



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências
Campus do Litoral Paulista



Pedro Henrique Delgado Cosi

Dinâmica populacional de *Drosera capillaris* Poir. (Droseraceae) em uma
área de restinga do litoral de São Paulo

São Vicente
2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências
Campus do Litoral Paulista



Pedro Henrique Delgado Cosi

Dinâmica populacional de *Drosera capillaris* Poir. (Droseraceae) em uma
área de restinga do litoral de São Paulo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, Instituto de Biociências,
Câmpus do Litoral Paulista para obtenção do
título de Bacharel em Ciências Biológicas com
habilitação em Biologia Marinha.

Orientador: Prof. Dr. Yoannis Domínguez

São Vicente
2025

C834d Cosi, Pedro Henrique Delgado
Dinâmica populacional de *Drosera capillaris* Poir.
(*Droseraceae*) em uma área de restinga do litoral de São Paulo
/ Pedro Henrique Delgado Cosi. -- São Vicente, 2025
33 f. : il., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto
de Biociências, São Vicente
Orientador: Yoannis Domínguez

1. Botânica. 2. Dinâmica populacional. 3. *Drosera capillaris*. I.
Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Professor Dr. Yoannis Domínguez pela atenção e disposição integral na elaboração deste trabalho como orientador, assim como à Professora Dra Milene Fornari que gentilmente cedeu espaço para trabalhar em seu laboratório e me orientou na análise das variáveis edáficas, e finalmente, às colegas Nicole e Pryscilla por me auxiliarem no início da análise de dados e à colega Evelyn por permitir que assumisse o projeto deste trabalho.

RESUMO

Drosera capillaris é uma erva carnívora cosmopolita que ocorre em áreas úmidas, oligotróficas e abertas desde a América do Norte até a América do Sul. Apesar da ampla distribuição, não existem trabalhos sobre sua autoecologia, levantando dúvidas sobre a influência de fatores bióticos e abióticos na dinâmica populacional da espécie. Neste estudo, uma população em uma área de restinga de Itanhaém, São Paulo, foi usada como modelo a fim de caracterizar seu habitat, seus padrões morfológicos e fenológicos e avaliar a influência de fatores ambientais abióticos e bióticos ao longo do ano. Foi realizada uma amostragem por estação ao longo de um ano a fim de caracterizar variáveis físico-químicas do hábitat e sua diversidade vegetal, variáveis ambientais bióticas e abióticas e atributos populacionais da espécie foram coletados em 10 parcelas de 0,5 m² com uma amostragem por estação totalizando $n = 110$. Os dados foram analisados a fim de estudar a dinâmica populacional de *D. capillaris* na área de estudo e como esta é influenciada pelo ambiente. A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro–Wilk e as análises subsequentes incluíram estatística descritiva, correlação entre variáveis e testes χ^2 ($\alpha = 0,05$), geração de modelos de regressão β para avaliar a interação entre variáveis e o cálculo do índice de dispersão de Morisita (I_d). O habitat da espécie é caracterizado como uma restinga úmida, com baixa diversidade vegetal e solo oligotrófico e ácido. A cobertura de *D. capillaris* se mostrou estável o ano todo, sem influência sazonal e mantendo um padrão de distribuição espacial agregado. Já a composição de classes etárias e fenofases foram influenciadas pelas variações ambientais ao longo do ano. As variáveis que apresentaram maior contribuição para esta dinâmica foram a cobertura de serrapilheira e a cobertura vegetal. Assim, a obstrução do solo pela serrapilheira e a competição interespecífica apresentaram uma maior influência no recrutamento e na fenologia reprodutiva de *D. capillaris*.

Palavras-chave: autoecologia, distribuição espacial, fenologia, hábitat, microambiente.

ABSTRACT

Drosera capillaris is a cosmopolitan carnivorous plant that occurs in wet, oligotrophic, and open habitats from North to South America. Despite its wide distribution, no studies have addressed its autoecology, raising questions about the influence of biotic and abiotic factors on the species' population dynamics. In this study, a population located in a *restinga* (coastal sandy plain) area in Itanhaém, São Paulo, was used as a model to characterize its habitat, morphological and phenological patterns, and to evaluate the influence of environmental biotic and abiotic factors throughout the year. Seasonal sampling was conducted over the course of one year to characterize the physicochemical variables of the habitat and its plant diversity; biotic and abiotic environmental variables and population attributes of the species were collected in 10 plots of 0.5 m², with one sampling per season, totaling $n = 110$. The data were analyzed to investigate the population dynamics of *D. capillaris* in the study area and how these are influenced by the environment. Data normality was assessed using the Shapiro–Wilk test, and subsequent analyses included descriptive statistics, correlations among variables, chi-square tests ($\alpha = 0.05$), β regression models to evaluate interactions among variables, and the calculation of Morisita's dispersion index (I_d). The species' habitat is characterized as a wet *restinga*, with low plant diversity and oligotrophic, acidic soil. *Drosera capillaris* cover remained stable throughout the year, showing no seasonal influence and maintaining an aggregated spatial distribution pattern. However, the composition of age classes and phenological stages was influenced by environmental variation across seasons. The variables that contributed most to this dynamic were litter cover and vegetation cover. Thus, soil obstruction by litter and interspecific competition exerted the greatest influence on the recruitment and reproductive phenology of *D. capillaris*.

Keywords: autecology, spatial distribution, phenology, habitat, microenvironment.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
SUMÁRIO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo geral	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1. Área de estudo	11
3.2. Caracterização do hábitat	12
3.3. Análise de variáveis ambientais	12
3.4. Análise de padrões morfométricos	13
3.5. Análise de atributos populacionais	14
3.6. Análise de dados	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Caracterização do hábitat local de <i>Drosera capillaris</i>	16
4.2. Sazonalidade das variáveis ambientais e influência na cobertura de <i>Drosera capillaris</i>	19
4.3. Dinâmica populacional de <i>Drosera capillaris</i> no litoral de Itanhaém	23
5. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

As plantas carnívoras são um grupo polifilético, com cerca de 850 espécies distribuídas em 13 famílias (Ellison, 2020; Mithöfer, 2022; Wójciak *et al.*, 2023). Essas linhagens de plantas desenvolveram, de forma independente, a capacidade de obter nutrientes de forma heterótrofa ou semi-heterótrofa devido a um conjunto de características conhecidas como “síndrome de carnivoría vegetal” (Ellison & Gotelli, 2009). Elas possuem mecanismos especializados para atrair pequenos animais ou protozoários, que são capturados em armadilhas, geralmente foliares, embora as inflorescências também possam desempenhar essa função. Os organismos capturados são mortos, digeridos e seus nutrientes absorvidos, garantindo funções metabólicas e promovendo o crescimento e a reprodução da planta.

A carnivoría vegetal compensa a escassez de nutrientes suplementares, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, em solos oligotróficos, distróficos e até estéreis (Ellison & Adamec, 2018; Mithöfer, 2022). Ellison & Adamec (2018) reformularam a definição de carnivoría, definindo a carnivoría verdadeira (holocarnivoría) como o processo que exige produção de enzimas digestivas para digerir, absorver e assimilar esses nutrientes para o crescimento e desenvolvimento da planta (Mithöfer, 2022). Vários dos genes que codificam a produção destas enzimas digestivas na síndrome da carnivoría codificam também produção de enzimas e outros compostos de defesa, dessa forma, hoje é geralmente aceito que a síndrome da carnivoría é uma derivação de processos de defesa das plantas (Mithöfer, 2022).

Diversos modelos foram propostos para compreender o custo-benefício da carnivoría. Hoje se entende que nos ambientes típicos oligotróficos e iluminados em que estas linhagens ocorrem, os custos, que são maiores na manutenção dos processos do que na construção das estruturas típicas da síndrome, são compensados pelos nutrientes obtidos no processo, aliado à serapilheira em decomposição no solo (Ellison & Gotelli, 2009; Mithöfer, 2022). Dessa forma, plantas carnívoras têm vantagem em relação às não carnívoras nesses ambientes (Ellison & Gotelli, 2009). Os benefícios da carnivoría podem ser aumento da fotossíntese, aumento da eficiência reprodutiva ou até mesmo superação dos ganhos em carbono em relação à fotossíntese, este último se mostra pouco evidenciado, mas foi

registrado em duas espécies de *Drosera* L., onde o carbono de presas marcadas foi incorporado em tecidos foliares (Ellison & Gotelli, 2009).

Algumas linhagens de plantas carnívoras têm distribuição restrita enquanto outras ocorrem no mundo todo com centros de diversidade associados às características dos ambientes onde ocorrem (Ellison & Adamec, 2018). O gênero *Drosera* L., o mais diverso da família *Droseraceae* Salisb. com cerca de 250 espécies, tem distribuição global com centros de diversidade no sudoeste da Austrália, na província do Cabo (África do Sul) e nos campos rupestres do Brasil (Fleishmann *et al.*, 2018). No Brasil, existem 33 espécies de *Drosera*, sendo 20 endêmicas (Gonella, 2020) e é o único gênero da família que ocorre no Brasil (Silva & Giuliatti, 1997; Saridakis *et al.*, 2004; Gonella, 2020). Sua ocorrência se dá principalmente nas fisionomias de campos rupestres (Gonella, 2012), com destaque para o estado de Minas Gerais que tem os maiores centros de diversidade do gênero na Cadeia do Espinhaço, no Planalto da Diamantina e na Serra do Cipó (Gonella, 2012). No entanto, algumas espécies têm ocorrência em áreas litorâneas, como *Drosera brevifolia* Pursh., *Drosera capillaris* Poir., *Drosera intermedia* Hayne e *Drosera sessilifolia* A.St.-Hil., tanto em áreas de dunas quanto em depressões entre cordões litorâneos (Silva & Giuliatti, 1997; Correa & Silva, 2005; Martins *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2018a, 2018b; Gonella *et al.*, 2022; Guarçoni *et al.*, 2025).

As espécies deste gênero são geralmente ervas perenes, com algumas espécies anuais, de hábitos helófitos ou terrícolas (Fleischmann *et al.*, 2018). Suas folhas formam rosetas e possuem tentáculos glandulares vascularizados, que secretam mucilagem pegajosa para atrair, capturar e digerir presas (Gonella, 2017). As flores, pequenas e de coloração branca ou rosa (nas espécies brasileiras), são polinizadas por insetos. A dispersão de sementes ocorre principalmente por anemocoria, com menor contribuição de hidrocoria e zoocoria, sendo as aves aquáticas os prováveis agentes dispersores em algumas regiões (Correa & Silva, 2005). O gênero ocorre em habitats oligotróficos, como solos quartzíticos sazonalmente úmidos e margens de corpos d'água (Miranda & Sajo, 2000; Gonella *et al.*, 2022).

Espécies de *Drosera* têm sido consideradas indicadores ecológicos da saúde dos ecossistemas em que ocorrem. Diversas características do gênero são usadas como indicadores, por exemplo, sua sensibilidade ao estresse causado pela poluição pode gerar informações sobre a qualidade daquele ambiente (Olivares-

Pinto *et al.*, 2025). Além disso, sua atividade antibacteriana e antifúngica para defesa de patógenos pode sugerir a ocorrência de populações microbianas locais, e aumentos na taxa de crescimento vegetal pode ser um indicativo da presença de maiores taxas de CO₂, disponibilidade de água e nutrientes (Olivares-Pinto *et al.*, 2025).

Drosera capillaris é uma espécie de ampla distribuição na América do Norte, América Central, Caribe e América do Sul (Figura 1). No Brasil, é encontrada em várias regiões, principalmente no Sudeste e Sul, sendo a espécie de maior distribuição no Litoral Paulista, onde tem sido registrada nos municípios de Bertioga, Itanhaém e Peruíbe (Silva & Giuliatti, 1997; Martins *et al.*, 2008; Gonella, 2020). Ocorre em áreas de restinga principalmente em depressões entre cordões com vegetação herbáceo-arbustiva e solos hidromórficos.

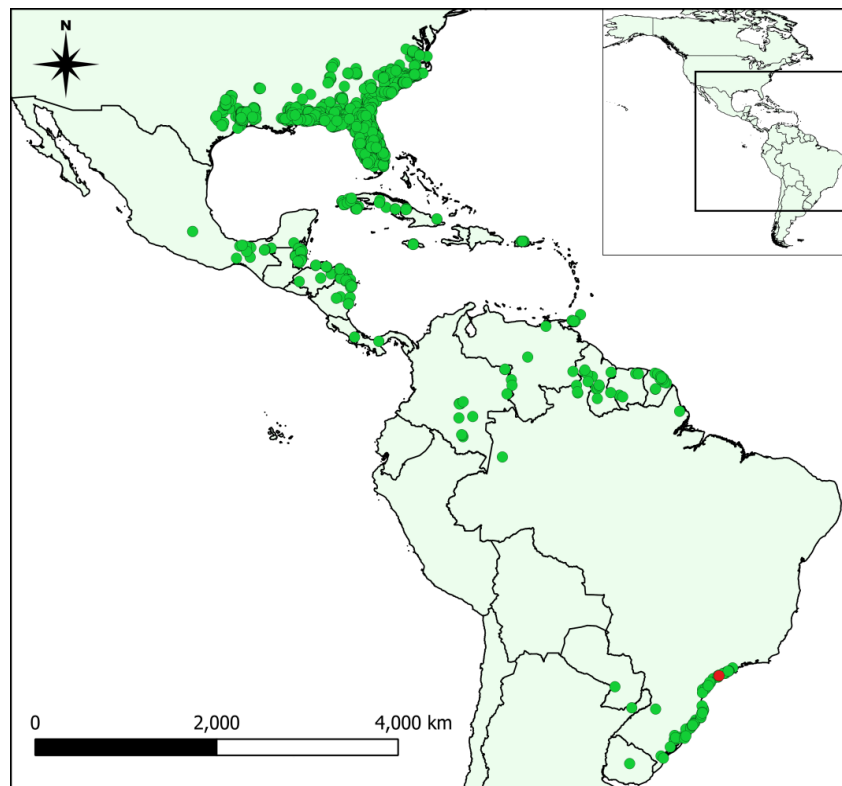


Figura 1. Distribuição global de *Drosera capillaris* (verde) e localização da população estudada (vermelho).

Devido à sua ampla distribuição e ao estado das populações, *D. capillaris* encontra-se na categoria pouco preocupante (LC, *least concern*) segundo as categorias e critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2024). No entanto, apesar de sua ampla distribuição, a autoecologia desta espécie e de outras espécies de *Drosera* no Brasil é pouco conhecida (Mendonça &

Castellani, 1993; Rivadavia, 1996; Nemoto & Libeiro, 2006; Reis *et al.*, 2018a, 2018b). Assim, investigar a dinâmica populacional e sua relação com variáveis ambientais pode contribuir significativamente para o entendimento de sua ecologia e desta forma contribuir na conservação das espécies de plantas carnívoras e seus ecossistemas, especialmente em ambientes litorâneos.

Algumas espécies de plantas carnívoras têm alta densidade em locais com condições ecológicas específicas que limitam a ocorrência de outras espécies. Solos com baixo conteúdo de nutrientes são frequentemente colonizados por essas plantas, devido à sua capacidade de adquirir nitrogênio e outros compostos de fontes alternativas. Assim, a ocorrência das plantas carnívoras é mais influenciada por fatores como disponibilidade de luz, água e pH e conteúdo de nutrientes do solo (Fawcett *et al.*, 2016).

Baseado nas informações acima se formulou a seguinte hipótese: **a dinâmica populacional de *Drosera capillaris* é influenciada pela variação das condições ambientais ao longo do ano**. Este estudo visou aprofundar o conhecimento sobre uma população de *Drosera capillaris* em uma área de restinga no município de Itanhaém, no Litoral de São Paulo, contribuindo para a compreensão de sua ecologia nas condições locais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

- Analisar a dinâmica populacional de *Drosera capillaris* em uma área de restinga no litoral de São Paulo ao longo do ano.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar o habitat de *Drosera capillaris* em uma área de restinga.
- Determinar a influência de fatores ambientais abióticos e bióticos sobre a dinâmica populacional de *Drosera capillaris* na área de estudo ao longo do ano.
- Identificar padrões morfológicos de *Drosera capillaris* na população em estudo.
- Analisar a distribuição espacial, temporal e por classes de idade de *Drosera capillaris* em função das condições ambientais locais e suas variações ao longo do ano.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A área de estudo está situada no litoral sul do estado de São Paulo, especificamente no município de Itanhaém que integra a porção sudoeste da Região Metropolitana da Baixada Santista. Em Itanhaém as amostras foram obtidas numa região de restinga localizada na Chácara Glória (24°14'17" S, 46°55'03" W), fazendo fronteira com a Terra Indígena Piaçaguera, em Peruíbe (Figura 2). Esta área é caracterizada por formações arbustivas/herbáceas sobre sedimentos marinhos recentes (Souza *et al.*, 2008).



Figura 2. Localização da área de estudo no município de Itanhaém, no litoral do estado de São Paulo.

Itanhaém tem um clima tropical do tipo “Af” (classificação de Köppen-Geiger) e apresenta pluviosidade significativa ao longo do ano com média anual entre 2000 a 2500 mm (Cigagna *et al.*, 2021). O período chuvoso coincide com o verão e o período mais seco entre abril e setembro, sendo o mês mais chuvoso janeiro (239 mm) e o mais seco agosto (94 mm). A temperatura varia entre 15,3 °C (julho) e 30 °C (fevereiro) nas estações de inverno e verão, respectivamente e a umidade do ar é elevada o ano inteiro, sempre superior a 80% (Cigagna *et al.*, 2021). A vegetação do município é constituída por diversas fisionomias da Mata Atlântica, a saber: a Floresta Ombrófila Densa em suas variações “montana”, “submontana” e “de terras baixas”, bem como as formações pioneiras arbustivas/herbáceas que compreendem os ecossistemas de restinga, manguezal e vegetação de várzea (Itanhaém, 2020).

3.2. Caracterização do hábitat

Foi realizada análise do substrato da área de estudo a partir da coleta de amostras em pontos aleatórios com ocorrência de *D. capillaris*. Quatro amostras de sedimento superficial (~10 cm) foram coletadas e armazenadas em recipiente hermeticamente fechado para análise granulométrica, de pH, condutividade eletrolítica e teor de umidade e de matéria orgânica. Para as análises granulométricas cerca de 60 g de sedimentos secos foram submetidos ao peneiramento mecânico em intervalo de 0,5 phi (entre 2 mm e 0,062 mm). As classes texturais foram classificadas de acordo com a escala de Wentworth. Enquanto a condutividade eletrolítica e o pH foram medidos em água deionizada utilizando uma sonda digital Water Quality Tester, modelo EZ9909SP (Yhequipment Co. Ltd.). O teor de umidade (%) foi calculado como a diferença entre o peso do substrato integral e seco em estufa a 50 °C por 3 dias, já o teor de matéria orgânica (%) foi calculado como a diferença entre o peso do substrato seco triturado com pilão e o peso após ser incinerado por peróxido de hidrogênio (H₂O₂) por 4 dias sendo constantemente agitado e aquecido em agitador magnético (Microquímica Equipamentos Ltda.).

Para registrar a diversidade vegetal local foi utilizado o método de “caminhamento” descrito por Filgueiras *et al.* (1994). Desta forma, foram coletados espécimes das espécies de plantas mais frequentes na área de estudo. As amostras vegetais foram prensadas, secas em estufa a 60 °C durante 72 h e posteriormente identificadas até o nível de espécie ou gênero utilizando chaves de identificação, literatura especializada e comparação com registros prévios da diversidade local. As exsiccatas resultantes das coletas foram depositadas como material testemunho nos herbários JABU (Departamento de Biologia, Universidade estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal) e HUSC (Universidade Santa Cecília, Santos).

3.3. Análise de variáveis ambientais

Variáveis bióticas (cobertura de *D. capillaris* e de vegetação) e abióticas (cobertura de serrapilheira, de área alagada, temperatura do solo e incidência luminosa) foram mensuradas sazonalmente em dez pontos aleatórios dentro da área de estudo. Em cada ponto foi delimitada uma parcela mediante o uso de uma grade de 0,5 m² com células de 5 cm². Para cada variável de cobertura foi contabilizado o

número de células ocupadas e posteriormente este número foi convertido em porcentagem (%) seguindo a escala de 1 célula = 1%.

Para calcular a cobertura de *D. capillaris* foi verificada a ocorrência de pelo menos 1 indivíduo por célula da grade. A cobertura vegetal foi calculada contando a ocorrência de qualquer espécie vegetal por célula da grade. A cobertura de serrapilheira foi contada de acordo com a presença de qualquer material orgânico (galhos, folhas, animais e plantas mortas, etc) presente em cada célula da grade e a cobertura de área alagada foi calculada a partir da verificação da presença de poças d'água nas células da grade. A temperatura do solo foi registrada usando termômetro digital Clink, modelo TP 101 (precisão $\pm 0,1$ °C). A incidência luminosa (%) foi calculada a partir de fotografia hemisférica tomada utilizando câmera digital com lente de ângulo amplo (180°) “fisheye” TY-509 e posterior análise no programa *Gap Light Analyzer* (GLA, Frazer *et al.*, 1999).

3.4. Análise de padrões morfométricos

Para as análises morfométricas foram coletados aleatoriamente 50 indivíduos adultos de *D. capillaris* e fixados em tubos Falcon® (50mL) contendo FAA 50% (Formaldeído-ácido acético glacial-álcool, 0,5:0,5:9). As variáveis analisadas, agrupadas em variáveis vegetativas e reprodutivas, foram: (1) diâmetro da roseta (mm), (2) comprimento e (3) largura da folha (mm) selecionando a maior folha por planta, (4) comprimento da inflorescência (mm), (5) número de inflorescências por planta, (6) número de botões por inflorescência, (7) número de flores por inflorescência, e (8) número de frutos por inflorescência. Em laboratório, foram mensuradas variáveis lineares (expressas em mm) com auxílio de paquímetro digital IT-BLUE, modelo LE-6002 (precisão $\pm 0,1$ mm) e realizada a contagem de variáveis numéricas (número de estruturas) por inspeção sob microscópio estereoscópico Stemi 2000 (Carl Zeiss).

A unidade de tendência central adotada desta análise foi a mediana dos dados coletados, devido à distribuição não normal na maioria das variáveis (Teste de Shapiro-Wilk, $p < 0,05$). A variação morfométrica intrapopulacional foi estimada por meio do cálculo do coeficiente de variação (CV), considerando a dispersão relativa de cada conjunto de dados seguindo a fórmula $CV = (s/\bar{x}) \times 100$, onde s é o desvio padrão e $\bar{x}$ a média dos dados. O valor do CV foi interpretado usando os seguintes referenciais: $CV \leq 10\%$: variação baixa; $10\% < CV \leq 20\%$: variação

moderada, $20\% < CV \leq 30\%$: variação alta e $CV > 30\%$: variação muito alta (Gomes, 2009).

3.5. Análise de atributos populacionais

Para a análise de atributos populacionais foram delimitadas aleatoriamente 10 parcelas de $0,5 \times 0,5$ m dentro da área de estudo e as amostragens foram feitas sazonalmente (uma em cada estação do ano). Em cada parcela foi feita a contagem da quantidade total de indivíduos de *D. capillaris* e a classificação destes em três classes definidas pelo diâmetro da roseta (diâmetro mínimo de 4 cm em plantas maduras; Correa & Silva, 2005) e pela presença ou ausência de estruturas reprodutivas. Desta forma, as plantas foram classificadas como: (1) plântula: indivíduos com diâmetro de roseta < 4 cm e estruturas reprodutivas ausentes; (2) juvenil: indivíduos com diâmetro de roseta ≥ 4 cm e estruturas reprodutivas ausentes; e (3) adulto: indivíduos com diâmetro de roseta ≥ 4 cm e estruturas reprodutivas presentes. Para isso foi medido o diâmetro da roseta em todos os indivíduos dentro das parcelas demarcadas utilizando paquímetro digital IT-BLUE, modelo LE-6002 (precisão 0,1 mm) e em cada indivíduo foi verificada a presença de estruturas reprodutivas ou restos destas mediante inspeção visual. Ademais, foi analisado o padrão de distribuição espacial utilizando o índice de dispersão de Morisita (I_δ , Morisita, 1959, 1962) a fim de determinar se as plantas apresentam um padrão de distribuição aleatório ($I_\delta = 1$), uniforme ($I_\delta < 1$) ou agregado ($I_\delta > 1$) e a significância do índice calculado foi determinada pelo teste χ^2 , com $\alpha = 0,05$.

3.6. Análise de dados

Os dados coletados ao longo do ano por estações foram organizados baseados em suas análises subsequentes, dessa forma, foram criadas quatro matrizes, sendo: 1) dados para a caracterização da área de estudo; 2) dados para análise de padrões sazonais das variáveis bióticas e abióticas; 3) dados para análise de padrões morfométricos populacionais; e 4) dados para análise de atributos populacionais.

Todas as análises estatísticas foram conduzidas no software R, versão 4.4.1 (R Core Team, 2024). Para análise e cálculo de estatísticas descritivas foi usado o pacote *dplyr* (Wickham *et al.*, 2023). A verificação da normalidade dos dados foi realizada com a função *shapiro.test* e o teste de significância usando a função *chisq.test*, ambos pertencentes ao pacote *stats* (R Core Team, 2024). As análises

estatísticas para variáveis não paramétricas foram realizadas com o pacote *rstatix* (Kassambara, 2024). A visualização e representações gráficas dos dados foram feitas utilizando os pacotes *ggplot2* (Wickham *et al.*, 2016) e *tidyr* (Wickham *et al.*, 2023). O valor de referência sobre o nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$. A magnitude dos efeitos de correlação foi avaliada segundo Cohen (1988) sendo $|r| \geq 0,7$ considerada correlação alta, $0,69 \geq |r| \geq 0,30$ correlação moderada e $0,29 \geq |r| \geq 0$ correlação fraca ou sem correlação.

A análise dos dados de cobertura percentual ocupada por cada variável, temperatura do solo e incidência luminosa foi realizada com 110 observações ($n = 110$), sendo $n = 30$ em cada estação, com exceção do inverno ($n = 20$). Após a transformação dos dados em porcentagem (%), a normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) e considerando a não normalidade dos dados (Tabela 1) foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) para análise de variância para dados não paramétricos.

Tabela 1. Resultados dos testes de normalidade para os conjuntos de dados das variáveis bióticas e abióticas analisadas com $n = 110$. S-W = Shapiro-Wilk, p = nível de significância para $\alpha = 0,05$.

Variável	S-W	p
Cobertura de <i>D. capillaris</i>	0,78	0,001
Cobertura de vegetação	10,39	0,001
Cobertura de serrapilheira	43,81	0,001
Cobertura de área alagada	0,32	0,001
Temperatura do solo	0,97	0,007
Incidência luminosa	0,44	0,001

Para verificar possíveis sobreposições estatísticas entre as variáveis ambientais coletadas, os dados foram organizados em matriz e submetidos à análise de correlação utilizando o coeficiente de correlação de Spearman (ρ , Spearman, 1904) e os valores de referência de $|\rho| \geq 0,70$ para correlação alta, $0,69 \geq |\rho| \geq 0,30$ para correlação moderada e $0,29 \geq |\rho| \geq 0$ para correlação fraca ou sem correlação. Em seguida, foram gerados modelos de regressão beta (β) entre as variáveis para verificar a intensidade e direção dos efeitos das variáveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do hábitat local de *Drosera capillaris*

A área de estudo corresponde a uma formação de restinga situada em uma depressão entre cordões litorâneos, caracterizada por um substrato majoritariamente fino arenoso (82,36% areia fina), bem selecionado (DP = 0,39), oligotrófico (condutividade eletrolítica = 0 $\mu\text{S}/\text{cm}$), fortemente ácido (pH = 3,93) e úmido (21%) com uma camada moderada de matéria orgânica (4,01%) (Figura 3).

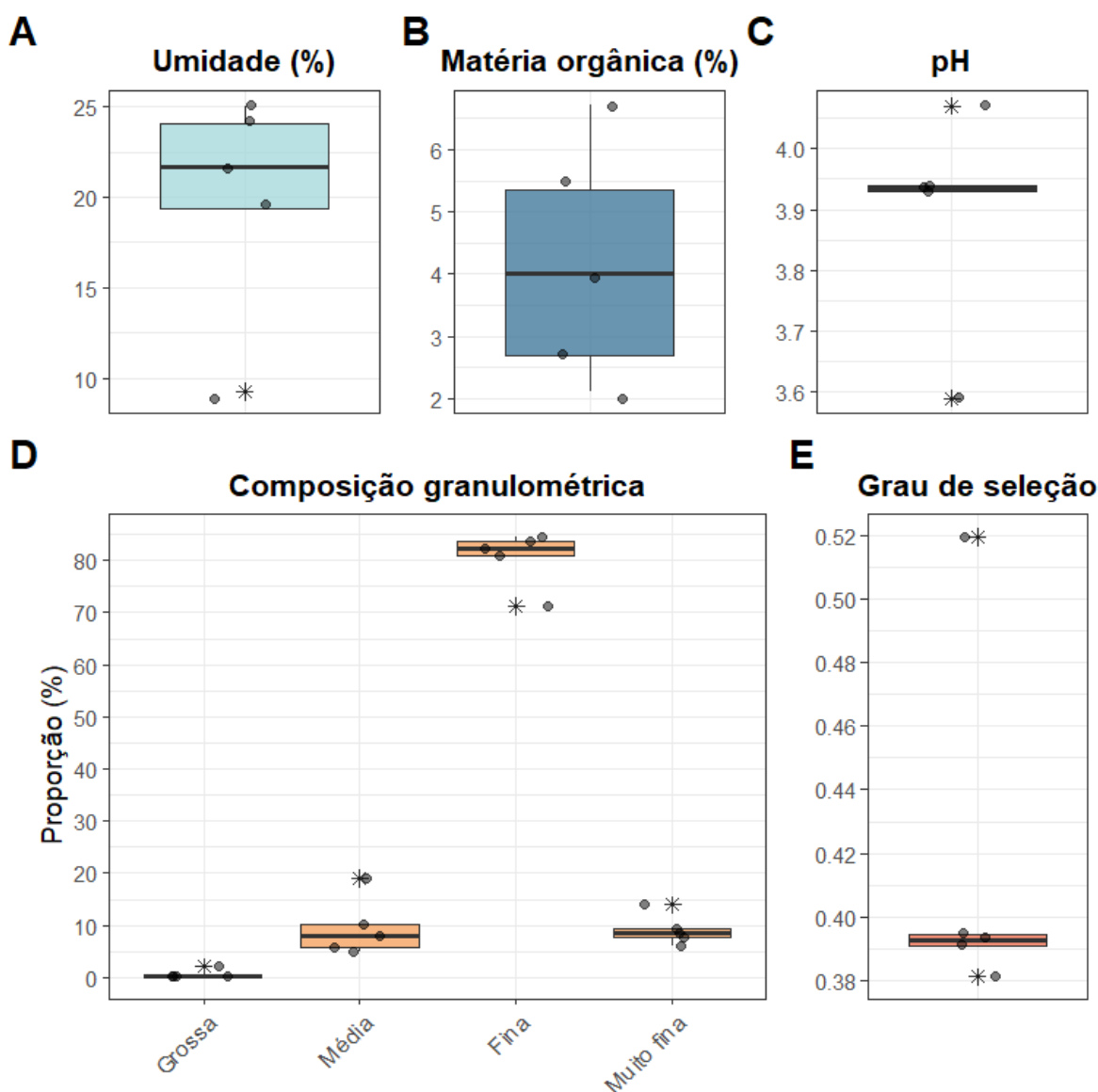


Figura 3. Variação dos parâmetros físico-químicos do substrato sedimentar na área de estudo. A) Teor de umidade, B) Teor de matéria orgânica, C) pH, D) Granulometria e E) Grau de seleção do sedimento.

Essas características sugerem que o predomínio de sedimentos da classe areia fina associada à concentração de matéria orgânica pode favorecer a retenção

de umidade no substrato sedimentar (Zanine & Diniz, 2006) e consequentemente favorecer a diminuição do pH e condutividade (Santos *et al.*, 2019). A oligotrofia do solo pode estar relacionada à natureza dos grãos. Embora neste estudo não tenha sido verificada a composição química dos grãos, Gomes *et al.* (2007) mostraram que solos de restinga da região têm como característica típica grãos de quartzo, o que pode tornar o aporte de nutrientes ao solo reduzido devido sua natureza inerte. Além disso, o pH baixo inviabiliza a disponibilidade dos nutrientes no solo (Lacerda *et al.*, 2015), além da alta lixiviação dada a pluviosidade alta típica da região.

O típico solo ácido, oligotrófico e úmido, encontrado na área de estudo vai de encontro com as premissas de condições ambientais para o sucesso da carnivoria vegetal, sustentando a ideia de que plantas carnívoras ocorrem em solos onde os custos da carnivoria podem ser superados pelas suas vantagens (Ellison & Gotelli, 2009). Este tipo de ambiente é típico de zonas frequentemente sujeitas à influência de lençol freático raso e à ocorrência de alagamentos temporários, fatores que condicionam a composição e estrutura da vegetação observada.

No levantamento florístico foram registradas 29 espécies (Tabela 2), com predominância das famílias Sphagnaceae, com quatro espécies, e Fabaceae e Melastomataceae, com três espécies cada uma. No entanto, a forma de vida herbácea foi dominante, com 18 espécies típicas de ambientes úmidos ou sazonalmente inundáveis. Essa estrutura simplificada e dominância de espécies de pequeno porte é coerente com o padrão descrito para áreas de vegetação entre cordões arenosos (Martins *et al.*, 2008), nas quais as condições edáficas como a acidez do solo, a baixa concentração de nutrientes e a alta exposição à radiação solar limitam o estabelecimento de outras formas de vida (Ellison & Gotelli, 2009). A presença de tapetes de *Sphagnum* spp. indica a presença de micro-habitats permanentemente úmidos ou encharcados, com solos oligotróficos onde o acúmulo de matéria orgânica e a baixa disponibilidade de nutrientes minerais favorecem estratégias alternativas de aquisição de nutrientes. Assim, estes ambientes sustentam uma riqueza florística baixa mas com espécies altamente especializadas, tolerantes à inundação e à compactação e pobreza do solo (Martins *et al.*, 2008) favorecendo o estabelecimento de plantas carnívoras (*Utricularia* spp.) e mico-heterotróficas (*Burmannia capitata*) registradas no local junto a *D. capillaris*.

Tabela 2. Espécies vegetais mais frequentes na área de estudo.

Família	Espécie	Forma de vida	Voucher
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i> sp. 1	Arbusto	Y.Domínguez <i>et al.</i> 333
	<i>Ilex</i> sp. 2	Arbusto	Y.Domínguez <i>et al.</i> 334
Asteraceae	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	Subarbusto	Y.Domínguez <i>et al.</i> 335
Burmaniaceae	<i>Burmannia capitata</i> (Walter ex J.F.Gmel.) Mart.	Erva	-
Clusiaceae	<i>Clusia criuva</i> Cambess.	Arbusto	Y.Domínguez <i>et al.</i> 330
Cyperaceae	<i>Scleria gaertneri</i> Raddi	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 339
	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 344
Droseraceae	<i>Drosera capillaris</i> Poir.	Erva	Y.Domínguez & P.H.D. Cosi 326
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus chrysanthus</i> (Bong.) Ruhland	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 340
	<i>Tonina fluviatilis</i> Aubl.	Erva	-
Fabaceae	<i>Inga subnuda</i> Salzm. ex Benth.	Árvore	Y.Domínguez <i>et al.</i> 336
	<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip	Arbusto	Y.Domínguez <i>et al.</i> 337
	<i>Clitoria laurifolia</i> Poir.	Subarbusto	-
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Árvore	Y.Domínguez <i>et al.</i> 331
Lentibulariaceae	<i>Utricularia subulata</i> L.	Erva	-
	<i>Utricularia pusilla</i> Vahl	Erva	-
Lycopodiaceae	<i>Palhinhaea camporum</i> (B. Øllg. and Windisch) Holub	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 328
	<i>Lycopodiella tupiana</i> (B. Øllg. & P.G. Windisch) B. Øllg	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 345
Melastomataceae	<i>Clidemia</i> sp.	Arbusto	Y.Domínguez <i>et al.</i> 329
	<i>Pleroma raddianum</i> (DC.) Gardner	Árvore	Y.Domínguez <i>et al.</i> 332
	<i>Pleroma urvilleanum</i> (DC.) P.J.F.Guim. & Michelang.	Arbusto	Y.Domínguez <i>et al.</i> 338
Ochnaceae	<i>Sauvagesia erecta</i> L.	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 342
Rubiaceae	<i>Coccocypselum capitatum</i> (Graham) C.B.Costa & Mamede	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 343
Sphagnaceae	<i>Sphagnum perichaetiale</i> Hampe	Erva	-
	<i>Sphagnum</i> sp. subg. <i>Acutifolia</i>	Erva	-
	<i>Sphagnum</i> sp. subg. <i>Cuspidata</i>	Erva	-
	<i>Sphagnum</i> sp. subg. <i>Sphagnum</i>	Erva	-
Xyridaceae	<i>Xyris jupicai</i> Rich.	Erva	Y.Domínguez <i>et al.</i> 341
	<i>Xyris</i> sp.	Erva	-

4.2. Sazonalidade das variáveis ambientais e influência na cobertura de *Drosera capillaris*

A cobertura de *Drosera capillaris* na área de estudo varia ao longo do ano mostrando a menor cobertura no verão (2,5%) e a maior no outono (5,0%), enquanto na primavera e no inverno esta variável apresentou valores intermediários (2,75% e 3,0%, respectivamente). Apesar desta variação, o teste de Kruskal-Wallis não revelou diferença estatisticamente significativa na distribuição da cobertura entre as quatro estações (Figura 4). Este resultado é congruente com a descrição de *D. capillaris* como uma planta de ciclo perene (Gonella *et al.*, 2022).

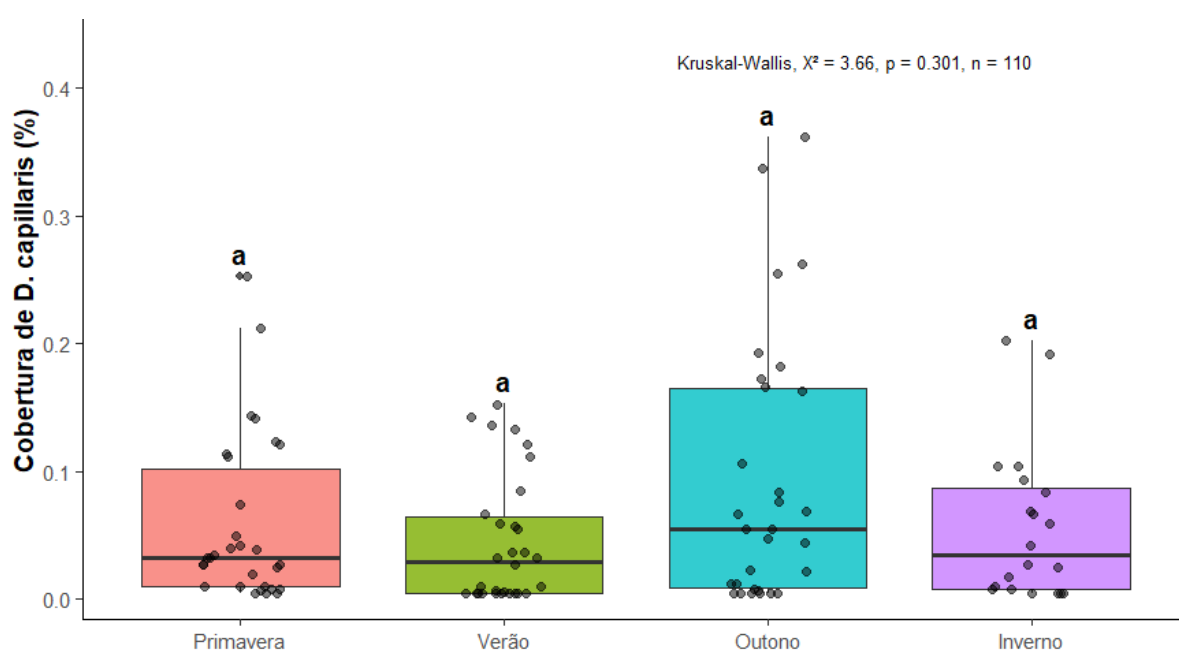


Figura 4. Cobertura de *Drosera capillaris* ao longo das estações. Letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as estações.

A cobertura de serrapilheira nos pontos de amostragem mostrou variação entre as estações com diferenças significativas ($\chi^2 = 43,41$, $p = 0,000$) entre a primavera (2%) e o inverno (45,38%), e entre o verão (0,88%) e o outono (18,38%) e o inverno (45,38%) (Figura 5A). Os baixos valores de cobertura de serrapilheira no verão sugerem que o aumento da temperatura favorece a decomposição de matéria orgânica depositada.

Por outro lado, a cobertura vegetal mostrou diferenças significativas ($\chi^2 = 10,39$, $p = 0,016$) somente entre as estações verão (21,38%) e outono (41,88%) (Figura 5B). O aumento da cobertura vegetal no outono e a diminuição no verão podem estar relacionados à influência de outros fatores como a temperatura e a incidência solar que aumentam a evaporação e pode limitar o desenvolvimento da

vegetação local adaptada a condições mais úmidas e dependentes de alta disponibilidade de água. Estas variações ao longo do ano parecem não afetar a cobertura de *D. capillaris* provavelmente devido aos mecanismos alternativos para a aquisição de nutrientes dado o seu caráter carnívoro e à sua ocorrência em microambientes com condições específicas.

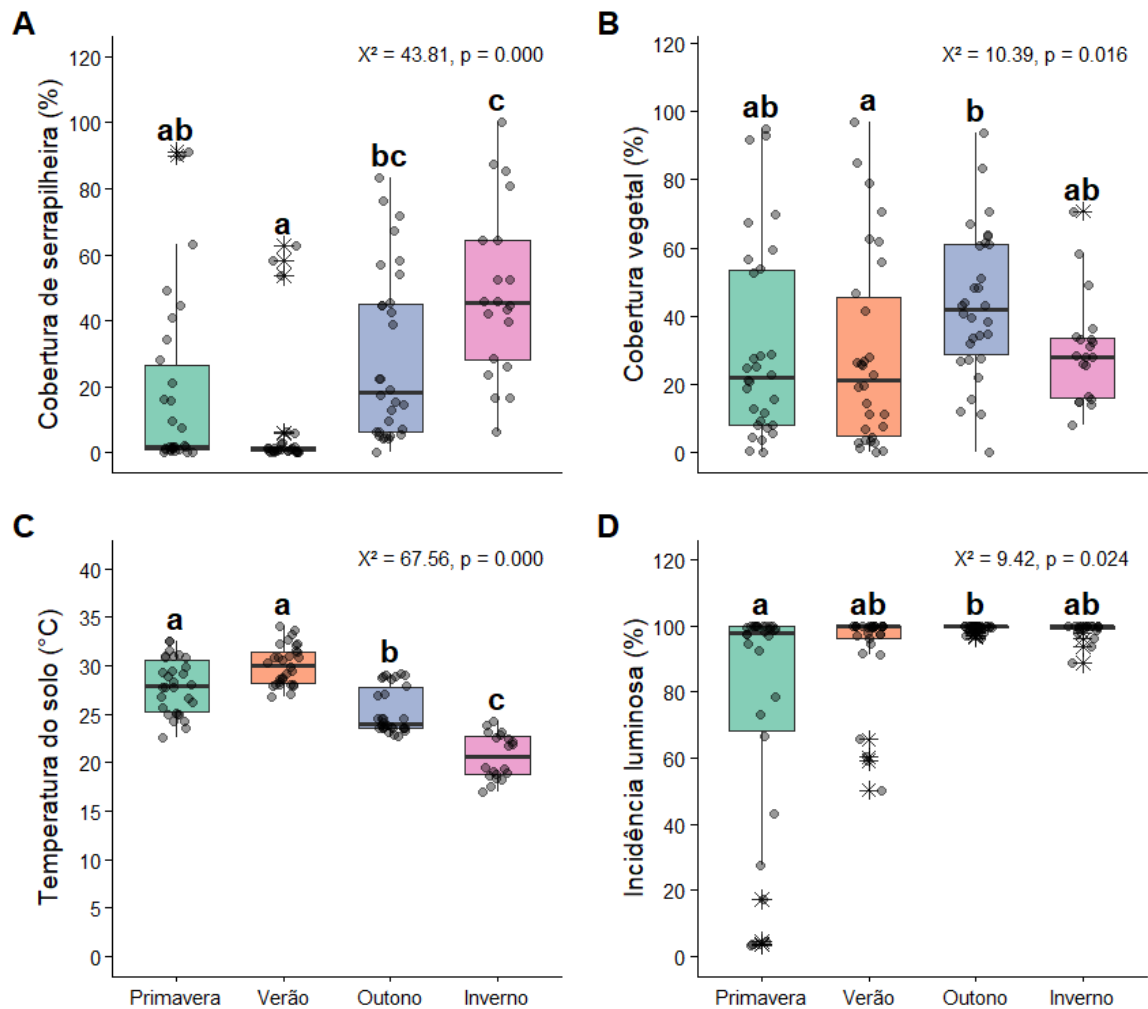


Figura 5. Sazonalidade das variáveis ambientais analisadas na área de estudo. A) Cobertura de serrapilheira, B) Cobertura vegetal, C) Temperatura do solo, D) Incidência luminosa. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as estações.

A temperatura do solo mostrou diferenças estatisticamente significativas entre as estações ($\chi^2 = 67,55, p = 0$) com a primavera (27,95 °C) e o verão (30,05 °C) em relação ao outono (24 °C) e ao inverno (20,6 °C) (Figura 5C). Esse resultado era esperado, com valores máximos no verão, mínimos no inverno e valores de temperatura intermediários nas outras estações, mostrando um padrão sazonal.

A incidência luminosa mostrou diferenças significativas ($\chi^2 = 9,42, p = 0,024$) somente entre as estações primavera (97,94%) e outono (99,91%) (Figura 5D).

Apesar de haver diferenças estatisticamente significativas entre estas estações a incidência luminosa não parece ser um fator limitante confirmando uma das premissas de que a carnivoría passa a ser vantajosa se ocorrer, entre outras condições, em locais bem iluminados (Mithöfer, 2022).

Não foi observada variação da cobertura de área alagada ao longo do ano, que mostrou o valor zero em todas as amostragens por estações, o que pode estar relacionado com a predominância de areia fina no substrato e conteúdo de matéria orgânica moderado (Figura 3D). Este tipo de solo tem uma rápida absorção de água, mas ao mesmo tempo retém umidade, o que pode ser potencializado pela superficialidade do lençol freático nos ambientes de restinga entre cordões criando solos hidromórficos que favorecem a ocorrência de *Drosera* (Miranda & Sajo, 2000) e o desenvolvimento da vegetação típica local (Martins *et al.*, 2008; Almeida Jr *et al.*, 2009).

Na análise de correlação entre todas as variáveis analisadas, apenas a cobertura de serrapilheira apresentou correlação positiva forte com a cobertura da vegetação na primavera ($\rho = 0,76$). Esse resultado é ecologicamente esperado, uma vez que parcelas com maior cobertura vegetal tendem a acumular maior quantidade de material orgânico sobre o solo, contribuindo para o acúmulo de serrapilheira. Dessa forma, considera-se que a informação contida nas variáveis correlacionadas são dependentes, já que há relação monotônica entre elas.

As análises iniciais de regressão β indicaram que a maioria das relações testadas não foi estatisticamente significativa, com exceção da cobertura vegetal no verão que apresentou efeito significativo ($p = 0,04$; $\beta = 0,019807$). Dado esse cenário, as relações não significativas foram excluídas para a construção de um modelo mais parcimonioso, mantendo apenas as variáveis com maior potencial explicativo. Assim, foram removidas as combinações cobertura de serrapilheira $\times$ sazonalidade, cobertura alagada $\times$ sazonalidade, temperatura do solo $\times$ sazonalidade, e incidência luminosa $\times$ sazonalidade.

O modelo final de regressão β revelou padrões mais consistentes mostrando uma relação positiva significativa da cobertura de serrapilheira ao longo do ano ($p < 0,05$; $\beta = +0,01$). Assim, parcelas com maior acúmulo de serrapilheira tendem a ter maior cobertura de *D. capillaris* independentemente da estação (Figura 6A). Foi observada uma co-ocorrência nos micro-habitats (*i.e.*: onde há maior cobertura de serrapilheira há maior cobertura de *D. capillaris*), mostrando que os micro-habitats

com maior cobertura de serrapilheira são os que favorecem a ocorrência da espécie. Esse resultado sugere que a deposição de material orgânico pode contribuir para a manutenção da umidade superficial do solo (Almeida Jr *et al.*, 2009), criando microambientes favoráveis à permanência das plantas ao longo do ano. Conforme Ellison & Gotelli (2009), a serrapilheira pode agir como uma fonte de nutrientes suplementar à carnivoria em um solo oligotrófico, mas conforme os resultados observados na caracterização do hábitat local, o acúmulo de serrapilheira não parece tornar o solo menos oligotrófico na área de estudo. De qualquer forma, o acúmulo de serrapilheira parece criar condições microambientais favoráveis à ocorrência de *D. capillaris*.

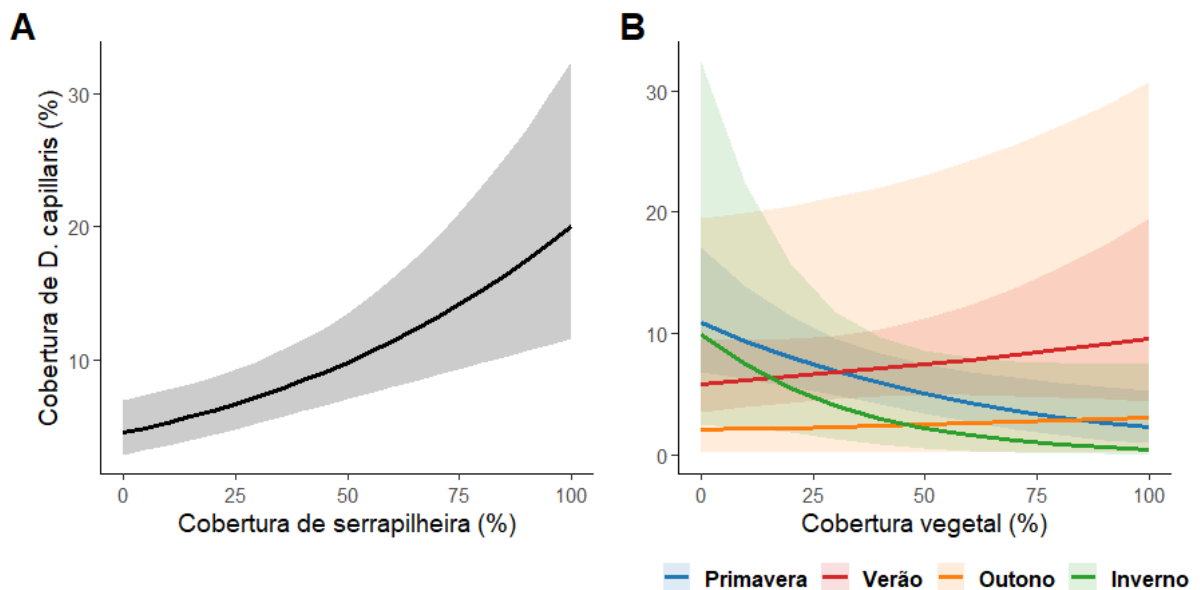


Figura 6. Modelos mais parcimoniosos de regressão β para a cobertura prevista de *Drosera capillaris* em função da cobertura de serrapilheira ao longo do ano (A) e, em função da cobertura vegetal com efeito sazonal (B).

A cobertura vegetal, entretanto, manteve interações sazonais contrastantes: na primavera, observou-se relação negativa ($p < 0,05$; $\beta = -0,01$), no verão, uma relação positiva ($p < 0,05$; $\beta = +0,005$), e no outono, também uma relação positiva ($p < 0,05$; $\beta = +0,004$) (Figura 6B). Os resultados da regressão β (Figura 6B) mostram que a facilitação causada pela cobertura vegetal ocorre nas estações verão e outono que mostraram diferença significativa entre elas ao longo do ano; enquanto os efeitos negativos ocorrem na primavera e no inverno (Figura 5B). Assim, os efeitos positivos ocorrem quando a cobertura vegetal encontra-se nos níveis máximo ou mínimo, enquanto os efeitos negativos ocorrem quando está em níveis intermediários. Sachetti Jr. *et al.* (2025) mostraram que a vegetação herbácea ao

redor de plantas carnívoras pode ter efeitos negativos por competição, ou positivos por atrair polinizadores ou presas para a área como um todo, tornando a vegetação ao redor algo vantajoso ou prejudicial à ocorrência de *D. capillaris* a depender da estação. Logo, estações diferentes devem mostrar vegetação com densidade ou diversidade diferentes, de forma que a vegetação típica de uma estação específica pode ser vantajosa ou não para *D. capillaris*.

Por outro lado, a incidência luminosa não apresentou relação significativa com a sazonalidade, indicando que a disponibilidade de luz é relativamente estável ou sofre pouca variação sazonal na área de estudo. Essa estabilidade pode estar associada à estrutura aberta e baixa da vegetação com predominância de espécies herbáceas que possibilitam uma alta luminosidade ao longo do ano no estrato onde *D. capillaris* ocorre. De modo geral, o modelo sugere que a ocorrência e a cobertura de *D. capillaris* são moduladas pela estrutura e dinâmica da vegetação local, com forte influência de variáveis microambientais relacionadas à serrapilheira e à cobertura herbácea.

4.3. Dinâmica populacional de *Drosera capillaris* no litoral de Itanhaém

A população em estudo apresenta alta variabilidade morfológica de acordo com os dados morfométricos obtidos e o coeficiente de variação calculado para cada variável analisada (Tabela 3). A maior variabilidade foi observada no comprimento da folha e em todas as variáveis reprodutivas, dentre elas destacam-se o número de botões, de flores e de frutos com valores acima de 90% de dispersão relativa.

Apenas algumas estruturas de *D. capillaris* tiveram suas medidas morfométricas descritas no Brasil (Silva, 2002; Gonella, 2020). Comparações com as descrições disponíveis em bancos de dados e na literatura, principalmente para o Caribe (Panfet, 1998), o Neotrópico (Correa e Silva, 2005) e América do Norte (Word Flora Online, 2025), mostram que as plantas da população em estudo são menores do que as descrições gerais para a espécie. Em geral, os dados obtidos têm sua média próxima ou abaixo dos mínimos descritos para várias estruturas, consequentemente os valores máximos descritos são maiores. A comparação com descrições brasileiras (Silva, 2002; Gonella, 2020; Gonella *et al*, 2022), revelou que os dados obtidos para as estruturas vegetativas têm medidas compatíveis com as descritas, enquanto as estruturas reprodutivas têm diferenças na população em estudo.

Tabela 3. Morfometria de caracteres vegetativos e reprodutivos em indivíduos adultos de *Drosera capillaris* na área de estudo. Min = mínimo, $\bar{x}$ = média, Q1 = primeiro quartil, Q3 = terceiro quartil, Max = máximo, CV = coeficiente de variação.

Tipo de variável	Variável	Min	$\bar{x}$ (Q1–Q3)	Max	CV (%)
Vegetativa	Diâmetro da roseta	8,20	13,56 (11,20–15,30)	22,80	22,54
	Nº de folhas vivas	5,00	11,59 (10,00–14,00)	19,00	26,82
	Comprimento da folha	2,10	8,18 (6,10–9,10)	19,10	37,09
	Largura da folha	1,40	2,77 (2,30–3,10)	4,00	21,45
Reprodutiva	Nº de inflorescências	1,00	2,47 (2,00–3,00)	5,00	41,42
	Comprimento da inflorescência	7,40	29,35 (20,60–34,10)	63,20	47,58
	Nº de botões	0,00	0,69 (0,00–1,00)	3,00	122,02
	Nº de flores	0,00	2,71 (1,00–4,00)	10,00	90,24
	Nº de frutos	0,00	0,69 (0,00–1,00)	3,00	138,62

É esperado que espécies cosmopolitas ou de ampla distribuição tenham particularidades morfológicas e fisiológicas entre suas populações como resultado de pressões seletivas a que estão sujeitas nas diferentes condições bióticas e abióticas em que ocorrem (Sachetti Jr. *et al.*, 2025). Esses dados sugerem que a população estudada é morfologicamente distinta de outras descritas, provavelmente resultado da plasticidade fenotípica em decorrência das condições bióticas e abióticas específicas da área de estudo. No entanto, não existem estudos populacionais de *D. capillaris* que permitam uma comparação destas diferenças morfológicas entre populações.

A estrutura populacional de *D. capillaris* apresentou variações significativas ao longo das estações ($\chi^2 = 525,91$; $p < 0,001$) refletindo a dinâmica sazonal de recrutamento e mortalidade nas diferentes classes etárias (Figura 7). Na primavera, a população é predominantemente composta por indivíduos juvenis, seguidos de plântulas e adultos em menores proporções. Esse padrão se intensificou no verão, quando a classe juvenil atingiu seu pico enquanto as demais reduziram para menos de 25%. No outono, observou-se uma distribuição mais equilibrada entre as três classes, enquanto no inverno ocorreu uma inversão mostrando predominância de plântulas e redução significativa das classes juvenil e adulta.

Essa variação indica um ciclo populacional sazonal bem definido, com maior recrutamento no outono, provavelmente associado à germinação de sementes acumuladas no banco do solo e às condições ambientais mais favoráveis à

sobrevivência das plântulas, e mortalidade de adultos, gerando a máxima proporção de plântulas no inverno. Brewer (1998) mostrou que após limpeza da serrapilheira do solo por incêndios há germinação de *D. capillaris*. Na população em estudo o valor mínimo da cobertura de serrapilheira foi registrado no verão (Figura 5A) com as temperaturas mais altas, o que provavelmente favorece a decomposição microbiana da serrapilheira, conforme explicado por Krishna & Mohan (2017). Essa limpeza do solo cria um ambiente adequado para a germinação, consequentemente aumentando o potencial de recrutamento no outono que atinge sua expressão máxima no inverno. De forma semelhante, o valor mínimo de cobertura de vegetação, também registrado no inverno, deve proporcionar um cenário mais favorável à germinação ao diminuir a competição, semelhante ao mostrado em experimentos por Brewer (1998) e sugerido por Mendonça & Castellani (1993) com plantas do mesmo gênero. Esses dois fatores podem explicar o aumento do recrutamento no outono, que continua com o aumento do número de plântulas até atingir o máximo no inverno, enquanto os indivíduos juvenis e adultos têm seus valores mínimos nesta estação.

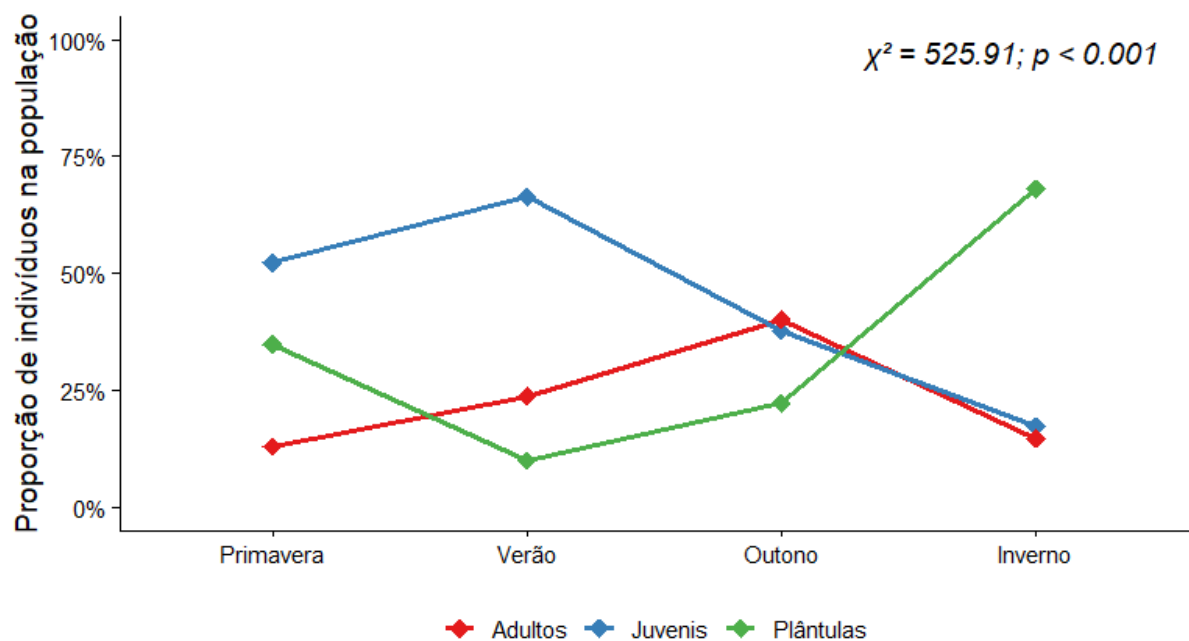


Figura 7. Dinâmica da estrutura etária de *Drosera capillaris* ao longo do ano na área de estudo.

A fenologia reprodutiva acompanhou o ciclo demográfico observado ($\chi^2 = 376,53$; $p < 0,001$), evidenciando um padrão sazonal bem definido (Figura 8), bem como para *D. brevifolia* (Reis *et al.*, 2018a) e *Drosera anglica*, mas contrastante com o observado para *Drosera rotundifolia* que mostrou mais estabilidade na frequência de

plântulas e adultos (Nordbakken *et al.*, 2004). Na primavera, ocorre o pico na frequência de estruturas reprodutivas iniciais (*i.e.*, inflorescências, botões e flores) indicando o período de floração mais intenso, semelhante a *D. brevifolia* (Mendonça & Castellani, 1993; Reis *et al.*, 2018a). No verão, observou-se uma diminuição no número dessas estruturas e um aumento no número de frutos imaturos, o que coincide com os resultados obtidos por Reis *et al.* (2018a), que afirmam que o período de chuvas favorece a produção de frutos e o início da fase de frutificação, enquanto o outono foi caracterizado pela predominância de frutos maduros e abertos, assim como no inverno observou-se maior frequência de frutos abertos contribuindo para a liberação de sementes e início da germinação destas. *Drosera capillaris* segue um padrão de influência dos períodos de chuva em sua fenologia reprodutiva como *D. brevifolia* (Reis *et al.*, 2018a, 2018b), esse padrão ainda é semelhante ao de outras espécies, como *Actinocephalus polyanthus* (Bong.) Sano, que ocorre conjuntamente com espécies de *Drosera* no litoral do Brasil (Castellani *et al.*, 2001).

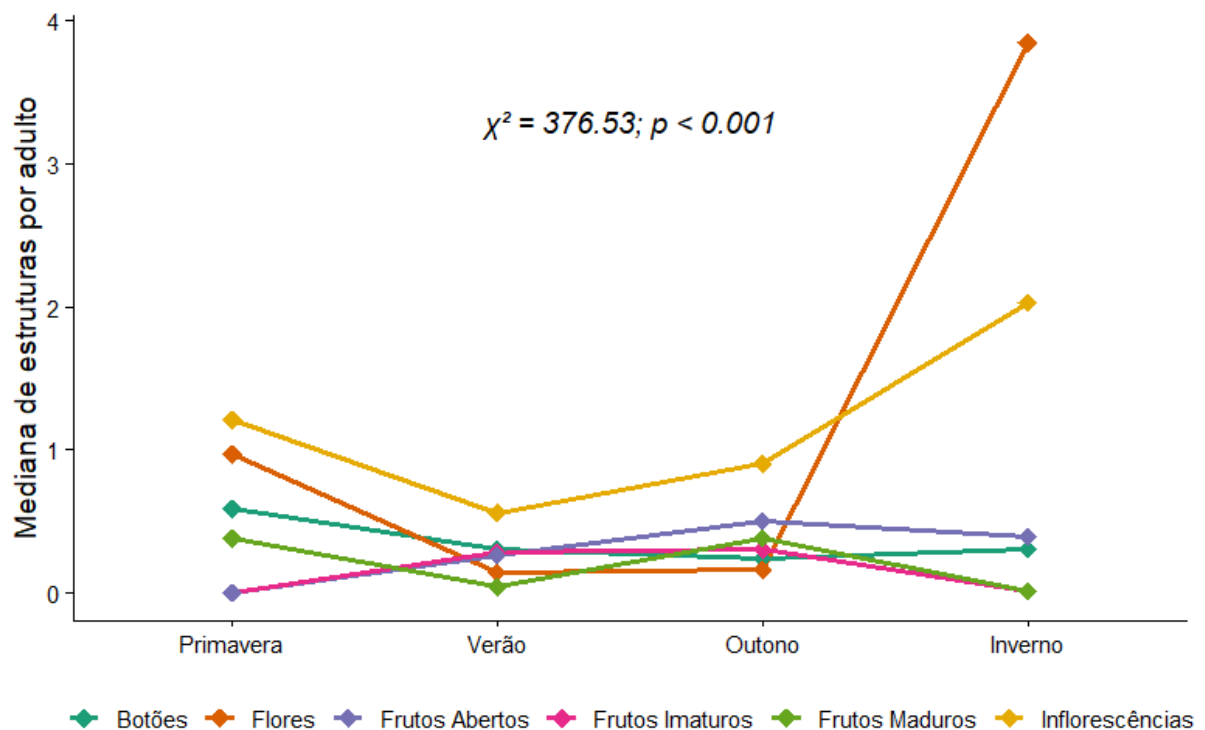


Figura 8. Distribuição da frequência de estruturas reprodutivas de *Drosera capillaris* ao longo do ano na população em estudo.

Mendonça & Castellani (1993) mostraram a sensibilidade de populações de *Drosera brevifolia* à mortalidade em massa em períodos secos, de forma que a estratégia desta espécie para evitar isso seria a produção de sementes antes do período de seca para recrutamento futuro, garantindo a permanência da população.

A nossa população de *D. capillaris* mostrou resultados semelhantes, sendo o outono a estação de liberação de sementes (Figura 8) que antecede a diminuição de chuvas no inverno, onde a proporção de adultos diminui drasticamente, indicando a mortalidade em massa de indivíduos estabelecidos como consequência das condições de umidade menos favoráveis. Mendonça & Castellani (1993) e Reis *et al.* (2018a, 2018b) mostraram que espécies herbáceas têm respostas rápidas a variações ambientais de curto prazo, afirmando que *D. brevifolia* necessita de condições ambientais específicas para completar seu ciclo fenológico. Mendonça & Castellani (1993) registraram mortalidade em massa de adultos de *D. brevifolia* no verão, sugerindo senescência após a fase reprodutiva, bem como ocorre em *D. capillaris* no inverno.

Essa sequência fenológica reflete o padrão observado nas classes etárias com maior proporção de plântulas no inverno (Figura 7), embora isso também pode estar associado à germinação de sementes que já se encontravam no banco de sementes do solo. Mendonça & Castellani (1993) mostraram que sob condições alagadas, *D. brevifolia* tem germinação tardia em alguns meses à liberação de sementes. Já os nossos resultados sugerem que *D. capillaris* forma bancos de sementes no outono com germinação imediata ou pouco tempo depois, o que pode ser uma estratégia para evitar estações menos favoráveis ao recrutamento com competição alta e serrapilheira abundante. Crowder *et al.* (1990) mostraram que a dormência de sementes não é rara no gênero *Drosera* e pode chegar a anos até mesmo em condições de solo úmido, por mais que exista ocasional germinação imediata, enquanto Conran *et al.* (1997) mostraram que a dormência de sementes em Droseraceae atua como adaptação ecológica para garantir que a germinação ocorra somente em condições favoráveis. Por mais que estes estudos relacionam a dormência com condições de umidade, na população de estudo a dormência parece ser curta aproveitando a baixa competição interespecífica e solo limpo. Os dados mostram que a liberação de sementes na população em estudo resulta imediatamente no recrutamento, uma vez que uma estação após a liberação foi registrado o maior número de plântulas. Nesse período a competição e cobertura de serrapilheira estão nos menores níveis do ano, criando um cenário favorável à germinação.

O padrão de distribuição espacial da população, avaliado pelo índice de dispersão de Morisita, revelou uma distribuição agregada em todas as estações

(Tabela 4), mostrando que *D. capillaris* tende a formar agrupamentos de indivíduos, possivelmente em micro-habitats com maior disponibilidade de umidade.

Tabela 4. Índice de dispersão de Morisita e teste de significância por estação. n = número parcelas; N° Ind. = número de indivíduos por estação; I_δ = índice de dispersão de Morisita; χ^2 = Qui-quadrado; p = nível de significância. O nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$.

Estação	n	N° Ind.	I_δ	χ^2	p
Primavera	30	687	2,593	1122,04	0,001
Verão	30	547	2,484	839,31	0,001
Outono	30	1049	2,458	1556,48	0,001
Inverno	20	306	1,997	232,02	0,001

Esses resultados são similares com os de Mendonça & Castellani (1993) para *D. brevifolia*, onde em zonas mais úmidas os indivíduos se concentravam e, com os resultados de Thum (1986) para *D. rotundifolia* e *D. intermedia*, mostrando regularidade na distribuição dentro do gênero. Os resultados da regressão β confirmaram que a serrapilheira co-ocorre com *D. capillaris*, provavelmente retendo umidade na camada superficial do substrato, e favorecendo uma maior cobertura de *D. capillaris*, esclarecendo a importância de microambientes para a ocorrência da espécie na área de estudo. Brewer (1998) mostrou que apesar da serrapilheira atrapalhar a germinação de *D. capillaris*, não afetou a sobrevivência de indivíduos já estabelecidos, assim, os resultados aqui obtidos complementam os de Brewer (1998), de que a serrapilheira tem influência negativa no recrutamento e positiva na sobrevivência dos indivíduos já estabelecidos.

5. CONCLUSÃO

O habitat de *Drosera capillaris* na área de restinga de Itanhaém é caracterizado por apresentar solo ácido, oligotrófico e úmido, com predominância de espécies herbáceas e alta incidência luminosa ao longo do ano. De modo geral, os resultados apontam para estabilidade populacional ao longo do ano com influência da sazonalidade na alternância de classes etárias e fenofases devido às variações ambientais típicas das restingas úmidas. A integração dos dados ambientais reforça essa interpretação uma vez que a cobertura de *D. capillaris* não variou sazonalmente mostrando estabilidade na ocupação espacial do hábitat ao longo do ano. No entanto, a espécie mostra um padrão de distribuição espacial agregado sem influência sazonal, o que pode estar determinado por condições microambientais. Já as flutuações temporais na ocorrência das classes etárias e das fenofases refletem a dinâmica sazonal de recrutamento, crescimento e senescência. Duas variáveis ambientais afetaram tanto as fenofases quanto a cobertura de *D. capillaris*: a cobertura de serrapilheira e a cobertura vegetal. Assim, a obstrução do solo por serrapilheira e a competição interespecífica parecem ser os fatores mais críticos ao estabelecimento de novos indivíduos de *D. capillaris*, mas não afeta o tamanho da população e ocupação da área nas diferentes estações. Além disso, a população em estudo mostrou padrões morfológicos diferentes dos descritos para a espécie, tanto em outras regiões do mundo quanto para o Brasil. Nesse sentido, estudos futuros para testar a correlação entre dados morfométricos e a sazonalidade, a partir da análise de variáveis físicas microambientais podem contribuir para elucidar quais fatores influenciam esta plasticidade morfológica de *D. capillaris* em microambientes de restinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Jr, E.; Olivo, M.; Araújo, E. & Zickel, C. 2009. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracápe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. *Acta Botanica Brasilica* 23(1): 36–48.
- Brewer, J.S. 1998. Effects of competition and litter on a carnivorous plant, *Drosera capillaris* (Droseraceae). *American Journal of Botany* 85(11): 1592–1596.
- Castellani, T.T.; Scherer, K.Z. & Paula, G.S. 2001. Population ecology of *Paepalanthus polyanthus* (Bong.) Kunth: demography and life history of a sand dune monocarpic plant. *Revista Brasileira de Botânica* 24(2): 122–134.
- Cigagna, C.; Bonotto, D.M. & Monteiro, A.F. 2021. Sedimentation rates by the ²¹⁰Pb chronological method in Itanhaém river watershed, southeast Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 193: 819.
- Conran, J.G.; Jaudzems, V.G. & Hallam, N.D. 1997. Droseraceae germination patterns and their taxonomic significance. *Botanical Journal of the Linnean Society* 123(3): 211–223.
- Correa, M.D. & Silva, T.R.S. 2005. Flora Neotropica, *Drosera* (Droseraceae). v. 96. New York: Organization for Flora Neotropica, The New York Botanic Garden. 65 p.
- Crowder, A.A.; Pearson, M.C.; Grubb, P.J. & Langlois, P.H. 1990. *Drosera* L. *Journal of Ecology* 78(1): 233–267.
- Ellison, A.M. 2019. Foraging modes of carnivorous plants. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 66(1–2): 1–12.
- Ellison, A.M. & Gotelli, N.J. 2009. Energetics and the evolution of carnivorous plants—Darwin’s “most wonderful plants in the world”. *Journal of Experimental Botany* 60(1): 19–42.
- Ellison, A.M. & Lubomír, A. 2018. Carnivorous plants : physiology, ecology, and evolution. Oxford, United Kingdom, New York, NY, United States Of America: Oxford University Press.
- Fawcett, S.; Phillips, T.; Strand, M. & Rebertus, A. 2016. Flora and ecology of a neotropical savanna, Utila, Bay Islands, Honduras. *Folia Geobotanica* 51(2): 77–91.
- Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E.; Brochado, A.L. & Guala, G.F. 1994. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. *Cadernos de Geociências* 12: 39–43.
- Frazer, G.W.; Canham, C.D. & Lertzman, K.P. 1999. Gap light analyzer (GLA) 2.0. Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs. British Columbia: Simon Fraser University, Burnaby; New York: Institute of Ecosystems Studies.

- Gomes, F.H.; Vidal-Torrado, P.; Macías, F.; Souza Jr., V.S. & Perez, X.L.O. 2007. Solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso (SP): II - Mineralogia das frações silte e argila. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31(6): 1581–1589.
- Gomes, F.P. 2009. Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 451 p.
- Gonella, P.M. 2012. Revisão taxonômica do clado tetraploide-brasileiro de *Drosera* L. (Droseraceae). Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Biociências, University of São Paulo, São Paulo.
- Gonella, P.M. 2017. Systematics of *Drosera* sect. *Drosera* s.s. (Droseraceae). Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Gonella, P.M. 2020. Droseraceae in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB105>. Acesso em: 18 out. 2025.
- Gonella, P.M.; Caram, S.V. & Dutra, V.F. 2022. Flora of Espírito Santo: Droseraceae. *Rodriguésia* 73: e00312021.
- Guarconi, E.A.E.; Gonella, P.M.; Ferreira, A.W.C. & Sousa, J.D.S. 2025. Flora of Maranhão, Northeastern Brazil: Droseraceae. *Revista Brasileira de Geografia Física* 18(4): 3255–3268.
- Itanhaém, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. 2020. Plano Municipal da Mata Atlântica. Itanhaém. Disponível em: https://www2.itanhaem.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/08/PLANO%20MUNICIPAL%20DA%20MATA%20ATL%C3%82NTICA_2020.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.
- Kassambara, A. 2024. rstatix: pipe-friendly framework for basic statistical tests. R package version 0.7.2. Disponível em: <https://rpkgs.datanovia.com/rstatix/>. Acesso em: 18 nov. 2025.
- Krishna, M.P. & Mohan, M. 2017. Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment* 2(4): 236–249.
- Kruskal, W.H. & Wallis, W.A. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47(60): 583–621.
- Lacerda, J.J.J.; Resende, A.V.; Neto, A.E.F.; Hickmann, C. & Conceição, O.P. 2015. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50(9): 769–778.
- Martins, S.E.; Rossi, L.; Sampaio, P.S.P. & Magenta, M.A.G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(1): 249–274.

- Mendonça, E.N. & Castellani, T.T. 1993. Aspectos da ecologia populacional de *Drosera brevifolia* Pursh em um trecho de baixada úmida de dunas, Florianópolis, SC. *Biotemas* 6(1): 31–47.
- Miranda, V.F.O. & Sajo, M.G. 2000. Aspectos morfo-anatômicos de três espécies de *Drosera*, durante o desenvolvimento pós-seminal. *Acta Botanica Brasilica* 14(2): 185–195.
- Mithöfer, A. 2022. Carnivorous plants and their biotic interactions. *Journal of Plant Interactions* 17(1): 333–343.
- Morisita, M. 1959. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E (Biology)* 2: 215–235.
- Morisita, M. 1962. σ -Index, a measure of dispersion of individuals. *Researches on Population Ecology* 4: 1–7.
- Nemoto, M. & Libeiro, J.F. 2005. Factors determining the habitat of *Drosera sessilifolia* in the humid zone of the Brazilian Cerrado. *Ecological Research* 21(1): 150–156.
- Nordbakken, J.F.; Rydgren, K. & Økland, R.H. 2004. Demography and population dynamics of *Drosera anglica* and *D. rotundifolia*. *Journal of Ecology* 92(1): 110–121.
- Olivares-Pinto, U.; Lopes, J.C.S.; Ruiz-Aguilar, C.; Oki, Y. & Fernandes, G.W. 2025. Adapting to a shifting planet: The future of *Drosera* species amidst global challenges and conservation imperatives. *Anthropocene* 49: 100466.
- Panfet, C.M. 1998. Droseraceae. In: Flora de la República de Cuba. Koenigstein: Koeltz Scientific Books, Fascículo 1/4.
- R Core Team. R. 2024. A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reis, A.R.N.; Blum, C.T.; Milani, J.E.F. & Oliveira, J.D. 2018a. Comportamento fenológico de *Drosera brevifolia* Pursh em ambiente de campo natural, Curitiba, Paraná, Brasil. *Acta Biológica Catarinense* 5(3): 25–32.
- Reis, A.R.N.; Blum, C.T. & Milani, J.E.F. 2018b. Influência de condicionantes ambientais na sobrevivência e ingresso de indivíduos de *Drosera brevifolia* Pursh realocados em fragmento de campo natural. *BIOFIX Scientific Journal* 1(1): 177–183.
- Rivadavia, F. 1996. *Drosera sessilifolia*. Carnivorous Plant Newsletter 25: 26–29.
- Sachetti Jr., W.L.; Kamimura, V.A.; Mayer, J.L.S.; Arida, B.L.; Lima, T.M.; Graciano, D.S. & Pinheiro, F. 2025. We are not all the same: The role of intrapopulation trait variability in shaping functional strategy and performance of widespread species. *Plant Diversity* in press.

- Santos, J.K.P.; Trindade, K.A.; Alencar, N.R.O.; Schneider, E.H.M.; Dantas, I.L.A.; Pimentel, G.G.C.R.; Oliveira, H.U.; Costa, S.S.L. & Monteiro, A.S.C. 2019. Determinação de elementos químicos em águas naturais dos rios Sergipe e Cotinguiba por ICP OES. In: Pacheco, J.T.R.; Kawanishi, J.Y.; Nascimento, R. (org.). Meio ambiente e desenvolvimento sustentável, v. 2. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, pp. 300–314.
- Saridakis, D.P.; Torezan, J.M.D. & Andrade, G. 2004. Microhabitat preferences of six *Drosera* (Droseraceae) from Tibagi river basin, Paraná state, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47(4): 495–501.
- Shapiro, S.S. & Wilk, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(3–4): 591–611.
- Silva, T.R.S. Droseraceae. 2002. Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. V. 2. Instituto de Botânica, São Paulo, pp: 101–104.
- Silva, T.R.S. & Giuliatti, A.M. 1997. Levantamento das Droseraceae do Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 16: 75–105.
- Souza, C.R.G.; Hiruma, S.H.; Sallum, A.E.M. & Ribeiro, R.R.; Sobrinho, J.M.A. 2008. “Restinga”: conceitos e empregos do termo no Brasil e implicações na legislação ambiental. São Paulo: Instituto Geológico. 104 p.
- Spearman, C. 1904. The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology* 5(1): 72–101.
- Thum, M. 1986. Segregation of habitat and prey in two sympatric carnivorous plant species, *Drosera rotundifolia* and *Drosera intermedia*. *Oecologia* 70(4): 601–605.
- Wickham, H.; François, R.; Henry, L.; Müller, K. & Vaughan, D. 2023. dplyr: a grammar of data manipulation. R package version 1.1.4. Disponível em: <https://dplyr.tidyverse.org>. Acesso em: 18 nov. 2025.
- Wickham, H.; Vaughan, D.; Girlich, M. & Ushey, K. 2025. tidyr: tidy messy data. R package version 1.3.1. Disponível em: <https://tidyr.tidyverse.org>. Acesso em: 18 nov. 2025.
- Wójciak, M.; Feldo, M.; Stolarczyk, P. & Płachno, B.J. 2023. Carnivorous Plants from Nepenthaceae and Droseraceae as a source of secondary metabolites. *Molecules* 28(5): 2155.
- World Flora Online. 2025. WFO Plant List: *Drosera capillaris* Poir. Disponível em: <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000945861>. Acesso em: 18 nov. 2025.
- Zanine, A.M. & Diniz, D. 2006. Efeito da queima sob o teor de umidade, características físicas e químicas, matéria orgânica e temperatura no solo sob pastagem. *Revista Electrónica de Veterinaria* 7(4): 1–11.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: PEDRO HENRIQUE DELGADO COSI

Título: "Dinâmica populacional de *Drosera capillaris* Poir. (Droseraceae) em uma área de restinga do Litoral de São Paulo"

Orientador: Prof. Dr. Yoannis Domínguez Rodríguez

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Prof. Dr. Yoannis Domínguez Rodríguez	Aprovado
Profa. Dra. Milene Fornari	APPROVADO

PARECER:

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que o discente **Pedro Henrique Delgado Cosi** obteve o seguinte conceito:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

São Vicente, 05 de dezembro de 2025.



Prof. Dr. Yoannis Domínguez Rodríguez



Profa. Dra. Milene Fornari