

ALZIR ROZAK FIATES

Funções de volume para povoamento de
Pinus elliottii var. *elliottii* e *Pinus taeda* L.
para regiões de Itararé (SP) e Sengés (PR)

Dissertação submetida a consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial na obtenção de título de "Mestre em Ciências — M.Sc.", no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1983



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PARECER

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato ALZIR ROZAK FIATES, sob o título "FUNÇÕES DE VOLUME PARA POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* VAR, *elliottii* E *Pinus taeda* L, PARA REGIÕES DE ITARARÉ (SP) E SENGÉS (PR)" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais. Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 28 de fevereiro de 1983

Professor Attilio Antonio Disperati, DR.

Primeiro Examinador

Professor Nelson Carlos Rosot, M.Sc

Segundo Examinador

Professor Roberto Tuyoshi Hosokawa, DR.
Presidente



A minha mãe.

e irmãos

A minha mulher Anna Dirce e aos meus filhos
José Eduardo, Jorge Luis e Maria Cristina

A memória de meu pai e meu irmão

Jorge Antonio Fiates e

Jorge Rozak Fiates

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

O autor expressa os mais sinceros agradecimentos ao Professor Orientador Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa pela sua colaboração nas fases do trabalho.

Ao Professor Co - orientador Nelson Carlos Rosot pela sua dedicação, efetiva colaboração e estímulo para a realização deste trabalho.

Aos Professores Co - orientadores Dr. Sylvio Péllico Netto e Sebastião do Amaral Machado, pela disponibilidade e amizade.

Ao Curso de Pós - graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por possibilitar a realização do Curso.

À Braskraft S.A., Florestal e Industrial, empresa na qual o autor se encontra vinculado, que através de seus diretores, permitiu o afastamento remunerado para a realização do Curso, bem como aos colegas da empresa que não mediram esforços para que a coleta de dados e os cálculos parciais fossem realizados.

Aos professores e colegas de Curso que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho fosse realizado.

BIOGRAFIA

ALZIR ROZAK FIATES, filho de Jorge Antonio Fiates e Anna Buch Fiates, nasceu em Mafra, Estado de Santa Catarina, no dia 16 de dezembro de 1939.

Concluiu o curso primário em 1952 e o curso ginásial em 1956, no Colégio Barão de Antonina em Mafra - Santa Catarina.

Concluiu em 1964 o Curso Técnico de Estradas do Instituto Politécnico do Paraná.

Em 1965 iniciou na Faculdade de Florestas da Universidade Federal do Paraná, o Curso de Engenharia Florestal concluindo-o em 1968.

Em 1969 ingressou na Empresa de Reflorestamento Técnica Florestal S.A., a qual foi adquirida em 1973 pela Braskraft S.A. Florestal e Industrial onde se encontra até hoje.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE QUADROS	XVI
1 <u>INTRODUÇÃO</u>	01
1.1 JUSTIFICATIVA	03
1.2 OBJETIVOS	04
2 <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	05
2.1 DADOS SOBRE AS ESPÉCIES	05
2.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME	07
2.2.1 DESLOCAMENTO DE LÍQUIDOS	09
2.2.2 ESTIMATIVA GRÁFICA	09
2.3 RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS USADAS NAS EQUAÇÕES DE VOLUME	10
2.4 USO DA REGRESSÃO	11
2.5 EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS	13
2.6 MODELOS EMPREGADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE REGRESSÕES	14
2.7 AMOSTRAGEM	18
2.8 INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM	18

	Página
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u> 20
3.1	LOCALIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS 20
3.2	DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA 23
3.3	CONDIÇÕES ECOLÓGICAS DA REGIÃO 23
3.4	CARACTERIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS 25
3.4.1	ESPAÇAMENTO 25
3.4.2	TRATOS CULTURAIS 25
3.4.3	IDADE 25
3.4.4	TOPOGRAFIA 25
3.5	AMOSTRAGEM 26
3.6	SELEÇÃO DAS ÁRVORES AMOSTRAS 26
3.7	COLETA DE DADOS 26
3.7.1	MEDIÇÕES DAS VARIÁVEIS 27
3.8	NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRAS POR CLASSE DIAMÉ- TRICA 29
3.9	EQUAÇÕES DE REGRESSÃO PARA ESTIMAR O VOLUME DE ÁRVORES TOTAL COM CASCA 30
3.10	SELEÇÃO DO MELHOR MODELO 33
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> 35
4.1	NÚMERO DE ÁRVORES POR CLASSE DIAMÉTRICA 35
4.2	MODELOS DE EQUAÇÃO DE REGRESSÃO 36
4.3	SELEÇÃO DO MELHOR MODELO DE REGRESSÃO PARA ESTI- MAR O VOLUME TOTAL COM CASCA, DE UMA ÁRVORE 36
4.3.1	ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA 37
4.3.2	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO 37

	Página
4.3.3	DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS 46
4.3.4	TESTE DE TENDENCIOSIDADE DOS RESÍDUOS ATRAVÉS DA PROBABILIDADE CUMULATIVA 47
5	<u>CONCLUSÕES</u> 48
6	<u>RESUMO</u> 49
	SUMMARY 51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52
	APÊNDICES 55

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Planta de localização dos distritos florestais..	21
2	Árvore amostra com comprimento entre DAP e altura comercial até 7,0	27
3	Árvore amostra com comprimento entre DAP e altura comercial superior a 7,0 m	28
4	Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i>	64
5	Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i>	64
6	Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i>	65
7	Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i>	65
8	Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i>	66
9	Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i>	66

Figura	Página
10	Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i> 67
11	Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i> 67
12	Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 68
13	Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 68
14	Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 69
15	Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 69
16	Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 70
17	Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 70
18	Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 71
19	Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Capivari - <i>Pinus taeda</i> 71
20	Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 72

Figura	Página
21	Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 72
22	Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 73
23	Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 73
24	Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 74
25	Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 74
26	Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 75
27	Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> 75
28	Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 76
29	Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 76
30	Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 77
31	Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 77

Figura	Página
32	Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 78
33	Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 78
34	Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 79
35	Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> 79
36	Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> 80
37	Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> 80
38	Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> 81
39	Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> 81
40	Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> 82
41	Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> 82
42	Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> 83

Figura		Página
43	Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i>	83
44	Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	84
45	Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	84
46	Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	85
47	Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	85
48	Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	86
49	Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	86
50	Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	87
51	Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Capivari - <i>Pinus elliottii</i>	87
52	Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	88
53	Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	88

Figura	Página
54 Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	89
55 Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	89
56 Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	90
57 Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	90
58 Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	91
59 Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i>	91
60 Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i>	92
61 Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i>	92
62 Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i>	93
63 Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i>	93
64 Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i>	94

Figura	Página
65	Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i> 94
66	Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i> 95
67	Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i> 95

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Distribuição das áreas reflorestadas em hectare, por distrito, por ano de plantio, para as espécies de <i>Pinus elliottii</i> e <i>Pinus taeda</i> em conjunto	22
2	Distribuição do número de árvores coletadas por distrito e por espécie	30
3	Modelos de equações de regressão testadas	31
4	Relação das variáveis dependentes e independentes utilizadas nos modelos de regressão	32
5	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 1 - Pouso Alto - <i>Pinus taeda</i> - volume total com casca	38
6	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 2 - Capivari - <i>Pinus taeda</i> - volume total com casca	39

7	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 3 - Ouro Verde - <i>Pinus taeda</i> - volume total com casca	40
8	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 3 - Jaguariaíva - <i>Pinus taeda</i> - volume total com casca	41
9	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 1 - Pouso Alto - <i>Pinus elliottii</i> - volume total com casca	42
10	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 2 - Capivari - <i>Pinus elliottii</i> - volume total com casca	43
11	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 3 - Ouro Verde - <i>Pinus elliottii</i> - volume total com casca	44
12	Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 4 - Jaguariaíva - <i>Pinus elliottii</i> - volume total com casca	45

13	Distribuição das árvores de <i>Pinus taeda</i> L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 1 - Pouso Alto	56
14	Distribuição das árvores de <i>Pinus taeda</i> L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 2 - Capivari	57
15	Distribuição das árvores de <i>Pinus taeda</i> L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 3 - Ouro Verde	58
16	Distribuição das árvores de <i>Pinus taeda</i> L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 4 - Jaguariaíva	59
17	Distribuição das árvores de <i>Pinus elliottii</i> Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 1 - Pouso Alto	60
18	Distribuição das árvores de <i>Pinus elliottii</i> Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 2 - Capivari	61
19	Distribuição das árvores de <i>Pinus elliottii</i> Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 3 - Ouro Verde	62
20	Distribuição das árvores de <i>Pinus elliottii</i> Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 4 - Jaguariaíva	63

1 INTRODUÇÃO

A paisagem a que hoje se depara, formada por florestas plantadas, deve - se ao fato de que o espaço deixado pelo desaparecimento dos grandes povoamentos de *Araucaria angustifolia*, que outrora ocupavam grandes extensões de áreas na região Sul do país, através de exaustivas explorações, está sendo gradativamente ocupado pelo cultivo de *Pinus* spp. Aqui na região Sul, o *Pinus elliottii* Engelm e o *Pinus taeda* Lineu, foram os que melhor se adaptaram dentre outras espécies, e foram considerados como cultura apta ao florestamento e reflorestamento.

Esta ocupação vem se processando através da implantação de florestas por empresas particulares, pelos governos estaduais e federal, através de seus institutos florestais, desde a década de 40 aproximadamente.

Em 1966 estas implantações de novas florestas foram grandemente estimuladas através da lei de incentivos fiscais o que veio aumentar em muito a área plantada com *Pinus* spp.

Estas mesmas leis de incentivos fiscais, previram a reposição por parte dos exportadores e produtores de madeira serrada, de um determinado número de árvores por metro cúbico de madeira exportada ou produzida.

Isto veio trazer uma alteração de atuação na área de reflorestamento, pois mesmo sentindo-se na obrigação de re-

florestar, estes industriais se viram estimulados pelas vantagens oferecidas por estas leis, que davam a oportunidade de além de se regularizarem junto ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal — IBDF, poderem formar suas florestas, deduzindo parte do imposto de renda a ser recolhido.

Este movimento no setor de reflorestamento ocorreu nos anos de 1967 a 1974 principalmente. Desta maneira houve uma contribuição para que a área ocupada com florestas artificiais, principalmente *Pinus* spp, além de se tornar bastante extensa, viesse fazer com que grande parte destas florestas se concentrassem em torno de idades bem próximas, o que provocou um acúmulo de áreas reflorestadas susceptíveis a exploração em períodos bem próximos.

Esta situação gerou problemas sérios, principalmente de ordem técnica e econômica, uma vez que por ocasião dos desbastes, a colocação da madeira no mercado consumidor, sofreu restrições devido a grande oferta de matéria-prima, gerada pela coincidência das épocas do primeiro desbaste das florestas jovens com o segundo e terceiro desbastes e corte final das florestas mais velhas.

Foi necessário, em função destes problemas, que se procurasse uma forma de se conciliar os desbastes destas áreas, de maneira que as suas execuções se dessem de forma racional e bem distribuída. Isto só é possível, se for feita uma projeção dos vários anos de desbaste em que as florestas estejam enquadradas dentro de cada espécie e idade. Necessita-se para isto que se conheça o volume por hectare e o estoque destas florestas.

Porém um fato surge com relação a este assunto que é a diferença no comportamento das florestas, relativo ao seu crescimento nas diferentes regiões de ocorrência. Isto vem sugerir que se utilizem uma ou mais equações de volume que traduzam o volume do povoamento de várias regiões e espécies estudadas através de um inventário florestal.

Este trabalho procura determinar as equações que atendam as necessidades de cálculo de volume para quatro distritos florestais, implantados em regiões e condições diferentes, nos quais foram usadas as espécies *Pinus elliottii* Engelm e *Pinus taeda* Lineu. Estes quatro distritos florestais são denominados Pouso Alto, Capivari, Ouro Verde e Jaguariaíva, todos dentro de áreas da Braskraft S.A. Florestal e Industrial.

1.1 JUSTIFICATIVA

A área representada pelos quatro distritos florestais é de aproximadamente 70 mil hectares e a sua distribuição vai desde os municípios de Jaguariaíva e Sengês, no Estado do Paraná, até os municípios de Itararé, Itapeva, Itaberá, Coronel Macedo e Apiaí, no Estado de São Paulo. A área reflorestada por espécie é de aproximadamente 50% para cada uma. O fato de não existir equações de volume, especificamente para as florestas destas regiões, foi o motivo da proposição deste trabalho.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos principais do presente trabalho de pesquisa são os seguintes:

- a) selecionar e testar modelos matemáticos, para equações de volumes, tradicionalmente fundamentadas na literatura e aplicar estes modelos nos quatro distritos florestais mencionados para as espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*;
- b) eleger os modelos que melhor se comportaram e verificar a possibilidade de se utilizar um único modelo para todos os Distritos Florestais e para as duas espécies.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DADOS SOBRE AS ESPÉCIES

O *Pinus taeda* Lineu é uma conífera do grupo Australes, pertencente a subseção Pinaster e subgênero Diplyoxylon. Ocorre naturalmente nos Estados Unidos da América (MIROV²⁴). A ocorrência natural do *Pinus taeda* dá-se principalmente nas áreas dos seguintes Estados: sudoeste da Virginia, leste da Carolina do Norte, quase toda a Geórgia e Alabama, sul do Tennessee e norte de Flórida. As distribuições nos Estados de Arkansas, Louisiana e Texas estão separadas da área de principal ocorrência. As árvores dessa última região são mais resistentes à seca.

Segundo KOCH¹⁷ o *Pinus taeda* se destaca de outras espécies devido à sua grande distribuição geográfica, ocorrendo em povoamentos puros e abundantes. Em sua região de origem se desenvolve desde o nível do mar até altitudes acima de 600 metros entre as latitudes de 29°N e as longitudes de 75°W e 95°W.

De acordo com GOLFARI¹³ na área de ocorrência natural do *Pinus* nos Estados Unidos da América, o clima caracteriza-se por invernos frios e verões muito quentes e secos. De um modo geral os valores climáticos das áreas naturais da espécie em questão são as seguintes:

- temperatura média do mês mais frio varia de 12 a 15°C;
- temperatura média do mês mais quente varia de 24 a 26°C;
- precipitação média anual de 920 a 1550 mm.

GOLFARI¹² relata que o *Pinus taeda* é economicamente muito valioso nos Estados Unidos da América, devido a sua utilização, bom crescimento e grandes diâmetros que alcança.

O *Pinus elliottii* Engelm, segundo o U. S. FOREST SERVICE³⁶ é um dos mais importantes Pinus do sudeste dos Estados Unidos, e uma das espécies mais usadas na construção naval. O nome comum Slash pine provém dos sulcos feitos na superfície da sua casca para extração de goma resina. As acículas do *Pinus elliottii* são verde-escuras e lustrosas, de 20 a 30 cm de comprimento, e desenvolve de 2 a 3 folhas por grupo. Os cones têm de 3 a 6 polegadas de comprimento, pendentes, ovóides, são leves e fixos, com escamas flexíveis, cada uma com um pequeno espinho. A casca tem cor que vai da cinza ao vermelho-castanho, áspera, separações grandes na sua superfície, escamas leves. A árvore comumente se desenvolve até 40 m de altura com um tronco reto, cônico com 60 a 90 cm de diâmetro. Os grandes galhos horizontais têm uma bonita forma e descrevem ao alto, uma coroa.

Este pinus tem o nome científico de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. Outra variedade que se desenvolve na Flórida Central é o *Pinus elliottii* var. *Densa*.

2.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME

Segundo HUSCH et al.¹⁶ o volume é a magnitude tri-dimensional de um objeto, sendo expresso em unidades cúbicas, as quais são derivadas de alguma das unidades de comprimento.

O problema de estimativa do volume médio da árvore, segundo GOMES¹⁴, toma um dos três aspectos seguintes, por ordem decrescente de complexidade das soluções:

- a) o volume é estimado a partir de uma só medição direta efetuada na árvore, de um diâmetro ou de uma altura, embora do ponto de vista prático se possa dizer, exclusivamente de um diâmetro;
- b) o volume é estimado a partir da medição direta de um diâmetro e de uma altura;
- c) o volume é estimado recorrendo a estas duas medições e, ainda, a uma terceira que atenda à forma da árvore.

Para HUSCH et al.¹⁶ o volume de uma árvore consiste basicamente de quatro partes: as raízes, o toco (até a altura do corte), o tronco e a copa. Em termos de madeira aproveitável o fuste é a porção mais importante da árvore, uma vez que as raízes e o toco são menos utilizados nas indústrias de madeira. O volume real de uma árvore pode ser determinado pelos seguintes métodos: fórmulas padrões, deslocamento de líquidos e estimativa gráfica.

As fórmulas padrões são baseadas nos sólidos geométricos e podem ser usadas para calcular o volume de árvores.

De acordo com AVERY¹ as fórmulas mais utilizadas para a determinação do volume individual de uma árvore são: a de Huber, a de Smalian e de Newton.

Para cubagem rigorosa de uma árvore, segundo GOMES¹⁴, é necessário a medição de diâmetros sucessivos ao longo do tronco da árvore e, de acordo com as normas oficialmente estabelecidas pela direção geral dos serviços florestais de Portugal, estas medições diamétricas são feitas a 0,30 m do solo; 1,30 m; 3,30 m; 5,30 m. E assim sucessivamente de dois em dois metros. Feitas tais medições ou outras equivalentes, a cubagem rigorosa pode fazer-se analiticamente através das fórmulas de Smalian e de Huber. Para o método analítico parte-se da hipótese de que o cepo ou toco pode ser representado por um cilindro, de que a ponta (de comprimento igual ou inferior do comprimento padrão) pode se assemelhar a um cone e de que os toros intermediários são semelhantes a troncos de parabolóide.

De acordo com as normas citadas acima a fórmula de Smalian pode ser representada por:

$$V = 0,3 A_1 + A'_2 + 2 (A'_3 + \dots + A'_{n-1}) + \frac{1}{3} A_n h$$

onde:

A_1 = área da seção transversal superior do toco (0,30 m);

A_n = área da seção transversal do topo do último toro de 2 m (base da ponta terminal);

$A'_2, A'_3, \dots, A'_{n-1}$ = áreas das secções medianas dos toros 2, ..., n-1);

h = comprimento do toros extremo ou ponta terminal.

2.2.1 DESLOCAMENTO DE LÍQUIDOS

Uma determinação direta do volume de sólidos geométricos pode ser obtido através do deslocamento de líquidos. Se um sólido é completamente imerso em algum líquido, ele deslocará um volume desse líquido igual ao seu próprio volume. Este procedimento é importante na determinação de volume de objetos que apresentam formas irregulares, dificilmente operados através de fórmulas padrões, ou com superfície não expressáveis como funções matemáticas (HUSCH et al¹⁶).

2.2.2 ESTIMATIVA GRÁFICA

A solução gráfica é mais flexível que outros métodos, uma vez que é aplicável a todos os sólidos de revolução, sem considerar as suas características superficiais. Essa solução segundo HUSCH et al¹⁶, consiste em marcar uma série de medições de diâmetro, em termos de áreas transversais, sobre a altura e, posteriormente determinar de uma maneira gráfica a área sobre a curva. Esta área é convertida em volume cúbico usando um fator de conversão apropriado e pode ser obtida, precisamente, através de um planímetro ou uma rede de pontos.

2.3 RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS USADAS NAS EQUAÇÕES DE VOLUME

MACKAI⁴⁴ disse que para indivíduos de uma mesma espécie, vegetando em iguais condições de clima e solo, sujeitos aos mesmos regimes, pertencentes as mesmas classes de diâmetro e altura, pode-se admitir que possuam a mesma forma e conseqüentemente o mesmo volume. Desta forma o volume de uma árvore pode ser diretamente relacionada com a sua altura e diâmetro através de métodos gráficos, monogramas e analiticamente por meio de técnica de regressão.

Segundo DRESS⁷ a técnica de regressão apresenta a vantagem de ser inteiramente objetiva, uma vez que as inter-relações entre as variáveis dependentes e independentes são determinadas. O procedimento aplicado aos dados básicos envolve um ajustamento de uma curva tal que a soma dos quadrados dos desvios entre os volumes reais e os estimados pela linha de regressão seja minimizada.

CAMPOS³, GOLDING & HALL¹¹ citam que o método dos mínimos quadrados apresenta como principal vantagem, a eliminação dos erros pessoais causados no ajustamento das curvas.

PAULA NETO²⁶ cita que todas as medidas de forma são expressas em função do diâmetro e da altura e que uma alta correlação é usualmente verificada entre forma e diâmetro e entre forma e altura, significando que a inclusão da forma como terceira variável, para ser relacionada com o volume, removerá muito pouco das variações não explicadas pela regressão do volume com diâmetro e altura. Na realidade, desde que se use um processo de cubagem rigorosa, determinando o volume do tronco por pequenas secções, a forma da árvore es-

tará, logicamente, sendo acompanhada nas medições (PAULA NETO et al²⁸).

SMITH et al³¹ estudando várias expressões de forma em Douglas fir, Hem lock e Red cedar, concluíram que não existe vantagem em se medir a forma da árvore para adicioná-la ao diâmetro e a altura.

2.4 USO DA REGRESSÃO

Segundo KOZAK¹⁸ qualquer pesquisa de literatura florestal científica recente indicará que uma grande porcentagem das publicações, usa regressão ou análise de correlação de algum modo. Estas técnicas são muito usadas porque:

- a) são aplicáveis a muito problemas;
- b) os cálculos são fáceis de serem feitos com computadores eletrônicos;
- c) a teoria matemática envolvida é relativamente simples;
- d) as interpretações dos resultados parecem mais simples e direta na maioria dos casos.

KOZAK¹⁸ afirma que o ajuste de regressão presume a amostra ao acaso de uma população normal apenas para a variável dependente. As observações para a variável ou variáveis independentes podem ser, e deveriam frequentemente ser, selecionadas sistematicamente para que o ajustamento das equações de regressão seja mais eficiente.

FREESE⁹ cita que os métodos de regressão são de grande utilidade na derivação das relações empíricas entre vários fenômenos, observados, como por exemplo: o volume de uma árvore em função do diâmetro, a altura e o fator de forma. A análise de regressão permite o ajustamento de modelos matemáticos que envolvem diversas variáveis.

KOZAK¹⁸ alerta que deve-se ter em mente que o coeficiente de determinação calculado do modelo de regressão tem que ser interpretado apenas como estatística descritiva. Ele se aplica aos dados dos quais a regressão foi ajustada e não é uma estimativa do coeficiente de determinação da população.

FRAYER⁸ considera que as variações das variáveis independentes são importantes e devem ser medidas com precisão porque, caso contrário, os testes estatísticos inerentes a equação e, em alguns casos, os coeficientes da regressão estimados são tendenciosos.

FREESE⁹ cita que as aplicações mais comuns dos métodos de regressão tem um ou ambos dos seguintes objetivos:

- a) encontrar uma função matemática que possa ser utilizada para descrever a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes;
- b) testar algumas hipóteses sobre a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes.

STEEL & TORRIE³⁴ afirmam que a forma mais utilizada para o ajustamento dos dados é através do critério dos mínimos quadrados, o qual requer uma mínima soma dos quadrados dos desvios dos pontos observados em relação a reta.

LOETSCH¹⁹ considera que, freqüentemente, pode acontecer de uma relação não ser expressa por uma linha reta. Em tais casos, a relação pode ser expressa por uma curva e o principal problema é determinar o tipo de curva que dará o melhor ajuste para os dados. O critério para o melhor ajuste é a magnitude e distribuição dos desvios das observações oriundas da curva.

LOETSCH¹⁹ cita ainda que um teste de linearidade pode ser feito através da comparação do quadrado médio dos desvios dos valores individuais da classe média com o quadrado médio dos desvios dos pontos médios da classe na linha de regressão. Se a diferença entre os dois quadrados médios é não significativa, a regressão da reta é justificada, ou seja, o relacionamento linear existe.

2.5 EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS

Segundo LOETSCH¹⁹ as equações de volume derivadas pelo método dos mínimos quadrados por meio de análise de regressão, são as mais utilizadas atualmente, face ao aprimoramento e acesso aos computadores eletrônicos.

Antes de se optar por uma ou mais equações de volume, recomenda-se a verificação da existência de equação na região e se a mesma é suficientemente precisa. Freqüentemente as equações derivadas de dados coletados numa pequena área são aplicados para uma região muito além da área original, e na maioria dos casos isto produz desvios consideráveis (LOETSCH¹⁹).

Segundo LOETSCH¹⁹ a derivação de equações de volume apresenta três fases distintas:

- a) seleção de um número suficientemente grande de árvores amostrais representativas;
- b) medição de variáveis dependentes e independentes para a derivação da equação de volume;
- c) testes das diferentes funções, através de computadores e seleção da melhor equação de volume.

O mérito de uma equação volumétrica aumenta consideravelmente se ela possuir poucas variáveis que sejam fáceis de mensurar com exatidão, que sejam altamente correlacionadas com o volume, tenham baixa correlação entre si e o volume estimado por árvores individuais se aproxime do volume calculado pela técnica padrão de cubagem da árvore abatida (GEVORKIANTZ & OLSEN¹⁰).

2.6 MODELOS EMPREGADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE REGRESSÕES

Com relação ao número de variáveis independentes a serem utilizados, PAULA NETO²⁶, estudando 127 modelos volumétricos lineares obtidos de sete combinações de variáveis diâmetro e altura, pela utilização do método de seleção de equações denominado "método de todas as possibilidades", concluiu que o emprego de mais de quatro variáveis independentes num modelo volumétrico não provoca aumento significativo no coeficiente de determinação. O referido autor explica que não se deve desprezar a variável independente mais

correlacionada com a resposta volume, no caso, d^2h .

SPURR³² ao comparar equações para quatro e para duas séries de dados concluiu que a equação da variável combinada foi a que apresentou os melhores resultados. Concluiu também que, para a elaboração de tabelas de volume baseadas em amostras pequenas (50 a 100 árvores), a equação da variável combinada fornece estimativas mais precisas.

SILVA³⁰ comparou a equação da variável combinada com a de Stoate e concluiu que a da variável combinada apresentou os melhores resultados.

O Centro de Pesquisas Florestais em convênio com a FUNAI³⁵, pesquisou a utilização de dez equações incluindo polinomiais, logarítmicas e exponenciais e a que melhor se ajustou, foi:

$$\ln V = \ln b_0 + b_1 \ln D + b_2 \ln H$$

SPURR³² recomenda, em razão da facilidade de cálculos, o uso de equações aritméticas às logarítmicas.

GOMES¹⁴ com base em trabalhos de pesquisa, afirma que a equação de modelo $V = a + bD^2$, exprime com relativa precisão a estimativa do volume.

FREESE⁹, FRAYER⁸, CUNIA⁵ afirmam que, numa regressão ponderada, para cada desvio quadrado, é dado um peso W_i e os coeficientes da regressão são estimados de uma maneira que permita minimizar a soma ponderada do quadrado do desvio.

$$\sum_{i=1}^n W_i E_i = \sum_{i=1}^n W_i (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} - \dots - b_K X_{Ki})^2$$

Uma das principais suposições, feitas em análise de regressão é, que a variância de Y, seja constante para os valores de X, isto é, que haja homogeneidade para todas as classes de variável independente.

BEERS² e MEYER²³ têm enfatizado que o erro padrão da estimativa tende a variar com o tamanho das árvores de forma proporcional. Isto indica que consideração deve ser dada ao ponderamento do volume para se obter homogeneidade de variância.

Um método de se corrigir a heterogeneidade de variâncias é a transformação em logaritmos de ambas as variáveis, dependente e independentes da equação. Qualquer método ponderado o volume pelo recíproco do quadrado de D^2H , ou transformando ambas as variáveis em logarítmicas, resultará numa suficiente estabilização da variância (PAULA NETO²⁷).

A vantagem básica da aplicação de fórmulas volumétricas logarítmicas é que a heterogeneidade de variância dos volumes é grandemente minimizada (BEERS & GIMORICH²) e (MOSER & BEERS²⁵).

SIQUEIRA²³ testou a equação da variável combinada e três ponderações à esta para *Araucaria angustifolia* nos três estados sulinos do Brasil e concluiu que a melhor equação para as diversas regiões foi a da variável combinada ponderada com um peso $1/DH$ seguida pela equação da variável combinada em sua forma original.

HIGUSHI¹⁵ testou a equação da variável combinada para quatro espécies obtendo uma boa precisão.

SILVA³⁰ testou cinco modelos de equações para várias espécies de *Eucalyptus* no Estado de Minas Gerais, três li-

neares:

$$V = a + b D^2 H$$

$$V = a + b D^2 + C D^2 H + d H$$

$$V = a + b D^2 H + C D H$$

e dois não lineares:

$$V = a (D^2 H)^b$$

$$V = a D^b H^c$$

e concluiu que a melhor que se ajustou aos dados foi a de Schumacher-Hall, ou seja:

$$V = a D^b H^c$$

MACHADO²⁰ em trabalho desenvolvido para *Pinus taeda* na região de Telêmaco Borba, testou vários modelos obtendo uma maior precisão com a equação logarítmica:

$$V = a + b \log D + C \log H + d (\log D \times \log H)$$

CAMPOS³ comparou a eficiência de três equações comumente utilizadas para a construção de tabelas de volume para estimar o volume total de árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* concluindo ser a equação exponencial $V = a D^b H^c$ aquela que apresentou melhores resultados.

GOLDING & HALL¹¹ testando 25 equações de volume para *Pinus banksiana* Land, *Picea glauca* (Moench) Voss e *Populus tremuloides* Michx, considerando como variáveis independentes somente o DAP e a altura, concluíram que as equações que deram maior precisão e maior facilidade de uso foi a equação da variável combinada.

2.7 AMOSTRAGEM

KOZAK¹⁸ estabelece que a variável dependente deveria ser amostrada seguindo o processo inteiramente aleatório, mas as variáveis independentes deveriam ser sempre amostradas segundo o processo sistemático dentro das classes diamétricas. Deste modo, obter-se-ia uma melhor estimativa da regressão.

Uma árvore pode ser caracterizada como uma amostra quando utilizada para fins de amostragem e também para o estudo de equações de volume (SIQUEIRA³³). Isso porque a variável dependente (volume da árvore) pode ser amostrada segundo um processo inteiramente aleatório, mas as variáveis independentes (diâmetro e altura), deveriam ser sempre amostradas de acordo com o processo sistemático dentro das classes diamétricas (KOZAK¹⁸). Dessa maneira forneceria uma melhor estimativa no caso, $V = f(D.H)$, conforme modelos de equação de regressão propostos.

2.8 INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM

AVERY¹ considera que a medição no campo de 50 a 100 alturas totais ou comerciais, abrangendo todo o intervalo de classe de DAP, deve ser obtida da área selecionada para a construção de tabela de volume.

MEYER²³ diz que a primeira tabela de volume publicada na Alemanha em 1946, para Faia, Carvalho, Vidoeiro, Abeto de Norway, Abeto silvestre e Lariço, se baseou numa cubagem

rigorosa de 40.220 árvores, com uma média de 5.750 árvores por espécie.

SILVA³⁰ em seu estudo realizado para diversas espécies de *Eucalyptus* nas localidades de Coronel Fabriciano e Santa Bárbara em Minas Gerais, para dois métodos de regeneração cubou rigorosamente 3.353 árvores considerando um número de 100 árvores no mínimo, selecionadas ao acaso.

HIGUSHI¹⁵ utilizou em seu trabalho, na região entre Foz do Iguaçu e Guaíra no Paraná, para quatro espécies nativas um número de 384 árvores sendo 135 da espécie Canela, 104 da espécie Pau-marfim, 96 da espécie Cedro e 49 da espécie Canafístula.

3 MATERIAL E METODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS

Os povoamentos de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* dos quais foram coletados os dados para o presente trabalho de pesquisa, pertencem à Braskraft S.A. Florestal e Industrial. Estes povoamentos foram implantados nos municípios de Sengês e Jaguariaíva no Estado do Paraná e nos municípios de Itararé, Itapeva, Itaberá, Coronel Macedo e Apiaí no Estado de São Paulo. De todos estes municípios, Sengês é que apresenta maior concentração de florestas. Estes povoamentos foram subdivididos em quatro distritos florestais (Figura 1) que passaram a ser chamados:

- Distrito 1 - Pouso Alto (São Paulo)
- Distrito 2 - Capivari (Sengês, Paraná)
- Distrito 3 - Ouro Verde (Sengês, Paraná)
- Distrito 4 - Jaguariaíva (Jaguariaíva, Paraná).

A distribuição das áreas reflorestadas está especificada no Quadro 1.

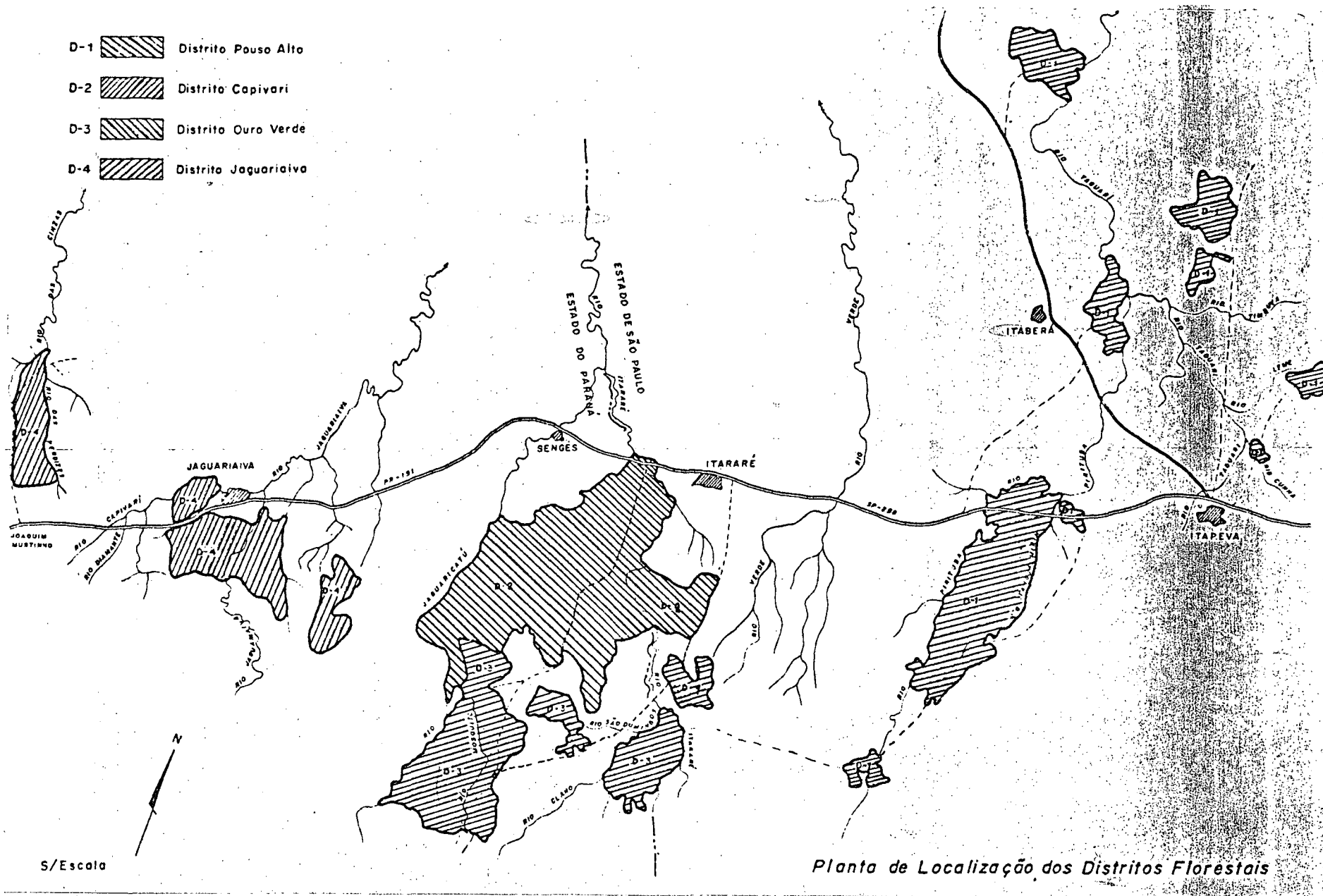


FIGURA 1 - Planta de localização dos distritos florestais.

QUADRO 1 - Distribuição das áreas reflorestadas em hectare, por distrito, por ano de plantio, para as espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em conjunto.

ANO PLANTIO	D I S T R I T O S				TOTAL (ha)
	1 - POUSO ALTO (ha)	2 - CAPIVARI (ha)	3 - OURO VERDE (ha)	4 - JAGUARIAÍVA (ha)	
1968	165,90				165,90
1969	2.490,70				2.490,70
1970	2.264,60	634,60	815,60		3.714,80
1971	5.604,80	818,50	2.704,00	599,10	9.726,40
1972	3.694,50	1.831,00	4.379,20	2.354,10	12.258,80
1973	2.350,40	2.322,40	2.581,10	939,70	8.193,60
1974	325,00	2.743,80	340,90	281,00	3.690,70
1975	31,40	1.694 ,90		2.564,60	4.290,90
1976		956,80		697,50	1.654,30
1977		890,40			890,40
	16.927,30	11.892,40	10.820,80	7.436,00	47.076,50

3.2 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

Os municípios de Itararé, Itapeva, Itaberá, Coronel Macedo e Apiaí, aos quais pertence o distrito florestal Pouso Alto, envolvido na pesquisa, ficam no Estado de São Paulo, localizados entre as latitudes de $23^{\circ}30'S$ e $24^{\circ}30'S$ e longitudes de $48^{\circ}30'W$ e $49^{\circ}30'W$ de Greenwich no primeiro planalto, enquanto que os municípios de Sengês e Jaguariaíva onde estão os distritos de Capivari, Ouro verde e Jaguariaíva, ficam no Estado do Paraná, localizados entre as latitudes de $24^{\circ}S$ e $24^{\circ}30'S$ e longitudes de $49^{\circ}W$ e $50^{\circ}W$ de Greenwich e segundo MAACK²¹ no segundo planalto paranaense.

3.3 CONDIÇÕES ECOLÓGICAS DA REGIÃO

Segundo a classificação climática de Koeppen, de acordo com MAACK²¹ a região apresenta um clima do tipo Cfb, com zona de clima quente, temperado, subtropical fresco e até frio no inverno principalmente nas regiões de Sengês e Jaguariaíva, sem estação seca. A temperatura média do mês mais quente é de $23,9^{\circ}C$ e a do mês mais frio é de $13,4^{\circ}C$.

A precipitação média anual varia de 1.100 a 1.465 mm, sendo que o mês de maior precipitação média é janeiro com 225,4 mm e o mês com menor precipitação média é o mês de julho com 61,3 mm.

Segundo GOLFARI¹³ a região é classificada como de clima superúmido com uma pequena porção em clima úmido,

classificado como potencialmente apta para o desenvolvimento de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

Segundo GOLFARI¹³ a região objeto da pesquisa, se encontra no planalto sul do Brasil, com altitudes variando desde 500 m até 1.300 m, com tipo climático montano baixo, superúmido, temperaturas médias anuais entre 12^o e 18^oC, geadas freqüentes, precipitação média anual entre 1.250 e 2.500 mm, uniformemente distribuída durante o ano.

O relevo é bastante variado, indo de plano até fortemente ondulado.

Segundo MAACK²¹ a região de Jaguariaíva e Sengés pertencem ao segundo planalto e sua superfície assenta-se sobre rochas da série Açungui (filitos, quartzitos, calcários e dolomitos) e sobre os granitos intrusivos, enquanto que a região dos municípios de Itararé, Itapeva, Itaberá, Coronel Macedo e Apiaí, pertencem ao primeiro planalto do Estado de São Paulo e suas superfícies assentadas sobre rochas de origem vulcânicas e sedimentares como basaltos, diabásios, filitos, granitos, quartzitos e calcários.

Os solos encontrados na região em estudo, são dos tipos latossolo vermelho orto, latossolo vermelho amarelo orto e solos de Campos do Jordão.

Segundo mapas de sistemas hidrográficos, os municípios citados do Estado do Paraná, pertencem às bacias dos rios Jaguariaíva e Itararé enquanto que os municípios pertencentes ao Estado de São Paulo, fazem parte das bacias hidrográficas dos rios Itararé e Paranapanema.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS

Os dados foram coletados nos talhões de povoamentos de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* nos distritos florestais citados no item 3.1 e apresentam as seguintes características.

3.4.1 ESPAÇAMENTO

Nos distritos florestais de Capivari e Jaguariaíva, o espaçamento básico no momento do plantio foi de 2,50 m x 1,60 m totalizando 2.500 árvores por hectare, enquanto que nos distritos florestais de Pouso Alto e Ouro Verde o espaçamento básico usado por ocasião do plantio foi de 2,00 m x 3,00 m totalizando 1.666 árvores por hectare.

3.4.2 TRATOS CULTURAIS

Por ocasião da coleta de dados, os talhões apresentavam-se sem poda de galhos e ainda não havia sido realizado o primeiro desbaste.

3.4.3 IDADE

Os povoamentos foram implantados nos anos de 1968 a 1973.

3.4.4 TOPOGRAFIA

A área de povoamentos apresenta-se com uma topografia levemente ondulada e em algumas partes fortemente onduladas

3.5 AMOSTRAGEM

As árvores coletadas como amostras para cubagem rigorosa, e a fim de dar um caráter de independência na escolha e proporcionar a cada uma a mesma chance de ser escolhida, foram eleitas de forma aleatória. Os diâmetros e as alturas (variáveis independentes) foram amostradas segundo processo sistemático dentro das classes diamétricas as quais pertencem.

3.6 SELEÇÃO DAS ÁRVORES AMOSTRAS

A base para o cálculo do número de árvores, foi o volume de dez árvores por classe diamétrica com uma intensidade de amostragem, por classe de diâmetro estimada para um limite de erro de 10% e uma probabilidade de 95%. Se o estudo da variabilidade volumétrica exigisse um número de árvores maior do que tinha sido coletado, lançava-se mão de amostras complementares. Caso contrário permaneciam as mesmas.

3.7 COLETA DE DADOS

As informações foram tomadas de árvores que apresentassem diâmetros à altura do peito (DAP) superior a 4 cm. As árvores amostras foram classificadas segundo as classes diamétricas pré-estabelecidas. O intervalo entre as classes foi

de 2 cm. O agrupamento dos diâmetros em classes diamétricas foi utilizado no presente trabalho para simplificar os procedimentos de coleta de dados no campo.

Em cada árvore, foram medidos os diâmetros em diferentes alturas, bem como a altura total.

3.7.1 MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Os diâmetros foram medidos, com casca e sem casca, a 0,10 m do solo, a 0,30 m, a 1,30 m (DAP). Além destas medidas, a árvore que apresentasse um comprimento entre o DAP e altura comercial (Hc) até 7,0 m, era dividida em três seções e medidos os diâmetros. Quando a árvore apresentava um comprimento entre o DAP e altura comercial acima de 7,0 m, era dividida em quatro seções e medidos os diâmetros.

As subdivisões das árvores estão ilustradas nas Figuras 2 e 3.

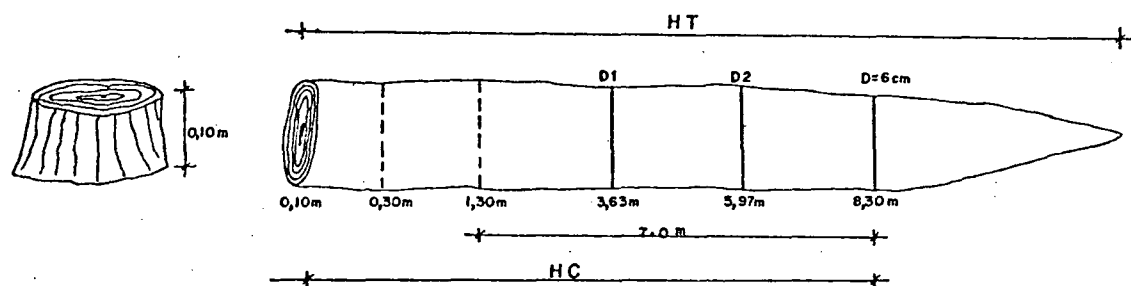


FIGURA 2 - Árvore amostra com comprimento entre DAP e altura comercial até 7,0 m.

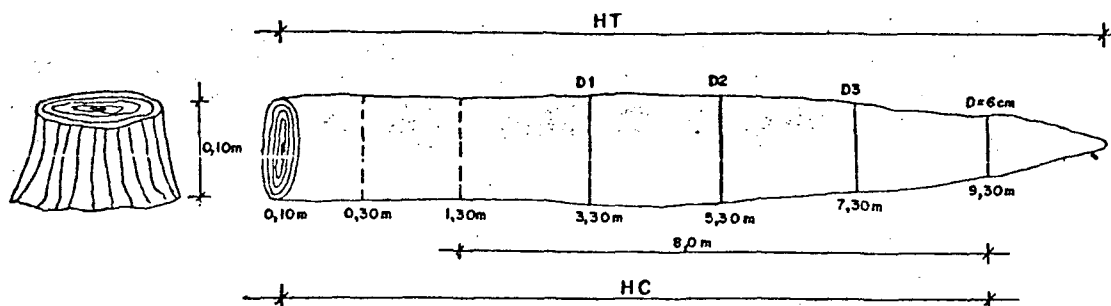


FIGURA 3 - Árvore amostra com comprimento entre DAP e altura comercial superior a 7,0 m.

Os diâmetros nestas secções foram medidos com casca, com o auxílio de uma fita métrica.

As alturas total e comercial das árvores foram medidas com auxílio de trena de fibra de vidro.

Tanto a seleção das árvores como a tomada de medidas das variáveis foi executada pela equipe de campo de inventário florestal da Braskraft.

O volume total com casca para cubagem rigorosa foi calculado através dos somatários dos volumes das secções individuais, pelas fórmulas de Smalian para o cálculo do volume das secções regulares.

$$V_1 = \frac{(g_1 + g_2)}{2} \times L$$

E a fórmula do volume do cone para o cálculo do volume da última secção:

$$V_2 = \frac{(g_{bc} \cdot L)}{3}$$

onde:

$$V_r = \sum_{i=1}^n V_{1i} + V_2$$

V_r = volume real individual

g_1 = área transversal do extremo inferior da secção

g_2 = área transversal do extremo superior da secção

g_{bc} = área transversal da base da última secção.

L = comprimento da secção

3.8 NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRAS POR CLASSE DIAMÉTRICA

A determinação do número de árvores por classe diamétrica foi feita através do uso da fórmula padrão para o cálculo da intensidade de amostragem pelo método aleatório e irrestrito de amostragem.

O intervalo de classe de diâmetro foi fixado em 2 cm. Utilizou-se a seguinte fórmula para o cálculo do número de árvores por classe de diâmetro.

$$n = \frac{S^2 t^2}{E^2}$$

onde:

S^2 = variância dos volumes dentro de classe "i"

t^2 = valor de "t" tabelar para um nível de probabilidade de 95% e n-1 graus de liberdade

E^2 = expectativa do erro = $(LE \cdot \bar{X})^2$ e $LE = 10\%$

Os quadros de 13 a 20 do Apêndice, mostram a distribuição das árvores amostradas por classes de diâmetro e

altura, por espécie e por distrito.

Através de cadastro florestal existente e mapas aerofotogramétricos, selecionou-se os talhões para coleta de informações e a distribuição do número total de árvores cubadas encontra-se no Quadro 2.

QUADRO 2 - Distribuição do número de árvores coletadas por distrito e por espécie.

DISTRITOS	ESPÉCIES	Nº ÁRVORES	TOTAL
1 Pouso Alto	<i>Pinus elliottii</i>	737	1.467
	<i>Pinus taeda</i>	730	
2 Capivari	<i>Pinus elliottii</i>	503	1.084
	<i>Pinus taeda</i>	584	
3 Ouro Verde	<i>Pinus elliottii</i>	247	861
	<i>Pinus taeda</i>	614	
4 Jaguariaíva	<i>Pinus elliottii</i>	230	748
	<i>Pinus taeda</i>	518	
TOTAL			4.163

3.9 EQUAÇÕES DE REGRESSÃO PARA ESTIMAR O VOLUME DE ÁRVORES, TOTAL COM CASCA

Os modelos escolhidos para este trabalho foram os já tradicionalmente usados e citados na literatura florestal e que tem como variáveis independentes o diâmetro à altura do peito e a altura total. Estes modelos são mostrados no Quadro 3.

QUADRO 3 - Modelos de equações de regressões testadas para estimar o volume total com casca para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* nos quatro distritos florestais.

EQUAÇÃO		
1)	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H + b_5H$	→ Equação de Meyer
2)	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H$	→ Equação de Meyer (modificada)
3)	$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3DH^2 + b_4H$	→ Equação de Näslund (modificada)
4)	$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3H$	→ Equação de Stoate
5)	$V = b_0D^2 + b_1D^2H$	→ Equação de Ogaya
6)	$V = b_0 + b_1D^2H$	→ Equação de Spurr (variável combinada)
7)	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2$	→ Equação de Hohenadl-Krenn
8)	$V = b_0 + b_1D^2$	→ Equação de Kopeski-Gehrardt
9)	$\log V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$	→ Equação de Forest Research Institute Baden-Nuerttemberg
10)	$\log V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log H$	→ Equação de Schumacher-Hall
11)	$\log V = b_0 + b_1 \log (D^2H)$	→ Equação de Spurr (variável combinada)
12)	$\log V = b_0 + b_1 \log D + b_2/D$	→ Equação de Brenal
13)	$\log V = b_0 + b_1 \log D$	→ Equação de Husch
14)	$V = H (b_0 + b_1D + b_2D^2)$	→ Equação de Péllico

As variáveis independentes usadas nos modelos de regressão foram aquelas que apresentaram maior facilidade de obtenção no campo, ou seja, o diâmetro à altura do peito com casca (DAP c/c) e a altura total (H).

A variável dependente é o volume total com casca.

Para fins de computação todas as variáveis utilizadas nos modelos de regressão foram definidas e numeradas conforme mostra o Quadro 4.

QUADRO 4 - Relação das variáveis dependentes e independentes utilizadas nos modelos de regressão.

VARIÁVEL	NOME DA VARIÁVEL
V (1)	V (volume)
V (2)	D
V (3)	H
V (4)	D ²
V (5)	D ² H
V (6)	H ²
V (7)	log V
V (8)	log D
V (9)	log ² D
V (10)	log H
V (11)	log ² H
V (12)	log (D ² H)

3.10 SELEÇÃO DO MELHOR MODELO

Após a computação dos dados, foi feita a escolha da melhor ou das melhores equações de regressão para estimar o volume total com casca de uma árvore.

Para a escolha do melhor modelo, foram adotados os seguintes critérios:

- a) coeficiente de determinação;
- b) erro padrão de estimativa;
- c) coeficiente de variação;
- d) probabilidade cumulativa;
- e) soma do quadrado dos desvios;
- f) valor de F.

Além destes valores foram plotados os resíduos, o que através dos gráficos permitiu uma avaliação visual do melhor ajuste de equações.

Para a apresentação dos gráficos dos resíduos das equações logarítmicas, foi efetuada a retrotransformação dos volumes estimados para unidades originais.

O estudo da distribuição dos resíduos para verificação da tendenciosidade apresentada pelos mesmos ao longo de cada equação, foi considerado através do teste de probabilidade cumulativa desenvolvido por SWED & EISENHARTH* citados por DRAPER & SMITH⁶ considerando como n_1 os resíduos positi-

*Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives. Annals for Mathematical Statistics, 14, 1958. p. 66-67.

vos, n_2 os resíduos negativos e U o número da sucessão de elementos idênticos ou não, a um nível de probabilidade de 0,05%.

Após a determinação de n_1 , n_2 e U , testou-se a hipótese da distribuição dos resíduos ser ou não tendenciosa entrando-se com os valores determinados na tabela desenvolvida por SWED & EISENHARTH a qual fornece valores de probabilidade com que U ocorrerão. Os valores tabelados com probabilidade superior a U dão a equação um indício de tendenciosidade. Com este procedimento foram verificadas as equações que apresentaram tendências a subestimar e superestimar o volume em algumas classes de distribuição diamétricas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 NÚMERO DE ÁRVORES POR CLASSE DIAMÉTRICA

A distribuição das árvores que foram utilizadas para o ajuste das equações volumétricas para cada distrito e espécie estudadas, encontram-se nos Quadros 13 a 20 do Apêndice.

4.2 MODELOS DE EQUAÇÃO DE REGRESSÃO

Os modelos de equação de regressão testados, foram pré-selecionados de estudos para volume já citados na revisão bibliográfica. De todos os modelos pesquisados foram testados somente aqueles que eram compostos pela variáveis independentes DAP com casca e altura total.

Os modelos testados foram aqueles relacionados no Quadro 3 e são os seguintes:

$$1) V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H + b_5H$$

$$2) V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H$$

$$3) V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3DH^2 + b_4H^2$$

$$4) V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3H$$

$$5) V = b_0D^2 + b_1D^2H$$

$$6) V = b_0 + b_1D^2H$$

$$7) V = b_0 + b_1D + b_2D^2$$

- 8) $V = b_0 + b_1 D^2$
- 9) $\log V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$
- 10) $\log V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log H$
- 11) $\log V = b_0 + b_1 \log (D^2 H)$
- 12) $\log V = b_0 + b_1 \log D + b_2 / D$
- 13) $\log V = b_0 + b_1 \log G$
- 14) $V = H (b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$

onde:

V = volume total com casca

D = DAP com casca

H = altura total.

4.3 SELEÇÃO DO MELHOR MODELO DE REGRESSÃO PARA ESTIMAR O VOLUME TOTAL COM CASCA, DE UMA ÁRVORE

Dos quatorze modelos inicialmente relacionados no Quadro 3 e citados na literatura florestal, oito foram escolhidos por distrito e para cada espécie para dar continuidade nos testes. A escolha recaiu sobre aqueles modelos que apresentaram os melhores parâmetros ou seja, menor erro padrão da estimativa, menor coeficiente de variação, maior valor de F e maior coeficiente de determinação. O motivo de ter-se escolhido oito modelos dos quatorze iniciais, foi para dar oportunidade à equações do tipo da variável combinada, não muito bem classificadas até aí, de continuarem sendo testadas.

Dando seqüência aos testes com estas oito equações elaborou-se o gráfico de resíduos, calculou-se a soma de

quadrados dos desvios e a probabilidade cumulativa. Analisando-se estas equações através destes novos parâmetros pode-se evidenciar com maior precisão, as equações que melhor se comportaram para estimar o volume total com casca de uma árvore nos distritos e espécies mencionadas.

Os Quadros 5 a 12 apresentam em ordem as equações escolhidas com seus coeficientes calculados, para cada distrito e espécie pesquisados.

A escolha do melhor modelo de regressão para cada distrito e para cada espécie, recaiu sobre o modelo cuja equação resultante apresenta a melhor distribuição dos resíduos o menor erro padrão da estimativa e um alto coeficiente de determinação.

4.3.1 ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA

A escolha da melhor equação de regressão é feita, na quase totalidade dos trabalhos existentes, baseando-se no erro padrão da estimativa. Desta forma foi atribuída a melhor classificação para a equação que apresentou menor erro.

4.3.2 COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO

Conforme demonstra os Quadros 5 a 12, os maiores valores dos coeficientes de determinação alcançados pelas equações, foram oferecidos pelo modelo número 9, exceto para o distrito 2 - Capivari para *Pinus elliottii* onde esta equação não se classificou.

QUADRO 5 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 1 - Pouso Alto - *Pinus taeda* - volume total com casca.

EQUAÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	Syx	CV X	R ²	F	SQD	P.C.
1	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D H + b_4 D^2 H + b_5 H$	$b_0 = 0,023479668$ $b_1 = -0,000484699$ $b_2 = -0,000031293$ $b_3 = 0,000565398$ $b_4 = 0,000023515$ $b_5 = -0,005855706$	0,01904	9,87	0,9863	21191,62	0,2624	0,806
9	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \text{log } D + b_2 \text{log}^2 D + b_3 \text{log } H + b_4 \text{log}^2 H$	$b_0 = -4,033011660$ $b_1 = 2,382985750$ $b_2 = -0,204219590$ $b_3 = 0,014040400$ $b_4 = 0,438942810$	0,01910	9,91	0,9932	123192,62	0,2645	0,958
14	$V = H(b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$	$b_0 = -0,001771925$ $b_1 = 0,000340482$ $b_2 = 0,000024875$	0,01910	9,91	0,9815	43306,82	0,2653	0,786
2	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D E + b_4 D^2 H$	$b_0 = -0,030457940$ $b_1 = 0,004593904$ $b_2 = -0,000142595$ $b_3 = 0,000037444$ $b_4 = 0,000034643$	0,01911	9,91	0,9862	25223,40	0,2638	0,405
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \text{log}(D^2 H)$	$b_0 = -4,175955792$ $b_1 = 0,929853588$	0,01938	10,05	0,9929	296202,53	0,2734	0,035*
10	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \text{log } D + b_2 \text{log } H$	$b_0 = -4,164951660$ $b_1 = 1,880305567$ $b_2 = 0,893616793$	0,01960	10,16	0,9930	198323,34	0,2792	0,622
4	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 H$	$b_0 = -0,018746331$ $b_1 = 0,000042719$ $b_2 = 0,000028902$ $b_3 = 0,003380211$	0,01964	10,19	0,9854	29836,26	0,2802	0,214
6	$V = b_0 + b_1 D^2 H$	$b_0 = 0,013625109$ $b_1 = -0,000022160$	0,02018	10,47	0,9846	56539,56	0,2964	0,001*

QUADRO 6 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 2 - Capivari - *Pinus taeda* - volume total com casca.

EQUAÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	Syx	CV %	R ²	F	SQD	P.C.
2	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D H + b_4 D^2 H$	$b_0 = -0,008000881$ $b_1 = 0,002059857$ $b_2 = -0,000075726$ $b_3 = 0,000004098$ $b_4 = 0,000035969$	0,01560	10,08	0,9858	19553,68	0,1409	0,821
14	$V = H(b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$	$b_0 = -0,000043137$ $b_1 = 0,000121268$ $b_2 = 0,000030914$	0,01560	10,08	0,9794	29686,01	0,1415	0,617
1	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D H + b_4 D^2 H + b_5 H$	$b_0 = -0,011436368$ $b_1 = 0,002429461$ $b_2 = -0,000084428$ $b_3 = -0,000036256$ $b_4 = 0,000036901$ $b_5 = 0,000388215$	0,01561	10,09	0,9858	16267,74	0,1409	0,821
4	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 H$	$b_0 = -0,003019907$ $b_1 = 0,000009820$ $b_2 = 0,000033096$ $b_3 = 0,00131530$	0,01567	10,12	0,9857	24232,63	0,1423	0,617
6	$V = b_0 + b_1 D^2 H$	$b_0 = 0,008652494$ $b_1 = 0,000034441$	0,01575	10,17	0,9855	47969,76	0,1443	0,821
9	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$	$b_0 = -3,791792510$ $b_1 = 2,175312850$ $b_2 = -0,128130060$ $b_3 = -0,219273800$ $b_4 = 0,569073690$	0,01575	10,18	0,9925	106838,06	0,1436	0,419
3	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 D H^2 + b_4 H^2$	$b_0 = 0,0090000616$ $b_1 = -0,000005072$ $b_2 = 0,000034781$ $b_3 = 0,000000006$ $b_4 = 0,000000089$	0,1578	10,20	0,9855	19094,41	0,1442	0,821
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log(D^2 H)$	$b_0 = -4,157781479$ $b_1 = 0,924973242$	0,01605	10,37	0,9921	253737,77	0,1500	1,000

QUADRO 7 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 3 - Ouro Verde - *Pinus taeda* - volume total com casca.

EQUAÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	S _{yx}	CV %	R ²	F	SQD	P.C.
1	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H + b_5H$	$b_0 = 0,028529784$ $b_1 = -0,001988725$ $b_2 = 0,000076921$ $b_3 = 0,000551154$ $b_4 = 0,000017583$ $b_5 = -0,005036020$	0,02115	9,18	0,9856	19060,55	0,2720	0,622
2	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H$	$b_0 = -0,927643158$ $b_1 = 0,003294342$ $b_2 = -0,000034785$ $b_3 = 0,000091757$ $b_4 = 0,000027083$	0,02119	9,20	0,9855	22783,69	0,2735	0,214
9	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$	$b_0 = -4,564651490$ $b_1 = 1,835556930$ $b_2 = 0,011209360$ $b_3 = 1,723842600$ $b_4 = -0,395670240$	0,02125	0,23	0,9909	70436,21	0,2751	0,622
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log(D^2H)$	$b_0 = -4,155787696$ $b_1 = 0,921958974$	0,02125	9,22	0,9907	175455,00	0,2763	0,988
10	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log H$	$b_0 = -4,133072921$ $b_1 = 1,864757722$ $b_2 = 0,876348501$	0,02126	9,23	0,9908	116261,13	0,2761	0,427
14	$V = H(b_0 + b_1D + b_2D^2)$	$b_0 = -0,002294610$ $b_1 = 0,000394428$ $b_2 = 0,000022629$	0,02140	9,29	0,9832	43248,69	0,2797	0,214
4	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2H + b_3H$	$b_0 = -0,023460746$ $b_1 = 0,000106861$ $b_2 = 0,000024116$ $b_3 = 0,003202380$	0,02159	9,37	0,9849	27425,76	0,2844	0,002*
3	$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3DH^2 + b_4H^4$	$b_0 = 0,012583983$ $b_1 = 0,000062866$ $b_2 = 0,000027902$ $b_3 = 0,000000006$ $b_4 = 0,000000116$	0,02208	9,58	0,9843	20980,60	0,2969	0,001*

QUADRO 8 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 4 - Jaguaraiá - *Pinus taeda* - volume total com casca

EQUAÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	Syx	CV %	R ²	F	SQD	P.C.
9	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$	$b_0 = -3,901479380$ $b_1 = 2,413572680$ $b_2 = -0,222780920$ $b_3 = -0,195288100$ $b_4 = 0,518311380$	0,01363	8,13	0,9934	105944,99	0,0953	0,791
1	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D H + b_4 D^2 H + b_5 H$	$b_0 = 0,015028615$ $b_1 = -0,000677907$ $b_2 = 0,000030671$ $b_3 = 0,000446443$ $b_4 = 0,000021873$ $b_5 = -0,003757689$	0,01370	8,17	0,9888	20461,02	0,0960	0,821
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log(D^2 H)$	$b_0 = -4,121399516$ $b_1 = 0,916872895$	0,01372	8,19	0,9930	250076,26	0,0971	0,734
2	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D E + b_4 D^2 H$	$b_0 = -0,018329991$ $b_1 = 0,002712025$ $b_2 = -0,000046169$ $b_3 = 0,000073097$ $b_4 = 0,000030264$	0,01373	8,19	0,9887	24417,03	0,0968	0,209
14	$V = H(b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$	$b_0 = -0,001531618$ $b_1 = 0,000334215$ $b_2 = 0,000024961$	0,01380	8,24	0,9834	37735,27	0,0981	0,419
10	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log H$	$b_0 = -4,088802073$ $b_1 = 1,881633023$ $b_2 = 0,827212993$	0,01393	8,31	0,9932	171719,22	0,0999	0,874
4	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 H$	$b_0 = -0,013864049$ $b_1 = 0,000079201$ $b_2 = 0,000027290$ $b_3 = 0,002465672$	0,01398	8,34	0,9883	29438,38	0,1005	0,226
3	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 D H^2 + b_4 H^2$	$b_0 = 0,009001756$ $b_1 = 0,000051342$ $b_2 = 0,000030421$ $b_3 = 0,000000008$ $b_4 = 0,000000128$	0,01432	8,54	0,9877	22460,26	0,1051	0,078

QUADRO 9 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 1 - Pouso Alto - *Pinus elliottii* - volume total com casca.

EQUAÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	S _{yx}	CV X	R ²	F	S _{QP}	P.C.
1	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H + b_5H$	$b_0 = -0,003456507$ $b_1 = 0,003951265$ $b_2 = -0,000208329$ $b_3 = 0,000254765$ $b_4 = 0,000037315$ $b_5 = -0,003870242$	0,02038	10,46	0,9869	20438,55	0,3037	0,427
2	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H$	$b_0 = -0,037973622$ $b_1 = 0,007269111$ $b_2 = -0,000280475$ $b_3 = -0,000102087$ $b_4 = 0,000044833$	0,02045	10,49	0,9868	24370,68	0,3061	0,231
9	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$	$b_0 = -3,769094770$ $b_1 = 2,471770780$ $b_2 = -0,240514190$ $b_3 = -0,576355030$ $b_4 = 0,727400500$	0,02050	10,52	0,9946	146004,04	0,3075	0,497
14	$V = K(b_0 + b_1D + b_2D^2)$	$b_0 = -0,000921626$ $b_1 = 0,000241152$ $b_2 = 0,000029037$	0,02081	10,68	0,9817	40118,02	0,3180	0,214
4	$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3H$	$b_0 = -0,006436280$ $b_1 = -0,000013517$ $b_2 = 0,000035053$ $b_3 = 0,002212903$	0,02113	10,84	0,9859	28526,94	0,3272	0,100
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log(D^2H)$	$b_0 = -4,141867064$ $b_1 = 0,926274176$	0,02143	11,00	0,9937	314104,79	0,3377	0,231
3	$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3DH^2 + b_4H^2$	$b_0 = 0,015045353$ $b_1 = -0,000039479$ $b_2 = 0,000037704$ $b_3 = 0,000000011$ $b_4 = 0,000000190$	0,02151	11,04	0,9854	22005,42	0,3387	0,035*
6	$V = b_0 + b_1D^2H$	$b_0 = 0,011600857$ $b_1 = 0,000035361$	0,02159	11,08	0,9853	54640,93	0,3425	0,035*

QUADRO 10 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 2 - Capivari - *Pinus elliottii* - volume total com casca.

EQUAÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	Syx	CV %	R ²	F	SQD	P.C.
1	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H + b_5H$	$b_0 = -0,028147406$ $b_1 = 0,005580572$ $b_2 = -0,000209968$ $b_3 = 0,000048882$ $b_4 = 0,001575637$	0,01150	9,25	0,9866	15881,30	0,0657	0,854
2	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H$	$b_0 = -0,014003284$ $b_1 = 0,003784240$ $b_2 = -0,000157677$ $b_3 = -0,000089009$ $b_4 = 0,000043494$	0,01150	9,25	0,9866	19066,99	0,0658	0,076
14	$V = H(b_0 + b_1D + b_2D^2)$	$b_0 = -0,000259852$ $b_1 = 0,000146318$ $b_2 = 0,000032179$	0,01157	9,31	0,9829	33203,00	0,0669	0,392
4	$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3H$	$b_0 = -0,000534692$ $b_1 = 0,000001495$ $b_2 = 0,000036224$ $b_3 = 0,000928669$	0,01163	9,36	0,9862	23279,85	0,0675	0,652
6	$V = b_0 + b_1D^2H$	$b_0 = 0,006957052$ $b_1 = 0,000036987$	0,01170	9,41	0,9860	46057,15	0,0685	0,279
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log(D^2H)$	$b = -4,155051712$ $b = 0,930318703$	0,01170	9,42	0,9937	337791,87	0,0686	0,533
3	$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D^2H + b_3DH^2 + b_4H^2$	$b = 0,007940041$ $b = 0,000018743$ $b = 0,000038320$ $b = 0,000000005$ $b = 0,000000063$	0,01171	9,42	0,9861	18385,18	0,0683	0,197
10	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log H$	$b = -4,141206628$ $b = 1,888024405$ $b = 0,884323900$	0,01184	9,52	0,9938	227735,97	0,071	0,533

QUADRO 11 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 3 - Ouro Verde - *Pinus elliottii* - volume total com casca.

EQUA- ÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	Syx	CV %	R ²	F	SQD	P.C.
9	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$	$b_0 = -4,796861000$ $b_1 = 2,033371500$ $b_2 = -0,063479280$ $b_3 = 1,891953000$ $b_4 = -0,424166700$	0,01638	6,59	0,9945	46902,24	0,0649	0,347
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log (D^2 H)$	$b_0 = -4,168643843$ $b_1 = 0,934776161$	0,01644	6,62	0,9944	116839,33	0,0662	0,043*
2	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D H + b_4 D^2 H$	$b_0 = -0,020583810$ $b_1 = 0,002317835$ $b_2 = -0,000015276$ $b_3 = 0,000108190$ $b_4 = 0,000030033$	0,01645	6,62	0,9899	15993,42	0,0655	0,347
1	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D H + b_4 D^2 H + b_5 H$	$b_0 = 0,020830870$ $b_1 = -0,001532722$ $b_2 = 0,000067677$ $b_3 = 0,000433910$ $b_4 = 0,000023083$ $b_5 = -0,003557455$	0,01647	6,63	0,9899	13292,43	0,0654	0,733
10	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log H$	$b_0 = -4,178037079$ $b_1 = 1,865408233$ $b_2 = 0,947920625$	0,01648	6,63	0,9944	77603,32	0,0662	0,010*
14	$V = H(b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$	$b_0 = -0,001565998$ $b_1 = 0,000297435$ $b_2 = 0,000028123$	0,01651	6,65	0,9884	28901,42	0,0665	0,733
4	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 H$	$b_0 = -0,039635947$ $b_1 = 0,000102649$ $b_2 = 0,000027556$ $b_3 = 0,004375346$	0,01661	6,69	0,9896	19602,38	0,0670	0,121
6	$V = b_0 + b_1 D^2 H$	$b_0 = 0,015007399$ $b_1 = 0,000035373$	0,01706	6,87	0,9890	37166,95	0,0713	0,121

QUADRO 12 - Modelos selecionados para estimativa de volume, com respectivos parâmetros estatísticos para o distrito 4 - Jaguaraiã - *Pinus elliottii* - volume total com casca.

EQUAÇÃO	MODELO	COEFICIENTES	Syx	CV %	R ²	F	SQD	P.C.
11	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log(D^2H)$	$b_0 = -4,093385594$ $b_1 = 0,912981130$	0,01106	9,15	0,9922	114720,99	0,0279	0,424
1	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 DH + b_4 D^2 H + b_5 H$	$b_0 = 0,013800056$ $b_1 = -0,001775520$ $b_2 = 0,000089560$ $b_3 = 0,000414927$ $b_4 = 0,000021143$ $b_5 = -0,002421355$	0,01110	9,19	0,9904	8376,72	0,0276	0,424
2	$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 DH + b_4 D^2 H$	$b_0 = -0,005259422$ $b_1 = 0,000437005$ $b_2 = 0,000031670$ $b_3 = 0,000144496$ $b_4 = 0,000028024$	0,01111	9,19	0,9903	10036,12	0,0278	0,175
14	$V = H(b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$	$b_0 = -0,000736712$ $b_1 = 0,000249628$ $b_2 = 0,000028080$	0,01114	9,22	0,9851	15343,53	0,0282	0,175
9	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log^2 D + b_3 \log H + b_4 \log^2 H$	$b_0 = -3,873755180$ $b_1 = 2,395074600$ $b_2 = -0,228170470$ $b_3 = -0,217232300$ $b_4 = 0,554266550$	0,01117	9,25	0,9927	48517,92	0,0281	0,424
10	$\text{Log } V = b_0 + b_1 \log D + b_2 \log H$	$b_0 = -4,078622658$ $b_1 = 1,884161472$ $b_2 = 0,829384634$	0,01118	9,25	0,9924	78525,89	0,0284	0,533
4	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 H$	$b_0 = -0,009720149$ $b_1 = 0,000081287$ $b_2 = 0,000028890$ $b_3 = 0,001910304$	0,01119	9,26	0,9901	12351,31	0,0283	0,175
3	$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 H + b_3 DH^2 + b_4 H^2$	$b_0 = 0,006309665$ $b_1 = 0,000054077$ $b_2 = 0,000032132$ $b_3 = 0,000000014$ $b_4 = 0,000000167$	0,01161	9,61	0,9894	9177,50	0,0303	0,024*

4.3.3 DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS

As figuras de número 4 a 67 do Apêndice apresentam a distribuição dos resíduos fornecidos pela diferença entre os valores reais obtidos através de cubagem rigorosa e os valores obtidos pela equação de regressão gerada pelo ajuste desses dados, ao longo de toda a amplitude dos dados existentes, para o melhor modelo de cada distrito e cada espécie.

A inclusão deste critério para a escolha do melhor modelo prende-se ao fato de que os valores estimados do R^2 são valores únicos para a amplitude total dos dados que geram as equações: isto pode possibilitar a escolha do modelo errado pelo simples fato de uma equação apresentar um maior R^2 e menores S_{yx} , podendo a equação eleita, superestimar ou subestimar os valores reais ao longo das classes diamétricas. O traçado do gráfico de distribuição dos resíduos permite detectar tais tendências e escolher acertadamente o modelo mais correto.

Uma demonstração da veracidade desta afirmação pode ser visualmente comprovada pela Figura 35, equação 3. Esta equação aparece bem classificada segundo seus parâmetros apresentados no Quadro 9, no entanto, o gráfico demonstra que ela apresenta-se visivelmente tendenciosa nas menores classes diamétricas.

4.3.4 TESTE DE TENDENCIOSIDADE DOS RESÍDUOS ATRAVÉS DA PROBABILIDADE CUMULATIVA

Dentre as 64 equações geradas pelos modelos propostos, nos quatro distritos estudados, nove foram consideradas tendenciosas ao longo da amplitude total dos volumes reais obtidos nas diversas classes diamétricas, pelo teste de probabilidade cumulativa dos resíduos.

Quando a seqüência de mudanças de sinais de uma série de resíduos é conhecida nota-se, algumas vezes, que grupos de resíduos positivos e negativos ocorrem de maneira que pode constituir um modelo raro. Pode-se então, pesquisar a causa responsável por este comportamento e verificar se um arranjo particular dos sinais é um arranjo que ocorre aleatoriamente ou não, se apresentam ou não uma tendenciosidade na sua distribuição.

Esta tendenciosidade é verificada estudando-se a seqüência de mudanças (U) dos sinais agrupados, positivos n_1 e negativos n_2 , dos resíduos fornecidos pelas equações de regressão utilizadas. Se a possibilidade de ocorrência de tais mudanças de seqüência (U) for menor do que um valor de probabilidade pré-estabelecida, rejeita-se a idéia de uma distribuição aleatória, isto significa que, a probabilidade do U tabelar é menor ou igual ao valor observado (DRAPER & SMITH⁶).

5 CONCLUSOES

Dentre os oito modelos que continuaram sendo testados para os quatro distritos florestais e duas espécies estudadas o que apresentou melhor ajuste foi a equação número 1, pois mesmo quando esta equação não está classificada em primeiro lugar como nos Quadros 6, 8, 11 e 12, ela apresenta boa distribuição de resíduos e alto valor apresentado pelo teste de probabilidade cumulativa.

O critério de julgamento empregado comumente na escolha das equações de regressão, quais sejam, o coeficiente de determinação e o erro padrão da estimativa por si só são insuficientes para comparar ou escolher equações e portanto deve ser complementado com uma análise do gráfico de distribuição dos resíduos o que daria uma maior firmeza para eleição do melhor modelo. Tal afirmativa é baseada no fato de que equações que apresentaram um alto coeficiente de determinação e um baixo erro padrão residual foram excluídas por se apresentarem, visivelmente tendenciosas, em algumas classes de diâmetros e comprovadas analiticamente, através do teste de probabilidade cumulativa.

O modelo da equação volumétrica da variável combinada D^2H muito recomendada na literatura florestal, nem sempre pode ser considerado como um dos melhores, pois em alguns casos pode-se apresentar altamente tendencioso.

6 RESUMO

O presente trabalho de pesquisa trata sobre o teste e seleção de modelos matemáticos para equações de volume usadas para estimar o volume total com casca de uma árvore e para as espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* dos povoamentos da Braskraft S.A. Florestal e Industrial no distrito florestal de Pouso Alto que abrange parte dos municípios de Itararé, Itapeva, Itaberá, Coronel Macedo e Apiaí no Estado de São Paulo e nos distritos Capivari, Ouro Verde e Jaguariaíva nos municípios de Sengés e Jaguariaíva no Estado do Paraná.

Inicialmente foram testados quatorze modelos de equações de volume para cada distrito e para cada espécie gerando cento e doze equações volumétricas sendo que a derivação das equações resultantes foi feito pelo método dos mínimos quadrados.

Dos quatorze modelos usados no início somente oito foram escolhidos por distrito e por espécie para dar continuidade nos testes.

Entre as equações testadas a que forneceu, em todas as ocasiões, os melhores resultados foi o modelo volumétrico aritmético número 1: $V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H + b_5H$, sendo que o erro padrão da estimativa, o gráfico de resíduos, o coeficiente de determinação e o F calculado foram os

responsáveis pela eleição da melhor equação.

Em seguida realizou-se o teste de distribuição dos resíduos ao longo da linha de regressão através do teste de probabilidade cumulativa. Este teste excluiu nove dentre as sessenta e quatro equações por apresentarem-se tendenciosas na distribuição desses resíduos.

SUMMARY

The intent of this research was to select mathematic models that estimate total above stumps single tree volumes of *Pinus elliottii* and *Pinus taeda*. The investigation was carried out in stands owned by "Braskraft S.A. Florestal e Industrial", located in the States of São Paulo (Itararé, Itupava, Itaberã, Coronel Macedo and Apiaí counties) and Paraná (Sengês and Jaguariaíva counties).

Fourteen volume models were initially tested, for each location and forest species, generating 112 equations. Derivation of the resulting equations was made by the least squares technique. From the original fourteen models, only eight were chosen, for each location, in order to proceed the investigation.

Among the tested equations, the following one presented always best results:

$$V = b_0 + b_1D + b_2D^2 + b_3DH + b_4D^2H + b_5H$$

The parameters used to select the best model were the standard error of estimates, residual graphic distribution, coefficient of determination and calculated F value.

Finally, the residues were plotted along the regression line through the cumulate probability technique. This test excluded nine out of the sixty four equations for presenting tendencions distribution of residuals.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AVERY, T.E. Forest Mensuration. New York, McGraw-Hill, 1967. 290 p.
- 2 BEERS, T.W. & GINORICH, S.F. Construction of cubic-foot volume table for red oak in Pensilvania. Jour.For., 56: 210-14, 1958.
- 3 CAMPOS, J.C.C. Estudo sobre o índice de sítio, tabela de volume e produção para *Pinus elliottii* Engelm no Estado de São Paulo, Brasil. Turrialba, IICA., 1970 (Tese de mestrado).
- 4 ———. Tabela de volume total e comercial para *Pinus elliottii* Engelm. Rev. Ceres, Viçosa 21(116): 252-67,
- 5 CUNIA, T. Dummy variables and some of uses in regression analysis. In: IUFRO, Subjet Group. S 4 -02, Nancy. 1973. Proceedings. Syracuse, College of Environmental Science and Forestry. 1973.
- 6 DRAPPER, N.R. & SMITH, A. Applied regression analysis. New York, John Wiley & Sons, 1966. 407 p.
- 7 DRESS, P.E. Statistical and mathematic application in the construction and adjustmant of standart cubic foot volume tables. School of Forestry, Pennsylvania Sta. Univ., 1959, 69 p. (Tese de mestrado).
- 8 FRAYER, E.E. Weighted regression. In: Proceedings. Regression methods in forest research, Fort Collins, Colorado State University, College of Forest and Natural Resources. Departament of Forestry and Wood Science, 1971. p. 61-67.
- 9 FREESE, S.A. Elementary statistical methods for for-
estes. Washington, Forest Service, 1967. 87 p.
- 10 GEVORKIANTZ, S.R. & OLSEN, L.P. Composite volume table for timber and their application in the Lake States. Washington, D.C., USDA, 1965. 51 p. (Technical Bull., 1104).
- 11 GOLDING, D.L. & HALL, O.F. Atest of precision of cubic-foot tree volume equation on aspen, jack pine and white spruce. For. Choron., 37(3): 123-32. 1961.

- 12 GOLFARI, L. Coníferas aptas para o reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Boletim Técnico - IBDF
- 13 ————. Exigências climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. Unasyuva, 17(68):33-43, 1963.
- 14 GOMES, A.M. de A. Medição dos Arvoredos. Lisboa, São da Costa, 1957. 413 p.
- 15 HIGUSHI, N. Tabelas de volume para povoamentos nativos de Canafístula (leguminosae), Cedro (Meliaceae), Pau-marfim, (Rutaceae) e Canelas (Lauraceae) no extremo oeste paranaense. Curitiba. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 1978. 75 p. (Tese de mestrado).
- 16 HUSCH, B; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. Forest mensuration. 2 ed., New York, Ronald Press, 1971. 410 p.
- 17 KOCH, P. Utilization of the southern pines. Washington, USDA For. Serv. Southern For Exp. Sta., 1972, V. 1. (Agriculture Handbook, 420 p.).
- 18 KOZAK, A. Notas sobre regressão e análise de correlação como instrumento importante em pesquisa florestal. In: Congresso Mundial, 16, Oslo, Norway, 1976. Proceedings - IUFRO, 1976 (Fotocopiado).
- 19 LOETSCH, F. ZOHRER, F. & HALLER, N.E. Forest inventory, Munchen, B.L.V. Verlagsgesellschaft, 497 p.
- 20 MACHADO, S.A. Tabela de volume para *Pinus taeda* na região de Telêmaco Borba, PR, Rev. Floresta. Vol. X(1): 29-35.
- 21 MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solo vegetação do Estado do Paraná. Arq. Biol. Tecn., 3:99-200, 1948.
- 22 MACKAY, E. Dasometria. Madrid, Escuela Técnica de Ingeniero de Montes, 1964. 759 p.
- 23 MEYER, H.A. A correction for systematic error occurring in the application of the logarithmic volumes equation. Pennsylvania For. School, Res. Paper - 7, 1971. 3 p.
- 24 MIROV, N.T. The genus pinus. New York, Ronald Press, 1967. 602 p.
- 25 MOSER, J.W. & BEERS, T.W. Parameter estimation in non linear volume equation. Journal For., 07(12):878-79, 1969.
- 26 PAULA NETO, F. de. Construction of standart volume table for *Eucalyptus saligna* in the iron region of Brasil. Lafayette, Purdue University, 1975. 101 p. (Tese Ph.D.).

- 27 PAULA NETO, F. de. Tabela volumétrica com e sem casca para *Eucalyptus saligna*. Viçosa, Rev. Árvore. SIF, 1(1): 31-53, 1977.
- 28 ———; RIBEIRO, J.O. & VALENTE, O.F. Tabela de volume para *Eucalyptus grandis*. Viçosa, Rev. Ceres, 22(121): 212-22, 1975.
- 29 SILVA, J.A. da. Seleção de parcelas amostrais aplicadas em povoamento de *Pinus taeda* Lineu, para fins biométricos. Santa Maria, Universidade Federal, Curso de Pós-graduação em Engenharia Rural, 1974. 69 p. (Tese de mestrado).
- 30 SILVA, J.A.A. Análise de equações volumétricas para construção de tabelas de volume comercial para *Eucalyptus* spp., segundo a espécie, região e método de regeneração. Viçosa, 1977. 93 p. (Tese mestrado). Universidade de Viçosa.
- 31 SMITH, J.H.C.; KER, J.W. & CSMAZIA, Z. Economics of reforestation of Douglas Fir, Western Hemlock and Western Red Cedar in the Vancouver Forest District. Vancouver, B.C. 1961. (For. Bull., 3).
- 32 SPURR, S.H. Forest inventory. New York, Ronald Press, 1952, 176 p.
- 33 SIQUEIRA, J.D.P. Tabelas de volume para povoamentos nativos de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze, no Sul do Brasil. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 1977. 163 f. (Tese de mestrado).
- 34 STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.M. Principles and procedures of statistics. New York. McGraw Hill, 1960. 481 p.
- 35 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - Centro de Pesquisas Florestais. Inventário Florestais. Inventário Florestal dos postos indígenas dos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Curitiba, 1973. Convênio FUNAI/SUDESUL/UFPR. Setor de Ciências Agrárias.
- 36 U.S. FOREST SERVICE. Department of Agriculture - Important trees of Eastern Forests.

A P Ê N D I C E S

QUADRO 13 - Distribuição das árvores de *Pinus taeda* L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 1 - Pouso Alto.

DAP C/C	ALTURA (M)													80M		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
6		2	2	1												5
8	8	16	8	16	7	4	1									60
10	2	14	14	11	16	5	1	3								66
12		8	17	8	17	5	1	4	1	1						62
14		2	9	16	23	9		2	4							65
16			2	18	16	19	5	1	2	2			1			66
18			3	5	22	21	5	1	8	1	3			1		70
20				4	21	15	13	6	1	3	3			1		67
22				2	9	15	17	10	4	3	3	2				65
24				1	2	11	14	12	5	2	4	2	1			54
26						1	6	7	6	6	9					35
28								4	7	14	1	1				28
30							2	2	5	10	7	5	1			32
32							3	3	5	7	4	2	1			25
34								1	8	3	4	2	1			19
36									1	8	1	1				11
SOM	10	42	55	82	133	106	68	56	57	60	39	16	6			730

QUADRO 14 - Distribuição das árvores de *Pinus taeda* L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 2 - Capivari.

DAP	C/C	ALTURA (M)															SOM
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
6	5	5	7	1													18
8	1	5	11	9	18	9	8										61
10		2	9	11	16	7	6	5	1	2							59
12			4	6	15	17	9	6	1	5							63
14		1	3	6	5	13	16	11	5	1							61
16					5	9	12	16	13	6		1					62
18						1	7	19	14	9	3						53
20							4	7	20	10	4						45
22							1	7	11	12	8	2	1				42
24								1	7	7	11	8	3		1		38
26									1	3	8	8	1	1	3	1	26
28										3	2	9	4	3	1		22
30								1	2		2	5	5	3	2		20
32											1	4	3	1	5		14
SOM		6	13	34	38	64	72	98	94	71	56	17	13	7	1		584

QUADRO 15 - Distribuição das árvores de *Pinus taeda* L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 3 - Ouro Verde.

DAP	C/C	ALTURA (M)													SOM		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		19	
8	4	8	9	9	9	5	2	2		1							49
10	1	5	8	10	10	6	4	3	2								49
12		3	8	11	8	13	7	2	2								54
14		2	4	9	12	10	2	3	4	4							50
16			2	10	8	8	12	2	5	4							51
18			1	2	12	12	8	4	3	5		1	1	2			51
20				2	8	7	13	5	4	4	4						47
22				1	8	12	9	11	1	7	4						53
24				1	4	12	6	11	5	7	3	1					50
26					1	4	10	9	7	3	5						39
28						1	2	9	9	8	4						33
30							2	5	5	9	4	4	1				30
32							1	4	9	7	4	4	1				30
34								1	3	7	2	1	3	1			18
36									2	2	2	2					8
38										1		1					2
SOM	5	18	32	55	80	90	78	71	61	69	32	14	6	3			614

QUADRO 16 - Distribuição das árvores de *Pinus taeda* L. em classes de diâmetro e altura para o distrito 4 - Jaguariaíva.

DAP	C/C	ALTURA (M)											SOM				
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16		
6	1		7	2													10
8			1	10	10	9	10	6	3								49
10			1	4	12	7	11	11	5								51
12				2	5	12	13	13	3	3							51
14					7	12	10	11	6	3	1						50
16				1		6	10	14	15	2	2						50
18					2	3	12	10	11	8	2	2					50
20							2	8	9	16	2	4					41
22							2	7	11	9	3	6	1				39
24							1	7	5	17	6	4	1				41
26								1	6	8	15	3	4	1			38
28									2	5	9	7	3	2			28
30											2	4	2	2			10
32										2	1	3	2	2			10
SOM		1	9	19	36	49	71	88	76	73	43	33	13	7			518

FIGURA 17 - Distribuição das árvores de *Pinus elliottii* Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 1 - Pouso Alto.

DAP C/C	ALTURA (M)																SOM	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
6	1	3	18	2		1												25
8			10	13	6	8	10	6	1									54
10			1	17	11	10	9	12	8	3		1						72
12			1	2	19	5	14	15	10	7	2							75
14				2	16	7	12	9	17	9	7							79
16					5	18	9	9	8	12	10	3		2				76
18					1	10	9	8	13	11	11	3	2		1			69
20					1	4	7	9	5	9	8	12	3	1	1			60
22						1	5	3	13	11	11	10	4	1		1		60
24							1	1	3	5	7	9	9	3	1			39
26										1	5	8	9	2				25
28									2		2	11	9	3	4	3		34
30										2	4	9	8	1	2	1		27
32										3	3	5	4	2	3			20
34												7	1	3	1			12
36										2		1	1	3	2	1		10
SOM	1	3	30	36	59	64	76	72	80	75	70	72	56	19	17	7		737

QUADRO 18 - Distribuição das árvores de *Pinus elliottii* Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 2 - Capivari.

DAP	C/C	ALTURA (M)														SOM		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18	
6	3		11	5	9	3												31
8			8	7	13	18	6	9	3									64
10			3	13	3	15	10	9	8	1								62
12			2	8	3	9	19	7	6	6								60
14					4	7	15	10	8	7	4							55
16						3	14	11	8	11	4	2						53
18						4	10	13	5	5	10	2				1		50
20					1	3	8	8	8	9	8	5						42
22								9	3	7	6	6						31
24								1	6	8	7	4	2					28
26								5	1	2	6	3	2					19
28									2	4	2							8
SOM		3	24	33	32	60	77	82	58	60	47	22	4	0	0	1		503

QUADRO 19 - Distribuição das árvores de *Pinus elliottii* Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 3 - Ouro Verde.

DAP C/C	ALTURA (M)												SOM	
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
8	1	4	9	5		1								20
10		1	6	8	5									20
12			5	7	6	2								20
14			1	5	8	3	3							20
16				4	6	7	4							21
18				1	6	8	3	1						19
20				1	4	5	8	1						19
22					4	4	9	2	1			1		21
24				2	2	3	8	5						20
26					3	3	8	3	1	2				20
28					2	6	6	3	3					20
30				1	2	3	3	5	6					20
32					1			2	3		1			7
SOM	1	5	21	34	49	45	52	22	14	2	1	1		247

QUADRO 20 - Distribuição das árvores de *Pinus elliottii* Engelm em classes de diâmetro e altura para o distrito 4 - Jaguariaíva.

DAP (C/M)	ALTURA (M)											60M				
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16			
8	2	10	4	1												20
10		6	8	5	4	4	2	1								30
12		2	9	4	4	5	2	4								30
14			3	9	4	3	3	4	3							29
16			1	6	7	4	3	5	2	2						30
18					2	7	1	1	7	2						26
20					1	5	4	4	3	3	1					21
22								2	4	2	2					10
24								1	2	5	2					10
26									4	5	1					10
28									2	2	3		2	1		10
TOT	2	21	25	25	22	28	15	24	27	25	12	3	1			230

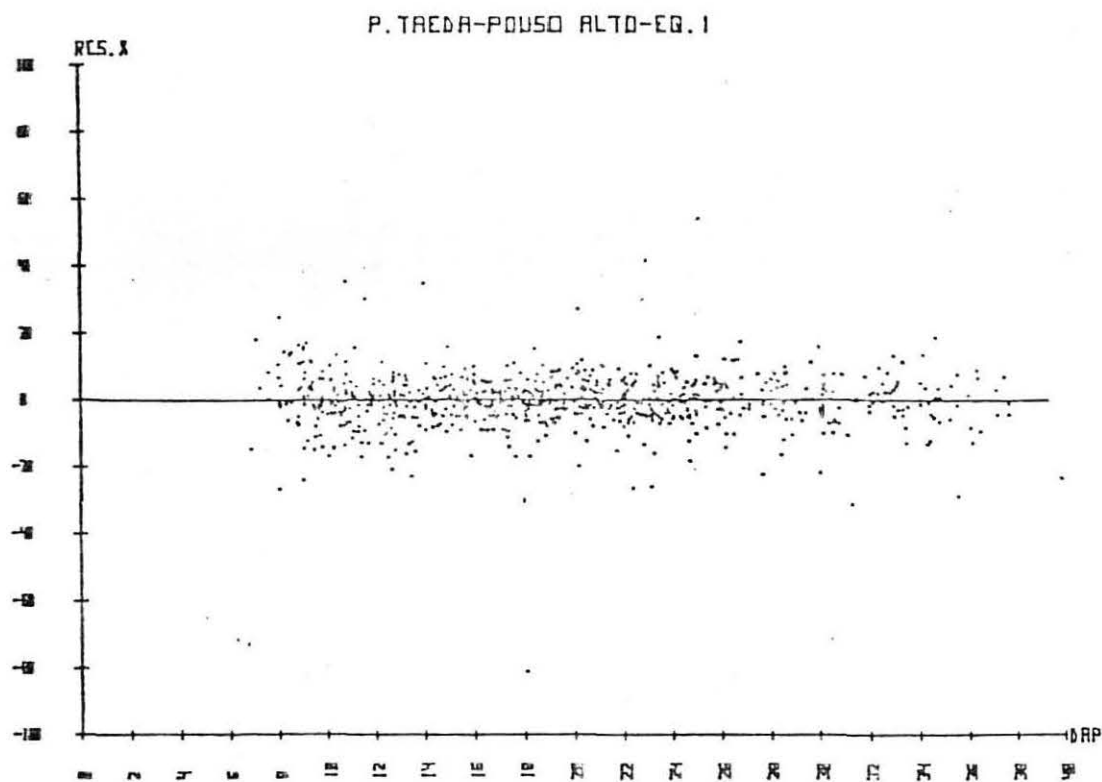


FIGURA 4 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

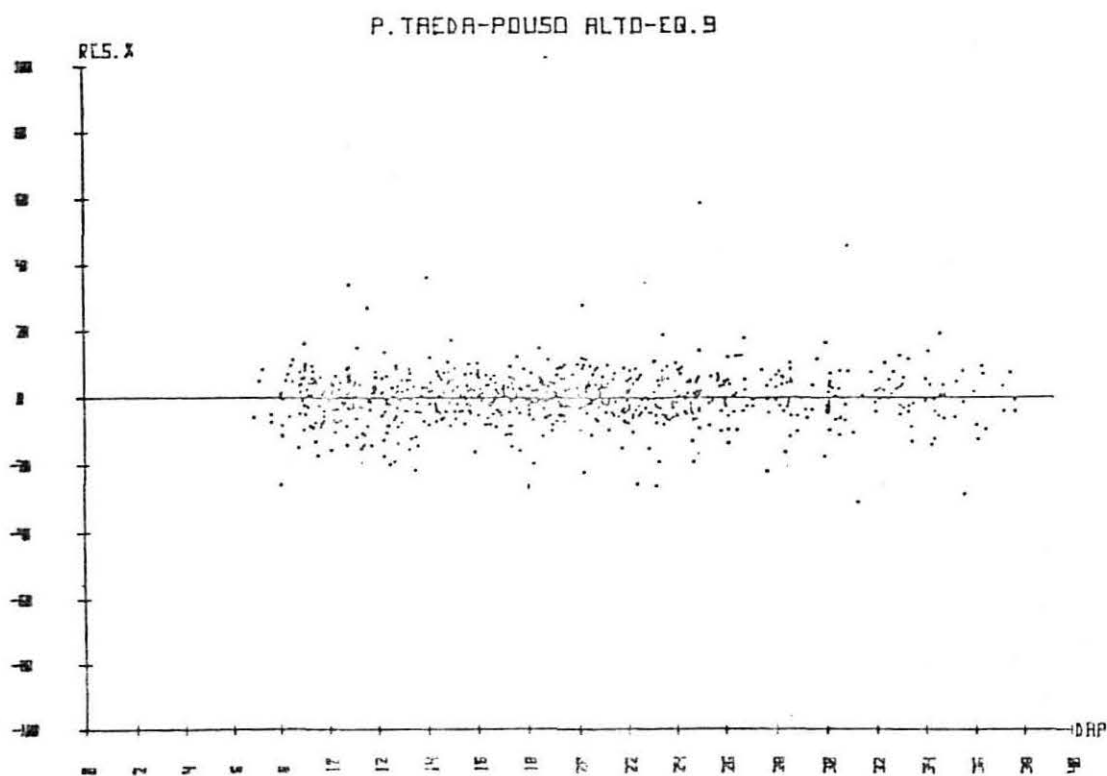


FIGURA 5 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

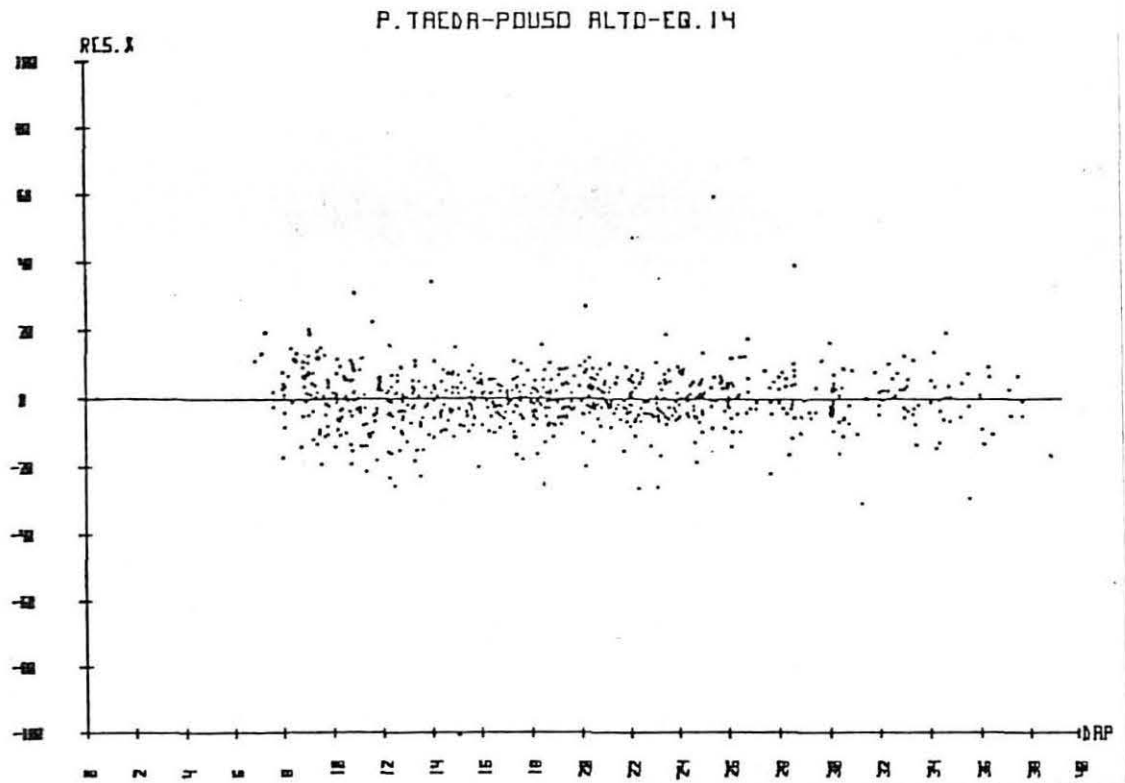


FIGURA 6 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

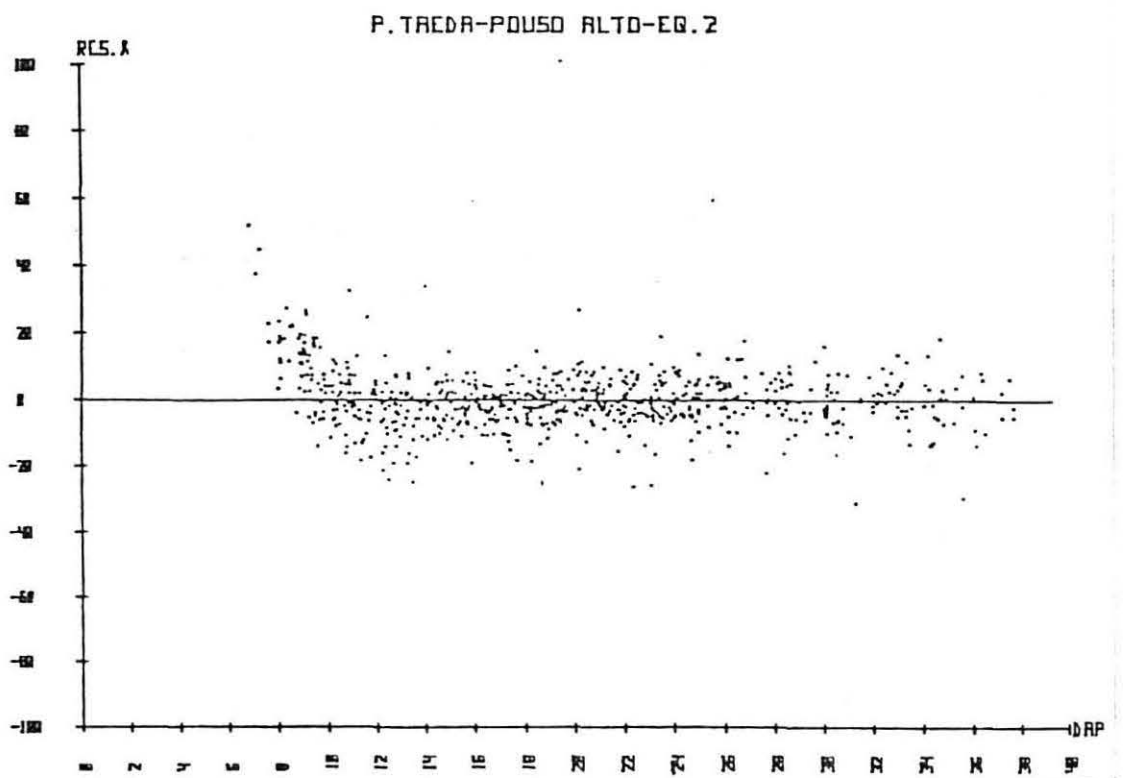


FIGURA 7 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

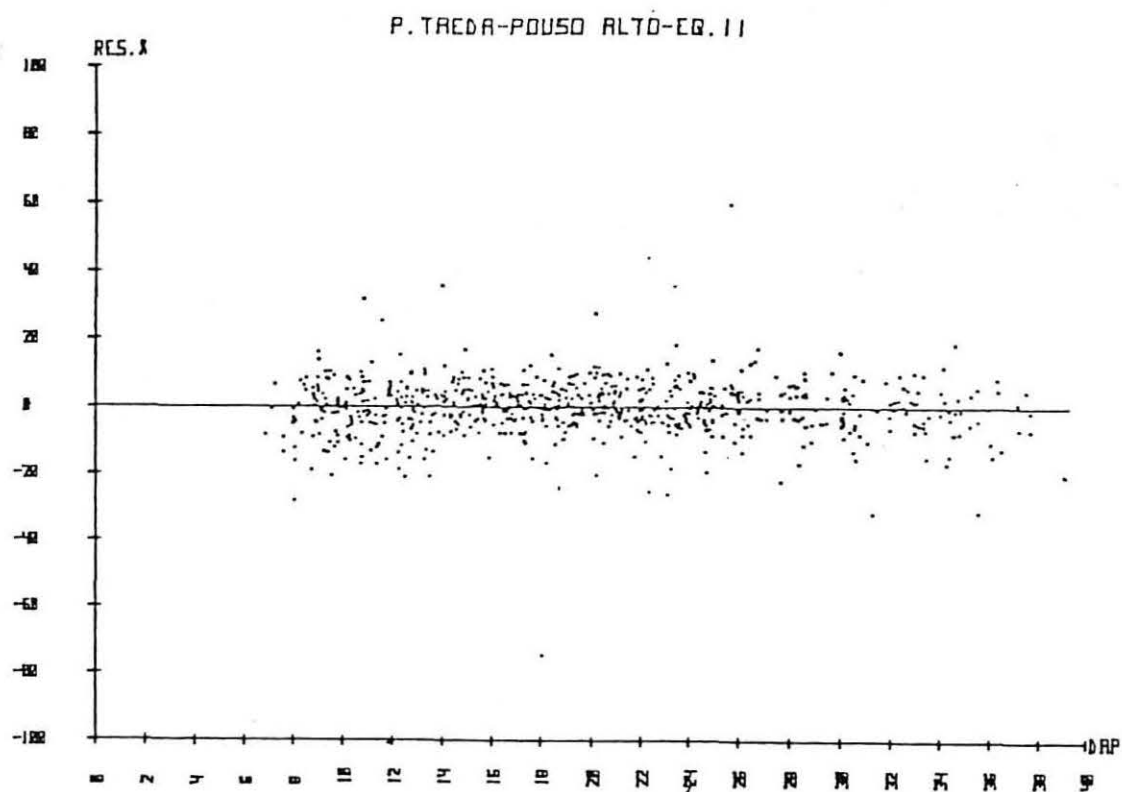


FIGURA 8 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

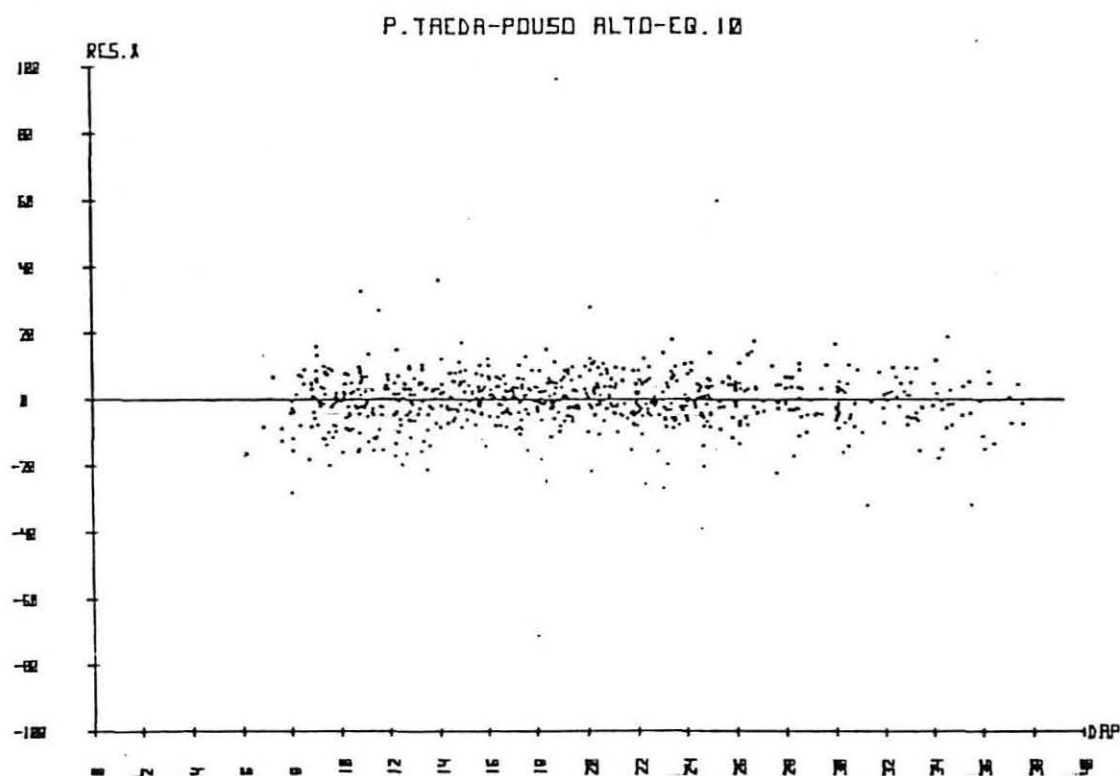


FIGURA 9 - Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

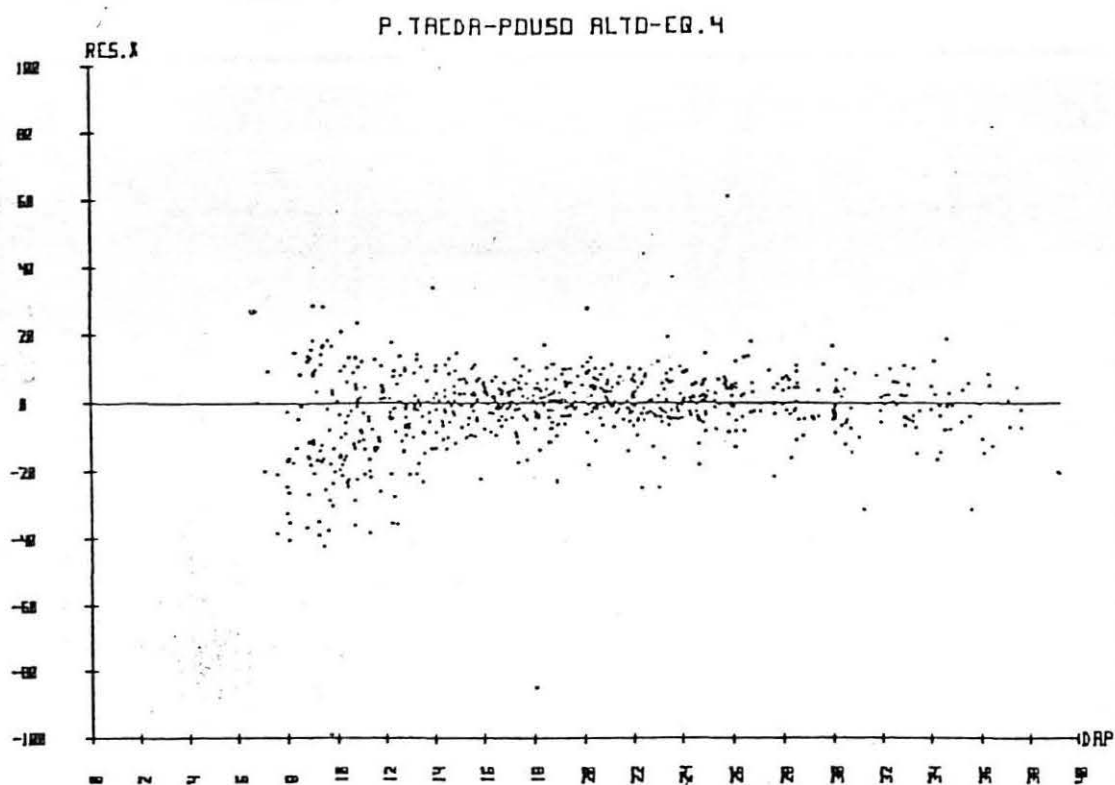


FIGURA 10 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

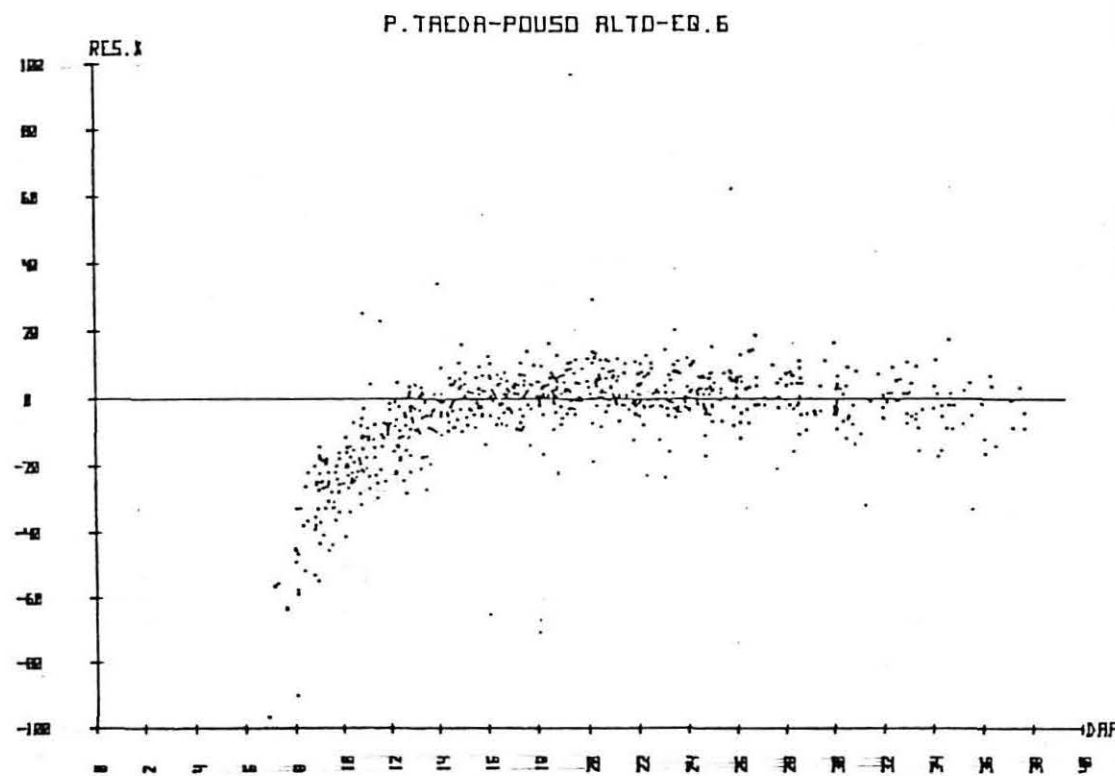


FIGURA 11 - Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Pouso Alto - *Pinus taeda*.

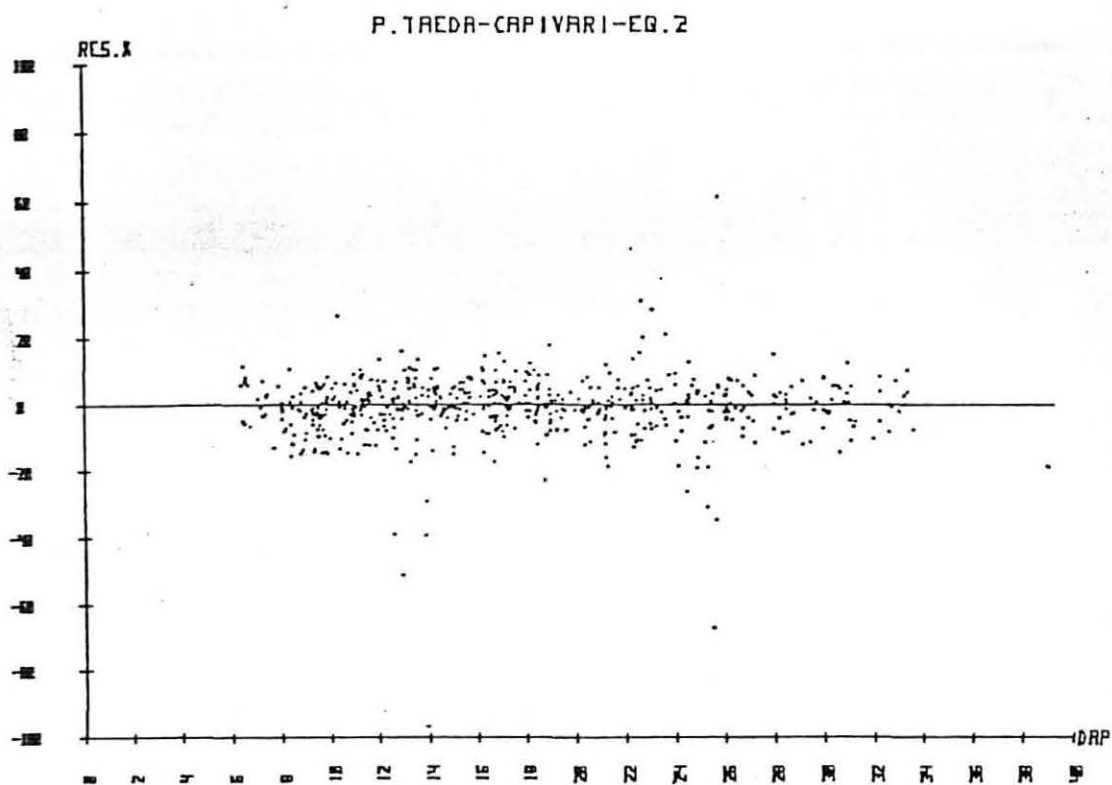


FIGURA 12 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

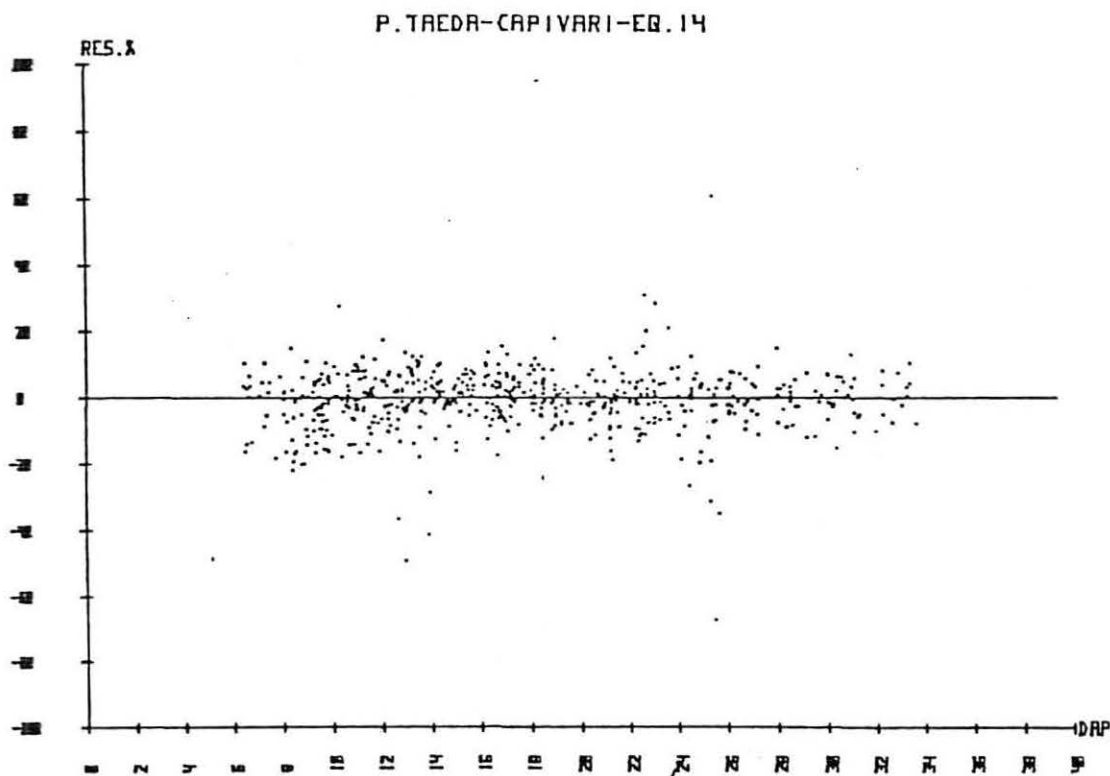


FIGURA 13 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

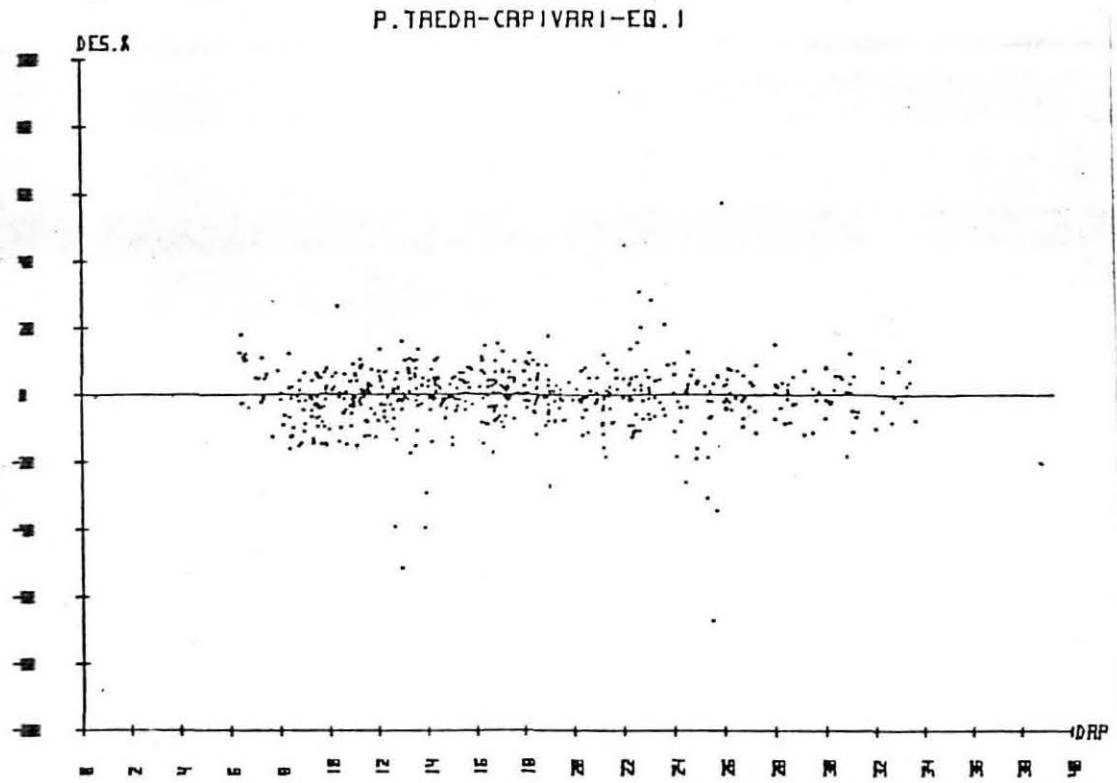


FIGURA 14 - Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

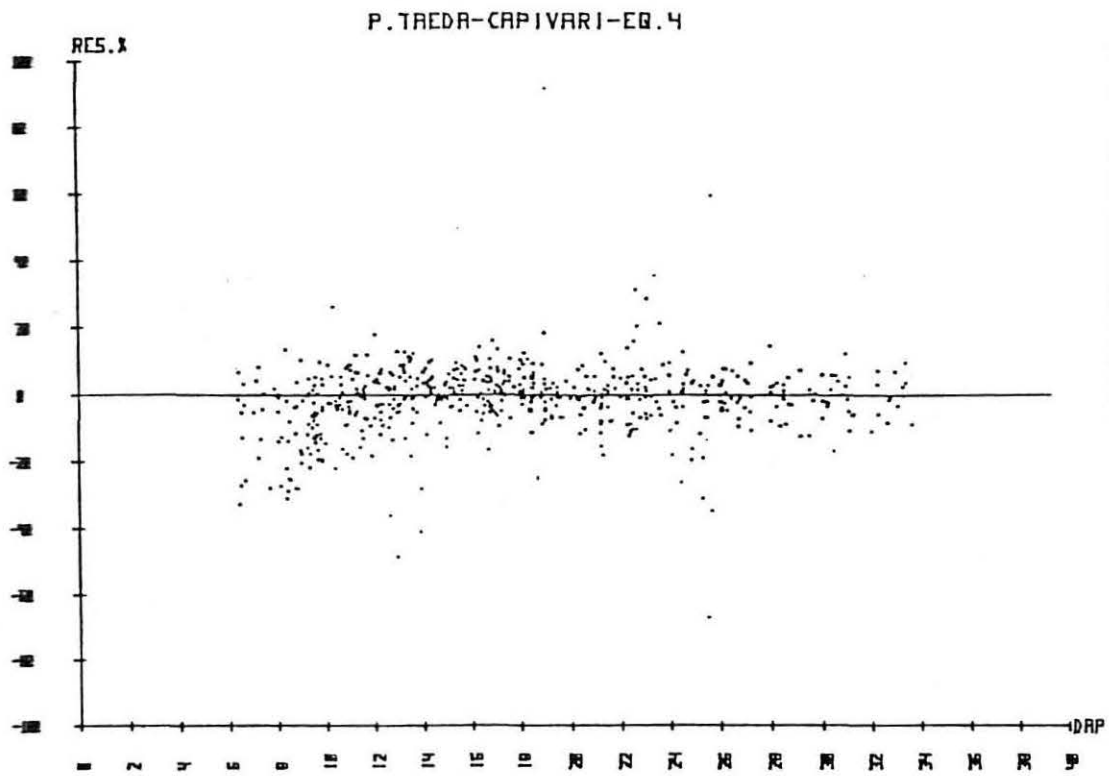


FIGURA 15 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

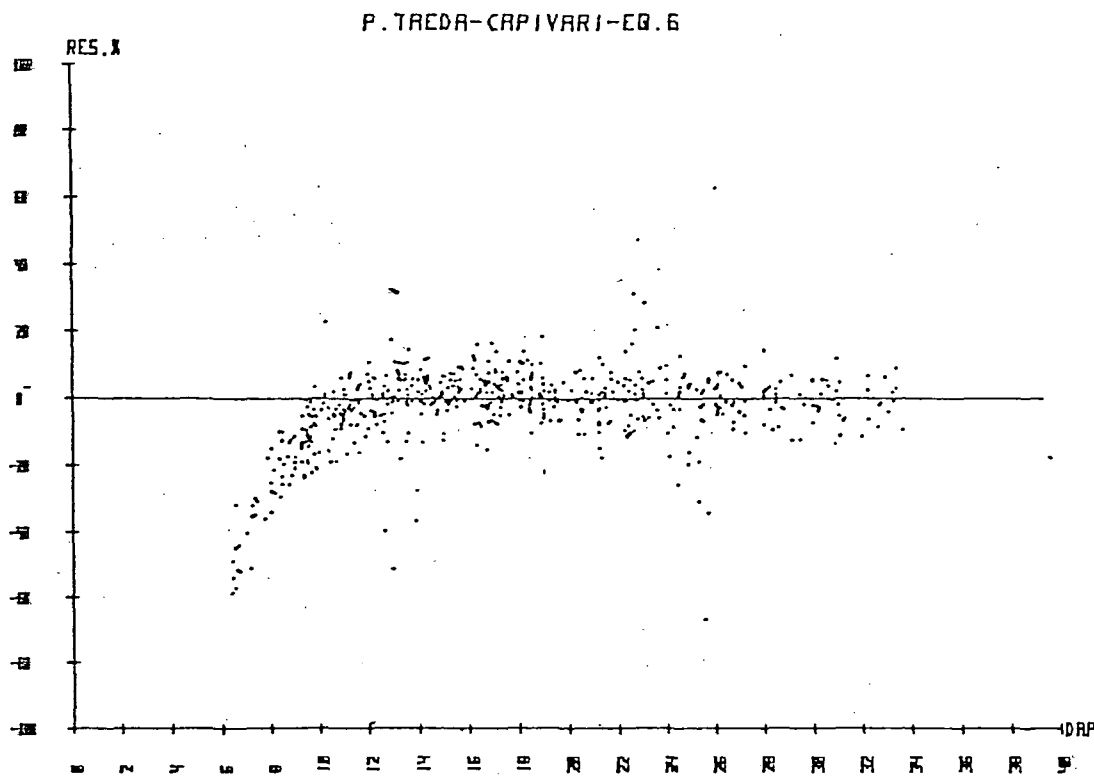


FIGURA 16 - Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

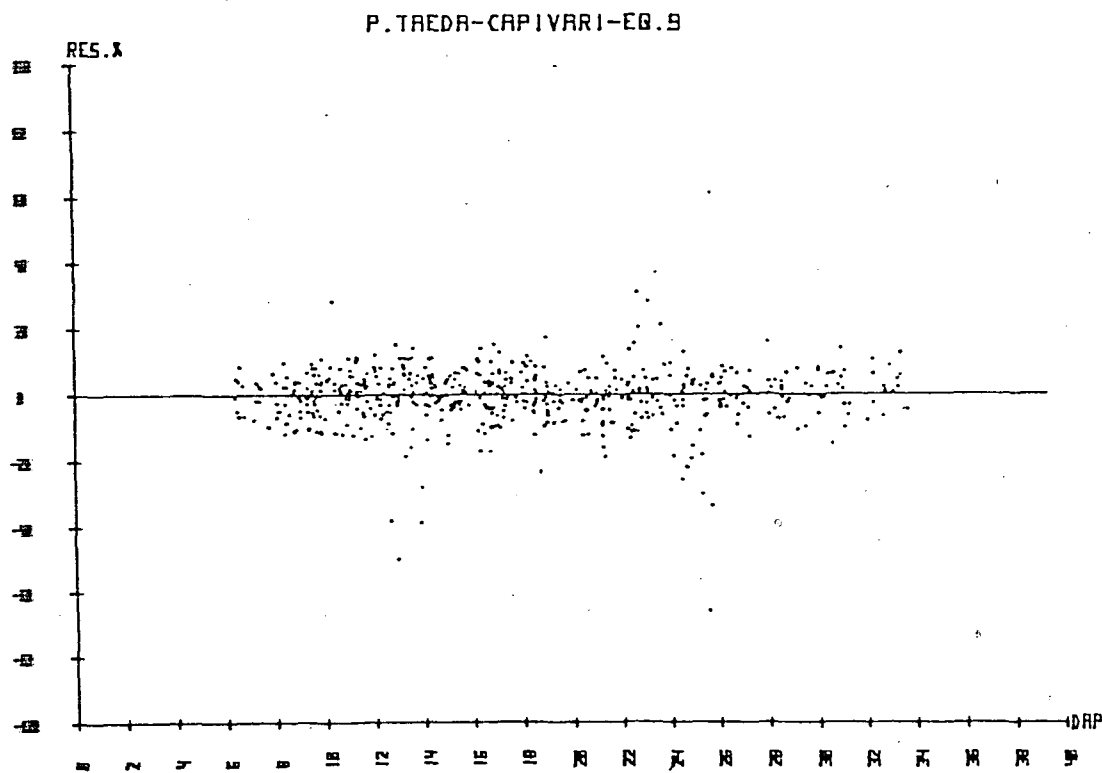


FIGURA 17 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

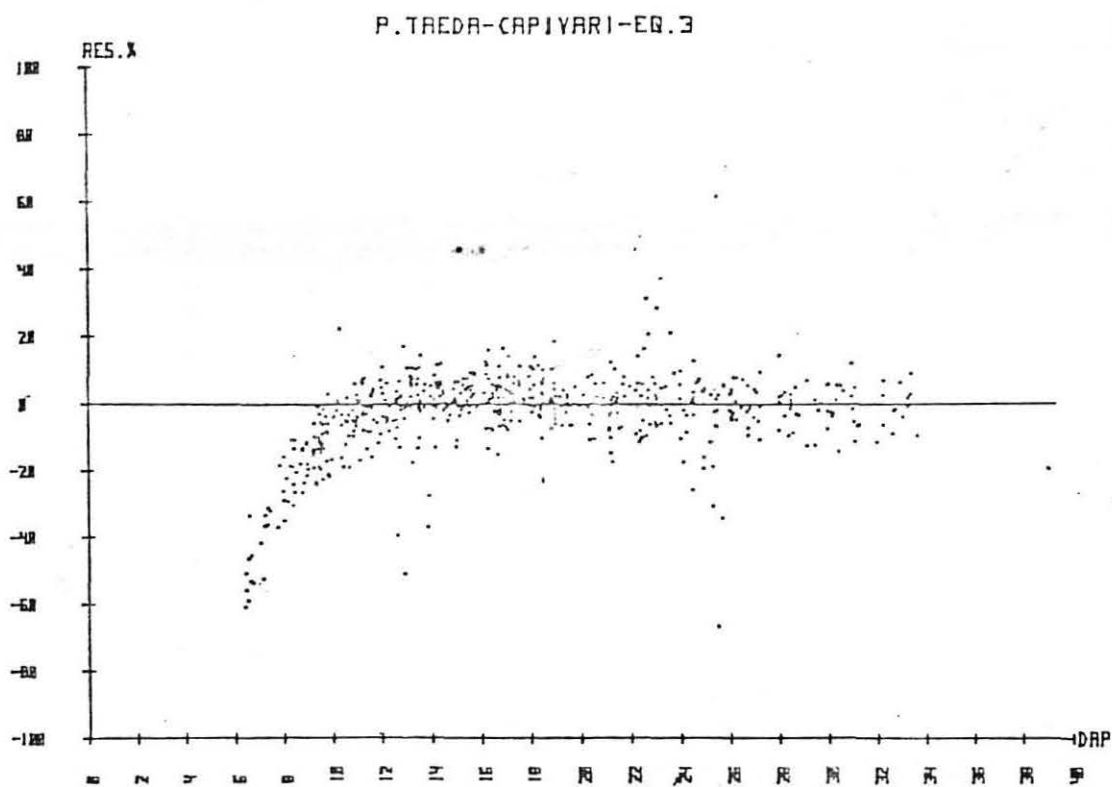


FIGURA 18 - Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

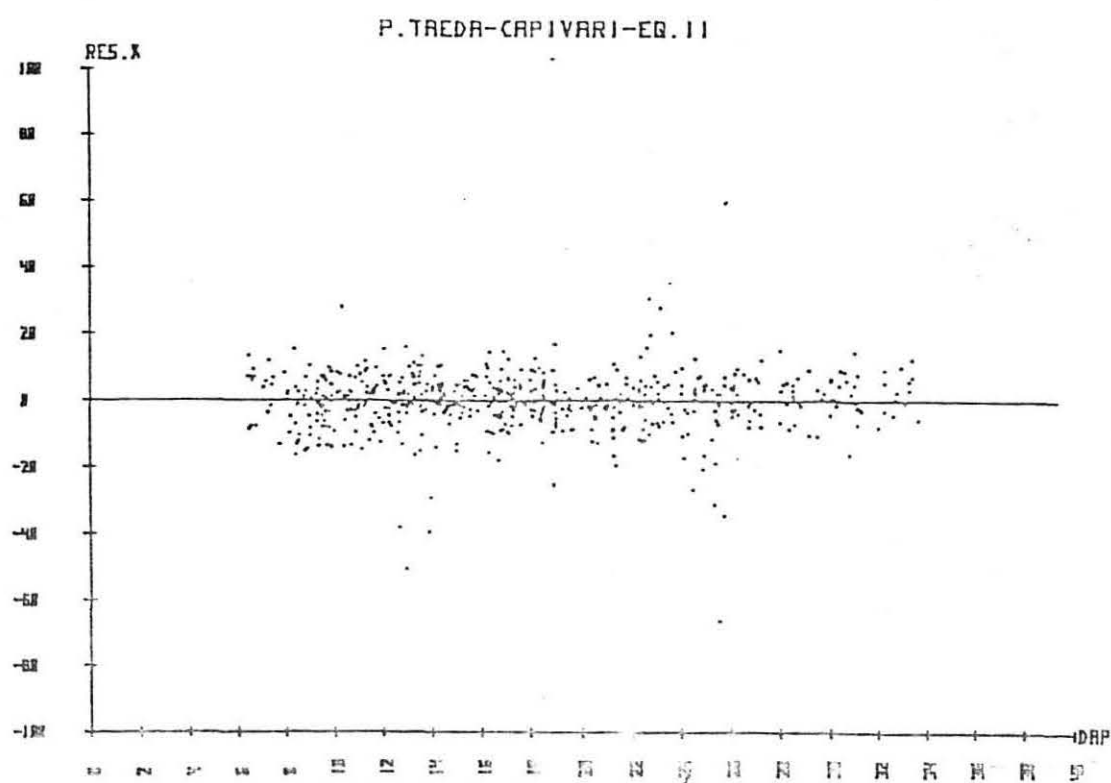


FIGURA 19 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Capivari - *Pinus taeda*.

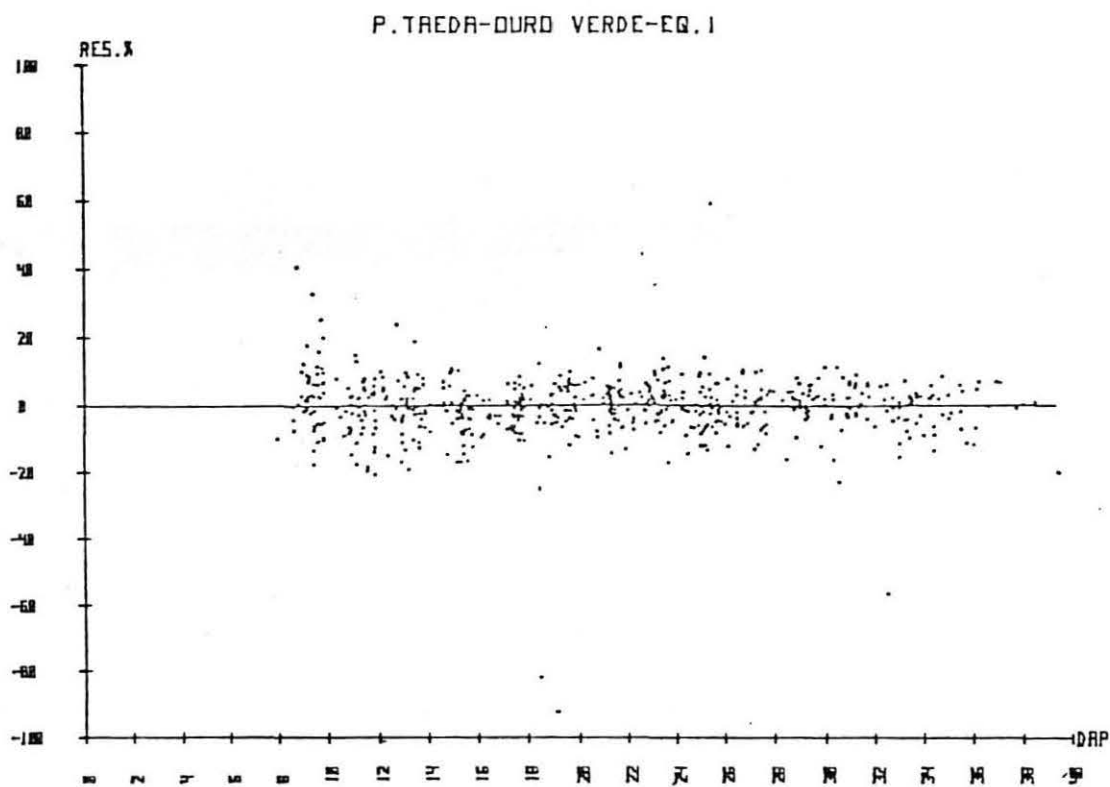


FIGURA 20 - Distribuição dos resíduos para a equação 1 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

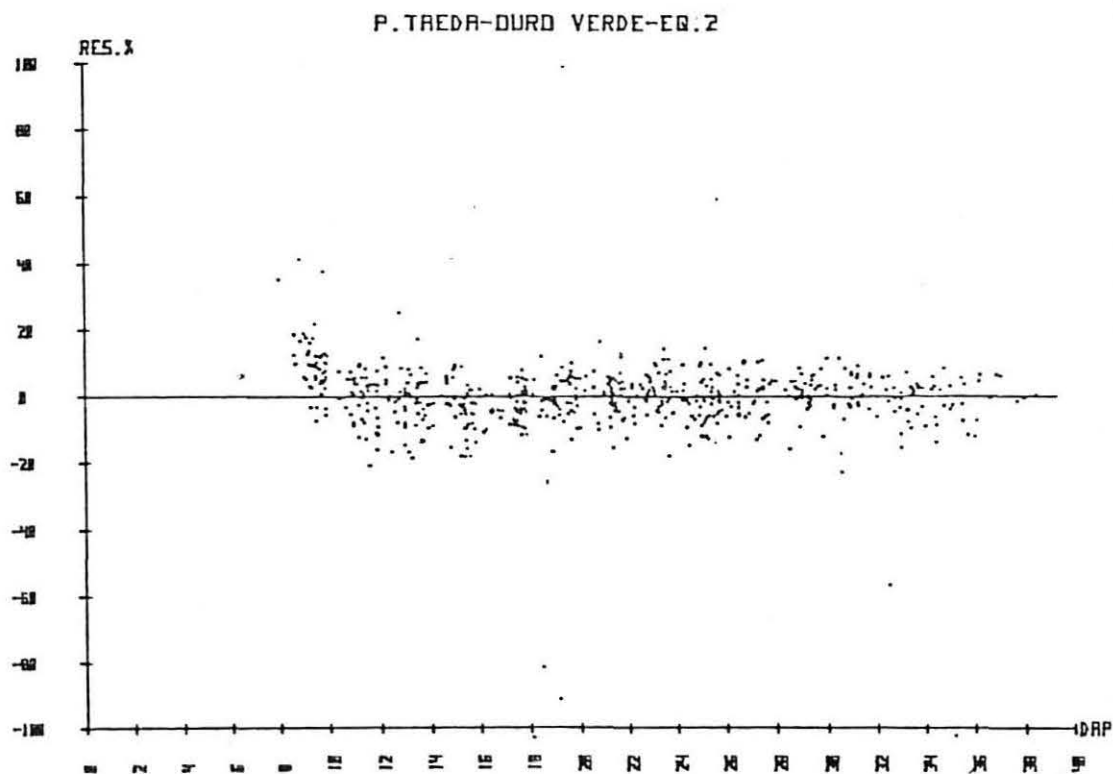


FIGURA 21 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

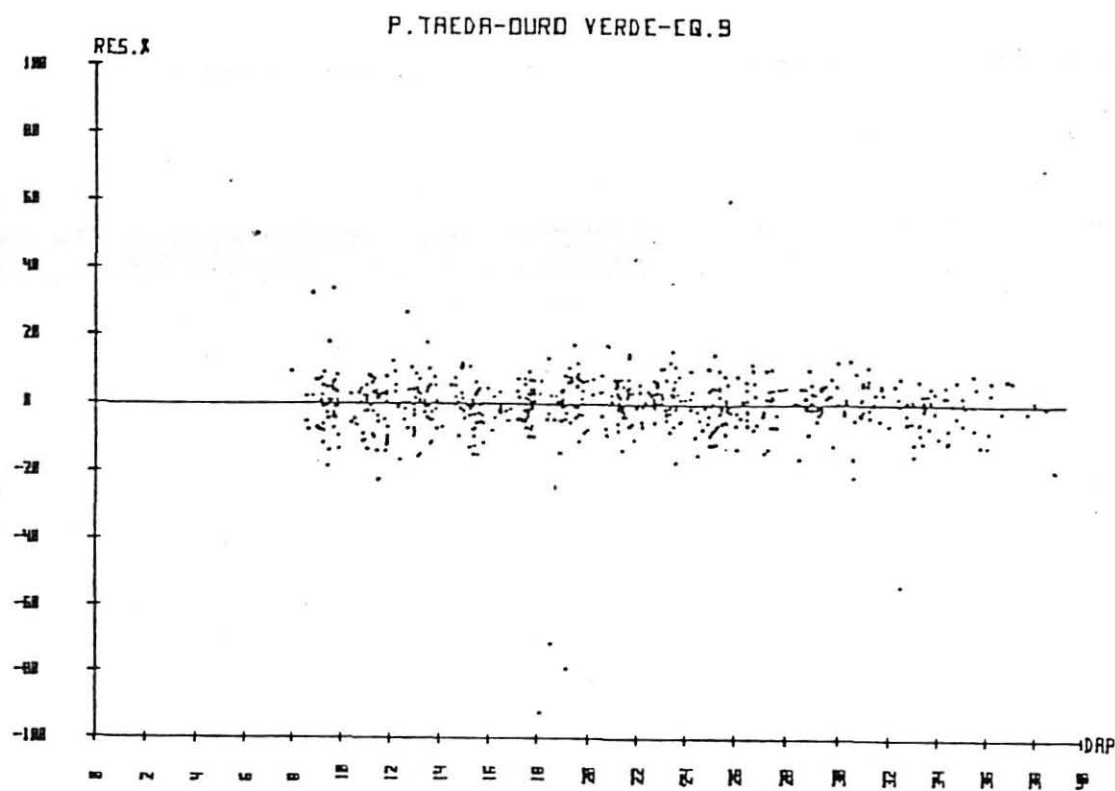


FIGURA 22 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

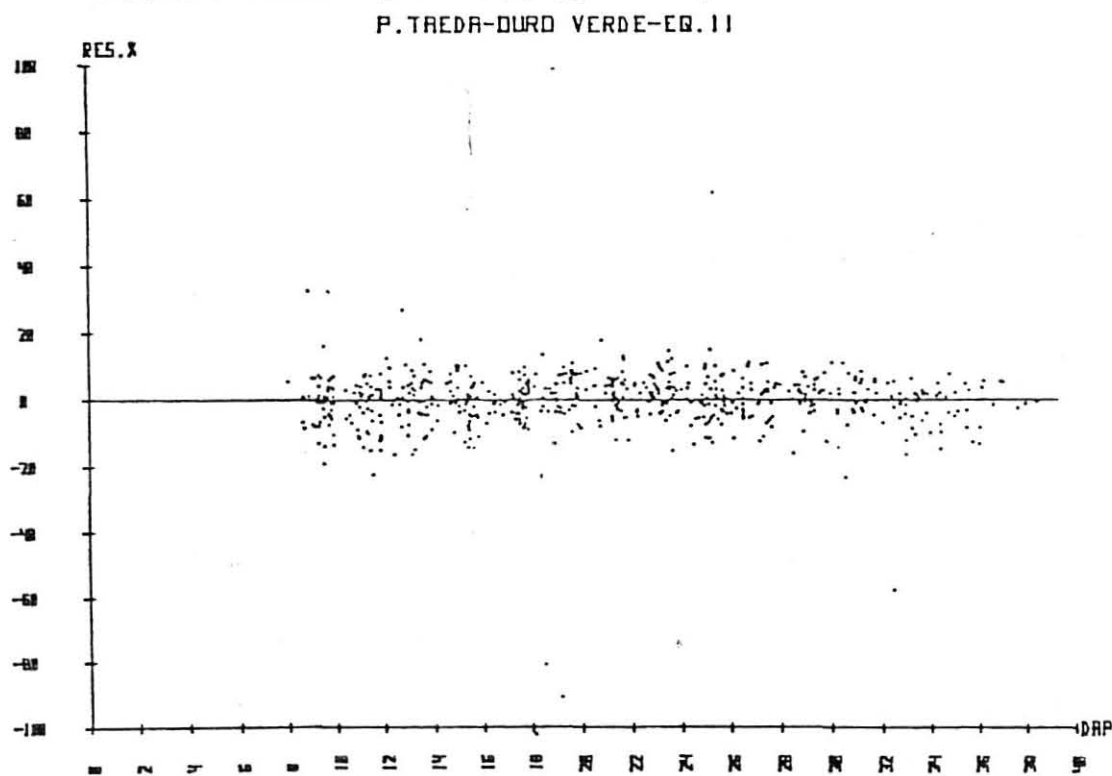


FIGURA 23 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

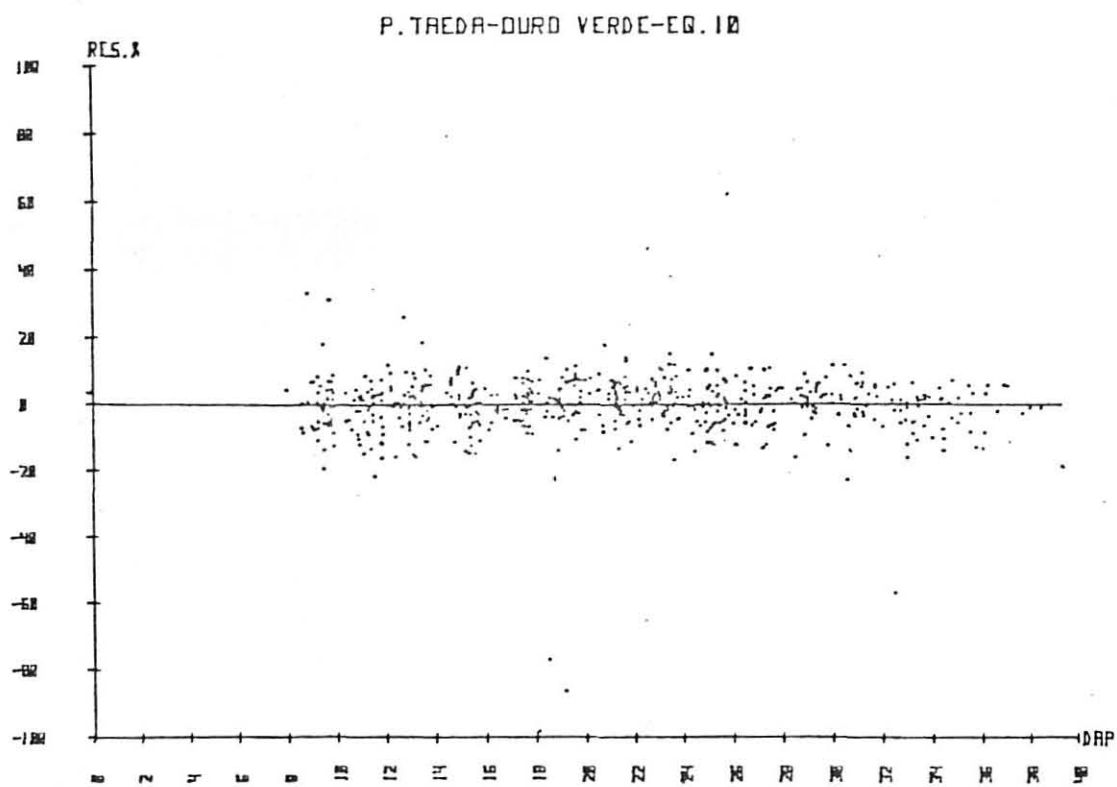


FIGURA 24 - Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

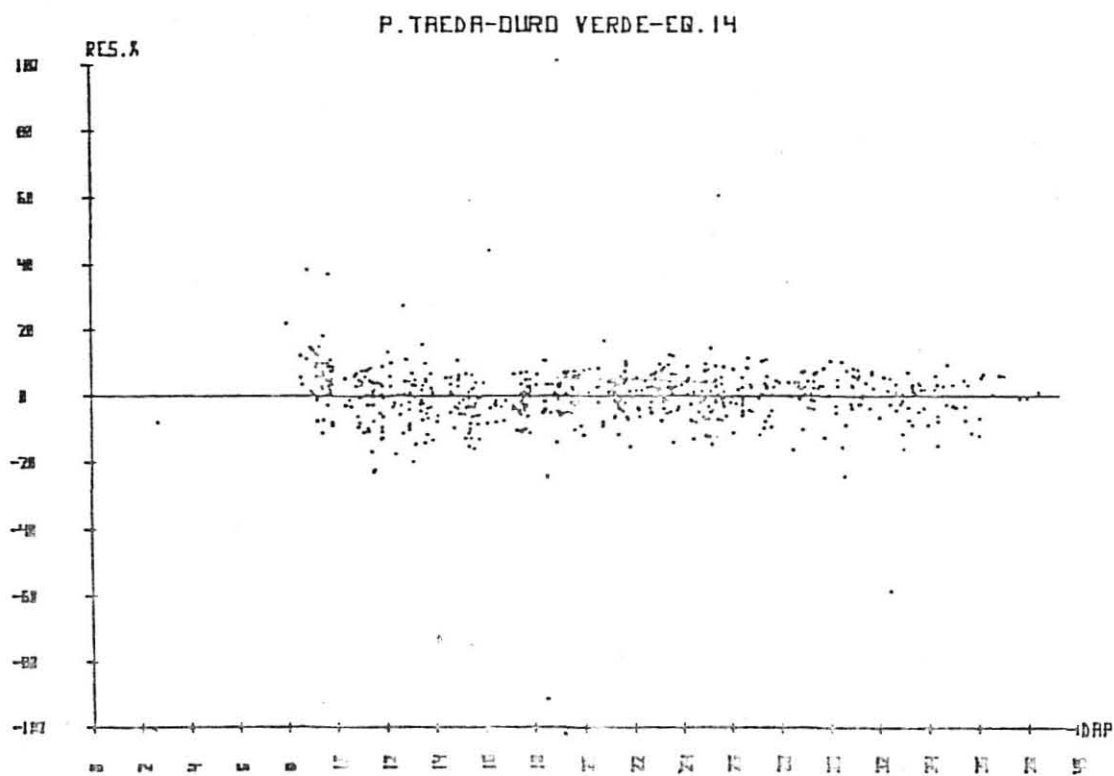


FIGURA 25 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

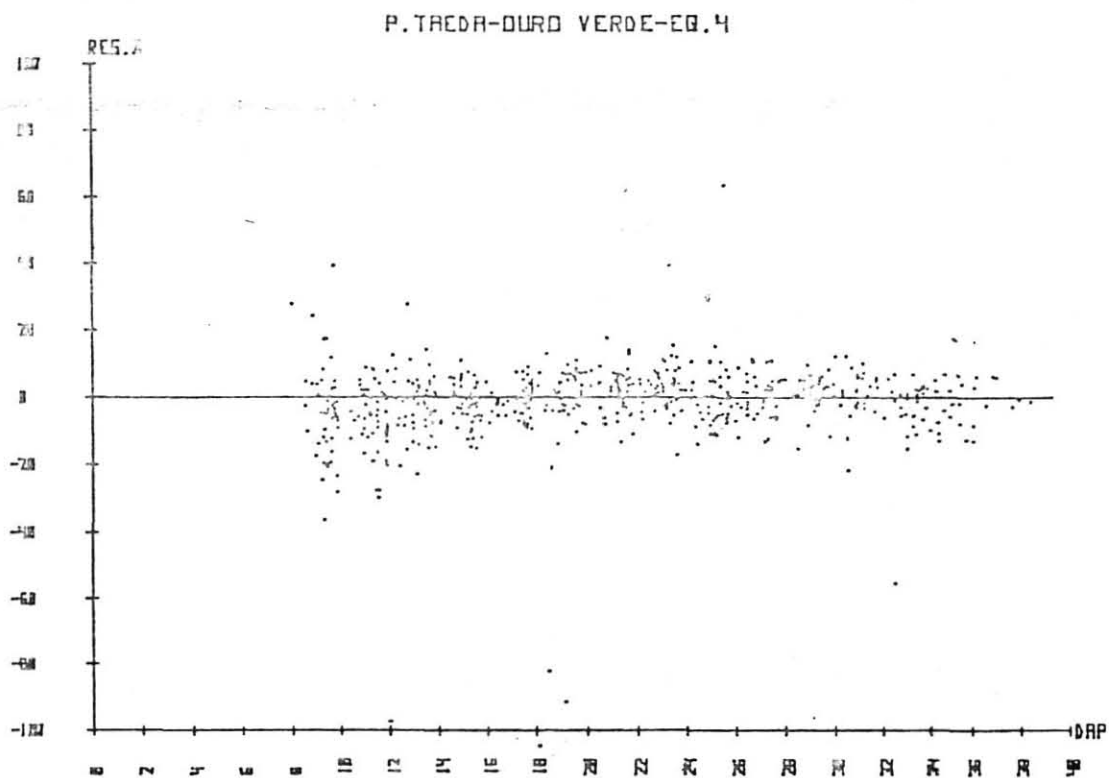


FIGURA 26 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

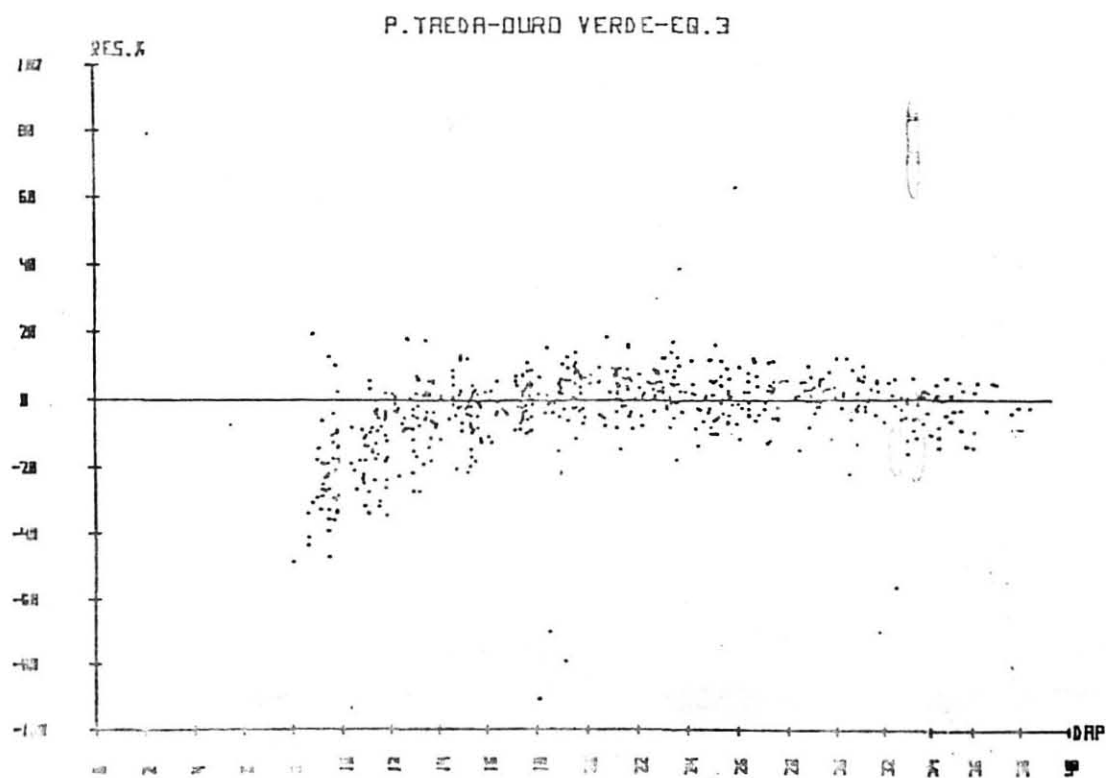


FIGURA 27 - Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Ouro Verde - *Pinus taeda*.

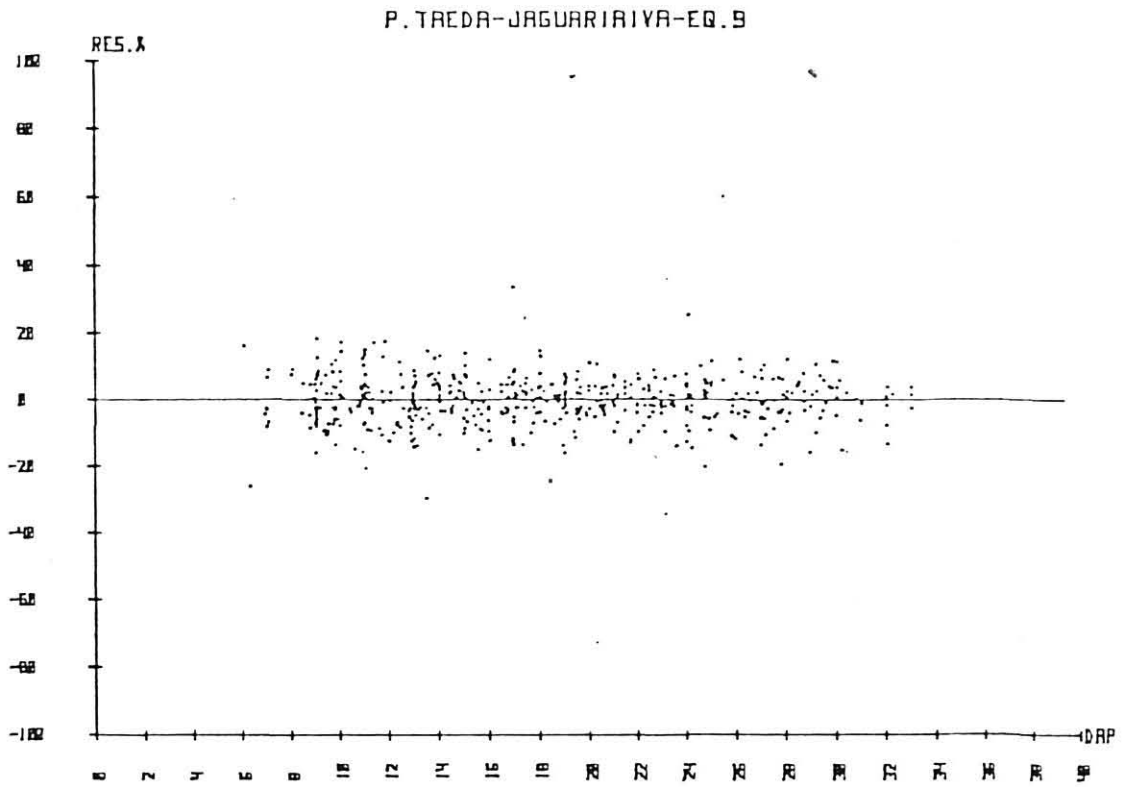


FIGURA 28 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

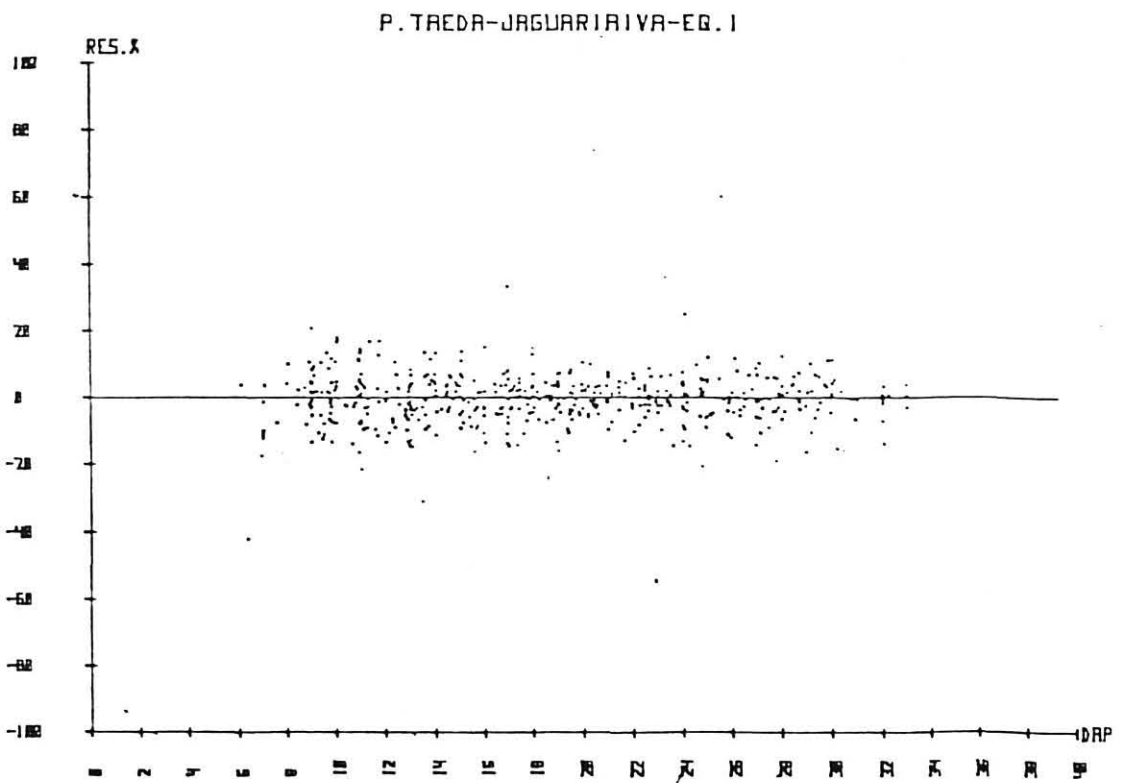


FIGURA 29 - Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

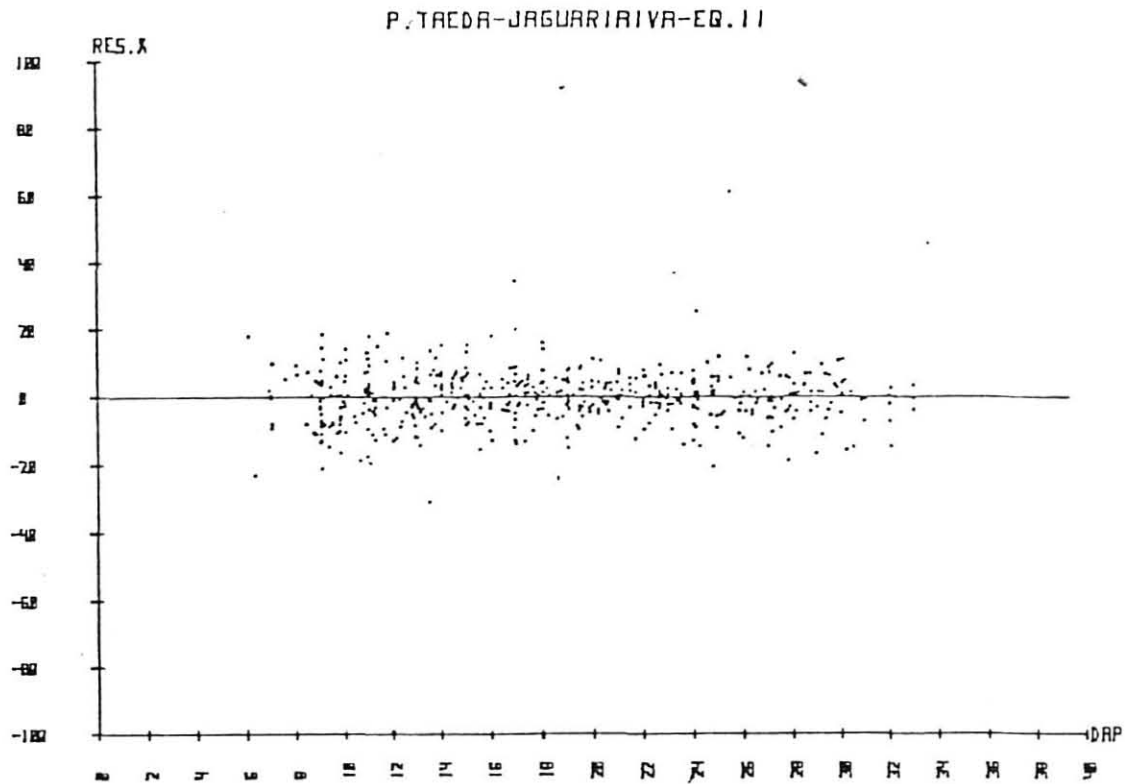


FIGURA 30 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

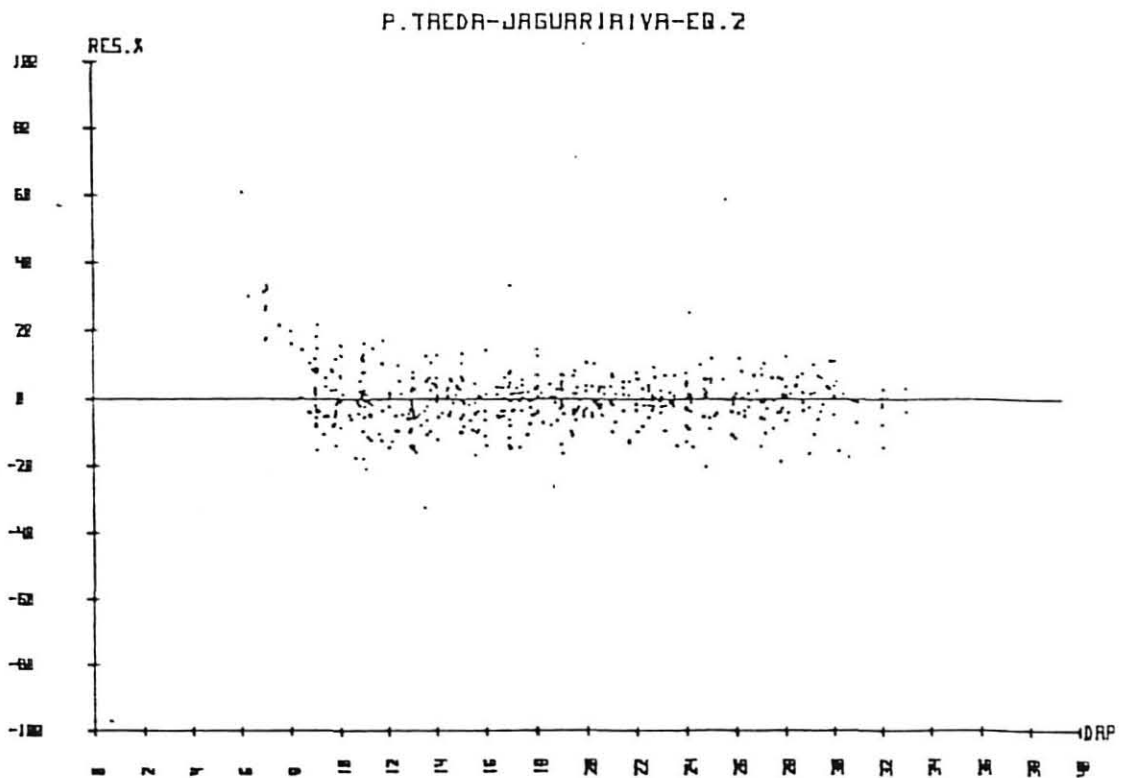


FIGURA 31 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

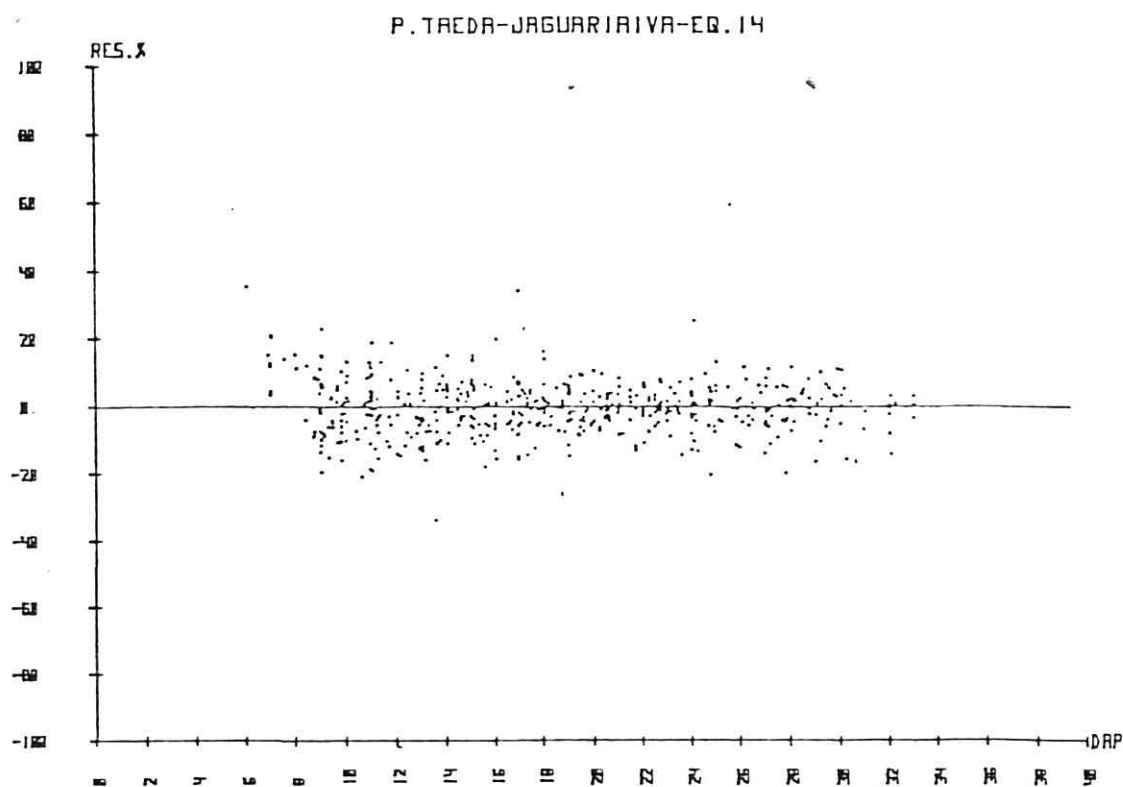


FIGURA 32 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

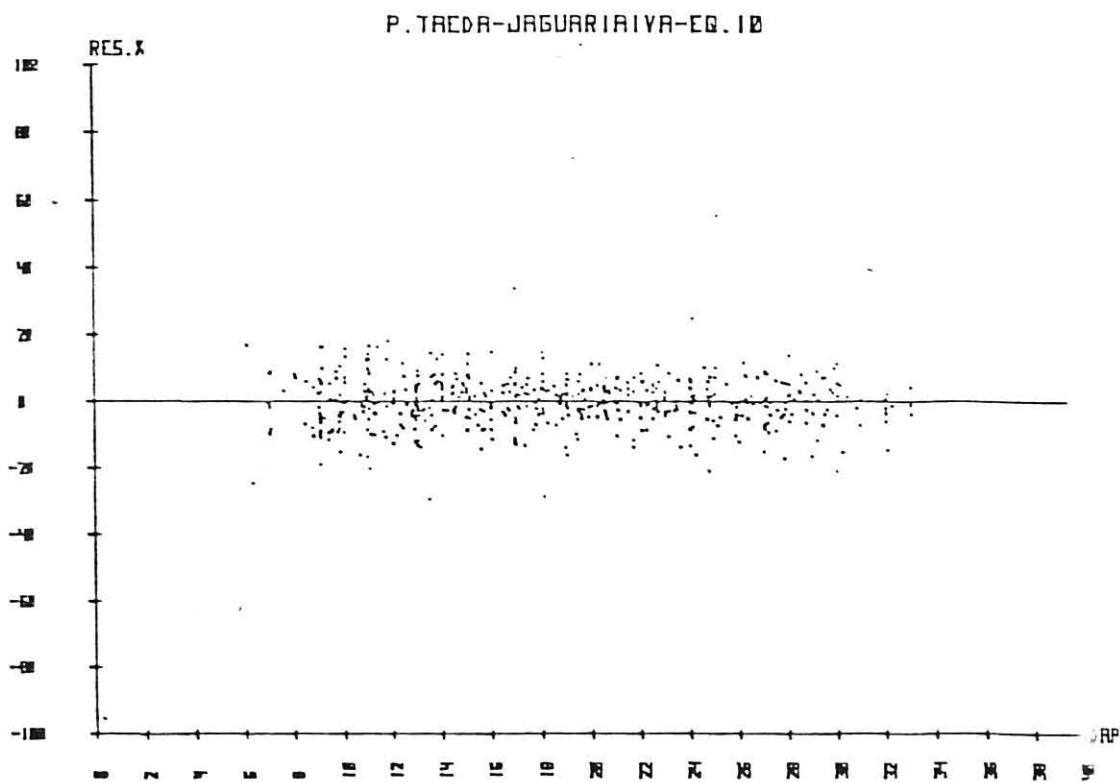


FIGURA 33 - Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

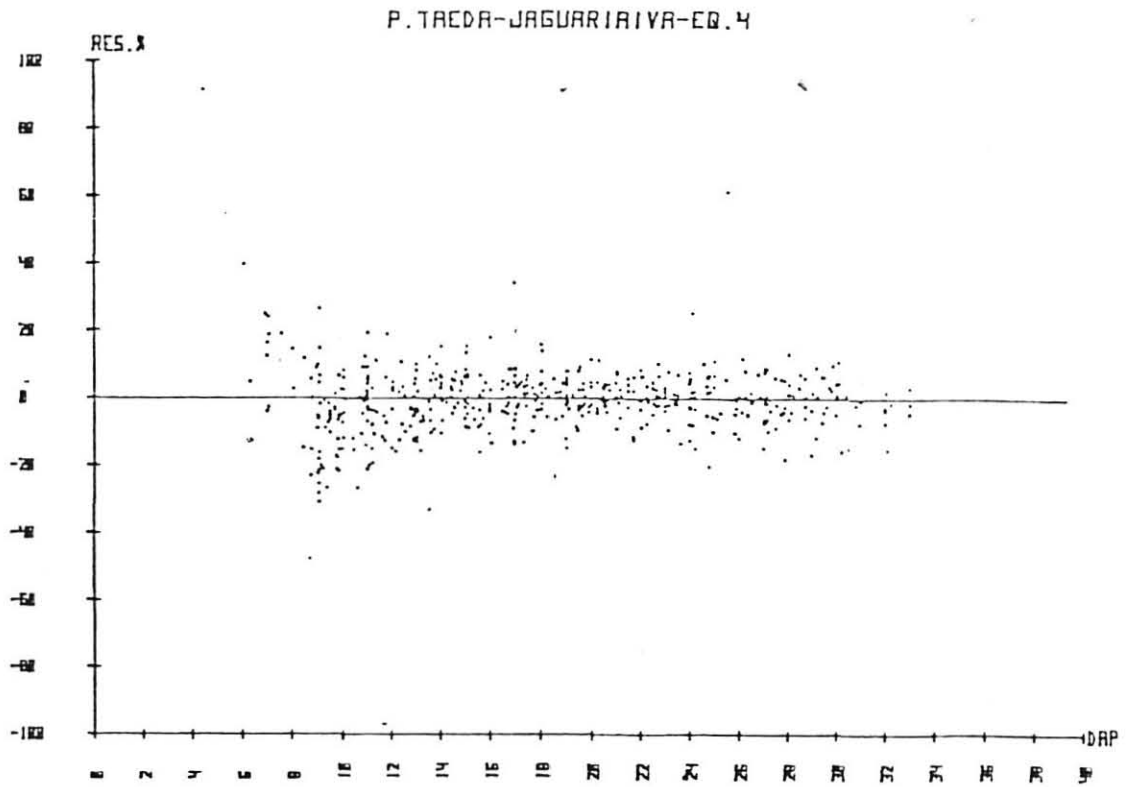


FIGURA 34 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

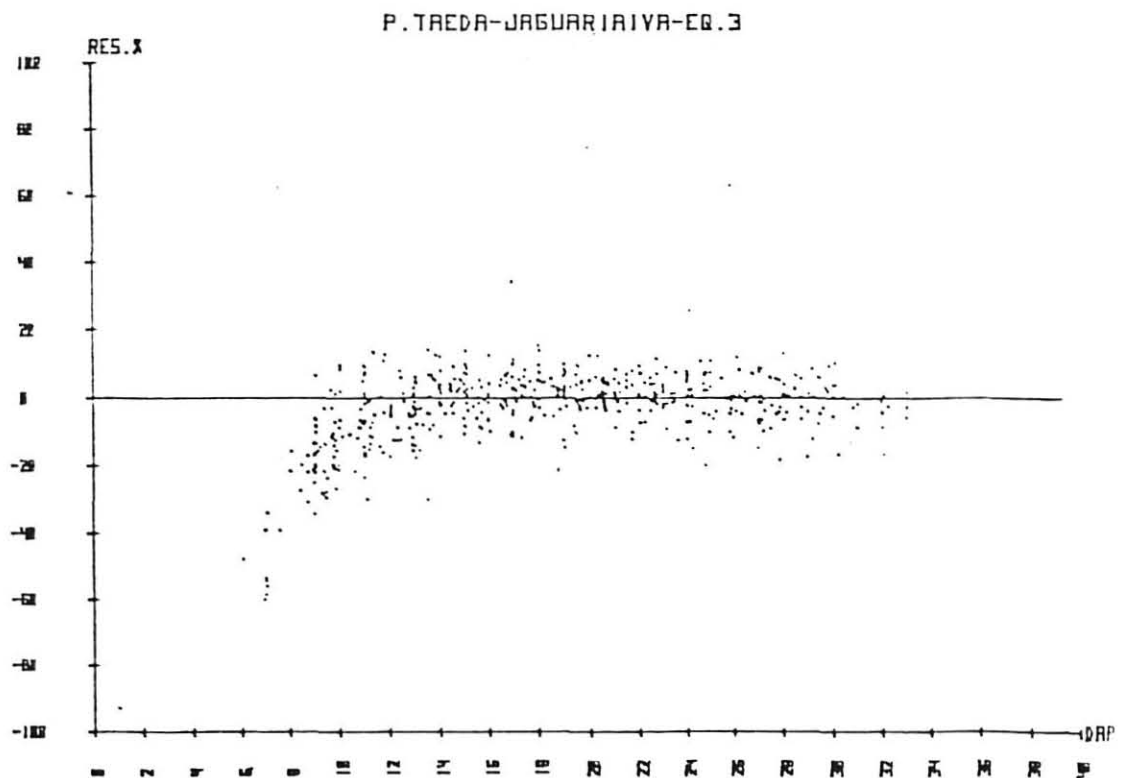


FIGURA 35 - Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus taeda*.

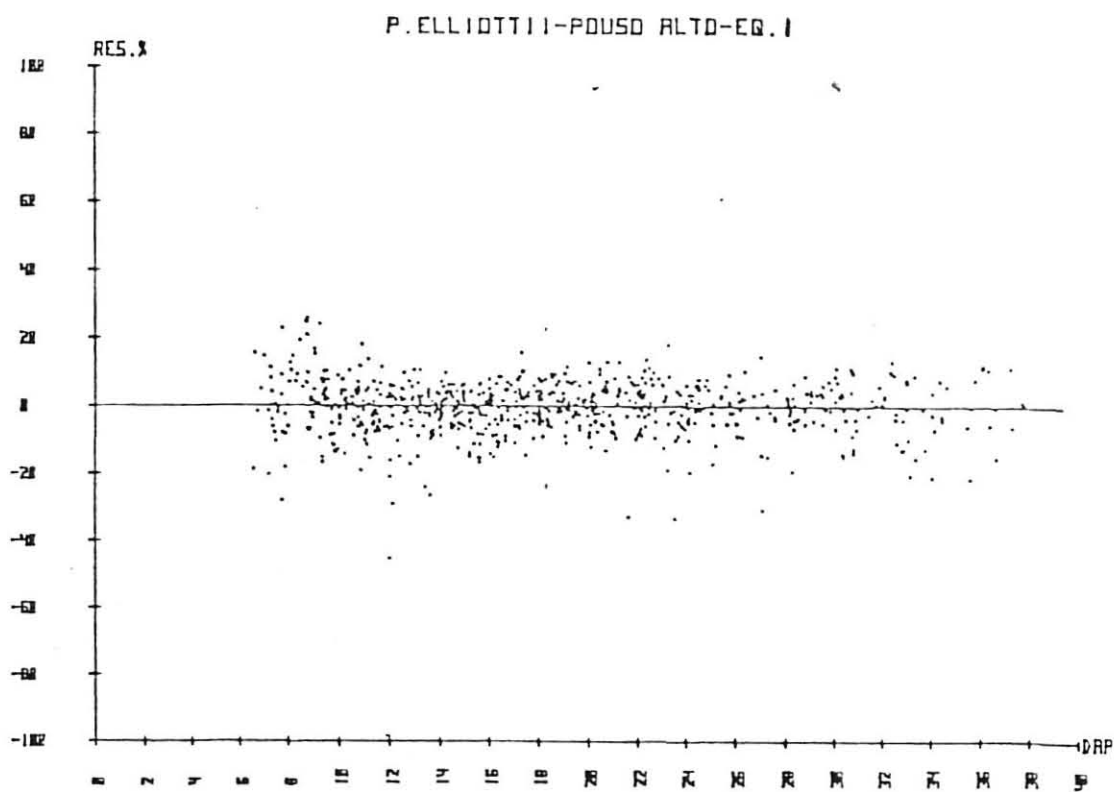


FIGURA 36 - Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

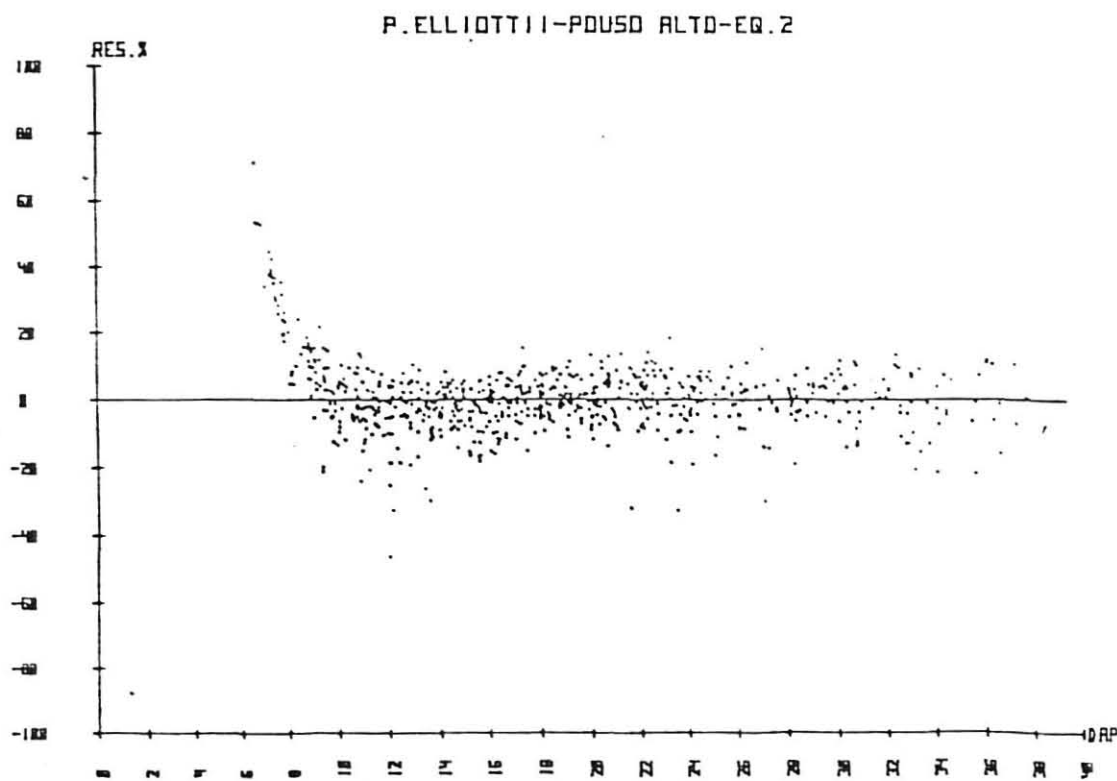


FIGURA 37 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

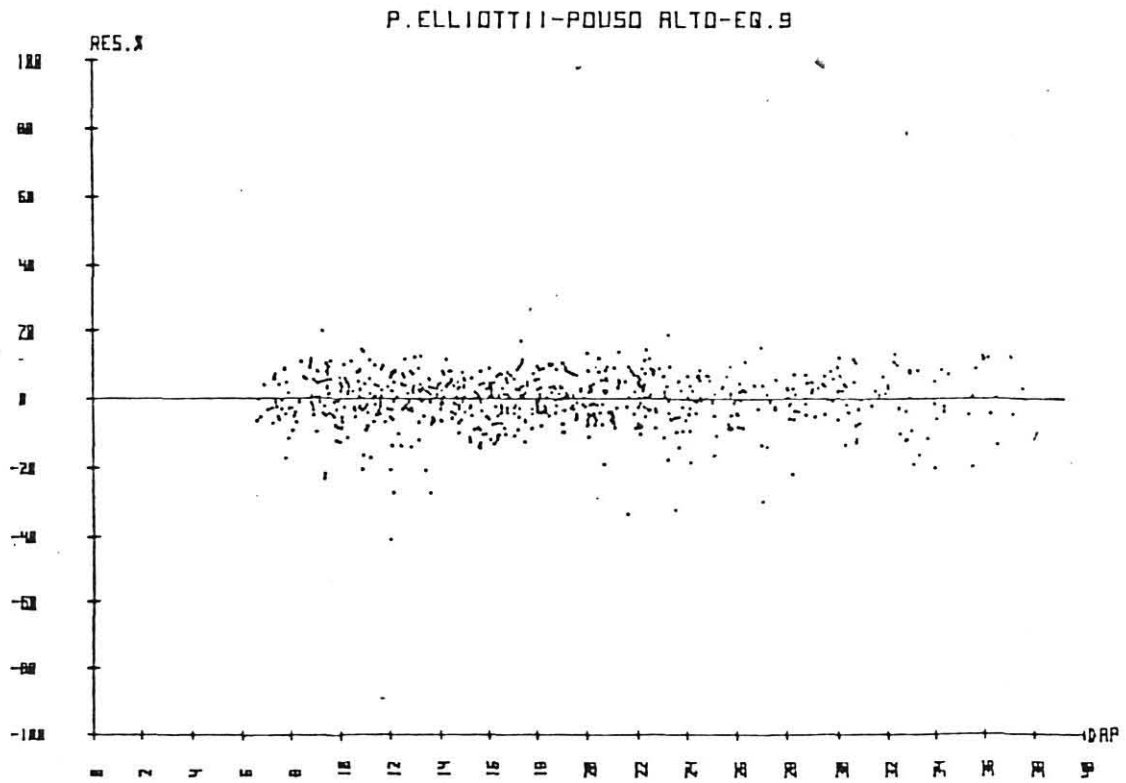


FIGURA 38 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 -
Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

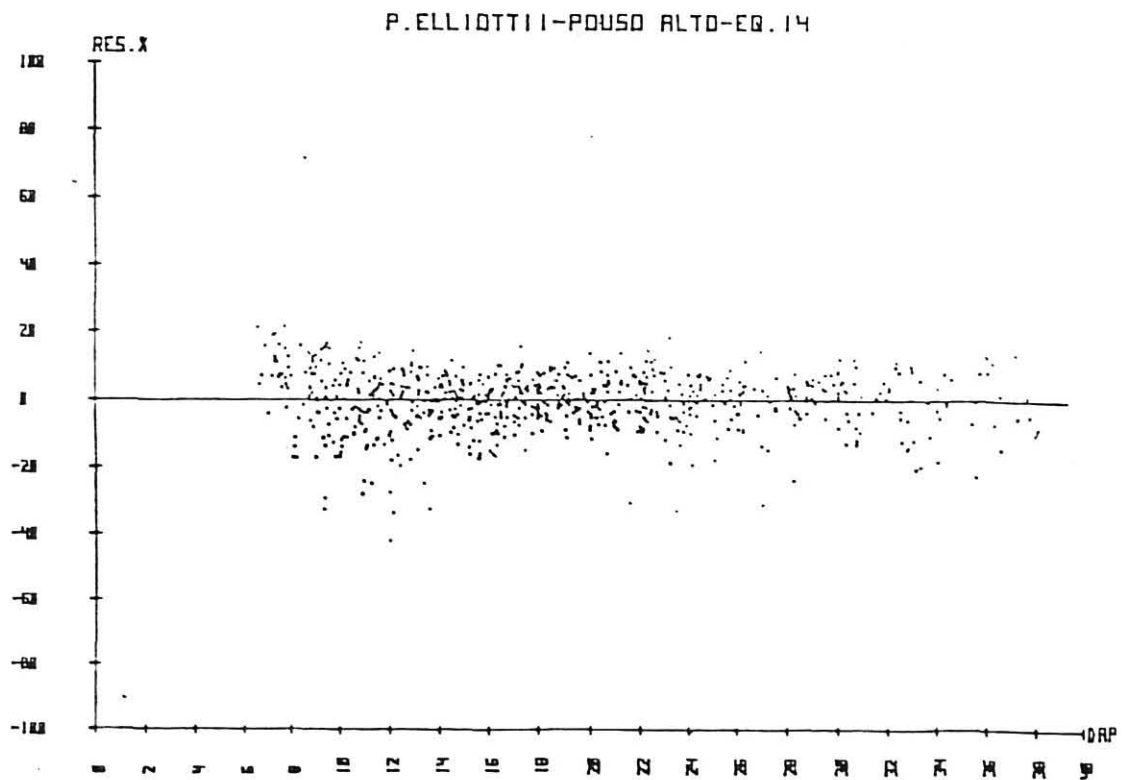


FIGURA 39 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 -
Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

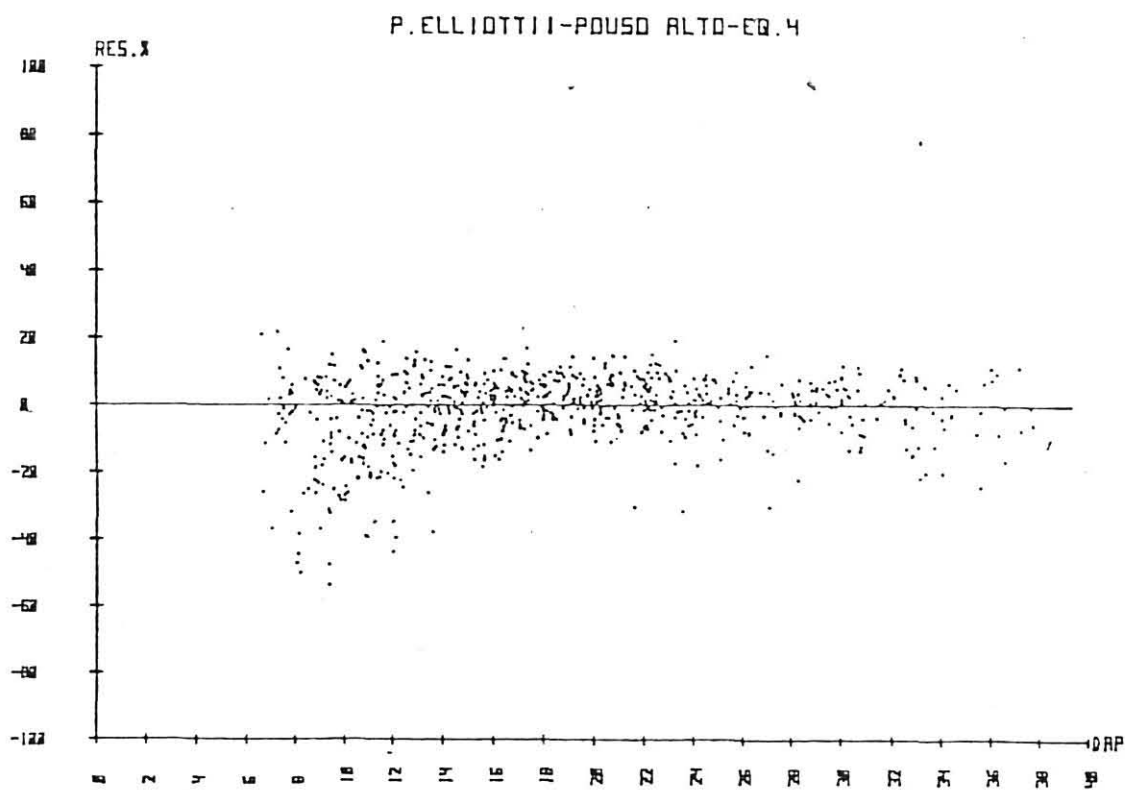


FIGURA 40 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 -
Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

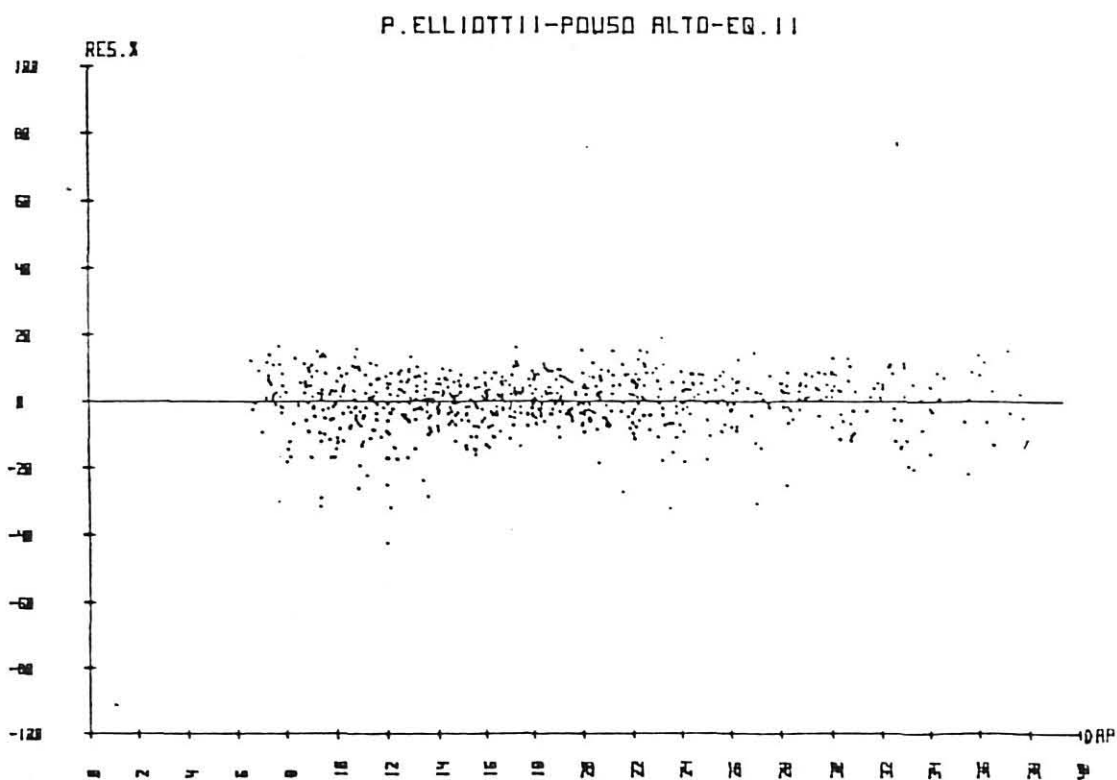


FIGURA 41 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 -
Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

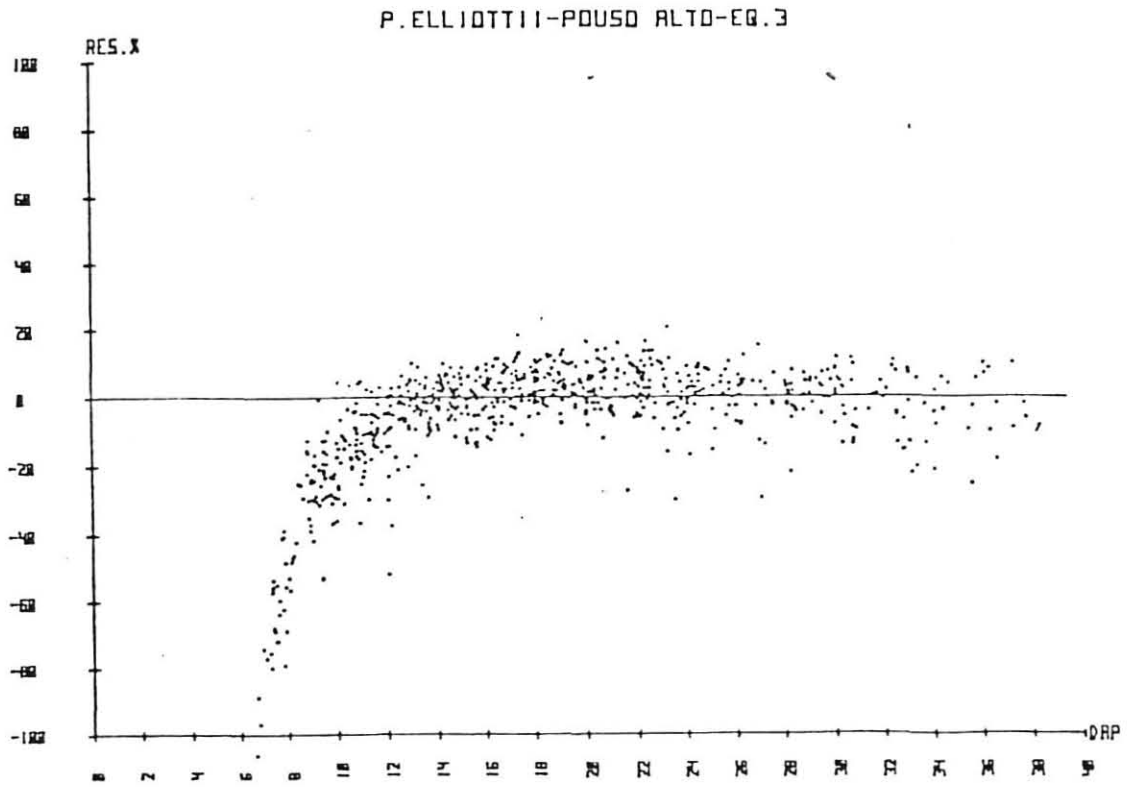


FIGURA 42 - Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

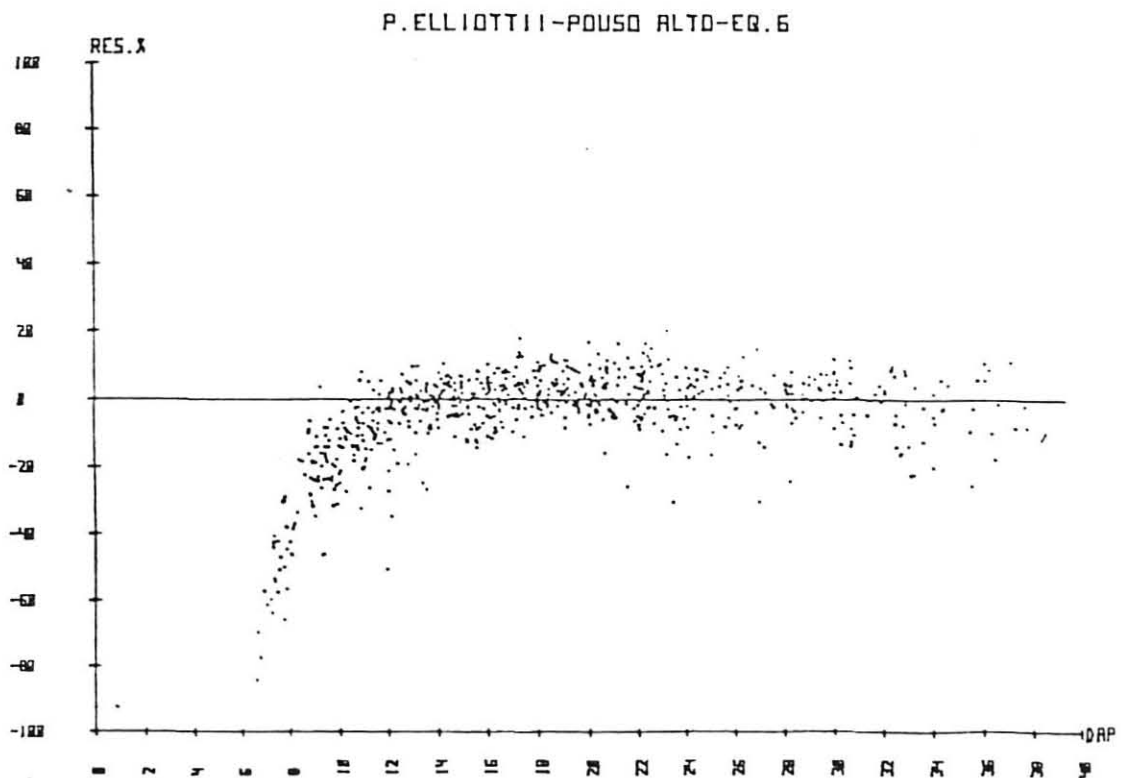


FIGURA 43 - Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Pouso Alto - *Pinus elliottii*.

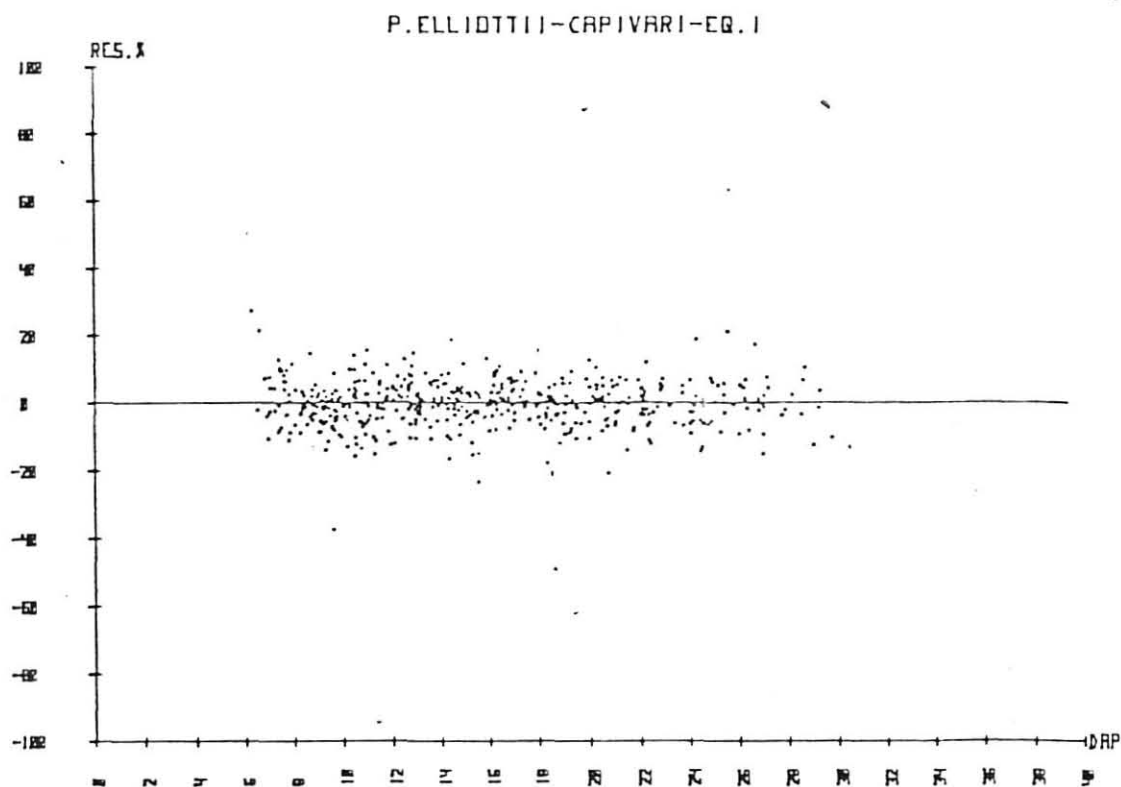


FIGURA 44 - Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

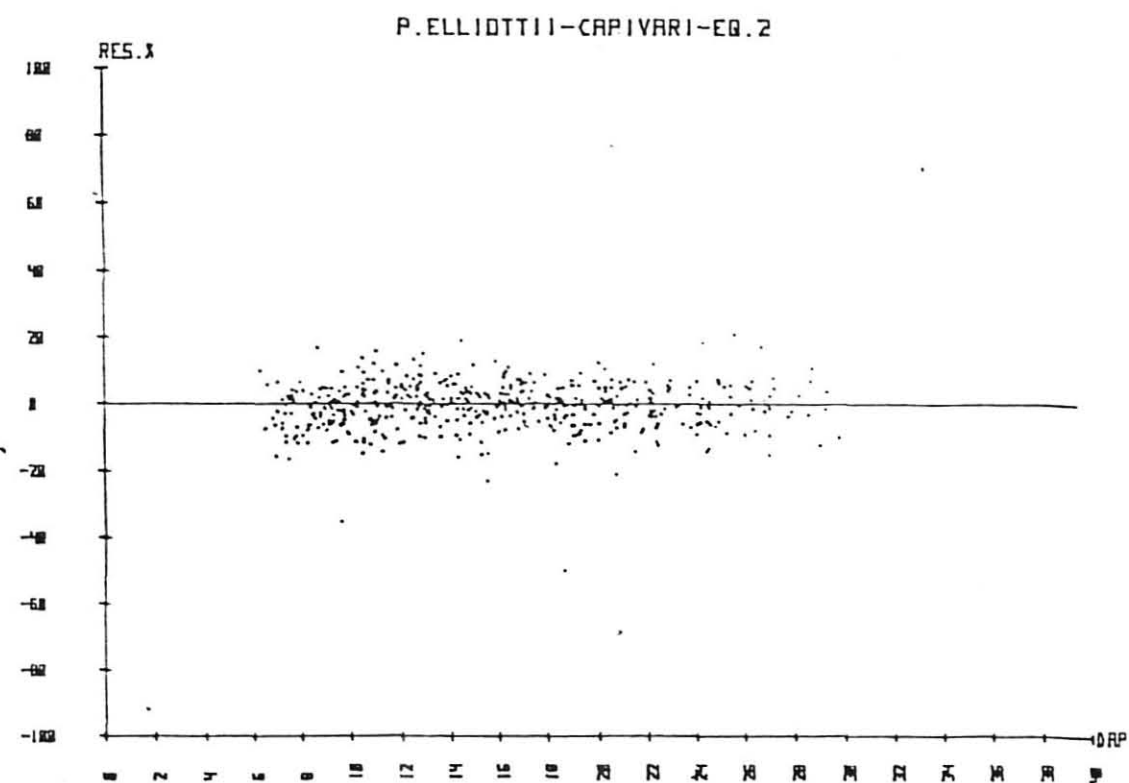


FIGURA 45 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

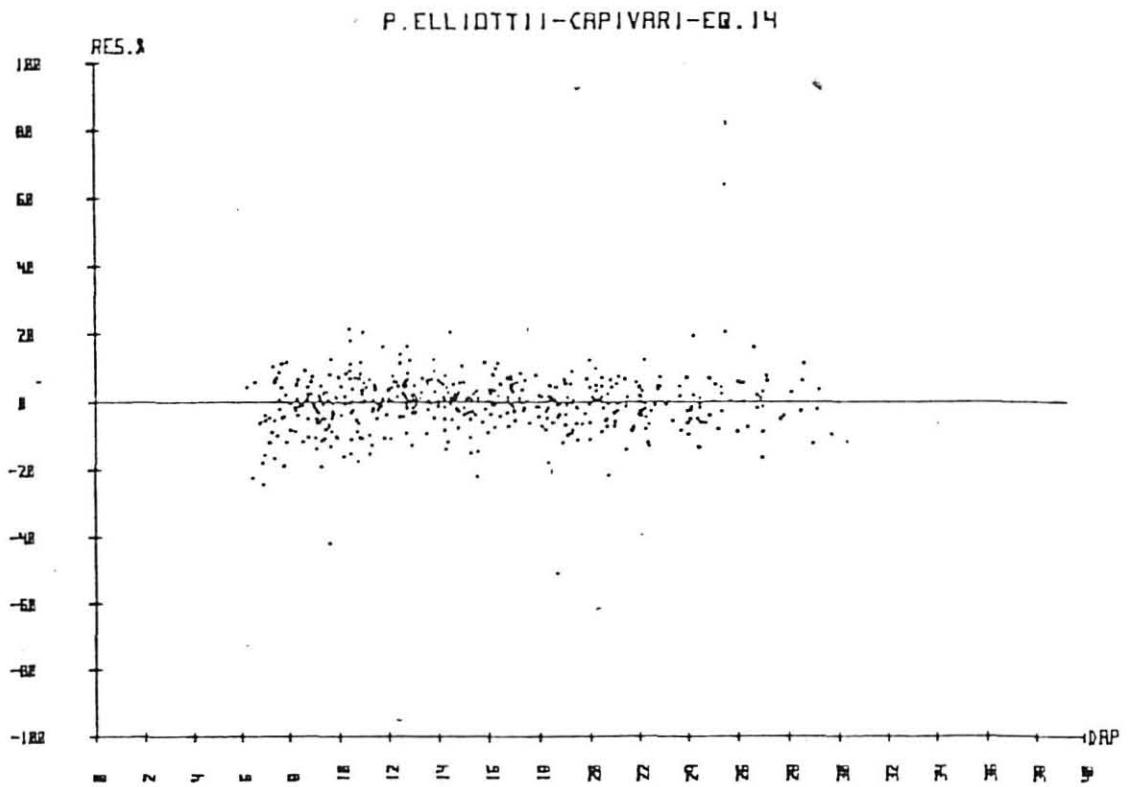


FIGURA 46 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

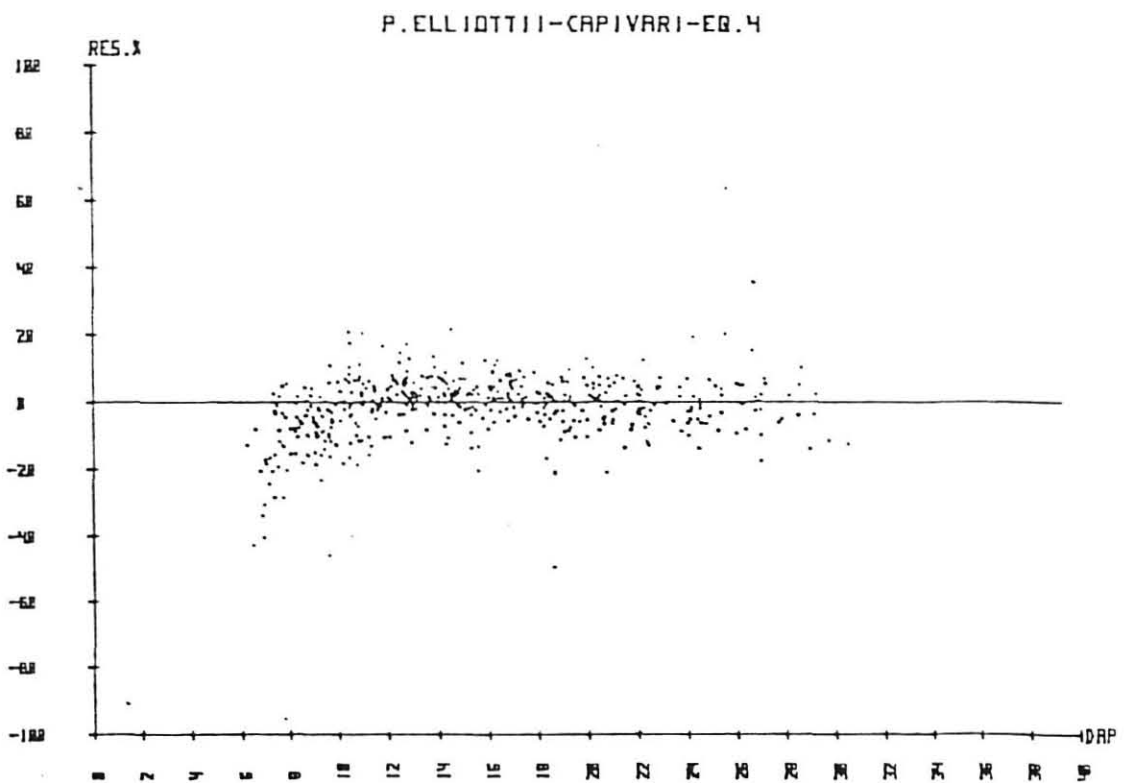


FIGURA 47 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

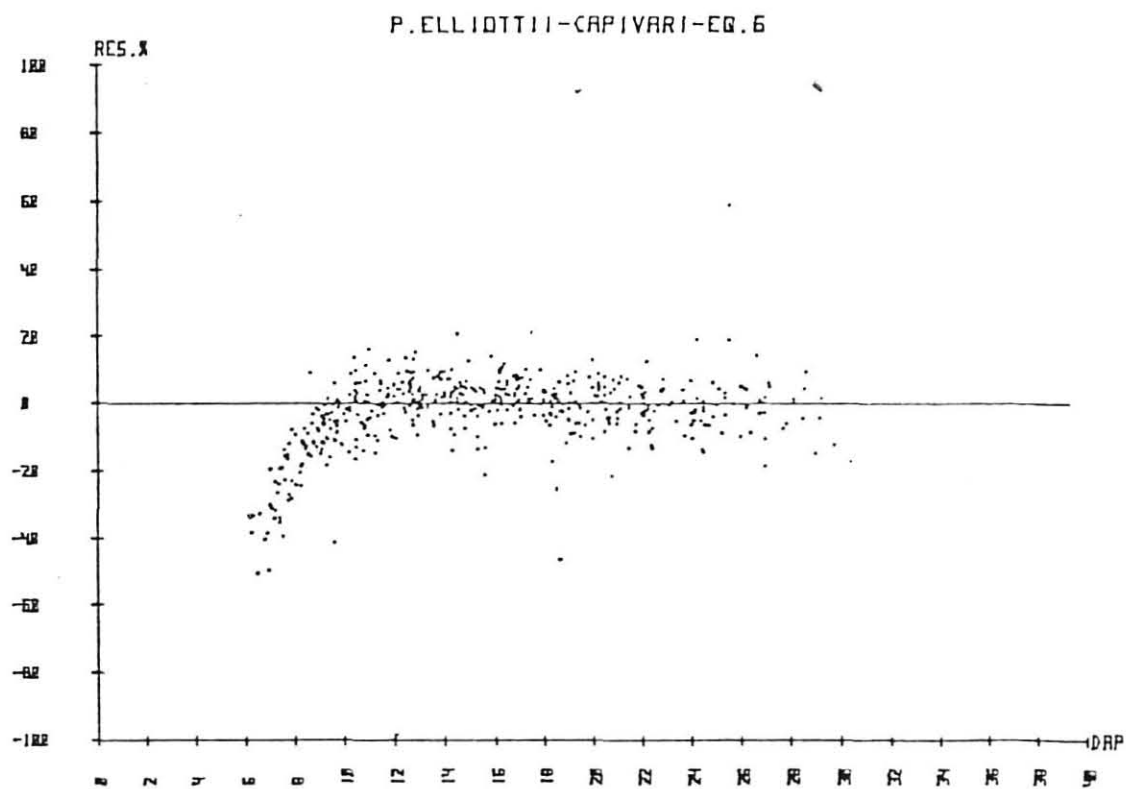


FIGURA 48 - Distribuição dos resíduos para a equação 6 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

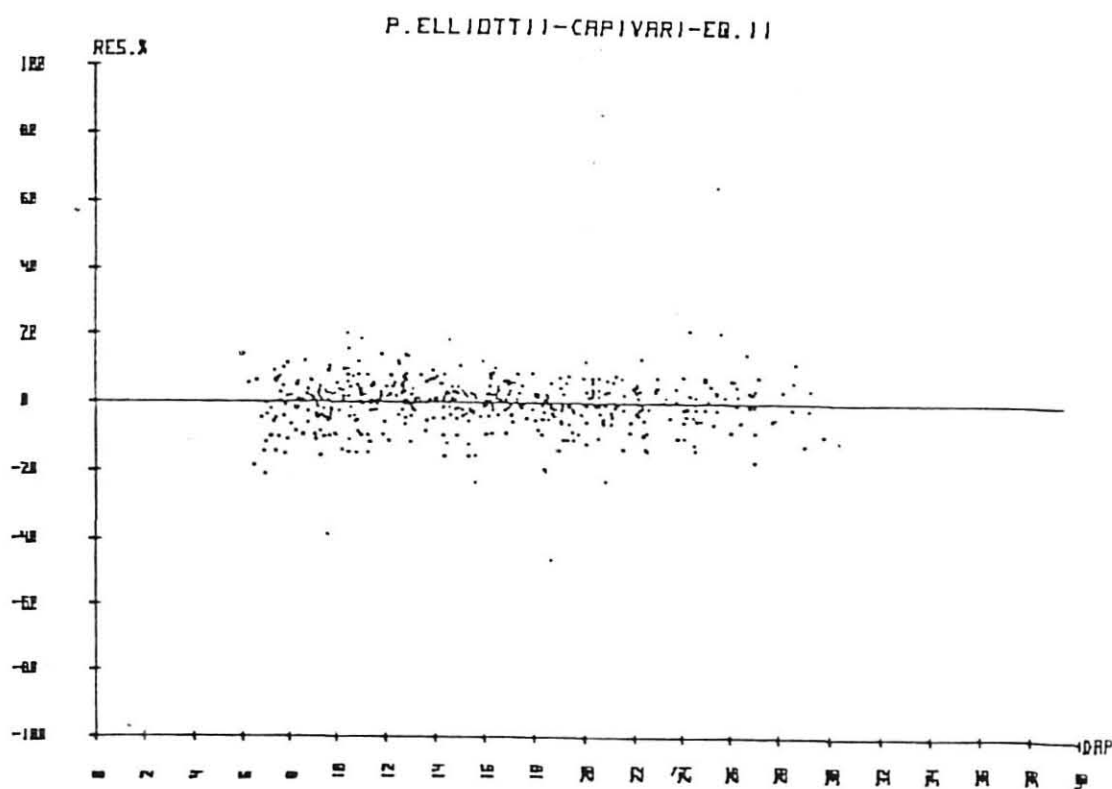


FIGURA 49 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

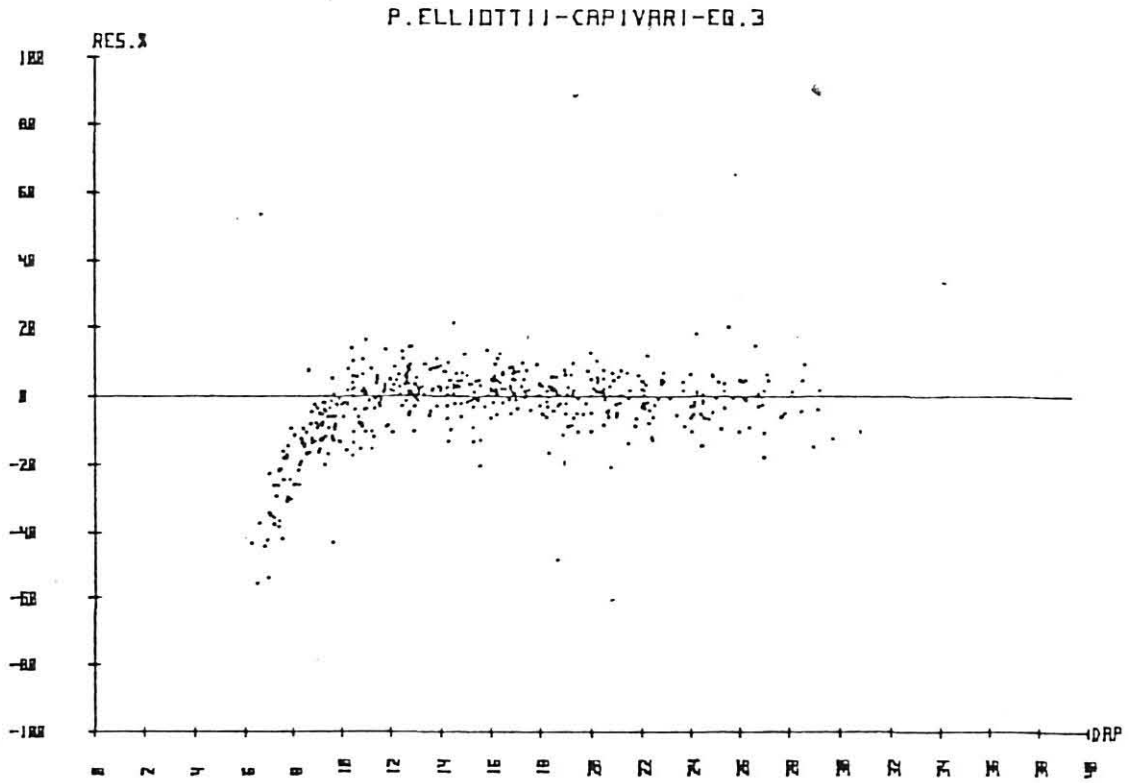


FIGURA 50 - Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

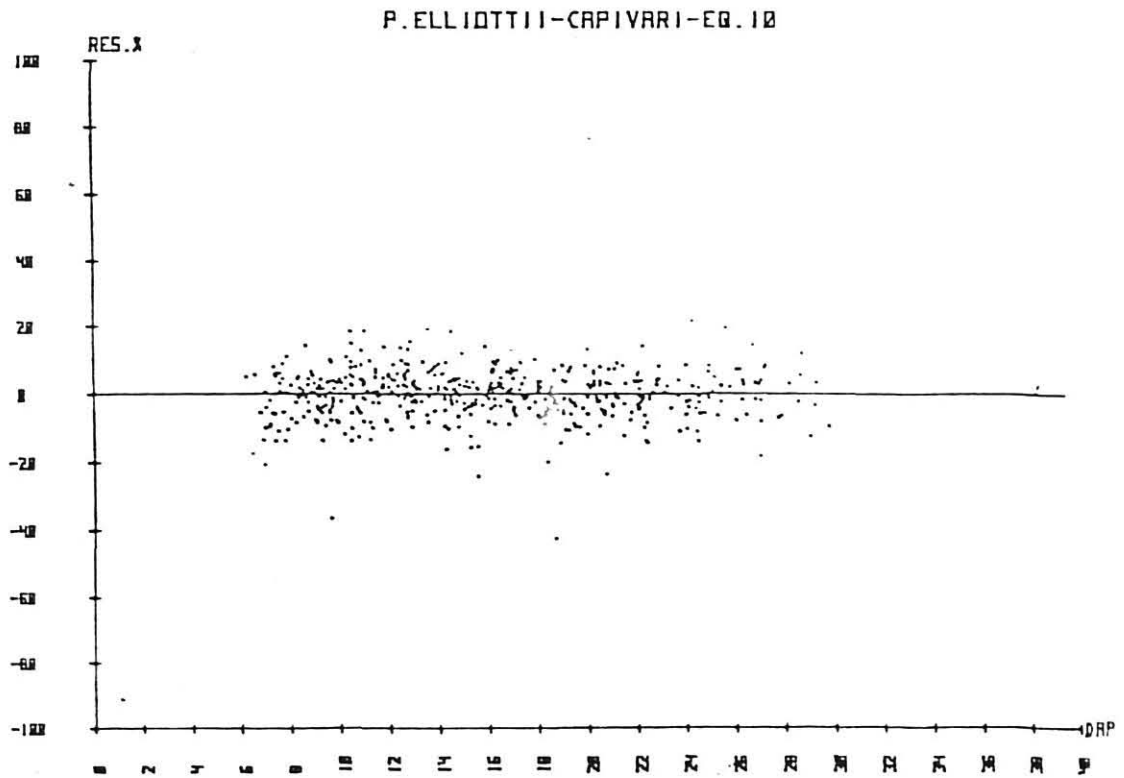


FIGURA 51 - Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Capivari - *Pinus elliottii*.

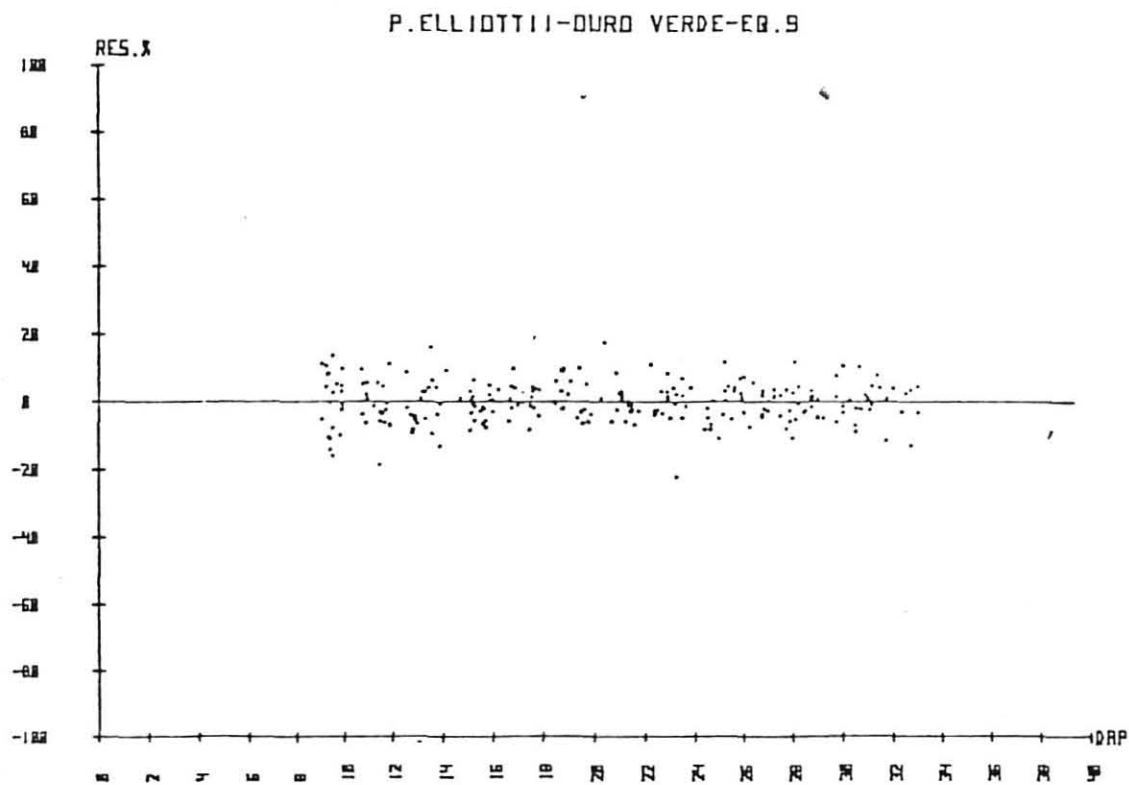


FIGURA 52 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

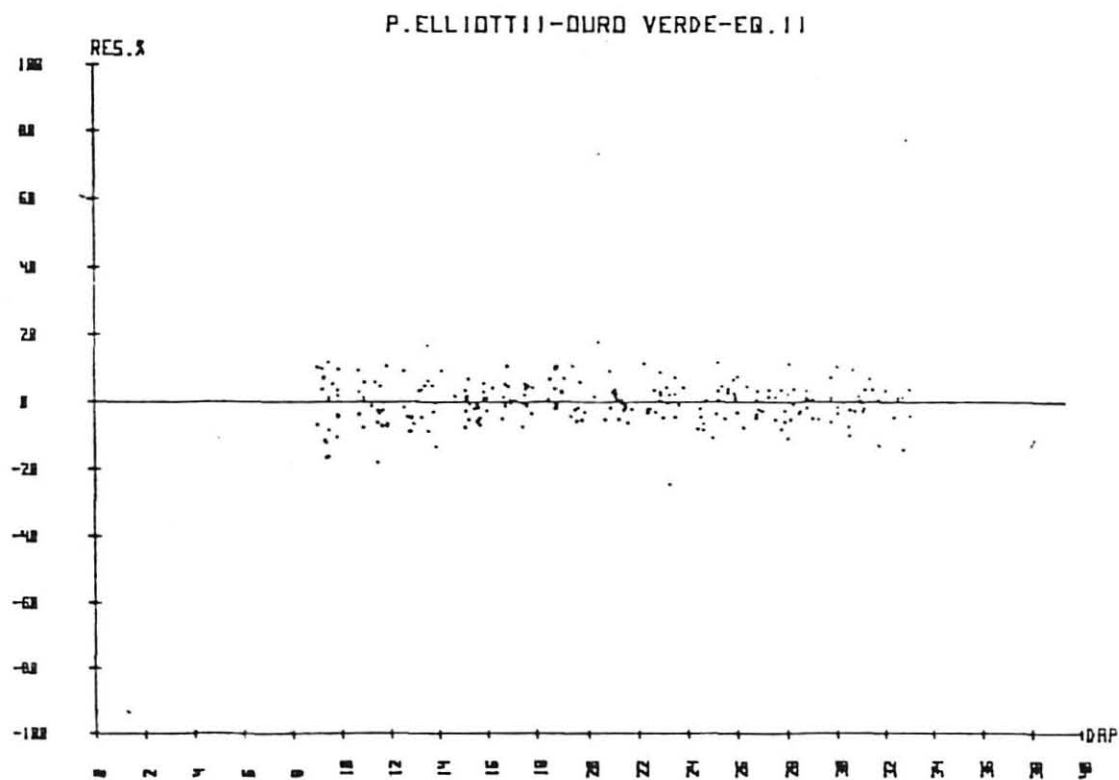


FIGURA 53 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

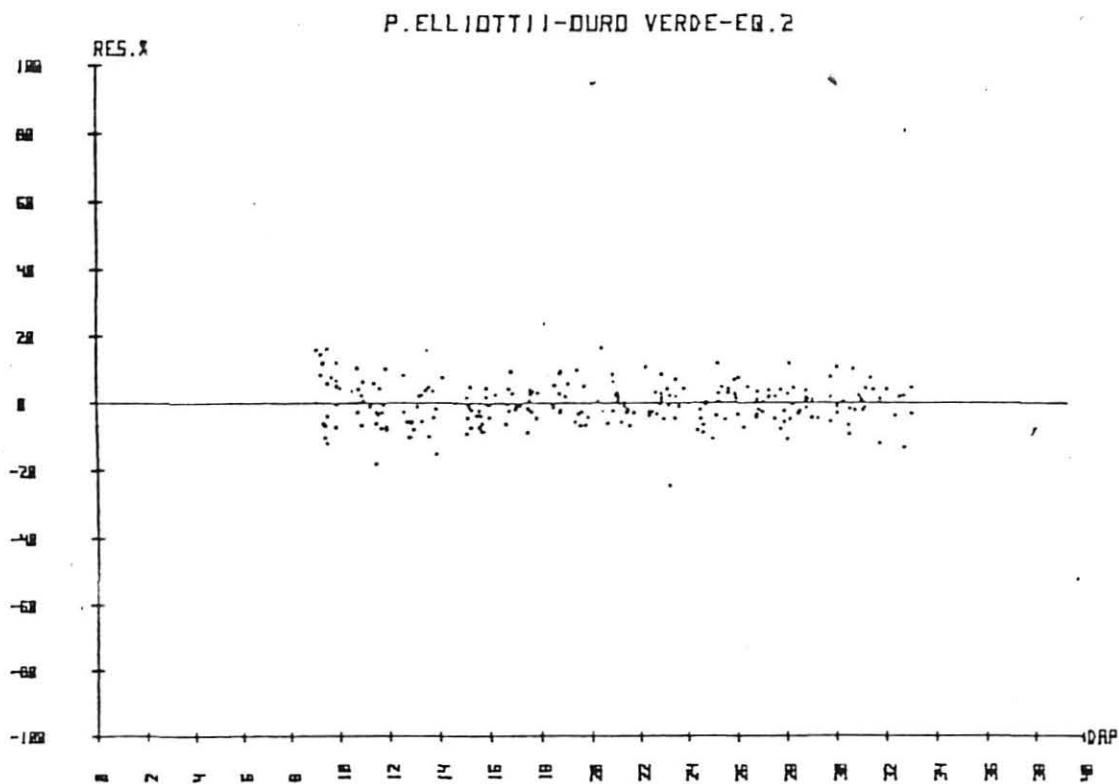


FIGURA 54 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

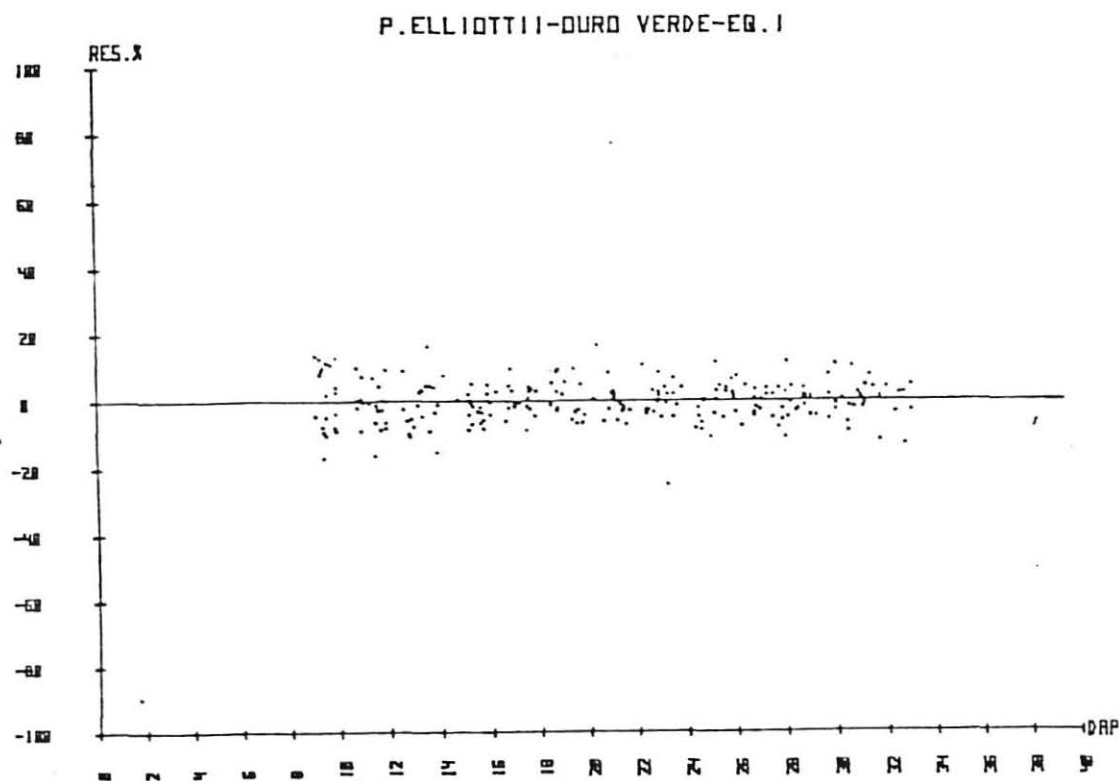


FIGURA 55 - Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

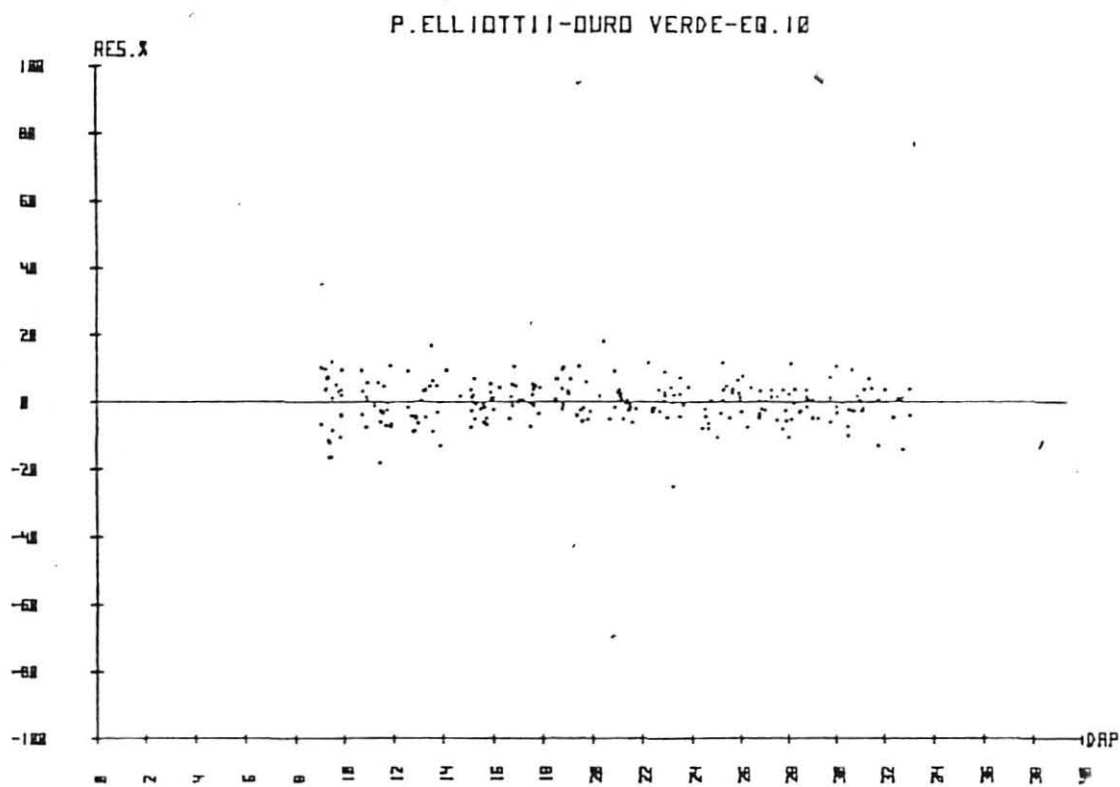


FIGURA 56 - Distribuição dos resíduos para a equação 10 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

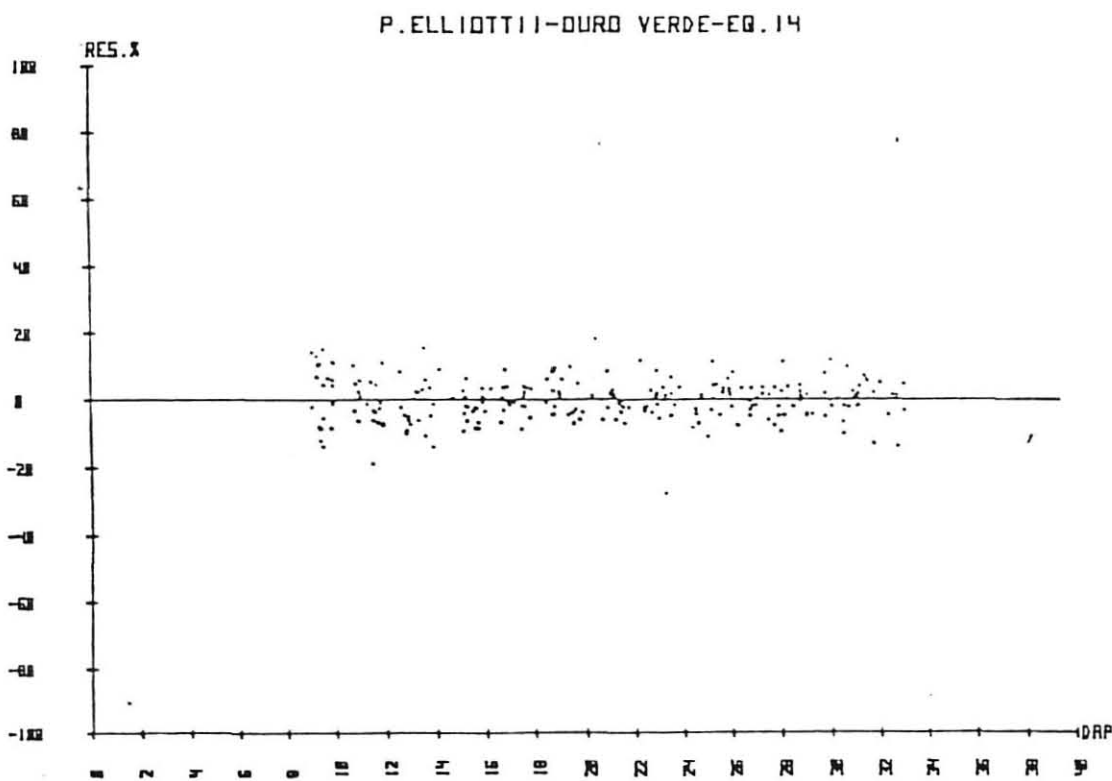


FIGURA 57 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

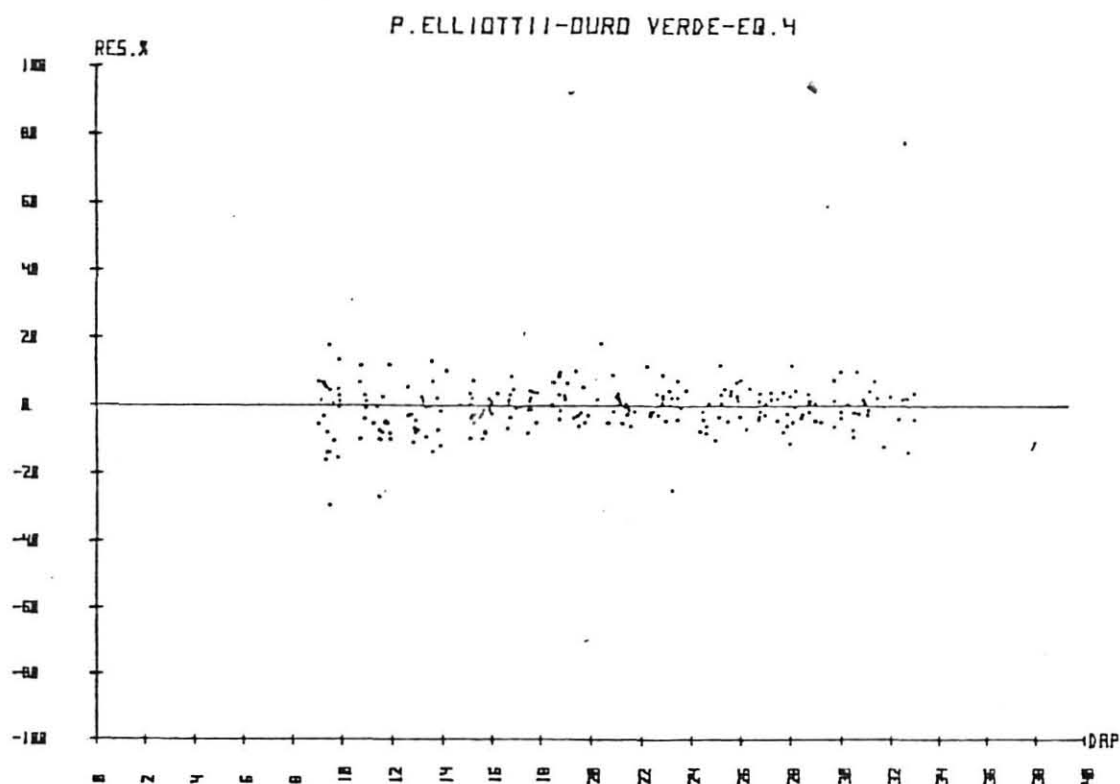


FIGURA 58 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

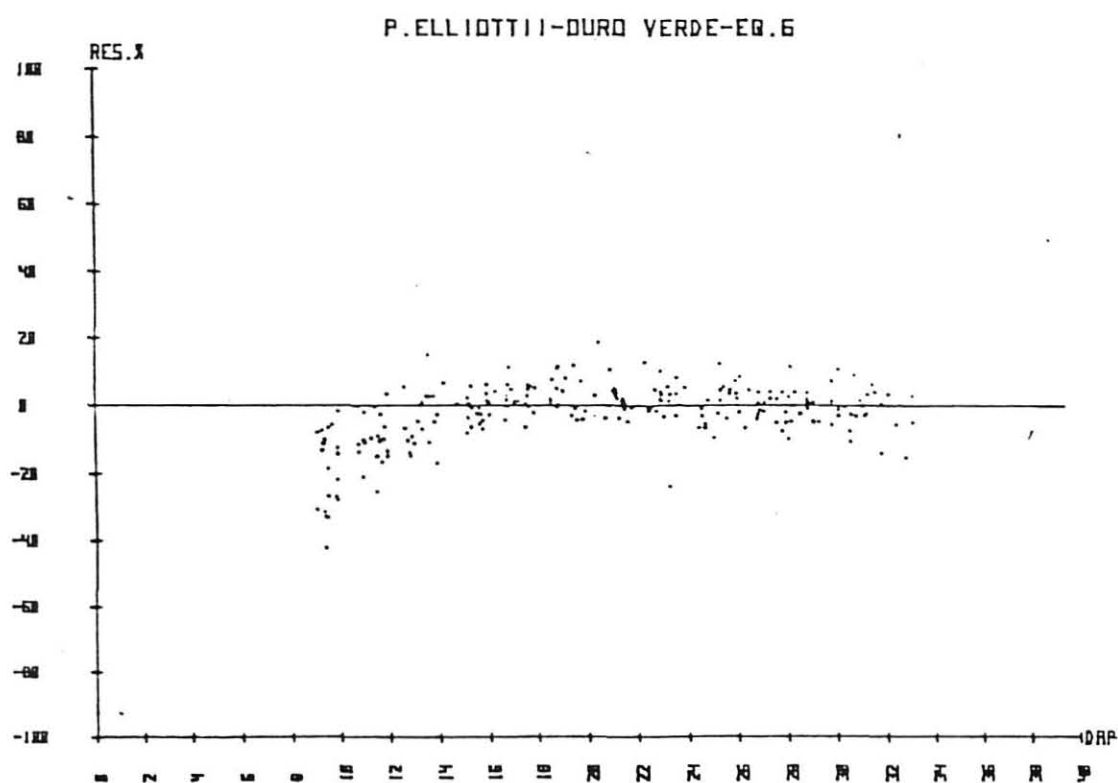


FIGURA 59 - Distribuição dos resíduos para a equação 6 -
Distrito Ouro Verde - *Pinus elliottii*.

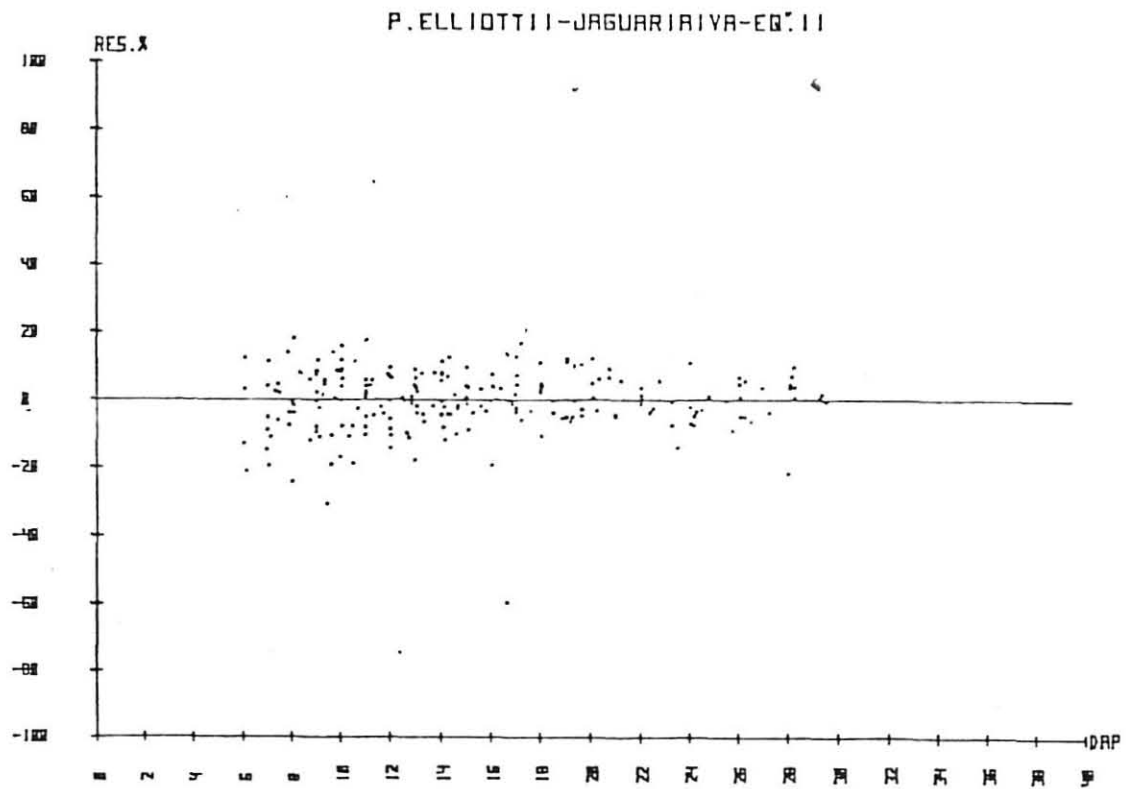


FIGURA 60 - Distribuição dos resíduos para a equação 11 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus elliottii*.

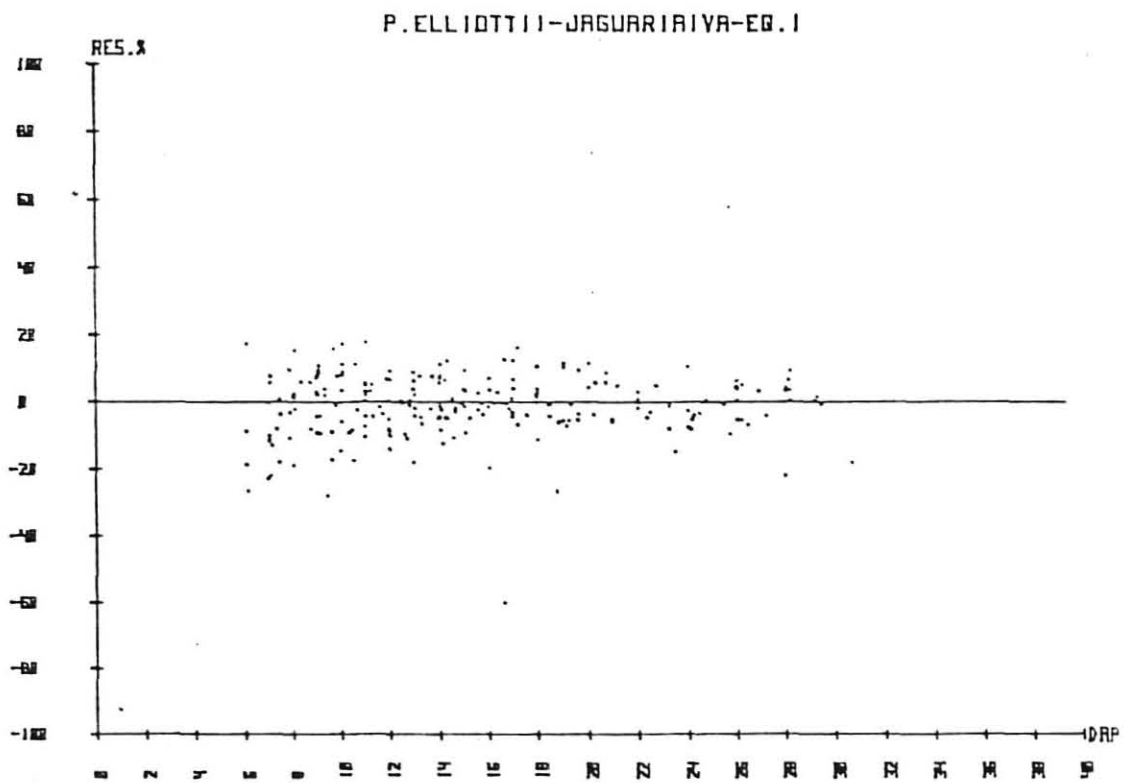


FIGURA 61 - Distribuição dos resíduos para a equação 1 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus elliottii*.

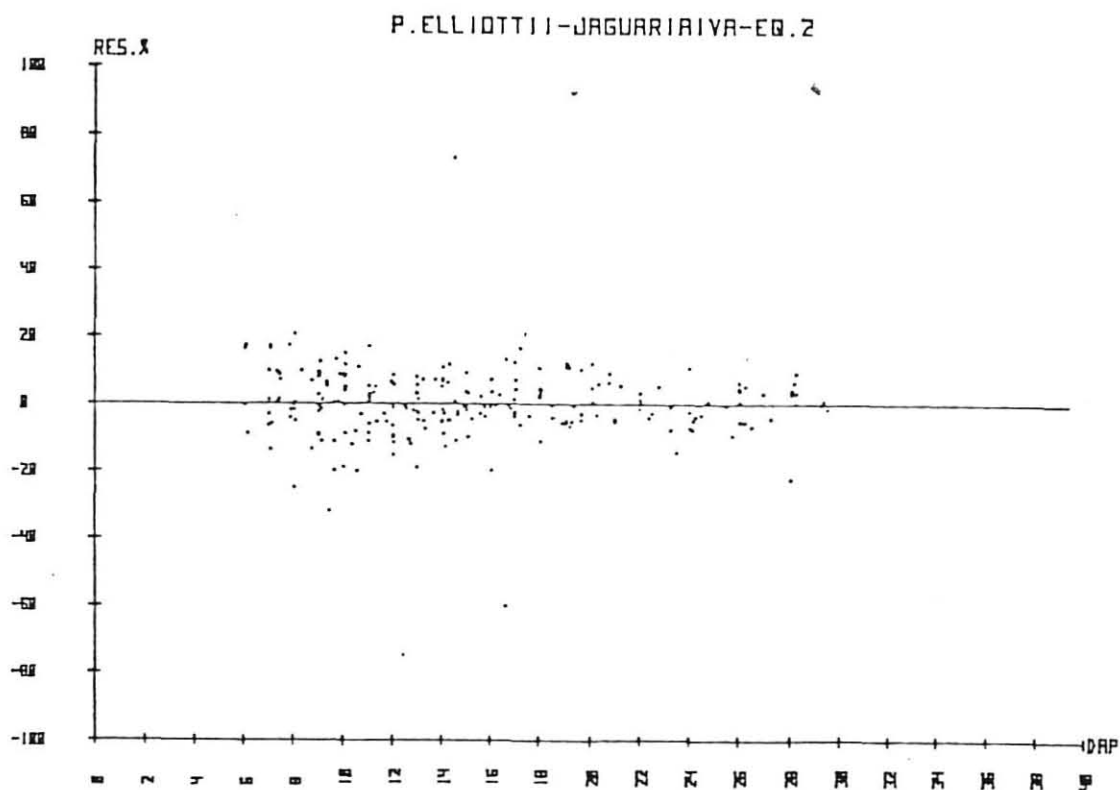


FIGURA 62 - Distribuição dos resíduos para a equação 2 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus elliottii*.

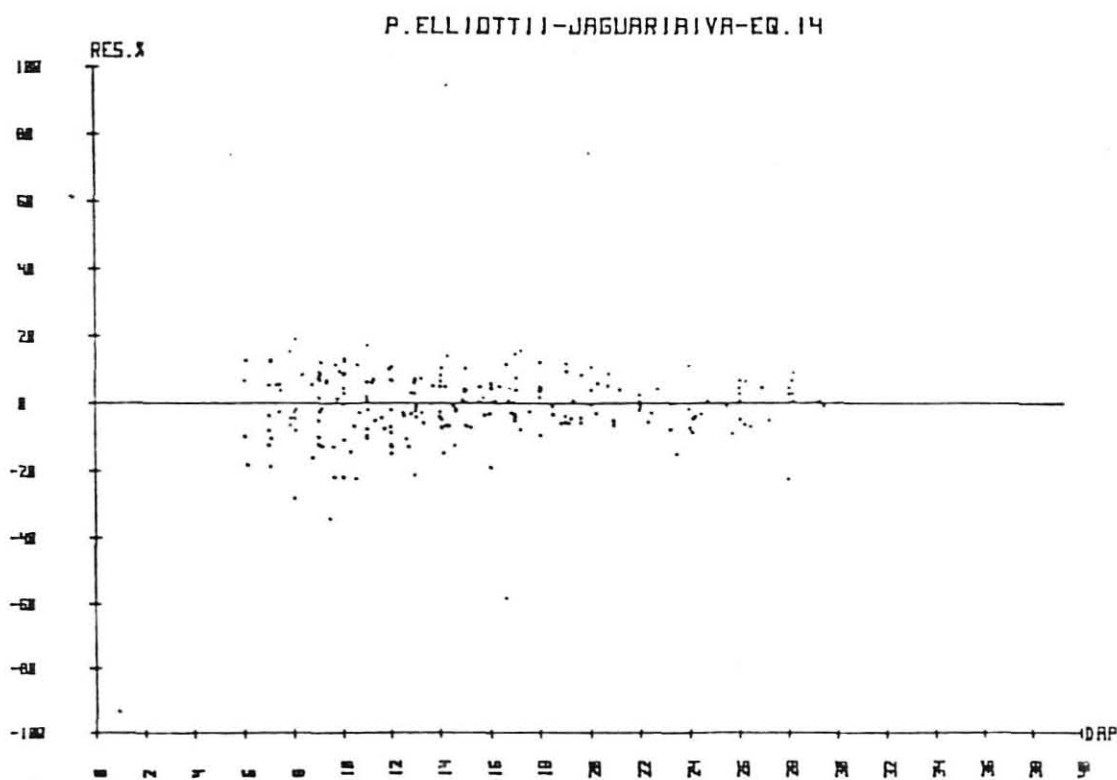


FIGURA 63 - Distribuição dos resíduos para a equação 14 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus elliottii*.

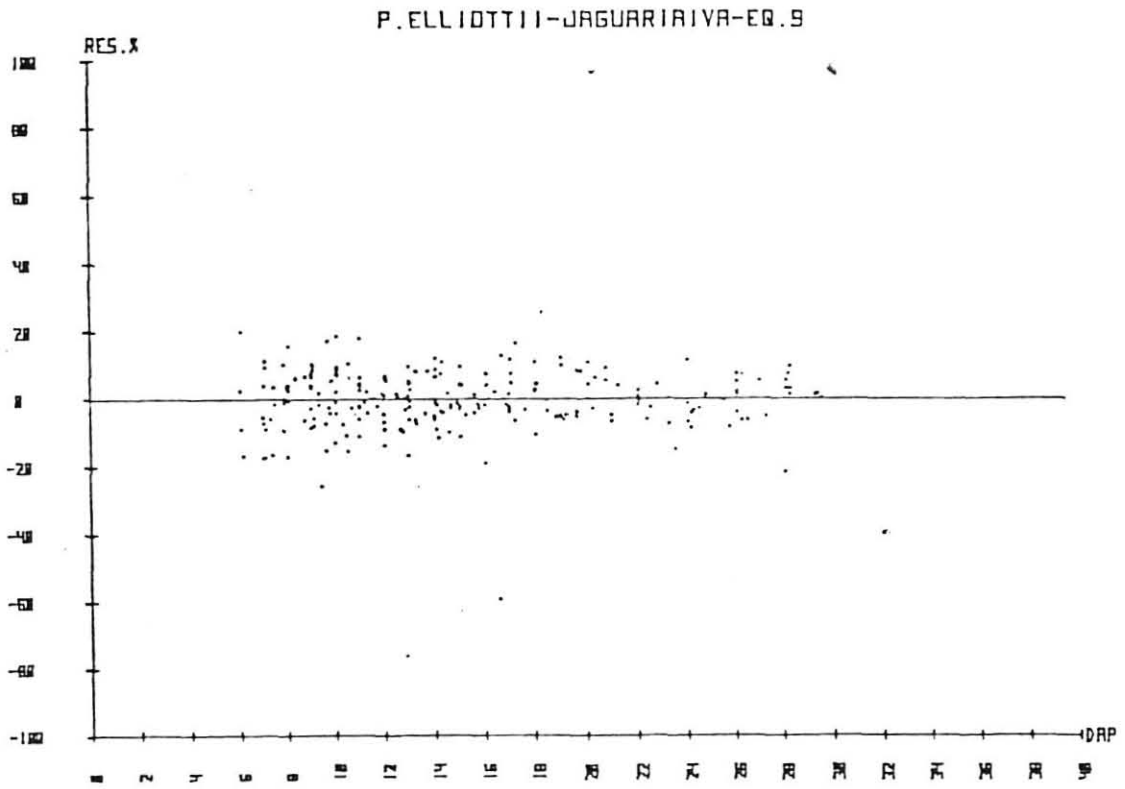


FIGURA 64 - Distribuição dos resíduos para a equação 9 - Distrito Jaguaraiava - *Pinus elliottii*.

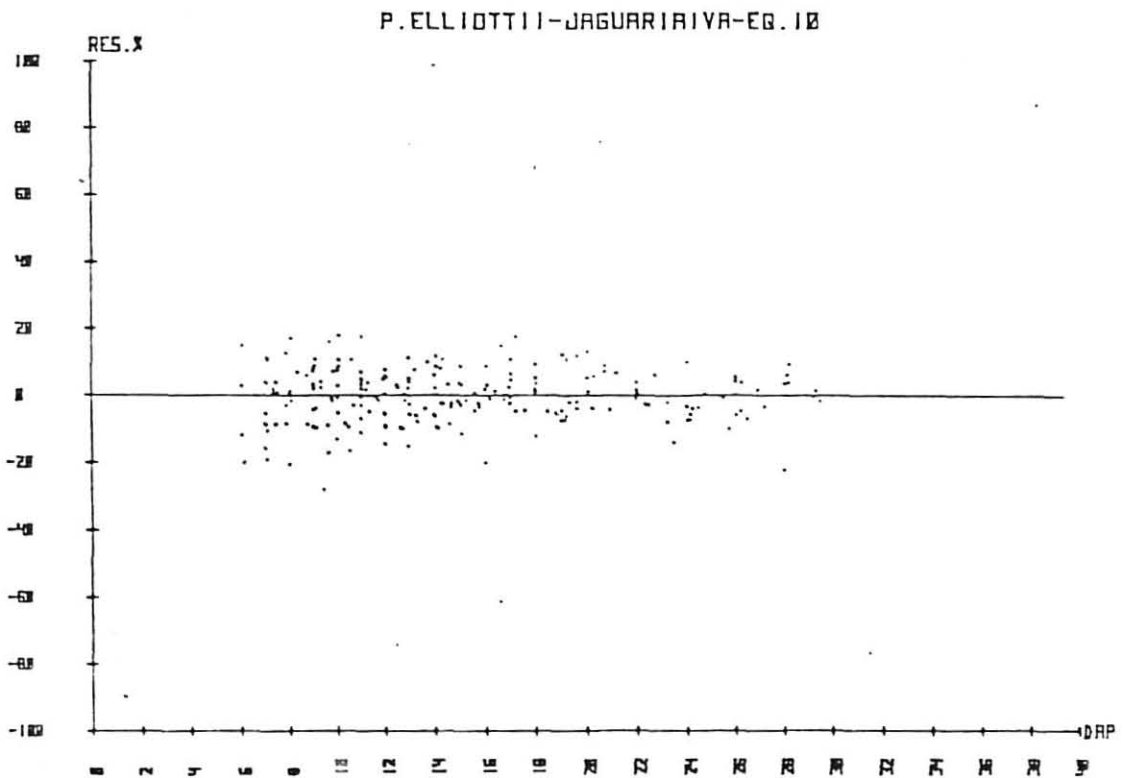


FIGURA 65 - Distribuição dos resíduos para a equação 10 - Distrito Jaguaraiava - *Pinus elliottii*.

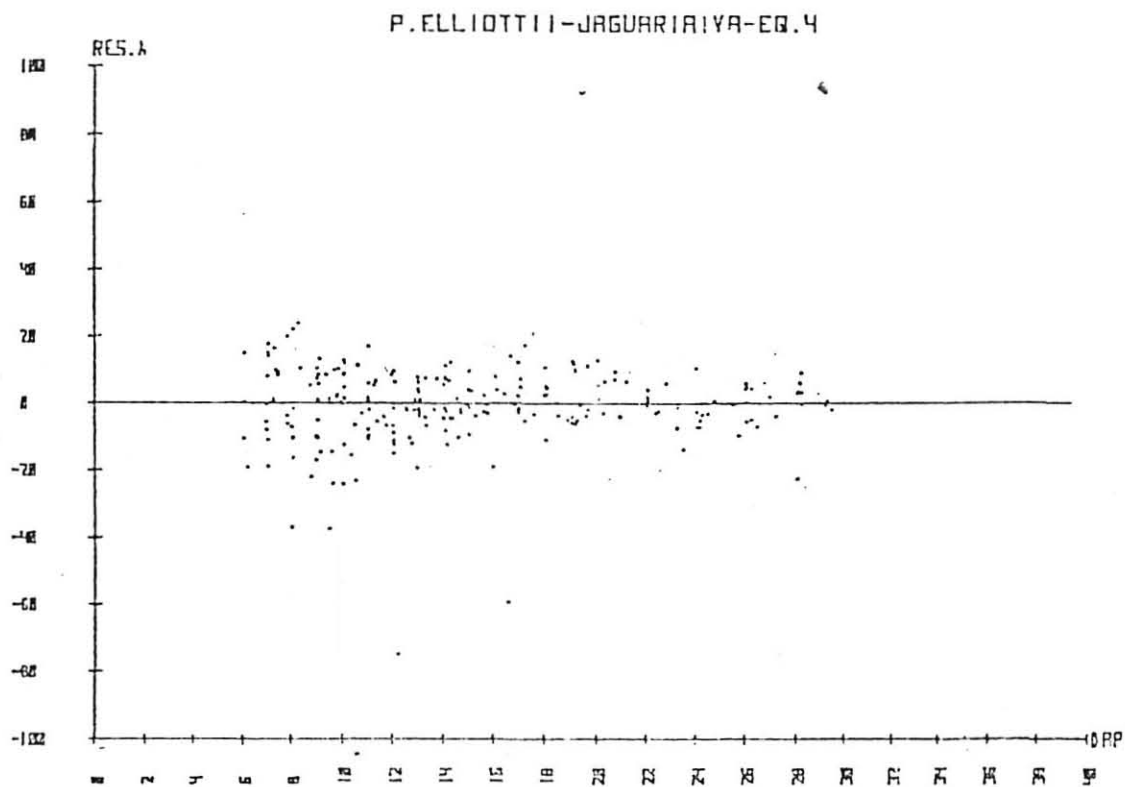


FIGURA 66 - Distribuição dos resíduos para a equação 4 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus elliottii*.

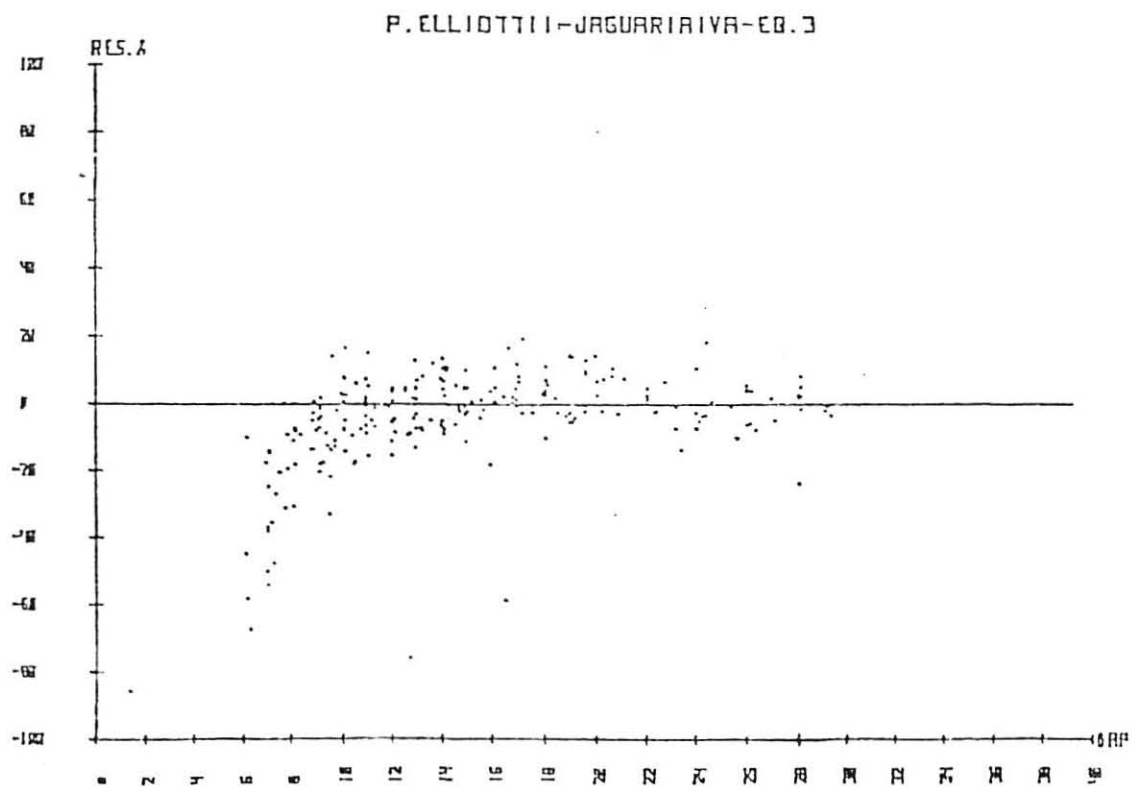


FIGURA 67 - Distribuição dos resíduos para a equação 3 - Distrito Jaguariaíva - *Pinus elliottii*.