

PREDIÇÃO DO INGRESSO TOTAL DE UM POVOAMENTO FLORESTAL INEQUÏÂNEO NA MATA ATLÂNTICA¹

Celso Paulo de Azevedo², Agostinho Lopes de Souza³ e Renato Moraes de Jesus⁴

RESUMO - O objetivo principal deste estudo foi desenvolver uma equação para predição do ingresso total do povoamento. As pressuposições usadas é que as taxas de crescimento do ingresso total são uma função da densidade do povoamento e podem ser quantificadas usando a área basal e o número de árvores por hectare. Com base em dados provenientes da Reserva Florestal de Linhares (RFL) da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), a relação entre o ingresso total, por classe de diâmetro, e algumas variáveis mensuráveis do povoamento (G, N, e G/N), foi explorada para o período de crescimento de seis anos (de 1980 a 1986). Os resultados encontrados foram considerados como satisfatórios, podendo estas equações ser incluídas como um submodelo, nos modelos de prognose do crescimento das florestas tropicais inequïâneas.

Palavras-chave: Mata Atlântica, manejo, ingresso e mortalidade.

PREDICTION OF TOTAL INGROWTH OF UNEVENLY-AGED FOREST STANDS IN "MATA ATLÂNTICA"

ABSTRACT - The main goal of this study was to develop an equation that would predict total stand ingrowth. It was assumed that the rate of total stand ingrowth is a function of stand density and can be quantified using basal area per hectare and number of trees per hectare. Based on data obtained from "Reserva Florestal de Linhares" of "Co. Vale do Rio Doce", the relation between total ingrowth per diameter class and some measurable variables of the stand, was used for a 6 year period (1980 - 1986). The results were considered satisfactory and this equation could be included as a sub model of growth predicting models of unevenly-aged forest stands.

Key words: "Mata Atlântica", ingrowth, management, mortality.

¹ Recebido para publicação em 30/03/1994.

Aceito para publicação em 28/09/1994.

² Dep. de Manejo Florestal da UTAM, 69050-020 Manaus-AM. ³ Dep. de Engenharia Florestal da UFV, 36571-000 Viçosa-MG. ⁴ Florestas Rio Doce S/A, Caixa Postal 91, 29900-000 Linhares-ES.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica, ou Mata Atlântica, originalmente era uma formação florestal praticamente contínua ao longo de grande parte da região litorânea. Como a maior parte das atividades econômicas do Brasil, desde o período colonial até o presente, tem-se concentrado na faixa litorânea, a Mata Atlântica vem experimentando séculos de contínua devastação (Dean, 1983, citado por VIANA, 1990). Em consequência, a exploração da maioria dos recursos florestais tropicais tem sido uma atividade puramente extrativista, com pouca relação com a regeneração ininterrupta das espécies.

Modelos, usados na predição do crescimento da floresta, são tipicamente compostos de equações, que descrevem os componentes do crescimento (crescimento sobrevivente, mortalidade, colheita e ingresso), individualmente, e então, em combinação, fornece uma base para predição do crescimento total do povoamento.

O estudo dos ingressos em florestas tropicais reveste-se de especial importância do ponto de vista silvicultural, uma vez que sua quantidade e sua qualidade determinam quão satisfatoriamente o povoamento está sendo alimentado, com mudas e árvores pequenas de espécies desejáveis. Para a produção florestal ser sustentável, é necessário que grande número de regeneração jovem das espécies, economicamente, importantes ingressem regularmente no povoamento e que um número mínimo de árvores sobreviva e cresça ao tamanho de abate a cada ciclo de corte.

Segundo ALDER (1983), entende-se como ingresso, em termos florestais, o processo pelo qual as árvores "aparecem" na tabela do povoamento, após a medição inicial. Neste trabalho, é o número de árvores vivas que entraram na menor classe de diâmetro, durante o intervalo de tempo de seis anos (1980-1986), e é especificado por I_t .

MOSER (1967) formulou um modelo para predição do ingresso do povoamento total, baseado na pressuposição de que a razão, entre a área basal e o número de árvores, é um indicador preciso da taxa de ingresso total do povoamento.

EK (1974) ajustou os modelos, usados por MOSER (1967) para seus dados, e considerou como sendo pobres os resultados. Termos adicionais foram, então, testados em consideração à natureza heterogênea dos dados, que resultou na seleção do modelo a seguir:

$$I_t = \beta_0 N^{\beta_1} \cdot e^{(-\beta_2 G^{\beta_3} \cdot N^{-1})} \cdot E_i,$$

em que o G e o N são, respectivamente, a área basal e o número de árvores iniciais do povoamento.

O mesmo autor observou que o ingresso era, inversamente, relacionado com a área basal e que estava, diretamente, relacionado com o número de árvores. Assim, BUONGIORNO e MICHIE (1980) concluíram que o ingresso poderia ser estimado pela

seguinte expressão:

$$I_t = \beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^n B_i (y_{it} - h_{it}) + \beta_2 \sum_{i=1}^n (y_{it} - h_{it}) + E_i,$$

em que:

B_i = área basal da árvore de diâmetro médio da i-ésima classe de diâmetro;

y_{it} = número de árvores vivas na classe i, no tempo t;

h_{it} = número de árvores colhidas na classe i, no intervalo de tempo;

β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros a serem estimados;

I_t = ingresso ($I_t \leq 0$);

E_i = erro aleatório associado à i-ésima observação, sendo suposto independente e normalmente distribuído, com média zero e variância σ^2 .

DAVIDSON et al. (1989), com base nos trabalhos de MOSER (1967) e EK (1974), propuseram três equações para predição do ingresso total do povoamento:

$$1) I_t = e^{-\beta_1 (G/N)} \cdot E_i$$

$$2) I_t = \beta_0 N^{\beta_1} \cdot e^{-\beta_2 (G/N)} \cdot E_i$$

$$3) I_t = \beta_0 N^{\beta_1} \cdot G_i^{\beta_2} \cdot e^{-\beta_3 (G/N)} \cdot E_i$$

em que

I_t = ingresso de árvores, por hectare, no intervalo de crescimento;

G = área basal (m^2/ha) no início do período de crescimento;

G_i = área basal (m^2/ha) na classe de menor tamanho;

N = número de árvores, por hectare, no início do período de crescimento;

e = base de logaritmos neperianos;

E_i = como definido; e

β_i = parâmetros a serem estimados.

Com base nas estatísticas de regressão não-linear de cada equação, na análise gráfica dos resíduos e nos gráficos dos valores atuais versos valores preditos, o modelo 1 foi escolhido como o melhor para predição do ingresso total.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área de Estudo, Amostragem e Dados Utilizados

O presente estudo foi desenvolvido com dados procedentes do ensaio de "Produção Sustentável da Floresta Atlântica" (JESUS et al., 1992), instalado em 1980, na Reserva Florestal de Linhares, de propriedade da Companhia Vale do Rio Doce, Município de Linhares-ES.

Cada unidade experimental (parcela) de 0,5 ha foi medida em intervalos de três anos, em ocasiões sucessivas, isto é, em 1983, 1986 e 1989. Cada árvore da unidade experimental com DAP maior, ou igual a 10 cm, foi medida e considerada como sobrevivente, ingresso, ou mortalidade (JESUS et al., 1992 e AZEVEDO, 1993). Os resultados reportados neste trabalho referem-se, no entanto, para o intervalo de seis anos, decorrido de 1980 a 1986 (Quadro 1).

2.2. Modelo de Ingresso

A obtenção de uma relação funcional entre ingresso de árvores e algumas características mensuráveis do povoamento é desejável (Quadro 2). Portanto, um estudo de correlação linear simples foi feito com a finalidade de observar a tendência de associação entre a variável dependente e as independentes.

2.3. Critérios Adotados na Escolha do Melhor Modelo de Ingresso

A partir do ajustamento dos modelos (Quadro 2), a escolha da melhor equação foi feita com base nos seguintes critérios: coeficiente de determinação corrigido ($\bar{R}^2$); erro-padrão ($S_{y.x}$); coeficiente de variação (CV); análise gráfica dos resíduos; e teste de significância para os coeficientes. O coeficiente de determinação, corrigido para os graus de liberdade $\bar{R}^2$, é calculado, assim:

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - p - 1},$$

em que

n = número de observações;

p = número de coeficientes estimados ($p = 0, \dots, p$); e

$\bar{R}^2$ = coeficiente de determinação.

QUADRO 1 - Médias observadas para: número de árvores (n/ha), antes da aplicação dos tratamentos (1980(I)) e após sua aplicação (1980(R) e 1986), corte (n/ha e %), área basal remanescente após o tratamento (m²/ha), ingresso (n/ha) e mortalidade (n/ha)

TABLE 1 - Observed means for: number of trees (n/ha), before (1980(I)) and after (1980(R) and 1986) treatments, felling of the trees (n/ha and %), remainder basal area after treatment (m²/ha), ingrowth (n/ha), and mortality (n/ha)

Classe de Diâmetro	TRATAMENTO 01									TRATAMENTO 02								
	Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Basal	Ing.	Mor.		Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Baal	Ing.	Mor.	
	1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)	(m ² /ha)	(n/ha)	(n/ha)		1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)	(m ² /ha)	(n/ha)	(n/ha)	
15	342,0	342,0	346,4	0,0	0,00	4,91	42,4	14,0		344,8	338,4	357,2	6,4	1,86	5,02	60,8	9,2	
25	89,6	89,6	95,6	0,0	0,00	4,07	0,8	4,8		123,6	122,4	126,4	1,2	0,97	5,65	0,0	0,00	
35	38,4	38,4	42,0	0,0	0,00	3,57	0,0	1,6		48,0	46,8	61,6	1,2	2,50	4,40	0,0	0,00	
45	18,4	18,4	23,6	0,0	0,00	2,71	0,0	0,8		20,4	19,6	27,2	0,8	3,92	2,95	0,0	0,00	
55	12,0	12,0	11,2	0,0	0,00	2,75	0,0	0,4		10,0	9,6	10,8	0,4	4,00	2,16	0,0	0,00	
65	7,6	7,6	10,4	0,0	0,00	2,38	0,0	0,4		5,2	4,8	4,8	0,4	7,69	1,51	0,0	0,00	
75	4,0	4,0	3,2	0,0	0,00	1,66	0,0	0,0		5,2	4,0	5,6	1,2	23,08	1,69	0,0	0,00	
85	4,4	4,4	2,8	0,0	0,00	2,46	0,0	0,0		2,8	1,2	1,6	1,6	57,14	0,68	0,0	0,00	
95	1,2	1,2	3,2	0,0	0,00	0,80	0,0	0,0		2,4	1,2	0,8	1,2	50,00	0,84	0,0	0,00	
≥ 100	2,8	2,8	3,2	0,0	0,00	3,22	0,0	0,0		4,0	0,8	1,6	3,2	80,00	1,14	0,0	0,00	
Total	520,4	520,4	541,6	0,0	0,00	28,54	43,2	22,0		566,4	548,8	597,6	17,6	3,11	26,05	60,8	12,0	

Continua...

QUADRO 1, Cont.

Classe de Diâmetro	TRATAMENTO 03									TRATAMENTO 04								
	Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Basal	Ing.	Mor.		Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Baal	Ing.	Mor.	
	1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)	(m ² /ha)	(n/ha)	(n/ha)		1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)	(m ² /ha)	(n/ha)	(n/ha)	
15	340,0	327,2	394,8	12,8	3,76	4,64	107,2	9,2		376,6	321,2	370,4	26,4	7,59	4,43	89,6	9,2	
25	90,4	86,0	100,8	4,4	4,87	3,85	0,8	2,0		102,0	92,4	104,0	9,6	9,41	4,09	0,8	4,4	
35	34,4	33,2	38,8	1,2	3,49	3,06	0,0	1,6		45,6	39,6	48,4	6,0	13,16	3,55	0,4	1,2	
45	17,2	16,8	18,0	0,4	2,33	2,58	0,0	1,2		19,2	13,6	16,8	5,6	29,17	2,06	0,0	0,8	
55	15,6	15,2	16,0	0,4	2,56	3,53	0,0	0,8		12,0	4,8	5,6	7,2	60,00	1,10	0,0	0,0	
65	4,0	3,6	6,0	0,4	10,00	1,71	0,0	0,0		6,8	0,4	1,6	6,4	94,12	0,12	0,0	0,0	
75	5,2	3,6	2,8	1,6	30,77	1,55	0,0	0,4		5,6	0,8	1,2	4,8	85,71	0,33	0,0	0,0	
85	3,2	0,8	2,0	2,4	75,00	0,41	0,0	0,0		4,4	0,4	0,4	4,0	90,91	0,21	0,0	0,0	
95	2,8	0,4	0,4	2,4	85,71	0,25	0,0	0,0		1,2	0,0	0,0	1,2	100,00	0,00	0,0	0,0	
≥ 100	8,0	0,0	0,0	8,0	100,00	0,00	0,0	0,0		4,0	0,0	0,0	4,0	100,00	0,00	0,0	0,0	
Total	520,8	486,8	579,6	34,0	6,52	21,04	108,0	15,2		548,4	473,2	541,6	75,2	13,71	15,90	90,8	15,6	

Continua...

QUADRO 1, Cont.

TRATAMENTO 05										TRATAMENTO 06									
Classe de Diâmetro	Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Basal (m ² /ha)	Ing. (n/ha)	Mor. (n/ha)		Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Baal (m ² /ha)	Ing. (n/ha)	Mor. (n/ha)		
	1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)					1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)					
15	303,2	284,8	276,4	18,4	6,07	4,32	40,0	11,6		287,6	251,6	276,8	36,0	12,52	3,77	68,8	9,6		
25	94,8	87,2	106,0	7,6	8,02	3,86	0,4	3,6		90,8	78,4	96,0	12,4	13,66	3,51	0,4	1,2		
35	39,2	33,2	37,6	6,0	15,31	3,12	0,0	1,6		34,8	20,4	30,8	14,4	41,38	1,88	0,0	0,4		
45	23,6	16,0	19,6	7,6	32,20	2,42	0,0	0,8		25,6	9,2	12,4	16,4	64,06	1,36	0,0	0,0		
55	15,2	10,0	10,4	5,2	34,21	2,37	0,0	0,4		15,6	8,8	8,0	6,8	43,59	2,10	0,0	0,4		
65	10,4	8,4	8,0	2,0	19,23	2,77	0,0	0,4		7,2	5,6	7,2	1,6	22,22	1,81	0,0	0,0		
75	5,2	4,4	5,6	0,8	15,38	1,98	0,0	0,4		6,4	4,8	4,4	1,6	25,00	2,04	0,4	0,4		
85	4,8	0,8	2,4	4,0	83,33	0,40	0,0	0,0		3,2	0,4	1,2	2,8	87,50	0,21	0,0	0,0		
95	4,0	0,0	0,4	4,0	100,00	0,00	0,0	0,0		2,8	0,0	0,0	2,8	100,00	0,0	0,0	0,0		
≥ 100	3,2	0,0	0,0	3,2	100,00	0,00	0,0	0,0		3,2	0,0	0,0	1,2	100,00	0,0	0,0	0,0		
Total	503,6	444,8	466,4	58,8	11,67	21,25	40,4	18,8		477,2	379,2	436,8	98,0	20,53	16,69	69,6	12,0		

Continua...

QUADRO 1, Cont.

TRATAMENTO 09										TRATAMENTO 09									
Classe de Diâmetro	Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Basal (m ² /ha)	Ing. (n/ha)	Mor. (n/ha)		Nº de Árvores (n/ha)			Corte		Área Baal (m ² /ha)	Ing. (n/ha)	Mor. (n/ha)		
	1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)					1980 I	1980 R	1986	(n/ha)	(%)					
15	342,4	323,2	382,0	19,2	5,61	4,59	99,2	7,6		334,4	301,6	376,8	32,8	9,81	4,37	126,4	15,6		
25	84,0	78,0	99,2	6,0	7,14	3,50	1,6	2,8		100,8	83,2	100,8	17,6	17,46	3,71	2,4	4,4		
35	43,6	26,0	28,8	17,6	40,37	2,36	0,0	0,4		40,8	24,8	32,8	16,0	39,22	2,23	0,4	2,0		
45	20,0	12,8	17,2	7,2	36,00	1,97	0,0	0,8		22,0	14,8	18,8	7,2	32,73	2,16	0,0	0,4		
55	14,4	9,6	8,8	4,8	33,33	2,22	0,0	0,4		16,4	2,8	4,8	13,6	82,93	0,55	0,4	0,0		
65	11,6	6,4	6,4	5,2	44,83	2,10	0,0	0,0		10,0	0,0	0,4	10,0	100,00	0,00	0,0	0,0		
75	4,4	3,2	3,6	1,2	27,27	1,37	0,0	0,0		6,8	0,0	0,0	6,8	100,00	0,00	0,0	0,0		
85	3,2	0,8	2,8	2,4	75,00	0,43	0,0	0,0		5,2	0,0	0,0	5,2	100,00	0,00	0,0	0,0		
95	3,6	0,0	0,0	3,6	100,00	0,00	0,0	0,0		1,6	0,0	0,0	1,6	100,00	0,00	0,0	0,0		
≥ 100	7,6	0,4	0,4	7,2	94,74	0,31	0,0	0,0		1,2	0,0	0,0	1,2	100,00	0,00	0,0	0,0		
Total	534,8	460,4	549,2	74,4	13,91	18,86	100,8	12,0		539,2	427,2	534,4	112,0	20,77	13,01	129,6	22,4		

Continua...

O coeficiente de variação (CV) é obtido pela expressão:

$$CV = \frac{s_{Y \cdot x}}{\bar{Y}} \times 100 ,$$

em que $s_{Y \cdot x} = (Q.M.Res)^{1/2}$.

QUADRO 2 - Modelos testados para prever o ingresso

TABLE 2 - Tested models to predict the ingrowth

Número	Modelos
1	$I_t = e^{-\beta_1 (G/N)} \cdot E_i$
2	$I_t = \beta_0 N^{\beta_1} \cdot e^{-\beta_2 (G/N)} \cdot E_i$
3	$I_t = \beta_0 N^{\beta_1} \cdot G^{\beta_2} \cdot e^{-\beta_3 (G/N)} \cdot E_i$
4	$I_t = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 G_i + E_i$
5	$I_t = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 N + E_i$
6	$I_t = \beta_0 + \beta_1 G + E_i$
7	$I_t = \beta_0 + \beta_1 N + E_i$

I_t = Ingresso de árvores, por hectare, no intervalo de crescimento.

G = área basal (m^2/ha) no início do período de crescimento.

G_i = Área basal (m^2/ha) na classe de menor tamanho.

N = Número de árvores, por hectare, no início do período de crescimento.

e = Base de logaritmos neperianos.

E_i = Como definido.

β_i = Parâmetros a serem estimados.

Os resíduos, obtidos pelo processo de ajustamento, são importantíssimos dentro da metodologia de diagnóstico por observação. A grande vantagem do uso das técnicas gráficas é que elas, além de indicarem os problemas de heterogeneidade de variância, a não-linearidade dos modelos e a autocorrelação dos resíduos, apresentam também a forma mais adequada de resolvê-los, como, por exemplo, a inclusão de novos componentes, o que pode melhorar, significativamente, um modelo.

A existência, ou não, de tendenciosidade na estimativa do ingresso foi verificada, visualmente, pela distribuição gráfica dos resíduos, em percentagem [RES(%)], calculada pela expressão:

$$RES (\%) = \frac{I_o - I_e}{I_o} \cdot 100 ,$$

em que

I_o = ingresso observado; e

I_e = ingresso estimado pelo modelo.

O teste de significância para os coeficientes indica, pelo teste t de Student, se o parâmetro β_j é significativo, isto é, se ele está influenciando, significativamente, a variável ingresso, em nível de probabilidade. A expressão do teste t é:

$$\hat{t} = \frac{\hat{\beta}_j - \beta_j}{s(\hat{\beta}_j)} , \quad j = 1, 2, \dots, p .$$

2.4. Possibilidades de Utilização de uma Única Equação de Ingresso para Todos os Tratamentos

Swamy e Mehta (1979), citados por REGAZZI (1991), demonstraram que, pela combinação de informações de duas equações de regressão, é possível obter estimadores mais eficientes do que as estimativas, que se baseiam em cada equação isoladamente.

Para comparar equações de regressão diferentes, é necessário verificar se estas apresentam homocedasticidade. Para tal, foi aplicado o teste de Cochran que, segundo DEMÉTRIO (1978), citando Dixon e Massey (1969), é o mais indicado, quando pelo menos uma das variâncias é muito discrepante, em relação às demais. Segundo esses autores, a estatística do teste é:

$$C = \frac{s_{\text{máx}}^2}{\sum_{i=j}^n s_i^2} , \quad \text{em que } s_i^2 = Q.M.Res .$$

O valor de C calculado foi comparado com o valor, encontrado na Tabela 2 de BRENA et alii (1978), com K amostras e (n-1) graus de liberdade, nos níveis de 5% e 1% de probabilidade.

A hipótese de nulidade ($H_0: s_1^2 = s_2^2 = \dots = s_k^2$) será aceita se o valor de C calculado for menor do que o valor de C tabelado, em nível de probabilidade. Se esta

hipótese for satisfeita, deduz-se que se pode utilizar um método de agrupamento dos dados, que originaram as equações, e obter uma única equação para representar os ingressos estimados (GRAYBILL, 1976).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de Correlação

Na Análise de Correlação, procura-se determinar o grau de relacionamento entre duas variáveis, ou seja, busca-se medir a co-variabilidade entre elas.

Os resultados do Quadro 3 e as Figuras 1 e 2 mostram que a variável $N_{t+\theta} - N_t$ é a mais fortemente correlacionada com o ingresso, seguida da área basal. Entretanto, ressalte-se que a área basal, quando analisada em cada tratamento, não apresentou o mesmo desempenho. Observou-se, também, de acordo com a Figura 2 e com os modelos, propostos por MOSER (1967), EK (1974) e DAVIDSON et al. (1989), que a relação entre estas duas variáveis é não-linear, ao contrário da proposição defendida por BUONGIORNO e MICHIE (1980).

O número de árvores no final do período de crescimento ($N_{t+\theta}$) foi estimado, com base na equação de Lotka (AZEVEDO, 1993).

QUADRO 3 - Correlação linear simples entre o ingresso e algumas variáveis mensuráveis do povoamento, incluindo todos os tratamentos, em que: $N_{t+\theta}$ = número total de árvores, por hectare, no final do período de crescimento; N_t = número total de árvores remanescentes, por hectare, no início do período de crescimento; G_t = área basal (m^2/ha) remanescente no início do período de crescimento; G_{1t} = área basal (m^2/ha) remanescente na menor classe de diâmetro, no início do período de crescimento; e N_{1t} = número de árvores remanescentes, por hectare, na menor classe de diâmetro, no início do período de crescimento

TABLE 3 - Simple linear correlation among the ingrowth and some populational mensurable variables, including all treatments in that: $N_{t+\theta}$ = tree total number, per hectare, at the end of the growth period; N_t = remaining total number of trees, per hectare, at the beginning of the growth period; G_t = remaining basal area (m^2/ha) at the beginning of the growth period; G_{1t} = remaining basal area (m^2/ha) in the smaller diameter class, in the beginning of the growth period, and N_{1t} = number of remaining trees, per hectare, in the smallest diameter class, in the beginning of the growth period

Variável Dependente	Variáveis Independentes					
	$N_{t+\theta}-N_t$	G_t	N_t	G_{1t}	N_{1t}	G_t/N_t
I_t	0,9880	-0,5621	-0,1761	-0,0983	-0,0251	0,5493
Probabil.	0,0000	0,0002	0,2772	0,5463	0,8777	0,0000

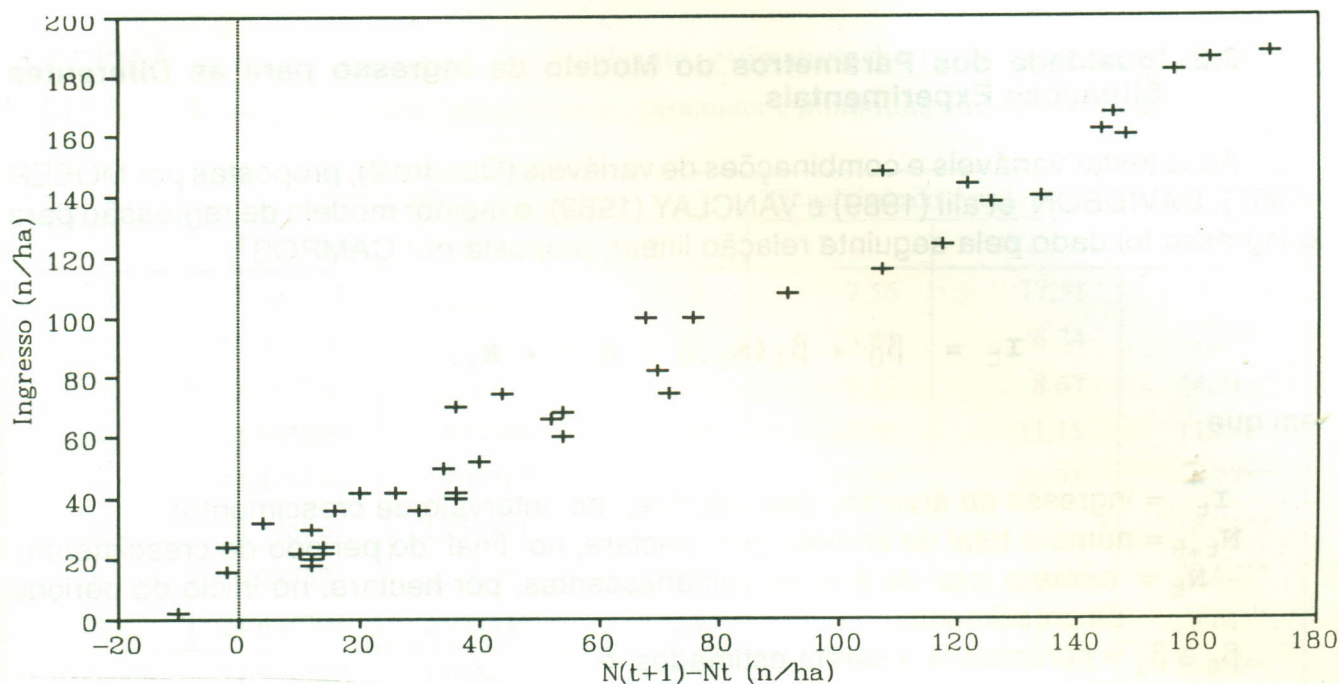


FIGURA 1 - Correlação entre as variáveis ingresso e $N(t+1)-N_t$.

FIGURE 1 - Correlation between the ingrowth and the $N(t+1)-N_t$ variables.

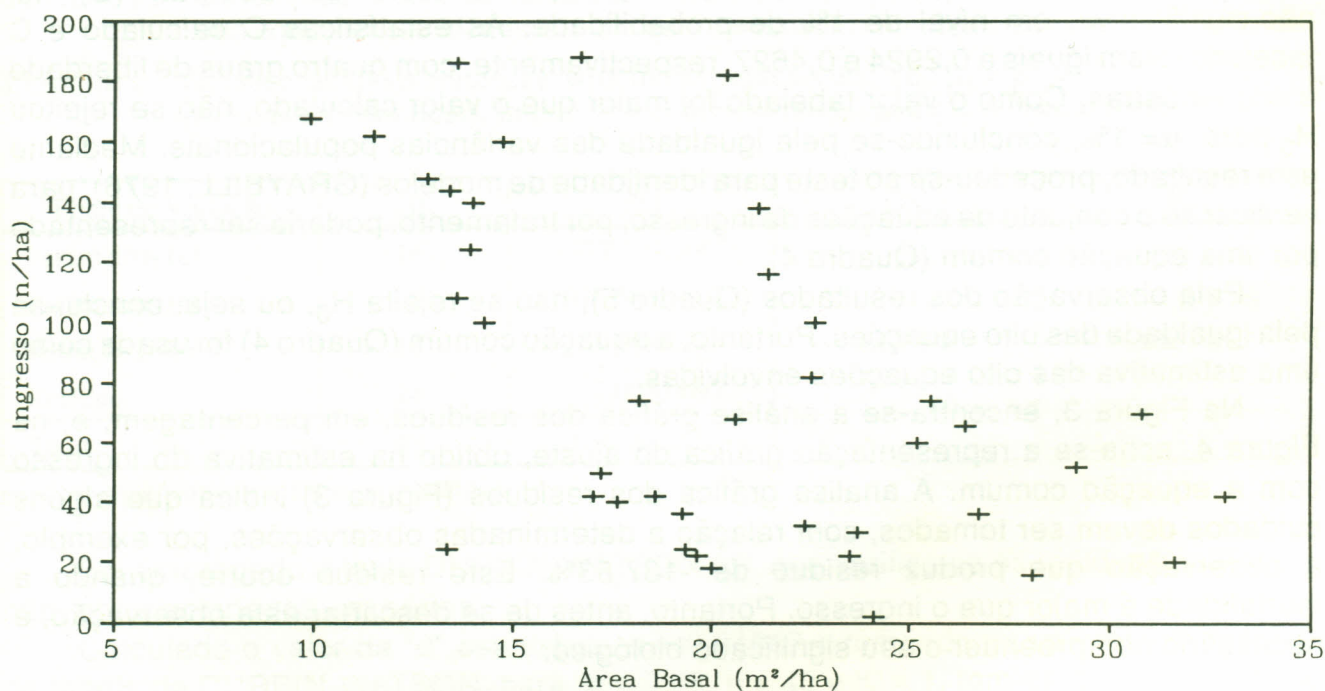


FIGURA 2 - Correlação entre as variáveis ingresso e área basal.

FIGURE 2 - Correlation between the ingrowth and basal area variables.

3.2. Igualdade dos Parâmetros do Modelo de Ingresso para as Diferentes Situações Experimentais

Após testar variáveis e combinações de variáveis (Quadro 2), propostas por MOSER (1967), DAVIDSON et alii (1989) e VANCLAY (1989), o melhor modelo de regressão para o ingresso foi dado pela seguinte relação linear, proposta por CAMPOS¹:

$$I_t = \beta_0 + \beta_1(N_{t+\theta} - N_t) + E_i,$$

em que

I_t = ingresso de árvores, por hectare, no intervalo de crescimento;

$N_{t+\theta}$ = número total de árvores, por hectare, no final do período de crescimento;

N_t = número total de árvores remanescentes, por hectare, no início do período de crescimento;

β_0 e β_1 = parâmetros a serem estimados; e

E_i = i-ésima variável aleatória, independentemente distribuída, com distribuição normal, média zero e variância σ^2 .

A homogeneidade de variâncias, obtida pelo teste de Cochran (C), foi não-significativa, em nível de 1% de probabilidade. As estatísticas C calculado e C tabelado foram iguais a 0,2924 e 0,4627, respectivamente, com quatro graus de liberdade e oito amostras. Como o valor tabelado foi maior que o valor calculado, não se rejeitou H_0 para $\alpha = 1\%$, concluindo-se pela igualdade das variâncias populacionais. Mediante este resultado, procedeu-se ao teste para identidade de modelos (GRAYBILL, 1976), para verificar se o conjunto de equações de ingresso, por tratamento, poderia ser representado por uma equação comum (Quadro 4).

Pela observação dos resultados (Quadro 5), não se rejeita H_0 , ou seja, conclui-se pela igualdade das oito equações. Portanto, a equação comum (Quadro 4) foi usada como uma estimativa das oito equações envolvidas.

Na Figura 3, encontra-se a análise gráfica dos resíduos, em percentagem, e, na Figura 4, acha-se a representação gráfica do ajuste, obtido na estimativa do ingresso com a equação comum. A análise gráfica dos resíduos (Figura 3) indica que alguns cuidados devem ser tomados, com relação a determinadas observações, por exemplo, a observação que produz resíduo de -137,53%. Este resíduo ocorre, quando a mortalidade é maior que o ingresso. Portanto, antes de se descartar esta observação, é necessário compreender o seu significado biológico.

¹ CAMPOS, J.C.C. (Comunicação pessoal).

QUADRO 4 - Equações de ingresso, por tratamento, estimativas dos parâmetros e suas estatísticas

TABLE 4 - Ingrowth equations, per treatment, parameter estimations and their statistics

Tratamento	Coeficientes		Qualidade do Ajustamento			
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\bar{R}^2$	$S_{y.x}$	CV(%)	$\hat{t}$
1	12,963134	1,426267	0,9236	7,56	17,51	6,33**
2	16,955116	0,898256	0,9362	3,86	6,34	7,73**
3	11,058266	1,044631	0,9832	9,37	8,67	14,31**
4	18,585209	0,954984	0,9688	10,08	11,15	11,85**
5	14,409150	1,203280	0,9242	10,39	25,71	6,77**
6	8,646801	1,051271	0,9820	8,03	11,61	16,71**
8	6,257574	1,069484	0,9915	6,25	6,21	22,62**
9	24,696204	0,971117	0,9260	13,98	10,85	8,61**
Comum	14,932729	1,018210	0,9652	9,17	11,43	39,47**

** - Significativo em 1% de probabilidade.

QUADRO 5 - Resumo da análise de variância com o teste da hipótese $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_9$ (as oito equações são idênticas), em que: c = modelo completo; e r = modelo reduzido

TTABLE 5 - Variance analysis summary with the hypothesis test $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_9$ (the eight equations are identical), in that: c = complete model and r = reduced model

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Parâmetros (c)	(16)	(377.778,9903)		
Parâmetros (r)	2	376.590,5609		
Redução (H0)	14	1.188,4295	84,8878	1,0161 ns
Resíduo	24	2.005,0097	83,5421	
Total	40	379.784,0000		

ns - Não-significativo em 1% de probabilidade.

Foi empregado o teste DURBIN-WATSON (d), que verifica se os resíduos estão, ou não, correlacionados em séries.

Calculado o valor de "d" estatístico, $d = 2,04807$ e tomando os valores de d_L e d_U da tabela de DURBIN-WATSON, para $\alpha = 0,05$, $n = 40$ e $K' = 1$, tem-se $d_L = 1,25$ e $d_U = 1,34$. Neste caso, $d_U < d < 4 - d_U$, o que leva a aceitar a hipótese da nulidade, de que não existe correlação em série e, portanto, os resíduos são considerados independentes.

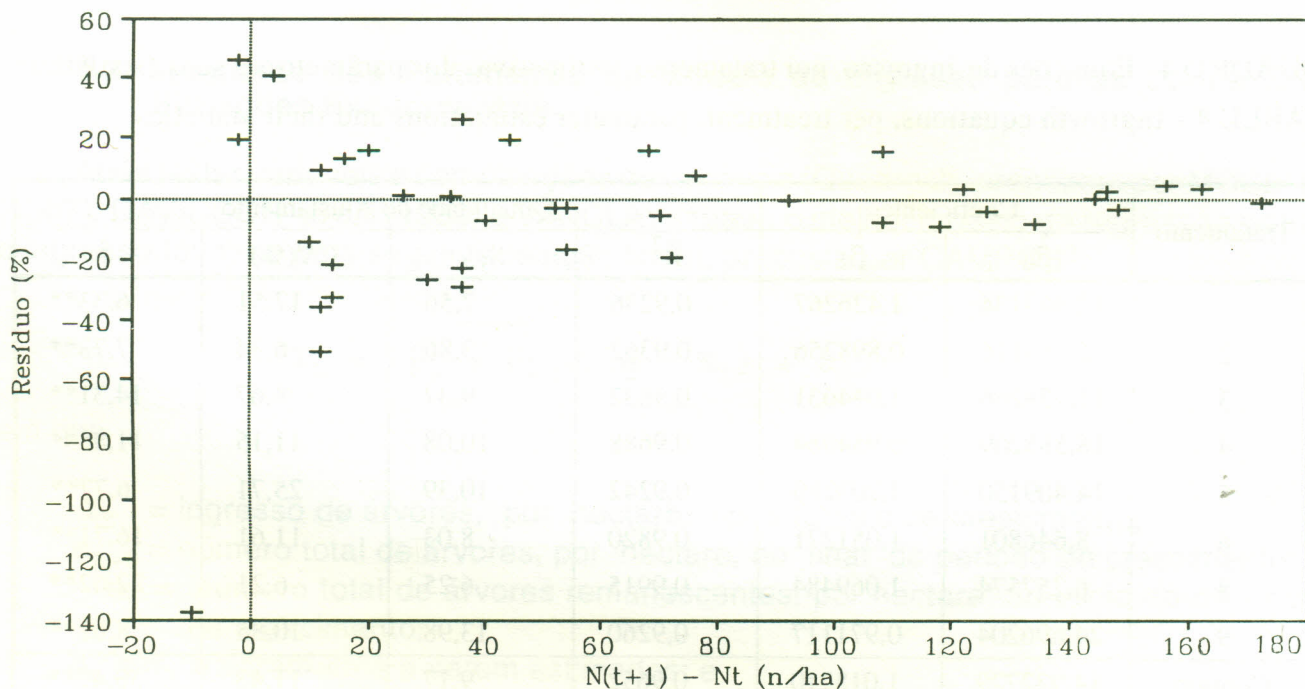


FIGURA 3 - Distribuição residual do ingresso, em percentagem para a equação comum.

FIGURE 3 - Ingrowth residual distribution, in percentage, for the common equation.

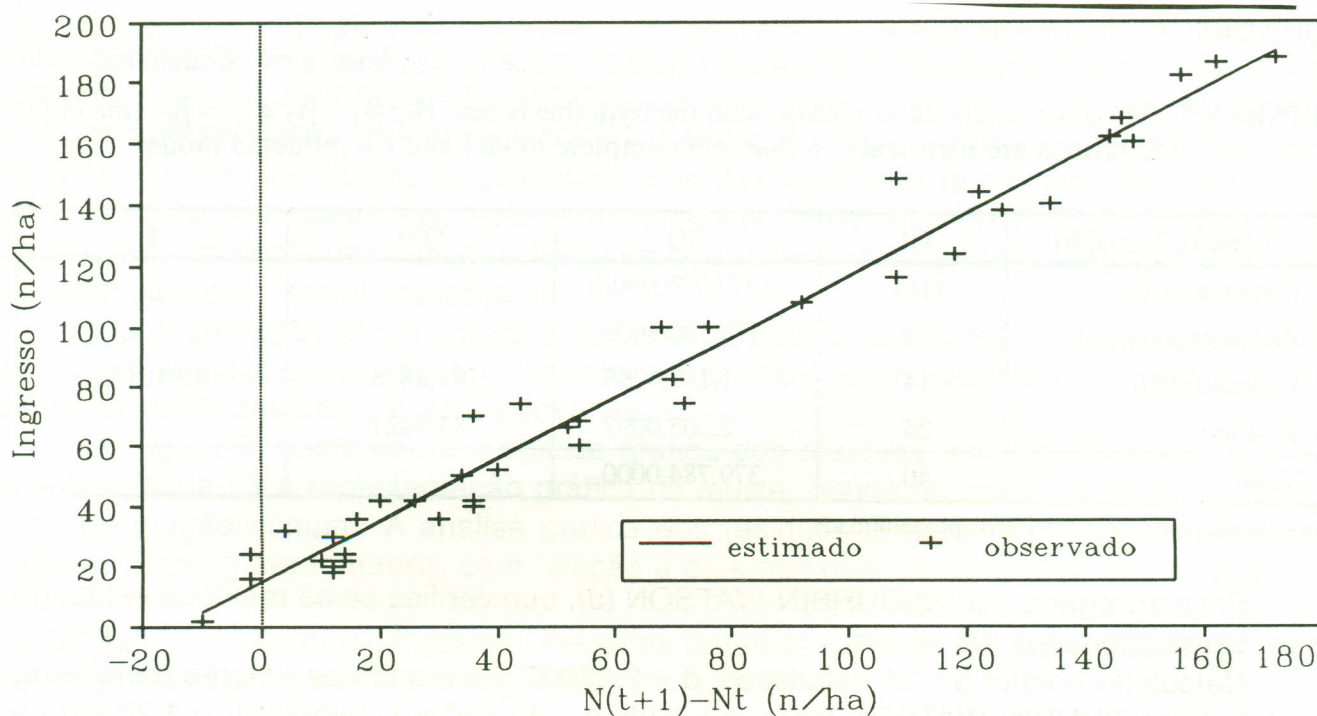


FIGURA 4 - Ajuste obtido na estimativa do ingresso (n/ha) com a equação comum.

FIGURE 4 - Obtained adjustment in the ingrowth estimative (n/ha), for the common equation.

4. CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho e pelos resultados analisados, foram extraídas as seguintes conclusões:

- 1) Existe uma forte correlação entre o ingresso e a diferença entre o número futuro e presente de árvores ($N_{(t+1)} - N_t$).
- 2) O modelo estima bem o ingresso em curtos períodos de projeção; entretanto, mais estudos são necessários para predizer o comportamento do ingresso por longos períodos de tempo.
- 3) O modelo mostra-se adequado para estudar o efeito de diferentes tratamentos, ou opções de manejo, nas taxas de crescimento do povoamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, D. **Growth and yeild of the mixed forests of the humid tropics: a review.** Washington: FAO, 1983, 44p. (Mimeo.)
- AZEVEDO, C.P. **Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequiliânico pelo emprego da matriz de transição.** Viçosa: UFV, 1993. 118p. (Tese - M.S.)
- BRENA, D.A., SILVA, J.N.M., SCHNEIDER, P.R. Metodologia para verificação das condicionantes da análise de regressão. **Floresta**, v.9, n.2, p.25-45, 1978.
- BUONGIORNO, J. & MICHIE, B. R. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, Washington, v.26, p.609-25, 1980.
- DAVIDSON, C.B., HAFLEY, W. L., FREDERICK, D.J., MENGEL, D.L. Prediction of total stand ingrowth in southeastern mixed species bottomland hardwoods. In: **BIENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE**, 5, New Orleans, 1989. **Proceedings...** New Orleans, Southern Forest Experiment Station, 1989. p.435-9.
- DEMÉTRIO, C.G.B. **Transformação de dados. Efeito sobre a análise de variância.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1978. 113p. (Tese - M.S.).
- EK, A.R. Nonlinear models for stand table projection in northern hardwood. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.4, p.23-7, 1974.
- GRAYBILL, F.A. **Theory and application of the linear model.** Massachusetts: Duxbury Press, 1976. 704p.
- JESUS, R.M., SOUZA, A.L., GARCIA, A. **Produção sustentável de floresta atlântica.** Viçosa: SIF, 1992. 128p. (Documentos SIF, 7).
- MOSER JR., J.W. **Growth and yield models for uneven-aged stands.** Lafayette: Purdue University, 1967. 149p. (Tese - D.S.).

- REGAZZI, A.J. **Teste para identidade de modelos de regressão e igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal**. Viçosa: UFV, 1991. 27p. (mimeog.).
- VANCLAY, J.K. A stand growth model for yield predictions in rainforests: Design, implementation and enhancements. In: SEMINAR ON GROWTH AND YIELD IN TROPICAL MIXED/MOIST FORESTS, 1989, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur, Forest Research Institute Malaysia, 1989a. p.21-34.
- VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p.113-9. (Trabalhos convidados, 1).