

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DA FISIONOMIA DAS FOLHAS NA  
SERRAPILHEIRA EM REFLETIR AS CONDIÇÕES DO CLIMA E A COMPOSIÇÃO  
TAXONÔMICA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO SUL  
DO BRASIL**

**EVALUATION OF THE CAPACITY OF LEAVES PHYSIOGNOMY IN LEAF LITTERS  
TO REFLECT CLIMATE CONDITIONS AND THE TAXONOMIC COMPOSITION IN A  
FRAGMENT OF RAINFOREST WITH *Araucaria* IN SOUTHERN BRAZIL**

Fabiane Fisch<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-9011-7020>

Dagoberto Port<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-3909-7957>

Tânia Lindner Dutra<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-2227-020X>

**Submetido: 02/03/2022 / Aprovado: 17/04/2023 / Publicado: 15/05/2023.**

### Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de estudo realizado com a serrapilheira, em uma área da Floresta Ombrófila Mista, no sul do Brasil, com vistas à sua aplicação em assembleias fósseis de vegetais e a avaliação de sua aplicação para inferências paleoclimáticas. Foram escolhidos 4 transectos no interior da floresta, cada um abrangendo 250 m de extensão. A cada 50 m foi realizada a coleta do material vegetal retido sobre o solo e o levantamento florístico da vegetação viva do entorno. Após a triagem do material foram selecionadas apenas as folhas e, a seguir, avaliadas quanto a seus caracteres fisionômicos. Os resultados demonstraram a boa capacidade da serrapilheira em refletir a composição taxonômica da floresta viva e o clima da região. O Índice de Tamanho Foliar caracterizou a floresta como uma Flora Microfílica, coerente com as temperaturas microtérmicas da área. Contudo, os dados fisionômicos para o tipo de ápice, base e margens das folhas mostraram uma fisionomia mais adequada a floras mesotérmicas e distinta daquela presente na literatura, podendo refletir, diante da elevada umidade atmosférica presente, uma amenização dos efeitos do frio. Recomendamos a continuidade deste estudo para outras áreas de ocorrência deste bioma, ou outros ambientes deposicionais.

**Palavras-chave:** Fisionomia foliar. Serapilheira. Tafonomia.

### Abstract

This work presents the results of a study carried out with litter, in an area of Araucaria forest, in southern Brazil, with a view to its application in fossil assemblages of plants and the evaluation of its application for paleoclimatic inferences. Four transects were chosen within the forest, each covering 250 m in length. Every 50 m, the plant material retained on the ground was collected and a floristic survey of the surrounding living vegetation was carried out. After screening the material,

---

<sup>1</sup> Doutora. Universidade do Vale do Itajaí. [fabianebarraens@hotmail.com](mailto:fabianebarraens@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutor. Fundação Educacional de Brusque. [dagoberto\\_port@hotmail.com](mailto:dagoberto_port@hotmail.com)

<sup>3</sup> Doutora. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. [dutra@unisinos.br](mailto:dutra@unisinos.br)



only the leaves were selected, and then evaluated for their physiognomic characters. The results demonstrated the good litter capacity to reflect the taxonomic composition of the living forest and the climate of the region. The Leaf Size Index characterized the forest as a Microphilic Flora, consistent with the microthermal temperatures of the area. However, the physiognomic data for the type of apex, base and leaf margins showed a physiognomy more suited to mesothermal floras and distinct from that in the literature, which may reflect, given the high atmospheric humidity present, an amelioration of the effects of cold. We recommend continuing this study to other areas of occurrence of this biome, or other depositional environments.

**Keywords:** Leaf physiognomy. Litter. Taphonomy.

## 1. INTRODUÇÃO

A relação entre a vegetação e o clima é reconhecida desde longa data (ASA GRAY, 1879). As plantas respondem rapidamente às modificações do ambiente devido à sua sensibilidade e plasticidade genética que fazem com que modifiquem as suas características, constituindo verdadeiros ecótipos (MARGALEF, 1983). Desta forma refletem o regime climático em que vivem, com suas adaptações refletindo-as em sua morfologia, anatomia e bioquímica.

Por isto, muito cedo também, estudos de fisionomia das folhas em florestas modernas foram utilizados como teste para avaliar sua correspondência ao clima (BAILEY e SINOTTI, 1915, 1916), fazendo com que os paleobotânicos buscassem nestes dados, os testes capazes de avaliar a capacidade das assembleias fósseis (tafofloras) em informar sobre as condições do clima no passado.

Aqueles pesquisadores perceberam pela primeira vez que havia uma forte relação entre o tipo de margem foliar (inteira ou denteada) e as condições de umidade do clima. Segundo Wolfe e Upchurch (1987) o domínio das folhas com ápices agudos ou acuminados, cuspidos ou aristados em uma assembleia, seria capaz de informar sobre a existência de altos índices de umidade relativa no ambiente. Estes trabalhos e outras abordagens que se seguiram, associadas às novas tecnologias e dados matemáticos levaram um pouco antes do final do século XX, ao desenvolvimento de programas capazes de lidar com um grande número de informações disponíveis na análise dos parâmetros de fisionomia foliar (tipo de ápice e base, de venação, de bordo, tamanho da lâmina, densidade da nervação, textura).

A partir daí Wolfe (1993, 1995) e Wolfe e Spicer (1999) criaram o método CLAMP (*Climate-Leaf Analysis Multivariate Program*), que permitiu medir e comparar os dados do grande número de elementos presentes nas folhas e em diferentes biomas mundiais, embora em sua maior parte, proveniente de floras setentrionais. Segundo seus proponentes, permitiria prognosticar as mudanças climáticas através da relação entre as floras e a Média Anual de Temperaturas (MAT), de sua Variação Anual (MART) e dos Índices de Pluviosidade Média. Wolfe (1971) apresenta a comparação entre a média anual de temperatura (MAT) e o percentual de espécies com folhas de margens inteiras. Em 19 floras modernas estudadas, um aumento de 10% até 86% nas espécies com folhas de margens inteiras, corresponderia a uma elevação de 4% até 28% na temperatura média anual. Wolfe (1979) e Greenwood (1992) demonstram um aumento na temperatura percentual relativo à elevação do número de folhas inteiras, respectivamente em florestas do leste da Ásia e Austrália. Os estudos realizados por Webb (1968), Dilcher (1973) e Hall e Swaine (1981) demonstraram a relação entre a diminuição do tamanho foliar e a redução da precipitação.

O grande número de dados e cálculos necessários às análises levou a consideráveis contribuições, divididas entre aquelas que apoiaram este método e seu teste em outras vegetações (DOLPH; DULCHER, 1980a, 1980b; CARPENTER *et al.*, 1994; WIEMANN *et al.*, 1998; HINOJOSA, 2005); as que criticaram sua confiabilidade em refletir o clima, em parte através do conhecimento de floras austrais e tropicais (BURNHAM *et al.*, 2001; GREENWOOD *et al.*, 2004;



GREEN, 2006); e as que aplicaram seus princípios e cálculos em floras fósseis, igualmente com algumas críticas no que se refere à necessidade de utilizar um método trabalhoso e com cálculos complexos (WILF *et al.*, 1998; ROYER *et al.*, 2005; GREGORY-WODZICKI, 2000).

Uma simplificação do método foi proposta por Wilf (1997), limitando a observação ao tamanho e margem das folhas, o *Leaf Margin Analysis* (LMA). Huff *et al.* (2005) propuseram o uso da digitalização das folhas por permitir a avaliação de cinco variáveis contínuas da fisionomia das folhas, uma certa independência da subjetividade do pesquisador e sua repetibilidade, melhorando as interferências climáticas. Demonstraram que a forma (*shape factor*), expresso por  $4\pi$  (área da folha em cm<sup>2</sup>/perímetro da folha em cm) era a que melhor expressava as condições de temperatura do local. Quanto mais ampla e menos recortadas, indicavam temperaturas mais elevadas.

Estudos com serrapilheira (folheto, horizonte "0" do solo) têm sido amplamente empregados na tentativa de compreender os processos que levaram à formação das tafofloras (HICKEY, 1980; SPICER, 1981; SCHEIRING; PFEFFERKORN, 1984; FERGUSON, 1985; GASTALDO, 1988; TAGGERT 1988; ELIS; JOHNSON, 2013; RIOS, 2017; HAGEN *et al.*, 2019). Estes estudos procuram verificar, entre outros aspectos, a capacidade do folheto de representar a diversidade em táxons presentes na floresta viva; a possibilidade de as formas decíduas estarem melhor representadas que as perenes; a validade de que os *taxa* de folhas esclerofílicas seriam favorecidos na preservação; a potencialidade das tafofloras de representar um elemento confiável para as reconstituições paleoflorísticas; e, a partir disto, a sua potencialidade nas avaliações paleoclimáticas.

Inúmeros trabalhos realizaram levantamento de material da serrapilheira, principalmente voltados para sua avaliação em diferentes contextos modernos de rios, lagos, deltas e zonas de maré, buscando observar o comportamento das folhas e outros órgãos vegetais, com vistas a sua aplicação na compreensão do contexto deposicional das assembleias fósseis (HICKEY, 1980; DRAKE; BURROWS, 1980; SPICER, 1980, 1981, 1989; SCHEIRING; PFEFFERKORN, 1984; FERGUSON, 1985; HILL; GIBSON, 1986; GASTALDO, 1986, 1988; TAGGERT 1988; GREENWODD, 1991; PEPPE *et al.*, 2011; SPICER *et al.*, 2021).

O conhecimento do comportamento moderno da dinâmica das florestas e, em especial dos aspectos relacionados com a deposição de seu folheto, pode ser extremamente útil para a compreensão dos processos deposicionais que originam as assembleias de fitofósseis e para a avaliação das condições climáticas pretéritas.

Considerando a longa história geológica de três de seus principais elementos, *Araucaria*, *Podocarpus* e *Dicksonia*, e da menos extensa, mas também importante trajetória de algumas de suas formas de angiospermas, como Winteraceae, Lauraceae, Aquifoliaceae e Proteaceae, o estudo da fisionomia das folhas na serrapilheira da Floresta Ombrófila Mista do sul do Brasil, constitui-se em excelente laboratório para a observação e avaliação dos mecanismos que governam a deposição dos diferentes órgãos vegetais, e como se distribuem nos diferentes microambientes que compõem este bioma. Sua comparação com o que é encontrado nas assembleias de fósseis de plantas (tafofloras) permitirá inferir condições similares – ou não – para o passado, sempre que os tipos presentes demonstrarem afinidade.

Desta forma, com este estudo pretende-se estabelecer: I) o comportamento dos restos vegetais na serrapilheira, nos diferentes subambientes da Floresta com Araucária, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP); II) a capacidade da serrapilheira em refletir os elementos predominantes em uma dada formação vegetal; III) o padrão da fisionomia foliar de serrapilheira e sua relação com os fatores climáticos associados; e IV) a potencialidade de uso dos resultados obtidos na análise de assembleias fósseis compostas por restos vegetais, para aproximar a taxonomia e na inferência dos ambientes deposicionais a que estão associadas.

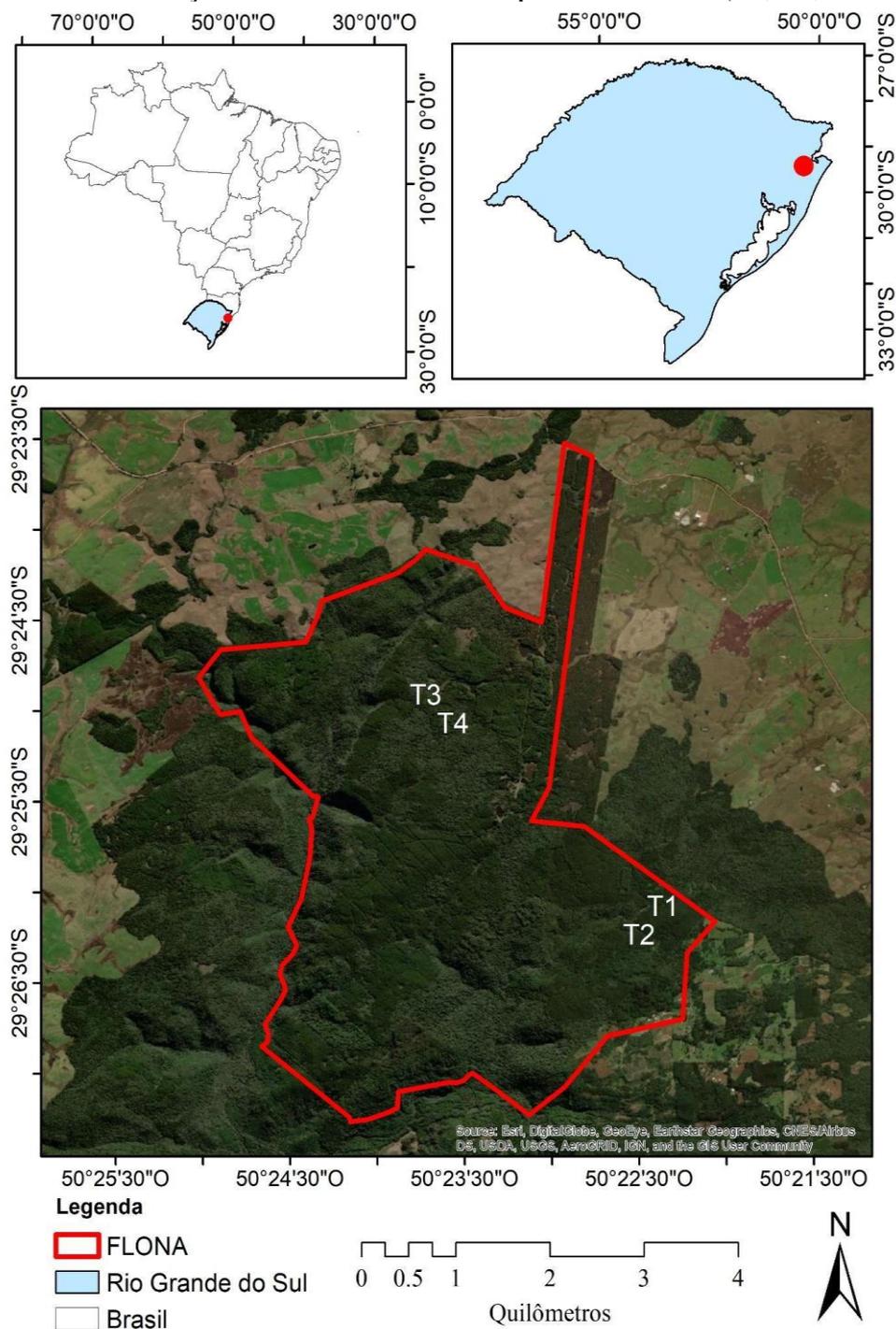


## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado na FLONA-SFP, localizada entre as coordenadas 29°23' e 29°27'S e 50°23' e 50°24'W, no Planalto Sul-rio-grandense, nordeste do estado do Rio Grande do Sul, microrregião dos Campos de Cima da Serra (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da FLONA-SFP e dos quatro transectos (T1, T2, T3 e T4).



DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.6957>

V. 20, N. 1 (2023)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

A FLONA-SFP é uma unidade de conservação de uso sustentável, com 1.606,60 ha, tendo como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica. É composta por um mosaico de áreas naturais, reflorestamento e banhados, bem como estradas e aceiros. A região é uma das mais úmidas do estado, com pluviosidade superior a 2000 mm e com temperatura média anual de aproximadamente 14,5 °C.

Com relação a hidrografia, existem as nascentes dos rios que compõem os afluentes da margem direita do Rio dos Sinos, cuja bacia hidrográfica é de relevante importância para a região metropolitana de Porto Alegre (SCHNEIDER *et al.*, 1989).

A vegetação é aquela característica da Floresta Ombrófila Mista do tipo Montana (TEIXEIRA *et al.*, 1986), sendo 56 % da área total coberta por vegetação nativa (SCHNEIDER *et al.*, 1989). A Floresta Ombrófila Mista é caracterizada pela ocorrência da *Araucaria angustifolia* Bert. (O) Kuntze. A presença de *A. angustifolia* na vegetação brasileira apresenta ligações andinas ou antárticas estranhas ao caráter tropical dominante, sendo a sua distribuição entre as longitudes de 45° W e 55° W e entre os paralelos 20° S e 29° S (DUTRA; STRANZ, 2003) ou em uma amplitude maior na latitude 15° a 30° S (MARTIUS, 1924; RAMBO, 1956).

No Rio Grande do Sul, a Floresta Ombrófila Mista aparece, a oeste em altitudes a partir de 500 m e a leste, onde o planalto atinge altitudes acima de 1000 m, encontram-se as formações com maior densidade de *A. angustifolia* (RAMBO, 1956; BACKES, 1999).

A grande concentração de Floresta Ombrófila Mista está delimitada pela isoterma de 13 °C, e por precipitações pluviométricas entre 1400 e 2200 mm ao ano, distribuídas sem ocorrência de uma estação seca (BACKES, 1999).

De acordo com Dutra e Stranz (2003), além das condições específicas de altitude e latitude, para *A. angustifolia* também é importante para a garantia de um clima mesotérmico, superúmido e uniforme, sem estação seca, os seguintes requisitos ecológicos: I) índices pluviométricos elevados (1250 a 2200 mm/média anual, nunca inferiores a 1000 mm de média anual); II) temperaturas amenas (médias anuais entre 10 e 15 °C); III) mínimas absolutas de -8 °C (média do mês mais frio entre 8 e 14 °C e com geadas entre 20-30 dias do ano e neve nos estados do Sul em não mais do que um dia por ano); IV) médias do mês mais quente, entre 18 e 23 °C; V) solos pouco espessos e ácidos, com horizontes húmicos também delgados (20 cm em média), argilosos, ricos em alumínio trocável (álícos) e com índices de pH entre 4,2 e 5,5.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Coleta dos dados

Em 15 de junho de 2006, na área da FLONA-SFP foram estabelecidos quatro transectos de 250 m de comprimento cada, em diferentes ambientes – curso de água e suas margens (secção transversal ao curso de arroio, área seca nas margens; e secção transversal ao curso do arroio, área úmida nas margens), áreas secas (área plana e seca no interior da floresta) e banhados (área plana no interior da floresta, com retenção de umidade).

Em cada transecto (Tabela 1) de 50 em 50 m, foram demarcados pontos de amostragem, perfazendo um total de cinco, alternadamente à direita e à esquerda e distando cerca de 2,5 m do transecto (Figura 2).

Adaptamos as propostas de Behrensmeier *et al.* (2000) e Briggs e Crowther (2001), onde em cada ponto de amostragem o material que compõe a serapilheira foi coletado, com o auxílio de um *quadrat* de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>) com uma malha de 5 cm x 5 cm. De modo alternado e com uma pinça, foram coletados todos os restos coincidentes com a intersecção da malha.

O material coletado em cada ponto (foliar e pequenos fragmentos) foi acondicionado em sacos plásticos identificados. Os demais materiais, como, grandes ramos com folhas conectadas, pequenos galhos, flores, frutos e sementes foram descartados.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.6957>

V. 20, N. 1 (2023)



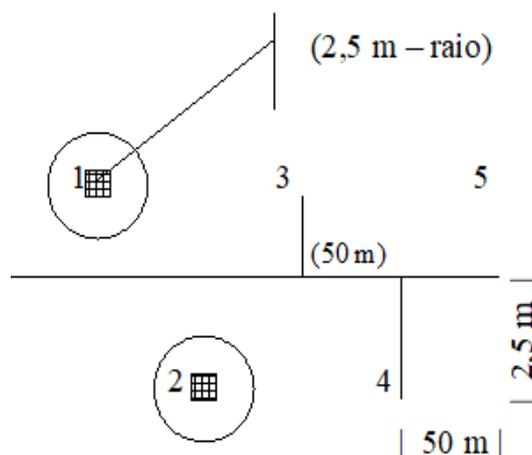
Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Em cada ponto amostral realizamos o levantamento florístico da mata, em um raio de 2,5 m a partir do ponto central do *quadrat*. Os dados de coleta e pesagem foram registrados em planilha e inseridos em banco de dados digital.

**Tabela 1.** Localização dos pontos de coleta.

Transectos	Pontos	Coordenadas (UTM)		Características do ambiente
T1	1	560830	6743321	Secção transversal ao curso de arroio, área seca nas margens.
	2	560852	6743345	
	3	560835	6743385	
	4	560832	6743423	
	5	560804	6743479	
T2	6	560769	6743465	Secção transversal ao curso do arroio, área úmida nas margens.
	7	560777	6743393	
	8	560768	6743352	
	9	560694	6743306	
	10	560694	6743270	
T3	11	558543	6745209	Área plana no interior da floresta, com retenção de umidade.
	12	558534	6745297	
	13	558587	6745299	
	14	558645	6745283	
	15	558679	6745296	
T4	16	558786	6745086	Área plana e seca no interior da floresta.
	17	558797	6745043	
	18	558826	6745012	
	19	558806	6744955	
	20	558747	6744924	

**Figura 2.** Esquema dos transectos indicando os pontos de amostragem e do levantamento fitossociológico.



### 2.2.2 Triagem do material

O material coletado em cada um dos pontos foi seco em estufa a 30 °C, pesado e, logo após, separados aqueles referentes a restos de folhas.

As folhas foram analisadas de acordo com seus parâmetros fisionômicos de classe de tamanho, tipo de margem, ápice e base, seguindo a classificação proposta pelo Manual de Arquitetura Foliar (WING *et al.*, 1999). Para a obtenção das classes de tamanho foliar foram consideradas apenas as folhas de angiospermas, inteiras, ou com mais de 2/3 da lâmina preservada, para cada ponto de coleta (Tabela 2).

As classes foram obtidas através da comparação com a proposta de Wing *et al.* (1999) que tem como base os mesmos parâmetros sugeridos por Webb (1955), mas sem que seja necessário mensurar os dados de comprimento e largura das folhas. A figura proposta por Wing *et al.* (1999) permite a imediata avaliação qualitativa da flora, tornando mais ágil a obtenção do índice de tamanho foliar que, por sua vez, é necessário para a identificação do tipo de flora estudada. Nesta pesquisa consideramos para cada classe, as folhas que são completamente contidas nos contornos propostos, as quais são expressas em porcentagem. Também classificamos as folhas quanto aos diferentes morfotipos presentes até o menor nível possível.

Após calculamos o índice proposto, *Leaf Size Index* (LSI) ou Índice de Tamanho Foliar da Flora (ITF), criado por Wolfe (1978) e modificado por Burnham (1989), expresso por:

$$\text{ITF} = [(\% \text{ de folhas microfílicas}) + 2x (\% \text{ folhas notofílicas}) + 3x (\% \text{ de folhas mesofílicas}) - 100] \times 0,5$$

onde, uma flora microfílica apresenta índices entre 0 e 20, uma flora notofílica entre 35 e 50, e as mesofílicas, de 60 a 70.

As folhas foram ainda analisadas quanto aos diferentes morfotipos presentes, buscando avaliar as categorias taxonômicas em que se inserem, até o menor nível possível ou, pelo menos, em nível de família. Para tanto foram realizadas comparações com coleções de referência e literatura especializada.

Os resultados obtidos foram submetidos a testes estatísticos (Teste T e ANOVA) comparando a serrapilheira em relação a floresta viva, considerando as famílias botânicas identificadas e a quantidade de pontos de coleta onde ocorreram.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Aspectos gerais e da deposição (tafonomia)

Para os 20 pontos de amostragem obteve-se um total de 4.233,5 g de material de serrapilheira, distribuídos nos quatro transectos (Tabela 3). Do total de material coletado, dominam os fragmentos de *A. angustifolia* e angiospermas, seguidos das sementes de gimnospermas (100% referentes a *A. angustifolia*), folhas de angiospermas e, folhas de gimnospermas. Outros grupos vegetais tais como musgos, pteridófitas e gramíneas tiveram pequena representação.

Este comportamento se mantém quando são analisados cada um dos transectos, com uma única exceção o Transecto 2 (margem do rio em área úmida) onde os restos foliares de angiospermas dominam sobre sementes.



**Tabela 2.** Quantidade de folhas por parâmetro de fisionomia foliar em cada ponto/transecto.

GRUPO	CARACT.	TIPO	Transecto 1					Transecto 2					Transecto 3					Transecto 4				
			Pontos					Pontos					Pontos					Pontos				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Angiospermas	Tamanho	Nanofílica	13	2	20	0	4	3	7	3	12	4	3	10	55	2	0	2	5	8	2	3
		Microfílica	49	55	79	7	110	134	105	67	91	121	53	76	226	50	90	58	53	165	68	90
		Notofílica	6	5	1	10	4	10	9	10	8	0	3	0	12	17	7	3	14	5	10	1
		Masofílica	1	0	0	1	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Margem	Inteira	56	42	77	18	102	126	90	57	98	118	56	48	249	59	89	46	70	153	82	52
		Outras	13	20	23	0	16	21	36	27	13	7	3	38	44	10	8	17	2	25	0	42
	Ápice	Agudo	69	62	100	18	118	147	126	76	111	114	59	86	293	68	97	63	70	178	82	93
		Arredondado	0	0	0	0	0	0	0	8	0	11	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1
	Base	Acuneada	44	62	100	18	118	147	126	70	111	113	59	86	293	58	97	63	71	178	82	94
		Arredondada	25	0	0	0	0	0	0	14	0	12	0	0	0	11	0	0	1	0	0	0
Gimnospermas	<i>Araucaria</i>	477	174	468	0	173	20	146	5	42	0	136	85	0	161	2	160	72	0	0	0	
	<i>Podocarpus</i>	16	0	18	0	23	0	59	75	51	25	0	0	0	0	8	50	5	159	0	0	



Analisando os transectos separadamente, observa-se um maior acúmulo de material no Transecto 1 (1.431,5 g), referente às áreas secas próximas ao curso de água, seguindo-se o Transecto 4 (área seca no interior da floresta), com 1.084 g. e onde registramos a menor quantidade de restos de folhas retidos e uma grande quantidade de restos de fragmentos de ramos (angiospermas).

Quanto a ocorrência de folhas de angiospermas em relação às gimnospermas (*Araucaria* e *Podocarpus*), identificamos que apenas no Transecto 1, referente a secção transversal ao curso do arroio em área seca, aquelas relacionadas às gimnospermas dominam (78,61% do total). Nos transectos 2, 3, e 4 as folhas de angiospermas foram a maioria (58,37%; 60,64% e 52,30% respectivamente) (Tabela 4).

### 3.2 Morfologia foliar

Em relação a fisionomia foliar, no material analisado dominaram as folhas da classe microfílica em todos os transectos (Tabela 5).

No que se refere ao tipo de margem, em todos os transectos dominaram as folhas de margem inteira.

As folhas com ápices agudos foram ainda mais claramente dominantes e igualmente distribuídas nos vários transectos.

Finalmente, as bases acuneadas compõem a maioria das folhas em todos os transectos.

Sobre os dados fisionômicos de classe de tamanho (Tabela 5) foi aplicada a fórmula de cálculo do ITF. O resultado obtido foi de 0,073064, indicando tratar-se de uma Flora Microfílica (índice entre 0 e 20).

### 3.3 Taxonomia

Entre as folhas da serrapilheira, reconhecemos 47 morfotipos, dois deles referentes à gimnospermas, *Podocarpus lambertii* e *Araucaria angustifolia*, e um à pteridófitas *Dicksonia sellowiana*. Os 44 táxons de angiospermas agrupam-se em 16 famílias e 21 espécies identificadas, permanecendo sete formas sem identificação a nível familiar e 23 indeterminadas a nível específico (Tabela 6).

Myrtaceae, Lauraceae e Araucariaceae são as famílias mais abundantes na serrapilheira, ocorrendo respectivamente, em 95%, 85% e 70% dos pontos de amostragem.

A análise do material depositado na serrapilheira mostra que, a nível de família, a representatividade dos táxons florestais é muito boa. Apenas as sete formas que permaneceram sem identificação no folheto não foram correlacionadas.

No levantamento florístico, junto aos pontos de coleta, foram encontrados 52 táxons, agrupados em 29 famílias de angiospermas, com 42 espécies identificadas e sete sem identificação (Tabela 7).

As famílias Myrtaceae, Araucariaceae e Euphorbiaceae foram as mais abundantes, ocorrendo, as duas primeiras com 85% de representação e a última, em 65% dos pontos amostrados.

Entre as famílias representadas, oito correspondem a táxons com hábitos herbáceos, arbustivos ou de lianas (Acanthaceae, Apiaceae, Onagraceae, Passifloraceae, Piperaceae, Plantaginaceae, Rubiaceae e Smilacaceae) os quais não foram registrados na serrapilheira. Entre os arbóreos, Fabaceae, Meliaceae, Mimosaceae e Sapindaceae também estão ausentes no folheto.

Não foram encontradas diferenças significativas quando comparadas a serrapilheira com a floresta viva, considerando as famílias botânicas identificadas e a quantidade de pontos de coleta onde ocorreram (ANOVA:  $F_{1,76} = 0,043$ ;  $p = 0,837$ ).



**Tabela 3.** Peso (g) dos componentes da serapilheira por ponto de amostragem.

Transecto	Ponto	Ramo (AA) (g)	Ramo (ANG) (g)	Folha (GIM) (g)	Folha (ANG) (g)	Frag. Folha (g)	Semente (AA) (g)	Semente (ANG) (g)	Casca (ANG) (g)	Flor (g)	Musgo (g)	Gramíneas (g)	Pteridófitas (g)	Outros* (g)	Total (g)	%
1	1	285,8	43,7	8,3	2,9	11,0	4,5	0,6	1,8	0,0	0,1	0,0	0,4	50,4	409,5	<b>33,8</b>
	2	43,0	87,8	2,6	2,2	12,1	4,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	40,8	193,0	
	3	369,0	64,9	6,1	1,8	7,7	75,0	0,1	0,8	0,0	0,1	1,3	0,5	50,7	578,0	
	4	0,0	8,0	0,0	2,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,2	1,4	23,8	38,0	
	5	108,0	18,0	2,5	2,7	6,2	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6	213,0	
	<b>Total</b>	<b>805,8</b>	<b>222,4</b>	<b>19,5</b>	<b>12,3</b>	<b>37,4</b>	<b>130,5</b>	<b>1,1</b>	<b>2,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	<b>2,5</b>	<b>2,3</b>	<b>194,3</b>	<b>1.431,5</b>	
2	6	0,0	84,3	0,3	8,3	11,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,9	138,0	<b>16,8</b>
	7	127,3	11,3	2,5	6,5	5,6	0,2	0,0	1,7	0,0	0,3	0,0	0,0	33,6	189,0	
	8	0,2	2,2	0,7	8,3	2,3	0,0	0,3	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	13,7	28,0	
	9	141,5	125,0	1,7	4,0	4,6	6,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	12,7	296,0	
	10	0,0	19,9	0,4	5,8	4,1	7,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	22,7	60,0	
	<b>Total</b>	<b>269,0</b>	<b>242,7</b>	<b>5,6</b>	<b>32,9</b>	<b>27,6</b>	<b>13,2</b>	<b>0,5</b>	<b>1,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>116,6</b>	
3	11	56,0	3,2	2,0	3,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	1,9	26,6	<b>97,0</b>	<b>23,8</b>
	12	227,4	50,0	1,4	2,8	1,9	4,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,9	18,9	<b>308,0</b>	
	13	0,0	23,4	0,0	11,2	7,7	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,3	42,3	<b>87,0</b>	
	14	244,3	7,3	1,5	5,8	3,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	44,3	<b>307,0</b>	
	15	0,0	171,9	0,1	8,0	2,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	24,1	<b>208,0</b>	
	<b>Total</b>	<b>527,7</b>	<b>255,8</b>	<b>5,0</b>	<b>30,8</b>	<b>18,8</b>	<b>5,8</b>	<b>0,0</b>	<b>2,1</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,0</b>	<b>3,3</b>	<b>156,2</b>	<b>1.007,0</b>	
4	16	264,0	43,4	2,6	3,1	3,4	64,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	22,4	<b>404,0</b>	<b>25,6</b>
	17	127,0	259,1	1,1	4,2	2,5	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,6	18,2	<b>413,0</b>	
	18	0,4	84,0	0,8	7,1	5,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,5	25,4	<b>124,0</b>	
	19	0,0	8,8	0,0	5,6	5,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	30,1	<b>50,0</b>	
	20	0,0	67,1	0,0	4,0	4,6	0,0	0,1	0,2	0,1	0,4	0,0	0,6	15,9	<b>93,0</b>	
	<b>Total</b>	<b>391,4</b>	<b>462,4</b>	<b>4,5</b>	<b>24,0</b>	<b>21,1</b>	<b>64,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>2,2</b>	<b>112,0</b>	<b>1.084,0</b>	
<b>Total Geral</b>	<b>(g)</b>	<b>1.993,9</b>	<b>1.183,3</b>	<b>34,6</b>	<b>100,0</b>	<b>104,9</b>	<b>214,3</b>	<b>1,9</b>	<b>7,1</b>	<b>0,8</b>	<b>3,3</b>	<b>2,5</b>	<b>7,8</b>	<b>579,1</b>	<b>4.233,5</b>	
	<b>%</b>	<b>47,10</b>	<b>27,95</b>	<b>0,82</b>	<b>2,36</b>	<b>2,48</b>	<b>5,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,17</b>	<b>0,02</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,18</b>	<b>13,68</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



**Tabela 4.** Quantidade de folhas de angiospermas e gimnospermas encontradas em cada um dos quatro transectos.

Grupo	Tipo	Transecto				Total	%
		1	2	3	4		
Angiospermas	Nanofílica	39	29	70	20	158	7,70
	Microfílica	300	518	495	434	1747	
	Notofílica	26	37	39	33	135	6,58
	Mesofílica	2	9	0	2	13	0,63
Gimnospermas	Araucária	1292	23	394	232	2121	81,26
	Podocarpus	5729	210	8	214	489	18,74

**Tabela 5.** Quantidade de folhas por classe de tamanho foliar, por transecto.

TIPO	T1	T2	T3	T4	Total	%
Nanofílica	39	29	70	20	158	7,70
Microfílica	300	518	495	434	1747	85,09
Notofílica	26	37	39	33	135	6,58
Mesofílica	2	9	0	2	13	0,63

**Tabela 6.** Afinidade taxonômica dos morfotipos identificados na serapilheira.

Família	Espécie	Nº de formas	Nome comum
AQUIFOLICEAE	<i>Ilex paraguayensis</i>	1	erva-mate
ARAURARIACEAE	<i>Araucaria angustifolia</i>	1	pinheiro-brasileiro
ASTERACEAE	NI	1	-
BIGNONIACEAE	NI	1	-
DICKSONIACEAE	<i>Dicksonia selewiana</i>	1	xaxim
ELAEOCARPACEAE	<i>Stonea</i> sp.	1	sapopemba
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp.	1	fruto-de-pomba
EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania</i> sp.	1	leiteiro
FLACOURTIACEAE	<i>Casearia</i> sp.	1	estalador
LAURACEAE	<i>Nectandra</i> sp.	2	canela
	<i>Ocotea</i> sp.	2	canela
	NI	2	-
MELASTOMARACEAE	<i>Miconia</i> sp.	2	pixirica
	NI	1	-
MORACEAE	NI	2	-
MYRSINACEAE	<i>Myrsine umbellata</i>	1	Capororoca
MYRTACEAE	<i>Acca sellowiana</i>	1	goibeira-serrana
	<i>Campomanesia</i> sp.	2	Guabiroba
	<i>Myrceugenia</i> sp.	1	Gambuizinho
	<i>Myrcia</i> sp.	1	Gambui
	NI	7	-
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus lambertii</i>	1	pinho-bravo
PROTEACEAE	<i>Roupala brasiliensis</i>	1	carvalho-brasileiro
	NI	1	-
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum</i> sp.	1	mamica-de-cadela
SOLOACEAE	<i>Solanum</i> sp.	1	-
VERBENACEAE	<i>Vitex megapotamica</i>	1	Tarumã
	NI	1	-
NI	NI	7	-



**Tabela 7.** Táxons encontrados no levantamento florístico.

Família	Espécie	Nº de formas	Nome comum
ACANTHACEAE	NI	1	-
APIACEAE	<i>Eeryngium</i> sp.	1	gravatá
AQUIFOLICEAE	<i>Ilex paraguayensis</i>	1	erva-mate
ARAURARIACEAE	<i>Araucaria angustifolia</i>	1	pinheiro-brasileiro
ASTERACEAE	<i>Calea</i> sp.	1	quebra-mato
	<i>Baccharia</i> sp.	1	carqueja
BIGNONIACEAE	NI	1	-
BLECHNACEAE	<i>Blechnum</i> sp.	1	samambaia
DICKSONIACEAE	<i>Dicksonia selewiana</i>	1	xaxim
ELAEOCARPACEAE	<i>Stonea</i> sp.	1	sapopemba
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp.	1	fruto-de-pomba
EUPHORBIACEAE	NI	1	-
	<i>Sebastiania</i> sp.	2	leiteiro
	<i>Sapium glandulatum</i>	1	pau-leiteiro
	NI	1	-
FABACEAE	<i>Lonchocarpus campestris</i>	1	rabo-de-bugio
	<i>Machaerium glabrum</i>	1	canela-do-brejo
FLACOURTIACEAE	<i>Casearia</i> sp.	1	estalador
LAURACEAE	<i>Nectandra</i> sp.	1	canela
	<i>Ocotea</i> sp.	1	canela
MELASTOMARACEAE	<i>Miconia</i> sp.	1	pixirica
	NI	1	-
MELIACEAE	<i>Cabraela canjerana</i>	1	canjerana
	<i>Trichilia</i> sp.	1	canela-fedida
MIMOSACEAE	<i>Inga</i> sp.	1	ingazeiro
MORACEAE	<i>Sorocea bomplandii</i>	1	cincho
MYRSINACEAE	<i>Myrsine umbellata</i>	1	capororoca
	<i>Myrsine</i> sp.	1	capororoca
MYRTACEAE	<i>Blepharocalix</i> sp.	1	cambuí
	<i>Campomanesia</i> sp.	1	guabiroba
	<i>Siphomeugena reitzii</i>	1	camboim
	<i>Myrcia</i> sp.	1	cambuí
	<i>Myrcianthes</i> sp.	1	guabiju
	<i>Myrceugenia</i> sp.	1	cambuzinho
	<i>Myrcia glabra</i>	1	ubá
	<i>Myrcianthes gigantea</i>	1	araçazeiro-do-mato
ONAGRACEAE	<i>Lidwigia</i> sp.	1	cruz-de-malta
PASSEIFLORACEAE	<i>Passiflora</i> sp.	1	maracujá
PIPERACEAE	<i>Peperomia</i> sp.	1	peperômia
	<i>Piper</i> sp.	1	papiroba
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major</i>	1	tansagem
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus lambertii</i>	1	pinho-bravo
PROTEACEAE	<i>Roupala brasiliensis</i>	1	carvalho-brasileiro
RUBIACEAE	NI	1	-
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum</i> sp.	1	mamica-de-cadela
SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i>	1	chal-chal
	<i>Cupania vernalis</i>	1	camboatá
SMILACACEAE	<i>Smilax</i> sp.	1	salsaparrilha
SOLOACEAE	<i>Solanum</i> sp.	1	-
VERBENACEAE	<i>Vitex megapotamica</i>	1	tarumã
	NI	1	-



#### 4. DISCUSSÃO

Em termos tafonômicos, dos quatro transectos realizados, a maior quantidade de material acumulado (avaliado por seu peso) ocorreu naqueles locais em que o solo apresentava menores teores de umidade, correspondentes dos transectos T1 e T4. Isto sugere que a carência hídrica pode ter sido a causa da maior abscisão de órgãos, e partes pelos vegetais. Entre os distintos órgãos, os ramos com folhas ou não, foram dominantes, seguidos das sementes de gimnospermas (pinhões), com exceção de T1, onde estas últimas foram mais abundantes.

Taxonomicamente as florestas com Araucária no Sul do Brasil se caracterizam pelo grande domínio de angiospermas, com 98% da representação (REITZ *et al.*, 1998). Na floresta estudada, no entanto esta diferença não é tão significativa, com angiospermas tendo sido registradas em 78% dos transectos, gimnospermas em 13,15% e pteridófitas em aproximadamente 8% (Tabela 8). Quando estas proporções são comparadas com elementos identificados na serrapilheira dos pontos amostrados, as proporções qualitativas são comparáveis com respectivamente, 81,6%, 14,36% e 4,02% das folhas retidas em cada um dos pontos. Deste modo, apenas as pteridófitas demonstraram uma menor capacidade de preservação *post mortem*, em relação aos táxons vivos presentes. Qualitativamente, portanto, há uma grande potencialidade no uso de serrapilheira em florestas modernas para a avaliação da diversidade em floras fósseis. Este aspecto é reafirmado quando se avalia igualmente a quantidade de famílias presentes, com 19 das 32 famílias registradas na floresta, sendo representadas na serrapilheira (cerca de 60 %). Comparativamente, Dilcher *et al.* (2009) em Gainesville (Flórida/EUA) registraram 60 espécies lenhosas onde, 29 (74%) foram encontradas na serrapilheira, 34 (87%) nos transectos e 24 (62%) em ambos.

No entanto, algumas famílias mostraram comportamentos particulares e igualmente importantes para os objetivos deste trabalho. Entre as angiospermas, houve diferenças significativas na representação das Meliaceae, Piperaceae e Smiliacaceae, abundantes na floresta viva, mas ausentes no folheto. E Euphorbiaceae, importante constituinte do estrato arbóreo, possui escassa representação na serrapilheira. Por outro lado, Aquifoliaceae, Elaeocarpaceae, Lauraceae e Flacourtiaceae são muito mais comuns no folheto que na floresta viva (Tabela 8), o que poderia levar a uma falsa ideia de grande representatividade, quando do estudo das tafofloras. Neste aspecto, também as coníferas mostraram um comportamento singular, com as Araucariaceae sendo mais comuns na floresta viva que entre as folhas no solo e o inverso ocorrendo com as Podocarpaceae.

Em termos de fisionomia foliar, a análise do material componente da serrapilheira nas quatro distintas áreas do substrato da floresta com Araucária do setor oriental do Planalto Sul-rio-grandense não apresentaram diferença entre si no que se refere às características do material foliar em geral, evidenciando um domínio expressivo das folhas microfílicas, com ápices e bases afiladas e margens inteiras. O primeiro caráter se classifica, através do Índice de Tamanho Foliar, como uma Flora Microfílica e, de acordo com os parâmetros climáticos vigentes na região em que se desenvolve este bioma, sujeita a um clima superúmido, delimitado pela isoterma de 13°C, logo o do tipo Cfb e microtérnico (WOLFE, 1993).

**Tabela 8.** Percentual de ocorrência das famílias nos pontos de amostragem.

Família	FLORESTA	SERRAPILHEIRA
	% Pontos	% Pontos
NI (s28)	0	25
NI (s33)	0	15
NI (s17)	0	10



NI (s44)	0	10
NI (s45)	0	5
NI (s47)	0	5
NI (s29)	0	5
AQUIFOLICEAE	35	65
ARAURARIACEAE	85	70
ASTERACEAE	10	20
BIGNONIACEAE	40	50
DICKSONIACEAE	50	35
ELAEOCARPACEAE	5	30
ERYTHROXYLACEAE	10	30
EUPHORBIACEAE	65	10
FLACOURTIACEAE	5	30
LAURACEAE	20	85
MELASTOMARACEAE	25	40
MORACEAE	45	55
MYRSINACEAE	60	25
MYRTACEAE	85	95
PODOCARPACEAE	15	55
PROTEACEAE	40	25
RUTACEAE	10	20
SOLONACEAE	15	25
VERBENACEAE	15	30
ACANTHACEAE	5	0
APIACEAE	5	0
BLECHNACEAE	10	0
FABACEAE	5	0
MELIACEAE	50	0
MIMOSACEAE	15	0
ONAGRACEAE	5	0
PASSEIFLORACEAE	5	0
PIPERACEAE	40	0
PLANTAGINACEAE	5	0
RUBIACEAE	5	0
SAPINDACEAE	15	0
SMILACACEAE	25	0

As margens inteiras e os ápices e bases afilados, contudo, não se coadunam com os modelos da literatura para biomas de climas frios (HYCKEY, 1973; WOLFE e UPCHURCH, 1987; DUTRA, 2005), onde folhas com margens recortadas e ápices obtusos são característicos e refletem a redução destas expansões devido à falta de umidade no ar ou no solo. É possível que os bons índices de umidade presentes na área de desenvolvimento da Floresta com Araucária no Rio Grande do Sul. Os bons teores de precipitação e umidade do ar parecem



compensar as baixas temperaturas e garantir a água necessária no solo, sem que haja a necessidade de reduzir as expansões aéreas das folhas.

## 5. CONCLUSÕES

Apesar do caráter preliminar desta pesquisa, foi possível determinar o comportamento dos restos vegetais na serrapilheira, em diferentes subambientes da floresta, caracterizando sua fisionomia foliar, composição taxonômica e os processos deposicionais no acúmulo de folhas no substrato da Floresta de São Francisco de Paula.

Em termos taxonômicos demonstra-se aqui a boa capacidade da serrapilheira em representar a cobertura florestal sobrejacente e a grande participação do material lenhoso entre os restos retidos, seguidos das sementes, mas estas quase exclusivamente às custas dos pinhões da Araucária e, finalmente das folhas.

Este aspecto também se manifesta em termos taxonômicos, com as diferentes categorias de elementos presentes na floresta, manifestando-se em proporções similares, entre o material do folheto e demonstrando que não há perdas qualitativas significantes, quando comparados com aqueles presentes na serrapilheira.

As análises da fisionomia foliar mostraram o amplo domínio das folhas microfílicas garantindo a Floresta com Araucária do setor oriental do Planalto, em áreas da FLONA-SFP, o caráter de Flora Microfílica, de acordo com os parâmetros climáticos (temperatura e umidade) vigentes na região. Deste modo, sugere que estudos de fisionomia foliar em assembleias de plantas fósseis podem constituir uma boa ferramenta na avaliação dos climas pretéritos. Já as características do ápice, base e margem das folhas devem ser vistas com certa reserva em relação aos modelos disponíveis, já que podem ser influenciadas por fatores locais.

A continuidade deste estudo para outras áreas de abrangência deste bioma, ou outros ambientes deposicionais, tais como, os de transição no limite campo/floresta e junto aos cursos de água, poderá ser um bom laboratório de teste para os resultados preliminares aqui apresentados.

## 6. REFERÊNCIAS

BACKES A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil-II. **Pesquisas** (Sér. Bot.), São Leopoldo, v. 49, p. 31-51, 1999.

BAILEY IW, SINNOTT EW. A botanical index of Cretaceous and Tertiary climates. **Science**, v. 41, p. 831-834, 1915.

BAILEY IW, SINNOTT EW. A. The climate distribution of certain types of angiosperm leaves. **American Journal of Botany**, v. 3, p. 24-39, 1916.

BEHRENSMEYER AK, KIDWELL S, GASTOLDO RA. Taphonomy and paleobiology. Paleobiology. In: ERWIN DH, WINGS SL. **Deep Time, Paleobiology's Perspective**. The Paleobiological Society, p. 103-147, 2000.

BRIGGS DEG, CROWTHER PR (Eds.) **Paleobiology, a synthesis II**. Blackwell Sciences, Cambridge, 2001. 600 p.



BURNHAM RJ. Relationships between standing vegetation and leaf litter in a paratropical forest: implications for paleobotany. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 58, n. 1, p. 5-32, 1989.

BURNHAM RJ, PITMAN NCA, JOHNSON KR, WILF P. Habitat-related error in estimating temperatures from leaf margins in a humid tropical forest. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 6, p. 1096-1102, 2001.

CARPENTER RJ, HILL RS, JORDAN GJ. Cenozoic vegetation in Tasmania: macrofossil evidence. In: RS HILL [Ed.], **History of the Australian vegetation: Cretaceous to Recent**, p. 276-298. Cambridge University Press, Cambridge, 1994.

DILCHER DL. A paleoclimatic interpretation of the Eocene floras of southeastern North America. In: A GRAHAM [Ed.], **Vegetation and vegetational history of Northern Latin America**, p. 39-59. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1973.

DOLPH GE, DILCHER DL. Variation in leaf size respect to climate in Costa Rica. **Biotropica**, v. 12, p. 92-99, 1980a.

DOLPH GE, DILCHER DL. Variation in leaf size with respect to climate in the tropics of the Western Hemisphere. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 107, p. 154-162, 1980b.

DRAKE H, BURROWS CJ. The influx of potential macrofossils into Lady Lake, north Wesland, New Zealand. **New Zealand Journal of Botany**, v. 18, n. 2, p. 257-74, 1980.

DUTRA TL. Paleobotany and Paleoclimatology. Part II. Leaf Assemblages (taphonomy, paleoclimatology and paleogeography). In: E. KOUTSOUKOS (Org.). **Applied Stratigraphy**, Dordrecht, v. 1, p. 194-202, 2005.

DUTRA TL, STRANZ A. A história das Araucariaceae: a contribuição dos fósseis para o entendimento das adaptações modernas da família no Hemisfério Sul, com vistas a seu manejo e conservação. In: LH RONCHI (Org.) **Tecnologia, Diagnóstico e Planejamento**, Editora UNISINOS, São Leopoldo, v. 1, 2003.

ELLIS B, JOHNSON KR. Comparison of leaf samples from mapped tropical and temperate forests: implications for interpretations of the diversity of fossil assemblages. **Palaeos**, v. 28, p. 163-177, 2013.

FERGUSON DK. The origin of leaf-assemblages-new light on an old problem. **Review of Paleoecology and Palynology**, v. 46, n. 1/2, p. 117-88, 1985.

GASTALDO RA. Implications on the paleoecology of autochthonous Carboniferous lycopods in clastic sedimentary environments. **Palaogeography, Paleoclimatology, Palaecology**, v. 53, n. 2-4, p. 191-212, 1986.

GASTALDO RA. Conspectus of phytotaphonomy. In: WA DIMICHELLE, SL WING (Eds.), **Methods and applications of plants paleoecology of plant paleoecology, Paleontological Society Special Publications**, v. 3, p. 14-28, 1988.

GREEN WA. Loosening the CLAMP: an exploratory graphical approach to the climate leaf analysis multivariate program. **Palaentologia Electronica**, v. 9, n. 2, 9A-17p., 2006. Disponível em: [https://palaeo-eletronica.org/palaeo/2006\\_2/clamp/index.html](https://palaeo-eletronica.org/palaeo/2006_2/clamp/index.html). Acesso em: 06 nov. 2006.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.6957>

V. 20, N. 1 (2023)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

GREENWOOD DR. Environmental Science Program, Brandon University: The Taphonomy of Plant Macrofossils. Ch. 7, pp 141-169, *In: DONOVAN SK (Ed.) The Processes of Fossilization*. Bethaven Press, London, 303p., 1991.

GREENWOOD DR. Taphonomic constraints of foliar physiognomic interpretations of Late Cretaceous and Tertiary paleoclimates. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 71, p. 149-190, 1992.

GREENWOOD DR, WILF P, WING SL, CHRISTOPHEL DL. Paleotemperature estimation using leaf-margin analysis: in Australia different? **Palaios**, v. 19, n. 2, p. 129-142, 2004.

GREGORY WODZOCKI KM. Relationships between leaf morphology and climate, Bolivia: implications for estimating paleoclimate from fossil floras. **Paleobiology**, v. 26, n. 4, p. 668-688, 2000.

HAGEN ER, ROYER DL, MOYE RA, JOHNSON KR. No large bias within species between the reconstructed areas of complete and fragmented fossil leaves. **Palaios**, v. 34, p. 43-48, 2019.

HALL JB, SWAINE D. Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. **Dr. W. Junk**. The Hague, 1981.

HICKEY LJ. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. **American Journal of Botany**, v. 60, p. 17-33, 1973.

HICKEY LJ. Paleocene stratigraphy and flora of the Clark's Fork basin. *In: PD GINGERICH (Ed.) Early Cenozoic paleontology and stratigraphy of the Bighora Basin*, Wyoming, University of Michigan Papers in Paleontology, v. 24, p. 33-49, 1980.

HILL RS, GIBSON N. Distribution of potential macrofossils in lake Dobson, South central Tasmania, Australia, **Journal of Ecology**, v. 74, n. 2, p. 373-84, 1986.

HINOJOSA F. Cambios climáticos y vegetacionales inferidos a partir de paleofloras cenozoicas del sur de Sudamérica. **Revista Geológica do Chile**, v. 32, n. 1, p. 97-114, 2005.

HUFF PM, WILF P, AZUMAH EJ. Digital future for paleoclimatic estimations from fossil leaves? Preliminary results. **Palaios**, v. 18, p. 266-274, 2005.

KNOLL AH, ROTHWELL GW. Paleobotany: perspectives in 1980. **Paleobiology**, v. 7, p. 7-35, 1981.

MARGALEF R. **Limnologia**. Ed. Omega, Barcelona, 1983. 1010 p.

MARTIUS CFP. A fisionomia do Reino Vegetal no Brasil. **Anuário Bras. Econ. Florestal**, v. 10, p. 209-227, 1924.

PEPPE DJ, ROYER DL, CARIGLINO B, OLIVER SY, NEWMAN S, LEIGHT E, ENIKOLOPOV G, FERNANDEZ-BURGOS M, HERRERA F, ADAMS JM, CORREA E, CURRANO ED, ERICKSON JM, HINOJOSA LF, HOGANSON JW, IGLESIAS A, JARAMILLO CA, JOHNSON KR, JORDAN GJ, KRAFT NJB, LOVELOCK EC, LUSK CH, NIINEMETS Ü, PEÑUELAS J, RAPSON G, WING SL, WRIGHT IJ. Sensitivity of leaf size and shape to climate: global patterns and paleoclimatic applications. **New Phytologist**, v. 190, p. 724-739, 2011.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.6957>

V. 20, N. 1 (2023)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RAMBO BA. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. Ensaio de monografia regional. 2. ed. Selbach, Porto Alegre (Jesuítas no Sul do Brasil, 6). 456 p. (reeditado em 1994, pela editora UNISINOS, São Leopoldo), 1956.

REITZ R, KLEIN RM, REIS A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Companhia Riograndense de Artes Gráficas, 1988. 525 p.

RIOS FHS. **Estudos tafonômicos de folhas de angiospermas no estado de São Paulo, Brasil, e a análise da margem foliar para América do Sul. Implicações paleobotânicas**. 206 f. 2017. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

ROYER DL, WILF P, JANEKSO DA, KOWALSKI EA, DILCHER DL. Correlations of climate and plant ecology to leaf size and shape: potential proxies for the fossil record. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 7, p. 1141-1151, 2005.

SCHEIHING M, PFEFFERKORN H. The taphonomy of land plants in the Orinoco delta: a model for the incorporation of plant parts in clastic sediments of Late Carboniferous Age of Euroamerica, **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 41, n. 3/4, p. 205-40, 1984.

SCHNEIDER PR, BRENA DA, FINGER CAG, LONGHI SJ, HOPPE JM, VINADÉ LF, BRUM ET, SALOMÃO ALF, SOLIGO A. **Plano de Manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula - RS**. Instituto brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis: Santa Maria, RS, 1989. 215 p.

SPICER RA. The importance of depositional sorting to the biostratigraphy of plant megafossils. In DL DILCHER and TN TAYLOR (Eds.), **Biostratigraphy of fossil plants, successional and paleoecological analyses**, Dowden, Hutchinson and Ross, Pennsylvania: p. 171-183, 1980.

SPICER RA. The sorting and deposition of allochthonous plant material in a modern environmental at Silwood Lake, Silwood Park, Berkshire, England, **US Geological Survey Professional Paper**, v. 1143, p. 1-77, 1981.

SPICER RA. The formation and interpretation of plant fossil assemblages. **Advances in Botanical Research**, v. 16, p. 96-191, 1989.

SPICER RA, YANG J, SPICER TEV, FARNSWORTH A. Woody dicot leaf traits as a palaeoclimate proxy: 100 years of development and application, **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 562, p. 110-138, 2021.

TAGGERT RE. The effect of vegetation heterogeneity on short stratigraphic sequences. In: WA. DIMICHELLE and SL WING (Eds.), **Methods and applications of plant paleoecology**, Paleontological Society Special Publication, v. 3, p. 147-171, 1988.

TEIXEIRA MB, COURA-NETO AB, PASTORE U, RANGEL-FILHO ALR. Vegetação. In: **Levantamento de Recursos Naturais**. v. 33. Rio de Janeiro, IBGE, p. 541-620, 1986.

WEBB LJ. A physiognomic classification of Australian rain forest. **Journal of Ecology**, v. 47, p. 551-570, 1955.

WEBB LJ. Environmental relationships of the structural types of Australian rain forest vegetation. **Ecology**, v. 49, p. 296-311, 1968.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.6957>

V. 20, N. 1 (2023)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

WIEMANN MC, MANCHESTER SR, DILCHER DL, HINOJOSA LF, WHWWLER E. A. Estimation of temperature and precipitation from morphological characters of dicotyledonous leaves. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 12, p. 1796-1802, 1998.

WILF P. When are leaves good thermometers? A new case for Leaf Margin Analysis. **Paleobiology**, v. 23, p. 373-390, 1997.

WILF P, WING SL, GREENWOOD DR, GREENWOOD CL. Using fossil leaves as paleoprecipitation indicators: An Eocene example. **Geology**, v. 26, p. 203-206, 1998.

WING S, WILF P, HICKEY LJ, JOHNSON K, ELLIS B, ASH A. 1999. **Manual of Leaf Architecture, Morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms**. The Leaf Architecture Working Group. Smithsonian Institution, Washington, 1999. 65 p. Disponível em: <http://www.yale.edu/peabody/collections/pb/MLA.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2006.

WOLFE JA. Tertiary climatic fluctuations and methods analysis of Tertiary floras. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 9, p. 27-57, 1971.

WOLFE JA. A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. **American Scientist**, v. 66, p. 694-703, 1978.

WOLFE JA. A temperature parameters of humid to mesic forest of Eastern Asia and relation to forest of Other regions of the Northern hemisphere and Australasia. **U.S. Geological Survey Professional Paper**, 1106, Washington, DC, 1979.

WOLFE JA. A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. **U.S. Geological Survey Bulletin**, 2040, 1993. 71 p.

WOLFE, JA. Paleoclimatic estimates from Tertiary leaf assemblages. **Annual Reviews of Earth and Planetary Science**, v. 23, p. 119-142, 1995.

WOLFE JÁ, SPICER RA. Fossil Leaf Character States: Multivariate Analysis. In: JONES, TP and ROWE NP (Eds.) **Fossil Plants and Spores: Modern Techniques**. Geological Society, London, 1999. p. 233-239.

WOLFE JA, UPCHURCH GA JR. North American non-marine climates and vegetation during the Late Cretaceous. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 61, p. 33-77, 1987.

