

---

## QUANTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL DE UM MUNICÍPIO, POR FOTOINTERPRETAÇÃO, COM APLICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO BETA.

---

ENIO GIOTTO  
Dr., Prof. Titular, DER-UFSM

JOSÉ AMÉRICO DE MELLO FILHO  
Mestre, Prof. Adjunto, DS-IF-UFRRJ

### RESUMO

O desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto pelo uso de imagens orbitais e suborbitais tem propiciado rápida evolução ao monitoramento das áreas florestais e agrícolas.

Objetivou-se neste trabalho quantificar por processo estatístico a evolução e distribuição de freqüências da cobertura florestal por classe de tamanho de área, para o município de Ibirubá, RS, entre 1956 e 1985.

Sobre os mapas aerofotogramétricos de 1956, 1965 e 1975, tendo por base as coordenadas UTM, dividiu-se toda a área de estudo em quadriculas de 1 Km<sup>2</sup> e nelas mediu-se sua área florestal. A população de percentuais de cobertura florestal por unidade apresentou uma distribuição de freqüência contínua, por classe de tamanho de área, que se ajustou de acordo com a Distribuição Beta.

Após esta constatação, procedeu-se à quantificação da cobertura florestal, por amostragem de 25% da área total, sobre o mapa de 1985.

Palavras-chave: Quantificação de Áreas, Monitoramento Florestal, Fotointerpretação.

### ABSTRACT.

The development of Remote Sensing by use of orbital and suborbital images have caused rapid evolution to the monitoring of forest and agricultural areas.

These studies aimed to establish subsidies to the developing of a forestry monitoring program at municipal-wide. The selected area for the test was the Ibirubá county, State of Rio Grande do Sul, South of Brazil, for dispose the survey forestry cover in the periods of 1956, 1965 and 1975. In 1985, a survey was made images from LANDSAT 5, channels 3 and 4. In the mentioned periods, studies of the forestry cover spacial distributions were carried, determining positions and dispersions parameters, as well as studies about the frequency distributions per area unit of forestry cover and verification of settlement to theoretical models with the Beta distribution. This method shown efficiency in sampling process for multiple occasions, and it can be used in forestry monitoring programs.

Key Words: Areas quantification, Forestry monitoring, Photointerpretation.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento crescente das técnicas de sensoriamento remoto, relativo ao uso de imagens orbitais e suborbitais, tem propiciado rápida evolução nos estudos do monitoramento das áreas florestais e agrícolas, quanto às relações espaciais e temporais.

A aplicação de técnicas estatísticas adequadas permite a realização desses trabalhos, com atendimento às exigências econômicas, por atingirem elevado grau de precisão em reduzido tempo de observação e execução.

No campo das ciências florestais, estudos têm sido conduzidos quanto à distribuição de freqüências, especialmente de espécies arbóreas por classe diamétrica. E as distribuições de freqüências mais empregadas são: Normal, Exponencial, Gama e Beta. Entretanto, o estudo de distribuição da cobertura florestal por classe de tamanho de área é questão ainda inédita, ao menos em nosso país.

Esta pesquisa desenvolveu o estudo sobre a dinâmica da evolução da cobertura florestal, utilizando-se como objeto o município de Ibirubá - RS.

Objetivou-se quantificar por processo estatístico a evolução e distribuição de freqüências da cobertura florestal por unidade de área, em diferentes ocasiões, empregando-se fotografias aéreas e imagens orbitais. Havendo uniformidade na distribuição de freqüências, a esta podem ser aplicados processos de amostragem sobre imagens atuais, para se obter a quantificação da cobertura florestal ou de áreas agrícolas.

O estudo permitiu conhecer-se as modificações ocorridas na região focalizada, em razão do processo de desmatamento e subsequente ocupação do solo para uso agrícola, em época recente, ao atenderem os proprietários rurais aos apelos governamentais para a intensificação da produção de cereais com vistas à exportação.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Em pesquisa realizada na região de Gravataí, RS, THOFERN (1972) mostra processo de matematização das freqüências de áreas florestais por tamanho, estabelecendo como referência unidades de área de 1 Km<sup>2</sup>, ou 100 ha, e determina parâmetros de distribuição

espacial. Conclui que o método permite localizar analiticamente áreas de maior concentração florestal, o que consiste em informação básica a planejamentos de implantação ou de exploração de povoamentos florestais.

SILVA (1979), em estudo da cobertura florestal do município de Ibirubá, RS, diz que as matas são da floresta latifoliada subtropical com a presença de *Araucaria angustifolia*, ocorrendo também matas de galeria e capoeiras.

Conforme afirma CORTEZ (1972), é necessário tomar-se decisões rápidas e complexas em relação ao manejo dos recursos naturais. SUDESUL (1978) destaca a necessidade de levantamentos periódicos da cobertura florestal do Rio Grande do Sul, para avaliar a ação antrópica.

GIOTTO (1986) enfatiza que, para o planejamento regional, é necessário o monitoramento florestal e agrícola, com realização anual de levantamentos de dados e aplicação mais intensa das novas técnicas e produtos do Sensoriamento Remoto, pelo emprego de métodos de amostragem adequados. Esse autor salienta, ainda, que os estudos de distribuição de freqüências por classe de tamanho de área são praticamente inexistentes. Entretanto, seu estudo se faz necessário, pois permite verificar a tendência imposta pela fragmentação dos povoamentos florestais, alicerçar o estudo de amostragem para quantificação de áreas, e conhecer-se as modificações da cobertura florestal ao longo do tempo.

## Material e Métodos.

### Material

A área objeto do estudo corresponde ao município de Ibirubá, localizado no Planalto Médio do Rio Grande do Sul, compreendida entre as coordenadas geográficas 53° 01' W a 53° 34' W de longitude e 28° 27' S a 28° 00' S de latitude, com superfície de 778,55 Km<sup>2</sup>.

Foram empregados, como material cartográfico, fotogramas aéreos de 1956, 1965 e 1975, imagens orbitais LANDSAT de 1985, cartas topográficas da DSG-MEX, e os mapas aerofotogramétricos da cobertura florestal de Ibirubá, dos anos de 1956, 1965 e 1975, confeccionados por SILVA (1979).

**MÉTODOS.**

**Formulação da hipótese.**

Tendo como base as Coordenadas UTM e a escala dos mapas aerofotogramétricos, dividiu-se toda a área de estudo em quadrículas, cada uma delas com 1 Km<sup>2</sup>, ou 100 ha. Em cada quadrícula, para cada época, foi medida a superfície com cobertura florestal. Os valores observados puderam ser comparados aos dados reais. Estudou-se a distribuição das frequências dos valores observados, em relação a classes de tamanho de área, ajustados à distribuição de frequência Beta.

Formulou-se a Hipótese de Aceitação (Ho), que consiste em afirmar que nos anos de 1956, 1965 e 1975 a população de percentuais de cobertura florestal por unidade de área apresenta uma distribuição de frequência contínua por classe de tamanho de área, ajustando-se a uma distribuição teórica, isto é, esperava-se que os dados de frequência observada se ajustassem de acordo com a Distribuição Beta.

Em caso de comprovação da hipótese de aceitação, podem ser realizados estudos no sentido de se quantificar a área florestal a partir da distribuição amostral das frequências dos percentuais de cobertura florestal.

Com essa condição aceita, seria procedida a amostragem sobre mapa obtido a partir das imagens orbitais de 1985, para se conhecer a dinâmica da cobertura florestal para a região no período de 30 anos. Para este estudo, considerou-se cada quadrícula de 100 ha como unidade amostral. Proceder-se-ia às medições da cobertura florestal sobre 25% da população de quadrículas, escolhidas aleatoriamente. O resultado da amostragem, extrapolado para a área de cada classe, respeitando-se a distribuição de frequências por classe de tamanho de área, seria também um indicador da eficiência do método.

**Número de Classes e Intervalo de Classe.**

Os povoamentos foram agrupados em classes de percentuais de cobertura florestal em unidades de 100 ha. Empregou-se como primeira aproximação a fórmula de Sturges para se definir o Número de Classes (K):

$$K = 1 + 3,22 \cdot \log n$$

onde n = número de parcelas de 100 ha (sobre a área total).

O Intervalo de Classe (H) foi determinado por:  $H = R / K$

onde R = amplitude (X<sub>máx</sub> - X<sub>mín</sub>).

**Coefficiente de Correlação (R)**

A significância do Coeficiente de Correlação foi medida de acordo com SPIEGEL, citado por GIOTTO (1986), pela aplicação do teste "t" bilateral:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{N-2}$$

onde: N = número de pares X e Y

N-2 = número de G. L. (para entrada na tabela de "t")

**Ajuste à Distribuição Beta.**

Esta é uma das distribuições mais flexíveis, pois se ajusta a uma série de formas de distribuição de dados contínuos.

Sua função de densidade, quando  $0 \leq X \leq 1$ , é dada pela expressão de HILIER & LIEBERMAN (1974):

$$FE = f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha) + \Gamma(\beta)} \cdot X^{\alpha-1} \cdot (1 - X)^{\beta-1}$$

onde: f(x) = frequência esperada

G (a + b) = função Gama de (Alfa + Beta)

Γ (α) = função Gama de Alfa

Γ (β) = função Gama de Beta

(a + b) = parâmetros da Distribuição

A média (μ) e a variância (S<sup>2</sup>) da distribuição são dadas por:

$$m = \frac{\alpha}{(\alpha + \beta)} \quad S^2 = \frac{(\alpha \cdot \beta)}{(\alpha + \beta)^2 \cdot (\alpha + \beta + 1)}$$

Realizou-se um teste de aderência dos dados observados (FO) aos esperados fornecidos pela função teórica, através do teste do Qui-quadrado, ou seja:

$$\chi^2 = \frac{(FE - FO)}{FE}$$

**RESULTADOS.**

**Ajuste à Distribuição Beta.**

Os resultados amostrais permitem afirmar que a correlação entre frequência e tamanho de classe é significativa ao nível de 95% de probabilidade.

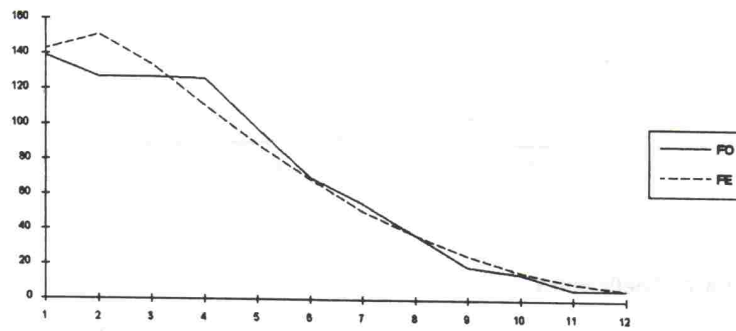
A aplicação do teste do Qui-quadrado mostrou que as frequências amostrais têm aderência ao modelo de distribuição Beta e, como o comportamento da população é semelhante ao observado na amostra, estabeleceu-se as frequências ótimas para cada classe.

Comprovou-se a hipótese pela qual a variável aleatória, constituída pelos percentuais de cobertura florestal, ajusta-se ao modelo teórico da Distribuição Probabilística Beta.

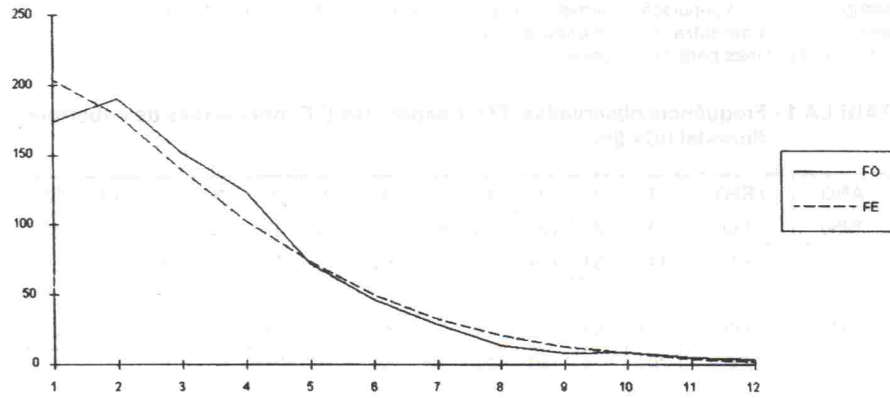
**TABELA 1 - Frequência observadas (FO) e esperadas (FE) por classes de cobertura florestal (IC= 5%).**

ANO	FREQ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1956	FO	139	127	127	126	98	70	55	37	19	15	6	6
	FE	143	151	134	111	89	69	51	37	25	16	10	6
1965	FO	174	191	152	124	72	47	29	14	8	9	5	4
	FE	204	179	140	103	74	50	33	21	13	8	4	2
1975	FO	286	215	149	72	30	24	15	6	3	0	3	0
	FE	308	195	123	76	46	26	15	8	4	2	1	-
1985	FO	93	42	24	9	5	2	4	1	0	0	1	-
	FE	85	41	23	14	8	4	2	1	1	0	0	-

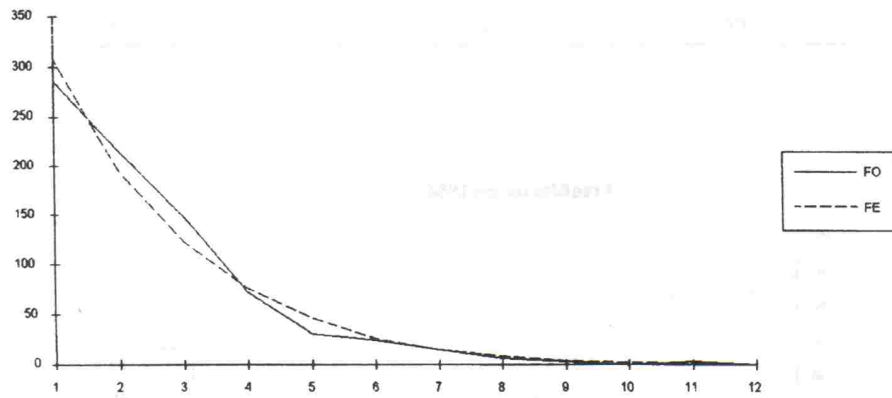
**Frequências em 1956**



**Frequências em 1965**



**Frequências em 1975**



**TABELA 2 - Coeficientes**

Ano	Coeficientes			Dados ajustados			X <sup>2</sup> (0,95)	
	Constante	Alfa	Beta	Média	Variância	CV %	Observ.	Tabelado
1956	1,5983E-3	0,2659	4,0607	17,6284	174,2717	74,46	8,28	22,36
1965	2,3271E-7	0,1997	6,8331	14,0170	128,2061	80,78	17,38	22,36
1975	6,1987E-11	-0,0171	9,4502	9,8731	78,5415	90,25	15,80	19,68
1985	-1,1148E-6	-0,3444	4,3854	-8,2104	-62,8998	—	4,50	15,50



**Amostragem e Extrapolação para 1985.**

Procedeu-se à confecção de mapa por interpretação visual das imagens LANDSAT de 1985, para realizar os estudos da distribuição de freqüências dos percentuais de cobertura florestal e da amostragem para quantificação de áreas.

Realizou-se a amostragem casual simples, com seleção de 25% das unidades amostrais que compunham a população nos levantamentos passados, fez-se o Teste de Consistência que comprovou ser a amostra

representativa do universo de 901 unidades, obtendo-se 181 amostras com florestas, que possibilitaram os estudos de distribuição de freqüências.

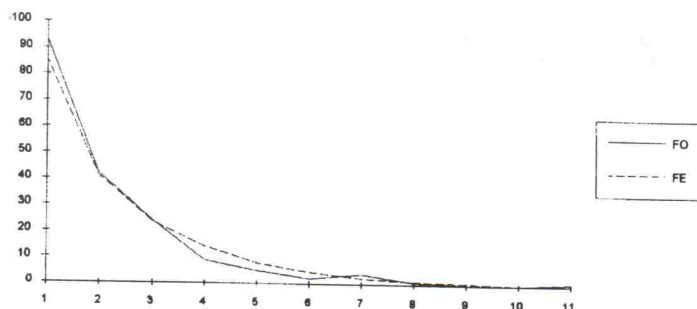
A partir dos dados, calculou-se em 725 o número de unidades de amostra com cobertura florestal no ano de 1985.

Os resultados amostrais permitem afirmar que a correlação Freqüência x Tamanho da Área é significativa ao nível de 95% de probabilidade, como nos períodos anteriores.

**TABELA 3 - Ajuste pela Distribuição Beta em 1985.**

Classe	Centro de Classe	Amostragem			População
		FO	FE	FE	Área (ha)
1	2,28	93	85,23	341,00	777,48
2	7,17	42	41,07	164,32	1.178,17
3	12,22	24	23,47	93,90	1.147,47
4	17,07	9	14,12	56,49	964,28
5	22,21	5	8,14	32,57	723,38
6	27,41	2	4,51	18,04	494,48
7	32,46	4	2,40	9,60	311,62
8	36,70	1	1,34	5,36	196,71
9	40,64	0	0,73	2,92	118,69
10	49,39	0	0,13	0,52	25,68
11	52,09	1	0,07	0,28	14,59

**Freqüências para 1985**



Após constatada a aderência amostral, e que o comportamento da população é semelhante ao da amostra, obteve-se a frequência ótima e a área florestal para cada classe.

Através da média da distribuição e da ocorrência de cobertura em 725 unidades, calculou-se a área florestal do município de Ibirubá, como sendo de 5.952,55 ha em 1985, com decréscimo de 1.840,35 ha em relação a 1975.

### CONCLUSÕES.

O levantamento dos percentuais da cobertura florestal em todas as unidades e o seu agrupamento em classes de tamanho definidos mostrou que os dados de Frequência Observada ajustam-se ao modelo teórico da Distribuição Probabilística Beta.

Permite-se afirmar que os estudos por amostragem conduzirão a assertivas quanto ao comportamento de população constituída por percentagens de cobertura, quanto à sua distribuição de frequências.

Pode-se, portanto, quantificar áreas florestais a partir de distribuição amostral de frequências dos percentuais de cobertura, com a vantagem de se conhecer o tamanho médio das áreas, sua variância, a distribuição em classes, e a sua evolução ao longo do tempo, constituindo-se este método um novo e valioso instrumento ao monitoramento das áreas florestais.

### BIBLIOGRAFIA

- COCHRAN, W. G. Sampling techniques. John Wiley & Sons, New York, 1977.
- CORTEZ, A. Las nuevas técnicas de la percepción remota. Bogotá, 1972. 115p.

GIOTTO, E. Aplicabilidade de imagens RBV do Landsat-3 em levantamentos do uso da terra no município de Tapera - RS. UFSM. Santa Maria, 1981. 66 p. (Dissertação de Mestrado).

--- Análise da dinâmica de evolução da cobertura florestal e sua quantificação por métodos e processos de amostragem em múltiplas ocasiões. UFP. Curitiba, 1986. 318 p. (Tese de Doutorado).

HAZARD, J. W. Estimating area in sampling forest population in two successive occasions. In: Forest Science, 23: 253-67. 1977.

HILIER, F. S. & LIEBERMAN, E. J. Operations research. Holdenday Inc. San Francisco, USA, 1974. 800 p.

SILVA, A. B. Desmatamento do município de Ibirubá, RS, analisado por fotografias aéreas. UFSM. Santa Maria, 1979. 99 p. (Dissertação de Mestrado).

SPIEGEL, M. R. Probabilidade e estatística florestal. McGraw Hill, Coleção Schaum. São Paulo. 529 p.

SUDESUL - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO SUL. Vegetação atual da região sul. (Série Planejamento de estudos regionais). Porto Alegre, 1978. 180 p.

THOFERN, H. A. Pesquisa metodológica da Diretoria de Cartometrônica aplicada à determinação da densidade e frequência de vegetação em municípios vizinhos a Gravataí, Num raio de 200 Km. IPH-UFRGS. Porto Alegre, 1972. 15 p.