

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO DELONGA

**DINÂMICA DE FITOFISIONOMIAS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU NO
PERÍODO DE 2011 A 2015.**

CURITIBA

2016

RODRIGO DELONGA

**DINÂMICA DE FITOFISIONOMIAS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU NO
PERÍODO DE 2011 A 2015.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientador: Prof. Dr. Sylvio Péllico Netto
Prof. Dr. Román Carlos Rios

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Delonga, Rodrigo

Dinâmica de fitofisionomias no Parque Nacional do Iguaçu no período de 2011 a 2015 / Rodrigo Delonga. – Curitiba, 2016.
103 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientadores: Prof. Dr. Sylvio Péllico Netto

Prof. Dr. Román Carlos Rios

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 14/03/2016.

Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Parque Nacional do Iguaçu (PR). 2. Fitofisionomias. 3. Dinâmica florestal – Processamento de dados. 4. Manejo florestal. 5. Teses. I. Machado, Sebastião do Amaral. II. Péllico Netto, Sylvio. III. Rios, Román Carlos. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.182.3

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **RODRIGO DELONGA**, intitulada: "**Dinâmica de fitofisionomias no Parque Nacional do Iguaçu no período de 2011 a 2015**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

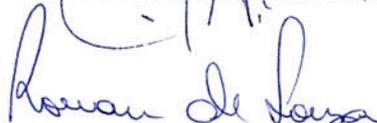
Curitiba, 14 de Março de 2016.



Prof SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO (UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)



Prof MÁRCIO CORAIOLA (PUC/PR)



Prof RONAN FELIPE DE SOUZA (UNICENTRO)



AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por ter ouvido minhas preces em momentos complicados da vida.

Aos meus pais, pelo apoio e formação de caráter desde o início de minha vida.

Ao meu orientador Professor Doutor Sebastião do Amaral Machado, pelos conselhos e ensinamentos adquiridos ao longo dessa caminhada e, pessoalmente, pela confiança depositada em mim.

Ao meu coorientador Professor Doutor Sylvio Péllico Netto, pelo incentivo a minha formação profissional desde o início da graduação traduzido hoje na conclusão deste mestrado.

À minha família, pelos momentos ao lado de vocês que tornaram toda essa etapa mais fácil de ser vencida.

À minha namorada Elis Regina Santana, que embora estejamos juntos há pouco tempo, mudou o sentido e os planos da minha vida.

Aos colegas que participaram dos trabalhos de campo e àqueles que, de alguma forma, colaboraram para a execução deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de ingresso no mestrado.

Ao curso de Engenharia Florestal da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela formação em Engenharia Florestal, primordial para que eu esteja onde estou.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela autorização, disponibilização das estruturas e auxílio na execução dos trabalhos de campo.

*“Nenhuma descrição, nenhuma imagem de
nenhum livro podem substituir a vista real das
árvores em um bosque com toda a vida que
acontece em volta delas.”*

Maria Montessori

RESUMO

O Parque Nacional do Iguaçu (PNI), local tão visitado no Brasil pela imponência de suas quedas d'água, esconde florestas relativamente desconhecidas pelo homem. Ao mesmo tempo em que elas são desconhecidas, isso se mostra como uma oportunidade para o desenvolvimento de estudos e conhecimentos em um dos poucos remanescentes bem conservados de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Sendo assim, para contribuir com o desenvolvimento desse conhecimento, este trabalho teve como objetivo a avaliação da dinâmica florestal baseada nas variações na distribuição diamétrica, na área basal e no volume comercial, bem como o ajuste de funções densidade de probabilidade. A base de dados utilizada foi proveniente de uma rede de parcelas permanentes com 4,2 hectares, instaladas ao longo do gradiente altitudinal do PNI, sendo realizado inventário permanente nos anos de 2011, 2013 e 2015, onde foram medidos, plaqueteados, identificados e georreferenciados todos os indivíduos arbóreos com DAP igual ou superior a 5 cm. Para a análise dos dados de diâmetros, esses foram agrupados em classes diamétricas com intervalo de 10 cm, sendo a primeira classe considerada de 5 a 15 cm e a última representada por indivíduos com DAP ≥ 95 . Para avaliar a distribuição diamétrica do PNI foram utilizadas as funções densidade de probabilidade Normal, LogNormal, Beta, Gama, Weibull 3p e SB de Johnson. Para análise da dinâmica florestal (2011 a 2015) as parcelas permanentes foram classificadas em diferentes fitofisionomias, sendo elas: Ecótono Floresta Ombrófila Mista (FOM)/FES, FES Montana, FES Submontana Típica e FES Submontana Úmida. As funções densidade de probabilidade Weibull 3p e SB de Johnson apresentaram aderência em todos os casos, sendo que a Weibull 3p mostrou melhor ajuste aos dados. A taxa de mortalidade entre as fitofisionomias variou de 5,5% a 9,1% e para o PNI foi de 8,4%. A taxa de ingresso variou entre 6,8% e 16,3% entre as fitofisionomias e, para o PNI foi de 12,9%. O PNI apresentou aumento de 4,5% no número de indivíduos/ha, 3,7% na área basal/ha e 2,2% no volume comercial/ha, no período avaliado. A taxa de permanência de indivíduos na mesma classe diamétrica considerando todas as parcelas foi de 93,7%, enquanto que a taxa de movimentação de indivíduos para a classe superior adjacente foi de 6,3%. Entre as fitofisionomias, a taxa de permanência de indivíduos na mesma classe diamétrica variou de 93,0% a 95,1%, enquanto que a taxa de movimentação de indivíduos para a classe superior adjacente variou entre 4,9% e 7,0%.

Palavras-chave: Dinâmica Florestal, Distribuição Diamétrica, Função Densidade de Probabilidade.

ABSTRACT

The Iguazu National Park (INP) is one of the most visited places due to its waterfalls marvelous scenery in Brazil, and due to its relatively unknown forests. At the same time that the forests are unknown, this is an opportunity for development of studies and knowledge in one of the few well preserved remaining Seasonal Semideciduous Forest (SSF). Therefore, to contribute to the development of this knowledge, this study aimed to evaluate of forest dynamics based on variations of the diameter distribution, of the basal area and commercial volume, as well as the adjustment of probability density functions. The database used came from a network of permanent plots with 4.2 hectares, installed along the altitudinal gradient of the INP, being conducted permanent forest inventories in the years 2011, 2013 and 2015, being measured, marked, identified and georeferenced all trees with DBH equal or higher than 5 cm. The measured diameters were grouped into diametric classes with class interval of 10 cm, being the first class considered from 5 to 15 cm and the last one represented by individuals with $DBH \geq 95$ cm. To evaluate the diameter distribution of the INP was used the probability density functions Normal, LogNormal, Beta, Gama, Weibull 3p and Johnson SB. For analysis of forest dynamics (2011-2015) the permanent sample plots were classified into different vegetation types, namely: Ecotone Mixed Ombrophylous Forest (MOF)/SSF, SSF Montane, SSF Typical Submontane and SSF Humid Submontane. The probability density functions Weibull 3p and Johnson Sb presented adherence in all cases, in which Weibull 3p showed the best fit to the data. The mortality rate between vegetation types varied from 5.5% to 9.1% and the INP was 12.9%. The ingress rate varied between 6.8% and 16.3% among vegetation types and the INP was 12.9%. The INP presented an increase by 4.5% in the number of individuals/ha, 3.7% in basal area/ha and 2.2% in commercial volume/ha, during evaluation period. The permanence rate of individuals in the same diameter class considering all plots was 93.7%, whereas the rate of movement of individuals to the adjacent upper class was 6.3%. Among vegetation types, the permanence rate of individuals in the same diameter class varied from 93.0% to 95.1%, whereas the rate of movement of individuals to the adjacent upper class varied between 4.9% and 7.0%.

Key-words: Forest Dynamics, Diameter Distribution, Probability Density Function.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	REMANESCENTE DE VEGETAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ.	19
FIGURA 2	SEDIMENTAÇÃO E MAGMATISMO MESOZOICO NO ESTADO DO PARANÁ.	21
FIGURA 3	FITOGEOGRAFIA DO ESTADO DO PARANÁ.....	23
FIGURA 4	CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARANÁ E ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NO ENTORNO DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.....	29
FIGURA 5	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU. ...	44
FIGURA 6	LOCALIZAÇÃO DOS GRUPOS DE PARCELAS PERMANENTES INSTALADAS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.....	45
FIGURA 7	ILUSTRAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NA RAMPA DE DRENAGEM.	46
FIGURA 8	CROQUI PADRÃO PARA AS PARCELAS.	48
FIGURA 9	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE ESPÉCIES (± 1 DESVIO PADRÃO) E O ESFORÇO AMOSTRAL ACUMULADO.....	48
FIGURA 10	NÚMERO DE INDIVÍDUOS POR HECTARE PARA CADA FITOFISIONOMIA E PARA O PNI.	56
FIGURA 11	DAP MÉDIO PARA CADA FITOFISIONOMIA E PARA O PNI.	57
FIGURA 12	CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADAS E TRAÇADAS SOBRE O HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS OBSERVADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2011.....	59
FIGURA 13	CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADAS E TRAÇADAS SOBRE O HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS OBSERVADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2013.....	61
FIGURA 14	CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADAS E TRAÇADAS SOBRE O HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS OBSERVADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2015.....	63
FIGURA 15	FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA A FITOFISIONOMIA ECÓTONO FOM/FES.....	69

FIGURA 16	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA ECÓTONO FOM/FES.	71
FIGURA 17	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA ECÓTONO FOM/FES.	71
FIGURA 18	FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA A FITOFISIONOMIA FES MONTANA.	74
FIGURA 19	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA FES MONTANA.	75
FIGURA 20	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA FES MONTANA.	76
FIGURA 21	FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA TÍPICA.	79
FIGURA 22	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA TÍPICA.	80
FIGURA 23	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA TÍPICA.	81
FIGURA 24	FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA ÚMIDA.	84
FIGURA 25	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA ÚMIDA.	86

FIGURA 26	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA ÚMIDA.	86
FIGURA 27	FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU COMO UM TODO.	89
FIGURA 28	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU COMO UM TODO.	90
FIGURA 29	NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU COMO UM TODO.	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE E SUAS RESPECTIVAS RESTRIÇÕES.....	50
TABELA 2	ESTATÍSTICAS DOS DADOS UTILIZADOS NAS TRÊS MEDIÇÕES POR FITOFISIONOMIA E PARA O PNI (TODAS AS PARCELAS).....	55
TABELA 3	COEFICIENTES DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE PARA OS TRÊS ANOS DE MEDIÇÃO.....	58
TABELA 4	RESULTADOS DO TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA AS SEIS FDP'S TESTADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2011.....	60
TABELA 5	DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2011.....	60
TABELA 6	RESULTADOS DO TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA AS SEIS FDP'S TESTADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2013.....	62
TABELA 7	DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2013.....	62
TABELA 8	RESULTADOS DO TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA AS SEIS FDP'S TESTADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2015.....	64
TABELA 9	DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2015.....	64
TABELA 10	NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M ²), VOLUME COMERCIAL (M ³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DO ECÓTONO FOM/FES EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.	68
TABELA 11	NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M ²), VOLUME COMERCIAL (M ³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DA FES MONTANA EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.	73
TABELA 12	NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M ²), VOLUME COMERCIAL (M ³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DA FES SUBMONTANA TÍPICA EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.....	78

TABELA 13	NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M ²), VOLUME COMERCIAL (M ³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DA FES SUBMONTANA ÚMIDA EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.....	83
TABELA 14	NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M ²), VOLUME COMERCIAL (M ³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU (TODAS AS PARCELAS) EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.	88
TABELA 15	INGRESSO E MORTALIDADE (%) PARA AS FITOFISIONOMIAS E PARA O PNI NO PERÍODO DE 2011 A 2015.....	92
TABELA 16	VARIAÇÕES NO NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA, ÁREA BASAL/HA E VOLUME COMERCIAL/HA PARA AS FITOFISIONOMIAS E PARA O PNI NO PERÍODO DE 2011 A 2015.	92

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	FLORESTAS NO ESTADO DO PARANÁ	18
3.2	O TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE	20
3.2.1	Geologia, Geomorfologia e Solos.....	20
3.2.2	Formações Vegetais.....	22
3.3	O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU (PNI).....	25
3.3.1	História	25
3.3.2	Clima	29
3.3.3	Geomorfologia e Solos	30
3.3.4	Vegetação	31
3.4	FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE (FDP).....	37
3.4.1	FDP Normal.....	38
3.4.2	FDP LogNormal.....	38
3.4.3	FDP Gama.....	39
3.4.4	FDP Beta	39
3.4.5	FDP Weibull 3p.....	39
3.4.6	FDP SB de Johnson	39
3.5	PROGRAMAÇÃO NÃO-LINEAR	40
3.6	TESTE DE ADERÊNCIA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	40
3.7	DINÂMICA FLORESTAL	40
3.7.1	Crescimento	41
3.7.2	Mortalidade.....	42
3.7.3	Ingresso.....	43
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.1	ÁREA DE ESTUDO	44
4.2	AMOSTRAGEM.....	45
4.3	VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS.....	49
4.4	IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	49

4.5	DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE (FDP) .49
4.6	PROCESSAMENTO DOS DADOS COM VISTAS À MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA.....50
4.7	TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV52
4.8	DINÂMICA FLORESTAL52
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO54
5.1	ESTATÍSTICAS DOS DADOS UTILIZADOS.....54
5.2	AJUSTES DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE57
5.3	AVALIAÇÕES DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE.....58
5.3.1	Parque Nacional do Iguaçu – Medição de 201158
5.3.2	Parque Nacional do Iguaçu – Medição de 201361
5.3.3	Parque Nacional do Iguaçu – Medição de 201563
5.3.4	Parque Nacional do Iguaçu – Análise Geral65
5.4	DINÂMICA FLORESTAL66
5.4.1	Ecótono Floresta Ombrófila Mista / Floresta Estacional Semidecidual – Ecótono FOM/FES.....66
5.4.2	Floresta Estacional Semidecidual Montana – FES Montana72
5.4.3	Floresta Estacional Semidecidual Submontana Típica – FES Submontana Típica.....77
5.4.4	Floresta Estacional Semidecidual Submontana Úmida – FES Submontana Úmida82
5.4.5	Parque Nacional do Iguaçu87
5.4.6	Compilação dos Resultados da Dinâmica92
6	CONCLUSÕES95
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS97

1 INTRODUÇÃO

O Parque Nacional do Iguaçu (PNI), localizado no extremo oeste do Estado do Paraná é caracterizado predominantemente por florestas estacionais, abrigando em seus limites um dos mais significativos remanescentes florestais desse Estado, apesar da imensa devastação ocorrida a partir da década de 60, movida por incentivos fiscais do governo. Além da devastação ocorrida, a inexpressividade de Unidades de Conservação no Paraná contribui negativamente para a conservação, tendo em vista que essas UC's deveriam preservar importantes remanescentes florestais, com representatividade nas diferentes fitofisionomias ocorrentes no Estado.

Uma Unidade de Conservação (UC) classificada como de Proteção Integral pela Lei Federal nº 9985/2000 (SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza), o PNI tem sua importância internacional claramente demonstrada através da categoria que o coloca como um Patrimônio Natural da Humanidade, reconhecido pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), em 1986.

Devido à sua extensa área e à diversidade de características ambientais (relevo, clima, geomorfologia, solos, entre outros), o PNI é formado por diferentes fitofisionomias, entre as quais podem ser encontradas Florestas Estacionais Semidecíduais (FES) e regiões de transição entre a FES e a FOM (Floresta Ombrófila Mista), chamadas de Ecótonos.

Mesmo com a enorme importância desse remanescente, e após 75 anos de sua criação, a falta de estudos científicos nessa Unidade de Conservação limita o conhecimento sobre a ecologia de suas florestas e impede avanços para melhoria das técnicas de manejo, restauração e conservação de áreas florestais remanescentes e degradadas na região de seu entorno (SOUZA, 2015). Gauto (1997) também ressalta que a falta de conhecimentos técnicos da dinâmica e estática das florestas não permite efetuar o planejamento com adequada acurácia. Seguindo a mesma concepção, Longhi-Santos (2013) destaca a necessidade de estudos que permitam a compreensão do comportamento de um indivíduo ou de uma população, em função do meio em que se desenvolvem, justificando-se na preocupação em recuperar e preservar essas florestas, visando torná-las menos

fragilizadas, uma vez que se poderão conhecer os processos em que estão envolvidas e quais as melhores ações práticas de conservação.

Assim, com vistas a aumentar e contribuir com estudos sobre florestas nativas foi analisado a dinâmica florestal do PNI e de suas fitofisionomia, incluindo as variações da distribuição diamétrica, da área basal e do volume comercial no período de 2011 a 2015, bem como taxas de mortalidade e ingresso. Em paralelo foram testadas seis funções densidade de probabilidade para uma rede de parcelas permanentes instaladas ao longo do gradiente altitudinal do PNI.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliação da dinâmica florestal do Parque Nacional do Iguaçu baseada nas variações da distribuição diamétrica, área basal e volume comercial mensuradas em parcelas permanentes no período de 2011 e 2015.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analisar e comparar o desempenho das funções densidade de probabilidade Normal, LogNormal, Gama, Beta, Weibull 3p e SB de Johnson para expressar a distribuição diamétrica no Parque Nacional do Iguaçu em diferentes anos de medição;
- Avaliar as alterações da distribuição diamétrica, área basal e volume comercial para o Parque Nacional do Iguaçu e para as quatro fitofisionomias identificadas em seu interior, contemplando o período de 2011 a 2015 e considerando mortalidade, ingresso e movimentação das árvores nas classes diamétricas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FLORESTAS NO ESTADO DO PARANÁ

Estado tipicamente florestal, o Paraná tinha originalmente 85% do seu território coberto por florestas. Essa era a situação do estado no final do século XIX. O extremo oeste era uma região de florestas até meados da década de 60. Foi a partir daí que o processo mais intenso de devastação foi paulatinamente isolando o Parque Nacional do Iguaçu e, já em 1980, o mesmo estava praticamente ilhado dentro do Brasil (ROCHA, 1997).

O processo de degradação dos ambientes naturais no Paraná ocorreu na direção leste para o oeste. A exploração madeireira, culminando com a intensa agropecuária e posteriormente por diferentes ciclos econômicos iniciou-se nos arredores de Curitiba, alcançando gradativamente as regiões centrais do Estado, e sucessivamente o norte, noroeste e oeste, resultando em intensa degradação ambiental, maior do que a ocorrida no litoral. As regiões de solos mais férteis e planas foram as mais intensamente degradadas, porque primitivamente possuíam as florestas mais exuberantes e de maior diversidade, não existindo mais remanescentes significativos delas (CAMPANILI e PROCHNOW, 2006).

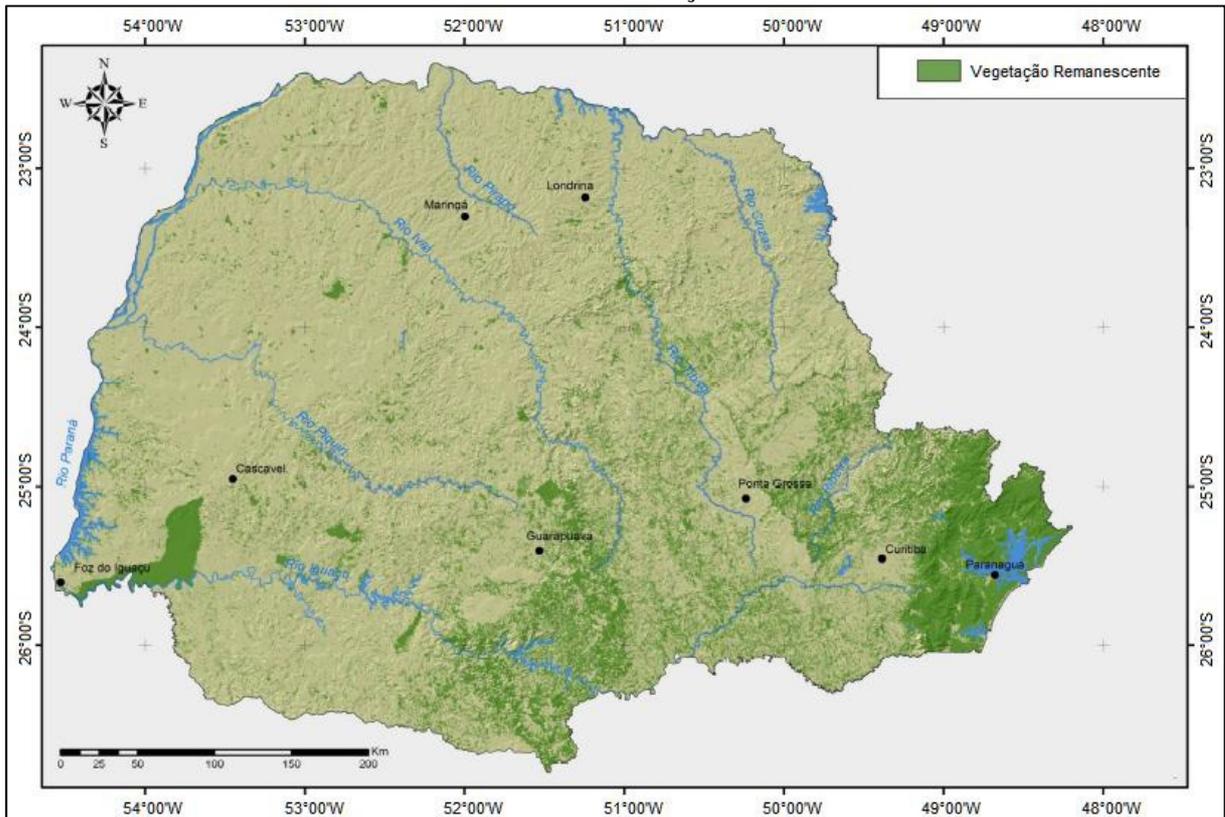
Entre 1930 e 1960, Reinhard Maack realizou estimativas sobre o processo de retirada da cobertura florestal do Paraná, sendo o único a avaliar tais alterações. Segundo as próprias palavras de Maack, *“nossos levantamentos, desde o início da colonização do Paraná até o ano de 1930, isto é, num espaço aproximado de 35 anos, foram desmatados apenas 38.800 km² através de queima e aproveitamento de madeira. Até 1955, portanto, num período de 25 anos, foram destruídos 98.688 km² e, de 1955 até 1960, mais 13.500 km². Os dados para o quinquênio de 1961 a 1965 são incertos, em virtude da falta de novos levantamentos exatos e do grande incêndio florestal de 1963. Dos primitivos 167.824 km² de mata virgem foram derrubados 119.688 km² de mata pluvial tropical-subtropical até 1965, sendo 79.888 km² destruídos nos últimos 30 anos”* (CAMPANILI e PROCHNOW, 2006).

Essa exploração desregrada e inconsequente foi historicamente mantida pela ausência de informações mais precisas sobre o estado de conservação dos diferentes biomas ocorrentes no território paranaense. Atualmente já se dispõem de

ferramentas bastante precisas para se monitorar a condição de manutenção de áreas naturais ainda remanescentes (CAMPANILI e PROCHNOW, 2006).

Accioly (2013) realizou mapeamento dos remanescentes de vegetação no Estado do Paraná, e concluiu que a área recoberta por vegetação totaliza 3.700.056,35 ha, o que representa 18,51% de todo o seu território (Figura 1).

FIGURA 1 – REMANESCENTE DE VEGETAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: ACCIOLY (2013).

Embora o estabelecimento de unidades de conservação seja uma ferramenta importante para a conservação ambiental, não é totalmente efetiva. Ilhas isoladas com unidades de conservação não são ideais. É necessário o planejamento da paisagem, estabelecendo um zoneamento que contemple áreas de preservação e outras com diferentes níveis de manejo, além da restauração de florestas e estabelecimento de corredores de ligação entre fragmentos (CAMPANILI e PROCHNOW, 2006).

3.2 O TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE

3.2.1 Geologia, Geomorfologia e Solos

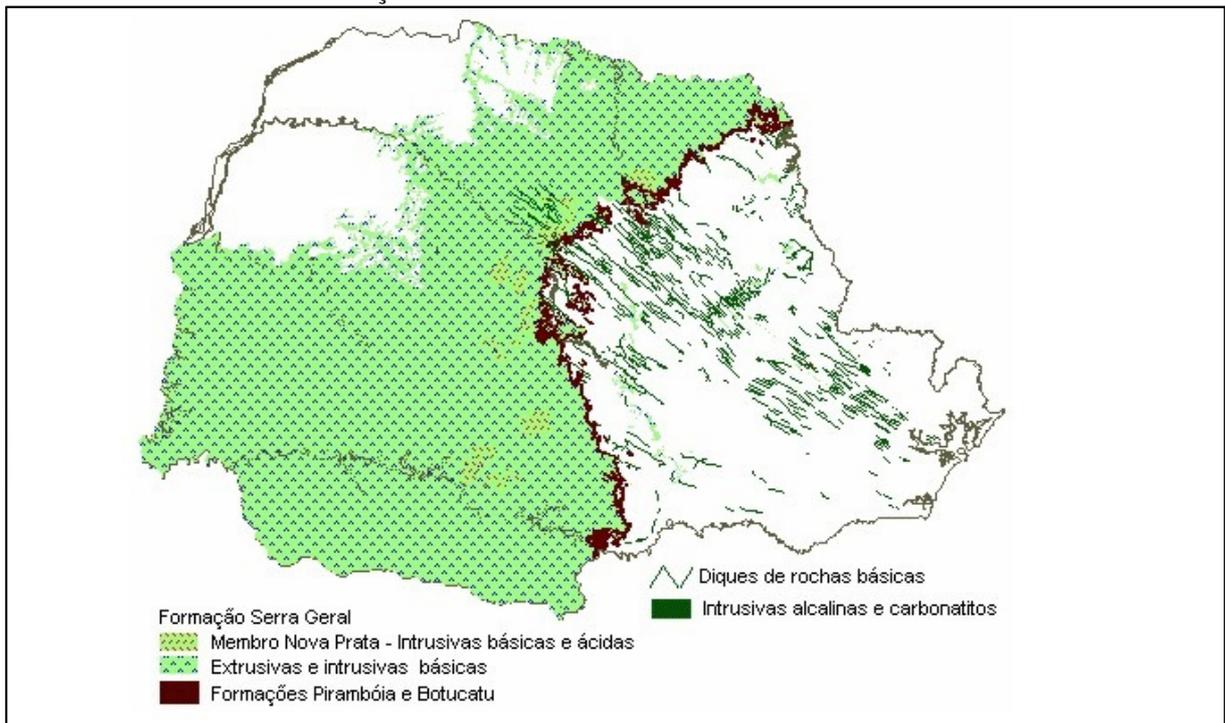
O Parque Nacional do Iguaçu (PNI) está inserido no Terceiro Planalto Paranaense, também conhecido como Planalto de Guarapuava.

Terceiro Planalto, Planalto de Guarapuava, ou também conhecido como Arenito-Basáltico, abrange cerca de 2/3 do território paranaense e tem suas terras delimitadas a oeste pela escarpa da Esperança (Serra Geral). O terreno inclina-se suavemente para Oeste até encontrar a calha do rio Paraná e a calha do rio Paranapanema nas direções norte e nordeste. As maiores altitudes dessa região encontram-se junto à escarpa da Esperança, alcançando 1.250 metros (OKA-FIORI *et al.*, 2006).

O terceiro planalto paranaense representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da serra Geral do Paraná, sendo denominada *serra da Boa Esperança*, ou escarpa mesozoica. Essa escarpa é composta por estratos do arenito São Bento Inferior ou Botucatu, com espessos derrames de lavas básicas muito compactas do *trapp* do Paraná, que na testa da escarpa apenas evidenciam espessuras de 50 a 200 metros, atingindo, entretanto, mais para o oeste, 1.100 a 1.750 metros (MAACK, 2012).

Os sedimentos paleozóicos afloram em faixas relativamente estreitas do leste paranaense. Na maior parte da área da bacia eles estão recobertos por rochas mesozóicas. Essas, por sua vez, afloram regionalmente, sendo subdivididas nos grupos São Bento e Bauru, e sedimentos continentais cenozoicos (Figura 2) (ARCHELA, FRANÇA e CELLIGOI, 2003).

FIGURA 2 – SEDIMENTAÇÃO E MAGMATISMO MESOZOICO NO ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: MINEROPAR (2015).

O Grupo São Bento é composto por sedimentos de idade triássica, representados pelos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu, e pelos derrames vulcânicos, do tipo basáltico, da Formação Serra Geral, ocorridos durante os períodos Jurássico e Cretáceo. O Grupo Bauru é composto por sedimentos arenáceos, representados pelas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília. Finalmente, os sedimentos cenozóicos ocorrem de forma irregular e restrita, normalmente margeando as drenagens fluviais atuais (ARCHELA, FRANÇA e CELLIGOI, 2003). Entretanto, na área em que está inserida propriamente dita as Cataratas do Iguaçu, apenas afloram rochas da Formação Serra Geral (MOREIRA, 2008).

Quanto à geomorfologia, um dos aspectos que mais chamam a atenção é a frequência das formas tabulares, cuja incidência no sudoeste do Paraná é uma constante. Aliás, a paisagem tabuliforme, principalmente nas regiões basálticas, embora em boa parte subordinada à estrutura dos derrames é também decorrente dos fatores climáticos vigentes no transcurso do Quaternário, em função da alternância de climas áridos, semiáridos e úmidos, que interagiram com outras causas para a consolidação da paisagem atual (FERREIRA, 1999).

Em termos gerais, ITCG (2008) apresenta a ocorrência de seis principais ordens de solos no terceiro planalto paranaense, sendo: Latossolos, Argissolos, Nitossolos, Cambissolos, Gleissolos e Neossolos.

3.2.2 Formações Vegetais

Segundo IBGE (2012), a história da fitogeografia brasileira inicia-se em 1824, com a classificação desenvolvida pelo naturalista alemão Carl Friedrich Philipp von Martius. Depois de Martius, houve várias tentativas de se desenvolver novas classificações, porém, nenhuma alcançou completa aceitação e consenso.

Atualmente, as terminologias apresentadas no Manual Técnico da Vegetação Brasileira, publicado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em sua 2ª edição no ano de 2012, foram bem aceitas, e existe certo consenso em sua utilização (SOUZA, 2015).

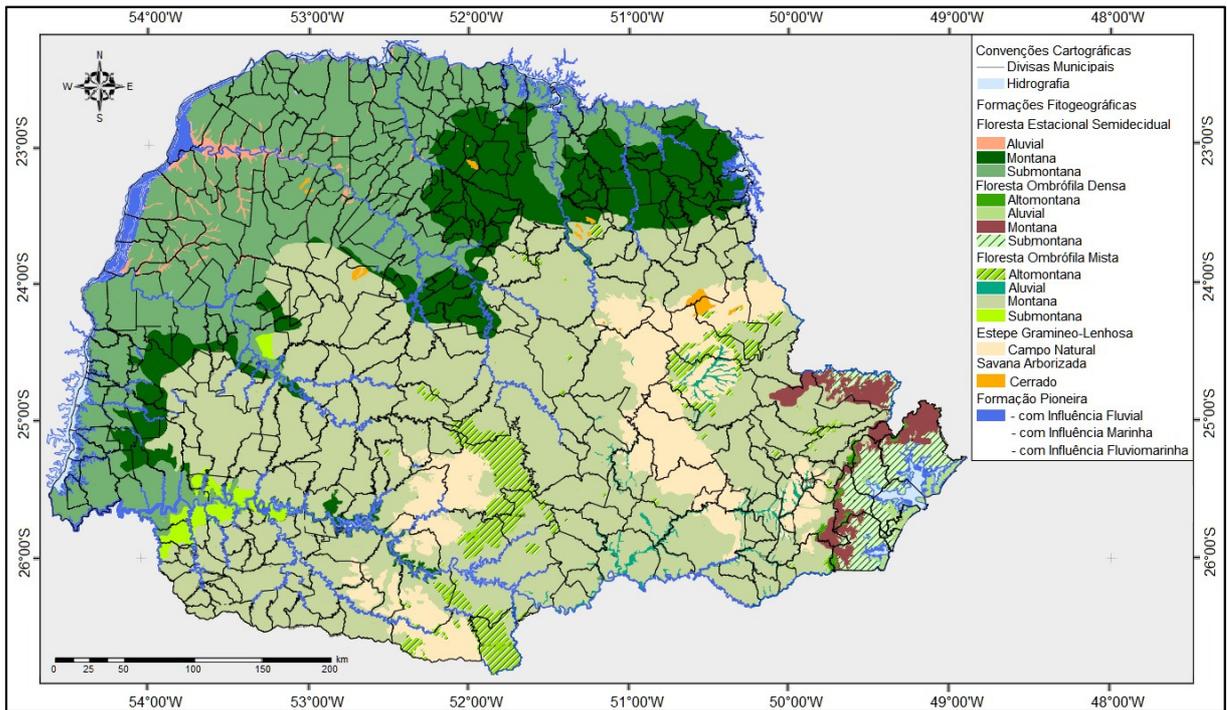
A vegetação é, em primeira linha, a expressão do clima em relação à latitude e altitude. Da classificação climática e respectivas tabelas deduz-se que no Estado do Paraná deve-se esperar chuva em todos os meses do ano. A mata conquistou a maior parte da área do Estado sob os fatores climáticos predominantes no quaternário recente. Ainda no quaternário antigo, os campos limpos e cerrados revestiam grande parte do Paraná como vegetação clímax de um clima alternante semiárido e semiúmido (MAACK, 2012).

A Mata Atlântica apresenta variações florísticas muito maiores que as outras formações florestais. Isto se deve às variações climáticas que ocorrem ao longo de sua área de distribuição (LEITÃO FILHO, 1987).

Segundo Roderjan *et al.* (2002), a superfície do estado do Paraná apresenta diversidade fitogeográfica notável, onde os diferentes tipos de florestas ocorrem entremeados por formações herbáceas e arbustivas, resultantes de peculiaridades geomorfológicas, pedológicas e climáticas.

O mapa da vegetação paranaense publicado pelo ITCG em 2009, baseado no mapa publicado por Maack em 1950 (Figura 3), apresentou as tipologias florestais ocorrentes no Estado. No terceiro Planalto Paranaense podem ser observadas duas formações de vegetação florestal: a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual.

FIGURA 3 – FITOGEOGRAFIA DO ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: SOUZA, 2015, adaptado de ITCG (2009).

Define-se como área de abrangência da FOM as áreas de ocorrência natural do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). Essa espécie ocorre em uma região de clima pluvial subtropical, em altitudes que vão de 500 a 1.200 m, principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CAMPANILI e PROCHNOW, 2006).

A FOM tem seu desenvolvimento intimamente relacionado à altitude e, no Paraná, cresce, de modo geral, em altitudes superiores a 500 metros ou em linhas de escoamento do ar frio (RNPC e RVIA, 2002).

Esse tipo de vegetação possui uma composição florística dominada por gêneros primitivos como *Drymys* e *Araucaria* (australásicos) e *Podocarpus* (afro-asiático), sugere, face à altitude e à latitude do Planalto Meridional, uma ocupação recente a partir de Refúgios Alto-Montanos (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Mista, floresta típica da região sul do Brasil, apresentava uma área de distribuição original situada entre 200.000 a 250.000 km². A *Araucaria angustifolia* (pinheiro) e a *Ocotea porosa* (imbuia) são os componentes arbóreos de maior valor comercial nessa tipologia, sendo, portanto, alvo de intenso processo de exploração predatório (MEDEIROS, SAVI e BRITO, 2005).

Associadas à *Araucaria angustifolia* ocorrem espécies arbóreas de outras famílias, notadamente Lauraceae, Myrtaceae, Aquifoliaceae, Anacardiaceae,

Flacourtiaceae, Euphorbiaceae e Sapindaceae. As espécies mais importantes na composição dos estratos arbóreos dessa formação florestal são bastante variáveis, como resultado de condições ambientais diferenciadas ao longo de toda a área de sua ocorrência. Além da flora característica da FOM, devem ser mencionados outros elementos que constituem as comunidades epifíticas, herbáceas terrícolas e de lianas, componentes dos ambientes florestais pouco estudados, não só nessa formação, como em todas as demais que integram a Floresta Atlântica no Brasil (MELO, 2005).

A FOM é bastante representativa no oeste do Paraná, sendo que ocorrem três subclasses de formação: Altomontana, Montana e Submontana (ITCG, 2009).

Orellana *et al.* (2014) ressaltam a importância de se desenvolver estudos voltados para o conhecimento da distribuição diamétrica de espécies analisadas individualmente, ainda que essa tipologia florestal esteja reduzida a fragmentos, com o objetivo de avaliar a regeneração natural ou, mesmo, definir critérios de exploração, tendo em foco o manejo sustentável. Medeiros, Savi e Brito (2005) ressaltam que a criticidade da FOM é a carência de espaços legalmente protegidos, sob a forma de unidades de conservação, na sua área de ocorrência original.

O conceito ecológico da FES é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional, que determina a semidecuidade da folhagem da cobertura florestal (IBGE, 2012).

A porcentagem de árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem folhas individualmente, quando analisada a FES, essa deve se situar em torno de 20 a 50% na época desfavorável (CORAIOLA, 1997).

A FES é caracterizada pela exuberância em espécies, com árvores de grande porte como *Holocalyx balansae* (alecrim), *Parapiptadenia rigida* (angico), *Cedrela fissilis* (cedro), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Myrcarpus frondosus* (cabreúva), *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim) e *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) (IURK, 2005).

A FES é representada no estado do Paraná pela ocorrência de três subclasses de formações: Aluvial, Montana e Submontana (ITCG, 2009).

Santos, Kinoshita e Rezende (2009) destacaram que as Florestas Estacionais Semidecíduais do Brasil provavelmente integram um dos mais ameaçados e fragmentados ecossistemas na terra.

Dessa exuberante floresta original que cobria toda região oeste restaram poucos fragmentos de vegetação primária, alterados em sua estrutura e composição florística, ou ainda em estágios inicial, médio ou avançado de sucessão (MUCHAILH, 2007).

A cobertura florestal da Floresta Estacional Semidecidual foi praticamente dizimada, restando como remanescente significativo apenas o PNI, mesclado com um pequeno trecho de Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) (CAMPANILI e PROCHNOW, 2006).

As mudanças e os impactos ambientais são constantes e atualmente os fragmentos de vegetação são de tamanho reduzido e, portanto, pouco viáveis a médio e longo prazos. Isso demonstra a necessidade de alterações no padrão de uso do solo para que a biodiversidade dos ecossistemas possa ser mantida (MUCHAILH, 2007).

Os efeitos da fragmentação de habitats podem se comportar de maneira diversa, sobre os quais Muchailh (2007) cita:

“sobrevivência das populações, intensificação das competições, isolamento dos fragmentos, efeito de borda e perda de biodiversidade”.

Segundo Marangon *et al.* (2008), torna-se urgente a necessidade de avaliar a diversidade remanescente nos atuais fragmentos de FES, por meio de sua quantificação, bem como compreender a distribuição espacial de sua estrutura arbórea. Uma das formas é o estudo de sua distribuição diamétrica.

3.3 O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU (PNI)

3.3.1 História

A começar pelo nome, em tupi-guarani, Iguaçu significa água grande, numa referência às Cataratas que se situam dentro de seus limites (MOREIRA, 2000).

Os primeiros registros históricos da existência da região do Iguaçu datam do século XVI, com as expedições exploratórias realizadas pelos colonizadores espanhóis na Bacia do Prata (MOREIRA, 2000).

O descobrimento das cataratas do Rio Iguaçu pelo homem branco deve-se ao Capitão espanhol D. Alvar Nuñez Cabeza de Vaca, em 1542, que nomeado pelo

governador do Paraguai, comandou o primeiro reconhecimento em grande estilo do interior paranaense (FERREIRA, 1999).

Entretanto, o isolamento e dificuldade de acesso à área, além da presença de grupos indígenas hostis, manteve a região praticamente esquecida até o século XVIII, quando missionários jesuítas começaram a pesquisar a região. O trabalho deles foi interrompido com a expulsão dos jesuítas da América do Sul, em 1767 (ROCHA, 1997).

Toda a região ficava, originalmente, de acordo com a divisão de terras americanas pelo Tratado de Tordesilhas (1494), em território espanhol. Diversos conflitos entre portugueses e espanhóis se seguiram, devido à ação de bandeirantes portugueses, iniciada no século XVII. Através de dois tratados assinados entre ambos (Tratado de Madri, em 1750, e Tratado de Santo Ildefonso, em 1777), pela primeira vez foi reconhecido que os rios Paraná e Iguaçu seriam a fronteira portuguesa ocidental na região. Após a independência das ex-colônias, as disputas territoriais se seguiram. A fronteira com o Paraguai só foi definida em 1872, após a Guerra do Paraguai. Já com a Argentina, somente após o acordo de limites assinado no Rio de Janeiro em 1910 (ROCHA, 1997).

A foz do Rio Iguaçu, segundo Wanderbilt Duarte de Barros, foi sugerida como área ideal para se criar um Parque Nacional desde os idos de 1876 pelo engenheiro André Rebouças, devido às grandes belezas naturais daquela área para que se tivesse uma área de proteção à natureza e conservação das reservas naturais daquela região (PÉLLICO NETTO *et al.*, 1968).

O engenheiro brasileiro André Rebouças ficara tão deslumbrado com a paisagem da região que propôs a criação do Parque Nacional de Guaíra. “Desde a foz do Ivaí até a do Iguaçu, o rio Paraná reúne toda a gradação possível do belo ao sublime, do pitoresco ao assombroso!”, escreveu Rebouças no emocionado texto em defesa da criação do Parque, que começaria em Sete Quedas, no Rio Paraná, “formando uma prodigiosa escala de menor a maior e de maior a menor”, e se estenderia até o “magnífico salto do Iguaçu, alto de 50 metros, a 12 quilômetros de sua foz no Paraná, que muitos querem que seja mais belo do que o próprio Guaíra”. A proposta de Rebouças foi encaminhada formalmente ao Imperador D. Pedro II, em 1876 (RNPC e RVIA, 2002).

O povoamento dessa região se deu praticamente pouco antes da República, em torno de 1888, caracterizado pela colonização, seguida da extração de madeiras diversas e erva-mate (*Ilex paraguariensis*) (FERREIRA, 1999).

Em abril de 1916, Santos Dumont visitou as Cataratas e impressionou-se com a beleza das quedas, e manifestou que aquelas terras não deveriam estar sob o domínio de um particular. Três meses após, por meio do Decreto nº 653, de 28 de julho de 1916, os 1.008 hectares pertencentes até então ao Sr. Jesus Val foram desapropriados e deram início ao Parque (FERREIRA, 1999).

Em 20 de outubro de 1930, pelo Decreto nº 2.153, o Estado do Paraná amplia a área do Parque e, pelo mesmo decreto, doa as terras ao Governo Federal, que a partir desse, pelo Decreto nº 1.035, de 10 de janeiro de 1939, cria o Parque Nacional do Iguaçu, junto às cataratas do Iguaçu, estabelecendo que sua área “*será fixada depois do indispensável reconhecimento e estudo da região*” (FERREIRA, 1999).

O Parque Nacional do Iguaçu foi criado no governo Vargas, porém não serviu de incentivo para ativar o interesse do governo na preservação das florestas. Porém, dificilmente se poderia evitar um parque no Iguaçu porque os argentinos haviam estabelecido um, do seu lado das cataratas, dez anos antes (DEAN, 2013).

No dia 22 de dezembro de 1978, desocupou a área do Parque o último dos colonos passível de desapropriação. O Decreto nº 84.653, de 23 de abril de 1980, declarou de utilidade pública a área das empresas rurais inseridas nos limites do Parque Nacional do Iguaçu, tendo autorizado o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) a promover as desapropriações das referidas áreas na forma da legislação vigente, as quais foram, então, efetivadas (FERREIRA, 1999).

Pelo Decreto nº 86.876, de 01 de dezembro de 1981, foram estabelecidos os limites atuais, incluindo o leito do rio Iguaçu e as ilhas ali existentes, bem como excluindo uma área de cerca de 1.400 ha, no extremo norte do Parque, onde se instalou a Cidade de Santa Tereza do Oeste (FERREIRA, 1999).

Finalmente, em novembro de 1986, durante uma conferência da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), realizada em Paris, o Parque foi incluído na Lista de Patrimônio Natural da Humanidade (FERREIRA, 1999).

No entanto, em 1999, o PNI foi incluído, também pela UNESCO, na Lista dos Patrimônios da Humanidade em Perigo, em decorrência da então manutenção da Estrada do Colono, dos sobrevoos turísticos de helicóptero sobre o Parque e da demora na entrega de um novo plano para seu gerenciamento pelo governo brasileiro (RNPC e RVIA, 2002).

Até o ano de 1999, o PNI contava com três importantes instrumentos clássicos de planejamento e manejo. O primeiro deles era o Plano de Manejo publicado em 1981, o segundo era o Plano de Uso Público (PUP), de 1982 e o terceiro era o Plano de Ação Emergencial (PAE), de 1994 (FERREIRA, 1999).

O Plano de Manejo publicado em 1981 foi desenvolvido por Arnaldo Carlos Müller, em 1978, sendo esse o seu trabalho de mestrado no curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR, o qual teve o título de “Proposição de Manejo para o Parque Nacional do Iguaçu” (SOUZA, 2015).

Cabe ressaltar que o Plano de Manejo de 1981 previa a necessidade de sua atualização em prazo de 5 anos, mas somente em 1994, através do PAE, ele foi submetido à uma avaliação. Esse estudo constatou que menos de 30% das ações previstas haviam sido implantadas (RNPC e RVIA, 2002).

Tendo em vista a revisão do Plano de Manejo, a pesquisadora Sílvia Renate Ziller, em 1998, participou da Avaliação Ecológica Rápida (AER), caracterizando os diferentes estágios de desenvolvimento da vegetação por meio de pontos de observação distribuídos ao longo do Parque.

A revisão do Plano de Manejo do PNI foi publicada em 1999, resultado de levantamentos que envolveram fauna, flora, recursos hídricos, geologia, geografia, turismo, desenvolvimento regional, obras de infraestrutura e programas ambientais. Nesse plano de manejo foram estabelecidas metas e recomendações de algumas ações prevendo a utilização e preservação da Unidade de Conservação.

Autoridades e responsáveis pelo Parque se esforçam para realizar a melhoria da estrutura física, ampliando as possibilidades de uso público e educação ambiental da população linceira e seus visitantes, buscando dessa forma atingir os objetivos estabelecidos na revisão do Plano de Manejo (MOREIRA, 2008).

Diversos problemas ainda existem no Parque, alguns provocados por fenômenos naturais e muitos causados pela ação humana, dentre os quais se podem elencar como principais: incêndios, cheias, ventos, deficiência da zona tampão, poluição, contaminação e assoreamento dos rios, fragmentação florestal,

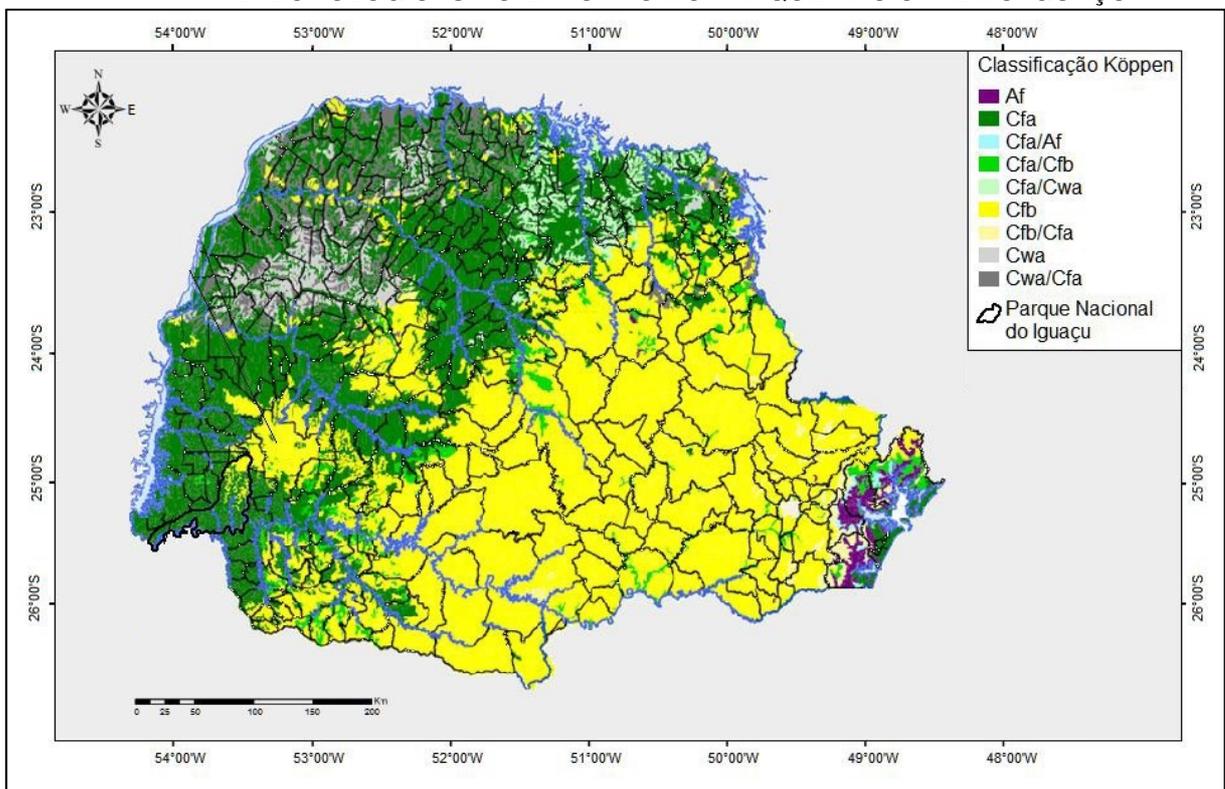
caça e pesca, roubo de palmito, estradas internas, estradas externas, iluminação noturna, animais domésticos, introdução e invasão de espécies exóticas, escapada de grandes felinos e fiscalização deficiente. Esses ameaçam constantemente o patrimônio natural protegido pelo Parque e exigem cuidados especiais (RNPC e RVIA, 2002).

Em 26 de dezembro de 2013, o ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) emitiu a portaria nº 269, na qual consta em seu artigo 1º: “*Promover a revisão integral do Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu.*”

3.3.2 Clima

A região geográfica que o PNI ocupa é caracterizada por um clima de transição (FERREIRA, 1999). De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é uma transição entre Cfa e Cfb, como pode ser observado no mapa publicado pelo ITCG (2008) (Figura 4).

FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARANÁ E ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NO ENTORNO DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.



FONTE: adaptado de SOUZA, 2015, adaptado de ITCG, 2008.

A classificação de Köppen mostra a fronteira entre o Cfa, que apresenta clima tropical, caracterizado pela ocorrência de duas estações chuvosas bem definidas, sem estações seca definida e com verões quentes, e o Cfb, que apresenta um clima temperado, em cujas condições as chuvas encontram-se distribuídas igualmente ao longo de todo o ano e a temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22°C (FERREIRA, 1999; SOUZA, 2015).

Segundo Moreira (2000), as temperaturas médias anuais variam entre 18 e 20°C, a máxima absoluta entre 34 e 36°C e a mínima absoluta entre -8 e -4°C. O regime de chuvas está entre 1.500 e 1.750 mm anuais.

Ferreira (1999) cita a presença de três ciclones que atingiram o PNI em 1998, destruindo duas grandes áreas da Floresta Estacional Semidecidual, tanto próximas à sede quanto à área próxima ao Posto de Informação e Controle (PIC) de Céu Azul e à Ilha do Sol.

Estudos realizados por Grimm *et al.*¹ (1997) mostram que, em condições de El Niño, a região Sul do Brasil é afetada pela ocorrência de chuvas acima do normal, tanto em intensidade quanto em relação à persistência (FERREIRA, 1999).

3.3.3 Geomorfologia e Solos

O relevo do Parque está subordinado à bacia hidrográfica do rio Iguaçu e apresenta gradiente de altitude que varia de 100 a 750 m à medida que se afasta da calha deste rio (SOUZA, 2015).

A área do PNI é um testemunho do vulcanismo que a região sofreu entre 120 e 165 milhões de anos atrás. Amplos derrames de lava, num tipo de vulcanismo por fissura, que se deu a partir de rachaduras no solo, condicionaram um relevo cujo espetáculo das Cataratas é exemplo típico. O empilhamento de lava formou degraus que propiciam as sucessivas quedas d'água (MOREIRA, 2000).

A evolução geológica regional está, fundamentalmente, condicionada ao tipo de vulcanismo que era amplamente predominante ao tempo desses fenômenos. Na região em que o Parque se encontra ocorrem rochas da formação Serra Geral. Essa formação é composta por derrames de magma predominantemente básico (basalto), os quais, além de incluir a porção oeste do Paraná, incluem também parte dos

¹ GRIMM, A. M.; GUETTER, A. K.; CARAMORI, P. H. **El Niño no Paraná: O Que se Pode Esperar em cada Região. Uma Análise Científica.** Informativo Técnico nº 1/97. SIMEPAR. Curitiba, 1997.

estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Mato Grosso, além de uma parte do Uruguai, Argentina e Paraguai na América do Sul. Foi um vulcanismo de fissura, ou seja, o magma era extravasado por meio de fendas (MOREIRA, 2008).

O PNI pode ser dividido em dois compartimentos geomorfológicos. O primeiro abrange a região Central e o Norte do Parque, sendo esse formado por um relevo mais movimentado, localmente escarpado, caracterizando interflúvios mais alongados e entalhados com colinas onduladas a fortemente onduladas. O segundo refere-se à porção Sul e é formado por colinas suavemente onduladas a onduladas, com predominância das formas tabulares que, a rigor, são uma constante nos derrames basálticos paranaenses (SALAMUNI *et al.*, 2002).

As doze lagoas que se encontram no interior do Parque, originadas de micro-explosões vulcânicas, compõem um mosaico de áreas úmidas, como brejos e banhados, o que torna o Parque uma amostra única desse tipo de ocorrência na região (MOREIRA, 2000).

Estudos realizados pela Embrapa identificaram quatro grandes grupos de solos no PNI: Latossolo Roxo, Terra Roxa, Solos Hidromórficos e Solos Litólicos (FERREIRA, 1999).

Souza (2015) encontrou as seguintes classes de solo no PNI: Nitossolo Vermelho Eutrófico, Gleissolo Melânico Tb Eutrófico, Neossolo Regolítico Eutrófico, Latossolo Vermelho Eutrófico e Latossolo Vermelho Distrófico.

3.3.4 Vegetação

Entre os ambientes que compõem o PNI predominam ambientes florestais, testemunhos da riqueza madeireira, característica de toda a região norte e oeste do Estado do Paraná (FERREIRA, 1999).

Uma das características mais marcantes do PNI é a imponência do maciço florestal que apresenta. Esse é o único e último remanescente florestal ecologicamente viável da Floresta Estacional Semidecidual (FES) no Paraná, que há pouco menos de um século recobria todo o oeste deste Estado (MOREIRA, 2000).

Localizado em uma faixa de transição de domínios morfoclimáticos, o PNI se encontra no extremo oeste do domínio dos Planaltos de Araucárias, a leste do

domínio do Chaco e ao sul do domínio Tropical Atlântico, recebendo também influência do domínio do Cerrado do Brasil Central (MOREIRA, 2000).

A área do Parque, tanto argentina como brasileira, constituem uma mesma unidade da paisagem que abrange uma zona de transição, entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, sendo a primeira conhecida no Brasil como Floresta das Araucárias ou Paranaense e a última no lado argentino como a Selva Misionera ou Selva Paranaense, ou ainda como Selva *Austrobrasileña* (RICOBOM, 2001). A vizinhança com o Parque Nacional del Iguazu, na Argentina, propicia contatos permanentes visando iniciativas conjuntas de conservação da biodiversidade (MOREIRA, 2000).

O Inventário de Reconhecimento do Parque Nacional do Iguazu, publicado em 1968, por Péllico Netto *et al.*, foi a primeira iniciativa de se realizar um levantamento preliminar da flora existente no PNI.

Ferreira (1999) caracterizou a ocorrência no PNI de três formações vegetais distribuídas de maneira heterogênea, em função de diferenças altitudinais e variações no meio físico, a saber: FES, nas formações Submontana, Montana e Aluvial, FOM Montana e Aluvial e Formações Pioneiras de Influência Fluvial, sendo estas distribuídas da seguinte maneira:

- *Floresta Estacional Semidecidual* (FES), formações:
 - *Submontana*, até níveis altitudinais de aproximadamente 400 metros;
 - *Montana*, acima desse patamar (400 metros) e em transição com FOM (com Araucária) e;
 - *Aluvial*, ao longo dos cursos d'água, onde o meio físico sofre influência direta de inundações periódicas nas épocas de maiores índices pluviométricos.
- *Floresta Ombrófila Mista* (FOM), formações:
 - *Montana*, em transição com a FES Montana, em níveis altitudinais acima de 500 metros e;
 - *Aluvial*, ao longo dos cursos d'água, onde o meio físico sofre influência direta de inundações periódicas nas épocas de maiores índices pluviométricos.
- *Formações Pioneiras de Influência Fluvial*, compondo áreas de solos instáveis sujeitos à condições extremas de inundação, em geral sobre

solos Hidromórficos, Gleis ou Orgânicos. São áreas mais comumente ocupadas por vegetação herbáceo-arbustiva, sendo frequentes capinzais compostos por espécies das famílias Cyperaceae e Poaceae.

O mapa da vegetação paranaense (Figura 3, apresentada no item 3.2.2) publicado pelo ITCG (2009) apresentou as mesmas formações vegetais apresentadas por Ferreira (1999), com exceção da FES Aluvial e da FOM Aluvial.

Segundo Moreira (2000), as Formações Pioneiras de Influência Fluvial aparecem nos arredores de lagoas, brejos e banhados, sendo caracterizada pela presença de capins, arbustos e árvores baixas.

A FES é formada por pelo menos três estratos mais ou menos distintos. O dossel é constituído por árvores que chegam a atingir alturas entre 15 e 25 metros, formando uma cobertura contínua, podendo-se destacar a presença de espécies como a imbuia, as canelas e o pau-marfim. Esse só é interrompido ocasionalmente pelas árvores de maior porte, que constituem o estrato emergente. Nesse estrato a predominância é de espécies que perdem as folhas durante o inverno, se destacando exemplares de espécies que podem atingir 30 metros de altura, como a grápia, o louro, o angico, o cedro, a peroba, a canafístula, os ipês, a timbauva e o alecrim. Árvores de menor porte, com alturas médias entre 5 e 15 metros constituem o estrato intermediário. Nesse se destacam o xaxim, o palmito, a laranjeira-do-mato e o caucho. É grande o número de bromélias, orquídeas, aráceas e lianas. Ao longo das várzeas do rio Iguaçu ocorre matagais de taquara e taquaruçu, bastante densos e intrincados (ROCHA, 1997).

Na FOM se destaca a presença da *Araucaria angustifolia* como espécie dominante no estrato superior, atingindo até 35 metros de altura. Apenas uma pequena área com cerca de 450 hectares dessa formação está inserida nos limites do Parque Nacional do Iguaçu, área essa que foi parcialmente afetada pelas ocorrências de repetidos incêndios florestais originados às margens da BR 277. A erva-mate, a casca d'anta, o guamirim, o jerivá, a canela e o açoita-cavalo são também comuns no sub-bosque. O recobrimento de troncos e galhos das árvores por líquens e musgos é superior quando comparada à FES, enquanto que o número de epífitas e lianas é menor na FOM (ROCHA, 1997).

As zonas ecotonais entre a FES e a FOM são muitas vezes amplas e de difícil delimitação com espécies típicas, dentre as quais está incluída a *Araucaria*

angustifolia, adentrando florestas tipicamente da formação FES (KERSTEN e RIOS, 2013). No PNI, em termos gerais, a distribuição da FES é limitada a altitudes de cerca de 600 metros, a partir da qual começa a se formar uma área de transição com a FOM (RNPC e RVIA, 2002).

O PNI é um dos raros locais onde ainda se podem observar as mudanças de vegetação a partir da variação de altitude. Os diferentes tipos de floresta estão distribuídos no Parque de forma heterogênea, em função de fatores diversos, como altitude, meio físico e intervenções antrópicas ocorridas no passado (RNPC e RVIA, 2002; FERREIRA, 1999).

De acordo com o Plano de Manejo do PNI, revisado em 1999, estudos relacionados à flora ainda são escassos. Destaca-se neste documento que, sob este aspecto, existe apenas a Avaliação Ecológica Rápida (AER), feita durante o processo de revisão do Plano. As pesquisas em andamento são mais fortemente relacionadas à fauna, nas quais podem ser observados estudos sobre a bioecologia da onça-pintada e levantamentos de morcegos (FERREIRA, 1999).

Nesse ambiente singular, novas espécies da flora e da fauna – algumas ainda pouco estudadas e outras já comprovadamente ameaçadas de extinção – a riqueza da diversidade biológica do Parque constitui um universo ainda a ser descoberto. Por ser uma das raras áreas contínuas de floresta bem conservada na Mata Atlântica, o PNI também oferece a possibilidade de estudos comparativos sobre os efeitos da fragmentação de áreas naturais na diversidade biológica (RNPC e RVIA, 2002).

O Parque protege espécies representativas da biodiversidade, sendo algumas em extinção, como a onça-pintada, a puma, o jacaré de papo amarelo, o gavião real, além de espécies da flora como o pinheiro e a peroba-rosa (MOREIRA, 2008).

De acordo com Vega² (2003), citado por Moreira (2008), foram registrados no Parque 200 espécies de árvores, 448 de aves, 71 de mamíferos, 36 de répteis, 20 de anfíbios e 250 espécies de borboletas.

Apesar da diversidade observada, algumas espécies características de florestas primárias, como o ipê-roxo e o xaxim-bugiu, raramente aparecem,

² VEGA, S. G. **Iguazu: Lãs leyes de la selva**. Buenos Aires: Contacto Silvestre Ediciones, 2003.

evidenciando o grau de exploração a que foi submetida a área hoje protegida pelo Parque (RNPC e RVIA, 2002).

O trabalho mais recente desenvolvido no PNI sob o aspecto de flora é o de Souza (2015), que em seu doutorado no curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR, apresentou a tese intitulada “Fitossociologia e Dinâmica da Vegetação Arbórea no Parque Nacional do Iguaçu”.

Souza (2015), trabalhando com parcelas permanentes no Parque Nacional do Iguaçu (PNI) classificou-as em quatro formações vegetais (subgrupos), sendo elas: Ecótono FOM/FES, FES Montana, FES Submontana Típica e FES Submontana Úmida. A classificação foi realizada com o uso da análise multivariada, denominada *Two Way Indicator Species Analysis “TWINSpan”*.

O subgrupo Ecótono FOM/FES apresentou as seguintes espécies preferenciais: *Alchornea glandulosa*, *Allophylus edulis*, *Annona emarginata*, *Araucaria angustifolia*, *Banara tomentosa*, *Casearia decandra*, *Casearia obliqua*, *Citrus sinensis*, *Dalbergia frutescens*, *Hennecartia omphalandra*, *Ilex paraguariensis*, *Luehea divaricata*, *Matayba elaeagnoides*, *Myrsine umbellata*, *Nectandra lanceolata*, *Ocotea indecora*, *Parapiptadenia rigida*, *Senegalia recurva* e *Styrax acuminatus*; caracterizando assim a florística da região de Ecótono entre FOM e FES nesta região (SOUZA, 2015).

A espécie indicadora do subgrupo FES Montana foi *Baufourodendron riedelianum* e as espécies preferenciais foram *Aspidosperma polyneuron*, *Calliandra foliolosa*, *Cecropia pachystachya*, *Eugenia burkartiana*, *Ficus luschnathiana*, *Guarea kunthiana*, *Holocalyx balansae*, *Inga marginata*, *Ixora venulosa*, *Jacaratia spinosa*, *Myrocarpus frondosus*, *Plinia rivularis*, *Psychotria carthagenensis*, *Sebastiania brasiliensis*, *Sebastiania commersoniana*, *SeQUIERIA guaranitica*, *Trichilia catigua*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia elegans* e *Urera bacifera* (SOUZA, 2015).

Entre os subgrupos Ecótono FOM/FES e FES Montana, as espécies não preferenciais foram *Alchornea triplinervia*, *Cabrlea canjerana*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Casearia sylvestris*, *Cedrella fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Chrysophyllum marginatum*, *Cordia ecalyculata*, *Cordia trichotoma*, *Cupania vernalis*, *Diatenopteryx sorbifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Lonchocarpus campestris*, *Mollinedia clavigera*, *Machaerium stipitatum*, *Nectandra megapotamica*, *Ocotea silvestris*, *Ocotea diospyrifolia*, *Prockia crucis*, *Prunus myrtifolia*, *Styrax leprosus*, *Syagrus romanzoffiana* e *Sorocea bonplandii* (SOUZA, 2015).

As espécies preferenciais do subgrupo FES Submontana Típica foram *Acacia bimucronata*, *Alchornea glandulosa*, *Aspidosperma polyneuron*, *Casearia sylvestris*, *Cecropia pachystachya*, *Citrus sinensis*, *Cordia ecalyculata*, *Eugenia burkartiana*, *Ficus luschnathiana*, *Guarea kunthiana*, *Inga marginata*, *Ocotea indecora*, *Ocotea silvestris* e *Trichilia. clausenii* (SOUZA, 2015).

As espécies preferenciais do subgrupo FES Submontana Úmida foram *Banara tomentosa*, *Casearia obliqua*, *Cordia americana*, *Cupania vernalis*, *Dalbergia frutescens*, *Eugenia subterminalis*, *Lonchocarpus nitidus*, *Matayba elaeagnoides*, *Myrocarpus frondosus*, *Sebastiania commersoniana*, *Seguiera guaranitica* e *Trichilia elegans*. Este subgrupo foi denominado FES Submontana Úmida (SOUZA, 2015).

Entre os subgrupos FES Submontana Típica e FES Submontana Úmida, as espécies não preferenciais foram *Alchornea triplinervia*, *Annona emarginata*, *Allophylus edulis*, *Bastardiopsis densiflora*, *Balfourodendron. riedelianum*, *Cabralea canjerana*, *Casearia. decandra*, *Cedrella fissilis*, *Calliandra foliolosa*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Chrysophyllum marginatum*, *Campomanesia. xanthocarpa*, *Cordia trichotoma*, *Diatenopteryx sorbifolia*, *Holocalix balansae*, *Hennecartia omphalandra*, *Ixora venulosa*, *Jacaranda micrantha*, *Jacaranda spinosa*, *Lonchocarpus campestris*, *Luehea divaricata*, *Machaerium stipitatum*, *Myrsine umbellata*, *Nectandra lanceolata*, *Nectandra megapotamica*, *Ocotea. diospyrifolia*, *Pilocarpus pennatifolius*, *Plinia rivularis*, *Prockia crucis*, *Prunus myrtifolia*, *Parapiptadenia rigida*, *Sorocea bonplandii*, *Syagrus romanzoffiana*, *Trichilia catigua* e *Urera baccifera* (SOUZA, 2015).

De acordo com Souza (2015), as maiores altitudes no extremo norte do Parque, com sua respectiva redução na temperatura média e maior umidade, aliada à redução na fertilidade e aumento nos teores de alumínio do solo, favoreceram a ocorrência de espécies típicas das florestas ombrófilas. Por toda a extensão Central e Sul do Parque, as maiores temperaturas e a alta fertilidade nos solos foram preferenciais à ocorrência de espécies estacionais. Nessas regiões, a variação da umidade regradada pela geomorfologia e proximidade aos rios afetou a distribuição da maioria das espécies e permitiu a divisão da FES Submontana em Típicas, recobrando os platôs e vales de pequenos rios orientados no sentido oeste-leste, e florestas Úmidas, recobrando os vales dos maiores rios orientados no sentido norte-sul.

3.4 FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE (FDP)

Agrupando-se os diâmetros das árvores (DAP's) em classes, pode-se caracterizar o padrão da distribuição diamétrica de uma floresta. Para isso, deve-se definir um diâmetro mínimo de medição, bem como a amplitude da classe de diâmetro para a elaboração de uma tabela de frequência. A quantidade de classes, bem como sua amplitude é variável e depende da magnitude dos diâmetros da base de dados. No Brasil, muitos trabalhos vem utilizando amplitudes de classes entre 2 e 2,5 cm para plantios florestais e entre 5,0 e 10,0 cm para florestas inequidêneas (naturais) (SOARES, PAULA NETO e SOUZA, 2011).

O conhecimento da estrutura diamétrica permite avaliar o comportamento da espécie, tendo em vista os vários fatores que podem interferir em seu crescimento, favorecendo o seu manejo, considerando que todas as atividades e manejo de exploração comercial causam alterações na estrutura diamétrica (BARTOSZECK *et al.*, 2004). Fornece ainda uma base para identificar a intensidade da regeneração natural em nível de espécie e da floresta como um todo, sendo também uma importante medida de estoque (SCOLFORO, 1998).

A Floresta Amazônica e a Mata Atlântica, por exemplo, que são florestas inequidêneas (árvores de diferentes idades) tendem a apresentar uma distribuição diamétrica no formato *J-invertido*, podendo apresentar, também, diferentes configurações devido ao seu estágio de desenvolvimento (SOARES, PAULA NETO e SOUZA, 2011).

As funções densidade de probabilidade (FDPs) são atualmente as principais ferramentas na modelagem estrutural de plantios florestais e florestas multiêneas e heterogêneas, sendo o quesito base de um modelo de crescimento e produção por distribuição diamétrica (MCPDD) quando associadas aos atributos da população em análise (NASCIMENTO, 2012).

Uma FDP define a probabilidade associada a cada valor da variável em estudo, ou da classe de diâmetro nesse caso particular. Ou, ainda, ela descreve a distribuição da frequência relativa e, ou, absoluta dos vários tamanhos de árvores (CAMPOS e LEITE, 2009). Segundo Scolforo (2006), na biometria florestal as funções densidade de probabilidade (FDP) podem ser utilizadas para descrever a estrutura diamétrica de populações florestais. Ainda, segundo o mesmo autor, essas

distribuições permitem a obtenção da probabilidade das árvores ocorrerem dentro de intervalos ou classes de diâmetro, em que haja limites inferior e superior.

Existem diversas FDPs que são comumente utilizadas no setor florestal, conforme exposto anteriormente.

Finger (1982) utilizou as FDPs Normal, LogNormal, Gama, Beta, Weibull 3p e SB de Johnson para análise da distribuição de diâmetros de acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wild.), em diferentes povoamentos e idades.

3.4.1 FDP Normal

A justificativa para uma distribuição normal de uma variável aleatória contínua é baseada no pressuposto de que, em partes, as variáveis desconhecidas tem um efeito aleatório aditivo independente sobre a variável. A distribuição de uma variável terá tendência a uma distribuição normal, independentemente da forma da distribuição de cada um desses componentes aditivos (VAN LAAR, 1991).

A distribuição Normal é definida unicamente por seus parâmetros μ e σ^2 (VAN LAAR, 1991).

3.4.2 FDP LogNormal

Uma variável aleatória X tem distribuição LogNormal se $\ln x$ é normalmente distribuído, ou seja, se X está na forma e^z , sendo z normal (SCOLFORO, 1998).

A FDP LogNormal assume que os efeitos aleatórios independentes de fatores não controlados em uma variável X são multiplicativos em vez de aditivos (VAN LAAR, 1991).

Essa distribuição é uma alternativa à distribuição normal, já que os logaritmos dos diâmetros, mais previsivelmente que os diâmetros podem seguir a distribuição normal. Nesse caso a distinção para a distribuição normal é que para obter a média (μ) e a variância (σ^2) deve-se antes transformar os valores de diâmetro para seus respectivos logaritmos (SCOLFORO, 1998).

3.4.3 FDP Gama

É uma função densidade de probabilidade flexível, podendo ser aplicada tanto em florestas nativas quanto em plantadas. Pode assumir ou ajustar-se a diferentes tipos de curvas, passando por diversos graus de assimetria (SCOLFORO, 1998).

3.4.4 FDP Beta

A distribuição Beta é muito flexível, podendo assumir várias formas para uma ampla faixa de distribuição de diâmetros. A função densidade de probabilidade (FDP) tem limites definidos entre o menor e o maior diâmetro, os quais restringem todos os diâmetros dentro desses limites. A desvantagem desse tipo de distribuição, no entanto, é que a FDP deve ser numericamente integrada para obter as probabilidades nos vários intervalos das classes diamétricas, uma vez que a função de distribuição acumulativa não existe na forma fechada (SCOLFORO, 1998).

3.4.5 FDP Weibull 3p

Fischer e Tippett, em 1928 propuseram a distribuição Weibull, tendo sido desenvolvida independentemente por Waloddi Weibull, físico sueco em 1951 no estudo da resistência de materiais. Provavelmente após a segunda guerra mundial, com ênfase no estudo de resistência de materiais, o trabalho de Weibull se destacou e a distribuição passou a ser chamada pelo seu nome. No meio florestal foi aplicada primeiramente por Bailey e Dell em 1973 (SCOLFORO, 1998). A FDP Weibull pode ser apresentada com 2 e 3 parâmetros.

3.4.6 FDP SB de Johnson

Uma das funções densidade de probabilidade mais destacadas é a distribuição SB de Johnson (BARRA *et al.* 2011).

A distribuição SB de Johnson foi descrita primeiro por Johnson em 1949, sendo apresentada na área florestal por Hafley e Schreuder em 1977 (SCOLFORO, 1998).

A FDP SB de Johnson tem uma considerável flexibilidade em termos de sua capacidade para ajustar o conjunto de dados e é relativamente simples de ser aplicada. Quando os limites superiores e inferiores do conjunto de dados são conhecidos, a estimativa dos parâmetros da distribuição é facilmente computada (FERREIRA, 2011).

3.5 PROGRAMAÇÃO NÃO-LINEAR

A programação não-linear (PNL) é uma ferramenta da Pesquisa Operacional pertencente à Programação Matemática (ORELLANA, 2009). Barra *et al.* (2004) recomendam a utilização da programação não-linear como ferramenta no ajuste de distribuições diamétricas, visando a minimização da maior diferença entre a frequência observada e a frequência estimada acumulada, sendo esta positiva ou negativa, utilizada no teste de Kolmogorov-Smirnov. Em tese, a utilização da PNL tem por objetivo a minimização da soma dos quadrados dos resíduos.

3.6 TESTE DE ADERÊNCIA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

O teste de Kolmogorov-Smirnov compara a frequência acumulativa estimada com a frequência acumulativa observada. O ponto de maior divergência entre as duas distribuições é o valor D_{calc} de Kolmogorov-Smirnov (SCOLFORO, 1998).

Para a análise, tem-se que se o valor D_{cal} for menor que o valor tabelado (D_{tab}), então a função de densidade de probabilidade apresenta boa aderência aos dados das frequências observadas.

Téo *et al.* (2011) observaram que, nos resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov, quanto maior for o número de dados utilizados para estruturar a distribuição de frequências, menor é o valor de D_{tab} , dificultando a existência de aderência satisfatória da FDP.

3.7 DINÂMICA FLORESTAL

A heterogeneidade na composição das espécies, idades e tamanhos são um dos muitos fatores que tornam as florestas naturais muito complexas (SANQUETTA *et al.*, 1995).

O entendimento do comportamento das espécies, em condições naturais ou de forma manejada, pressupõe compreender a dinâmica de uma floresta. Informações dessa natureza podem auxiliar na adoção de técnicas adequadas, visando à redução dos impactos ambientais negativos e possibilitando a conservação e manutenção da floresta (SANTOS *et al.*, 2012).

Visualizar as mudanças, determinar suas principais causas e avaliá-las qualitativa e quantitativamente são o caminho para compreender os fenômenos que ocorrem na natureza (NAPPO *et al.*, 2005).

Esse processo de dinâmica que ocorre em uma floresta se compõe de três importantes indicadores, conhecidos como crescimento, mortalidade e ingresso/recrutamento. O estudo desses parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas na composição e estrutura da floresta (MENDONÇA, 2003).

A estimativa destes parâmetros é obtida, em geral, através de inventário florestal contínuo com o uso de parcelas permanentes. Dessa forma, a análise do crescimento poderá permitir o entendimento dos processos por meio dos quais ocorrem mudanças, em níveis de espécies e floresta (STEPKA, 2008).

3.7.1 Crescimento

É de suma importância para o manejador florestal o conhecimento preciso do crescimento florestal. Tendo como base o número de árvores em cada classe diamétrica é possível calcular a área basal e o volume do povoamento. A variação desses parâmetros pode ser estimada pela mudança na frequência de indivíduos, o que resulta na mudança no número de árvores de uma classe diamétrica para outra (SANQUETTA *et al.*, 1996).

Souza *et al.* (1993) apresentaram em suas conclusões, reduzido crescimento em diâmetro, o que reflete no tempo necessário para a mudança das árvores de uma classe diamétrica para a seguinte, no caso de povoamentos florestais não-manejados.

O baixo índice médio de crescimento volumétrico observado em florestas nativas pode ser explicado pelo fato de que as espécies em estágio sucessional mais avançado crescem menos, como é conhecido na literatura (PÉLLICO NETTO, CORAIOLA e WEBER, 2008).

3.7.2 Mortalidade

Segundo Souza e Soares (2013), considera-se morta a árvore que estiver viva em uma determinada ocasião de monitoramento e não mais na ocasião seguinte.

Estudos com florestas avançadas no processo sucessional nos trópicos têm apresentado taxas de mortalidade anual com valores em torno de 1% a 2% (GOMIDE, 1997).

Scolforo *et al.* (1996) estudando uma Floresta Semidecídua Montana em Lavras, Minas Gerais, concluíram que a taxa média de mortalidade da floresta está em conformidade com a literatura florestal mundial (1,0% ao ano), e que embora em termos absolutos morram mais árvores nas classes de menores diâmetros, em termos percentuais ou relativos, a mortalidade é maior nas classes de maior diâmetro.

Chagas *et al.* (2001) analisaram a dinâmica de populações de espécies arbóreas no período de 1992-1996, em um fragmento de FES Montana (Reserva Florestal da UFLA – Universidade Federal de Lavras), no município de Lavras, MG. Dentre 51 espécies analisadas, as taxas de mortalidade variaram entre 0,00 e 20,28% ao ano.

Em uma formação de Floresta Estacional Semidecidual Montana no município de Cássia, MG, Coraiola (2003) encontrou uma taxa de mortalidade de 2,78% ao ano. Manzatto (2005), trabalhando com a FES Montana em Rio Claro, SP, encontrou uma taxa de mortalidade para a comunidade estudada de 4,06% ao ano.

Stepka *et al.* (2010) apresentaram uma mortalidade média de 30,3 árvores/ha (1,78% ao ano) para um fragmento de Floresta Ombrófila Mista (FOM). Figueiredo Filho *et al.* (2010) encontraram uma taxa média anual de mortalidade de 1,77% na Floresta Nacional de Irati.

Péllico Netto, Coraiola e Weber (2008) apresentaram uma tendência exponencial negativa para a mortalidade de espécies ocorrentes nas formações florestais estudadas (FOM e FES), causadas por várias origens, tanto bióticas quanto abióticas, podendo-se afirmar que esta realidade constitui a base fundamental para se compreender o processo sucessional nas florestas multiâneas.

3.7.3 Ingresso

Considera-se como ingresso toda árvore viva que apresentar DAP menor que o nível de inclusão na j -ésima ocasião de monitoramento e que, na ocasião seguinte ($j+1$), apresentar DAP igual ou superior ao nível de inclusão (SOUZA e SOARES, 2013).

Scolforo *et al.* (1996) apresentaram uma taxa de ingresso das árvores no processo de medição de uma FES Montana na região sul de Minas Gerais, no valor de 5,4% ao ano, indicando que a floresta está em franco desenvolvimento.

Dentre 51 espécies analisadas por Chagas *et al.* (2001), em um fragmento de FES Montana no município de Lavras, MG, os autores encontraram taxas de ingresso variando entre 0,00 e 12,32% ao ano.

Coraiola (2003) encontrou uma taxa de ingresso de 5,24% ao ano para uma formação de Floresta Estacional Semidecidual Montana, em Cássia, MG. Manzatto (2005) trabalhou no município de Rio Claro, SP, em um fragmento de FES Montana, e encontrou uma taxa de ingresso de 3,44% ao ano para a comunidade estudada.

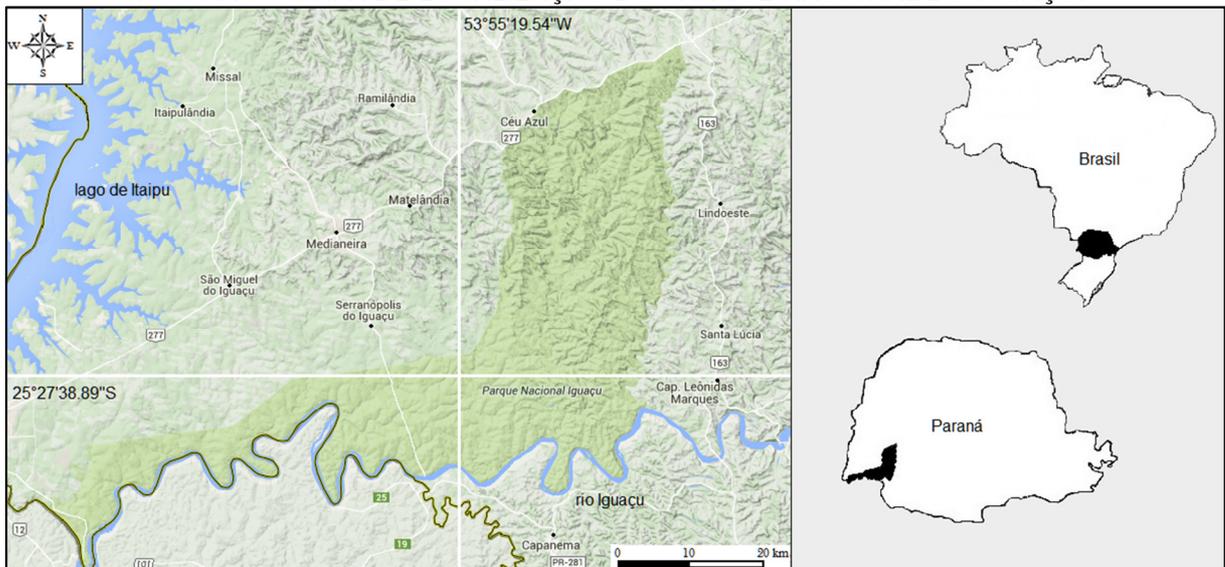
Em relação ao ingresso, Stepka *et al.* (2010), estudando um fragmento de FOM, apresentaram valores de 23,64 árvore/ha (1,39% ao ano). Figueiredo Filho *et al.* (2010) estudando a Floresta Nacional de Irati encontraram uma taxa média anual de ingresso de 1,38%.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional do Iguaçu (PNI) localiza-se na região Sul do país, no oeste do estado do Paraná, na porção meridional do terceiro planalto (Figura 5). Possui uma área total de 185.262,5 hectares, com 420 quilômetros de perímetro, sendo 300 quilômetros constituídos por limites naturais. A área destinada à visitação totaliza 5.600 hectares. A Unidade de Conservação (UC) está localizada entre as coordenadas geográficas 25° 04' e 25° 41' latitude sul e 53° 38' e 54° 28' de longitude oeste (MOREIRA, 2000).

FIGURA 5 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.



FONTE: SOUZA, 2015.

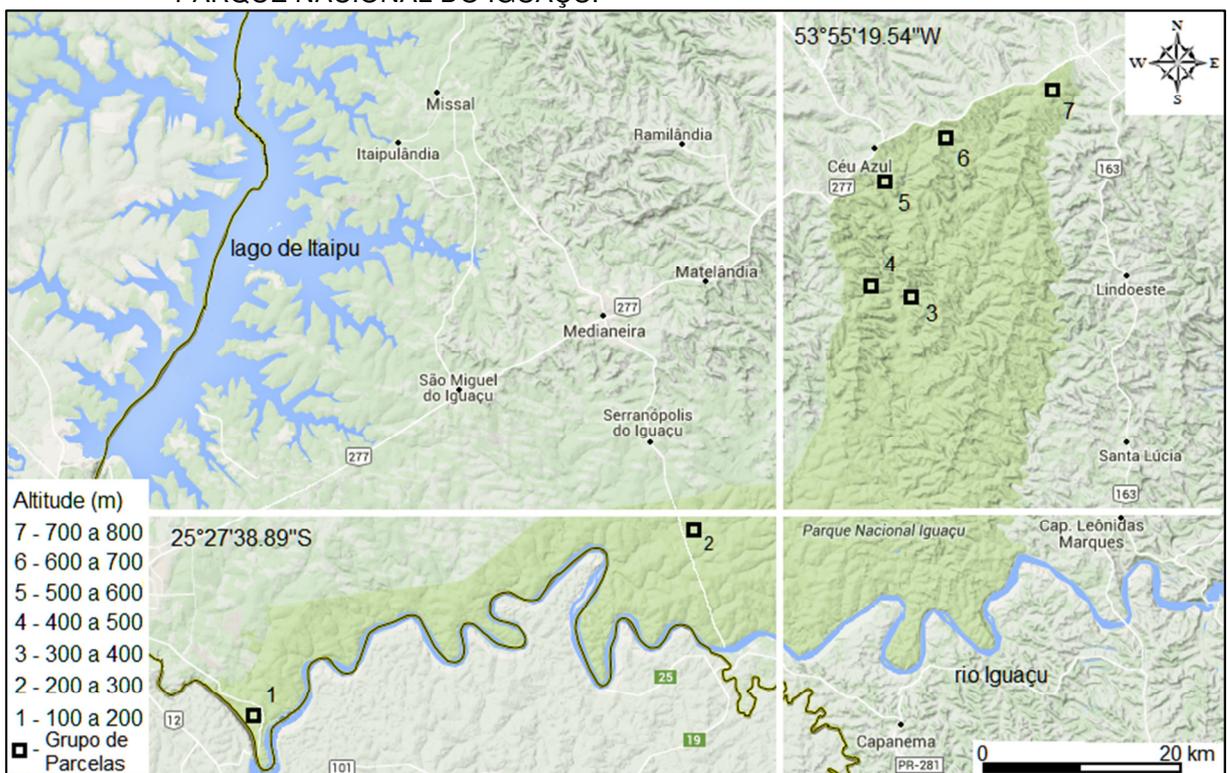
O PNI está inserido nos municípios de Céu Azul (49,56%), Foz do Iguaçu (7,48%), Matelândia (19,87%), São Miguel do Iguaçu (11,73%) e Serranópolis do Iguaçu (16,92%). Nas suas margens ainda encontram-se os municípios de Capanema, Capitão Leônidas Marques, Lindoeste, Santa Lúcia, Santa Tereza do Oeste e Santa Terezinha de Itaipu (FERREIRA, 1999).

A rodovia BR-277 é o limite ao norte do PNI. Ao leste, ele é limitado pelo rio Gonçalves Dias. Ao sul, limitado pelo rio Iguaçu, e a oeste, limitado pelo rio São João e pela estrada velha de Guarapuava (MOREIRA, 2000).

4.2 AMOSTRAGEM

O levantamento da vegetação do PNI foi realizado por meio de parcelas de área fixa, estratificadas em dois níveis. No primeiro nível de estratificação foi realizada uma compartimentalização por altitude, onde foram instalados sete grupos de parcelas entre 100 m e 800 m de altitude, a partir da margem do rio Iguaçu, próximo às cataratas, até o extremo norte do Parque (Figura 6).

FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DOS GRUPOS DE PARCELAS PERMANENTES INSTALADAS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.



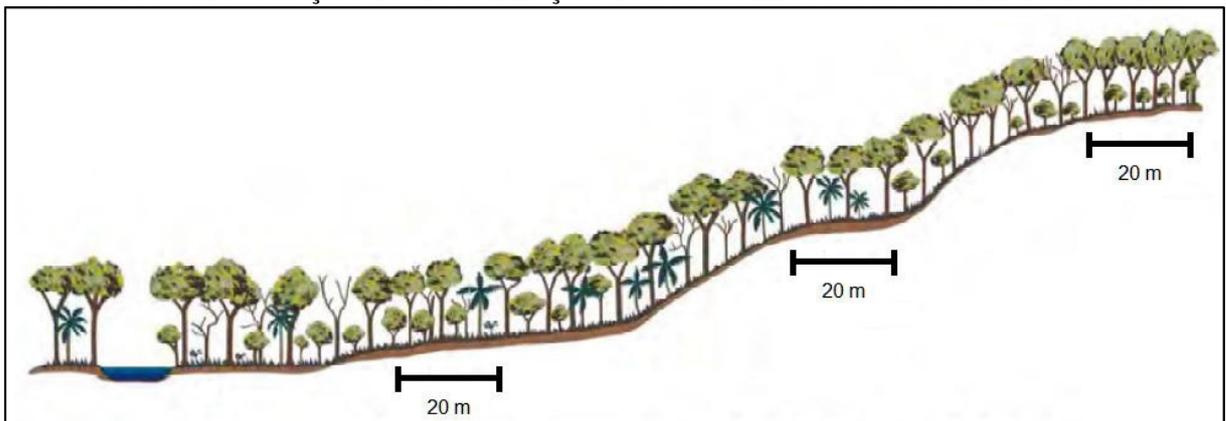
FONTE: SOUZA, 2015.

Martins *et al.* (2003) concluíram que o gradiente topográfico é caracterizado por alterações nas propriedades físico-químicas do solo, sendo que o solo na baixada é mais arenoso, mais fértil e menos ácido, em comparação com o solo do topo, que é mais argiloso, com teores muito baixos de macronutrientes e elevada acidez, enquanto que a encosta, por sua vez, apresenta condições edáficas intermediárias. Esses mesmos autores também concluíram que a distribuição de espécies, ao longo do gradiente topográfico, está correlacionada com as variações na fertilidade química, acidez e textura do solo.

Poucas citações se referem às funcionalidades dos ecossistemas florestais em encostas. Contudo, a importância da conservação desses ambientes está relacionada diretamente ao regime hídrico da microbacia (MUCHAILH, 2007).

Baseado nessas evidências, para o segundo nível de estratificação, a amostragem foi realizada em diferentes compartimentos do relevo, sendo que cada grupo de parcelas anteriormente mencionado foi constituído de três parcelas de 2.000 m² (20 x 100 m) cada, instaladas com distâncias variáveis entre si e dispostas de forma paralela ao leito dos rios, posicionadas ao longo das rampas de drenagem, desde sua base até às regiões de platô, próximas aos divisores de água (Figura 7). No grupo 1 foram alocadas as parcelas 1, 2 e 3, sendo a parcela 1 na base da encosta, a parcela 2 na meia encosta e a parcela 3 no platô; no grupo 2 foram alocadas as parcelas 4, 5 e 6, e assim sucessivamente até o grupo 7, com as parcelas 19, 20 e 21.

FIGURA 7 – ILUSTRAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NA RAMPA DE DRENAGEM.



FONTE: SOUZA, 2015.

As parcelas 19 a 21 foram classificadas por Souza (2015) como sendo de ocorrência do Ecótono FOM/FES. Segundo esse mesmo autor, esse ambiente é úmido, com menores temperaturas médias anuais, estando localizado na porção norte do PNI, em altitudes superiores a 600 m. As nascentes dos maiores rios que formam a rede de drenagem do PNI se encontram nessa região, bem como na formação FES Montana. O relevo nas cabeceiras de drenagem é suave-ondulado e foram observadas rampas com feição côncava-convergente.

A FES Montana é composta das parcelas 16 a 18. Souza (2015) denominou essa vegetação apenas como FES Montana devido às condições ambientais presentes nas parcelas, bem como pela diferenciação florísticas em relação às demais, situadas em menores altitudes. Essa formação vegetal apresenta

características semelhantes à formação Ecótono FOM/FES, no que diz respeito à temperaturas médias anuais, localização e relevo.

As parcelas 1, 2, 3, 6, 10, 11, 12 e 15 compõem a formação FES Submontana Típica. O subgrupo denominado FES Submontana Típica, correspondeu às parcelas posicionadas nos platôs, com solos profundos e menor umidade; duas parcelas foram exceção nesse grupo, 10 e 11, posicionadas em uma rampa de drenagem subordinada a um vale orientado no sentido oeste-leste (SOUZA, 2015).

Souza (2015) classificou as parcelas 4, 5, 7, 8, 9, 13 e 14 como sendo FES Submontana Úmida. As parcelas desse subgrupo foram posicionadas nos vales que acompanham os cursos d'água, onde a variabilidade pedológica e maior umidade foram marcantes, no entanto sem ocorrência de hidromorfismo ou deposição aluvial no solo devido ao leito dos cursos d'água estar controlado por falhas geológicas; na região mais ao sul, a parcela 4 apresentou um Gleissolo Melânico Tb Eutrófico e, devido à alta densidade de *S. brasiliensis*, compôs também este subgrupo.

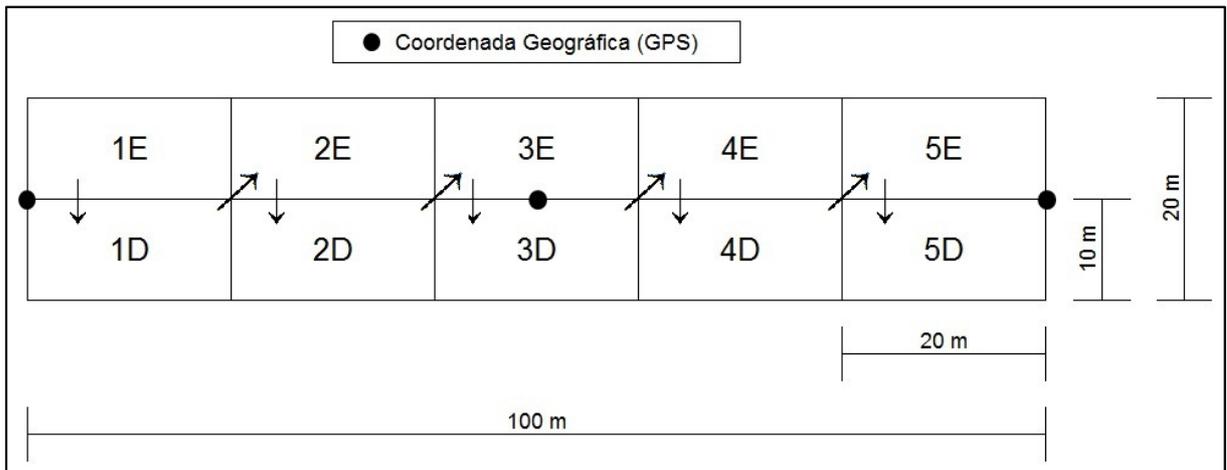
Sendo assim, a amostragem foi constituída por um total de 21 parcelas permanentes, totalizando 42.000 m² (4,20 ha), sendo esta a mesma base de dados utilizada na tese de Souza (2015), acrescida da medição do ano de 2015.

Foram definidas regiões mais centrais para a instalação das parcelas, evitando-se áreas próximas à borda ou limites de estradas, bem como outras possíveis áreas de influência indesejáveis.

Todas as parcelas foram identificadas a campo com a instalação de piquetes de PVC na linha central, nas distâncias 0, 50 e 100 metros. Com a utilização de um GPS Garmin[®] modelo 60CSx foram coletadas as coordenadas geográficas dos piquetes instalados nas parcelas. A precisão do referido GPS no momento dessas coletas variou entre 3 e 10 metros.

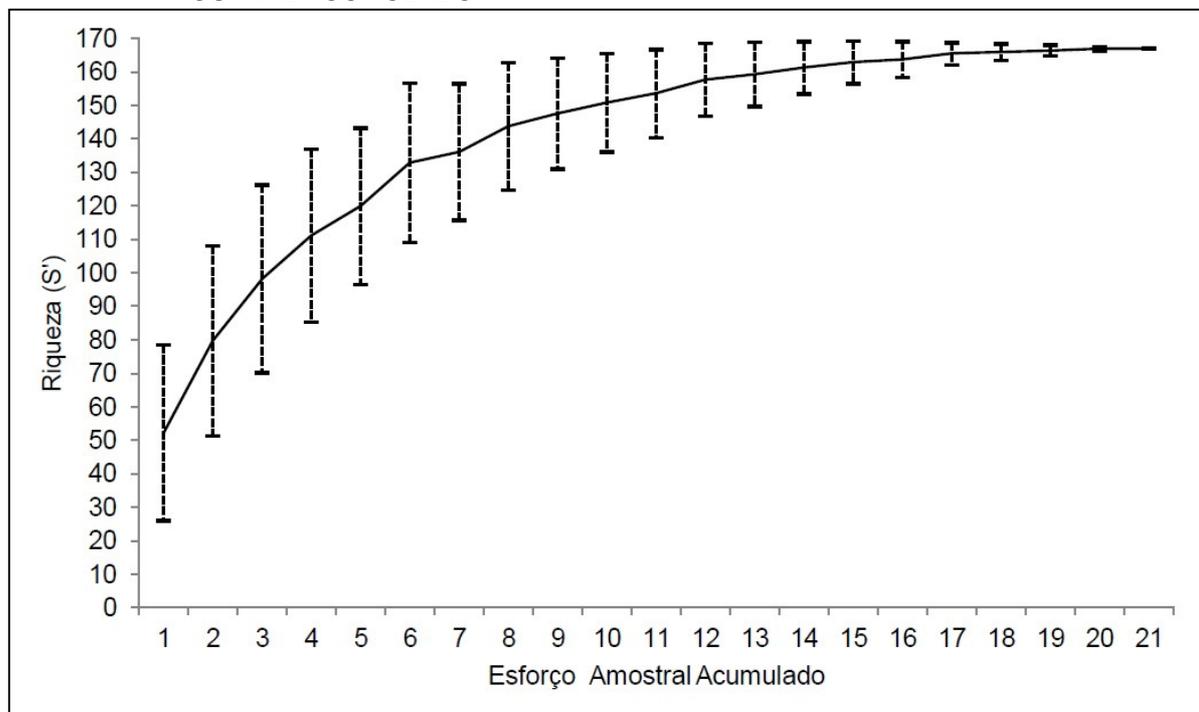
Visando melhor controle no processo de medição e localização das árvores dentro das parcelas, foi efetuada uma subdivisão em cada parcela, a qual consistiu em 10 quadrantes de 200 m² (10 x 20 m) cada, considerando sempre a linha central como divisora entre as subparcelas da esquerda e da direita. Na Figura 8 pode ser observado o modelo padrão utilizado nas parcelas e a sequência para remedição das subparcelas.

FIGURA 8 – CROQUI PADRÃO PARA AS PARCELAS.



FONTE: O autor (2016).

Na análise da abrangência florística, Souza (2015) identificou 151 espécies com apenas 10 parcelas, perfazendo 90% do total (Figura 9). A contribuição para o aumento do número de espécies com as 11 parcelas restantes foi pequena, totalizando apenas 16 espécies a mais, indicando que há um grande número de espécies em comum nessas parcelas. Com 20 parcelas, 100% das espécies já haviam sido amostradas.

FIGURA 9 – RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE ESPÉCIES (± 1 DESVIO PADRÃO) E O ESFORÇO AMOSTRAL ACUMULADO.

FONTE: SOUZA, 2015.

Essas parcelas permanentes foram instaladas e medidas pela primeira vez em julho de 2011, sendo remeidas posteriormente em julho de 2013 e julho de 2015, totalizando três (3) medições até o presente momento.

4.3 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

Foram mensuradas a circunferência à altura do peito, ou seja, a 1,30 m do solo, com o uso de uma fita métrica, e a altura do ponto de inversão morfológica (ou altura comercial), com a utilização de uma vara graduada, de todas as árvores vivas com circunferência igual ou superior a 15,70 cm (diâmetro igual ou superior a cinco centímetros). Para os pontos de inversão morfológica com altura superior a 12,00 m, limite da vara graduada, a altura foi estimada sem uso de aparelho. As árvores com bifurcação abaixo da altura de 1,30 m do solo tiveram seus fustes mensurados de forma separada, sendo adotada a mensuração dos fustes em ordem decrescente de circunferência como critério para remeidições futuras.

Para as árvores situadas no limite das parcelas foi utilizada como critério de inclusão a distância entre a linha central e o centro da árvore, em um ângulo de 90°. Assim, a árvore com mais de 50% de sua área transversal localizada dentro da parcela foi incluída. Todas as árvores mensuradas foram identificadas com placas de alumínio fixadas com prego galvanizado entre 20 e 30 cm abaixo da circunferência (CAP), localizadas no lado voltado à linha central da parcela.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

A identificação das espécies presente neste levantamento de vegetação no PNI já fora executada por Souza, 2015. Para a identificação dos indivíduos ingressos na medição de 2015 foi utilizada a comparação botânica com as espécies já identificadas em campo. Quando este não foi possível, foi coletado material botânico para posterior identificação com auxílio de material bibliográfico.

4.5 DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE (FDP)

Foram ajustadas e testadas as FDPs Normal, LogNormal, Gama, Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson (Tabela 1).

TABELA 1 – FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE E SUAS RESPECTIVAS RESTRIÇÕES.

FDP Normal	Restrições
$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(d-\mu)^2}{\sigma^2}}$	$\sigma > 0$ $-\infty < d < +\infty$ $-\infty < \mu < +\infty$
FDP LogNormal	Restrições
$f(x) = \frac{1}{d\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln d - \mu)^2}$	$d \geq d_{min}; \sigma > 0$ $-\infty < d < +\infty$ $-\infty < \mu < +\infty$
FDP Gama	Restrições
$f(x) = \frac{(d - d_{min})^{\alpha-1} e^{-\frac{1}{\beta}(d-d_{min})}}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha}$	$d \geq d_{min}$ $\alpha, \beta > 0$ $-\infty < d_{min} < +\infty$
FDP Beta	Restrições
$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \frac{1}{(d_{max} - d_{min})^{\alpha+\beta-1}} (d - d_{min})^{\alpha-1} (d_{max} - d)^{\beta-1}$	$d_{min} < d < d_{max}$ $\alpha, \beta > 0$ $-\infty < d_{min} < d_{max} < +\infty$
FDP Weibull 3p	Restrições
$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{d-a}{b}\right)^c}$	$d \geq d_{min}$ $-\infty < d_{min} < +\infty$ $b, c > 0; a \geq 0$
FDP SB de Johnson	Restrições
$f(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{(d - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - d)} e^{\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \delta \ln\left(\frac{\delta - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - d}\right)\right]^2\right\}}$	$\varepsilon < d < \lambda$ $-\infty < \gamma < +\infty$ $\lambda > 0; \delta > 0$

LEGENDA: $f(x)$ = função densidade de probabilidade; d = variável aleatória diâmetro; σ = desvio padrão; σ^2 = variância; μ = média; e = exponencial; Γ = função gama; d_{max} , d_{min} = valores máximos e mínimos da variável aleatória; α , β , a , b , c , ε , λ , δ , γ = parâmetros a serem estimados.

4.6 PROCESSAMENTO DOS DADOS COM VISTAS À MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

Inicialmente, foram separadas as bases de dados, de acordo com a classificação da vegetação realizada por Souza (2015) (Ecótono FOM/FES, FES Montana, FES Submontana Típica, FES Submontana Úmida) e o Parque Nacional do Iguaçu como um todo, e posteriormente, com os anos de medição (2011, 2013 e 2015), sendo criadas quinze (15) bases de dados diferenciadas.

A partir da criação das 15 bases de dados, efetuou-se inicialmente o cálculo de classes diamétricas baseado na fórmula de *Sturges* para cada uma delas. No entanto, como se tratam de bases de dados diferenciadas, em quantidade de indivíduos e amplitude diamétrica, houve grande divergência de centros de classe e quantidade de classe, não sendo possível uma comparação direta entre elas. Orellana *et al.* (2014) afirmam que o intervalo de classe utilizado para agrupar os dados de diâmetro interfere diretamente na forma da distribuição. Com isto, optou-se por manter a mesma classificação utilizada por Souza (2015), pois o autor se baseou na amplitude total dos dados, e definiu 10 classes com amplitude de 10 cm a partir do diâmetro mínimo de medição; visando evitar um excessivo número de classes, agruparam-se as árvores com diâmetro igual ou superior a 95 cm na décima classe.

Souza (2015) apresentou uma estatística revelando que, para as formações vegetais por ele descritas, não houve suficiência amostral associada à área basal e a densidade, porém houve suficiência para o total das parcelas (Parque Nacional do Iguazu como um todo). A partir disso, a modelagem foi realizada somente para a totalidade da amostragem no Parque Nacional do Iguazu, nas medições dos anos de 2011, 2013 e 2015.

Para o ajuste dos modelos, foram utilizados os diâmetros de todas as árvores presentes em suas respectivas datas de medição. Os ajustes foram realizados no software Microsoft Excel[®] 2010.

Foi utilizada a programação não-linear (PNL) para o ajuste das FDPs Gama, Beta, Weibull 3p e SB de Johnson, visando obter melhor ajuste dos modelos. Para as FDPs Normal e LogNormal não foi aplicada a PNL, com o objetivo de manter as características originais dos modelos. Para aplicação da PNL foi utilizado um suplemento do Microsoft Excel[®] 2010, o SOLVER[®], que se vale do algoritmo linear Gradiente Reduzido Generalizado (GRG2), que visa a otimização de problemas não-lineares (ORELLANA, 2009). As restrições utilizadas para cada FDP foram descritas anteriormente no item 4.6.

Após a aplicação da PNL nos modelos, foram traçadas curvas das frequências estimadas sobre o histograma das frequências observadas por classe de diâmetro para todas as FDPs ajustadas. Uma tabela com a distribuição dos resíduos também foi apresentada para melhor interpretação.

4.7 TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Para verificar a aderência das funções de distribuição, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, com nível de significância de 5%, avaliando se os modelos ajustados se adequam bem aos dados coletados em campo.

A fórmula para obtenção do D_{calc} é expressa a seguir:

$$D_{calc} = \frac{(\max |F_o(d) - F_e(d)|)}{n}$$

Em que:

$F_o(d)$ = frequência observada acumulada;

$F_e(d)$ = frequência estimada acumulada;

n = número de observações.

O valor crítico D_{tab} para $\alpha = 5\%$ pode ser obtido através da fórmula:

$$D_{tab} = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$$

Em que:

D_{tab} = valor crítico a um nível de 5% de probabilidade;

n = número de observações.

4.8 DINÂMICA FLORESTAL

Buscando a avaliação da dinâmica florestal, foi feita uma análise das mudanças na distribuição diamétrica, na área basal e no volume comercial por hectare, para todo o Parque e para as quatro (4) fitofisionomias identificadas em seu interior, contemplando o período de quatro (4) anos, entre o primeiro levantamento de dados realizado em 2011 e o último levantamento realizado em 2015.

Como a região de estudo não possui uma equação de volume adequada para floresta natural, utilizou-se para o cálculo do volume uma equação desenvolvida para as populações florestais da Itaipu Binacional pelo Centro de Pesquisas Florestais do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, Brasil, em 1978. A área para a qual foi construída essa equação situa-se entre os paralelos de 24°05' e 25°33' de latitude Sul e entre os meridianos de 54° a

54°37' de longitude Oeste, estando seu ponto mais próximo a 16 quilômetros dos limites do PNI, apresentando uma vegetação muito similar entre ambas as áreas. Dentre várias equações testadas pela Universidade Federal do Paraná, 1978, a que apresentou melhores resultados e foi utilizada neste trabalho foi a equação de Spurr:

$$v = a + b \cdot (d^2 \cdot h)$$

Em que:

v = volume com casca em m³;

a = 0,0731;

b = 0,5771;

d = DAP em m;

h = altura comercial em m;

R^2 = 0,9843;

S_{yx} = 14,38%

Também foi realizada uma análise, através de contagem, em valores absolutos e relativos (%), para o número de indivíduos ingressos (que atingiram o limite de inclusão, ou seja, DAP igual ou superior a 5 cm), para o número de indivíduos mortos em cada classe diamétrica e para o número de indivíduos que avançaram para a classe superior subsequente, por hectare.

As taxas de ingresso ($In\%$) e mortalidade ($M\%$) foram determinadas pelas fórmulas:

$$In\% = \frac{N_{In}}{N_i} \cdot 100$$

$$M\% = \frac{N_m}{N_i} \cdot 100$$

Em que:

N_{In} = número de indivíduos ingressos;

N_i = número de indivíduos em 2011;

N_m = número de indivíduos mortos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTATÍSTICAS DOS DADOS UTILIZADOS

A Tabela 2 apresenta as estatísticas dos dados utilizados nesta pesquisa nas três medições realizadas (2011, 2013 e 2015), para as fitofisionomias e para o PNI (todas as parcelas).

TABELA 2 – ESTATÍSTICAS DOS DADOS UTILIZADOS NAS TRÊS MEDIÇÕES POR FITOFISIONOMIA E PARA O PNI (TODAS AS PARCELAS).

Estatísticas	Ecótono FOM / FES			FES Montana			FES Submontana Típica			FES Submontana Úmida			PNI (Todas as parcelas)		
	2011	2013	2015	2011	2013	2015	2011	2013	2015	2011	2013	2015	2011	2013	2015
Quantidade de parcelas	3	3	3	3	3	3	8	8	8	7	7	7	21	21	21
Área amostrada (m ²)	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	16.000	16.000	16.000	14.000	14.000	14.000	42.000	42.000	42.000
Nº de indivíduos da área amostrada	745	751	729	715	739	767	1.579	1.651	1.693	1.288	1.323	1.331	4.327	4.464	4.520
Nº de indivíduos (ha)	1.242	1.252	1.215	1.192	1.232	1.278	987	1.032	1.058	920	945	951	1.030	1.063	1.076
DAP Médio (cm)	13,34	13,58	13,76	14,57	14,72	14,34	15,08	15,05	14,85	15,02	15,25	15,30	14,68	14,81	14,72
DAP Mediana (cm)	9,45	9,68	10,03	10,42	10,54	10,44	10,85	10,92	10,82	9,93	10,22	10,35	10,31	10,47	10,50
DAP Máximo (cm)	89,25	91,99	93,58	102,18	102,18	102,18	166,48	166,48	166,48	121,59	123,06	123,06	166,48	166,48	166,48
Variância (cm ²)	102,08	104,51	106,33	181,36	181,36	172,98	203,28	197,24	189,45	181,83	182,69	184,65	176,14	174,93	172,01
Desvio Padrão (cm)	10,10	10,22	10,31	13,47	13,47	13,15	14,26	14,04	13,76	13,48	13,52	13,59	13,27	13,23	13,12
Coefficiente de Variação (%)	75,76	75,29	74,95	92,45	91,51	91,69	94,52	93,29	92,72	89,77	88,64	88,83	90,42	89,32	89,11

As variações do DAP máximo (cm), quando verificadas, foram devido ao crescimento da maior árvore medida no inventário anterior. Quando não verificadas significam que o indivíduo de maior diâmetro ficou com diâmetro estagnado, não apresentando crescimento. Esse fato pode ser natural, mas pode também estar relacionado a falhas de medição, tais como erros na leitura da fita métrica, medição abaixo ou acima do 1,30 m de altura, entre outros.

As estatísticas de variância (cm²), desvio padrão (cm) e coeficiente de variação (%) apresentaram decréscimo nas remedições quando analisadas para o PNI, revelando uma melhora. Esses mesmos padrões só foram observados na formação FES Submontana Típica. Esses padrões indicam que essas parcelas apresentam maior estabilidade diamétrica com as remedições do que as demais.

A confrontação das Figuras 10 e 11 indica que, fitofisionomias com menor quantidade de indivíduos por hectare, em geral, apresentaram DAP's médios maiores devido a maior disponibilidade de condições para o desenvolvimento dos indivíduos. Indica também que, em geral, o aumento do número de indivíduos por hectare com as remedições resultou na diminuição dos DAP's médios, devido ao ingresso de mais indivíduos com DAP's menores, puxando a média para baixo.

FIGURA 10 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS POR HECTARE PARA CADA FITOFISIONOMIA E PARA O PNI.

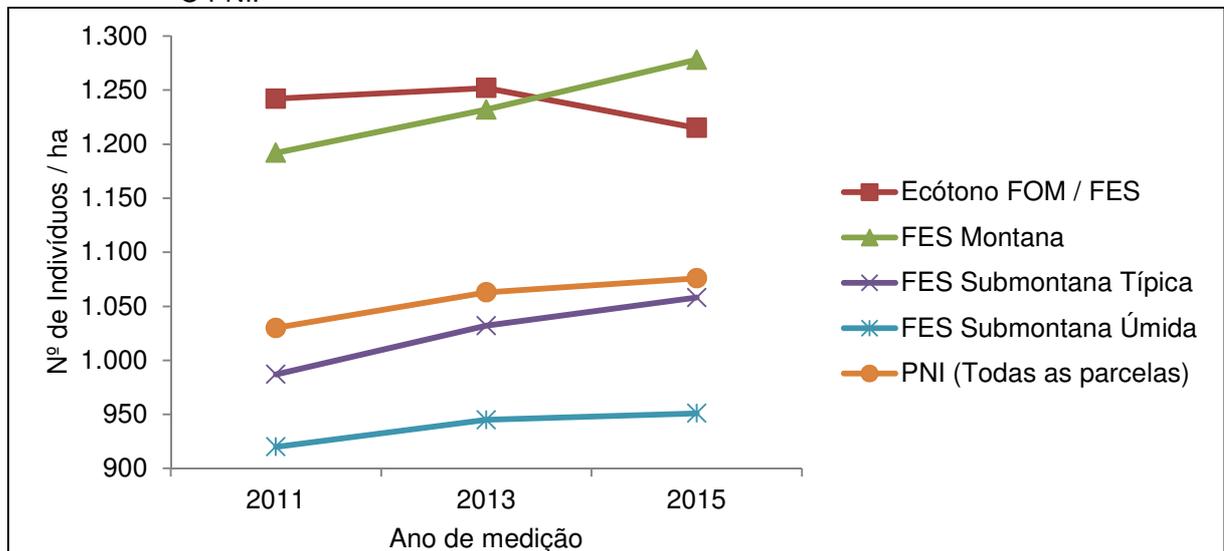
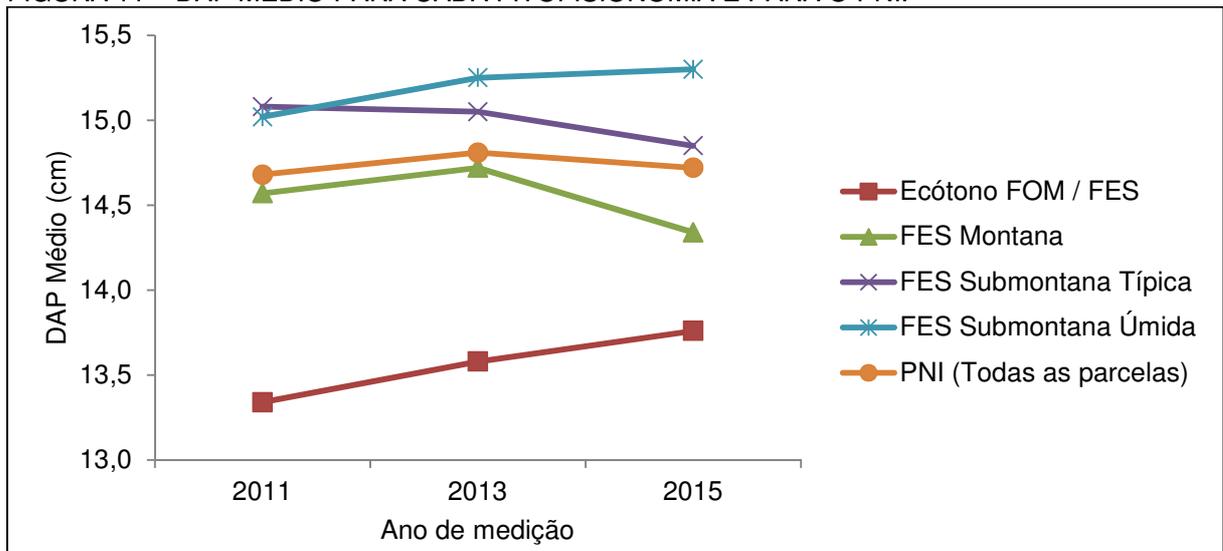


FIGURA 11 – DAP MÉDIO PARA CADA FITOFISIONOMIA E PARA O PNI.



A medida que aumenta o número de indivíduos (ingressos) tem-se uma redução do DAP médio e, a medida que o número de indivíduos por hectare diminui, o DAP médio tende a aumentar. Se o número de indivíduos por hectare diminui, indica que a mortalidade superou o ingresso, e como é de conhecimento que a mortalidade ocorre de forma mais frequente em classes de diâmetro menor, é natural que o DAP médio aumente.

Viani *et al.* (2011) estudando três áreas de Ecótono FOM/FES no município de Quedas do Iguaçu, região sudoeste do estado do Paraná, em altitudes que variam de 450 a 550 m, encontraram uma variação no número de indivíduos por hectare da ordem de 1.327 à 1.557.

Farah (2009) trabalhando na Reserva Municipal de Santa Genebra, remanescente de FES no município de Campinas, SP, constatou uma redução de 1.430 para 1.096 indivíduos por hectare em um período de 20,6 anos (1983-2004).

5.2 AJUSTES DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE

A Tabela 3 apresenta os coeficientes estimados para o ajuste das FDPs, para as medições dos anos de 2011, 2013 e 2015, sendo esses utilizados diretamente nas respectivas funções densidade de probabilidade para estimativa da frequência de árvores por classe diamétrica.

TABELA 3 – COEFICIENTES DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE PARA OS TRÊS ANOS DE MEDIÇÃO.

Função Densidade de Probabilidade	Coeficientes	2011	2013	2015
Normal	μ	14,6788	14,8073	14,7179
	σ	13,2719	13,2260	13,1152
	σ^2	176,1446	174,9262	172,0087
LogNormal	μ	2,4430	2,4594	2,4545
	σ	0,6375	0,6265	0,6253
	σ^2	0,4064	0,3925	0,3910
Gama	α	1,1311	1,1319	1,1347
	β	7,3151	7,2870	7,2058
Beta	α	1,1085	1,1093	1,1122
	β	23,4395	23,5329	23,8050
Weibull 3p	a	7,4572	7,4659	7,5075
	b	5,2048	5,1656	5,0312
	c	0,5387	0,5369	0,5288
SB de Johnson	ε	6,5373	6,5806	6,5794
	λ	160,0163	152,2749	181,2477
	δ	0,6197	0,6124	0,6175
	γ	2,3319	2,2871	2,4177

LEGENDA: $\mu, \sigma, \sigma^2, \alpha, \beta, a, b, c, \varepsilon, \lambda, \delta, \gamma$ = Coeficientes estimados das FDPs.

Pode-se observar que em todas as medições, o parâmetro c da FDP Weibull 3p foi inferior a 1, o que caracteriza uma distribuição decrescente de maneira abrupta. Em relação à FDP Beta, o parâmetro β sempre foi maior que α , o que resulta em distribuições com assimetria positiva.

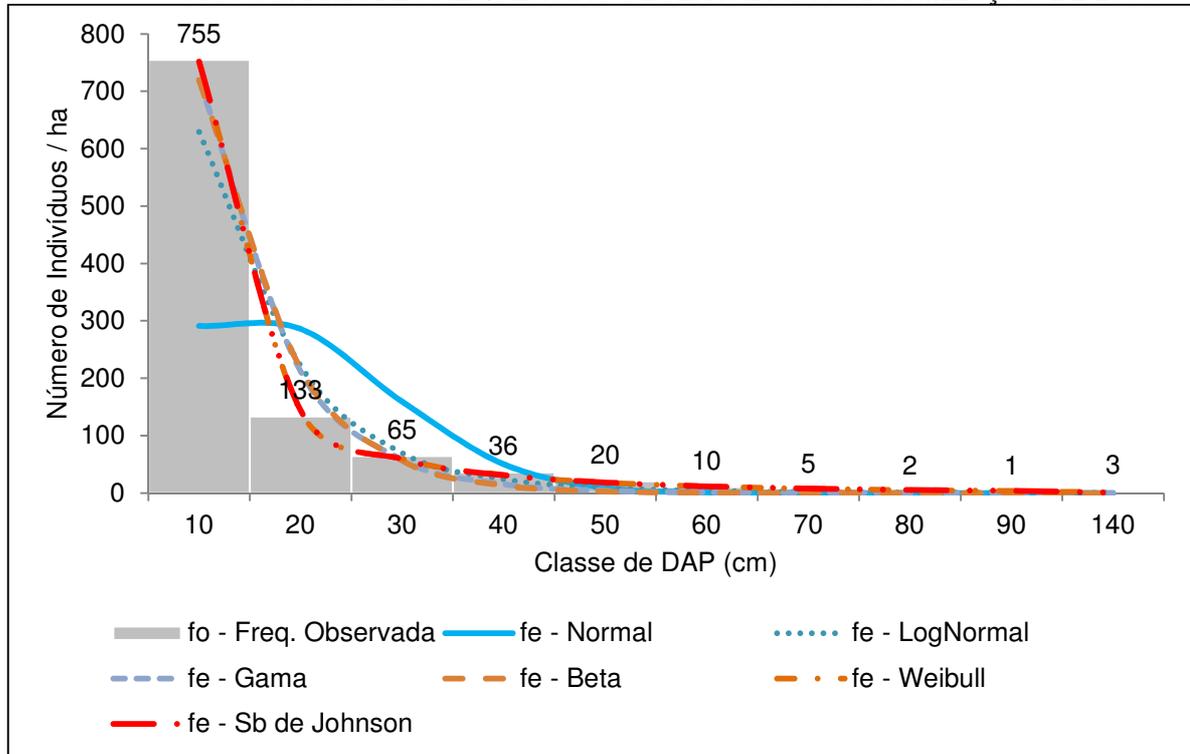
Os coeficientes apresentados foram utilizados diretamente nas funções densidade de probabilidade para obtenção da frequência por classe diamétrica.

5.3 AVALIAÇÕES DAS FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE

5.3.1 Parque Nacional do Iguaçu – Medição de 2011

A Figura 12 apresenta as curvas provenientes das funções densidade de probabilidade traçadas sobre o histograma de frequências observadas por classe diamétrica, para o PNI, na medição do ano de 2011.

FIGURA 12 – CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADAS E TRAÇADAS SOBRE O HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS OBSERVADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2011.



As FDPs Gama, Beta, Weibull 3p e SB de Johnson seguiram um padrão similar de ajuste, apesar de terem apresentado resultados diferentes no teste de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 4). A FDP Normal, como era de se esperar, não se ajustou aos dados de distribuição decrescentes, por sua própria natureza inflexível e específica para distribuições unimodais. A FDP LogNormal não apresentou boas estimativas nas classes iniciais, sendo classificada como não aderente.

A distribuição diamétrica foi caracterizada pelo formato do “J-invertido”, apresentando indivíduos em todas as classes diamétricas, porém em menor número nas classes de maior diâmetro, seguindo a dinâmica natural da floresta, onde a competição por melhores condições para o crescimento permite que apenas poucos indivíduos atinjam grandes dimensões.

A Tabela 4 apresenta os resultados da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov para o Parque Nacional do Iguaçu, para a medição de 2011.

TABELA 4 – RESULTADOS DO TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA AS SEIS FDP'S TESTADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2011.

	Freq. Obs.	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
Total/ha	1030	796	960	1010	1009	1032	1032
$D_{TAB95\%}$	-	0,0424	0,0424	0,0424	0,0424	0,0424	0,0424
D_{CALC}	-	0,4501	0,1218	0,0424	0,0467	0,0063	0,0071
Aderência	-	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Ranking	-	6º	5º	3º	4º	1º	2º

O alto valor de D_{CALC} na FDP Normal (0,4501) é justificado pelo fato de que uma FDP que tem características unimodais não se adapta a uma distribuição exponencial negativa, ou seja, ela não possui flexibilidade para o ajuste. Essa flexibilidade pode ser observada nas FDPs Weibull 3p e SB de Johnson.

Para a maioria das FDPs não houve aderência, indicando que elas não são adequadas para expressar a distribuição diamétrica nesse caso. Essa situação foi observada para as FDPs Normal, LogNormal, Gama e Beta. Nota-se que para a FDP Gama os valores de D_{tab} e D_{calc} foram iguais, porém a partir da 5ª casa decimal houve diferenciação, o que a classificou como não aderente. Contudo, houve casos em que as FDPs testadas apresentaram aderência ao teste, como é o caso da Weibull 3p e da SB de Johnson, sendo a Weibull 3p a melhor.

A Tabela 5 apresenta a distribuição de resíduos (frequência observada acumulada menos frequência estimada acumulada) para cada classe diamétrica analisada. Os valores em negrito representam os maiores resíduos obtidos para cada FDP.

TABELA 5 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2011.

(continua)

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
1	10	-0,4501	-0,1218	-0,0340	-0,0342	-0,0029	-0,0031
2	20	-0,3019	-0,0362	0,0424	0,0467	0,0063	0,0071
3	30	-0,2102	-0,0314	0,0358	0,0387	0,0019	0,0017
4	40	-0,1964	-0,0431	0,0159	0,0165	-0,0027	-0,0032
5	50	-0,2075	-0,0542	-0,0001	-0,0008	-0,0049	-0,0053

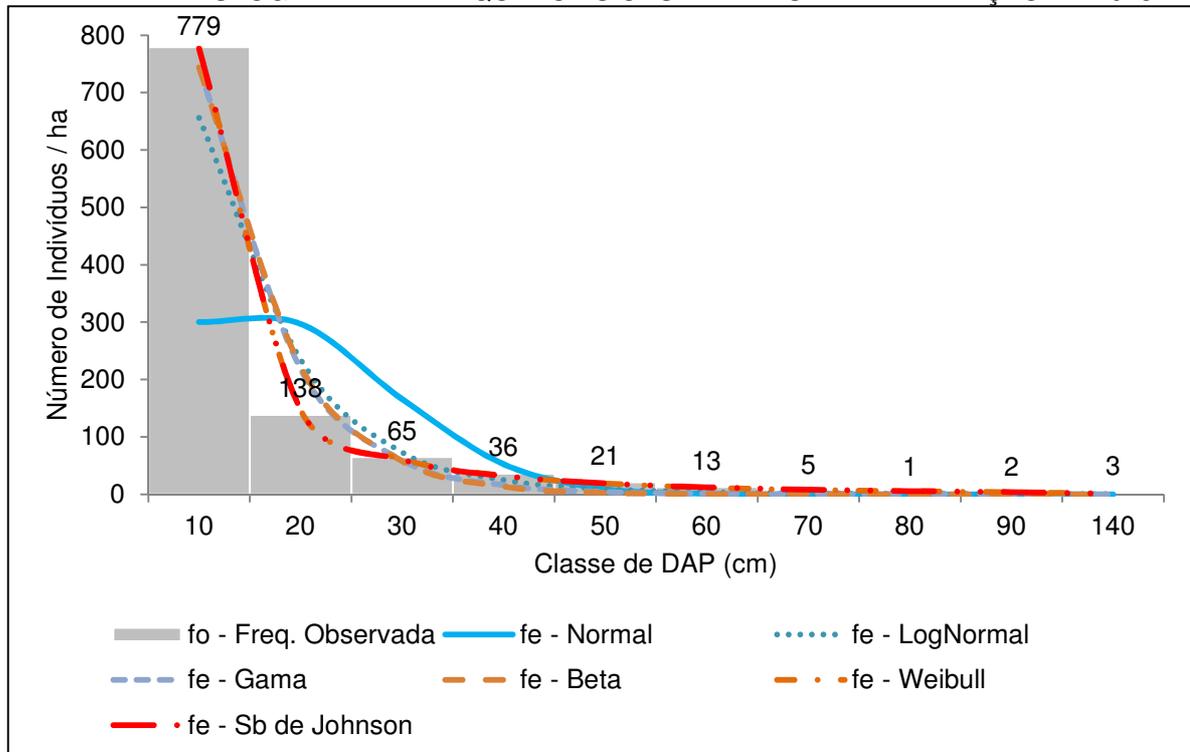
TABELA 5 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2011. (conclusão)

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
6	60	-0,2168	-0,0607	-0,0092	-0,0105	-0,0040	-0,0041
7	70	-0,2214	-0,0637	-0,0136	-0,0150	-0,0014	-0,0012
8	80	-0,2230	-0,0646	-0,0151	-0,0166	0,0019	0,0024
9	90	-0,2244	-0,0656	-0,0165	-0,0180	0,0040	0,0046
10	>95	-0,2274	-0,0685	-0,0195	-0,0210	0,0017	0,0020

5.3.2 Parque Nacional do Iguaçu – Medição de 2013

A Figura 13 apresenta as curvas provenientes das funções densidade de probabilidade traçadas sobre o histograma de frequências observadas por classe diamétrica, para o PNI, na medição do ano de 2013.

FIGURA 13 – CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADAS E TRAÇADAS SOBRE O HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS OBSERVADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2013.



Também caracterizada pelo “J-invertido”, a distribuição diamétrica da medição do ano de 2013 apresentou grande quantidade de indivíduos nas menores

classes, com reduções significativas de indivíduos para as classes de maior diâmetro.

Orellana *et al.* (2014) argumentam que um grande número de árvores nas primeiras classes caracteriza boa regeneração e continuidade na perpetuação de uma determinada espécie.

A Tabela 6 apresenta os resultados da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov para o Parque Nacional do Iguaçu, para a medição de 2013.

TABELA 6 – RESULTADOS DO TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA AS SEIS FDP'S TESTADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2013.

	Freq. Obs.	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
Total/ha	1063	825	1004	1042	1040	1065	1065
$D_{TAB95\%}$	-	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417
D_{CALC}	-	0,4508	0,1160	0,0415	0,0458	0,0052	0,0057
Aderência	-	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Ranking	-	6º	5º	3º	4º	1º	2º

A FDP que melhor se ajustou a essa base de dados foi a Weibull 3p, seguida pela SB de Johnson. A FDP Gama, diferentemente do ajuste para a medição do ano de 2011, conforme exposto no item 5.3.1, apresentou aderência aos dados, sendo a 3ª no ranking. As FDPs Normal, LogNormal e Beta não apresentaram aderência.

A Tabela 7 apresenta a distribuição de resíduos (frequência observada acumulada menos frequência estimada acumulada) para cada classe diamétrica analisada. Os valores em negrito representam os maiores resíduos obtidos para cada FDP.

TABELA 7 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2013.

(continua)

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
1	10	-0,4508	-0,1160	-0,0334	-0,0336	-0,0025	-0,0025
2	20	-0,3017	-0,0255	0,0415	0,0458	0,0052	0,0057
3	30	-0,2070	-0,0181	0,0360	0,0388	0,0020	0,0015
4	40	-0,1918	-0,0289	0,0167	0,0173	-0,0018	-0,0026

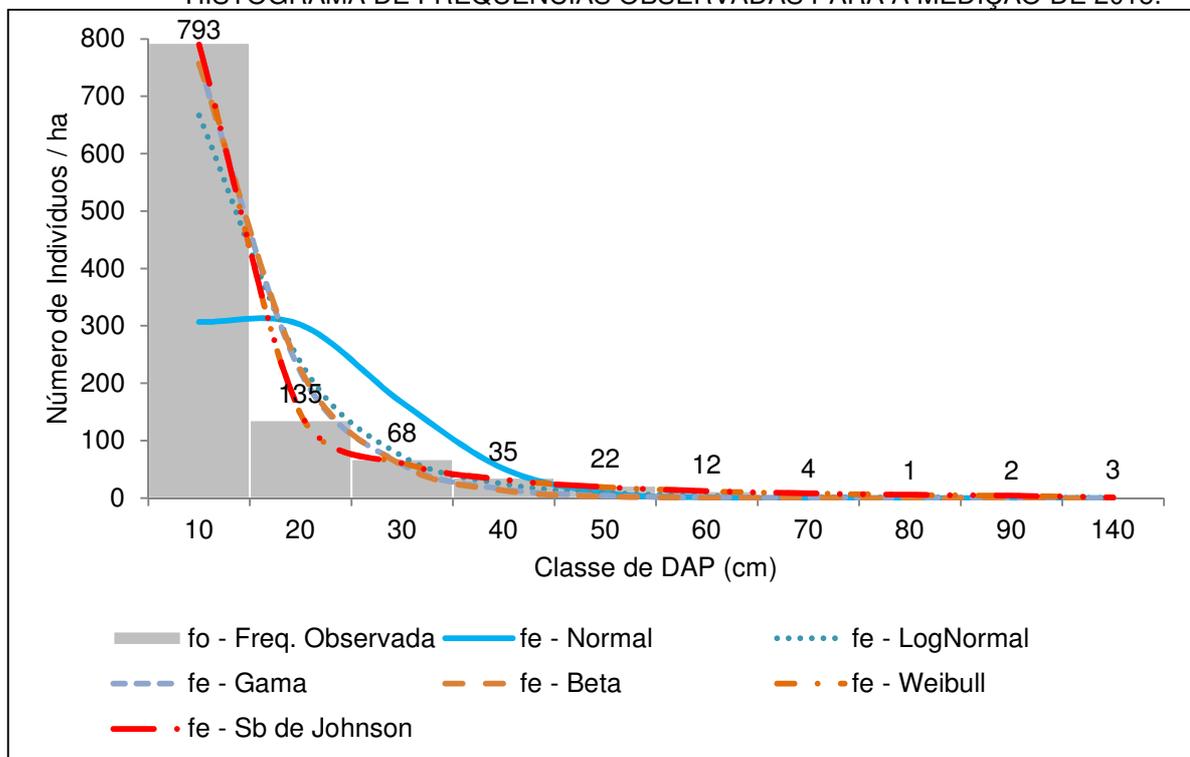
TABELA 7 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2013. (conclusão)

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
5	50	-0,2028	-0,0399	0,0008	0,0001	-0,0039	-0,0045
6	60	-0,2138	-0,0483	-0,0100	-0,0113	-0,0048	-0,0050
7	70	-0,2180	-0,0510	-0,0140	-0,0155	-0,0019	-0,0017
8	80	-0,2189	-0,0512	-0,0149	-0,0164	0,0022	0,0026
9	90	-0,2207	-0,0526	-0,0166	-0,0182	0,0038	0,0044
10	>95	-0,2236	-0,0555	-0,0196	-0,0211	0,0017	0,0018

5.3.3 Parque Nacional do Iguaçu – Medição de 2015

A Figura 14 apresenta as curvas provenientes das funções densidade de probabilidade traçadas sobre o histograma de frequências observadas por classe diamétrica, para o PNI, na medição do ano de 2015.

FIGURA 14 – CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADAS E TRAÇADAS SOBRE O HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS OBSERVADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2015.



Da mesma forma como nas medições de 2011 e 2013, a medição de 2015 apresentou o formato do “J-invertido”.

A Tabela 8 apresenta os resultados da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov para o Parque Nacional do Iguaçu, para a medição de 2015.

TABELA 8 – RESULTADOS DO TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA AS SEIS FDP'S TESTADAS PARA A MEDIÇÃO DE 2015.

	Freq. Obs.	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
Total/ha	1076	835	1015	1055	1054	1078	1079
D_{TAB} 95%	-	0,0415	0,0415	0,0415	0,0415	0,0415	0,0415
D_{CALC}	-	0,4520	0,1177	0,0438	0,0481	0,0069	0,0080
Aderência	-	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Ranking	-	6º	5º	3º	4º	1º	2º

O teste de Kolmogorov-Smirnov indica que houve aderência para as FDPs Weibull 3p e SB de Johnson, sendo a 1ª e 2ª no ranking, respectivamente. As FDPs Normal, LogNormal, Gama e Beta não apresentaram aderência.

A Tabela 9 apresenta a distribuição de resíduos (frequência observada acumulada menos frequência estimada acumulada) para cada classe diamétrica analisada. Os valores em negrito representam os maiores resíduos obtidos para cada FDP.

TABELA 9 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA CADA FDP TESTADA PARA 2015.

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	Normal	LogNormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
1	10	-0,4520	-0,1177	-0,0339	-0,0339	-0,0030	-0,0033
2	20	-0,2974	-0,0243	0,0438	0,0481	0,0069	0,0080
3	30	-0,2062	-0,0197	0,0352	0,0379	0,0009	0,0009
4	40	-0,1915	-0,0297	0,0167	0,0172	-0,0019	-0,0024
5	50	-0,2035	-0,0414	0,0002	-0,0005	-0,0046	-0,0051
6	60	-0,2140	-0,0493	-0,0101	-0,0114	-0,0049	-0,0052
7	70	-0,2179	-0,0518	-0,0139	-0,0153	-0,0016	-0,0017
8	80	-0,2193	-0,0524	-0,0151	-0,0166	0,0020	0,0022
9	90	-0,2208	-0,0536	-0,0167	-0,0182	0,0040	0,0044
10	>95	-0,2237	-0,0565	-0,0196	-0,0210	0,0019	0,0022

5.3.4 Parque Nacional do Iguaçu – Análise Geral

Verifica-se que para as três medições (2011, 2013 e 2015), as funções densidade de probabilidade seguiram a mesma tendência de aderência pelo teste Kolmogorov-Smirnov; o ranking da melhor para a pior foi o seguinte: Weibull 3p, SB de Johnson, Gama, Beta, LogNormal e Normal. Para todos os anos de medição as FDPs Weibull 3p e SB de Johnson superestimaram o número total de árvores por hectare, quando comparado ao observado.

A FDP Normal, devido as suas próprias características não apresentou aderência em nenhuma das medições, assim como a LogNormal. Elas apresentaram pouca flexibilidade e subestimaram consideravelmente o número de indivíduos na 1ª classe e, assim, ficaram muito aquém das FDPs Weibull 3p e SB de Johnson.

A forte assimetria verificada nas distribuições diamétricas devido ao grande número de indivíduos presentes na primeira classe determinou os maiores desvios nas duas classes subsequentes para as FDPs Gama e Beta.

Ribeiro *et al.* (2014) trabalhando em um plantio experimental de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish), uma espécie nativa do Brasil, verificaram que a FDP Weibull 3p foi a de melhor ajuste para a maioria dos tratamentos analisados, baseado no teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov.

Delonga, Woycikiewicz e Coraiola (2014) estudaram o comportamento de três FDPs no ajuste de distribuição diamétrica de *Ilex paraguariensis* (A. St.-Hill.) em um fragmento de FOM em Fazenda Rio Grande, PR. Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov indicaram boa aderência das FDPs Weibull 3p e SB de Johnson.

Orellana *et al.* (2014) trabalhando com as FDPs Weibull 3p e Beta na análise da distribuição diamétrica de 20 espécies de maior Índice de Valor de Importância (IVI) na Floresta Nacional de Irati, encontraram a Weibull 3p como a de melhor ajuste para 10 espécies, enquanto que para as outras 10 espécies a FDP Beta apresentou melhores resultados.

Machado *et al.* (2010) estudaram quatro espécies da família lauraceae em um fragmento de FOM. De acordo com os critérios de seleção adotados, a FDP Weber descreveu de melhor forma a distribuição diamétrica para as espécies *Ocotea bicolor* Vattimo e *Nectandra lanceolata* Ness, enquanto que para as espécies

Ocotea nutans (Ness) Mez e *Ocotea puberula* (Reich.) Ness, as f.d.p.'s que melhor se ajustaram foram Weibull 3p e SB de Johnson, respectivamente.

De acordo com os resultados de Bartoszeck *et al.* (2004), a FDP SB de Johnson apresentou melhor desempenho para a maioria dos casos no ajuste da distribuição diamétrica para povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth), com diferentes idades, índices de sítio e densidades iniciais, na Região Metropolitana de Curitiba, PR. Dentre as FDPs testadas (Normal, LogNormal, Gama, Beta, Weibull 2 parâmetros, Weibull 3 parâmetros e SB de Johnson), a SB de Johnson foi a que se apresentou mais eficiente e flexível, tendo como base o teste de Kolmogorov-Smirnov.

Amaral *et al.* (2015) estudando três espécies com potencial comercial para produtos não madeireiros (*Myrciaria cauliflora* O. Berg. – Jabuticabeira, *Eugenia involucrata* DC. – Cerejeira-do-mato e *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. – Erva-mate) em um fragmento de FOM localizado entre os municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, PR, encontraram a FDP Weibull 3p como a de melhor ajuste para os referidos dados.

Téo *et al.* (2015) encontraram a FDP SB de Johnson como sendo a que melhor representou a distribuição diamétrica, considerando todas as espécies, para um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Leblon Régis, SC. O mesmo estudo apontou resultados diferentes ao se analisar sete espécies individualmente no mesmo fragmento.

5.4 DINÂMICA FLORESTAL

5.4.1 Ecótono Floresta Ombrófila Mista / Floresta Estacional Semidecidual – Ecótono FOM/FES

A Tabela 10 apresenta a dinâmica florestal das parcelas classificadas como Ecótono FOM/FES. A análise da dinâmica considera o número de indivíduos, a área basal (m²), o volume comercial (m³), a mortalidade, a permanência e a taxa de movimentação de indivíduos para a classe superior e o ingresso de árvores em valores absolutos e relativos (%), em cada classe diamétrica, convertidas para hectare.

A mortalidade no período de 4 anos foi de 111,7 indivíduos/ha (9,0%) e o ingresso foi de 85,0 indivíduos/ha (6,8%), e assim houve diminuição de 26,7 indivíduos/ha no período considerado. Transformando para valores anuais, tem-se uma mortalidade de 27,9 indivíduos/ha/ano e um ingresso de 21,3 indivíduos/ha/ano.

O percentual de indivíduos que permaneceram nas classes diamétricas foi acima de 89% nas classes onde havia indivíduos. Percentuais maiores foram encontrados nas classes mais avançadas devido à menor quantidade de indivíduos.

A Figura 15 ilustra a distribuição do número de indivíduos, da área basal (m^2) e do volume comercial (m^3) por hectare para as medições de 2011 e 2015.

TABELA 10 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M²), VOLUME COMERCIAL (M³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DO ECÓTONO FOM/FES EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	2011			Mortalidade		Nº de indiv. considerando a mortalidade	Indivíduos que permaneceram na mesma classe		Indivíduos que avançaram da classe anterior		2015		
		Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)	Nº de Indiv.	%		Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)
1	10	893,3	5,3435	87,6547	86,7	9,7%	806,7	775,0	96,1%	85,0	*	860,0	5,4802	85,3230
2	20	210,0	6,4115	51,7732	13,3	6,3%	196,7	176,7	89,8%	31,7	3,9%	208,3	6,3655	50,6025
3	30	71,7	4,6325	33,0913	5,0	7,0%	66,7	61,7	92,5%	20,0	10,2%	81,7	5,2410	38,5472
4	40	41,7	5,2017	40,0847	5,0	12,0%	36,7	33,3	90,9%	5,0	7,5%	38,3	4,8760	37,9660
5	50	20,0	3,8300	22,4657	1,7	8,3%	18,3	16,7	90,9%	3,3	9,1%	20,0	3,8133	24,2323
6	60	3,3	0,8242	10,6625	0,0	0,0%	3,3	3,3	100,0%	1,7	9,1%	5,0	1,2755	13,3413
7	70	0,0	0,0000	0,0000	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0000	0,0000
8	80	0,0	0,0000	0,0000	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0000	0,0000
9	90	1,7	1,0428	3,3400	0,0	0,0%	1,7	1,7	100,0%	0,0	0,0%	1,7	1,1463	3,6597
10	>95	0,0	0,0000	0,0000	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0000	0,0000
SOMA		1.241,7	27,2862	249,0720	111,7	9,0%	1.130,0	1068,3		146,7		1.215,0	28,1978	253,6720

* Indivíduos ingressos; (%) Percentual de indivíduos na classe considerada.

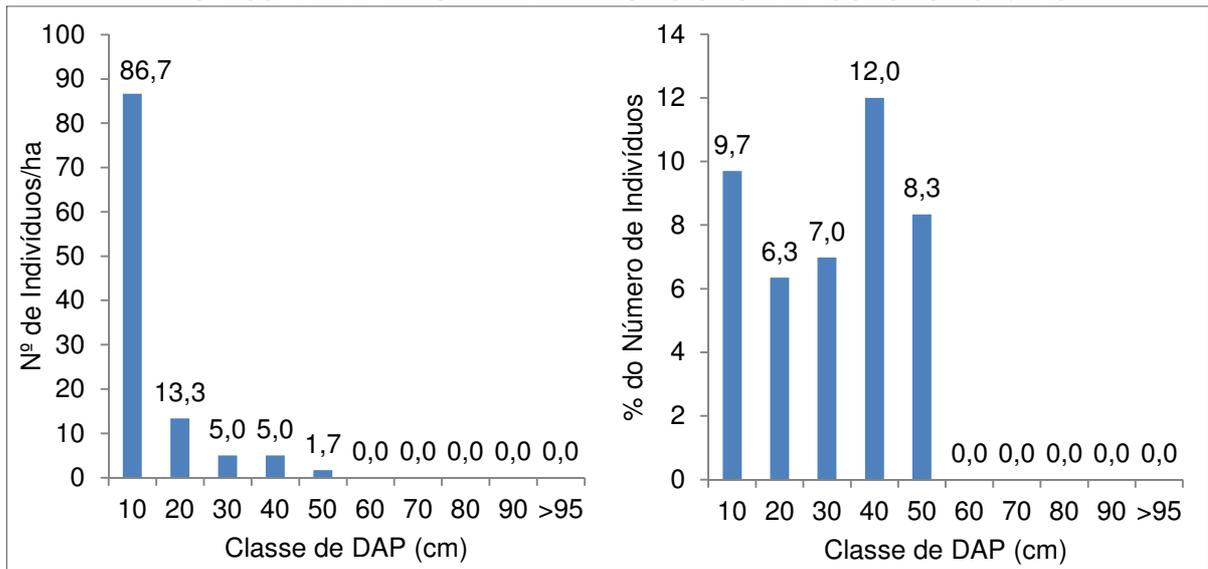
Quando analisadas em conjunto, número de indivíduos, área basal e volume comercial, são perceptíveis suas variações não proporcionais. Isso significa que não necessariamente a redução do número de indivíduos em uma determinada classe resultará na redução da área basal e/ou volume comercial. Isso pode ser visto claramente na primeira classe, na qual há uma redução de 3,7% no número de indivíduos, enquanto que para a área basal existe um aumento de 2,6%. O volume comercial, diferentemente da área basal, sofre uma redução de 2,7%.

A classe de 60 cm apresenta um aumento de 50% no número de indivíduos, fato este resultante do acréscimo de 1,7 indivíduos/ha na classe. Devido à presença de poucos indivíduos nas classes de maior diâmetro, as variações ficam muito evidenciadas quando analisadas em valores relativos, embora em números absolutos as variações não sejam expressivas, quando muito visíveis graficamente. É notado também que o aumento de 50% no número de indivíduos resultou em aumento na área basal e no volume comercial da referida classe, da ordem de 54,8% e 25,1%, respectivamente.

A classe de 90 cm embora não tenha apresentado variação no número de indivíduos (0,0%), apresentou variações positivas na ordem de 9,9% e 9,6% para área basal e volume comercial, respectivamente. Esse fato se deve ao crescimento dos indivíduos presentes nessa classe nas medições de 2011 e 2015.

A Figura 16 apresenta o número de indivíduos/ha mortos e a taxa de mortalidade (%) para o Ecótono FOM/FES.

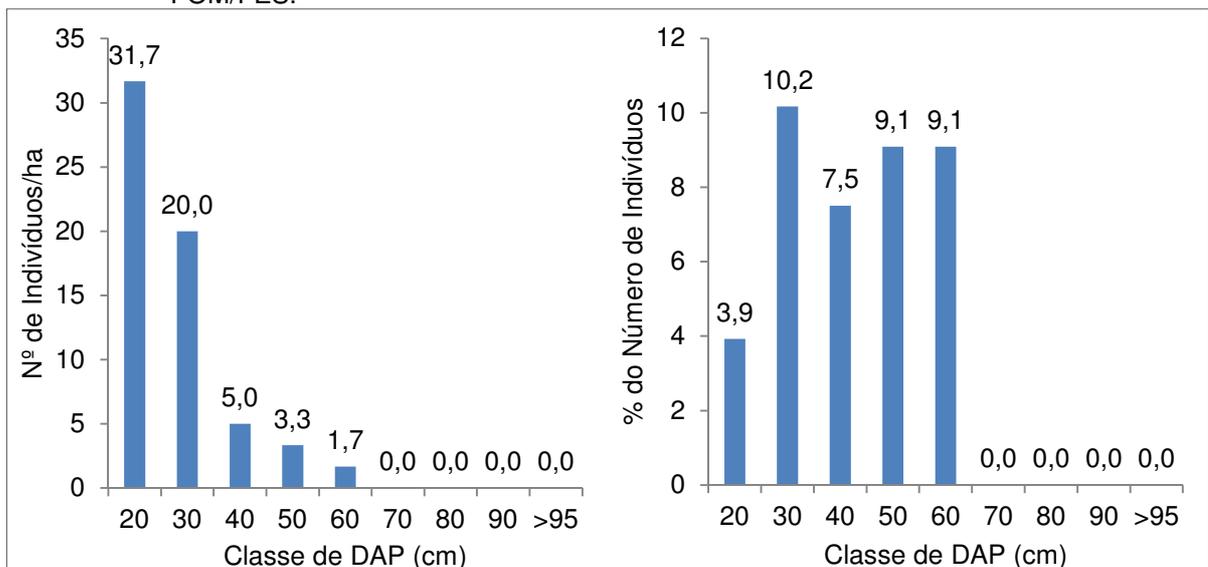
FIGURA 16 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA ECÓTONO FOM/FES.



Em números absolutos, a maior mortalidade foi registrada na primeira classe, refletindo a alta competição existente nas classes de menor diâmetro. O número de indivíduos mortos no período de 4 anos foi de 111,7 indivíduos/ha. Desses, 77,6% morreram na 1ª classe; 11,9% na 2ª classe; 4,5% nas classes 3 e 4, cada; e 1,5% na 5ª classe. Não houve ocorrência de mortalidade para indivíduos com DAP superior a 55 cm.

A Figura 17 mostra o número de indivíduos/ha que avançaram e a taxa de movimentação (%) para a classe superior adjacente para o Ecótono FOM/FES.

FIGURA 17 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA ECÓTONO FOM/FES.



Devido à presença de uma maior quantidade de indivíduos nas classes de menor diâmetro, observou-se uma maior movimentação de indivíduos para as classes subsequentes, se considerados os valores absolutos. A taxa de movimentação relativa ficou entre 3,9% e 10,2%, restringindo-se até a 6ª classe. A distribuição de indivíduos que avançaram para a classe subsequente em números absolutos seguiu a mesma tendência observada na distribuição da mortalidade, sendo essa decrescente à medida que aumentam os DAP's.

Verificou-se que 31,7 indivíduos/ha avançaram da 1ª para a 2ª classe (3,9% do número de indivíduos da 1ª classe e 51,4% em relação ao total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 10,2% dos indivíduos da 2ª classe avançaram para a 3ª classe (32,4% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 7,5% dos indivíduos da 3ª classe avançaram para a 4ª classe (8,1% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 9,1% dos indivíduos da 4ª classe avançaram para a 5ª classe (5,4% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); e 9,1% dos indivíduos da 5ª classe avançaram para a 6ª classe (2,7% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior). Nas demais classes superiores não ocorreu avanço de indivíduos.

5.4.2 Floresta Estacional Semidecidual Montana – FES Montana

A Tabela 11 apresenta a dinâmica florestal das parcelas classificadas como FES Montana.

A mortalidade no período de 4 anos foi de 65,0 indivíduos/ha (5,5%) e o ingresso foi de 151,7 indivíduos/ha (12,7%), e assim houve aumento de 86,7 indivíduos/ha no período considerado. Transformando para valores anuais, tem-se uma mortalidade de 16,3 indivíduos/ha/ano e um ingresso de 37,9 indivíduos/ha/ano.

A Figura 18 ilustra a distribuição do número de indivíduos, da área basal (m^2) e do volume comercial (m^3) por hectare para as medições de 2011 e 2015.

TABELA 11 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M²), VOLUME COMERCIAL (M³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DA FES MONTANA EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	2011			Mortalidade		Nº de indiv. considerando a mortalidade	Indivíduos que permaneceram na mesma classe		Indivíduos que avançaram da classe anterior		2015		
		Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)	Nº de Indiv.	%		Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)
1	10	916,7	6,4597	103,7528	50,0	5,5%	866,7	845,0	97,5%	151,7	*	996,7	7,1867	110,9060
2	20	115,0	3,5170	30,7877	3,3	2,9%	111,7	95,0	85,1%	21,7	2,5%	116,7	3,4265	29,8263
3	30	66,7	4,7262	40,9005	3,3	5,0%	63,3	55,0	86,8%	16,7	14,9%	71,7	4,9158	42,2523
4	40	36,7	4,3858	41,4425	3,3	9,1%	33,3	28,3	85,0%	8,3	13,2%	36,7	4,4868	41,0528
5	50	23,3	4,4678	34,4992	1,7	7,1%	21,7	18,3	84,6%	5,0	15,0%	23,3	4,4355	33,7385
6	60	18,3	4,8767	41,0698	1,7	9,1%	16,7	16,7	100,0%	3,3	15,4%	20,0	5,4018	45,6370
7	70	3,3	1,1567	12,2922	0,0	0,0%	3,3	3,3	100,0%	0,0	0,0%	3,3	1,1645	12,3587
8	80	0,0	0,0000	0,0000	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0000	0,0000
9	90	5,0	3,0698	30,4380	0,0	0,0%	5,0	5,0	100,0%	0,0	0,0%	5,0	3,1442	31,2195
10	>95	6,7	5,0165	54,9350	1,7	25,0%	5,0	5,0	100,0%	0,0	0,0%	5,0	3,8407	41,8200
SOMA		1191,7	37,6762	390,1177	65,0	5,5%	1126,7	1071,7		206,7		1278,3	38,0025	388,8112

* Indivíduos ingressos; (%) Percentual de indivíduos na classe considerada.

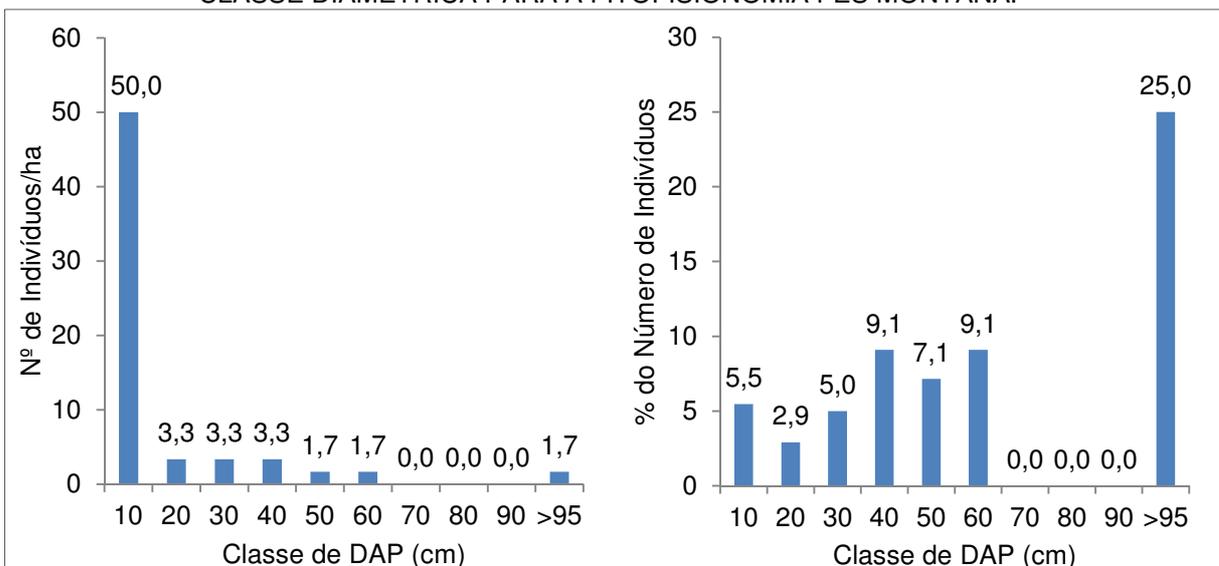
Da mesma forma como no Ecótono FOM/FES, as variações em número de indivíduos nas classes de maior DAP são quase que imperceptíveis em números absolutos, sendo necessária a interpretação também por meio de valores relativos para melhor análise. Isso pode ser evidenciado na 10ª classe, que apresenta redução (mortalidade) de 1,7 indivíduos/ha no período considerado, contudo esse representa 25,0% do total de indivíduos, devido à baixa frequência de indivíduos na referida classe.

A classe de 20 cm apresenta aumento de 1,4% no número de indivíduos, entretanto, em área basal e em volume comercial, a classe apresenta redução de 2,6% e 3,1%, respectivamente. Isso enfatiza novamente que não necessariamente o aumento no número de indivíduos implicará no aumento em área basal e volume comercial.

A classe de 90 cm embora não tenha apresentado variação no número de indivíduos (0,0%), apresentou variações positivas na ordem de 2,4% e 2,6% para área basal e volume comercial, respectivamente. Esse fato se deve ao crescimento de 5,0 indivíduos/ha presentes na medição de 2011 para 2015.

A Figura 19 apresenta o número de indivíduos/ha mortos e a taxa de mortalidade (%) para a FES Montana.

FIGURA 19 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA FES MONTANA.



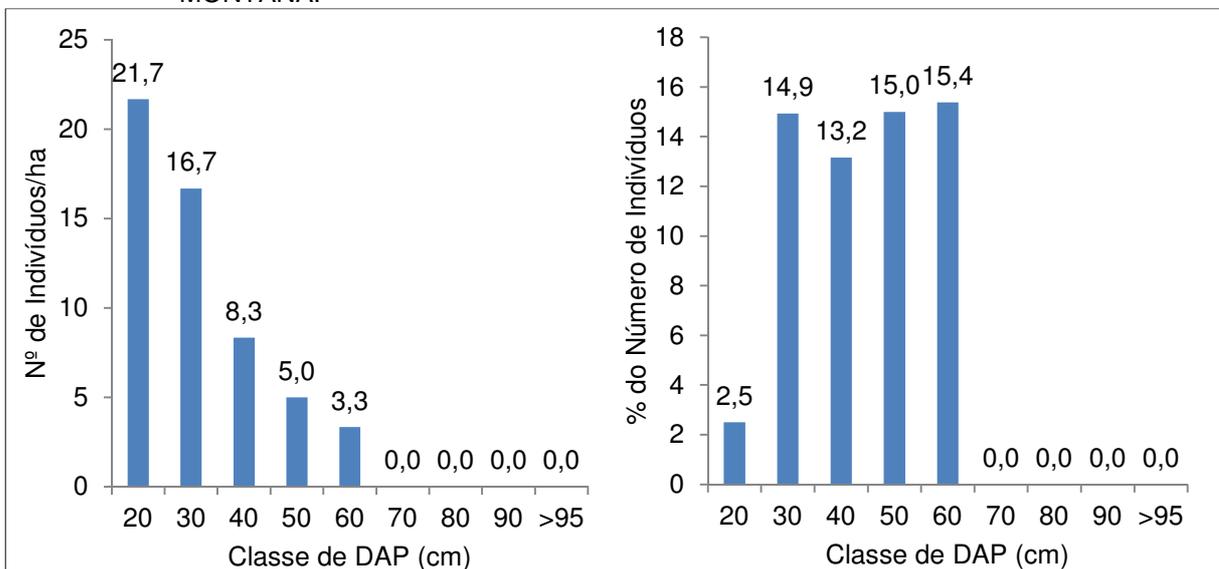
A maior mortalidade em números absolutos foi verificada na 1ª classe, enquanto que em números relativos foi verificada na 10ª classe. Novamente se enfatiza aqui o fato de classes de maior DAP apresentar baixa quantidade de

indivíduos, nas quais as variações podem ser melhor interpretadas através de números relativos.

O número de indivíduos mortos no período de 4 anos foi de 65,0 indivíduos/ha. Desses, 76,9% morreram na 1ª classe; 5,1% na 2ª, 3ª e 4ª classe cada; e 2,6% nas classes 5, 6 e 10, cada. Não houve ocorrência de mortalidade para indivíduos nas classes 7, 8 e 9.

A Figura 20 mostra o número de indivíduos/ha que avançaram e a taxa de movimentação (%) para a classe superior adjacente para a FES Montana.

FIGURA 20 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA FES MONTANA.



A taxa de movimentação relativa ficou entre 2,5% e 15,4%, restringindo-se até a 6ª classe. A distribuição de indivíduos que avançaram para a classe subsequente em números absolutos decresceu à medida que aumentam os DAP's, fato esse devido à presença de maior quantidade de indivíduos nas classes de menor DAP.

Um total de 55,0 indivíduos/ha avançou para a classe subsequente. Verificou-se que 21,7 indivíduos/ha avançaram da 1ª para a 2ª classe (2,5% do número de indivíduos da 1ª classe e 39,4% em relação ao total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 14,9% dos indivíduos da 2ª classe avançaram para a 3ª classe (30,3% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 13,2% dos indivíduos da 3ª classe avançaram para a 4ª classe (15,2% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 15,0% dos indivíduos da 4ª classe

avanzaram para a 5ª classe (9,1% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); e 15,4% dos indivíduos da 5ª classe avanzaram para a 6ª classe (6,1% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior). Nas demais classes superiores não houve avanço de nenhum indivíduo.

5.4.3 Floresta Estacional Semidecidual Submontana Típica – FES Submontana Típica

A Tabela 12 apresenta a dinâmica florestal das parcelas classificadas como FES Submontana Típica.

A mortalidade no período de 4 anos foi de 89,4 indivíduos/ha (9,1%) e o ingresso foi de 160,6 indivíduos/ha (16,3%), e assim houve aumento de 71,3 indivíduos/ha no período considerado. Transformando para valores anuais, tem-se uma mortalidade de 22,3 indivíduos/ha/ano e um ingresso de 40,2 indivíduos/ha/ano.

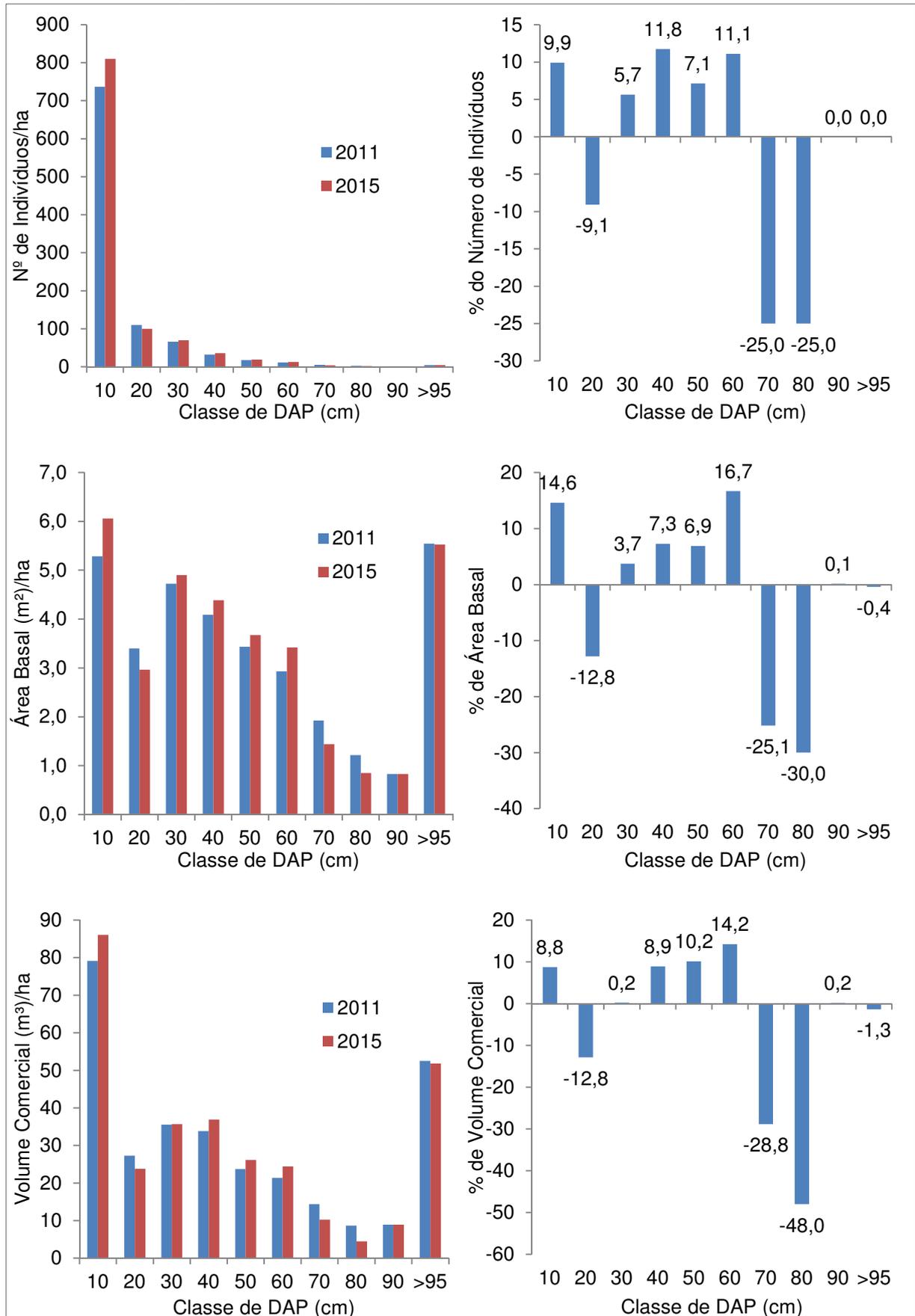
A Figura 21 ilustra a distribuição do número de indivíduos, da área basal (m^2) e do volume comercial (m^3) por hectare para as medições de 2011 e 2015.

TABELA 12 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M²), VOLUME COMERCIAL (M³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DA FES SUBMONTANA TÍPICA EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	2011			Mortalidade		Nº de indiv. considerando a mortalidade	Indivíduos que permaneceram na mesma classe		Indivíduos que avançaram da classe anterior		2015		
		Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)	Nº de Indiv.	%		Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)
1	10	736,9	5,2878	79,1112	68,1	9,2%	668,8	649,4	97,1%	160,6	*	810,0	6,0592	86,0620
2	20	110,0	3,4003	27,2842	11,3	10,2%	98,8	80,6	81,6%	19,4	2,9%	100,0	2,9648	23,7783
3	30	66,3	4,7229	35,5718	3,8	5,7%	62,5	51,9	83,0%	18,1	18,4%	70,0	4,9000	35,6544
4	40	31,9	4,0908	33,8380	2,5	7,8%	29,4	25,0	85,1%	10,6	17,0%	35,6	4,3888	36,8626
5	50	17,5	3,4353	23,7278	0,6	3,6%	16,9	14,4	85,2%	4,4	14,9%	18,8	3,6723	26,1374
6	60	11,3	2,9305	21,4053	1,3	11,1%	10,0	10,0	100,0%	2,5	14,8%	12,5	3,4191	24,4536
7	70	5,0	1,9237	14,3962	0,6	12,5%	4,4	3,8	85,7%	0,0	0,0%	3,8	1,4402	10,2429
8	80	2,5	1,2148	8,6538	0,6	25,0%	1,9	1,3	66,7%	0,6	14,3%	1,9	0,8508	4,4989
9	90	1,3	0,8308	8,9128	0,0	0,0%	1,3	0,6	50,0%	0,6	33,3%	1,3	0,8320	8,9282
10	>95	4,4	5,5451	52,4876	0,6	14,3%	3,8	3,8	100,0%	0,6	50,0%	4,4	5,5231	51,7904
SOMA		986,9	33,3820	305,3885	89,4	9,1%	897,5	840,6		217,5		1058,1	34,0501	308,4087

* Indivíduos ingressos; (%) Percentual de indivíduos na classe considerada.

FIGURA 21 – FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA TÍPICA.



A distribuição diamétrica assumiu a forma do “J-invertido”.

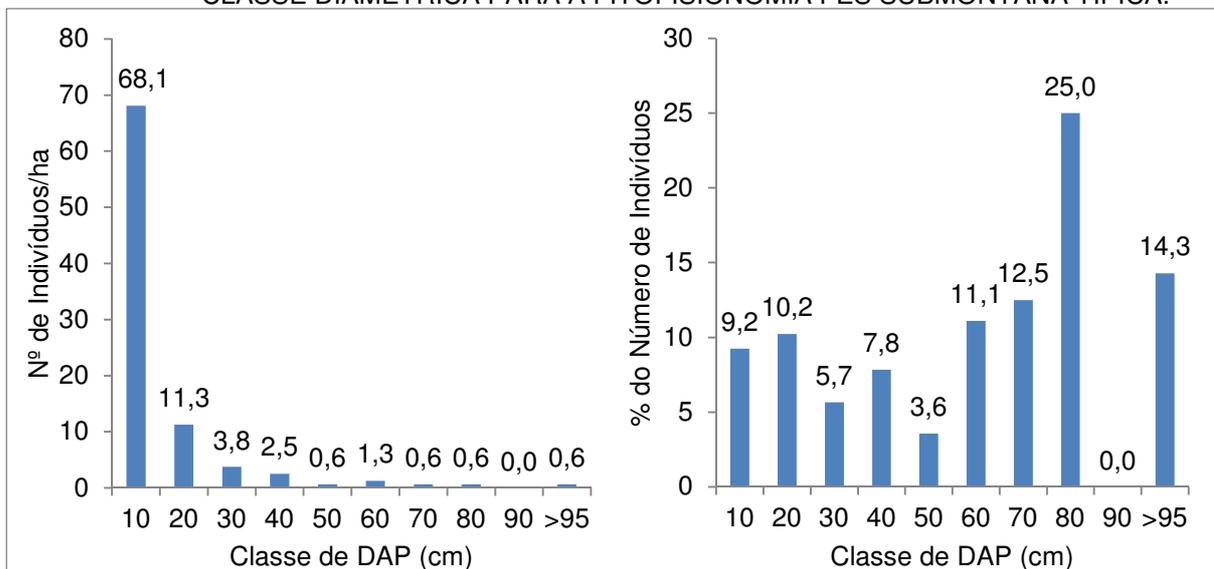
A 10ª classe não apresentou variação no número de indivíduos, porém apresentou diminuição na área basal e no volume comercial. Esse fato pode ser explicado com o auxílio das Figuras 22 e 23, em que fica evidenciada a mortalidade de 0,6 indivíduos/ha nessa classe e o avanço de 0,6 indivíduos/ha da classe anterior. Isso significa que os indivíduos que morreram possuíam uma área basal e um volume comercial superior ao dos que avançaram de classe.

Entre as 4 fitofisionomias estudadas, a FES Submontana Típica foi a que apresentou o maior número absoluto de indivíduos na 10ª classe. E embora graficamente o número de indivíduos/ha seja pouco perceptível, devido as grandes dimensões, essa classe apresenta altos valores de área basal (m²)/ha e volume comercial (m³)/ha.

A classe de 20 cm apresenta diminuição de 9,1% no número de indivíduos, de 12,8% na área basal e de 12,8% no volume comercial. Nota-se que houve diminuição nos três quesitos analisados, porém em diferentes níveis.

A Figura 22 apresenta o número de indivíduos/ha mortos e a taxa de mortalidade (%) para a FES Submontana Típica.

FIGURA 22 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA TÍPICA.

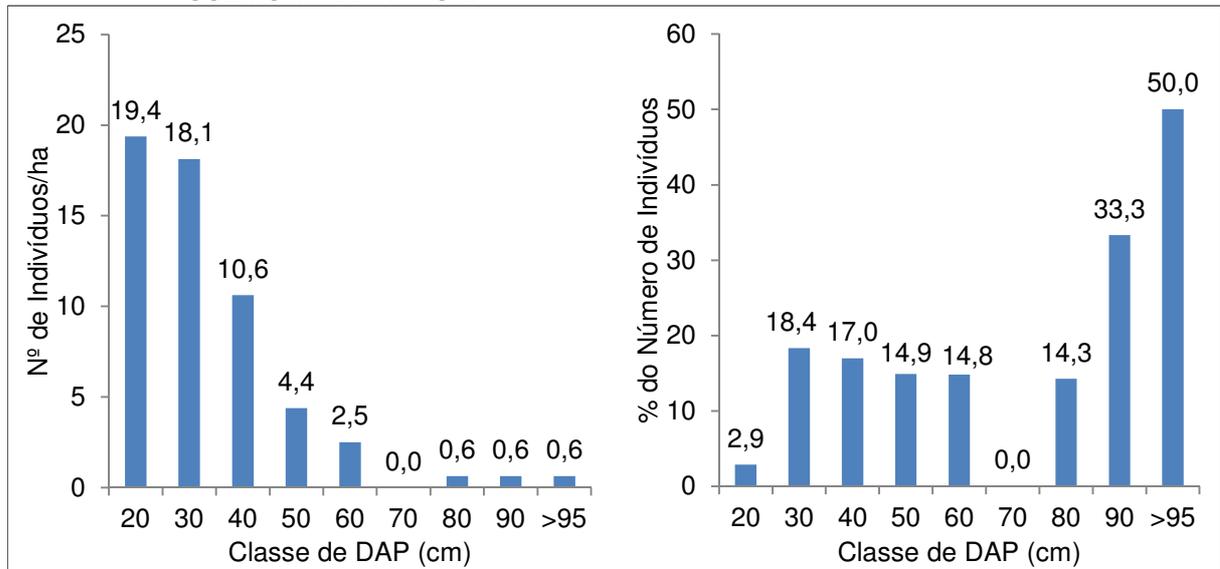


A maior mortalidade em números absolutos foi verificada na 1ª classe, enquanto que em números relativos foi verificada na 8ª classe. O número de indivíduos mortos no período de 4 anos foi de 89,4 indivíduos/ha. Desses, 76,2% morreram na 1ª classe; 12,6% na 2ª classe; 4,2% na 3ª classe; 2,8% na 4ª classe;

0,7% nas classes 5, 7, 8 e 10, cada; e 1,4% na 6ª classe. Não houve ocorrência de mortalidade para indivíduos na 9ª classe.

A Figura 23 mostra o número de indivíduos/ha que avançaram e a taxa de movimentação (%) para a classe superior adjacente para a FES Submontana Típica.

FIGURA 23 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA TÍPICA.



A taxa de movimentação relativa ficou entre 2,9% e 18,4% para as classes com quatro ou mais movimentações de indivíduos.

Embora em números absolutos as classes 8, 9 e 10 apresentem uma movimentação de 0,6 indivíduos/ha cada, em números relativos, estes representam percentuais diferentes em suas referidas classes, sendo 14,3%, 33,3% e 50,0%, respectivamente. Esse pode ser explicado devido a baixas frequências de indivíduos/ha nas classes de maior diâmetro.

Verificou-se que 19,4 indivíduos/ha avançaram da 1ª para a 2ª classe (2,9% do número de indivíduos da 1ª classe e 34,1% em relação ao total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 18,4% dos indivíduos da 2ª classe avançaram para a 3ª classe (31,9% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 17,0% dos indivíduos da 3ª classe avançaram para a 4ª classe (18,7% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 14,9% dos indivíduos da 4ª classe avançaram para a 5ª classe (7,7% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 14,8% dos indivíduos da 5ª classe avançaram para a 6ª classe (4,4% do número total de indivíduos que se

movimentaram para a classe superior); 14,3% dos indivíduos da 7ª classe avançaram para a 8ª classe (1,1% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 33,3% dos indivíduos da 8ª classe avançaram para a 9ª classe (1,1% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); e 50,0% dos indivíduos da 9ª classe avançaram para a 10ª classe (1,1% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior). Não houve avanço de indivíduos da classe 6 para a 7.

5.4.4 Floresta Estacional Semidecidual Submontana Úmida – FES Submontana Úmida

A Tabela 13 apresenta a dinâmica florestal das parcelas classificadas como FES Submontana Úmida.

A mortalidade no período de 4 anos foi de 82,1 indivíduos/ha (8,9%) e o ingresso foi de 112,9 indivíduos/ha (12,3%), e assim houve aumento de 30,7 indivíduos/ha no período considerado. Transformando para valores anuais, tem-se uma mortalidade de 20,5 indivíduos/ha/ano e um ingresso de 28,2 indivíduos/ha/ano.

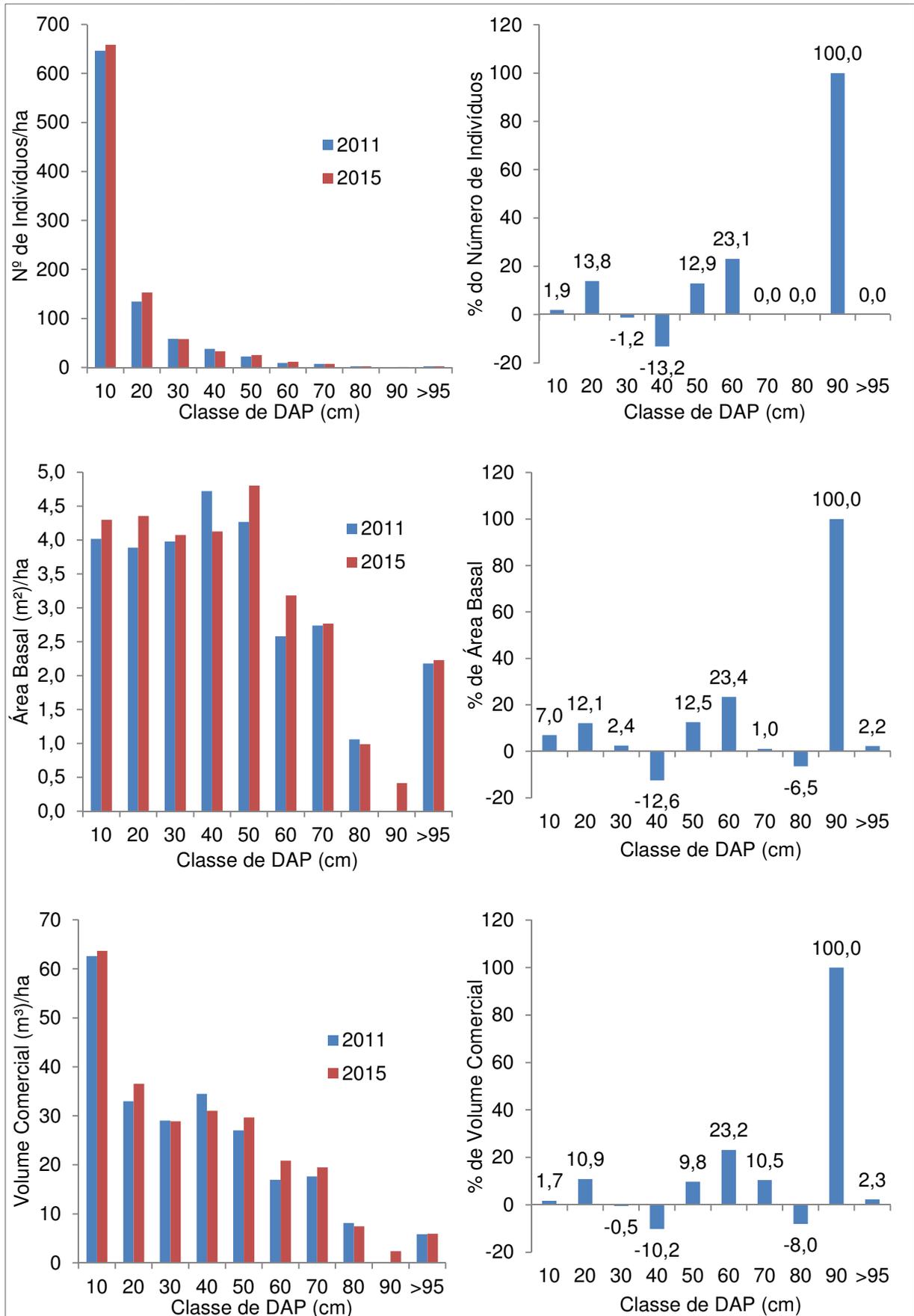
A Figura 24 ilustra a distribuição do número de indivíduos, da área basal (m^2) e do volume comercial (m^3) por hectare para as medições de 2011 e 2015.

TABELA 13 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M²), VOLUME COMERCIAL (M³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DA FES SUBMONTANA ÚMIDA EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	2011			Mortalidade		Nº de indiv. considerando a mortalidade	Indivíduos que permaneceram na mesma classe		Indivíduos que avançaram da classe anterior		2015		
		Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)	Nº de Indiv.	%		Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)
1	10	646,4	4,0195	62,5969	67,9	10,5%	578,6	545,7	94,3%	112,9	*	658,6	4,2996	63,6921
2	20	134,3	3,8869	32,9554	5,0	3,7%	129,3	120,0	92,8%	32,9	5,7%	152,9	4,3576	36,5454
3	30	58,6	3,9786	29,0164	5,0	8,5%	53,6	48,6	90,7%	9,3	7,2%	57,9	4,0756	28,8769
4	40	37,9	4,7213	34,5102	3,6	9,4%	34,3	27,9	81,3%	5,0	9,3%	32,9	4,1275	31,0036
5	50	22,1	4,2679	27,0396	0,7	3,2%	21,4	18,6	86,7%	6,4	18,8%	25,0	4,8019	29,6797
6	60	9,3	2,5803	16,9306	0,0	0,0%	9,3	8,6	92,3%	2,9	13,3%	11,4	3,1848	20,8541
7	70	7,1	2,7389	17,6262	0,0	0,0%	7,1	6,4	90,0%	0,7	7,7%	7,1	2,7672	19,4697
8	80	2,1	1,0599	8,1116	0,0	0,0%	2,1	1,4	66,7%	0,7	10,0%	2,1	0,9911	7,4619
9	90	0,0	0,0000	0,0000	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%	0,7	33,3%	0,7	0,4153	2,3714
10	>95	2,1	2,1791	5,8202	0,0	0,0%	2,1	2,1	100,0%	0,0	0,0%	2,1	2,2280	5,9526
SOMA		920,0	29,4323	234,6072	82,1	8,9%	837,9	779,3		171,4		950,7	31,2486	245,9075

* Indivíduos ingressos; (%) Percentual de indivíduos na classe considerada.

FIGURA 24 – FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA ÚMIDA.



A classe de 30 cm apresenta redução de 1,2% no número de indivíduos. Entretanto, a área basal apresenta um aumento de 2,4%, enquanto que o volume comercial apresenta redução de 0,5%. Isso enfatiza que não necessariamente a redução no número de indivíduos implicará também na redução em área basal e volume comercial, pois há de se considerar as variações na mortalidade de indivíduos na referida classe, bem como o avanço de indivíduos para a classe superior.

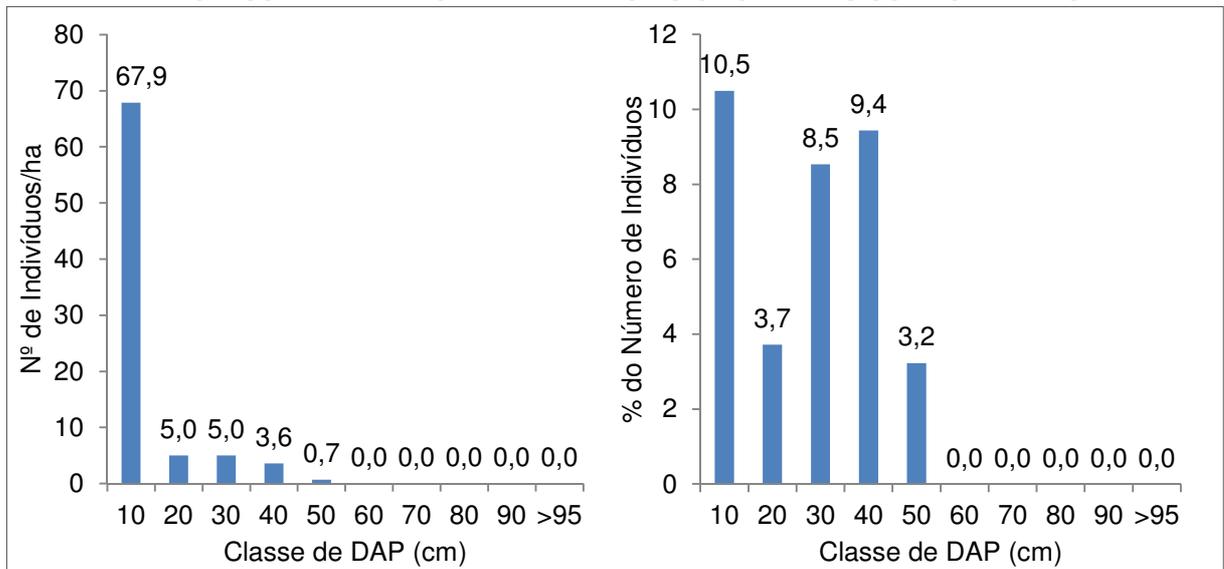
A classe de 80 cm embora não tenha apresentado variação no número de indivíduos (0,0%), apresentou variações negativas da ordem de 6,5% e 8,0% para área basal e volume comercial, respectivamente. Esse fato se deve à mudança de classe dos indivíduos, sendo que 0,6 indivíduos/ha da 8ª classe avançaram para a classe superior, enquanto que 0,6 indivíduos/ha da 7ª classe avançaram para a 8ª classe. Essa mudança faz com que o número de indivíduos/ha permanecesse o mesmo, contudo os indivíduos que avançaram para a 9ª classe possuíam valores de área basal e volume comercial superiores aos indivíduos que avançaram da 7ª para a 8ª classe.

A classe de 90 cm apresenta um aumento de 100% no número de indivíduos, na área basal e no volume comercial, resultado da mudança de classe de 0,7 indivíduos/ha para uma classe na qual não havia indivíduos na medição de 2011.

A classe de 140 cm embora não tenha apresentado variação no número de indivíduos (0,0%), apresentou variações positivas na ordem de 2,2% e 2,3% para área basal e volume comercial, respectivamente. Esse fato se deve ao crescimento de 2,1 indivíduos/ha presentes na medição de 2011 para 2015.

A Figura 25 apresenta o número de indivíduos/ha mortos e a taxa de mortalidade (%) para a FES Submontana Úmida.

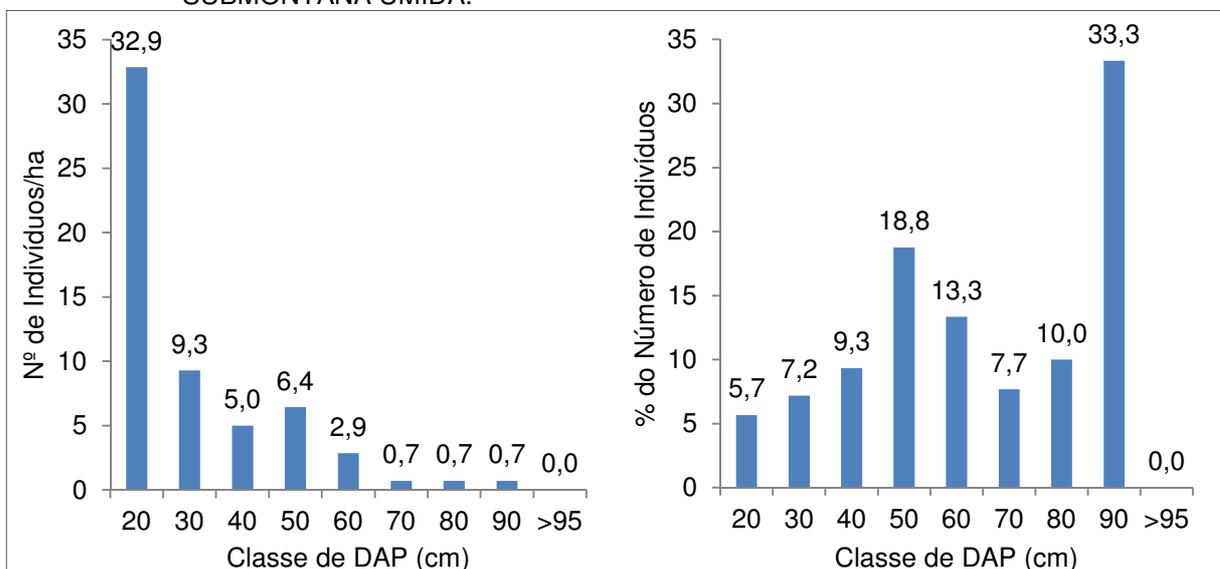
FIGURA 25 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA ÚMIDA.



Em números absolutos, a maior mortalidade foi registrada na primeira classe. Em números relativos, a mortalidade variou entre 3,2% e 10,5% para as classes nas quais houve mortalidade. A mortalidade no período de 4 anos foi de 82,1 indivíduos/ha. Desses, 82,6% morreram na 1ª classe; 6,1% nas classes 2 e 3, cada; 4,3% na 4ª classe; e 0,9% na 5ª classe. Não houve ocorrência de mortalidade para indivíduos com DAP superior a 55 cm, ou seja, a partir da 6ª classe.

A Figura 26 mostra o número de indivíduos/ha que avançaram e a taxa de movimentação (%) para a classe superior adjacente para a FES Submontana Úmida.

FIGURA 26 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA A FITOFISIONOMIA FES SUBMONTANA ÚMIDA.



Verificou-se que 32,9 indivíduos/ha avançaram da 1ª para a 2ª classe (5,7% do número de indivíduos da 1ª classe e 56,1% em relação ao total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 7,2% dos indivíduos da 2ª classe avançaram para a 3ª classe (15,9% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 9,3% dos indivíduos da 3ª classe avançaram para a 4ª classe (8,5% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 18,8% dos indivíduos da 4ª classe avançaram para a 5ª classe (11,0% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 13,3% dos indivíduos da 5ª classe avançaram para a 6ª classe (4,9% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 7,7% dos indivíduos da 6ª classe avançaram para a 7ª classe (1,2% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 10,0% dos indivíduos da 7ª classe avançaram para a 8ª classe (1,2% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); e 50,0% dos indivíduos da 8ª classe avançaram para a 9ª classe (33,3% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior). Não houve avanço de nenhum indivíduo da 9ª para a 10ª classe.

5.4.5 Parque Nacional do Iguaçu

A Tabela 14 apresenta a dinâmica florestal para todas as parcelas instaladas no Parque Nacional do Iguaçu.

A mortalidade no período de 4 anos foi de 86,7 indivíduos/ha (8,4%) e o ingresso foi de 132,6 indivíduos/ha (12,9%), e assim houve aumento de 46,0 indivíduos/ha no período considerado. Transformando para valores anuais, tem-se uma mortalidade de 21,7 indivíduos/ha/ano e um ingresso de 33,2 indivíduos/ha/ano.

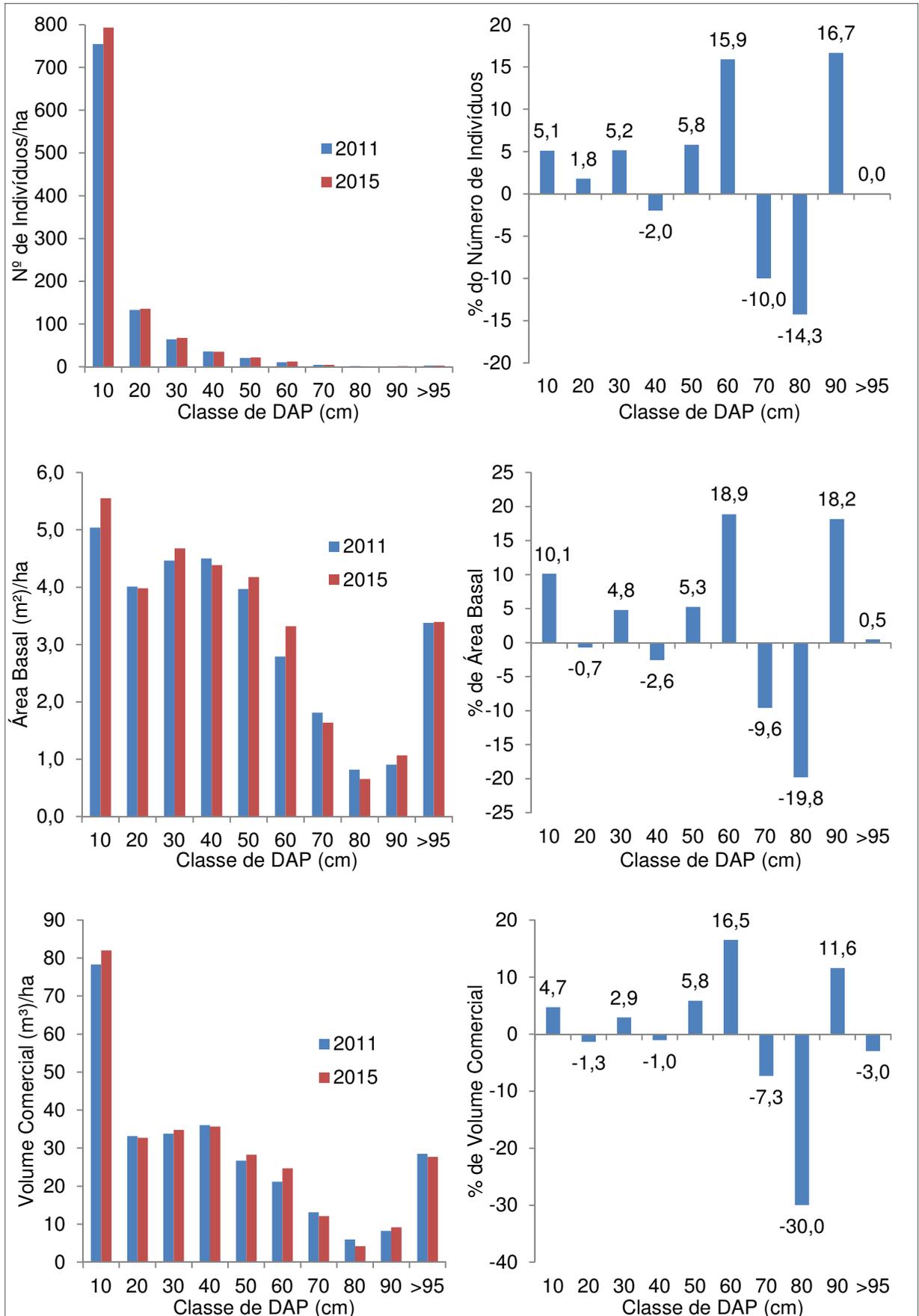
A Figura 27 ilustra a distribuição do número de indivíduos, da área basal (m^2) e do volume comercial (m^3) por hectare para as medições de 2011 e 2015.

TABELA 14 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL (M²), VOLUME COMERCIAL (M³), MORTALIDADE, PERMANÊNCIA E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS E INGRESSO (2011-2015) DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU (TODAS AS PARCELAS) EM CLASSES DIAMÉTRICAS, POR HECTARE.

Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	2011			Mortalidade		Nº de indiv. considerando a mortalidade	Indivíduos que permaneceram na mesma classe		Indivíduos que avançaram da classe anterior		2015		
		Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)	Nº de Indiv.	%		Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	%	Nº de Indiv.	Área Basal (m ²)	Volume Comercial (m ³)
1	10	754,8	5,0404	78,3456	68,1	9,0%	686,7	660,7	96,2%	132,6	*	793,3	5,5510	82,0450
2	20	133,1	4,0093	33,1812	8,3	6,3%	124,8	109,5	87,8%	26,0	3,8%	135,5	3,9808	32,7387
3	30	64,5	4,4624	33,8162	4,3	6,6%	60,2	52,6	87,4%	15,2	12,2%	67,9	4,6762	34,8078
4	40	36,0	4,5018	36,0408	3,3	9,3%	32,6	27,6	84,7%	7,6	12,6%	35,2	4,3853	35,6658
5	50	20,5	3,9689	26,6817	1,0	4,7%	19,5	16,7	85,4%	5,0	15,3%	21,7	4,1780	28,2415
6	60	10,5	2,7909	21,1882	0,7	6,8%	9,8	9,3	95,1%	2,9	14,6%	12,1	3,3180	24,6925
7	70	4,8	1,8110	13,1157	0,2	5,0%	4,5	3,8	84,2%	0,5	4,9%	4,3	1,6374	12,1575
8	80	1,7	0,8161	6,0005	0,2	14,3%	1,4	0,7	50,0%	0,7	15,8%	1,4	0,6545	4,2012
9	90	1,4	0,9040	8,2208	0,0	0,0%	1,4	1,0	66,7%	0,7	50,0%	1,7	1,0683	9,1744
10	>95	3,1	3,3792	28,5354	0,5	15,4%	2,6	2,6	100,0%	0,5	33,3%	3,1	3,3954	27,6882
SOMA		1030,2	31,6840	285,1262	86,7	8,4%	943,6	884,5		191,7		1076,2	32,8449	291,4126

* Indivíduos ingressos; (%) Percentual de indivíduos na classe considerada.

FIGURA 27 – FREQUÊNCIA OBSERVADA DOS DADOS LEVANTADOS EM 2011 E 2015 POR HECTARE E DESVIOS EM PORCENTAGEM (%) PARA NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ÁREA BASAL E VOLUME COMERCIAL PARA O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU COMO UM TODO.

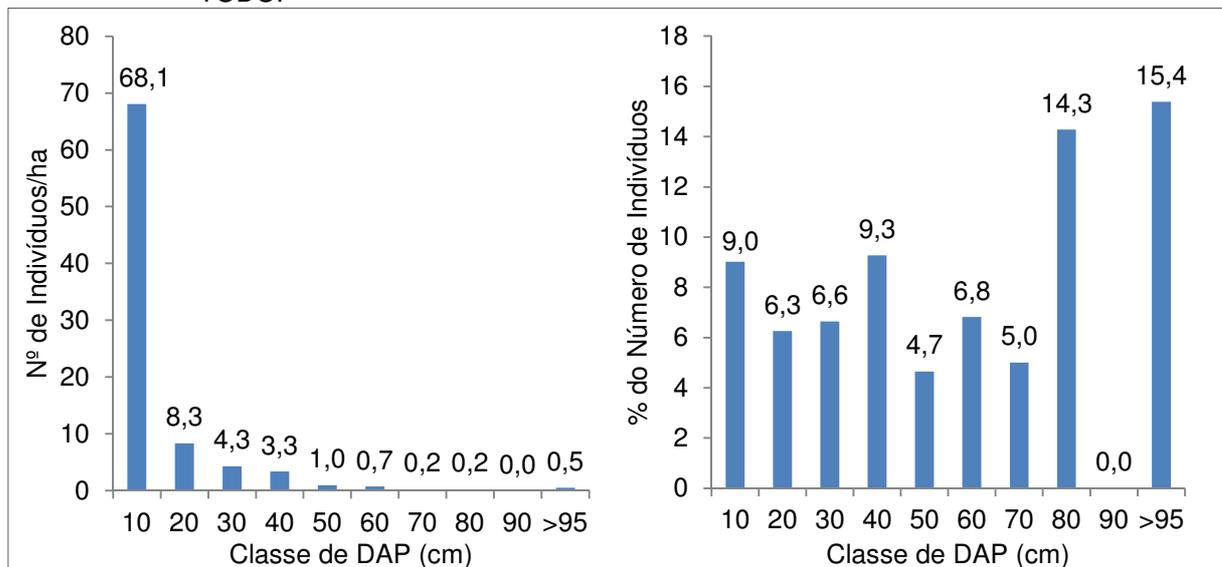


A classe de 20 cm apresenta aumento de 1,8% do número de indivíduos, entretanto, da área basal e do volume comercial, a classe apresenta redução de 0,7% e 1,3%, respectivamente. Esse fato ressalta que o aumento do número de indivíduos não necessariamente implicará em aumento em área basal e volume comercial.

A classe de 140 cm, embora não tenha apresentado variação do número de indivíduos (0,0%), apresentou variação positiva de 0,5% para área basal e variação negativa de 3,0% para volume comercial. Isso pode ser facilmente interpretado com o auxílio das Figuras 28 e 29, que evidenciam a mortalidade de 0,5 indivíduos/ha na 10ª classe e o avanço de 0,5 indivíduos/ha da classe 9 para 10. Os indivíduos que avançaram da 9ª para a 10ª classe possuem DAP's maiores que os indivíduos mortos, o que resultou no aumento da área basal. Como o volume comercial é calculado em função da altura comercial, subentende-se que os indivíduos que avançaram de classe possuem alturas comerciais inferiores àquelas dos indivíduos que morreram, resultando assim em redução do volume comercial.

A Figura 28 apresenta o número de indivíduos/ha mortos e a taxa de mortalidade (%) para todas as parcelas instaladas no Parque Nacional do Iguaçu.

FIGURA 28 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA MORTOS E TAXA DE MORTALIDADE (%) POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU COMO UM TODO.

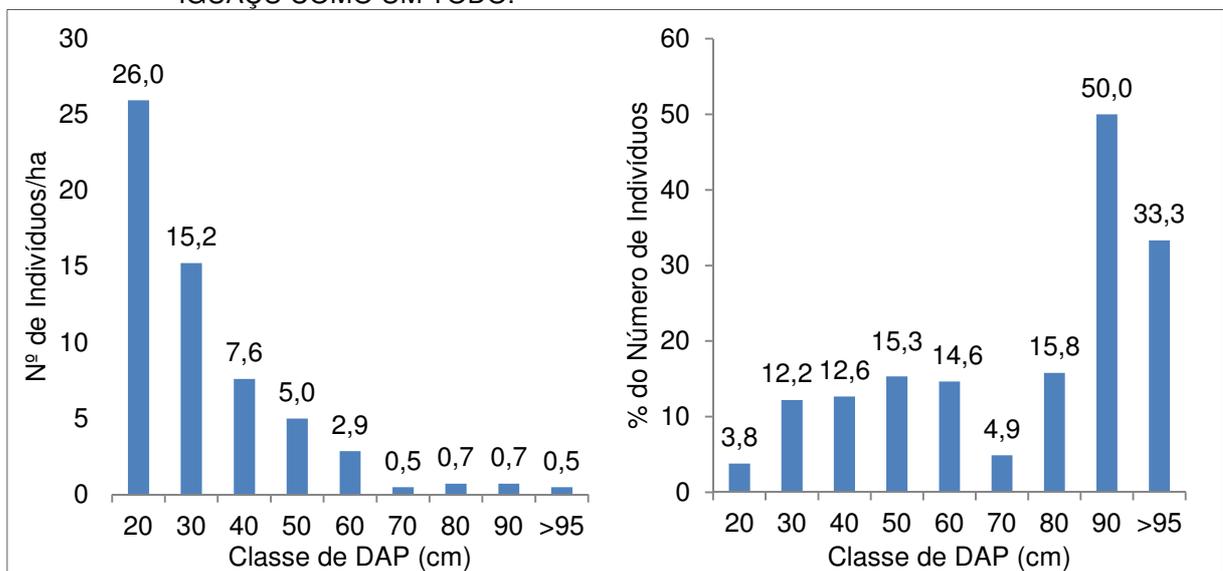


Em números absolutos, a maior mortalidade foi registrada na primeira classe (68,1 indivíduos/ha). Em números relativos, a mortalidade variou entre 4,7% e 15,4% para as classes nas quais foi registrada mortalidade.

O número de indivíduos mortos no período foi de 86,7 indivíduos/ha. Desses, 78,6% morreram na 1ª classe; 9,6% na 2ª classe; 4,9% na 3ª classe; 3,8% na 4ª classe; 1,1% na 5ª classe; 0,8% na 6ª classe; 0,3% nas classes 7 e 8, cada; e 0,5% na 10ª classe. Não houve ocorrência de mortalidade na 9ª classe.

A Figura 29 mostra o número de indivíduos/ha que avançaram e a taxa de movimentação (%) para a classe superior adjacente para todas as parcelas instaladas no Parque Nacional do Iguaçu.

FIGURA 29 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA QUE AVANÇARAM E TAXA DE MOVIMENTAÇÃO (%) PARA A CLASSE SUPERIOR ADJACENTE PARA O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU COMO UM TODO.



A taxa de movimentação relativa ficou entre 3,8% e 50,0%. Verificou-se que 26,0 indivíduos/ha avançaram da 1ª para a 2ª classe (3,8% do número de indivíduos da 1ª classe e 44,0% em relação ao total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 12,2% dos indivíduos da 2ª classe avançaram para a 3ª classe (25,8% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 12,6% das árvores da 3ª classe avançaram para a 4ª classe (12,9% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 15,3% dos indivíduos da 4ª classe avançaram para a 5ª classe (8,5% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 14,6% dos indivíduos da 5ª classe avançaram para a 6ª classe (4,8% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 4,9% dos indivíduos da 6ª classe avançaram para a 7ª classe (0,8% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); 15,8% dos indivíduos da 7ª classe avançaram para a 8ª classe (1,2% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior);

50,0% dos indivíduos da 8ª classe avançaram para a 9ª classe (1,2% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior); e 33,3% dos indivíduos da 9ª classe avançaram para a 10ª classe (0,8% do número total de indivíduos que se movimentaram para a classe superior).

5.4.6 Compilação dos Resultados da Dinâmica

A Tabela 15 apresenta as taxas de ingresso e mortalidade (%) para as quatro fitofisionomias e para o PNI no período de 2011 a 2015.

TABELA 15 – INGRESSO E MORTALIDADE (%) PARA AS FITOFISIONOMIAS E PARA O PNI NO PERÍODO DE 2011 A 2015.

	Ecótono FOM/FES	FES Montana	FES Submontana Típica	FES Submontana Úmida	PNI
Ingresso (%)	6,8	12,7	16,3	12,3	12,9
Mortalidade (%)	9,0	5,5	9,1	8,9	8,4

A única fitofisionomia que apresentou a mortalidade em níveis superiores ao ingresso foi o Ecótono FOM/FES. Distúrbios causados recentemente, como exemplo a abertura de clareiras decorrente da queda de árvores pode ter contribuído para que o ingresso tenha sido baixo, porém com alta quantidade de indivíduos que não atingiram o diâmetro mínimo para inclusão. As demais fitofisionomias apresentaram aumento no número de indivíduos/ha, resultado da mortalidade em níveis inferiores ao ingresso.

A Tabela 16 apresenta as variações para três quesitos analisados para as quatro fitofisionomias e para o PNI no período de 2011 a 2015.

TABELA 16 – VARIACÕES NO NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA, ÁREA BASAL/HA E VOLUME COMERCIAL/HA PARA AS FITOFISIONOMIAS E PARA O PNI NO PERÍODO DE 2011 A 2015.

(continua)

	Ecótono FOM/FES	FES Montana	FES Submontana Típica	FES Submontana Úmida	PNI
Número de Indivíduos/ha (%)	- 2,1	+ 7,3	+ 7,2	+ 3,3	+ 4,5

TABELA 16 – VARIAÇÕES NO NÚMERO DE INDIVÍDUOS/HA, ÁREA BASAL/HA E VOLUME COMERCIAL/HA PARA AS FITOFISIONOMIAS E PARA O PNI NO PERÍODO DE 2011 A 2015.

(conclusão)

	Ecótono FOM/FES	FES Montana	FES Submontana Típica	FES Submontana Úmida	PNI
Área Basal (m ²)/ha (%)	+ 3,3	+ 0,9	+ 2,0	+ 6,2	+ 3,7
Volume Comercial (m ³)/ha (%)	+ 1,8	- 0,3	+ 1,0	+ 4,8	+ 2,2

A fitofisionomia Ecótono FOM/FES apresentou redução total de 2,1% em número de indivíduos/ha, indicando que a mortalidade superou os ingressos no período considerado, e aumento total de 3,3% em área basal (m²)/ha e de 1,8% em volume comercial (m³)/ha, indicando que os indivíduos remanescentes cresceram o suficiente para superar as perdas em área basal e volume comercial dos indivíduos mortos.

A fitofisionomia FES Montana apresentou aumento total de 7,3% em número de indivíduos/ha, indicando que os ingressos foram superiores à mortalidade registrada, enquanto que apresentou aumento total de 0,9% em área basal (m²)/ha e redução total de 0,3% em volume comercial (m³)/ha, indicando que devido ao ingresso de mais árvores de menor porte, os aumentos em área basal e volume comercial são pequenos, quando não negativos. Situação similar pode ser observada na fitofisionomia FES Submontana Típica, onde o aumento do número de indivíduos/ha é reflexo do alto ingresso de indivíduos que atingiram o limite do DAP para inclusão, o que reflete em uma escala bem menor no que diz respeito a aumentos em área basal e em volume comercial, devido a serem indivíduos de menores dimensões.

Já a fitofisionomia FES Submontana Úmida apresentou aumento no número de indivíduos/ha, porém em menor escala quando comparado à FES Montana e FES Submontana Típica. Com o menor aumento do número de indivíduos/ha a competição por condições para o crescimento não é tão alta, o que favoreceu o crescimento em área basal (m²)/ha e volume comercial (m³)/ha em maior escala.

No período de 2011 a 2015, o Parque Nacional do Iguaçu como um todo apresentou aumento total de 4,5% em número de indivíduos/ha, de 3,7% em área

basal (m^2)/ha e de 2,2% em volume comercial (m^3)/ha. Gauto (1997), estudando um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual em Misiones, Argentina, no período de 1993 a 1995, encontrou 839 indivíduos sobreviventes, o que representou 78% da população existente, enquanto que em termos de área basal e volume comercial, os percentuais foram de 69% e 65%, respectivamente. Contudo, o mesmo sofreu exploração comercial no referido período.

6 CONCLUSÕES

- A fitofisionomia FES Submontana Úmida apresentou o menor número de indivíduos por hectare, contudo, é a que apresentou os maiores DAPs médios. Situação contrária foi observada no Ecótono FOM/FES, que apresentou os menores DAPs médios e o maior número de indivíduos por hectare.
- O aumento do DAP médio nas medições subsequentes não necessariamente é proveniente do aumento do número de indivíduos por hectare.
- Nas medições de 2011, 2013 e 2015, as distribuições diamétricas para o Parque Nacional do Iguaçu assumiram o formato do “J-invertido”.
- As funções densidade de probabilidade Weibull 3p e SB de Johnson apresentaram aderência aos dados de diâmetro em todos os anos de medição, sendo que a Weibull 3p se mostrou melhor no ajuste aos dados em todas as medições.
- A função densidade de probabilidade Gama apenas apresentou aderência aos dados de diâmetro na medição de 2013, enquanto que as funções densidade de probabilidade Beta, LogNormal e Normal não apresentaram aderência aos dados de diâmetro em nenhuma das medições.
- As variações em número de indivíduos, em área basal (m^2) e em volume comercial (m^3), quando analisadas em conjunto, não necessariamente seguem as mesmas tendências, bem como proporcionalidades. Existem casos com aumento em uma variável, enquanto que em outra há redução.
- A maior área basal (m^2) por hectare foi registrada na fitofisionomia FES Montana, medição de 2015. A mesma fitofisionomia apresentou o maior volume comercial (m^3) por hectare, porém, na medição de 2011.
- A maior área basal (m^2) por hectare foi registrada na fitofisionomia Ecótono FOM/FES, medição de 2011. Já o menor volume comercial (m^3) por hectare foi registrado na fitofisionomia FES Submontana Úmida, medição de 2011.
- Em números absolutos, as maiores taxas de mortalidade sempre foram registradas na 1ª classe, devido ao maior número de indivíduos e a consequente competição no sub-bosque, típica de florestas naturais.

- A fitofisionomia FES Montana apresentou a menor taxa de mortalidade (5,5%). A menor taxa de ingresso foi registrada na fitofisionomia Ecótono FOM/FES, com 6,8%.
- A maior taxa de ingresso foi registrada na fitofisionomia FES Submontana Típica (16,3%). A mesma fitofisionomia também apresentou a maior taxa de mortalidade (9,1%). A alta taxa de mortalidade registrada propiciou uma maior taxa de ingresso, dada a maior disponibilidade de condições para o crescimento de novos indivíduos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, P. **Mapeamento dos Remanescentes Vegetais Arbóreos do Estado do Paraná e Elaboração de um Sistema de Informações Geográficas para Fins de Análise Ambiental do Estado**. 127 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2013.

AMARAL, M. K.; PÉLLICO NETTO, S.; LINGNAU, C.; PESK, V. A.; MARTINS NETO, R. P. Estrutura Espacial de Três Espécies Arbóreas Relacionadas ao Setor Alimentício. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 75-84, 2015.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105–121, 2009.

ARCHELA, E.; FRANÇA, V.; CELLIGOI, A. Geologia, Geomorfologia e Disponibilidade Hídrica Subterrânea na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga. **Geografia**, v. 12, n. 2, p. 131-140, 2003.

BARRA, O. S. V.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; CORTE, A. P. D. Proposta metodológica para ajuste ótimo da distribuição diamétrica Sb de Johnson. **Revista Árvore**, v.35, n.1, p.151-156, 2011.

BARRA, O. S. V.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; CORTE, A. P. D. Proposta metodológica para ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Revista Floresta**, v.34, n.3, p.387-393, 2004.

BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. A Distribuição Diamétrica para Bracatingais em Diferentes Idades, Sítios e Densidades na Região Metropolitana de Curitiba. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 305-323, 2004.

BRASIL, Portaria nº 269, de 26 de dezembro de 2013. Dispõe sobre o processo de revisão do Plano de Manejo para o Parque Nacional do Iguaçu e estabelece prazos para elaboração e adoção de medidas transitórias para ordenamento da visitação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 251, 27 dez. 2013. Seção I, p. 289.

CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. **Mata Atlântica: Uma Rede pela Floresta**. RMA, Brasília, 2006.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3. ed. atual. ampl. Viçosa, MG. Editora UFV. 2009.

CHAGAS, R. K.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VAN DEN BERG, E.; SCOLFORO, J. R. S. Dinâmica de Populações Arbóreas em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 25, n. 1, p. 39-57, 2001.

CORAIOLA, M. **Caracterização Estrutural de uma Floresta Estacional Semidecidual Localizada no Município de Cássia – MG.** 216 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 1997.

CORAIOLA, M. **Dinâmica de Uma Floresta Estacional Semidecidual – MG: Abordagem com Processo de Amostragem em Múltiplas Ocasões.** 168 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2003.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo: a História e a Devastação da Mata Atlântica Brasileira.** 1ª ed. 9ª reimp. Editora Schwarcz, São Paulo, 2013.

DELONGA, R.; WOYCIKIEWICZ, A. P. F.; CORAIOLA, M. **Modelagem da Distribuição Diamétrica de *Ilex paraguariensis* (A. St.-Hill.) em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista – Fazenda Rio Grande, Paraná, Brasil.** Curitiba, 2014. e-book. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1017254/1/LIVROATUALIDADESEMENSURACAOFLORESTA L2014.pdf>> Acesso em: 03/09/2014.

FARAH, F. T. **Vinte anos de Dinâmica em um Hectare de Floresta Estacional Semidecidual.** 124 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas, 2009.

FERREIRA, J. C. S. **Análise da Estrutura Diamétrica em Povoamentos de Florestas Plantadas a Partir de Funções de Densidade de Probabilidade.** 100 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. Brasília, 2011.

FERREIRA, L. M. **Revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu Encarte 5, com Vistas à Revisão do Plano de Manejo.** IBAMA e FUPEF. Brasília, 1999.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, Mortalidade, Ingresso e Distribuição Diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.

FINGER, C.A.G. **Distribuição de Diâmetros em Acácia Negra, *Acacia mearnsii* de Wild, em Diferentes Povoamentos e Idade.** 129 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 1982.

GAUTO, O. A. **Análise da Dinâmica e Impactos da Exploração sobre o Estoque Remanescente (por Espécie e por Grupos de Espécies Similares) de uma Floresta Estacional Semidecidual em Missiones, Argentina.** 133 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 1997.

GOMIDE, G. L. A. **Estrutura e Dinâmica de Crescimento de Florestas Tropicais Primária e Secundária no Estado do Amapá.** 179 f. Dissertação (Mestrado) –

Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 1997.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Manuais Técnicos em Geociências. Ed. 2. Rio de Janeiro, 2012.

IURK, J. N. **Avaliação da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Represa Grande, Integrante da Zona de Amortecimento do Parque Nacional do Iguaçu**. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Curitiba, 2005.

ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Clima – Estado do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2008. 1 Mapa. Escala 1:2.000.000.

ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Formações Fitogeográficas – Estado do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2009. 1 Mapa. Escala 1:2.000.000.

ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Solos – Estado do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2008. 1 Mapa. Escala 1:2.000.000.

KERSTEN, R. A.; RIOS, R. C. Epífitas Vasculares em Áreas de Ecótono entre Floresta Ombrófila Mista e Estacional Semidecidual em Misiones, Argentina. **Estudos de Biologia**, v. 35, n. 84, p. 49-57, 2013.

LEITÃO FILHO, H. F. Considerações Sobre a Florística de Florestas Tropicais e Subtropicais do Brasil. **IPEF**, n. 45, p. 41-46, 1987.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4. ed. Editora UEPG, Ponta Grossa, 2012.

MACHADO, S. A.; SANTOS, A. A. P.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; ZAMIN, N. T. Modelagem da Distribuição Diamétrica de Quatro Espécies de Lauraceae em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 1, p. 91-105, 2010.

MANZATTO, A. G. **Dinâmica da Comunidade Arbustivo-Arbórea em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizada no Município de Rio Claro, SP, durante o período de 1989-2003**. 114 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Setor de Ciências Biológicas. Rio Claro, 2005.

MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; BRANDÃO, C. F. L. S.; JÚNIOR, F. T. A. Relações Florísticas, Estrutura Diamétrica e Hipsométrica de um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 699-709, 2008.

MARTINS, S. V.; SILVA, N. R. S.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Distribuição de Espécies Arbóreas em um Gradiente Topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 172-181, 2003.

MEDEIROS, J. D.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. Seleção de Áreas para Criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista. **Biotemas**, n. 18 (2), p. 33-50, 2005.

MELO, L. A. M. N. **Modelagem de Combustíveis Florestais no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil**. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2005.

MENDONÇA, A. C. A. **Caracterização e Simulação dos Processos Dinâmicos de uma Área de Floresta Tropical de Terra Firme Utilizando Matrizes de Transição**. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2003.

MINEROPAR. **Sedimentação e Magmatismo Mesozóico**. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=25>. Acesso em 26 out 2015.

MOREIRA, J. C. **Patrimônio Geológico em Unidades de Conservação: Atividades Interpretativas, Educativas e Geoturísticas**. 428 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, 2008.

MOREIRA, T. **Resumo Executivo Plano de Manejo Parque Nacional do Iguaçu**. IBAMA. Brasília, 2000.

MUCHAILH, M. C. **Análise da Paisagem Visando à Formação de Corredores de Biodiversidade: Estudo de Caso da Porção Superior da Bacia do Rio São Francisco Falso, Paraná**. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2007.

NAPPO, M. E.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V.; MARCO JÚNIOR, P.; SOUZA, A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Dinâmica da Estrutura Diamétrica da Regeneração Natural de Espécies Arbóreas e Arbustivas no Sub-Bosque de Povoamento Puro de *Mimosa scabrella* Bentham, em Área Minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 35-46, 2005.

NASCIMENTO, R. G. M. **Modelagem e Prognose da Produção de uma Floresta Tropical Úmida Densa de Terra-Firme na Amazônia Central**. 174 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2012.

OKA-FIORI, C.; SANTOS, L. J. C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; BRISKI, S. J.; SILVA, J. M. Mapeamento Geomorfológico Preliminar do Estado do Paraná. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2006.

ORELLANA, E. **Funções de Densidade de Probabilidade no Ajuste da Distribuição Diamétrica de um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista**. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Setor de Ciências

Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Irati, 2009.

ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLLICO NETTO, S.; DIAS, A. N. Modelagem da Distribuição Diamétrica de Espécies Florestais em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 297-308, 2014.

PÉLLICO NETTO, S.; *et al.* **Inventário de Reconhecimento do Parque Nacional do Iguaçu**. Centro de Pesquisas Florestais da Universidade Federal do Paraná e Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Curitiba, 1968.

PÉLLICO NETTO, S.; CORAIOLA, M.; WEBER, S. H. Rede de Parcelas Permanentes Localizadas na Floresta Ombrófila Mista e na Floresta Estacional Semidecidual Integrantes do PELD Sítio 9, sob a Responsabilidade da PUCPR. In: SANQUETTA, C. R. **Experiências de Monitoramento no Bioma Mata Atlântica com o Uso de Parcelas Permanentes**. Curitiba, 2008. p. 211-244.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S.; PÉLLICO NETTO, S.; MACHADO, S. A. Estrutura da Distribuição Diamétrica em Plantio Experimental de Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 1055-1065, 2014.

RICOBOM, A. E. **O Parque do Iguaçu como Unidade de Conservação da Natureza no Âmbito do Mercosul: os Problemas Decorrentes da Degradação Ambiental**. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba, 2001.

RNPC; RVIA. **Parque Nacional do Iguaçu: Caminho Aberto para a Vida**. Curitiba, 2002.

ROCHA, S. B. **A “Estrada do Colono” e o Parque Nacional do Iguaçu**. IBAMA. Brasília, 1997.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência&Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.

SALAMUNI, R.; SALAMUNI, E.; ROCHA, L. A.; ROCHA, A. L. Parque Nacional do Iguaçu, PR: Cataratas de Fama Mundial. In: **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. DNPM, CPRM e SIGEP, Brasília: DNPM, 2002.

SANQUETTA, C. R.; ANGELO, H.; BRENA, D. A.; MENDES, J. B. Predição da Distribuição Diamétrica, Mortalidade e Recrutamento da Floresta Natural com Matriz Markoviana de Potência. **Revista Floresta**, v. 24, n. 1/2, p. 23-37, 1995.

SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A.; ANGELO, H.; MENDES, J. B. Matriz de Transição para Simulação da Dinâmica de Florestas Naturais sob Diferentes Intensidades de Corte. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 65-78, 1996.

SANTOS, K.; KINOSHITA, L. S.; REZENDE, A. A. Species Composition of Climbers in Seasonal Semideciduous Forest Fragments of Southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 4, p. 175- 188, 2009.

SANTOS, V. S.; BATISTA, A. P. B.; APARÍCIO, P. S.; APARÍCIO, W. C. S.; LIRA-GUEDES, A. C. Dinâmica Florestal de Espécies Arbóreas em uma Floresta de Várzea na Cidade de Macapá, AP, Brasil. **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 207-213, 2012.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R. Alteração da Estrutura Diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no Período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: Modelos de Crescimento e Produção Florestal**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do Crescimento e da Produção de Florestas Plantadas e Nativas**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1998.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de Produção para Floresta Nativa como Base para Manejo Sustentado. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2ª ed. Ed. UFV. Viçosa, 2011.

SOUZA, A. L.; ARAÚJO, P. A.; CAMPOS, J. C. C.; PAULA NETO, F. Dinâmica de Crescimento em Diâmetro de uma Floresta Primária sem Interferência: Uma Análise pelo Tempo de Passagem entre Classes Diamétricas. **Revista Árvore**, v. 17, n. 2, p. 129-145, 1993.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas: Estrutura, Dinâmica e Manejo**. Viçosa, Ed. UFV, 2013.

SOUZA, R. F. **Fitossociologia e Dinâmica da Vegetação Arbórea no Parque Nacional do Iguaçu**. 135 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2015.

STEPKA, T. F. **Modelagem da Dinâmica e Prognose da Estrutura Diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de Matriz de Transição e Razão de Movimentação**. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Irati, 2008.

STEPKA, T. F.; DIAS, A. N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; SAWCZUK, A. R. Prognose da Estrutura Diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os Métodos Razão de Movimentos e Matriz de Transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 327-335, 2010.

TÉO, S. J.; MARCON, F.; SCHNEIDER, C. R.; SANTOS, F. B.; CHIARELLO, K. M. A.; FIORENTIN, L. D. Modelagem da Distribuição Diamétrica de um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Leblon Régis, SC. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 337-348, 2015.

TÉO, S. J.; ROCHA, S. P.; BORTONCELLO, A. C.; PAZ, R. A.; COSTA, R. H. Dinâmica da Distribuição Diamétrica de Povoamentos de *Pinus taeda*, na Região de Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 183-192, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Setor de Ciências Agrárias. **Inventário Florestal da Região de Influência da Represa de Itaipu – Relatório Final**. Curitiba. 177 p. 1978.

VAN LAAR, A. **Forest biometry**. Stellenbosch: Sappi Forests, 1991.

VIANI, R. A. G.; COSTA, J. C.; ROZZA, A. F.; BUFO, L. V. B.; FERREIRA, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C. P. Caracterização Florística e Estrutural de Remanescentes Florestais de Quedas do Iguaçu, Sudoeste do Paraná. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 115-128, 2011.

ZILLER, S. R. **Avaliação Ecológica Rápida do Parque Nacional do Iguaçu**. 1ª ed. IBAMA. Curitiba, 1998.