutura leno foi criada na Escócia, pela empresa *Morton Young and Borland Limited*, juntamente com a criação do tecido de renda. O termo é utilizado em tecidos em que dois fios de urdume, além de se entrelaçarem, cruzam-se entre um ou mais fios de trama (Figura 3). (Saha, J., *et al.*, 2017).

Figura 3 – Estrutura leno.



Fonte: Adaptado de Shaker, K., *et al.* (2020).

As principais características de tecido leno são: estabilidade dimensional, permeabilidade a luz e ao ar, resistência à tração e durabilidade (Gong, R. H., 2011).

Em comparação com o tafetá, o tecido leno possui maior resistência à tração e melhor estabilidade dimensional, por conta do seu arranjo dos fios, o qual não permite deslizamento dos fios de urdume sobre os de trama.

A aplicação do tecido leno em têxteis convencionais é principalmente em cortinas, mosquiteiros e tecidos decorativos (Figura 4). Em têxteis técnicos, são utilizados em diversas áreas, como no meio industrial (aplicações em filtros e peneiramento industrial); agrotêxtil (controle de erosão do solo, embalagens de produtos agrícolas, sombreamento de plantações delicadas) e medicina (gazes usadas em curativos) (Saha, J., *et al.*, 2017).

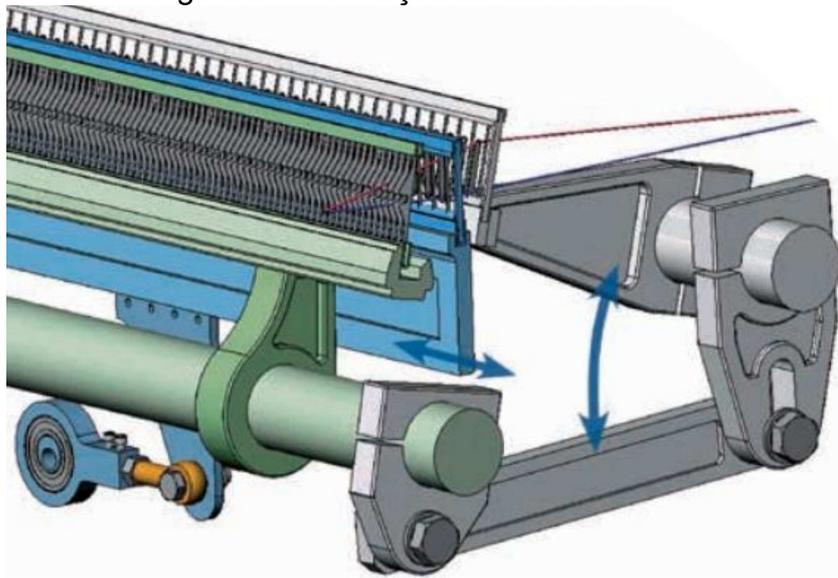
Figura 4 – Aplicação do tecido leno.



Fonte: Autor (2023).

A estrutura leno pode ser produzida por teares de pinças, jato de ar, projéteis ou lançadeiras. Para sua produção são utilizados quadros de liço convencionais e especiais. A sincronia destes quadros dará origem a torção dos fios de urdume, que irão se cruzar com os fios de trama (Gong, R. H., 2011). A formação da estrutura leno ocorre em teares que apresentam uma espécie de “pentes” (verde, azul e cinza) (Figura 5). No verde ocorre o encostamento da trama, no azul o deslocamento lateral e o cinza substitui o quadro de liço e rotaciona o fio de urdume.

Figura 5 – Formação da estrutura leno.

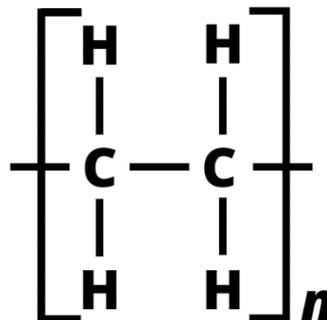


Fonte: Lindauer Dornier GMBH, 2023.

3.3 POLIETILENO

O polietileno (PE) é um polímero parcialmente cristalino e flexível, obtido a partir da polimerização do etileno. Pode ser processado por extrusão, moldagem a sopro e moldagem por injeção. As propriedades gerais do polietileno são: elevada resistência à tração; tenacidade; flexibilidade; e elevada resistência ao impacto. Além disso, é dimensionalmente estável e apresenta baixo custo de aquisição (Coutinho, F. M. B., *et al.*, 2003). A sua estrutura molecular está representada na Figura 6.

Figura 6 – Estrutura molecular do polietileno.



Fonte: Adaptado de Callister JR., W. D. (2018).

Os polímeros são sensíveis a luz UV, causando a degradação polimérica quando expostos a intempéries. Por isso, normalmente, são utilizados aditivos, como negro de fumo e antioxidantes para que o polímero possa aumentar sua resistência

aos raios UV (Lodi, P. C., *et al.*, 2007). O estudo sobre o efeito da radiação UV é de extrema relevância, pois ele impacta diretamente na redução da vida útil do material (Andrady, A. L., *et al.*, 2023).

Na área têxtil, o polietileno é muito utilizado para a fabricação de têxteis técnicos, por conta das suas propriedades. Em *medtech*, podem ser utilizados para a fabricação de fios para suturas, implantes de tendões artificiais, cartilagem artificial e implantes ortopédicos de ligações artificiais (Ferreira, I. L., *et al.*, 2014).

Existem 5 tipos de polietileno, são eles: Polietileno de Baixa Densidade (PEBD); Polietileno de Alta Densidade (PEAD); Polietileno Linear de Baixa Densidade (PELBD); Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (PEUAPM) e Polietileno de Ultra Baixa Densidade (PEUBD) (Coutinho, F. M. B., *et al.*, 2003).

O PEAD possui uma cadeia linear, enquanto o PEBD possui uma cadeia ramificada, o que acaba impactando nas suas propriedades físico-químicas, como densidade, temperatura de fusão, percentual de cristalinidade, resistência à tração e alongamento na ruptura (Canevarolo, S. V. J., 2006). Na Tabela 1 podem-se observar algumas propriedades mecânicas e térmicas do PEAD.

Tabela 1 – Propriedades mecânicas e térmicas do PEAD.

POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)	
Densidade relativa	0,952-0,965
Módulo de tração (GPa)	1,06-1,09
Limite de resistência à tração (Mpa)	22,1-31,0
Limite de escoamento (Mpa)	26,2-33,1
Alongamento na fratura (%)	10-1200
Temperatura de transição vítrea (°C)	-90
Temperatura de fusão (°C)	137

Fonte: Adaptado de Callister JR., W. D. (2018).

As propriedades do PEAD consistem em rigidez, resistência à abrasão, ao impacto, a fadiga e ao tensofissuramento (perante tensão química e ambiental) (MESQUITA, F. A., 2010). O PEAD possui aplicações em diferentes áreas, variando em relação ao seu processamento, são eles (Braskem, 2023):

- Extrusão: sacolas de supermercado, sacos de lixo, isolamento de fios, revestimento de tubulações metálicas, revestimento de tubos para rede de saneamento e distribuição de gás e geomembranas;
- Sopro: frascos de sucos e bebida lácteas, bombonas e tambores para produtos químicos, área de higiene, limpeza, agroquímicos, óleos lubrificantes e tanques de combustível;
- Injeção: brinquedos, baldes, potes e tampas para garrafas.

Um estudo foi realizado no Departamento de Engenharia Mecânica, na *Alexandria University*, no Egito, sobre o efeito do intemperismo artificial nas propriedades mecânicas do PEAD com e sem estabilizadores UV. O teste foi realizado no equipamento *Weather-Ometer*®, o qual funciona com uma lâmpada de xenônio. O PEAD sem estabilizadores perdeu 98 % da sua tenacidade e sua porcentagem de alongamento a ruptura reduziu de 1223 % para 21 %, durante o período de 300 horas; o PEAD com absorvedores de UV manteve suas propriedades mecânicas em até 900 horas; o PEAD com estabilizadores de luz de amina impedida obteve o melhor resultado, mantendo suas propriedades por até 1300 horas. Porém, é válido lembrar que são condições experimentais, não podendo ser comparado com o intemperismo natural (Andrady, A. L., *et al.*, 2023).

3.4 GRANIZO

O granizo, saraivada ou chuva de pedra, é um fenômeno meteorológico no qual ocorre a precipitação de pedras de gelo no formato esférico. As nuvens que dão origem ao granizo são do tipo *cumulonimbus*, as quais se desenvolvem verticalmente. Ele se forma quando gotas de água congeladas se originam no interior das nuvens de tempestade, as quais apresentam temperaturas abaixo de 0 °C. Assim, o vapor de água começa gradativamente a congelar em volta dessa gota, formando várias camadas. Isso faz com que a nuvem não suporte mais sua massa. Por ação da gravidade, as gotas descem, atingindo o solo. Geralmente, essas nuvens atingem seu ponto mais alto em momentos mais quentes do dia, ocorrendo com mais frequência na primavera e verão. A duração da precipitação de granizo dura apenas alguns minutos, raramente ultrapassando uma hora, tempo muito menor comparado a uma chuva normal (Cunha, G. R., *et al.*, 2001).

Os diâmetros das esferas de granizo podem ser iguais ou superiores a 5 milímetros. O registro da maior esfera de granizo encontrada no mundo foi entre 18,8 e 23,7 centímetros de diâmetro, localizada na Villa Carlos Paz, na província de Córdoba, Argentina, em 8 de fevereiro de 2018 (Kumjian, M. R., *et al.*, 2020). Na Figura 7 pode-se observar esferas de granizo, encontradas no interior da cidade de Canoinhas, Santa Catarina, após a ocorrência do fenômeno, em dezembro de 2021.

Figura 7 – Esferas de granizo.



Fonte: Autor (2023).

As áreas onde esse fenômeno frequentemente ocorre são em regiões de latitudes médias, como por exemplo, em planícies dos Estados Unidos e Canadá, na Europa Central, no Himalaia, no Sul da China, no sudeste da Austrália e na América do Sul (principalmente na Argentina e no Sul do Brasil) (Cunha, G. R., *et al.*, 2001).

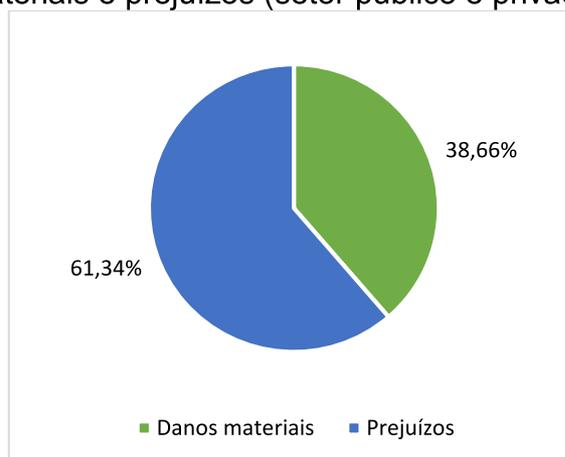
Esse fenômeno causa inúmeros prejuízos na agricultura, principalmente em lavouras, pomares e hortas, os quais são plantações mais sensíveis, podendo ser os prejuízos irreversíveis. É possível prever e monitorar com antecedência a ocorrência desse fenômeno, através de satélites e radares meteorológicos, mas não a localização exata e o diâmetro do granizo (Cera, J. C., *et al.*, 2016).

Segundo dados do Banco Mundial, entre os anos de 1995 e 2019, em relação aos danos e prejuízos causados por desastres naturais no Brasil, 2 % estão relacionados ao granizo. Ao longo desses anos, os prejuízos causados por granizo

foram na ordem de R\$ 6 bilhões, uma média de R\$ 250 milhões por ano, sendo aproximadamente a metade (R\$ 3 bilhões) relacionados a danos causados na agricultura (Schadeck, R. (Org.), 2020).

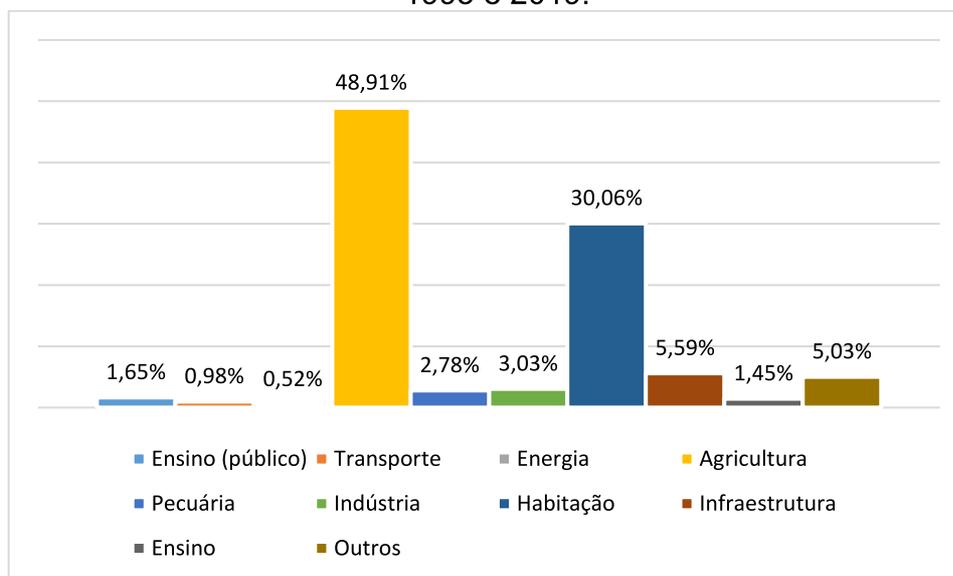
Na Figura 8 podem-se observar os danos e prejuízos causados por granizo, entre 1995 e 2019, nos setores públicos e privados. Observa-se que os danos materiais (61,34 %) foram maiores que os prejuízos relacionados aos setores públicos e privados (38,66 %). Dentro desses dois itens, há subdivisões, onde os danos materiais estão divididos em habitação, infraestrutura e ensino; os prejuízos públicos estão divididos em ensino privado, transporte e energia; e os prejuízos privados estão divididos em agricultura, indústria e pecuária (Figura 9). Os dados apontam que a maior porcentagem de danos e prejuízos relacionados ao granizo foram na agricultura, com 49 %.

Figura 8 – Danos materiais e prejuízos (setor público e privado) entre 1995 e 2019.



Fonte: Adaptado de Schadeck, R. (Org.), (2020).

Figura 9 – Subdivisões dos danos materiais e prejuízos (público e privado) entre 1995 e 2019.



Fonte: Adaptado de Schadeck, R. (Org.), (2020).

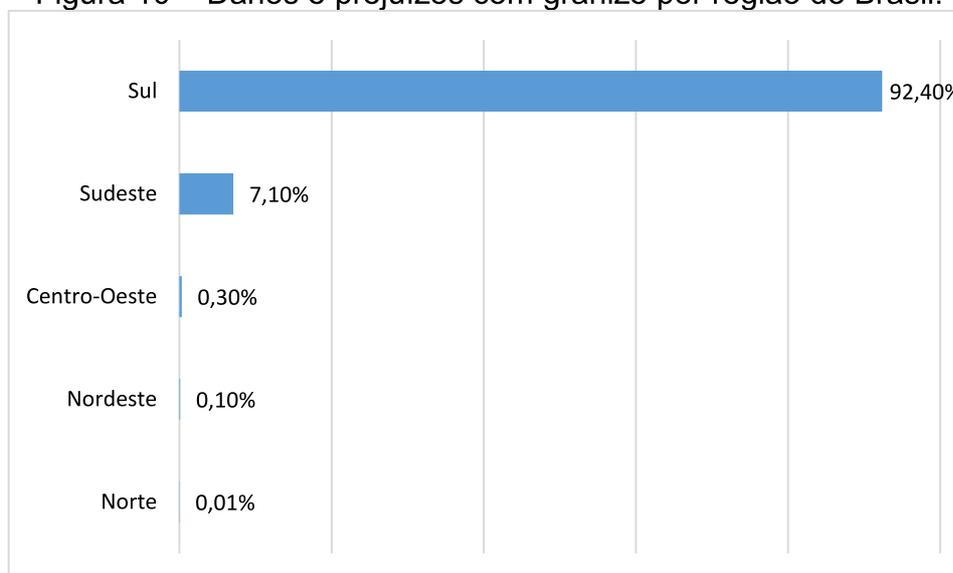
Com base nos dados do Banco Mundial, no Brasil entre os anos de 1995 e 2019, o ano de 2015 destaca-se com maior quantidade de registros do fenômeno de granizo e danos financeiros, sendo 116 ocorrências e na ordem de R\$ 1 bilhão, respectivamente (Schadeck, R. (Org.), 2020). Isso ocorreu devido à intensificação do fenômeno El Niño, que aconteceu nesse mesmo ano. A ocorrência desse fenômeno fez com que ocorressem mudanças na circulação atmosférica, alterando os padrões de temperatura e precipitação em diversas partes do mundo, nesse caso, causando aumento de precipitações na região sul do Brasil, onde o fenômeno ocorre com maior intensidade (Cera, *et al.*, 2015).

Os meses que mais obtiveram ocorrências relacionadas ao granizo foram setembro com aproximadamente R\$ 2 bilhões e 299 ocorrências e outubro com R\$ 1 bilhão e 216 registros (Schadeck, R. (Org.), 2020). Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) o mês de outubro é marcado pelas chuvas acima da média, podendo causar temporais. Setembro é o mês que inicia a primavera, onde as temperaturas começam a aumentar.

Na Figura 10 pode-se observar os danos e prejuízos causados por granizo e registros por estado, o qual, de forma geral, o estado do Rio Grande do Sul foi o mais prejudicado pelo fenômeno, seguido por Paraná e Santa Catarina, respectivamente. Enquanto as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte tiveram menos que 1 % de

ocorrências. Isso ocorre devido a fatores climáticos e geográficos, ou seja, da altitude e/ou continentalidade desses estados (Berlato, M.A.; *et al.*, 2000).

Figura 10 – Danos e prejuízos com granizo por região do Brasil.



Fonte: Adaptado de Schadeck, R. (Org.), (2020).

A partir desses dados, pode-se afirmar que a região sul do Brasil é a que mais sofreu com danos e prejuízos causados pelo granizo relacionados à agricultura.

Na cidade de Fraiburgo, em Santa Catarina, está localizada a empresa AGF Anti-Granizo Fraiburgo Ltda., região catarinense a qual concentra a maior parte de pomares de maçã. A região possui materiais e equipamentos úteis para prevenção e combate de granizo, com eficiência entre 50 e 70 %, sendo um resultado satisfatório (AGF, 2023). Com isso, pode-se minimizar os danos causados pelo granizo, utilizando métodos alternativos e viáveis para cada área. Na agricultura, por exemplo, pode-se utilizar tela antigranizo em plantações para reduzir esses danos e prejuízos.

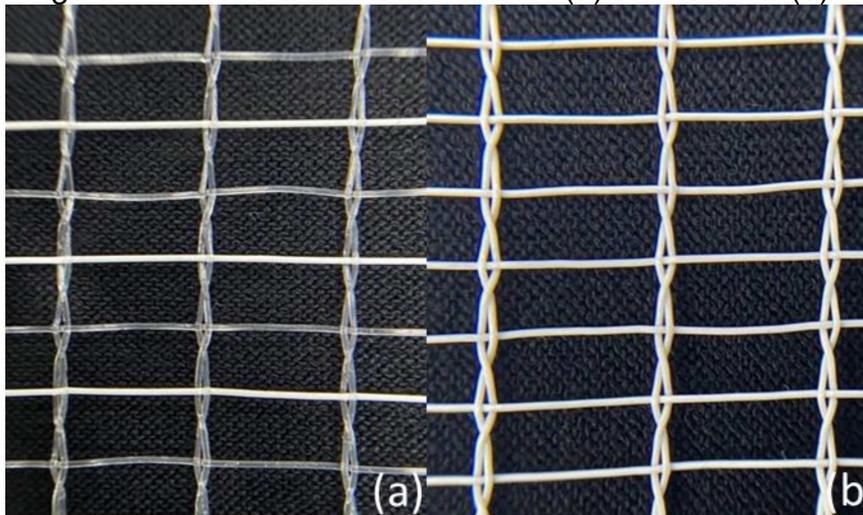
Baseando-se nas informações citadas e correlacionando principalmente a importância da agricultura para o Brasil, verifica-se a importância de estudos relacionados aos agrotêxteis, principalmente no idioma português.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para a realização dos ensaios foram utilizadas duas amostras de tecido plano antigranizo, de diferentes marcas comerciais, ambas de estrutura leno, compostas por monofilamentos de polietileno de alta densidade com tratamento UV e antioxidante. A amostra 1 é composta por fios transparentes e fio branco (na direção da trama); e a amostra 2 composta por somente fios brancos (Figura 11). A diferença de coloração dos fios na amostra 1 estão apenas relacionadas a cor, pois todos possuem a mesma composição (PEAD).

Figura 11 – Estrutura leno: amostra 1 (a) e amostra 2 (b).

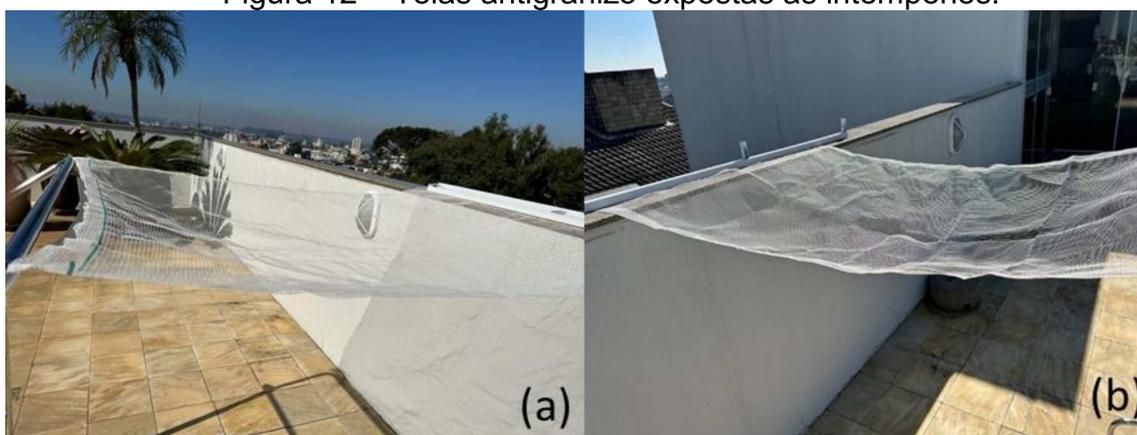


Fonte: Autor (2023).

4.1.1 EXPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS ÀS INTEMPÉRIES

Com o objetivo de avaliar se os tecidos antigranizo perdiam resistência mecânica após exposição às intempéries, simulando sua utilização quando inseridos numa plantação, aproximadamente 2 metros de cada tecido foram introduzidos ao relento durante um período de 2 meses, entre 7 de abril a 7 de junho, na cidade de Canoinhas, Santa Catarina, conforme apresentado na Figura 12. Na direita da imagem amostra 1 e na esquerda amostra 2.

Figura 12 – Telas antigranizo expostas às intempéries.



Fonte: Autor (2023).

As telas antigranizo ficaram expostas a temperaturas entre 13 e 27°C no mês de abril, 10 e 23°C em maio e 9 e 20°C na primeira semana de junho, tendo uma média geral de 10,6 e 23,3°C. A chuva mensal teve uma precipitação média de 93,5 mm no mês de abril, 105,7 mm em maio e 114 mm na primeira semana de junho, apresentando uma média geral de 104,4 mm (Weather Spark, 2023).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Caracterização

A caracterização das amostras foi realizada a partir da utilização de normas padronizadas e a utilização de técnicas específicas.

4.2.1.1 Densidade

Para a determinação da densidade dos fios em tecido plano foi utilizada a norma técnica ABNT NBR 10588:2015. Para isso foram realizadas 10 análises em cada amostra, em diferentes pontos no corpo de prova, utilizando uma lupa conta fios. A partir dessas informações foi possível calcular a densidade do tecido. A área utilizada para essa análise foi de 1 cm². Em seguida, calculou-se a densidade a partir da Equação 1. A análise foi realizada no Laboratório de Tecidos e Malhas (LABTEC), na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), campus Blumenau.

$$\text{Número de fios por centímetro} = \frac{\text{total de fios no corpo de prova}}{\text{comprimento do corpo de prova}} \quad (1)$$

4.2.1.2 Gramatura

Para a determinação da gramatura de superfícies têxteis foi utilizada a norma técnica ABNT NBR 10591:2008. Para isso foram realizadas 10 análises, em cada amostra de tecido, em corpos de provas com tamanho de 15 x 15 cm, conforme especificado na norma. Em seguida os corpos de prova foram pesados e realizado a média aritmética dos valores obtidos. A partir dessas informações foi possível calcular a gramatura do tecido. Posteriormente, calculou-se a gramatura como especificado na norma. A análise foi realizada no LABTEC, na UFSC, campus Blumenau.

4.2.1.3 Densidade linear

Para a determinação do título dos fios das telas antigranizo foram realizadas 10 pesagens dos fios em cada direção (trama e urdume). O comprimento utilizado para essa análise foi de 10 cm. Em seguida, calculou-se o título dos fios a partir da Equação 3. O título foi verificado no LABTEC, na UFSC, campus Blumenau.

$$\text{Título (Tex)} = \frac{\text{peso(g)}}{\text{comprimento (km)}} \quad (2)$$

4.2.1.4 Análise por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier

Com objetivo de confirmar a composição dos fios presentes nas telas antigranizo foi realizada a análise por meio da Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) no Laboratório de Análises Térmicas e Espectroscopia (LTE), na UFSC, campus Blumenau. O fabricante do equipamento utilizado é Perkin Elmer® (Figura 13). Foram analisados os fios na direção da trama e do urdume de cada amostra.

Figura 13 – Equipamento Perkin Elmer®.



Fonte: Autor (2023).

4.2.2 Teste de queima

Para saber o comportamento das telas antigranizo quando em contato com fogo foi realizado o teste de queima das amostras no Laboratório de Beneficiamento (LABENE), na UFSC, campus Blumenau. Para a realização do ensaio de queima foi adaptada à norma ASTM-D 6413: 2008, a qual é um método de teste padrão para resistência a chamas de têxteis (na direção vertical). Os corpos de prova foram cortados com dimensões de 8 x 40 cm; a seguir foi realizada uma marcação de 15 cm a partir da base. Os ensaios ocorreram em triplicata para cada direção (trama e urdume) de cada amostra, totalizando 12 amostras. As amostras foram posicionadas verticalmente, com uma distância de aproximadamente 2 cm da parte inferior da chama, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Procedimento para realização do teste de queima.



Fonte: Autor (2023).

4.2.3 Ensaio de resistência à tração

Com objetivo de comparar a resistência à tração das amostras antes e depois de serem expostas as intempéries, foram realizados os ensaios de tração no Laboratório de Ensaios Mecânicos (LEM), na UFSC, no campus Blumenau. Para a realização do ensaio de resistência à tração foi utilizada a norma ABNT NBR ISO 13934-1, que determina a força máxima e alongamento à força máxima, utilizando o método de tira, em materiais têxteis. Os corpos de prova foram cortados com dimensões de 30 x 5 cm e feita uma marcação de 5 cm a partir da base para o centro, nas duas extremidades, onde a amostra fica presa à garra (Figura 15). Os ensaios foram realizados na direção da trama e urdume de cada amostra. O ensaio foi realizado com uma taxa de 100 mm/min. Foi utilizada uma máquina universal de ensaios da marca Instron®.

Figura 15 – Procedimento para realização do ensaio de tração.



Fonte: Autor (2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO

5.1.1 Densidade

Na Tabela 2 são apresentados resultados referentes às análises do número de fios de trama e número de fios de urdume em cada uma das amostras.

Tabela 2 – Número de fios de trama e urdume em 1 centímetro de tecido.

AMOSTRA	FIOS DE TRAMA	FIOS DE URDUME
1	3	4
2	4	4

Fonte: Autor (2023).

A densidade média da amostra 1 é de 3 fios/cm² na direção da trama e 4 fios/cm² na direção do urdume; da amostra 2 é de 4 fios/cm² na direção da trama e 4 fios/cm² na direção do urdume.

5.1.2 Gramatura

Na Tabela 3 são apresentados resultados referentes à gramatura dos corpos de prova de cada amostra, em gramas.

Tabela 3 – Valores referentes a gramatura dos corpos de provas.

MEDIDA	AMOSTRA 1 (g/cm ²)	AMOSTRA 2 (g/cm ²)
Medida 1	0,9941	1,0450
Medida 2	0,9385	1,0361
Medida 3	0,9566	1,0255
Medida 4	0,9365	1,0377
Medida 5	0,9650	1,0553
Medida 6	0,9882	1,0136
Medida 7	1,0012	1,0014
Medida 8	0,9412	0,9908
Medida 9	0,9644	1,0040

MEDIDA	AMOSTRA 1 (g/cm ²)	AMOSTRA 2 (g/cm ²)
Medida 10	0,9370	1,0076
MÉDIA	0,9623	1,0217
DESVIO PADRÃO	0,0236	0,0202

Fonte: Autor (2023).

A gramatura média da amostra 1 é de 96,23 g/cm² e da amostra 2 é de 102,17 g/cm². Como a densidade de fios/cm² da amostra 2 é superior que da amostra 1, era de se esperar que a gramatura da amostra 2 seja maior que a amostra 1. Além disso, foi verificada também a espessura dos tecidos: a amostra 1 apresentou 0,56 mm e a amostra 2 foi de 0,61 mm. A diferença entre as amostras é praticamente inexistente, mas também pode contribuir com a diferença de gramatura entre as amostras.

5.1.3 Densidade linear

Na Tabela 4 são apresentados os títulos médios dos fios de cada amostra, em Tex.

Tabela 4 – Título dos fios, em Tex.

AMOSTRA	TRAMA TRANSPARENTE	TRAMA BRANCO	URDUME TRANSPARENTE	URDUME BRANCO
1	83	85	85	-
2	-	76	-	78

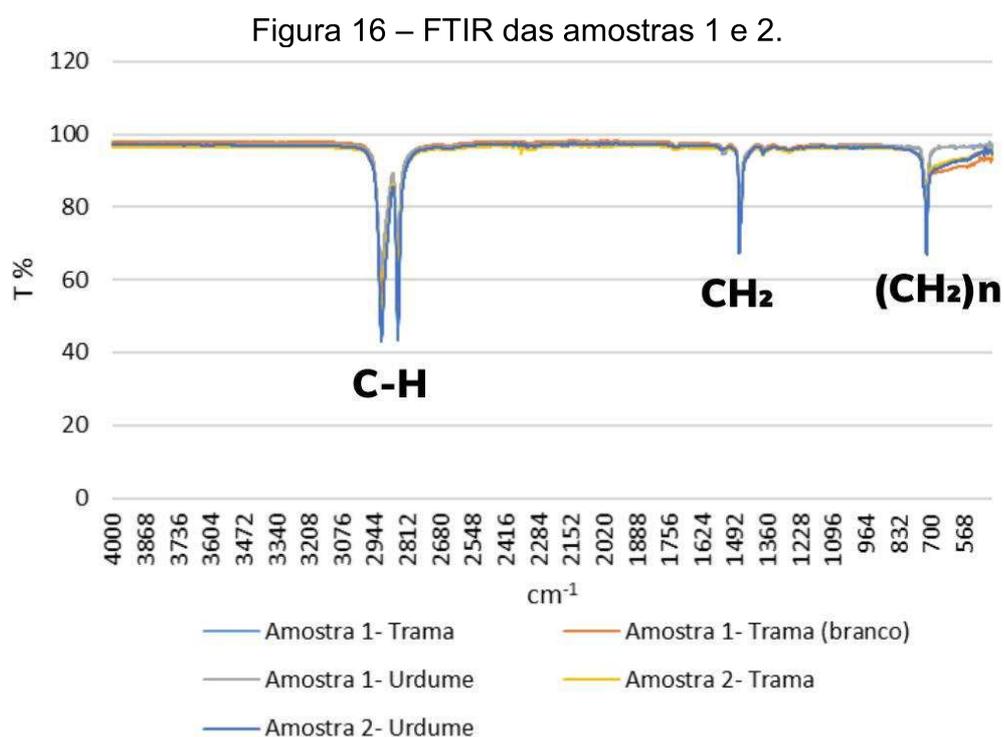
Fonte: Autor (2023).

5.1.4 Análise por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier

A Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) consiste em analisar a radiação no infravermelho transmitida que atravessa uma determinada amostra e comparar a mesma transmissão sem amostra. Então, o resultado é obtido em forma de bandas de absorção, as quais identificam a presença de grupos funcionais presentes na amostra analisada (Cunha, D. A. S. *et al.*, 2015).

Na Figura 16 estão apresentados dados relativos à análise FTIR das amostras 1 e 2. Os espectros FTIR apresentam bandas de absorção características do PEAD,

conforme a literatura. Pode-se observar o estiramento de C–H, que ocorre entre as bandas 3300 e 2750 cm^{-1} ; o dobramento de CH₂ ocorre aproximadamente na banda de 1465 cm^{-1} ; e o movimento de deformação angular de cadeia (*rocking*), que está associado a quatro ou mais grupos (CH₂)_n em uma cadeia aberta, denominada de banda de cadeia longa, ocorre aproximadamente na banda 720 cm^{-1} (Pavia, D. L., *et al.* 2016).

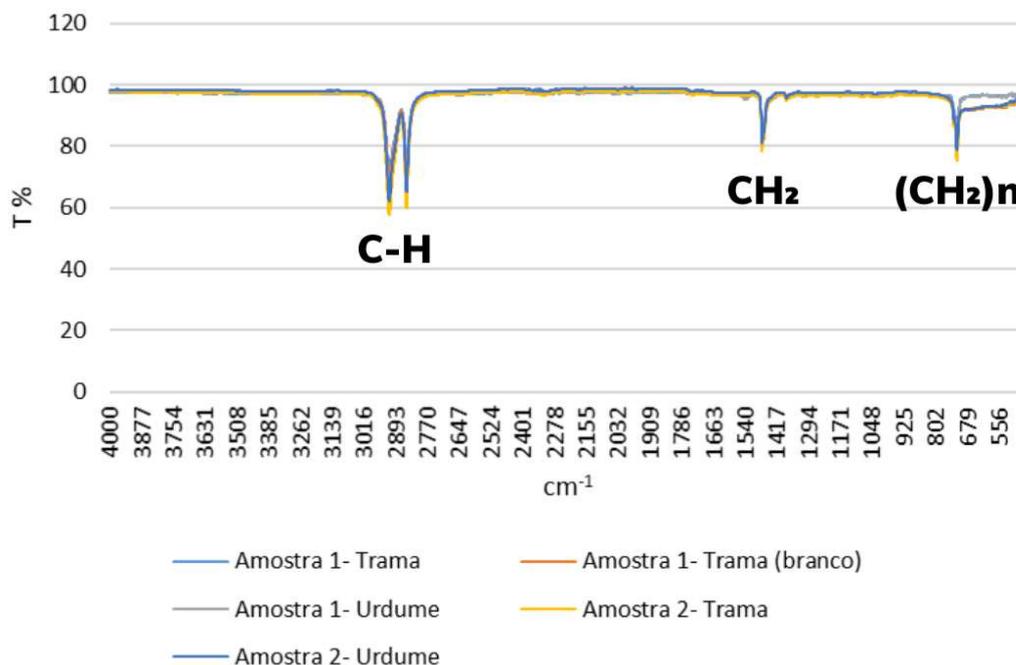


Fonte: Autor (2023).

O tratamento UV e antioxidante presentes nos fios das amostras não interferiram na análise referente a composição química da matéria-prima utilizada.

Na Figura 17 estão apresentados dados relativos ao FTIR das amostras 1 e 2, após a exposição às intempéries. Os espectros FTIR apresentam bandas de absorção características do PEAD, semelhantes à Figura 16, conseqüentemente, obtendo os mesmos resultados referentes a análise das bandas de absorção.

Figura 17 – FTIR das amostras 1 e 2 após expostas às intempéries.



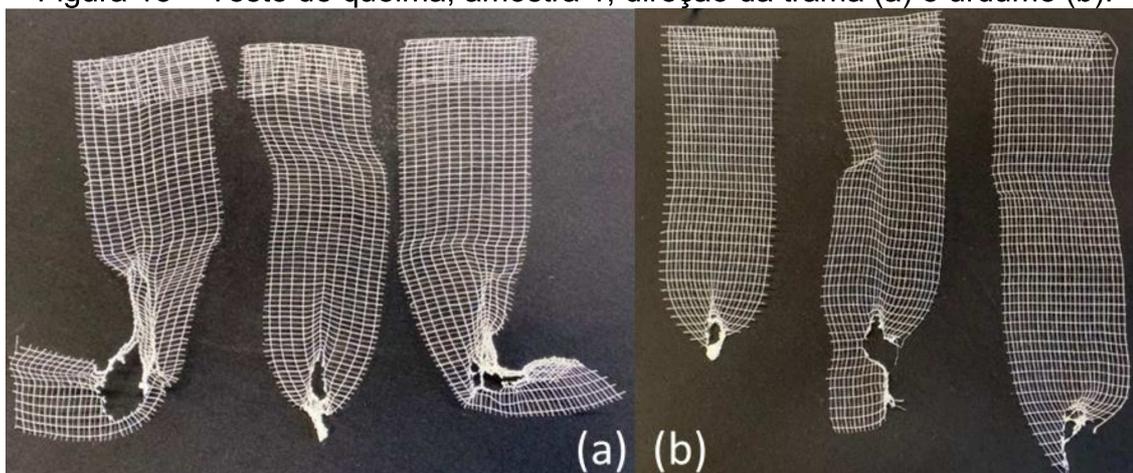
Fonte: Autor (2023).

Pode-se concluir que os resultados obtidos a partir da análise do FTIR nas amostras padrões e as expostas às intempéries são semelhantes e confirmam que as propriedades químicas das amostras não foram alteradas após serem expostas às intempéries.

5.2 TESTE DE QUEIMA

Na Figura 18 apresenta-se o resultado de queima das amostras 1, na direção da trama e do urdume, respectivamente. Durante a queima, não foi observado a formação de fumaça e gotas de combustão durante e após a queima. O odor durante a queima era semelhante a plástico queimado. A média do tempo de combustão até a extinção da chama, da amostra 1 na direção da trama (a) e do urdume (b) foi de 50 e 77 segundos, respectivamente. Após a chama se extinguir, a marca dos 15 cm não foi ultrapassada.

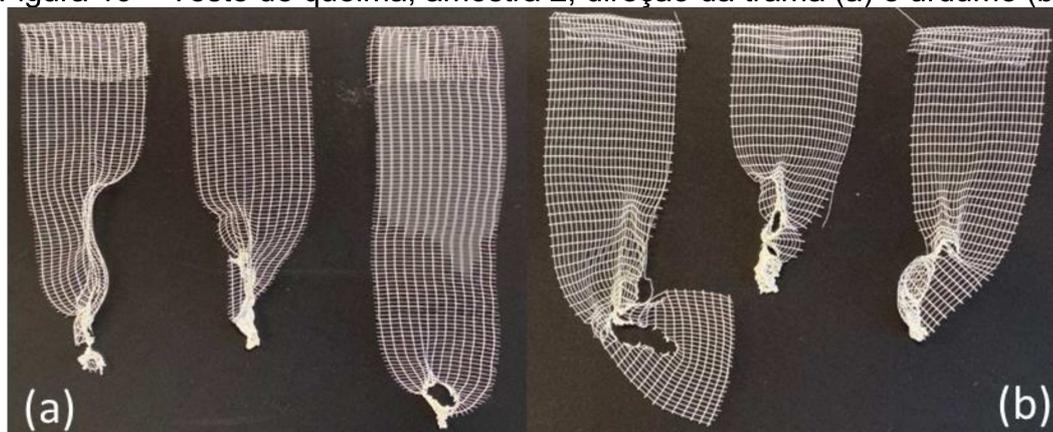
Figura 18 – Teste de queima, amostra 1, direção da trama (a) e urdume (b).



Fonte: Autor (2023).

Na Figura 19 apresenta-se o resultado de queima das amostras 2, na direção da trama (a) e do urdume (b). Não foi observado a formação de fumaça e gotas de combustão durante e após a queima. Como ocorreu com o outro grupo de amostras, o odor durante a queima era semelhante a plástico queimado. A média do tempo de combustão até a extinção da chama, da amostra 2 na direção da trama e do urdume, foi de 83 e 99 segundos, respectivamente. Após a extinção da chama, pode-se observar que duas amostras, tanto na direção da trama e do urdume, ultrapassaram a marca dos 15 cm.

Figura 19 – Teste de queima, amostra 2, direção da trama (a) e urdume (b).



Fonte: Autor (2023).

A partir do teste de queima, verifica-se que independente da direção, o tempo de combustão médio da amostra 2 foi superior. Isso já era esperado, uma vez que a

densidade e conseqüentemente a gramatura é superior a amostra 1, conforme apresentado na Tabela 2 e 3.

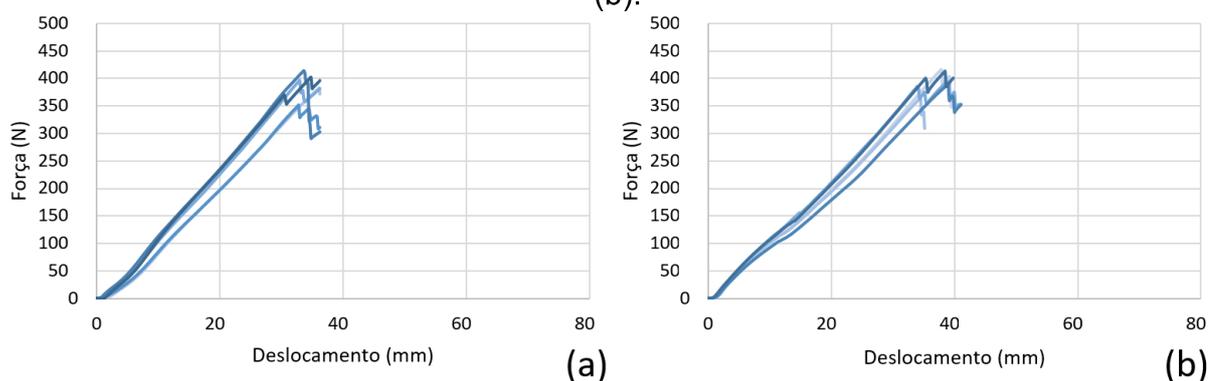
Caso ocorresse um incêndio na tela antigranizo, pode-se afirmar que ela não prejudicaria a plantação, por não liberar fumaça e não haver gotejamento e propagação da chama após a combustão.

5.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A resistência de um material está associada à sua capacidade de suportar uma carga sem ruptura ou deformação excessiva. Essa característica é própria de cada material, podendo ser determinada por métodos experimentais, como ensaios de tração ou compressão (Hibbleler, R. C. 2010).

Na Figura 20 apresenta-se o resultado do diagrama tensão-deformação obtidos a partir do ensaio de tração realizado na amostra 1, na direção da trama (a) e do urdume (b). Pode-se observar que o diagrama de tensão-deformação na direção do urdume apresentou um maior deslocamento médio até o rompimento do fio, comparado a direção da trama. Analisando ambos os grupos de amostras, verifica-se, pelas curvas obtidas, que o rompimento vai ocorrendo de maneira gradual, até as amostras de fato se romperem.

Figura 20 – Diagrama tensão-deformação, amostra 1, direção da trama (a) e urdume (b).

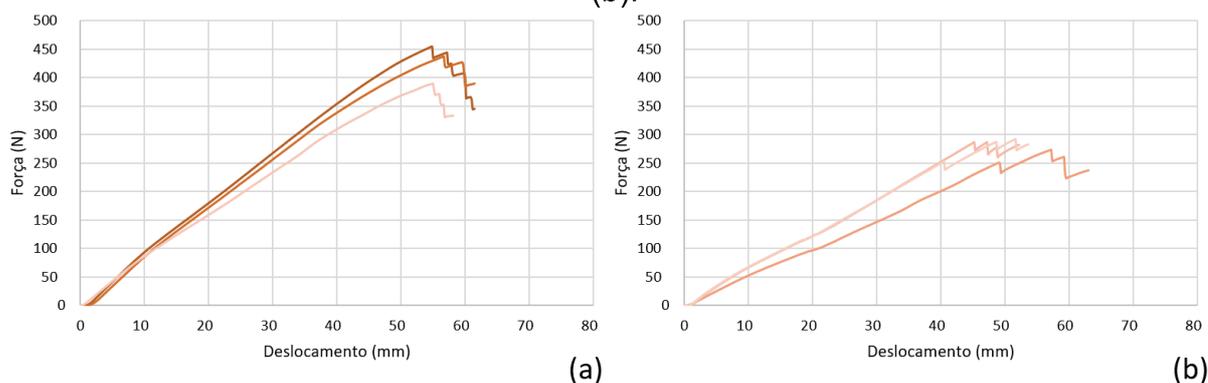


Fonte: Autor (2023).

Na Figura 21 apresenta-se o resultado do diagrama tensão-deformação obtidos a partir do ensaio de tração realizado na amostra 2, na direção da trama (a) e do urdume (b), respectivamente. Pode-se observar que o diagrama de tensão-

deformação na direção do urdume ocorre um rompimento gradual, enquanto na direção da trama o rompimento não é progressivo, ou seja, cada direção possui um comportamento diferente.

Figura 21 – Diagrama tensão-deformação, amostra 2, direção da trama (a) e urdume (b).

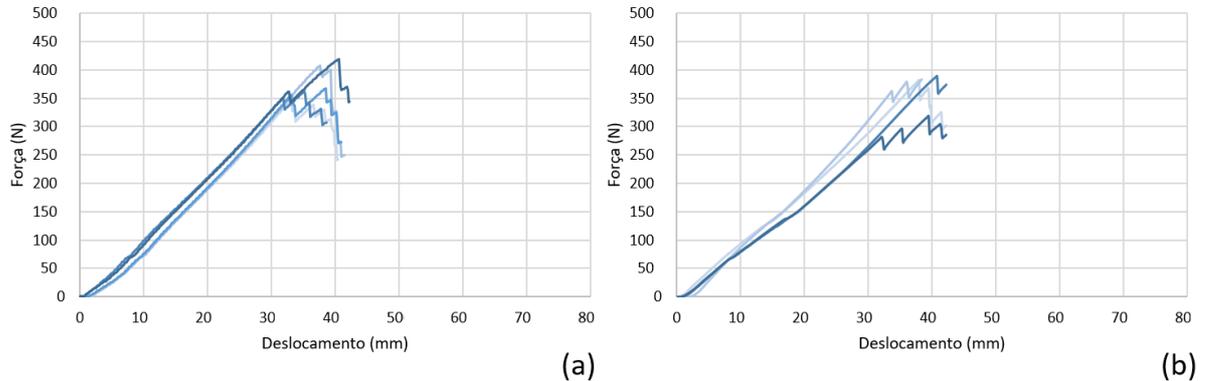


Fonte: Autor (2023).

A partir dos diagramas tensão-deformação apresentados, pode-se afirmar que, de maneira geral, na direção do urdume houve um maior deslocamento, com uma força máxima inferior, quando comparado à direção da trama. Sobre o deslocamento, esse resultado era esperado, pela própria estrutura do tecido leno na direção do urdume, uma vez que os fios cruzam-se e entrelaçam-se, possibilitando que durante a deformação, haja mais fios para ser deformado. Quanto à resistência a tração, esse resultado também já era esperado, uma vez que na direção da trama os fios não se cruzam entre eles (Zhang, X., *et al.*, 2021).

Na Figura 22 apresenta-se o resultado do diagrama tensão-deformação obtidos a partir do ensaio de tração realizado na amostra 1, após a exposição as intempéries, na direção da trama (a) e do urdume (b). Pode-se observar que na direção do urdume houve um deslocamento médio minimamente superior até o rompimento do fio, comparado a direção da trama.

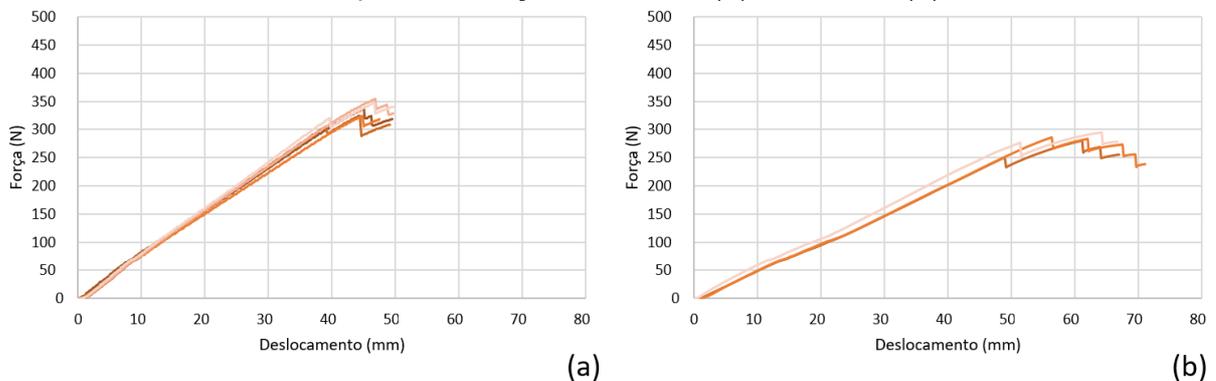
Figura 22 – Diagrama tensão-deformação, amostra 1, após exposição às intempéries, direção da trama (a) e urdume (b).



Fonte: Autor (2023).

Na Figura 23 apresenta-se o resultado do diagrama tensão-deformação obtidos a partir do ensaio de tração realizado na amostra 2, após exposição às intempéries, na direção da trama (a) e do urdume (b). Pode-se observar que na direção do urdume teve um maior deslocamento, com uma tensão máxima inferior, comparada a direção da trama.

Figura 23 – Diagrama de tensão-deformação, amostra 2, após exposição às intempéries, direção da trama (a) e urdume (b).



Fonte: Autor (2023).

Pode-se observar que as amostras 1 e 2 expostas às intempéries (Figuras 22 e 23) tiveram um aumento no deslocamento, comparado a amostra 1 e 2 padrão (Figuras 20 e 21), com exceção da direção da trama da amostra 2, a qual o efeito foi inverso. Esse comportamento pode-se atribuir por conta dos polímeros, no geral, possuírem um comportamento viscoelástico e serem sensíveis a temperatura e a natureza química do ambiente, podendo influenciar diretamente na sua resistência à tração (Callister JR., W. D. 2018).

Na Tabela 5 está apresentado o resultado da média da força máxima, tensão de ruptura e deslocamento obtido a partir das curvas do ensaio de tração realizado nas amostras 1 e 2, na direção da trama e do urdume, antes da exposição às intempéries.

Tabela 5 – Valores médios obtidos a partir das curvas do ensaio de tração, amostras 1 e 2.

AMOSTRAS	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE RUPTURA (N)	DESLOCAMENTO (mm)
1 – Trama	390,35 ± 24,99	293,97 ± 43,10	39,11 ± 2,26
1 – Urdume	375,45 ± 39,32	328,42 ± 44,92	41,47 ± 3,88
2 – Trama	427,35 ± 33,27	350,75 ± 20,16	61,12 ± 2,94
2 – Urdume	285,04 ± 8,16	267,31 ± 26,20	56,19 ± 5,93

Fonte: Autor (2023).

Na Tabela 6 está apresentado o resultado médio força máxima, ruptura e deslocamento obtido a partir das curvas do ensaio de tração realizado nas amostras 1 e 2, após exposição às intempéries, na direção da trama e do urdume.

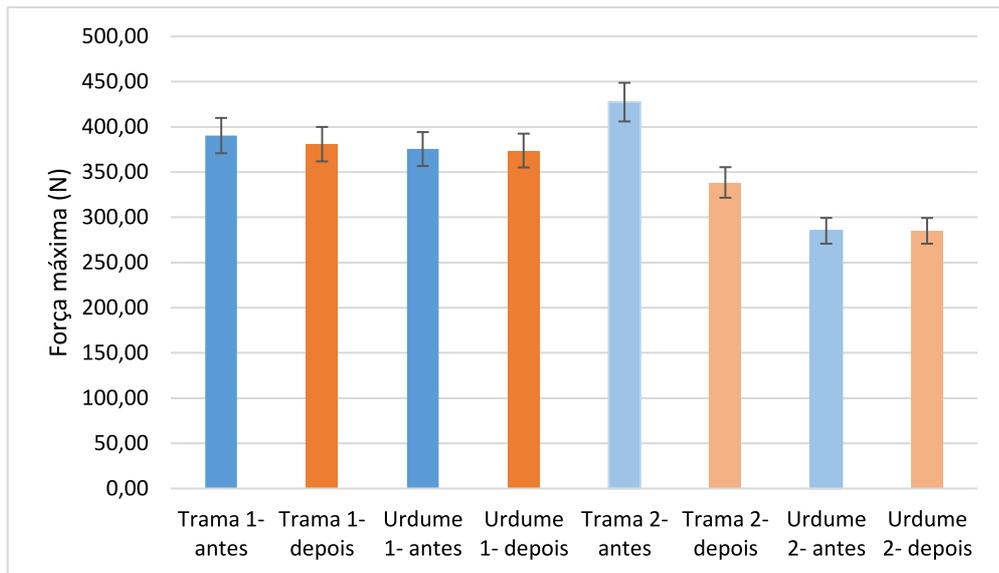
Tabela 6 – Valores médios obtidos a partir das curvas do ensaio de tração, amostras 1 e 2, após a exposição às intempéries.

AMOSTRAS – 2 MESES	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE RUPTURA (N)	DESLOCAMENTO (mm)
1 – Trama	380,85 ± 31,29	272,69 ± 37,05	41,11 ± 1,56
1 – Urdume	373,78 ± 37,49	278,47 ± 19,51	46,47 ± 3,86
2 – Trama	338,50 ± 13,54	311,53 ± 30,55	50,99 ± 4,68
2 – Urdume	284,98 ± 8,67	264,84 ± 12,01	66,60 ± 0,24

Fonte: Autor (2023).

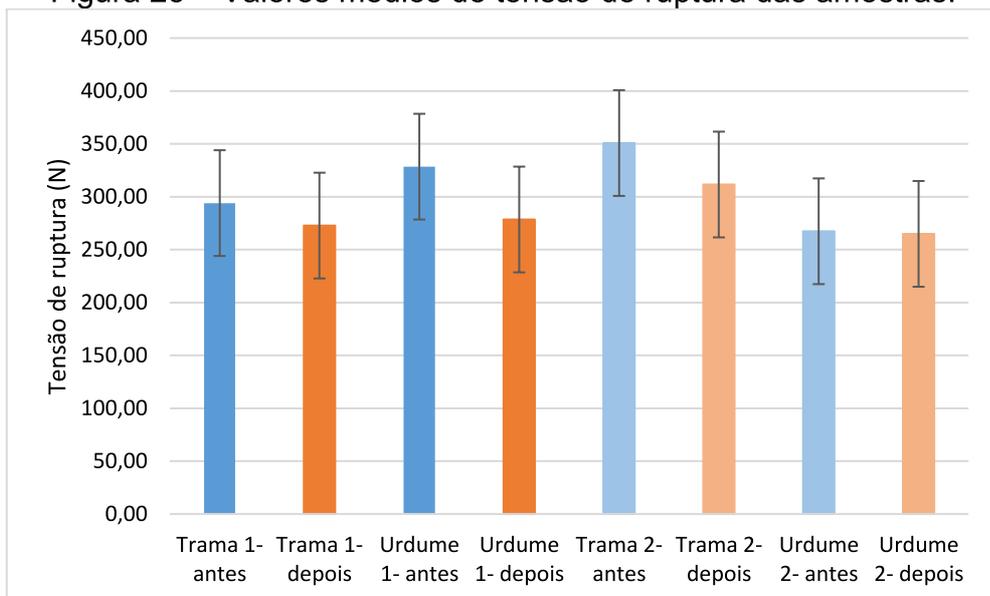
Para melhor visualização dos valores de força máxima obtidos, apresentados nas Tabelas 5 e 6, a Figura 24 e 25 apresentam, respectivamente, os valores médios de força máxima e de tensão de ruptura das amostras antes e após a exposição às intempéries.

Figura 24 – Valores médios de força máxima das amostras.



Fonte: Autor (2023).

Figura 25 – Valores médios de tensão de ruptura das amostras.



Fonte: Autor (2023).

Analisando a Figura 24, observa-se que as amostras 1, quando expostas às intempéries, apresentam seus valores médios de força máxima muito similares antes e após a exposição as intempéries durante o período de 2 meses, comparada aos seus valores iniciais – diferente do que ocorre na amostra 2.

Verificando a Figura 25, no que se refere aos valores médios de tensão de ruptura das amostras, apesar de estatisticamente não haver uma diferença considerável, a exposição as intempéries em um curto período de tempo, influencia nas propriedades mecânicas das amostras. Em longo prazo, as propriedades mecânicas das telas antigranizo podem reduzir consideravelmente, podendo inclusive se romper durante uma chuva de granizo, comprometendo toda uma plantação. Para evitar tais problemas, deve-se verificar a validade da tela antigranizo e trocá-las no período correto, o qual é apresentado pelo fornecedor.

6 CONCLUSÃO

A partir deste trabalho de conclusão de curso pode-se verificar a importância dos agrotêxteis e suas diversas aplicações. Porém, a ênfase deste trabalho foi avaliar e comparar o comportamento mecânico de resistência à tração de substratos têxteis utilizados em telas antigranizo antes e após a exposição às intempéries.

A partir das caracterizações realizadas, verifica-se que a densidade da amostra 2 foi superior que a amostra 1, influenciando em sua gramatura. A partir da análise por FTIR foi confirmado que a matéria-prima utilizada nas amostras é Polietileno de Alta Densidade (PEAD).

Após a realização do teste de queima, pode-se observar que as amostras não liberaram fumaça e não houve gotejamento após a combustão, sendo assim, em caso de incêndio acidental na tela antigranizo, ela não prejudicaria a plantação a qual estaria protegendo.

O ensaio de resistência a tração mostrou que na direção da trama, tanto da amostra 1 quanto na 2, a resistência mecânica é superior que na direção do urdume, comportamento esse atribuído ao arranjo da estrutura leno, devido ao ângulo de torção dos fios de urdume, que pode comprometer a resistência à tração nesta direção.

A exposição às intempéries fez com que reduzisse a resistência à tração das amostras, principalmente da amostra 2 na direção da trama. A partir disso pode-se afirmar que a exposição às intempéries, mesmo sendo por um curto período, influencia na resistência a mecânica das amostras e em longo prazo pode inclusive comprometer a eficiência das telas.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos a partir deste trabalho de conclusão de curso, pode-se citar como sugestões de pesquisas futuras.

- a) Estudar a possibilidade de desenvolver tela antigranizo com matéria-prima sustentável;
- b) Estudar outras superfícies têxteis utilizadas em agrotêxteis e suas propriedades químicas e físicas em relação a sua aplicação.

REFERÊNCIAS

AGF Anti-granizo Fraiburgo Ltda. Disponível em: <<http://www.antigranizo.com.br>>. Acesso em 19 de junho de 2023.

ANDRADY, A. L., HEIKKILA, A. M., PANDEY, K. K., BRUCKMAN, L. S., WHITE, C. C., ZHU, M., & ZHU, L. (2023). **Effects of UV radiation on natural and synthetic materials. Photochemical & Photobiological Sciences.** <https://doi.org/10.1007/s43630-023-00377-6>.

ARAÚJO, M., FANGUEIRO, R., HONG, H. **Têxteis Técnicos: Materiais do Novo Milênio.** Williams, Lda. Braga, 2001.

BERLATO, M.A.; MELO, R.W. de.; FONTANA, D.C. **Riscos de ocorrência de granizo no estado do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária de 2021 está estimado em R\$ 1,10 trilhão.** [Brasília]: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 14/10/2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-de-2021-esta-estimado-em-r-1-10-trilhao>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

BRASKEM. **Catálogo de produtos. Polietileno de alta densidade.** Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/busca-de-produtos>>. Acesso em: 09 de maio de 2023.

CANEVAROLO, S. V. J., **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**, 2 ed., São Paulo, Artliber Editora, 2006.

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** 9ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2018.

CERA, JOSSANA CEOLIN, FERRAZ, & TELEGINSKI. **Variações climáticas na precipitação no Sul do Brasil no clima presente e futuro.** Revista Brasileira de Meteorologia, 2015.

CERA, J. C., STRECK, N. A., ZANON, A. J., ROCHA, T. S. M., CARDOSO, Â. P., RIBEIRO, B. S. M. R., FENSTERSEIFER, C. A. J., BECKER, C. C. **Dano por Granizo na Cultura da Soja em Condições de Lavoura: Um estudo de Caso.** Revista Brasileira de Meteorologia, 2016.

CHOWDHURY M. J., NASRIN S., FARUQUE M. A. A. (2017). **Significance of agro-textiles and future prospects in Bangladesh.** Eur. Sci. J. 13. 10.19044/esj.2017.v13n21p139.

COUTINHO F. M. B., MELLO I. L., SANTA MARIA L. C. De. **Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações.** Polímeros, São Carlos, 2013.

CUNHA, D. A. S., CABRAL, M. R. P., SOARES, E. R. P., ANTONIO, D. S., CABEZA, N. A. **Aplicações de espectroscopia no infravermelho por transformada de fourier (FTIR) para caracterização de complexos.** Revista eletrônica Anais do Encontro de Iniciação Científica, 2015.

CUNHA, G. R., SCHEEREN, P. L., SILVA, M. S. (2001). **Granizo e cereais de inverno no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo.

EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. - Brasília, DF: Embrapa, 2018.

GHOSH, S. K., BAIRAGI, S., BHATTACHARYA, R., MONDAL, M. M. (2016). **An overview on test standards for evaluation of jute agrotexiles.** American Journal of Engineering Research, 5(2), 49–53.

GONG, R. H. **Specialist yarn and fabric structures, development and applications.** Cambridge, UK: Text Inst Woodhead Publ Ltd, 2011.

FERREIRA, I. L. S.; MAURÍCIO, L.P.A.; AQUINO, M. S.; OLIVEIRA, F.R. **Aplicação de materiais têxteis na área da saúde**. CONTEXMOD, 2014.

HIBBLELER, R. C. **Resistência dos materiais**. Sétima edição. Pearson Prentice Hall. 2010. INBS 978-8576053736.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PIB cresce 1,9% no 1º trimestre de 2023**. Rio de Janeiro, 01/06/2023. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/37029-pib-cresce-1-9-no-1-trimestre-de-2023>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

KORIEEM, A., OLLICK, A., ELHADARY, M. (2021). **The effect of artificial weathering and hardening on mechanical properties of HDPE with and without UV stabilizers**. Alexandria Engineering Journal, 60(4), 4167–4175.

KUMJIAN, M. R., GUTIERREZ, R., SODERHOLM, J. S., NESBITT, S. W., MALDONADO, P., LUNA, L. M., MARQUIS, J., BOWLEY, K. A., IMAZ, M. A., SALIO, P., (2020). **Gargantuan hail in Argentina**. Bull. Amer. Meteor. Soc., 101, E1241–E1258, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0012.1>.

LINDAUER DORNIER GMBH. **EasyLeno®**. Disponível em: <<https://www.lindauerdornier.com/en/weaving-machines/easyleno-eng/>>. Acesso em: 06 de julho de 2023.

LODI, P.C., BUENO, B. S., ZORNBERG, J. G., (2007). **UV Degradation of Polymeric Geomembranes**. Proceedings of the Fifth Brazilian Symposium on Geosynthetics, Geossintéticos 2007, and of the Sixth Brazilian Congress on Environmental Geotechnics, REGEO 2007 (In Portuguese), Recife, Brazil, 18-21 June, pp. 1-6 (CD-ROM).

MARTINS, S. R., SCHLINDWEIN, S. L., D'AGOSTINI, L. R., BONATTI, M., VASCONCELOS, A. C. F., HOFFMANN, A. F., FANTINI, A. C.. **Mudanças Climáticas e Vulnerabilidade na Agricultura: desafios para desenvolvimento das**

estratégias de mitigação e adaptação. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, 2010.

MESQUITA, F. A. **Modificação das propriedades do polietileno de alta densidade por diferentes condições de extrusão.** São Paulo, Universidade de São Paulo, 2010. (Dissertação de mestrado). <https://doi.org/10.11606/D.3.2010.tde-10012011-103025>.

PALAMUCU, S., DEVRENT, N. **Technical textiles for agricultural applications.** Int interdis J sci res, 2017.

PAVIA, D. L., LAMPMAN G. M., KRIZ Jr. G. S., VYVYAN J. A. **Introdução à Espectroscopia.** Cengage, São Paulo, 2016.

SAHA, J., RAHMAN, M., KABIR, R., EMTIAZ, A. N. M., ISLAM, R., & JAFOR, A. **Study on manufacturing process of leno weave by modification of hand loom.** Journal of Science and Technology 7, 2017.

SCHADECK, R. (Org.). **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 –2019.** 2. ed. Florianópolis: FAPEU, 2020.

SHAKER, K., Y. NAWAB, M.A., ASGHAR A. NASREEN, M. JABBAR. 2020. **Tailoring the properties of leno woven fabrics by varying the structure.** Mechanics of Advanced Materials and Structures 27 (22):1865–72. doi:10.1080/15376494.2018.1527964.

TECHTEXTIL. **About Tectextil.** Alemanha. Disponível em: <<https://techtexil.messefrankfurt.com/frankfurt/en/profile.html#navigation>.> Acesso em: 19 de dezembro 2022.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas em Canoinhas-Brasil.** Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/>>. Acesso em 04 de junho de 2023.

ZHANG, X., WANG, X., PENG, Z., ZHU, Z., WU, Z. **Parametric study on mechanical properties of basalt leno textile applied as concrete reinforcement.** Adv. Struct. Eng, 2022.